



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**FRANCISCA MAIRLA GOMES BRASILEIRO**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PARQUES EÓLICOS NA MODIFICAÇÃO DAS  
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS EM ÁREAS PILOTO NO CEARÁ E NO RIO  
GRANDE DO NORTE**

**FORTALEZA**

**2019**

FRANCISCA MAIRLA GOMES BRASILEIRO

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PARQUES EÓLICOS NA MODIFICAÇÃO DAS  
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS EM ÁREAS PILOTO NO CEARÁ E NO RIO  
GRANDE DO NORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- B83a Brasileiro, Francisca Mairla Gomes.  
Análise da influência dos parques eólicos na modificação das condições climáticas locais em áreas piloto no Ceará e no Rio Grande do Norte / Francisca Mairla Gomes Brasileiro. – 2019.  
148 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella.
1. Climatologia. 2. Temperatura de Superfície. 3. Uso e Ocupação. 4. Parques Eólicos. I. Título.  
CDD 910
-

FRANCISCA MAIRLA GOMES BRASILEIRO

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PARQUES EÓLICOS NA MODIFICAÇÃO DAS  
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS EM ÁREAS PILOTO NO CEARÁ E NO RIO  
GRANDE DO NORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Maria Elisa Zanella (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Gustavo Zen de Figueiredo Neves  
Universidade de São Paulo (USP)

## AGRADECIMENTOS

Agradecer é uma ação essencial no desenvolvimento de qualquer trabalho, significa reconhecer a importância e a contribuição de algo no resultado obtido. Deste modo, esta seção ressalta aqueles que no processo de minha formação acadêmica, contribuíram de forma expressiva, direta ou indiretamente, para construção do trabalho dissertativo.

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ter me feito forte e resiliente frente as dificuldades, pondo em meu caminho pessoas que para além de excelentes profissionais, são seres humanos íntegros e comprometidos nas atividades que exercem.

Agradeço, à minha família, por me apoiarem nos melhores e piores momentos. Por sonharem junto comigo, por me encorajarem e saberem que tudo é possível. Aos meus pais, Valdene Brasileiro e Paulo Brasileiro, que são meus maiores exemplos de ética, retidão e resiliência, obrigado por estarem sempre comigo. Aos meus irmãos, João Paulo Brasileiro e Everton Brasileiro, pelos risos dados e apoio, quando necessário.

Ao meu porto seguro e companheiro de vida, Júlio Cesar Silva, por todo o suporte, desde a graduação, e por ouvir minhas dúvidas, angústias e sofrimentos em relação a vida e o trabalho. Estar com você, tornou a caminhada mais leve.

Aos amigos que estiveram comigo nesta caminhada, em especial, Audivan Ribeiro por compartilhar as dificuldades das disciplinas na pós-graduação, e, Antônio Ferreira pelas orientações, por compartilhar seu saber e estar sempre disponível.

À amiga querida, Jéssica Freitas, que desde a graduação está ao meu lado, sempre com as melhores indicações de leitura e orientações de pesquisa em Geografia e Geoprocessamento. Agradeço, também, pelos bons momentos de entretenimento que são essenciais à vida acadêmica.

À querida Larissa Neris, parceira de mestrado e amiga de vida, agradeço por me escutar sempre e entender as minhas dores e dúvidas. Sua amizade foi crucial nestes dois últimos anos, pois tornou o trajeto menos solitário. Agradeço, também, pelas trocas e discussões acerca do entendimento das temáticas que permeiam a ciência geográfica.

Aos Componentes do Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH) pelas partilhas e contribuições. Em especial, aos (as) amigos (as) Anderson Marinho, Suyane Braz, Beatriz Vieira, João Pedro Miranda e Lidia Gomes pelas trocas de ideias e colaboração na elaboração da base cartográfica.

À Professora Elisa Zanella, exemplo de mulher e de profissional, que me encaminhou no desenvolvimento deste trabalho, mostrando os caminhos que deveriam ser

traçados e os que deveriam ser melhor delineados. Obrigado por sua orientação neste estudo, pelas palavras de apoio e por sempre acreditar no meu potencial.

Aos demais professores do departamento de Geografia, que na graduação e por último, no curso de mestrado, possibilitaram o acesso a discussões sobre temáticas essenciais a Geografia, ajudando a delinear a pesquisa. Em especial, os Professores Alexandre Pereira e Jader Oliveira, que deram contribuições impares, em disciplinas curriculares obrigatórias, e, também, em outros momentos de minha vida acadêmica.

Aos componentes do Laboratório de Geoprocessamento, pela colaboração na realização dos campos exploratórios da pesquisa. Em especial a colega de mestrado Ligia Aguiar, por viabilizar e organizar as idas a campo. Agradeço, também, a professora Adryane Gorayeb, por sua disponibilidade e pelas indicações de leituras essenciais a pesquisa.

Agradeço aos moradores da comunidade pesqueira da Praia de Xavier pela colaboração e disponibilidade nos campos da pesquisa. Conhecê-los foi uma experiência singular, por sua luta, por seu modo de vida e por serem, seres humanos extremamente cuidadosos e receptivos. Xavier é um exemplo de resistência, de luta e de amor pelo lugar, além de, contemplar uma das mais belas paisagens já vistas.

Agradecimentos especiais aos componentes da banca avaliadora. À Profa. Dra. Marta Celina pelo apoio no âmbito da qualificação e defesa, além da orientação durante o processo formativo da graduação e mestrado em Geografia. Ao Prof. Dr. Gustavo Zen pela presteza e atenção dada a pesquisa em momentos oportunos, além do apoio e considerações tecidas sobre o desenvolvimento do trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, pelos ensinamentos e contribuição na minha formação acadêmica.

À coordenação do referido programa e aos profissionais envolvidos, pela dedicação em atender todas as demandas dos discentes com rapidez e profissionalismo.

Agradeço o financiamento da pesquisa pelos projetos, PRONEM FUNCAP/CNPq Proc. PNE 0112-00068.01.00/16, análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil, coordenado pela Profa. Elisa Zanella. E aos projetos CAPES PGPSE Proc. 88887.123947/2016-00, Sistemas Ambientais costeiros e ocupação econômica do Nordeste e CAPES PRINT Proc. 88887.312019/2018-00, Tecnologias socioambientais e metodologias integradas na sustentabilidade territorial: alternativas comunitárias frente as mudanças climáticas, ambos coordenados pelo Prof. Jeovah Meireles. E ao Programa CAPES/FUNCAP

Proc. 88887.165948/2018-00: Apoio às Estratégias de Cooperação Científica do Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFC.

E por fim, agradeço a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pela concessão da bolsa de mestrado, basilar no processo de pesquisa.

## RESUMO

A energia eólica despontou nacionalmente como uma fonte energética de grande interesse pelo poder público e privado, favorecendo demasiados investimentos em instalação de parques eólicos, sobretudo no litoral do Nordeste. Há que saber que a má instalação destes parques pode gerar muitos impactos, tanto no âmbito social quanto no ambiental. Neste contexto, verifica-se a potencialidade de impactos na perspectiva climática, tendo em vista as modificações que esses empreendimentos provocam na paisagem, a partir de novos usos e ocupações distintas. Deste modo, esta pesquisa buscou identificar os impactos no clima local, especificamente através da avaliação do parâmetro temperatura de superfície, em municípios pilotos no Ceará e no Rio Grande do Norte, tendo em vista, as mudanças no uso e ocupação do solo advindas da instalação dos parques eólicos. A metodologia utilizada perpassou por pesquisa bibliográfica, uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento que permitiu a elaboração de cartas temais de superfície, correlacionada com as análises do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Para tal aplicou-se fórmulas específicas, que possibilitou a transformação dos níveis de cinza em temperatura de superfície. Como resultado destaca-se que as cartas temais e o NDVI possibilitaram a identificação das alterações da temperatura de superfície nas áreas em que os aerogeradores foram instalados, visto que com a retirada da cobertura vegetal, incremento de novos equipamentos na paisagem e atração de atividades correlatas, estas áreas passaram a ter características espectrais semelhantes às verificadas em um solo exposto, evidenciando aumento de temperatura de superfície em microescala, associada aos parques eólicos. Neste sentido, um exemplo emblemático é o município de Ibiapina, que conseguiu expressar temperaturas que destonaram do seu entorno cerca de 2°C. Conclui-se, portanto, que os parques eólicos podem gerar alterações na temperatura de superfície ao nível do solo, e, por conseguinte, afetar diretamente, os demais elementos constituintes do clima, a saber, temperatura do ar, umidade e o regime de ventos a sotavento do parque, fatores que devem ser verificados em estudos posteriores.

**Palavras-chave:** Climatologia. Temperatura de Superfície. Uso e Ocupação. Parques Eólicos.



## ABSTRACT

Wind energy has emerged nationally as an energy source of great interest to the public and private authorities, favoring too many investments in installation of wind farms, especially in the Northeast coast. We must know that the poor installation of these parks can generate many impacts, both socially and environmentally. In this context, the potentiality of impacts in the climatic perspective is verified, considering the modifications that these ventures provoke in the landscape, from new uses and different occupations. In this way, this research sought to identify the impacts on the local climate, specifically through the evaluation of the parameter surface temperature, in pilot municipalities in Ceará and Rio Grande do Norte, in view of the changes in land use and occupation arising from the installation of wind farms. The methodology used was based on bibliographical research, the use of remote sensing and geoprocessing techniques that allowed the elaboration of surface thermal charts, correlated with the analyzes of the Index of Vegetation by Normalized Difference. For this specific formulas were applied, which enabled the transformation of gray levels into surface temperature. As a result, it should be noted that the thermal charts and the NDVI enabled the identification of surface temperature changes in the areas where wind turbines were installed, since with the removal of vegetation cover, increment of new equipment in the landscape and attraction of related activities , these areas started to have spectral characteristics similar to those observed in an exposed soil, evidencing an increase of surface temperature in microscale, associated to the wind farms. In this sense, an emblematic example is the municipality of Ibiapina, which was able to express temperatures that detonated around 2°C from its surroundings. It is concluded, therefore, that wind farms can generate changes in the surface temperature at the level of the soil, and, therefore, directly affect the other constituent elements of the climate, namely, air temperature, humidity and the regime of winds to leeward of the park, factors that must be verified in later studies.

**Keywords:** Climatology. Surface Temperature. Use and Occupation. Wind farms.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa de localização da área de estudo e espacialização dos parques eólicos no CE e RN .....	21
Figura 2	– Esquema representativo do balanço da radiação e efeitos sobre a temperatura do ar e do solo .....	40
Figura 3	– Variação da temperatura do solo em diferentes profundidades (cm) e a influência da cobertura vegetal .....	44
Figura 4	– Atuação da ZCIT no primeiro e segundo semestre do ano de 2017 .....	52
Figura 5	– Atuação de um Vórtice Ciclônico sobre o NEB em 24 Dezembro de 2017 ..	53
Figura 6	– Atuação da LI e nebulosidade associada aos DOLs sobre o NEB em 2017 ..	54
Figura 7	– Representação das Brisas Marítimas .....	55
Figura 8	– Escala de Tempo e Espaço dos fenômenos que influenciam áreas eólicas ....	56
Figura 9	– Variações do vento em diferentes superfícies em escala microclimática .....	57
Figura 10	– Direção e velocidade dos ventos na Região Nordeste.....	59
Figura 11	– Mapa de Localização do parque eólico em Camocim, Ceará .....	60
Figura 12	– Mosaico representativo da área do parque eólico em Camocim .....	62
Figura 13	– Mapa de Localização dos parques eólicos em Trairi, Ceará .....	63
Figura 14	– Canteiro de Obras de um conjunto de parques eólicos em Trairi no ano de 2014 .....	65
Figura 15	– Mapa de Localização dos parques eólicos em Aracati, Ceará .....	65
Figura 16	– Mosaico do Parque Eólico localizado na comunidade quilombola do Cumbe, Aracati/CE .....	67
Figura 17	– Mapa de Localização do parque eólico em Ibiapina, Ceará .....	68
Figura 18	– Mosaico do Parque Eólico localizado em Ibiapina, CE .....	70
Figura 19	– Mapa de Localização dos parques eólicos de Areia Branca, RN .....	71
Figura 20	– Mosaico de dois Parques Eólicos localizado em Areia Branca, RN .....	72

Figura 21 – Mapa de Localização dos parques eólicos de Macau, RN .....	73
Figura 22 – Ilustração do PE3 localizado em Macau, RN .....	74
Figura 23 – Áreas amostrais com diferentes usos do solo e TST relacionada .....	78
Figura 24 – Evolução das Temperaturas de Superfície Terrestre de Camocim .....	80
Figura 25 – Mapa de Vegetação de Camocim no Ano de 2006 e 2016 .....	83
Figura 26 – Mapa em detalhe da TST e NDVI na área do Parque Eólico em Camocim .....	86
Figura 27 – Áreas com diferentes usos do solo e TST em 2007 e 2017 .....	88
Figura 28 – Mapa de Temperatura de Trairi no Ano de 2007 e 2017 .....	89
Figura 29 – Mapa de Vegetação de Trairi no Ano de 2007 .....	93
Figura 30 – Mapa em detalhe da TST e NDVI na área dos Parques Eólicos em Trairi .....	96
Figura 31 – Áreas com diferentes usos do solo e TST em 2006 e 2017 .....	98
Figura 32 – Mapa de Temperatura de Aracati no Ano de 2006 e 2017 .....	99
Figura 33 – Mapa de NDVI de Aracati no Ano de 2006 e 2017 .....	102
Figura 34 – Mapa em detalhe da TST e NDVI na área dos Parques Eólicos em Aracati.....	105
Figura 35 – Exemplos de usos do solo e TST em 2006 e 2014 .....	108
Figura 36 – Mapa de Temperatura de Ibiapina no Ano de 2006 e 2014 .....	110
Figura 37 – Mapa de NDVI de Ibiapina no Ano de 2006 e 2014 .....	112
Figura 38 – Mapa em detalhe da TST e NDVI na área do Parque Eólico em Ibiapina .....	114
Figura 39 – Mapa de Temperatura de Areia Branca no Ano de 2008 e 2017 .....	118
Figura 40 – Exemplos de usos do solo e TST em 2006 e 2014 .....	120
Figura 41 – Mapa de Vegetação de Areia Branca nos anos de 2008 e 2017 .....	122
Figura 42 – Mapa em detalhe da TST e NDVI na área dos Parques Eólicos em Areia Branca .....	125
Figura 43 – Mapa de Temperatura de Macau nos de 2008 e 2017 .....	130

Figura 44 – Exemplos de usos do solo e TST em 2008 e 2017 em Macau .....	131
Figura 45 – Mapa de Vegetação de Macau nos anos de 2008 e 2017 .....	133
Figura 46 – Mapa em detalhe da TST e NDVI na área dos Parques Eólicos em Macau.....	135

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comportamento da precipitação nos anos de 2006 e 2016 para Camocim ....	77
Gráfico 2 – Comparativo da cobertura das classes de TST entre 2006 e 2016 .....	81
Gráfico 3 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2006 e 2016 .....	84
Gráfico 4 – Comportamento da precipitação nos anos de 2007 e 2017 para Trairi .....	88
Gráfico 5 – Comparativo entre os valores de TST entre 2007 e 2017 para Trairi .....	91
Gráfico 6 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2007 e 2017 para Trairi .....	92
Gráfico 7 – Comportamento da precipitação nos anos de 2006 e 2017 para Aracati .....	97
Gráfico 8 – Comparativo entre os valores de TST entre 2006 e 2017 para Aracati .....	101
Gráfico 9 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2006 e 2017 para Aracati .....	103
Gráfico 10 – Comportamento da precipitação nos anos de 2006 e 2014 para Ibiapina .....	107
Gráfico 11 – Comparativo entre os valores de TST entre 2006 e 2014 para Ibiapina .....	109
Gráfico 12 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2006 e 2014 para Ibiapina .....	113
Gráfico 13 – Precipitação Acumulada em Areia Branca nos anos de 2008 e 2017 .....	116
Gráfico 14 – Distribuição da precipitação no ano de 2008 em Areia Branca .....	117
Gráfico 15 – Comparativo entre os valores de TST entre 2008 e 2017 para Areia Branca .....	120
Gráfico 16 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2008 e 2017 para Areia Branca .....	123
Gráfico 17 – Precipitação Acumulada em Macau nos anos de 2008 e 2017.....	127
Gráfico 18 – Distribuição mensal das chuvas em 2008 para Macau .....	127
Gráfico 19 – Comparativo entre os valores de TST entre 2008 e 2017 para Macau .....	129
Gráfico 20 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2008 e 2017 para Macau .....	132

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro síntese dos teóricos que tratam da questão eólica e seus impactos .....	25
Quadro 2 – Quadro síntese dos teóricos que tratam da relação clima e parques eólicos .....	32
Quadro 3 – Escalas Espacial e Temporal do Clima .....	33
Quadro 4 – Quadro síntese dos teóricos que tratam do uso de SR e suas diversas aplicabilidades .....	38
Quadro 5 – Bandas Espectrais do Landsat 5 .....	41
Quadro 6 – Bandas Espectrais do Landsat 8 .....	42
Quadro 7 – Imagens selecionadas para o processamento digital .....	47
Quadro 8 – Listagem dos parques eólicos instalados em Camocim .....	61
Quadro 9 – Listagem dos parques eólicos instalados em Trairi .....	64
Quadro 10 – Listagem dos parques eólicos instalados em Aracati .....	66
Quadro 11 – Informações sobre o parque eólico instalado em Ibiapina .....	69
Quadro 12 – Listagem dos parques eólicos instalados em Areia Branca .....	72
Quadro 13 – Listagem dos parques eólicos instalados em Macau .....	74
Quadro 14 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Camocim .....	85
Quadro 15 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Trairi .....	94
Quadro 16 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Aracati .....	106
Quadro 17 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Ibiapina .....	115
Quadro 18 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Areia Branca .....	124
Quadro 19 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Macau .....	134

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Capacidade instalada de energia eólica em 2017 no mundo .....	28
Tabela 2	– Representatividade da Energia Eólica Por Região Produtora em 2017 .....	28
Tabela 3	– Classes NDVI aplicadas a análise dos dados .....	50
Tabela 4	– Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2006 e 2016 em Camocim .....	79
Tabela 5	– Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2006 e 2016 em Camocim .....	82
Tabela 6	– Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Camocim .....	84
Tabela 7	– Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Camocim .....	87
Tabela 8	– Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2007 e 2017 em Trairi .....	89
Tabela 9	– Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2007 e 2017 em Trairi .....	92
Tabela 10	– Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Trairi .....	94
Tabela 11	– Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Trairi .....	95
Tabela 12	– Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2006 e 2017 em Aracati .....	100
Tabela 13	– Cobertura dos valores de NDVI no ano de 2006 e 2017 em Aracati .....	101
Tabela 14	– Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Aracati .....	104
Tabela 15	– Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Aracati .....	106
Tabela 16	– Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2006 e 2014 em Ibiapina .....	108

Tabela 17 – Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2006 e 2014 em Ibiapina .....	111
Tabela 18 – Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Ibiapina .....	115
Tabela 19 – Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Ibiapina .....	115
Tabela 20 – Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2008 e 2017 em Areia Branca .....	119
Tabela 21 – Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2008 e 2017 em Areia Branca .....	123
Tabela 22 – Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Areia Branca .....	126
Tabela 23 – Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Areia Branca .....	126
Tabela 24 – Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2008 e 2017 em Macau .....	128
Tabela 25 – Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2008 e 2017 em Macau .....	132
Tabela 26 – Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Macau .....	134
Tabela 27 – Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Macau .....	136



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
ANNEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCM'S	Complexos Convectivos de Mesoescala
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IDEMA	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente
LER	Leilão de Energia Reserva
LI	Linhas de Instabilidade
mEa	Massa Equatorial Atlântica
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
NNEB	Norte do Nordeste Brasileiro
OLI	Operational Land Imager
PDI	Processamento Digital da Imagem
PROINFA	Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PROEÓLICA	Programa Emergencial de Energia Eólica
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SIN	Sistema Interligado Nacional
TIRS	Thermal Infrared Sensor
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
TST	Temperatura de Superfície Terrestre
VCAN	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1</b>	<b>Avanço da Indústria Eólica no Nordeste e Seus Efeitos Socioambientais</b> ....	<b>25</b>
<b>2.2</b>	<b>Perspectiva do Clima no Estudo de Parque Eólicos</b> .....	<b>31</b>
<b>2.3</b>	<b>Uso de sensoriamento remoto na Climatologia Geográfica e sua aplicação no estudo de Impactos em Empreendimentos eólicos</b> .....	<b>38</b>
<b>2.4</b>	<b>Procedimentos metodológicos empregados na pesquisa</b> .....	<b>45</b>
<b>2.4.1</b>	<i>Etapas da Pesquisa</i> .....	<b>45</b>
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E DELINEAMENTO DA INDÚSTRIA EÓLICA NO NORTE DO NORDESTE</b> .....	<b>51</b>
<b>3.1</b>	<b>Dinâmica atmosférica do Norte do Nordeste Brasileiro</b> .....	<b>51</b>
<b>3.2</b>	<b>Aspectos Gerais dos Municípios estudados e Delineamento da Indústria Eólica</b> .....	<b>60</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Caracterização do município de Camocim</i> .....	<b>60</b>
<b>3.2.2</b>	<i>Caracterização do município de Trairi</i> .....	<b>62</b>
<b>3.2.3</b>	<i>Caracterização do município de Aracati</i> .....	<b>65</b>
<b>3.2.4</b>	<i>Caracterização do município de Ibiapina</i> .....	<b>67</b>
<b>3.2.5</b>	<i>Caracterização do município de Areia Branca</i> .....	<b>70</b>
<b>3.2.6</b>	<i>Caracterização do município de Macau</i> .....	<b>72</b>
<b>4</b>	<b>EFEITOS DOS PARQUES EÓLICOS NO CLIMA LOCAL NO CEARÁ E NO RIO GRANDE DO NORTE</b> .....	<b>76</b>
<b>4.1</b>	<b>Comportamento das variáveis climáticas no município de Camocim/CE</b> ...	<b>77</b>
<b>4.2</b>	<b>Comportamento das variáveis climáticas no município de Trairi/CE</b> .....	<b>87</b>
<b>4.3</b>	<b>Comportamento das variáveis climáticas no município de Aracati/CE</b> .....	<b>97</b>
<b>4.4</b>	<b>Comportamento das variáveis climáticas no município de Ibiapina/CE</b> ....	<b>106</b>
<b>4.5</b>	<b>Comportamento das variáveis climáticas no município de Areia Branca/RN</b> .....	<b>116</b>
<b>4.6</b>	<b>Comportamento das variáveis climáticas no município de Macau/RN</b> .....	<b>126</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>137</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>140</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um tema demasiadamente discutido na atualidade, isto se deve ao aumento expressivo dos problemas ambientais. Estes são produtos de um modelo de desenvolvimento que usa os recursos naturais de maneira exacerbada, sem a preocupação com sua finitude. Neste contexto, a ciência geográfica contribui de forma efetiva para a análise das problemáticas ambientais por compreender a dialética de estudo do espaço geográfico e das relações da sociedade, na tentativa de propor uma relação mais harmoniosa entre estas.

Neste âmbito constantemente são propostas medidas para amenizar os impactos do desenvolvimento da técnica e sua consequente exploração do espaço geográfico. No campo das energias muitas são as discussões em torno da matriz elétrica atual, e, conseqüentemente, seus efeitos ambientais. Verifica-se que a nível global a composição da matriz elétrica consiste, predominantemente, de fontes não renováveis, advindas da queima dos combustíveis fósseis, representando 77% e somente, 23% são advindas de fontes renováveis. No Brasil, assim como na composição da matriz energética, a elétrica é considerada mais renovável quando comparada ao restante do mundo, onde 82% da matriz vêm de fontes renováveis e, somente, 18% de fontes não-renováveis (Empresa de Pesquisa Energética -EPE, 2016).

A matriz elétrica brasileira tem como principal fonte de energia, a hidráulica, com representação de 68,1%. A mesma é considerada limpa por não emitir gases de efeito estufa, e renovável, por usar um recurso que tem a capacidade de se repor em tempo hábil (*idem*, 2016; ANEEL, 2019). Contudo, esse discurso já foi revisto por diversos autores, pois todo o processo de instalação das hidroelétricas gera impactos ambientais e sociais expressivos. Outro fator que está fazendo o país repensar sua matriz elétrica consiste no fato de que as hidroelétricas dependem exclusivamente da disponibilidade hídrica, esta representa um grande obstáculo ao país devido à escassez deste recurso natural, frente as mudanças climáticas e a sazonalidade natural já existente.

Estes fatores associados as gestões que não trataram a questão energética com atenção devida, foram responsáveis por vários colapsos no sistema energético nacional, surgindo a necessidade de diversificação da matriz elétrica. A princípio investiu-se na instalação de termoeletricas, que se tornaram extremamente onerosas a população, pois a mesma é movida pela queima de combustíveis fósseis, além de serem extremamente danosas ao meio ambiente (ALVES FILHO, 2003).

Em meio a essa crise energética, surge a necessidade de investimentos em fontes renováveis de baixo carbono, que favoreçam o barateamento da energia para população e que sejam abundantes no país. Neste contexto, impulsionados pelo Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), passa-se a investir nas fontes eólica, solar e biomassa, buscando integrá-las ao sistema nacional e intercalando com os períodos de pouca produção hidroelétrica.

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2018), a fonte eólica e a solar representam juntas 6,93% da matriz elétrica, e a biomassa, com maior representação, apresenta 8,2%. Todavia, quando se analisa o crescimento destas fontes em específico, verifica-se que a energia eólica foi a que teve maior desenvolvimento na última década, onde no intervalo entre os anos de 2016 e 2017, a capacidade de geração de energia elétrica pela fonte eólica teve um crescimento de 26,5%, sendo a maior capacidade de geração em detrimento as demais fontes (EPE, 2018). A região produtora com maior expressividade é o Nordeste brasileiro, com destaque para o estado do Rio Grande do Norte (ABEEólica, 2018).

Neste cenário de desenvolvimento da indústria eólica como uma fonte abundante e, a priori, considerada limpa em termos ambientais, emergem preocupações sobre o processo de implementação desta indústria. Como verificado, a energia eólica apresenta baixa representatividade dentro da matriz elétrica nacional, porém quando analisamos o crescimento dessa modalidade em relação as demais, constatamos o avanço exponencial na última década. Isto se deve aos investimentos e facilidades de vários âmbitos, que defendem a expansão da geração de energia por fonte eólica como a melhor opção para resolução da crise energética nacional.

No Brasil, a facilidade para a implementação da indústria eólica se dar, principalmente, pelas condições naturais favoráveis, por isso várias regiões com potenciais eólicos estão investindo neste ramo, sendo o maior destaque, a região Nordeste. Nos últimos anos, estados como Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia despontaram a nível nacional na instalação e produção de energia advinda de fonte eólica. A região se destaca por possuir condições ambientais propícias para instalação deste tipo de energia, tendo em vista, sua posição geográfica privilegiada associada à sua extensa área litorânea, tornando-se a região mais atrativa para investimentos eólicos do mundo.

No caso do Ceará, em específico, a implantação dos parques eólicos na zona costeira do estado proporcionou a geração de muitos impactos durante e após a construção dos empreendimentos, isto se deve, em parte, a flexibilização dos aparelhos burocráticos, tendo em vista, que até o ano de 2014 a SEMACE exigia somente um relatório ambiental

simplificado (RAS), por entender que os empreendimentos eólicos não eram de grande porte e portanto, não causariam danos ambientais (LOUREIRO; GORAYEB; BRANNSTROM, 2017). Neste sentido, Meireles (2011) identificou que a retirada da vegetação para o estabelecimento dos parques, o soterramento das lagoas interdunares para construção de vias, a fixação das dunas móveis etc., contribuíram para a modificação dos processos naturais relativos aos fluxos de matéria e energia dos ambientes costeiros. No âmbito social, é corriqueiro, no caso dos parques localizados no litoral, os conflitos com as comunidades onde o empreendimento se instala, devido as mudanças na dinâmica natural de sobrevivência das comunidades tradicionais e/ou pesqueiras (GORAYEB; BRANNSTROM, 2016).

Com base neste quadro de avanço da energia eólica e quantificação dos impactos gerados, convém entender os efeitos que esse tipo de indústria pode provocar no clima local. Para isso, algumas indagações nortearam a elaboração deste trabalho, a saber, os parques eólicos, a partir dos novos usos e ocupação do solo incorporados durante e após sua instalação, podem modificar o clima local, gerando microclimas? Quais as modificações que a instalação e a operacionalização dos parques eólicos podem provocar na dinâmica dos elementos climáticos locais?

Acredita-se que o clima, principalmente o elemento temperatura, modifica-se a partir dos diferentes usos que são realizados na superfície terrestre, principalmente quando se tem a modificação intensa e contínua dos fatores geográficos que compõe um tipo climático (MENDONÇA, 2007). Convém entender que tais modificações interferem na dinâmica natural e no bem-estar das diversas comunidades populacionais.

Deste modo, o estudo teve como propósito geral analisar os impactos da instalação de empreendimentos eólicos no clima local dos municípios estudados. E como objetivos específicos buscou-se: I - Avaliar se os parques eólicos influenciam as condições climáticas locais; II- Identificar as variações na temperatura de superfície em uma escala histórica, estabelecendo a análise do antes e depois da implantação dos empreendimentos; III – Verificar as modificações na cobertura vegetal e nos usos do solo e como estes contribuíram para a determinação de condições climáticas específicas na área dos empreendimentos.

Como justificativa do trabalho, entende-se que o avanço da modalidade energética de fonte eólica, corroborado pela ação governamental, tem apresentado impactos diversos que perpassam tanto o âmbito ambiental quanto o social. Tais empreendimentos não impactam em escala global, pois não há emissão de poluentes e utilizam um recurso renovável e abundante, que é o vento. Entretanto, a falta de fiscalização adequada quando da instalação destes equipamentos, fez com que a maioria dos parques fossem alocados em áreas inadequadas,

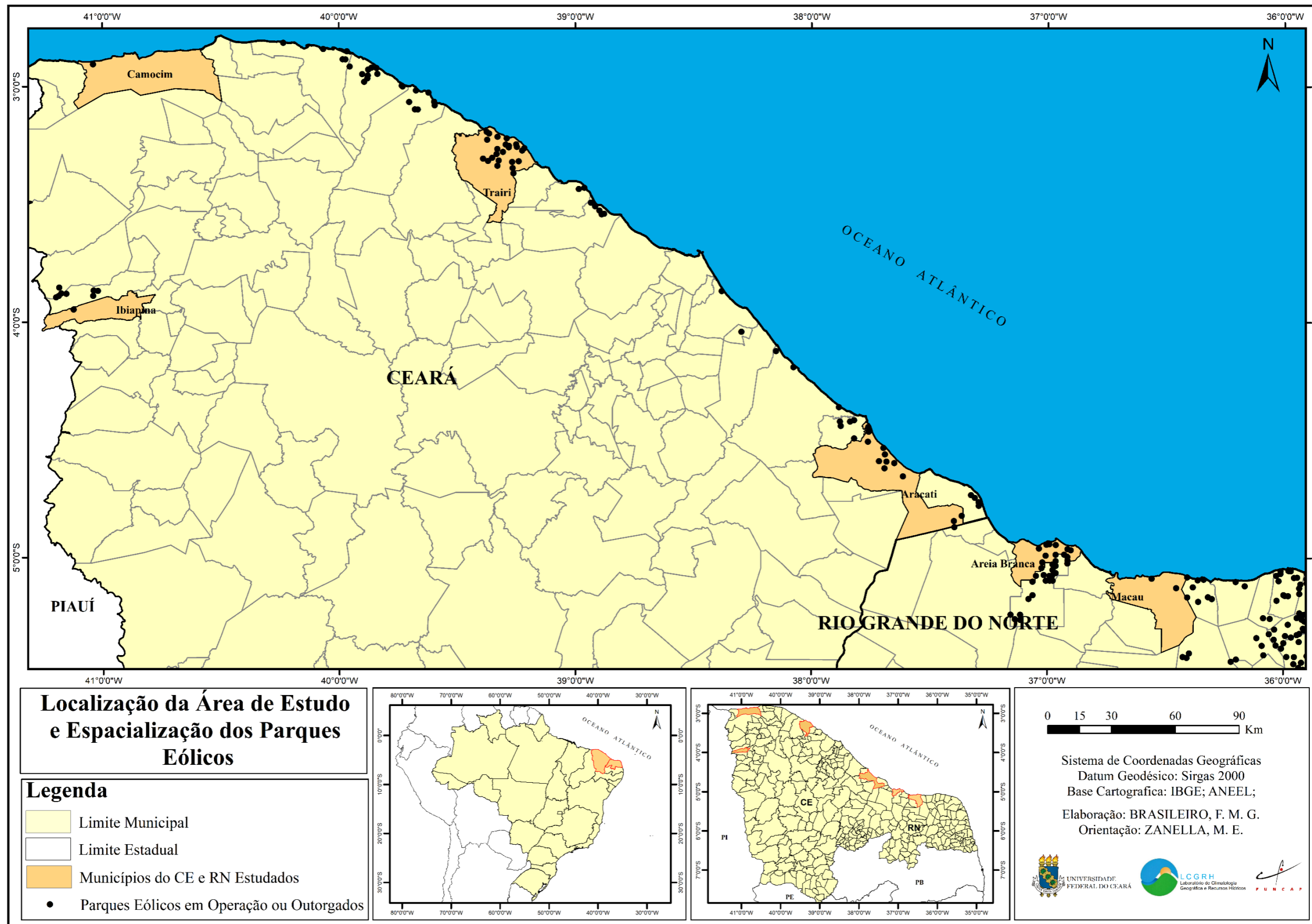
gerando impactos ambientais severos e conflitos sociais com as populações locais. Em outras realidades, a instalação de parques eólicos em demasia provocou mudanças na configuração da paisagem geográfica. Neste contexto, a realidade climática também é impactada, visto que a espacialização dos parques necessita de áreas extensas para sua instalação, gerando novos usos, fato este, que pode modificar os elementos climáticos. Tal fato justifica a realização do presente trabalho, que visou proporcionar uma leitura geográfica dos efeitos da construção de tais empreendimentos no clima, com o intuito de contribuir com um referencial teórico acerca da temática, tendo em vista, o ineditismo da pesquisa em âmbito nacional.

A pesquisa teve como hipótese o fato de que o investimento na indústria eólica no Ceará (CE) e no Rio Grande do Norte (RN), a níveis competitivos, possibilitou alterações significativas na paisagem geográfica com o incremento de novos usos e ocupação do solo distintos. Essas modificações alteraram a temperatura local e provocaram mudanças no microclima, tendo em vista que a vegetação é um dos principais fatores de amenidades climáticas, por contribuir com o sombreamento e a interceptação da radiação solar. Neste cenário, estas modificações no uso do solo também podem interferir no conforto térmico das comunidades situadas próximas aos parques, a partir da maior disponibilidade de calor. Outro fator que corrobora com a ideia de alteração dos elementos climáticos, diz respeito à implantação de novas estruturas na área dos parques eólicos, a saber, materiais de diversos componentes (concreto, alumínio, aço etc.) que tem respostas diferenciadas em relação à absorção e emissão de radiação, alterando a temperatura da superfície terrestre que, por sua vez, pode interferir na temperatura do ar.

A área de estudo está localizada na porção norte do Nordeste brasileiro e compreende a região eólica do Litoral Norte–Nordeste (Figura 1), de acordo com a classificação elaborada por Silva (2003). Esta classificação dividiu o Nordeste em regiões eólicas, ou seja, áreas que apresentam traços comuns na dinâmica dos ventos. Os constantes ventos característicos desta região estão associados a presença dos ventos alísios e das brisas marítimas, que são diretamente influenciados pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Por estes fatores o regime eólico é muito forte, com velocidade média anual que alcança os 9,5 m/s (OLIVEIRA; COSTA, 2011; SILVA, 2003).

O recorte espacial delimitou os municípios que apresentam configurações únicas na inserção da indústria eólica, optando por regiões geograficamente diferenciadas, visando analisar as alterações nos elementos climáticos a partir do desenvolvimento eólico no litoral e também, nas áreas serranas. Estes dois ambientes são os mais visados quando da instalação dos parques, tendo em vista, que são áreas com maior disponibilidade de ventos fortes durante

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e espacialização dos parques eólicos no CE e RN



Fonte: elaborado pela autora

boa parte do ano. Portanto, a área estudada compreende quatro municípios no estado do Ceará, a saber: Camocim, Trairi, Aracati e Ibiapina; e dois municípios no Rio Grande do Norte: Areia Branca e Macau. Na figura 1, apresentamos a delimitação destes municípios e a espacialização dos parques eólicos instalados e os outorgados. Destaca-se que o estado do Rio Grande do Norte apresenta maior quantidade de parques eólicos instalados, quando comparado com o Ceará, que apesar de ter uma inserção mais antiga no mercado eólico, acabou sendo ultrapassado pelo Rio Grande do Norte.

Convém destacar que a área de estudo foi definida para abarcar toda a extensão de municípios trabalhados no âmbito dos projetos de pesquisa PRONEM FUNCAP/CNPq Proc. PNE 0112-00068.01.00/16, análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil e CAPES PGPSE Proc. 88887.123947/2016-00, Sistemas Ambientais costeiros e ocupação econômica do Nordeste, desenvolvidos no departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, sob coordenação, respectivamente, da Profa. Dra. Elisa Zanella e Prof. Dr. Jeovah Meirelles.

Em termos organizacionais o trabalho está estruturado em 5 capítulos, sendo dois concernentes a introdução e a conclusão e três referentes ao desenvolvimento da pesquisa. No segundo capítulo elencou-se as principais obras consultadas para compreender o desenvolvimento da energia eólica e os impactos socioambientais ocasionados, sobretudo no litoral do Nordeste. Destacou-se ainda as vertentes de estudo sobre clima e eólicas e uso de sensoriamento remoto no estudo destes grandes empreendimentos. Nesse capítulo traçou-se também os caminhos metodológicos percorridos, visando a obtenção dos resultados. Para tal, destacou-se as fórmulas utilizadas para o processamento digital das imagens orbitais, tendo em vista a importância de mencionar os passos realizados para contribuir com novas pesquisas.

No terceiro capítulo, traçou-se as principais características ambientais da área de estudo. Em um primeiro momento analisou-se as condições atmosféricas regionais, visto que estas têm importância crucial na definição dos tipos de tempo visualizados na realidade geográfica, ao mesmo tempo que influenciam diretamente na dinâmica dos ventos, elemento este, essencial no âmbito da indústria eólica. Nesta seção se considerou também os aspectos físicos regionais e locais visando compreender a espacialização dos parques eólicos e suas preferências ambientais, ao mesmo tempo, que delineou a espacialização dos parques eólicos por município.



No quinto e último capítulo, demonstrou-se os resultados obtidos a partir do uso de sensoriamento remoto, deste modo, visualizou-se o comportamento da TST, do NDVI e os tipos de usos do solo, propondo relações com o estabelecimento espacial dos parques eólicos

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO

Para o trabalho dialogou-se com obras calcadas nos seguintes temas - Indústria Eólica, Impactos dos Parques Eólicos, Climatologia Geográfica e Sensoriamento Remoto. A priori, destaca-se a implementação da indústria eólica no Brasil, evidenciando sua espacialização em âmbito nacional, regional e local. O avanço na espacialização de parques eólicos está inserido dentro uma lógica mercadológica, que a caracteriza como uma indústria, tendo em vista que a mesma apresenta uma cadeia produtiva organizada e em constante crescimento. Esta indústria começa a delinear um mercado produtor de peças e equipamentos no país, viabiliza mercados e delinea espaços produtivos próprios (COSTA; CASOTTI; AZEVEDO, 2009).

Destaca-se, a bibliografia levantada que aponta os demasiados impactos ocasionados pela indústria eólica, principalmente no litoral do Nordeste (ARAÚJO, 2015; BRANNSTROM *et al*, 2017; CHAVES *et al*, 2017; CRUZ, 2016; GORAYEB, BRANNSTROM, 2016; GORAYEB *et al*, 2016; LOUREIRO *et al*, 2015, 2017; MEIRELLES, 2011; MENDES *et al*, 2014, 2016, etc.). Esses impactos decorrem da má instalação locacional destes empreendimentos que apesar de estarem relacionados a um discurso de sustentabilidade, se apropriaram da necessidade energética para possibilitar a instalação de torres eólicas em locais potencialmente passíveis de impactos ambientais e sociais, mas que possuem maior facilidade na aquisição de vastas áreas de terras.

Considera-se, principalmente, os impactos ocasionados nos ecossistemas litorâneos frágeis, visto a instalação das torres em ambientes da planície costeira, desconsiderando estudos que apontam para alternativas locais de menor impacto ambiental (MEIRELES, 2011). As comunidades tradicionais e/ou costeiras, são as mais afetadas, devido as modificações que estes equipamentos provocam na paisagem geográfica, com alocação de equipamentos estranhos a realidade dos moradores. A delimitação territorial é afetada a partir da ressignificação dos lugares e de seu uso por parte das comunidades locais, devido as proibições impostas pelos empreendimentos eólicos. Destaca-se, também, os impactos ambientais severos nos ecossistemas, que alteram a dinâmica natural das lagoas interdunares, a fixação das dunas, a recarga do lençol freático, entre tantos outros impactos já mesurados (*idem*, 2011).

Observa-se que para a realidade brasileira poucos estudos mensuraram os impactos visualizados no âmbito climático, tendo como motor as interferências dos parques eólicos. Todavia na literatura internacional já se identificou aumento na temperatura ao nível

do solo para áreas de parques eólicos, como nos releva Vautard *et al* (2014) e Roy e Traiteur (2010). Convém delinear que os parques provocam mudanças significativas no padrão de ocupação local, com a retirada da vegetação e incremento de materiais que têm repostas diferenciadas a radiação solar.

Essa problemática evidenciada em parques eólicos já situados no Nordeste, alerta para o avanço da indústria eólica e suas consequências para o clima local. Visto que o cenário nos apresenta um avanço exponencial de parques em instalação e outorgados, e, em contrapartida, há uma tentativa de supressão dos instrumentos reguladores, para facilitar a instalação das torres eólicas.

## 2.1 Avanço da Indústria Eólica no Nordeste e Seus Efeitos Socioambientais

No tocante a análise sobre a indústria eólica e seus efeitos sobre a paisagem geográfica convém destacar o quadro síntese 1, que apresenta as principais perspectivas teóricas elencadas sobre a temática. Com base neste quadro nota-se que a discussão sobre energia eólica, apesar de recente, apresenta um campo de estudos amplo e com resultados significativos essenciais ao entendimento da questão eólica no Brasil.

Quadro 1 – Quadro síntese dos teóricos que tratam da questão eólica e seus impactos

EIXO	AUTORES	PERSPECTIVAS TEÓRICAS
Avanço da Indústria Eólica no Nordeste e Seus Efeitos Socioambientais	TOLMASQUIM, 2016	Primórdios da geração de energia por fonte eólica e evolução da mesma para outros continentes.
	ALVES FILHO, 2003; CHAVES; BRANNSTROM; SILVA, 2017; ABEEólica, 2018; SALINO, 2011; LAGE; PROCESSI, 2013	Projetos eólicos cruciais no Brasil e a atuação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA)
	SILVA, 2003	Questão Locacional como motor para a expansão da indústria eólica no Nordeste Brasileiro
	ARAÚJO, 2015; BRANNSTROM <i>et al</i> , 2017; CHAVES <i>et al</i> , 2017; CRUZ, 2016; GORAYEB, BRANNSTROM, 2016; GORAYEB <i>et al</i> , 2016; LOUREIRO <i>et al</i> , 2015, 2017; MEIRELLES, 2011; MENDES <i>et al</i> , 2014, 2016; LOUREIRO, GORAYEB e BRANNSTROM, 2017;	Impactos socioambientais ocasionados pela indústria eólica no Nordeste. I. Conflitos com comunidades tradicionais pelo uso da terra. II. Desmatamento, soterramento das lagoas interdunares e fixação das dunas móveis III. Descaracterização da paisagem natural

Fonte: elaborado pela autora

Nesta perspectiva a geração de energia elétrica através dos ventos data do final do século XIX, apesar dos precursores dos atuais moinhos datarem de milhares de anos atrás, com o pioneirismo da Dinamarca e dos Estados Unidos da América (EUA). Com a crise do petróleo, em 1973, a indústria eólica passa a ter investimentos no âmbito da pesquisa

promovendo seu desenvolvimento, principalmente nos EUA. O período de 1980 a 1990 foi marcado pelo avanço da indústria eólica nos EUA, com a instalação de vários parques eólicos, fato este, protagonizado pela ação governamental. Naquele mesmo período, a Europa avançava no desenvolvimento da energia eólica, visando otimizar a matriz energética e ganhar autonomia neste ramo (TOLMASQUIM, 2016).

No final dos anos 1990, a Europa concentrou todos os esforços no desenvolvimento desta matriz, tornando-se o principal produtor de energia eólica e comercializador dos produtos e peças para a montagem dos parques. A partir dos anos 2000, a indústria eólica começou a se diversificar buscando novas áreas de implantação, se expandindo para outras regiões, a saber: Ásia, América Latina e África. Na metade dos anos 2000, essa indústria já alçava o nível mundial de expansão (*Idem*, 2016), a partir dessa data os investimentos em parques eólicos duplicaram, fato corroborado com os índices de potência instalada que continuaram a crescer em anos posteriores.

No Brasil, as primeiras iniciativas no ramo eólico começaram a ser delineadas a partir do ano de 1992, porém com fraco desenvolvimento. Neste ano, foi instalada a primeira turbina eólica comercial, com capacidade de geração de energia de 225 quilowatts (KW). A mesma teve como lócus o Arquipélago Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco, localizado em uma região propícia ao desenvolvimento da energia eólica. Esta turbina marca a inserção da indústria eólica no Brasil e na América do Sul. Em 1998, a Central Eólica da Taíba configurou-se como um marco importante no desenvolvimento da energia eólica independente no país, a mesma apresentava capacidade para geração de 500 quilowatts (KW). Outros projetos cruciais no avanço da indústria eólica foram: o da Prainha, localizado no município de Aquiraz, com capacidade de 10 megawatts (MW) e a Usina Eólica do Mucuripe, com capacidade de 2,4 megawatts (MW) (ABEEólica, 2018). Como observado a região nordeste foi pioneira no estabelecimento desses empreendimentos.

Os primeiros projetos eólicos foram de suma importância para o estabelecimento de uma indústria eólica no Brasil, contudo, não ocasionaram avanços significativos na instalação desses empreendimentos, tendo em vista, que a discussão em torno da sustentabilidade energética apresentava pouca significância em termos efetivos. Até então, a fonte hidráulica, estava suprindo as necessidades neste âmbito.

Todavia, com o advento da crise energética no ano de 2001, o Brasil passou a incentivar a contratação de empreendimentos para a geração de energia eólica. Para tal, criou-se o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA), que objetivava impulsionar o mercado eólico através da contratação de 1.050 megawatts (MW), até dezembro de 2013, para

complementar a fonte energética vigente, a hidroelétrica (ABEEólica, 2018; ALVES FILHO, 2003; CHAVES; BRANNSTROM; SILVA, 2017).

De acordo com a ABEEólica (2018), este programa fracassou, dando lugar ao Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) que buscava incentivar a inserção de diversas fontes renováveis, além da eólica,

[O PROINFA tinha como objetivo] ampliar o aproveitamento e a participação das fontes alternativas de energia elétrica na matriz energética nacional [...]. O programa estabeleceu para sua primeira fase a contratação de 3.300 MW de energia no sistema interligado nacional (SIN), produzidos pelas fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas, sendo inicialmente previstos 1.100 MW de cada fonte (SALINO, 2011, p. 56)

A partir da atuação do PROINFA, verifica-se a expansão das fontes renováveis, especialmente a eólica, na matriz elétrica brasileira, associada a um discurso de sustentabilidade frente aos impactos das mudanças climáticas globais. Soma-se a este aspecto o déficit hídrico ocasionado pela sazonalidade das chuvas e pelas constantes secas em todo o país, ocasionando a instabilidade da atual fonte energética, a hidroelétrica.

O PROINFA atuou facilitando a instalação e comercialização desta energia, produzida a partir de fontes renováveis, através da criação de facilidades no financiamento bancário, isenções fiscais e atração do pequeno empreendedor. A eólica, em detrimento as demais, teve desenvolvimento mais expressivo, onde já em 2009, ocorreu o 1º leilão de comercialização exclusivo de fonte eólica, no âmbito do 2º Leilão de Energia Reserva (LER). Até então, havia ocorrido 1º LER, contudo visou a comercialização de todas as fontes energéticas impulsionadas pelo programa de incentivos (ABEEólica, 2018).

O investimento na fonte eólica, tal qual apresentado, favoreceu o incremento de uma nova indústria no Brasil, a eólica. A mesma vem sendo tratada como um ramo industrial por apresentar uma cadeia produtiva e um consumidor final, através da transformação do vento (matéria prima) em energia a ser consumida pela sociedade e pelas demais indústrias. O processo de geração de energia a partir da fonte eólica, perpassa a aquisição da tecnologia, o incremento de equipamentos diversificados para montagem das torres, a comercialização da energia e sua destinação final (LAGE; PROCESSI, 2013).

O avanço desta indústria no Brasil, favorecida pela ação estatal e privada, possibilitou a reformulação do mercado energético nacional, que atualmente investe massivamente na contratação de parques eólicos. Isto pode ser demonstrado através dos dados que indicam um crescimento vertiginoso da potência instalada e do número de outorgas para novos empreendimentos. Constata-se que para o ano de 2017 cerca de 508 usinas eólicas

foram instaladas no Brasil, resultando em 12,77 Gigawatt (GW) de capacidade instalada (Tabela 1). Isto representa um crescimento de 18,87% em relação ao ano de 2016.

Tabela 1 – Capacidade instalada de energia eólica em 2017 no mundo

Country	MW	% Share
PR China	188,232	35
Usa	89,077	17
Germany	56,132	10
India	32,848	6
Spain	23,170	4
United Kingdom	18,872	3
France	13,759	3
Brazil*	12,763	2
Canada	12,239	2
Italy	9,479	2
Rest of the world	83,008	15
<b>Total Top 10</b>	<b>456,572</b>	<b>85</b>
<b>World Total</b>	<b>539,581</b>	<b>100</b>

Fonte: GWEC/ABEEólica, 2017.

Das regiões produtoras de energia eólica, o Nordeste conquistou a maior representatividade, alcançando a taxa de 84% no ano de 2017, com geração de 33,99 Terawatt-hora (TWh), configurando um crescimento de 25%, em relação ao ano anterior (Tabela 2). A região é líder isolada na produção de energia a partir da fonte eólica. Em segundo lugar, com 21%, a região sul desponta com uma taxa de crescimento considerável (ABEEólica, 2017).

Tabela 2 – Representatividade da Energia Eólica Por Região Produtora em 2017

Região	2016		2017		% de Crescimento
	Geração (TWh)	Representatividade	Geração (TWh)	Representatividade	
Sudeste	0,07	0,2%	0,08	0,2%	13%
Sul	4,83	15,1%	5,84	14,4%	21%
Nordeste	21,17	84,7%	33,99	84,0%	25%
Norte	---	---	0,55	1,4%	---%
<b>Total</b>	<b>32,07</b>	<b>100%</b>	<b>40,46</b>	<b>100%</b>	<b>26,2%</b>

Regiões Produtoras: **Norte**: estados do Amapá, Amazonas, Pará, Maranhão e Tocantins; **Nordeste**: estados da região Nordeste, com exceção do Maranhão; **Sudeste**: estados das regiões Sudeste e Centro-Oeste, mais os estados do Acre e Rondônia; **Sul**: estados da região Sul. Fonte: ABEEólica, boletim Anual de Geração Eólica, 2017.

Neste mesmo ano, grande parte dos estados que obtiveram maior êxito na geração de energia eólica estão localizados no nordeste do país, com exceção do Rio Grande do Sul (geração de 5,58 TWh). Para os estados do Nordeste destacam-se o estado do Rio Grande do Norte (geração de 13,24 TWh), líder na produção de energia eólica, regionalmente e

nacionalmente. Convém destacar a contribuição ímpar dos estados da Bahia (geração de 7,79 TWh), Ceará (geração de 5,10 TWh) e Piauí (geração de 4,59 TWh) (*idem*, 2017).

Como apresentado, a indústria eólica tem maior destaque na região Nordeste. Esta predominância se deve as condições ambientais e logísticas propícias a esta atividade energética. O primeiro fator decisivo para instalação dos parques nesta região, se refere as condições dos ventos localmente. Esta região recebe a influência dos ventos alísios, que apresentam regime estável e constante, com rajadas de vento que ultrapassam a cota de 8 m/s, valor mínimo para o bom aproveitamento eólico. Soma-se se isso as brisas marítimas e terrestres, que contribuem com a maior disponibilidade de ventos. Além de apresentar uma vasta área litorânea e áreas montanhosas, que favorece a instalação dos equipamentos e diversificação territorial dos empreendimentos (SILVA, 2003).

Todos esses atrativos resultam em um investimento maciço e desregrado de empreendimentos eólicos, principalmente nas áreas litorâneas, fator corroborado pelos dados de potência instalada anteriormente mencionados. Com a emergência de diversificação da matriz elétrica brasileira, o controle burocrático foi relativizado para favorecer o estabelecimento dos empreendimentos eólicos, como evidencia Loureiro, Gorayeb e Brannstrom (2017, p. 242), “No Ceará, o órgão licenciador é estadual, a SEMACE e, até 2014, exigia apenas um Relatório Ambiental Simplificado (RAS), tendo como critérios o número de aerogeradores e a localização do parque eólico”, pois, partia-se do princípio, que os parques eólicos não geravam impactos negativos no ambiente por ser uma energia limpa e renovável. Todavia, contrariando o discurso das empresas, do governo e de alguns estudiosos, estes empreendimentos vêm provocando muitos impactos ambientais e sociais.

Os impactos dos empreendimentos eólicos não são visualizados em escala global, porém em escala local têm oferecido muitos impasses. Para o estado do Ceará, Meireles (2011) identificou que a retirada da vegetação para o estabelecimento dos parques, o soterramento das lagoas interdunares para construção de vias, a fixação das dunas móveis etc., contribuiu para a modificação dos processos naturais relativos aos fluxos de matéria e energia daquele ambiente.

Este autor salienta que as usinas eólicas têm gerado muitos impactos ambientais ao longo do litoral nordestino, sobretudo com alterações bruscas da morfologia e fisionomia dos campos de dunas. O principal objetivo destas intervenções ao longo da Costa consiste em proporcionar vias de acesso aos aerogeradores e proteção contra a erosão eólica, neste intuito “iniciou-se um generalizado e aleatório processo de fixação artificial das areias, danos aos

sítios arqueológicos e privatização destes sistemas ambientais de relevante interesse socioambiental” (MEIRELES, 2011, p.2).

Os impactos nos sistemas ambientais são inúmeros, tendo em vista, que os parques eólicos, principalmente no Ceará, foram instalados em áreas de conservação. Estes ambientes oferecem restrições à ocupação, principalmente de grandes empreendimentos, visto a interferência nos fluxos naturais do ambiente costeiro. Verifica-se que o planejamento eólico no litoral desconsiderou literaturas que oferecem alternativas locacionais mais adequadas para o estabelecimento das torres, a exemplo dos tabuleiros pré-litorâneos (MEIRELES, 2011).

No âmbito social, existem muitos conflitos com as comunidades situadas nas proximidades dos parques. Destaca-se que os territórios de maior interesse pela indústria eólica situam-se em áreas historicamente ocupadas por comunidades tradicionais e/ou pesqueiras, que tem uma relação de subsistência com o mar e com o seu território. Ocorre que no processo de instalação destes equipamentos, estas comunidades não são incluídas de forma efetiva nas tomadas de decisão, além de alterarem significativamente as condições ambientais que os fazem desenvolver suas atividades econômicas (BRANNSTROM *et al*, 2017; CRUZ, 2016).

Teoricamente, estes empreendimentos deveriam incrementar novas atividades econômicas nos ambientes onde são instalados, a partir do arrendamento das terras gerando renda para os moradores, como verificado na realidade internacional. Nos Estados Unidos (EUA), especificamente no Texas, os empreendedores eólicos a partir dos “contratos de aluguel de terra e royalties, beneficiam os proprietários privados e produzem taxas” (LOUREIRO, GORAYEB; BRANNSTROM, 2017, p. 231).

Na realidade brasileira, verifica-se que poucos estão sendo beneficiados, excluindo os principais impactados pela instalação de parques eólicos. Em estudos realizados por Loureiro, Gorayeb e Brannstrom (2017), verifica-se a ação dos empreendedores voltados ao ramo eólico, onde identificaram, na realidade cearense

o beneficiamento das elites locais que obtiveram terras na região costeira sem título adequado, através de métodos escusos como a “grilagem” e se beneficiam disso por meio dos contratos de aluguéis com os parques eólicos. As elites têm criado títulos para terras anteriormente sem documentação, trabalhando com consultores ambientais corruptos para manter comunidades “invisíveis”, e também têm negociado suas terras recém-obtidas com as empresas eólicas como meio para acumular capital (2017, p.242)

Deste modo, constata-se que não existem ganhos financeiros recorrentes para as comunidades afetadas por parques eólicos. A única ação, neste sentido, decorre das medidas



compensatórias (GORAYEB *et al*, 2016) que tentam a partir de ações pontuais beneficiar a comunidade afetada. Contudo, em algumas realidades essas medidas são ínfimas, sem contribuição efetiva. Verifica-se que em grande parte das comunidades pesqueiras e tradicionais, a ação estatal é defasada, havendo pouca intervenção. Os empreendedores, com base nestas necessidades, se utilizam destas para promover o empreendimento.

Os empreendedores possuem um alto poder de persuasão e, através das atividades compensatórias, vão ganhando espaço e a confiança das comunidades, para assim se instalarem sem a resistência da população. Vários membros da comunidade acreditam que esses empreendimentos são muito importantes para a região e formadores de bons empregos para comunidade; porém, o que se percebem são empregos de baixa remuneração que distanciam os jovens das atividades tradicionais, além de impactar o meio ambiente e prejudicar a prática de um turismo sustentável, uma vez que ocorre a perda de belezas paisagísticas naturais (MENDES, *et al*, 2014, p.3358)

Em relação a geração de empregos, verifica-se que esta indústria não absorve a mão de obra disponível localmente, visto a pouca instrução dos moradores. Os que são contratados por esta indústria realizam somente trabalhos braçais, e em sua maioria, somente no período de instalação, com curta duração. Poucos são, os que realmente lucram com o advento da eólica (LOUREIRO, GORAYEB; BRANNSTROM, 2017).

Pesquisas demonstram, que os parques eólicos impactam, também, a paisagem local, através da introdução das torres, descaracterização da paisagem natural e cultural das comunidades, como nos apresenta Loureiro, Gorayeb e Brannstrom (2017, p.27) “o número considerável de torres eólicas altera a paisagem natural e afeta o potencial paisagístico do litoral, sobretudo nos estados que exploram o turismo de forma intensa, como Ceará e Rio Grande do Norte”.

Todos esses aspectos justificam os conflitos constantes das comunidades com os parques eólicos. Considera-se que para satisfazer uma necessidade nacional, o planejamento para implementação dos parques, não consideraram as comunidades tradicionais, e tão pouco, os impactos gerados por tal empreendimento. Há que saber que a fonte eólica frente aos desafios da sustentabilidade, apresenta-se como uma opção viável, porém sua implementação necessita considerar os estudos ambientais que indicam alternativas locais, além de analisar o uso atual dos territórios.

## **2.2 Perspectiva do Clima no Estudo de Parque Eólicos**

No que tange a análise da ação dos parques eólicos a partir da perspectiva climática, nota-se que os estudos nesta área são oriundos da bibliografia internacional, haja

vista, que são áreas com maior experiência no ramo da indústria eólica e, também, as que detêm maiores áreas com parques para geração deste tipo de energia instalados. Em âmbito nacional poucas pesquisas seguem esta linha de estudo, o que se verifica no quadro 2. Neste, nota-se a contribuição do estudo das interferências de parques eólicos nos elementos do clima, em diferentes perspectivas teóricas.

Quadro 2 – Quadro síntese dos teóricos que tratam da relação clima e parques eólicos

EIXO	AUTORES	PERSPECTIVAS TEÓRICAS
Perspectiva do Clima no Estudo de Parque Eólicos	SANT'ANNA NETO, 1998; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; AYOADE, 2001;	A climatologia enquanto ciência e suas bases teóricas
	KIRK-DAVIDOFF E KEITH, 2008	As rugosidades inseridas na paisagem podem gerar alterações significativas no clima, fato demonstrado nos modelos elaborados pelos pesquisadores, estes relatam também que a origem de tais impactos resulta de alterações na dinâmica dos ventos.
	ROY E TRAITTEUR, 2010	A turbulência gerada por alguns rotores pode interferir na dinâmica natural do ar, possibilitando uma mistura.
	VAUTARD <i>et al</i> , 2014	Modificações na dinâmica do parâmetro temperatura nas áreas com parques eólicos, onde evidenciaram a tendência para um aquecimento noturno e resfriamento diurno.
	ARMSTRONG <i>et al</i> , 2016	Implicações no microclima ao nível do solo, ocasionadas pelo estabelecimento das torres eólicas, com implicações nos processos biogeoquímicos.
	SILVA, 2015	Analisa o efeito esteira, que trata das perturbações ocasionadas ao fator vento quando de sua passagem pelas turbinas eólicas e sua influência nos demais elementos climáticos.

Fonte: elaborado pela autora

Neste sentido, convém delinear as principais discussões relacionadas a esse campo de estudo. A priori, ressalta-se que a climatologia apresenta importância crucial dentro da Geografia, por contribuir na análise dos fenômenos atmosféricos e suas repercussões no espaço geográfico, dando base aos estudos de caráter ambiental e social. Observa-se que a preocupação com o entendimento dos eventos atmosféricos está presente desde as primeiras ocupações humanas, tendo em vista, que o clima afetava diretamente as atividades realizadas. Verifica-se, inclusive, que o clima orientou a ocupação territorial e o desenvolvimento de diversos povos e civilizações, a partir da observação e definição de espaços propícios a sua existência. Destes resultam os primeiros ensaios de definição desta ciência, na tentativa de entendimento dos fenômenos naturais a que eram submetidos (SANT'ANNA NETO, 1998).

A climatologia geográfica teve suas origens na meteorologia, área da ciência que estuda os estados momentâneos da atmosfera. Diferentemente desta, a climatologia tem por

objeto de análise o clima, onde busca identificar “os padrões de comportamento da atmosfera e suas interações com as atividades humanas e com a superfície do planeta durante um longo período de tempo” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 15).

O clima é determinado pela circulação geral da atmosfera, definida como conjuntos de movimentos atmosféricos que, na escala global, determinam zonas climáticas e localmente definem os tipos de tempos. Esta circulação se forma a partir da distribuição desigual da radiação solar e pela influência do movimento de rotação da terra. Neste contexto, a radiação solar distribui-se de forma desigual nas diferentes partes do planeta, sendo influenciada, principalmente, pela latitude e pelas estações do ano. Deste modo, as baixas latitudes tendem a receber mais radiação e as latitudes médias e elevadas recebem menos radiação, porém emitem maiores quantidades para o espaço. Todavia, o planeta sempre busca o equilíbrio dinâmico, deste modo, observa-se movimentos de transferência de energia, onde o excesso de energia recebido nas baixas latitudes tende a se deslocar para as regiões que apresentam déficit energético, no caso, médias e altas latitudes, através das correntes atmosféricas e oceânicas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Para melhor delineamento dos fenômenos climáticos, o estudo do clima segmenta-se em escalas espaciais que delineiam os limites territoriais de cada estudo, e em escalas temporais que apresentam a durabilidade de cada evento. Observa-se que as escalas estão divididas em patamares, elencadas por ordem de grandeza do fenômeno (Quadro 3).

Quadro 3 – Escalas Espacial e Temporal do Clima

<b>Ordem de Grandeza</b>	<b>Subdivisões</b>	<b>Escala Horizontal</b>	<b>Escala Vertical</b>	<b>Temporalidade das variações mais representativas</b>	<b>Exemplificação Espacial</b>
Macroclima	Clima Zonal Clima regional	> 2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios	O globo, um hemisfério, oceano, continente etc.
Mesoclima	Clima Regional Clima Local Topoclima	2.000 km a 10 km	12 km a 100 m	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanha, região metropolitana, cidade etc.
Microclima	—	10 km a alguns m	Abaixo de 100m	De minutos ao dia	Bosque, uma rua, uma edificação/casa etc.

Fonte: MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007.

Os estudos sobre a circulação geral do planeta, seguem uma escala macroclimática, evidenciando as alterações que influenciam grandes regiões, ou até mesmo o globo. Para o estudo na escala mesoclimática, considera-se que dentro da circulação geral do planeta, as rugosidades espaciais associadas aos tipos de usos dos solos, favorecem alterações

na circulação atmosférica, criando um padrão local diferenciado. As alterações relacionadas ao mesoclima, originam-se a partir das diferenciações do relevo, urbanização, tipos de culturas desenvolvidas, etc.

O microclima, por sua vez, está relacionado as variações existentes dentro de uma pequena área ou eventos próximos a superfície. Considera-se que dentro de uma cidade, a título de exemplo, existem variados microclimas, pois estes estão relacionados a interação direta do uso do solo com os fenômenos atmosféricos. Neste aspecto, Giacomini Ribeiro destaca que,

A microrugosidade, a cor e a textura das superfícies, aliadas aos abrigos dispostos junto ao solo, como as edificações e a vegetação constituem-se nos elementos que promovem a diferenciação na magnitude das trocas energéticas e gasosas que irão, por sua vez, modificar o comportamento do ar circundante (1993, p. 293).

Depreende-se que “o clima influencia as plantas, os animais e o solo; influencia a rocha através do intemperismo, enquanto as forças externas que modelam a superfície terrestre são controladas pelas condições climáticas” (AYOADE, 2001, p. 2). Do mesmo modo, o clima é influenciado pelas ações humanas e por toda alteração ocorrida na paisagem geográfica.

Neste contexto a indústria eólica se insere, trazendo consigo alterações significativas no uso e ocupação do solo localmente. Destaca-se que os aerogeradores tem efeitos diversos na paisagem e no clima, dentre eles, verifica-se que agem como verdadeiros quebra ventos, pois constituem-se de rugosidades impostas à paisagem, tendo em vista a grandiosidade das torres eólicas, tanto em diâmetro quanto em altura. Ayoade (2001) em estudos sobre a ação de materiais dispostos na paisagem, nos evidencia que,

Há uma redução tanto na velocidade do vento quanto nas taxas de evaporação antes que o quebra vento seja atingido a diminuição se torna mais acentuada imediatamente depois da barreira, e posteriormente fica menos perceptível até que a velocidade do vento e a taxa de evaporação retornem aos níveis anteriores a barreira. Além de influenciar a velocidade do vento e as taxas de evaporação, a presença de quebra-ventos também altera a temperatura e a umidade do ar e a temperatura e a umidade do solo, nas jusantes que sofrem sua influência (AYOADE, 2001, p 277).

Nesta perspectiva, diversos estudos sobre os impactos dos parques eólicos no clima podem ser encontrados na literatura internacional. Alguns autores constataram modificações a nível local e descartaram alterações a nível global (ARMSTRONG *et al*, 2016; ROY; TRAITTEUR, 2010; VAUTARD *et al*, 2014). Salienta-se que tais trabalhos tiveram por objetivo avaliar, a partir da modelagem e simulações, os efeitos dos parques eólicos sobre os elementos do clima, tanto em ambiente *Onshore* quanto em *Offshore*. Observa-se que a perspectiva de análise desses trabalhos difere do que se objetivou na

presente pesquisa, todavia, os resultados obtidos nestas investigações são essenciais ao entendimento da questão climática frente o estabelecimento de empreendimentos eólicos no mundo e em território brasileiro.

Na tentativa de extrapolação dos dados visando entender impactos em larga escala advindos da indústria eólica *offshore*, o estudo de Kirk-Davidof e Keith (2008) revelou que as rugosidades inseridas na paisagem poderiam gerar alterações significativas no clima, fato demonstrado nos modelos elaborados pelos pesquisadores, estes relatam também que a origem de tais impactos resultam de alterações na dinâmica dos ventos.

Slowing of the zonal wind over the roughened region yields stationary wave patterns of divergence and convergence that are associated with meridional and vertical wind anomalies that in turn affect temperature advection and cloud fraction. These changes in turn affect the surface heat budget, resulting in the observed temperature anomalies (KIRK-DAVIDOF; KEITH, 2008, p. 2233).

No que tange a relação de alteração nos aspectos climáticos e os equipamentos instalados em ambiente *Onshore*, Roy e Traiteur (2010) identificaram que a turbulência gerada por alguns rotores pode interferir na dinâmica natural do ar, possibilitando uma mistura.

Data from a meteorological field campaign show that such wind farms can significantly affect near-surface air temperatures. These effects result from enhanced vertical mixing due to turbulence generated by wind turbine rotors. The impacts of wind farms on local weather can be minimized by changing rotor design or by siting wind farms in regions with high natural turbulence (2010, p. 17899).

Com base nesta mesma hipótese, outros autores identificaram modificações na dinâmica do parâmetro temperatura nas áreas com parques eólicos, onde evidenciaram a tendência para um aquecimento noturno e resfriamento diurno.

The most direct atmospheric effect of wind turbines is an additional drag and the generation of wake turbulence. This induces a reduction of the daily temperature range, with daytime cooling and night-time warming, due to increased mixing near the surface. In areas densely covered by wind farms, a net warming was found, reaching ~ 0.7 °C over a decade, as detected by remote-sensing observations, and similar results are obtained in mesoscale model simulations (VAUTARD *et al*, 2014, p.2)

No estudo de Armstrong (2016), identificam-se implicações no microclima ao nível do solo, ocasionadas pelo estabelecimento das torres eólicas, com implicações nos processos biogeoquímicos. Este autor alerta para a necessidade de estudos mais elaborados no tocante a esta temática.

That effects of wind turbines on ground-level microclimate could have implications for biogeochemical processes and ecosystem carbon cycling. Consequently, improved measurements and modelling approaches are needed to determine the true carbon balance of wind energy that includes the effects of altered ground-level microclimates (ARMSTRONG *et al*, 2016, p.7)

Nota-se que as pesquisas internacionais se concentram no estudo das implicações diretas dos parques eólicos no comportamento atmosférico, através da modificação dos ventos em diversas escalas. Para tal, se utilizam amplamente da modelagem e simulações. Convém delinear que os ambientes estudados nestas pesquisas diferem da realidade brasileira, tanto nos aspectos climáticos e ambientais quanto na perspectiva eólica, haja vista, que a América do Norte e Europa tem uma indústria eólica consolidada e, comportam em seus territórios extensas fazendas de produção de energia eólica, com inúmeros aerogeradores dispostos em suas paisagens.

Nesta perspectiva, a pesquisa elaborada por Silva (2015) elucida algumas questões relacionadas ao estudo do clima no âmbito da questão eólica no Brasil. A autora retrata em escala microclimática a relação que o funcionamento dos aerogeradores estabelece para a geração de impactos, tendo como objeto de análise o efeito esteira, que trata das perturbações ocasionadas ao fator vento quando de sua passagem pelas turbinas eólicas e sua influência nos demais elementos climáticos. Tendo como objeto de estudo o parque eólico piloto em Macau, usado para autoconsumo, e o recorte espacial dentro deste, a autora descartou alterações microclimáticas nas cartas de temperatura tendo como motor o efeito esteira e sugere que as alterações no uso do solo a partir da implementação dos aerogeradores são passíveis de impactos climáticos.

Neste sentido, contrapondo a afirmativa de que os parques eólicos não alteram a temperatura de superfície e concordando que as alterações no uso do solo geram modificações no clima, a presente pesquisa defende que os parques, de fato, influenciam a TST a partir dos novos usos e ocupação estabelecidos na paisagem por esses empreendimentos.

Observa-se que o clima, principalmente o elemento temperatura, modifica-se a partir dos usos que são realizados nas diferentes áreas da superfície terrestre, principalmente quando se tem a modificação intensa e contínua dos fatores geográficos do clima (MENDONÇA, 2007). Convém entender que tais modificações interferem na dinâmica natural e no bem-estar das comunidades populacionais que dependem da natureza para sua subsistência.

Dentre as modificações que podem ocorrer no clima local devido ao uso da terra, cita-se o aumento substancial da temperatura da superfície terrestre que trata de um parâmetro que se constitui do fluxo de calor dado em relação à quantidade de radiação absorvida e emitida pelos corpos dispostos no espaço geográfico (AYOADE, 2001).

Em parte, isto se deve ao comportamento da cobertura vegetal local e as modificações que são realizadas na mesma. Concebe-se que a vegetação é um importante elemento que interfere nos parâmetros climáticos, por esta razão sua retirada é preocupante, tendo em vista que a mesma desempenha o papel de reguladora da umidade e da temperatura, uma vez que as árvores atuam como uma barreira à radiação solar direta, diminuindo a disponibilidade de energia para aquecer o ar (MENDONÇA, 2007). O mesmo ocorre em relação a temperatura superficial, deste modo, áreas com presença de vegetação apresentam menores temperaturas quando comparadas com locais sem cobertura vegetal (NEVES *et al*, 2017). Com base nesses pressupostos, a retirada vegetação pode aumentar o desconforto térmico humano (OCHOA; CALZADA; SERRA, 2003), pois o terreno tende a receber mais radiação solar, tornando-se mais aquecido. Em suma, a vegetação tem importância crucial para o clima, pois “influences temperature, humidity, radiation and wind, and it also has an effect on air composition, as well as improving the visual landscape and quality of life” (*idem*, 2003, p. 699).

Corroborando com estas afirmativas, Espécie *et al* (2018), tendo por base diversos estudos ambientais regulatórios sobre impactos em parques eólicos, demonstrou que a perda de cobertura vegetal nativa foi o efeito ambiental mais recorrente em áreas de implementação dos projetos. A cerca dos efeitos climáticos dos parques, mesmo sendo de conhecimento dos meteorologistas eólicos, esses não foram mensurados dentro do estudo em questão, o que revela um total desconhecimento a cerca desta problemática por parte dos envolvidos nos projetos eólicos, justificando assim a realização do presente trabalho.

Outro fator que corrobora com a ideia de alteração dos elementos climáticos a partir de usos diversos do solo, diz respeito à implantação de novos corpos na área dos parques eólicos, a saber, materiais de diversos componentes (concreto, alumínio, aço, fibras de vidro, estruturas metálicas e ferro) que tem respostas diferenciadas em relação à absorção e emissão de radiação, podendo contribuir com o aumento da temperatura. Neste sentido, Ayoade (2001) identificou que a distribuição espacial da temperatura pode ser influenciada pela “quantidade de insolação recebida, natureza da superfície, distância a partir dos corpos hídricos, relevo, a natureza dos ventos predominantes e correntes oceânicas” (p. 52).

Grosso modo, entende-se que o aumento na temperatura de superfície terrestre (TST) é um indicativo de que há modificação na temperatura do ar e, por conseguinte, nos demais elementos constituintes do clima, visto que a TST interage com a temperatura do ar, modificando-a.

### 2.3 Uso de sensoriamento remoto na Climatologia Geográfica e sua aplicação no estudo de Impactos em Empreendimentos eólicos

No que concerne ao uso do sensoriamento remoto, o quadro teórico compôs-se de obras que nos permitem compreender o trabalho com cartas termais e os resultados que as mesmas revelam (Quadro 4). A discussão parte de conceitos básicos acerca do balanço de energia e avança no entendimento sobre como esse sistema pode ser alterado a partir de modificações na paisagem geográfica, sobretudo a partir da inserção de grandes empreendimentos eólicos

Quadro 4 – Quadro síntese dos teóricos que tratam do uso de SR e suas diversas aplicabilidades.

EIXO	AUTORES	PERSPECTIVAS TEÓRICAS
Uso de sensoriamento remoto na Climatologia Geográfica e sua aplicação no estudo de Impactos em Empreendimentos eólicos	FERREIRA, 2006; FITZ, 2008; AYOADE, 2001; ESTEVÃO, 2016	A importância do Sensoriamento remoto para todas as ciências e para o estudo do clima em específico.
	JENSEN, 2009; MORAES, 2002; FERREIRA, 2006	A radiação eletromagnética e sua interação com a terra. Estas interagem de formas diferenciadas, dependendo, diretamente, do tipo de objeto disposto na paisagem e da ação da atmosfera
	FLOREZANO, 2002	Os elementos da superfície, em contato com a radiação, detêm comportamentos espectrais específicos, favorecendo a identificação destes nas imagens orbitais.
	MASHIKI; CAMPOS, 2013; OLIVEIRA; ROSA, 2013	Obtenção de cartas de termais de superfície, a partir da captação das respostas espectrais dos elementos dispostos na superfície terrestre.
	VAREJÃO-SILVA, 2006; AYOADE, 2001	A variação diária da temperatura do solo depende da cobertura presente à superfície, já que esta interfere no suprimento de energia oriunda do sol

Fonte: elaborado pela autora

O sensoriamento remoto (SR) é uma tecnologia que permite coletar remotamente imagens do território. Seu desenvolvimento favoreceu a maior disponibilidade de imagens temporais sobre as áreas analisadas e melhor acurácia no delineamento dos fenômenos observados (FERREIRA, 2006; FITZ, 2008). Nas últimas décadas o mesmo teve ampla aplicação no âmbito das ciências naturais, isto se deve, principalmente, a diversificação de usos das imagens para identificação de variados fenômenos.

No âmbito da climatologia e da meteorologia é inegável a contribuição do sensoriamento remoto na identificação e previsão dos fenômenos atmosféricos, principalmente na utilização dos satélites, que se “constituem importante recurso de informações climatológicas para os cientistas da atmosfera” (AYOADE, 2001, p.8). Concordamos com Estevão (2016, p. 52) quando ela trata que o sensoriamento remoto:



desde sua divulgação e disponibilização para uso civil, contemplou positivamente o desenvolvimento de estudos científicos a nível internacional e nacional e em diversas áreas do conhecimento, inclusive contribuindo significativamente nos estudos geográficos, onde nas últimas décadas, tem sido empregado para os estudos do clima [em seus diferentes ramos].

Ainda segundo esta autora, o geoprocessamento, bem como o sensoriamento remoto, nos traz uma infinidade de possibilidades no seu uso, dentre as quais, destaca “a análise espaço-temporal, extração de valores de temperatura de superfície, identificação dos diferentes usos do solo, mensuração dos índices de vegetação [...]” (ESTEVÃO, 2016, p. 53).

Grande parte dos instrumentos de sensoriamento remoto tem como princípio a captação da radiação eletromagnética, pelos sensores a bordo dos satélites. Esta radiação consiste na energia emitida por qualquer corpo que possua temperatura acima do zero absoluto (0 kelvin). Contudo, a energia eletromagnética, não necessita de um meio físico/material para se propagar, pois se propaga no vácuo, na forma de ondas eletromagnéticas (JENSEN, 2009; MORAES, 2002; FERREIRA, 2006).

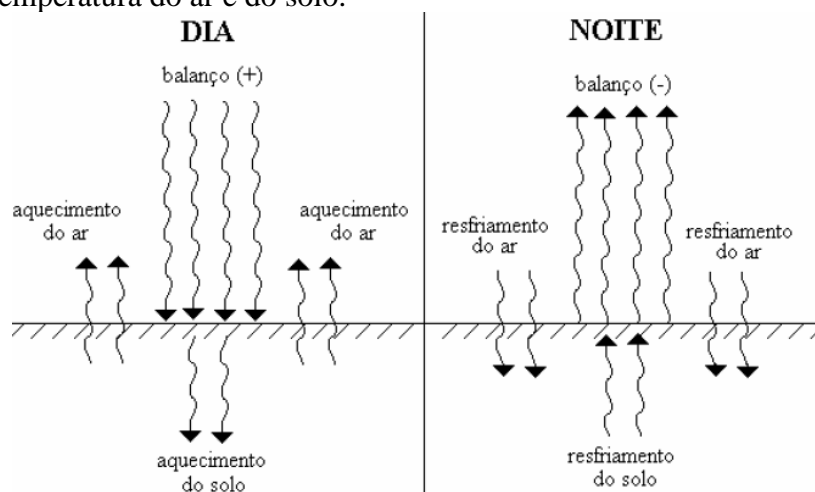
Estas ondas são formadas a partir da oscilação entre os campos elétrico e magnético, e sua propagação se dá com base em duas dimensões físicas, comprimento e frequência, sendo o primeiro “a distância entre dois pontos semelhantes [...] e, [a segunda] o número de ondas que passa por um ponto do espaço num determinado intervalo de tempo” (MORAES, 2002, p. 8). A variação no comprimento e na frequência das ondas, determina a fragmentação da radiação eletromagnética em campos de energia específicos, denominados espectro eletromagnético.

Com base no comprimento e frequência das ondas eletromagnéticas, o espectro divide-se em ondas curtas e longas. As ondas curtas apresentam maior frequência e menor comprimento, do mesmo modo, as ondas longas apresentam menor frequência e maior comprimento de onda. Para o sensoriamento remoto “a faixa espectral mais utilizada estende-se de 0,3  $\mu\text{m}$  a 15  $\mu\text{m}$ , embora a faixa do microondas também seja utilizada” (MORAES, 2002, p.9), que corresponde, grosso modo, a faixa que se estende do ultravioleta ao infravermelho.

A radiação eletromagnética distribuída entre estes campos interage com a terra de formas diferenciadas, dependendo, diretamente, do tipo de objeto disposto na paisagem e da ação da atmosfera (Figura 2). Considera-se que parte da radiação emitida pelo sol é absorvida pelos gases presentes na atmosfera terrestre e, somente uma pequena porção chega à superfície, como evidencia Ayoade (2001, p. 23) “o sol fornece 99,97% da energia que é utilizada para vários fins no sistema terra-atmosfera. A cada minuto o sol irradia cerca de 56 x

$10^{26}$  calorias de energia, da qual a terra intercepta apenas  $2,55 \times 10^{18}$  calorias”. Feito isto, a radiação que chega à superfície pode ser refletida, absorvida ou transmitida quando de sua interação com os elementos presentes (FLOREZANO, 2002). Destaca-se que os elementos da superfície, em contato com a radiação, detêm comportamentos espectrais específicos, favorecendo a identificação destes nas imagens orbitais.

Figura 2 – Esquema representativo do balanço da radiação e efeitos sobre a temperatura do ar e do solo.



Fonte: BISCARO, 2007.

Estas informações são adquiridas a partir dos sensores a bordo dos satélites, que são as mais populares plataformas de coletas de dados do sensoriamento remoto. Convém destacar que nos últimos anos a aerofotogrametria obtida a partir de veículos aéreos não tripulados – Vant’s, tem se destacado nos estudos científicos devido à alta resolução espacial das imagens. Contudo, os satélites ainda são os principais meios de aquisição de imagens da superfície terrestre, principalmente para a climatologia geográfica.

Na atualidade, vários satélites estão na órbita terrestre captando imagens sucessivamente. Dentre estes satélites, a série Landsat, sem dúvida, tem maior destaque, por apresentar boa qualidade e adequação das cenas para diversos propósitos e serem mais acessíveis aos pesquisadores.

O projeto Landsat surge na década de 1960, sendo o responsável pelo lançamento de uma série de satélites, que buscavam, a priori, observar os recursos naturais. Contudo, sua expansão favoreceu a aplicação em diversas análises, principalmente a partir do incremento de novas bandas espectrais, de sensores e melhorias nas resoluções das imagens (EMBRAPA, 2013).

Dentre os satélites lançados pela *Missão Land Remote Sensing Satellite*, destaca-se o Landsat 5 e 8. Estes são os satélites, que melhor coletaram imagens da superfície terrestre, principalmente do território brasileiro. O Landsat 5 foi o satélite que permaneceu em órbita por maior espaço de tempo, devido a problemas técnicos nos satélites posteriores a ele. Este, a partir de sua durabilidade em órbita, oferece maior possibilidade para avaliação temporal dos fenômenos da superfície terrestre. O satélite Landsat 8 foi o único equipamento da série, posterior ao Landsat 5, que permaneceu em órbita com coletas de imagens sem evidência de problemas técnicos. Os dois satélites supracitados operam com os sensores termais que captam imagem em tons de cinza com informações da temperatura de superfície, possibilitando a identificação de alterações microclimáticas e a formação de ilhas de calor em ambientes construídos, entre outras aplicações (ESTEVÃO, 2016).

O Landsat 5 a partir seu sensor *Thematic Mapper*, como demonstrado no quadro 5, apresenta 6 bandas multiespectrais que atuam no campo do visível e do infravermelho com resolução espacial de 30 metros, e 1 banda que atua no campo do infravermelho termal, com resolução espacial de 120 metros, podendo ser reamostrada de acordo com a necessidade do pesquisador. As principais diferenças deste satélite em relação ao Landsat 8, refere-se à resolução radiométrica, que trata da quantidade de níveis de cinza identificadas pelo sensor, logo, este tem menor capacidade de coletar informações por unidade de espaço, e a não existência de uma banda pancromática de melhor resolução (EMBRAPA, 2013)

Quadro 5 – Bandas Espectrais do Landsat 5

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
TM (Thematic Mapper)	(B1) AZUL	0.45 - 0.52 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B2) VERDE	0.52 - 0.60 $\mu\text{m}$				
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 $\mu\text{m}$				
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$				
	(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$	120 m			
	(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 $\mu\text{m}$	30 m			
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.08 - 2.35 $\mu\text{m}$				

Fonte: Embrapa, 2013.

O Landsat 8 contém dois sensores, o OLI, que opera no campo do visível e o infravermelho próximo, com a existência de 8 bandas multiespectrais e 1 banda pancromática. As bandas multiespectrais têm uma resolução espacial de 30 metros que podem ser

melhoradas a partir da fusão com a banda pancromática com resolução espacial de 15 metros, gerando uma imagem final de 15 metros de resolução (Quadro 6). A resolução radiométrica deste satélite é maior que a do seu antecessor supracitado, com 12 bits. Este satélite também opera no campo do infravermelho termal, utilizando o sensor TIRS, com duas bandas espectrais que apresentam resolução espacial de 100 metros, que podem ser reamostradas para 30 metros, a partir das técnicas de geoprocessamento (EMBRAPA, 2013; COELHO; RAMOS; BERGAMASCHI, 2015; SOARES *et al*, 2015; COELHO; SANTOS; NASCIMENTO; SOUSA; OLIVEIRA, 2009).

Quadro 6 – Bandas Espectrais do Landsat 8

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) COSTAL	0.433 - 0.453 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	185 km	12 bits
	(B2) AZUL	0.450 - 0.515 $\mu\text{m}$				
	(B3) VERDE	0.525 - 0.600 $\mu\text{m}$				
	(B4) VERMELHO	0.630 - 0.680 $\mu\text{m}$				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.845 - 0.885 $\mu\text{m}$				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.560 - 1.660 $\mu\text{m}$				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.100 - 2.300 $\mu\text{m}$	15 m			
	(B8) PANCROMÁTICO	0.500 - 0.680 $\mu\text{m}$	30 m			
	(B9) Cirrus	1.360 - 1.390 $\mu\text{m}$	30 m			
TIRS (Thermal Infrared Sensor)	(B10) LWIR -1	10.30 - 11.30 $\mu\text{m}$	100 m	16 dias	185 km	12 bits
	(B11) LWIR -1	11.50 - 12.50 $\mu\text{m}$				

Fonte: Embrapa, 2013.

No tocante a climatologia geográfica, observa-se uma tendência na utilização destes sensores para obtenção das cartas termais. Sua aplicação está voltada principalmente as análises das ilhas de calor nas grandes e médias cidades brasileiras, porém, avançam na compreensão da temperatura de superfície terrestre (TST) como indicador de alterações microclimáticas.

Neste contexto, Mashiki e Campos (2013), ressaltam a importância das geotecnologias para obtenção de cartas de temperatura de superfície, a partir da captação das respostas espectrais dos elementos dispostos na superfície terrestre.

Com o avanço das geotecnologias, de dados do sensoriamento remoto e o aumento das resoluções das imagens de satélite, obtém-se diversas informações do ambiente terrestre. Uma das informações contidas nas imagens é a temperatura aparente da superfície, obtida através da captação da energia eletromagnética emitida por determinado ambiente ou objeto (2013, p 144).

O trabalho com as cartas termais nos permitiu observar o território e captar os dados de temperatura, com isso, determinamos a evolução temporal das temperaturas e constatamos alterações no ambiente estudado (OLIVEIRA; ROSA, 2013). No caso dos parques eólicos foi possível identificar como era o comportamento da temperatura aparente de superfície antes da instalação dos parques e após a chegada destes empreendimentos,

A radiação eletromagnética recebida pelos materiais de diferentes composições presentes na superfície terrestre emite ondas de radiação proporcionais a sua temperatura. Os satélites através dos seus sensores captam os diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético gerando imagens de grande utilidade no sensoriamento remoto para estudos de diversas áreas do conhecimento (MASHIKI E CAMPOS, 2013, p. 143).

A obtenção de cartas termais segue o princípio de que os diferentes usos do solo determinam temperaturas de superfície próprias. Os sensores a bordo do satélite captam informações que derivam da resposta espectral à radiação, sendo assim, alguns elementos refletem mais energia e outros absorvem. O espaço urbano é o mais emblemático no estudo da temperatura de superfície, pois evidencia os efeitos do ambiente construído e seus impactos na cidade, onde observar-se que os diferentes materiais construtivos influenciam, diretamente, na determinação das temperaturas de superfície terrestre. Estas temperaturas podem ser simplificadas, como o calor gerado nos ambientes, e, portanto, afetam substancialmente a temperatura do ar e, por conseguinte, a umidade relativa, fatores determinantes para o microclima.

A temperatura de superfície pode ser influenciada pela quantidade de insolação da superfície que depende da latitude, do período de coletas das imagens (período seco ou chuvoso) e, também, da variação diurna (AYOADE, 2001; MASHIKI, 2012). Neste sentido Ayoade (2001), identifica que

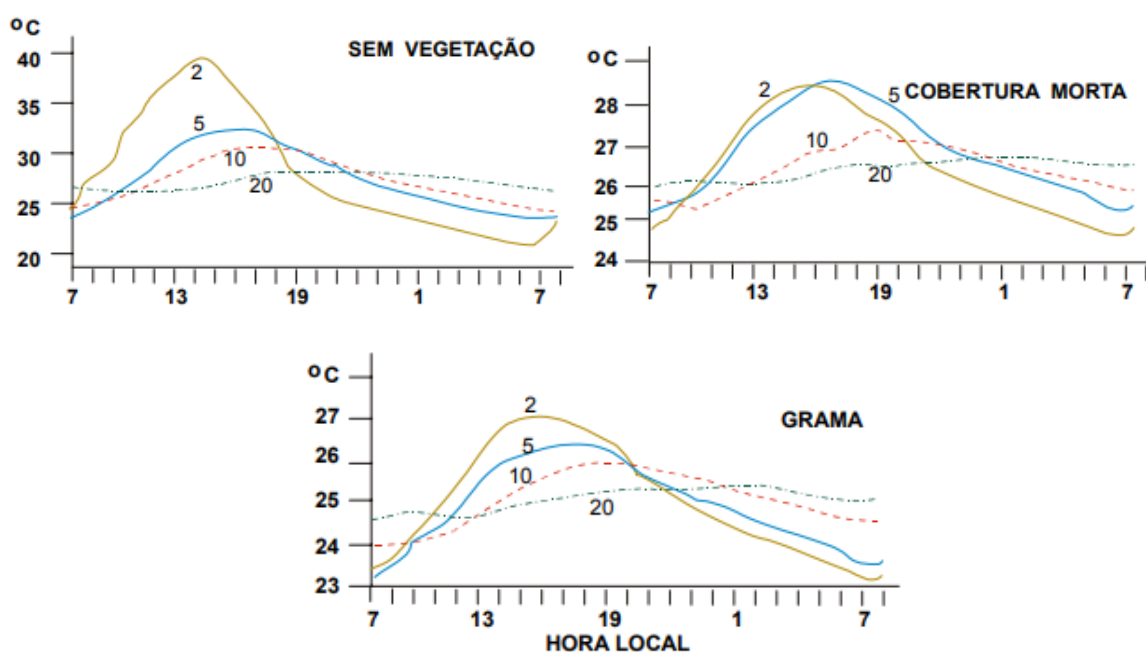
A altitude do sol, que é o ângulo entre seus raios e uma tangente a superfície no ponto de observação, também afeta a quantidade de energia solar recebida. Quanto maior a altitude do sol, tanto mais concentrada será a intensidade da radiação por unidade de área e tanto menor será o albedo (isto é, a proporção de radiação incidente refletida pela superfície). A altitude do sol é determinada pela latitude do local, pelo período do dia e pela estação. A altitude do sol geralmente diminui com o aumento de latitude. Ela é elevada à tarde, porém baixa pela manhã e ao entardecer. Do mesmo modo, a altitude do sol é mais elevada no verão que no inverno (AYOADE, 2001, p 25).

A temperatura de superfície apresenta maiores valores em áreas urbanas e em locais com solo exposto. Nos centros urbanos, tende-se a substituição da vegetação natural por prédios, casas, indústrias, comércios etc., e no restante da cidade, em espaços mais interioranos, tende-se a substituição da cobertura vegetal pelas áreas agrícolas, pequenos povoados e, recentemente, pela indústria eólica no caso do nordeste brasileiro. Neste

sentido, destaca-se a importância da vegetação na determinação das temperaturas de superfície, visto que áreas com presença de vegetação favorece “a evaporação, que converte a energia solar em água evaporada ao invés de calor, mantendo as temperaturas da vegetação e do ar mais baixas, bem como, promovem sombras para as superfícies” (MASHIKI, 2012, p. 147).

Na figura 3, observa-se o comportamento da temperatura superficial em áreas vegetadas e não vegetadas em diferentes profundidades do solo, denotando que a TST é mais elevada em regiões sem cobertura vegetal, sobretudo nas camadas superficiais do solo.

Figura 3 – Variação da temperatura do solo em diferentes profundidades (cm) e a influência da cobertura vegetal



Fonte: VAREJÃO-SILVA, 2006 *apud* VIANELLO E SANDANIELO, 1984. Na figura, o eixo vertical (y) representa as temperaturas do solo encontradas no experimento. No eixo horizontal (x) distribuem-se os horários em que foram coletados os dados.

Realçando estas afirmativas Varejão-Silva (2006) afirma que “a variação diária da temperatura do solo depende da cobertura presente à superfície, já que esta interfere no suprimento de energia oriunda do sol” (2005, p.92).

Assim, convém delinear que os parques eólicos, entendidos como grandes empreendimentos da indústria energética nacional, acarretam modificações na paisagem a partir da retirada, ainda que tímida, da vegetação local para instalação dos aerogeradores, assim como, através desta instalação a paisagem ganha novos equipamentos que terão novas respostas espectrais. Considera-se, também, as modificações indiretas ocasionadas pelos

parques, no estabelecimento de novos usos da terra. Neste sentido, o sensoriamento remoto se coloca como uma tecnologia capaz de identificar estas modificações a nível local, identificando sua espacialização atual e cenários futuros (FERREIRA; PONSO; SAKAMOTO, 2014).

## **2.4 Procedimentos metodológicos empregados na pesquisa**

A pesquisa em questão se apoia na abordagem da climatologia dinâmica que “considera os elementos climáticos de maneira integrada, considerando a impossibilidade de tratá-los de maneira dissociada quando o que se busca é a compreensão da realidade” (CUNHA; VECCHIA, 2007).

Na análise geográfica, entende-se que o papel do clima na organização espacial deve ser pensado como gerador dos tipos de tempo cujas bases são dinâmicas, complexas e muito sensíveis as alterações impostas pela ação do homem (SANT’ANA NETO, 1998). Dentro da abordagem dinâmica considera-se que o clima não é estático, evidenciando o conceito de ritmo, que consiste em identificar as variações existentes dentro de um tipo climático.

Em termos de conceito geográfico, a categoria paisagem é a norteadora das análises, visto ser o conceito que melhor compreende as nuances inerentes ao objeto de estudo. Entende-se a paisagem como uma dada porção do espaço composta por elementos naturais e antrópicos, que se relacionam e interdependem em algum grau. Esta paisagem é constantemente modificada pela ação do homem, gerando novos processos e remodelando a configuração dos ciclos naturais-ambientais, sociais, econômicos etc.

Quanto a natureza da pesquisa, a mesma se apresentou como aplicada, pois, busca obter conhecimentos essenciais ao desenvolvimento da ciência, com aplicação prática, envolvendo verdades e interesses locais. Em relação aos objetivos se configura como explicativa, onde busca identificar os fatores que contribuem para ocorrência dos fenômenos observados, através do registro, da análise, da classificação e identificação dos fatos. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema a pesquisa se caracteriza como quanti-qualitativa, onde apreende o ambiente como fonte direta dos dados e se utiliza de dados quantitativos para melhor descrever o objeto de estudo (MARCONI; LACATOS, 2003).

### **2.4.1 Etapas da pesquisa**

A primeira etapa da pesquisa consistiu em análise documental e bibliográfica. Para tal, consultou-se documentos relacionados à implementação dos parques, avaliação de impactos (EIA/RIMA) disponíveis, distribuição espacial, contribuição na matriz elétrica nacional e regional. Tais documentos foram coletados em sites específicos, a saber, na Empresa de Pesquisa Energética (EPE), na Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), na Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANNEEL), entre outros sites. No que concerne as leituras que embasaram o trabalho, consultou-se artigos em base de dados científicos (scopus, web of Science, scielo, etc.), teses, dissertações e livros acerca das temáticas abordadas no trabalho.

A segunda etapa consistiu na análise das variáveis climáticas, visando identificar as alterações associadas às mudanças do uso do solo dado a implantação dos parques eólicos. Para tal, utilizou-se o sensoriamento remoto e o geoprocessamento para possibilitar a identificação da temperatura de superfície, os usos do solo e a distribuição da cobertura vegetal na área de estudo. Para isso, delimitou-se as técnicas e ações que foram realizadas.

Para extração da temperatura de superfície utilizou-se os dados orbitais do satélite *Landsat 5* e *8* de período anterior e posterior à implantação dos parques eólicos, afim de incorporar as alterações do ambiente devido os novos usos estabelecidos. A opção deste satélite relacionou-se com sua resolução temporal e espacial, ideal para o estudo desta finalidade. Na escolha das cenas foram selecionadas as que não apresentavam nuvens, pois a ocorrência destas provoca a distorção dos dados de temperatura, tornando-se incoerentes com o real (temperaturas abaixo do normal).

As imagens orbitais foram adquiridas através do site do U.S. Geological Survey (Serviço Geológico Americano), encontrando-se no link: (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). No Quadro 7, verifica-se os satélites, a data, a hora e a órbita/ponto de cada cena utilizada. Destaca-se que para obtenção das cartas termais utiliza-se duas cenas do período seco (agosto-novembro), tendo em vista a disponibilidade de imagens sem nuvens para o processamento digital e considerando o período de maior eficiência dos parques eólicos, visto os fortes ventos existentes na região no segundo período do ano.

Para a extração dos dados referentes à temperatura de superfície terrestre, foi empregado o *software* ArcGis 10.4<sup>®</sup>, a partir da inserção das fórmulas específicas na ferramenta “*Raster Calculator*” disponível na extensão “*Arc tool box*”. Verifica-se que o *software* utilizado não é especificamente um aplicativo de PDI, sendo necessária a inserção das fórmulas específicas ao tratamento da imagem. Com a inserção das fórmulas obteve-se a



conversão dos dados das imagens de satélites compostas inicialmente em níveis de cinza para temperatura de superfície.

A rotina responsável por transformar os números digitais das imagens do infravermelho distante em temperatura de superfície utiliza-se do método nomeado lei inversa de Planck (ESTEVÃO, 2016), onde afirma-se que quanto maior a temperatura para um dado comprimento de onda, maior a quantidade de energia emitida por um corpo negro. Após a conversão em dados de temperatura realizou-se a classificação das classes de alta para baixa temperaturas atribuindo-se a paleta de cores que caracteriza o objeto de estudo (temperaturas de superfície). Nesse caso, optou-se pelas cores que oscilam entre o azul (cores frias) para o vermelho (cores quentes).

Quadro 7 - Imagens selecionadas para o processamento digital

<b>Camocim</b>				
Satélite	Sensor	Data	Hora (GMT)	Órbita/Ponto
Landsat 5	TM	06/08/2006	12:45:54	218/62
Landsat 8	TIRS/OLI	01/08/2016	12:52:36	218/62
<b>Trairi</b>				
Satélite	Sensor	Data	Hora (GMT)	Órbita/Ponto
Landsat 5	TM	18/08/2007	12:39:45	217/62
Landsat 8	TIRS/OLI	13/08/2017	12:46:27	217/62
<b>Aracati</b>				
Satélite	Sensor	Data	Hora (GMT)	Órbita/Ponto
Landsat 5	TM	08/08/2006	12:33:44	216/63
Landsat 8	TIRS/OLI	22/08/2017	12:40:26	216/63
<b>Ibiapina</b>				
Satélite	Sensor	Data	Hora (GMT)	Órbita/Ponto
Landsat 5	TM	09/10/2006	12:47:04	218/63
Landsat 8	TIRS/OLI	15/10/2014	12:53:13	218/63
<b>Areia Branca</b>				
Satélite	Sensor	Data	Hora (GMT)	Órbita/Ponto
Landsat 5	TM	06/08/2008	12:21:02	215/64 e 216/63
Landsat 8	TIRS/OLI	15/08/2017	12:34:54	215/64 e 216/64
<b>Macau</b>				
Satélite	Sensor	Data	Hora (GMT)	Órbita/Ponto
Landsat 5	TM	06/08/2008	12:21:02	215/64
Landsat 8	TIRS/OLI	15/08/2017	12:34:54	215/64

Fonte: Organizado pela autora.

Os satélites utilizados têm resoluções e características diferenciadas, sendo necessária a aplicação de fórmulas diferentes para a obtenção da radiância espectral. As equações utilizadas foram coletadas de trabalhos científicos realizados e do site do U.S. Geological Survey (PIRES; FERREIRA JUNIOR, 2015).

Deste modo, para obtenção da radiância espectral do satélite Landsat 5, utilizou-se a equação 1, que necessitou dos valores máximos e mínimos de DN (pixel em níveis de cinza) do satélite utilizado e dos valores de radiância mínima e máxima da banda 6, do campo termal.

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min}} \right) * (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + L_{min\lambda}$$

Onde:

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral

$Q_{cal}$  = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN) (1)

$Q_{cal\ min}$  = Valor mínimo do pixel em níveis de cinza (DN=1)

$Q_{cal\ máx}$  = Valor máximo do pixel em níveis de cinza (DN=255)

$L_{min\lambda}$  = Radiância espectral mínima

$L_{máx\lambda}$  = Radiância espectral máxima

No que concerne ao processamento da banda termal do Landsat 8 para obtenção da radiância espectral, necessitou-se do fator multiplicativo da banda ( $M_L = 0.0003342$ ) coletado dos metadados da imagem e do fator aditivo da banda. Este dado é fixo para todas as imagens termais do referido satélite. O cálculo foi realizado a partir da equação 2 e utilizou a banda 10, que se refere ao canal termal do satélite.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

Onde:

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral ( $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ )

$M_L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda (2)

$Q_{cal}$  = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN)

$A_L$  = Fator aditivo de redimensionamento da banda (0.1000)

Posteriormente, para obtenção da temperatura de superfície em Kelvin, aplicou-se a equação 3 para os dois satélites, modificando somente as variáveis de calibração das bandas utilizadas. E, por fim, subtraiu-se os valores obtidos pelo valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar, obtendo assim, dados de temperatura em graus Celsius.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

Onde:

T = Temperatura de superfície terrestre

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \text{Constante de calibração 1 da banda termal} \\
 K_2 &= \text{Constante de calibração 2 da banda termal} \\
 L_\lambda &= \text{Radiância espectral (W/m}^2\text{sr}\mu\text{m)}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Para fins de análise considerou-se seis classes de temperatura para cada município, sendo que cada lócus obteve padrões diferentes, tendo em vista que o objetivo era entender, a partir do cruzamento dos dados, se havia interferência do(s) parque(s) eólico(s) na temperatura de superfície de cada área analisada. Sendo assim, para os dados de TST a classificação seguiu uma ordem inversa, das temperaturas elevadas para as baixas temperaturas, tendo em vista, a maior significância da TST alta para o objeto de análise. A padronização das classes de TST, realizou-se pelo método manual de classificação, considerando os intervalos que se adequavam as diferentes cartas termais.

A fim de entender a espacialização das temperaturas e sua relação com a vegetação utilizou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) que representa a distribuição da cobertura vegetal ou sua ausência na paisagem, em valores normalizados que variam de  $-1$  a  $1$ , quanto mais próximo de  $1$ , maior o vigor da vegetação (LIMA *et al*, 2013; ROUSE, 1973). Com esse intuito utilizou-se as bandas 4 e 3 do Landsat 5 e as bandas 4 e 5 do Landsat 8. O processamento das imagens seguiu uma matemática simples entre as bandas, como representada na fórmula a seguir.

$$\text{Float (NIR - RED) / Float (NIR + RED)}$$

Onde:

Float: Função matemática

NIR: Faixa espectral do infravermelho próximo

RED: Faixa espectral do vermelho

(4)

Em relação aos intervalos das classes de NDVI, padronizou-se os valores para cada município afim de entender as variações ocorridas em cada período de análise. Convém delinear que a 1ª e 2ª ordem de classificação correspondem as regiões que apresentaram solo desnudo ou ocorrência de recursos hídricos, ou seja, são áreas que apresentam baixo potencial de existência de cobertura vegetal. A 3ª e 4ª classe estão associadas a vegetação de baixo vigor ou em fase de crescimento. E por fim, a 5ª ordem representa a vegetação densa, com alto vigor (Tabela 3). A padronização das classes, assim como nas cartas de temperatura superficial, realizou-se pelo método manual de classificação, definindo intervalos que se adequassem ao objeto de estudo e suas variações.

Tabela 3 – Classes NDVI aplicadas a análise dos dados

<b>Ordem</b>	<b>Classificação</b>
1 <sup>a</sup>	Muito Baixo
2 <sup>a</sup>	Baixo
3 <sup>a</sup>	Intermediário
4 <sup>a</sup>	Médio
5 <sup>a</sup>	Alto

Fonte: adaptado de Oliveira e Freitas, 2015.

Em relação a metodologia utilizada nota-se que a mesma apresenta alta potencialidade para obtenção de dados termais dos diversos ambientes. Entretanto, por se tratar de um dado de temperatura aparente, que está sob ação da atmosfera e suas perturbações, geram dados sensíveis, que necessitam de uma análise mais acurada.

Após a elaboração da cartografia temática calculou-se as estatísticas acerca da área ocupada pelas classes de NDVI e TST, a partir disto foi possível delinear com maior precisão o comportamento dos dados entre os anos analisados e identificar a regressão e avanço das variáveis analisadas. Para tal intento, utilizou-se a ferramenta *Zonal Geometry as Table*, disponível no *ArcTool Box* do Arcgis 10.4<sup>®</sup>, que consiste na geração de uma tabela de atributos para o arquivo *raster*, tendo em vista, que os mesmos não dispõem automaticamente da tabela. Feito isto, o software calcula informações básicas acerca da camada raster, tais como, área, perímetro etc. Para calcular as percentagens, exportou-se os dados obtidos para o software Excel<sup>®</sup>, de base dos dados gerou-se as estatísticas e gráficos apresentados no trabalho dissertativo.

### **3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E DELINEAMENTO DA INDÚSTRIA EÓLICA NO NORTE DO NORDESTE**

A região Nordeste compreende uma área de aproximadamente 1.542.000 km<sup>2</sup>, sua região geográfica é determinada por um conjunto de fatores, dentre os quais, destaca-se os elementos físicos/naturais, o meio biológico e a organização espacial adquirida ao longo do processo histórico de ocupação. Destaca-se dentro da região, as variabilidades paisagísticas, culturais, linguísticas etc.

Dentre os estados pertencentes a região nordeste, a presente pesquisa teve como recorte espacial os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, situados ao norte desta região, compreendendo uma área extremamente dinâmica e com particularidades ambientais singulares. Para a análise da problemática da pesquisa optou-se por escolher alguns municípios representativos dentro de cada estado.

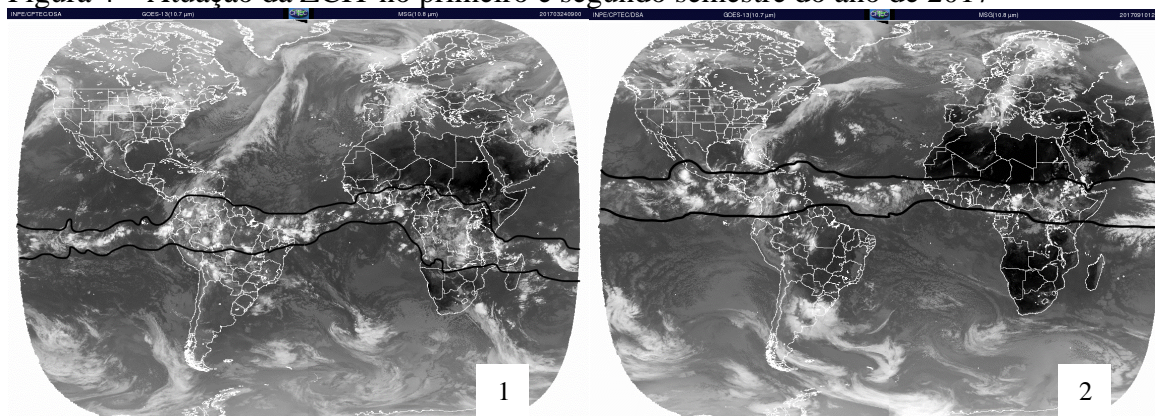
Os municípios escolhidos estão situados em diferentes regiões geográficas e apresentam em seu território configurações únicas na espacialização da indústria eólica, pois esta leva em consideração as particularidades ambientais de cada paisagem quando de sua instalação. Esta indústria age a partir da definição de espaços prioritários que denotam características climáticas e geomorfológicas específicas, deste modo, verifica-se que as áreas com regime de ventos abundantes, como o litoral e as áreas com maiores altitudes, são as que apresentam maior atração para o estabelecimento desta indústria.

#### **3.1 Dinâmica atmosférica do Norte do Nordeste Brasileiro**

A circulação geral atmosférica é definida a partir da atuação dos centros de ação que se diferenciam por apresentarem alta ou baixa pressão. Centros de alta pressão são denominados de anticiclônicos, e os de baixa pressão, denominam-se ciclônicos ou depressões. Para a realidade da área de estudo verifica-se a atuação dos centros de ação positivos, que se denominam anticiclones, o principal centro de ação atuante é o Anticiclone de Santa Helena, que produz os ventos alísios de sudeste. Outro importante anticlone, encontra-se situado no hemisfério norte, denominado Anticiclone dos Açores, produtor dos ventos alísios de nordeste. Estes ventos se deslocam em direção ao Equador, situado sobre a região intertropical e contribuem para a formação de uma extensa depressão, a Zona de Convergência Intertropical (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007; MELO, 2002).

Neste sentido, o Norte do Nordeste brasileiro (NNE) tem como principal sistema atmosférico atuante no período chuvoso, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a mesma atua entre as latitudes 12° N e 7° S (Figura 4) e se origina a partir da convergência dos ventos alísios de nordeste com os ventos alísios de sudeste. Este sistema atmosférico é o principal agente gerador de precipitação na região Nordeste, entre os meses de fevereiro a maio. A determinação de sua posição e intensidade está diretamente relacionada as anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Atlântico tropical e do Oceano Pacífico (FERREIRA; MELLO, 2005; NIMER, 1989).

Figura 4 – Atuação da ZCIT no primeiro e segundo semestre do ano de 2017



Fonte: CPTEC/INPE, adaptado pela autora. Imagens coletadas dos Satélites GOES 13 e Meteosat 10, canal infravermelho. (1) Localização meridional da ZCIT em 24 de março de 2017, atuando sobre o Norte e Nordeste do Brasil. (2) Localização setentrional da ZCIT em 10 de setembro de 2017, atuando sobre o hemisfério norte.

Observa-se que quando as temperaturas das águas do Atlântico Norte estão mais aquecidas e as águas do Atlântico Sul estão mais frias, a ZCIT perde força e configura anos com pouca precipitação, delineando anos secos. Quando o inverso ocorre, a ZCIT se fortalece e favorece altos volumes pluviométricos para o NNE, gerando anos chuvosos.

As anomalias de temperatura do Pacífico também influenciam os regimes de chuva no NNE brasileiro. Estas são representadas pelo fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) que pode ser evidenciado em duas vertentes, principais: “uma fase positiva (fria), denominada de La Niña, e outra negativa (quente), representada pelo El Niño, resultantes da variação irregular das componentes oceânica (El Niño) e atmosférica (Oscilação Sul) da região” (CABRAL JUNIOR; ALMEIDA, 2012, p. 905).

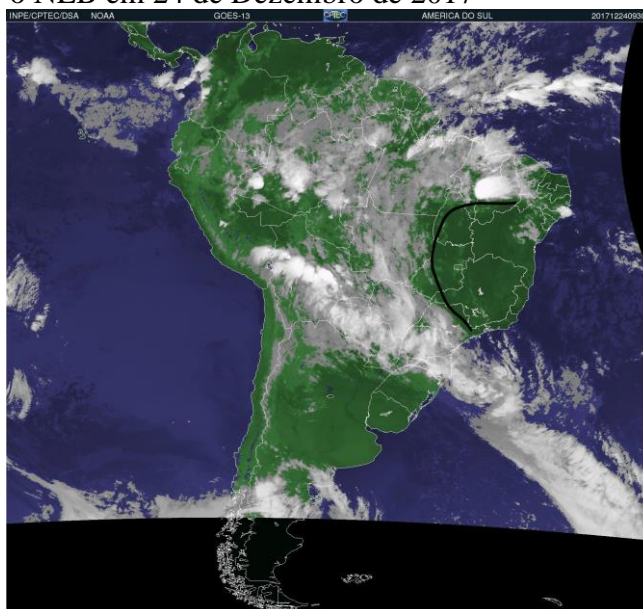
Em anos com o estabelecimento de El Niño, as temperaturas superficiais do Oceano Pacífico ficam mais aquecidas, modificando o clima a nível global. O principal impacto deste fenômeno resulta na modificação do padrão dos ventos alísios, afetando diretamente o regime de chuvas na área de ocorrência destes. No Brasil, a região Nordeste é a

principal afetada com a redução de seus totais pluviométricos, configurando anos secos ou abaixo da média.

Nos anos de ocorrência de La Ninã, as águas do Pacífico apresentam resfriamento anormal. Este fenômeno, ao contrário do El Niño, possibilita o fortalecimento dos ventos alísios. Para a região Nordeste esta condição atmosférica é positiva, pois favorece o fortalecimento da ZCTI, contribuindo para o estabelecimento de anos chuvosos ou dentro da média.

Convém destacar a ação dos sistemas atmosféricos pontuais, na geração de chuvas no NNE, a saber, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs). Os VCANs (Figura 5) constituem-se de um conjunto de nuvens, de formato circular que se movem em sentido horário, possibilitando formação de nebulosidade nas bordas e no centro, devido a subsidência do ar e o aumento da pressão, prevalece a inexistência de nuvens (FERREIRA; MELLO, 2005). Este sistema atua por um curto período de tempo, de dias a uma semana, porém, está associado a alta pluviosidade. Sua atuação é mais recorrente na pré-estação chuvosa, meses de dezembro e janeiro, entretanto, sua ocorrência pode se dar em qualquer período do ano.

Figura 5 – Atuação de um Vórtice Ciclônico sobre o NEB em 24 de Dezembro de 2017



Fonte: CEPTEC/INPE, adaptado pela autora. Imagem coletada do satélite GOES 13, composição colorida. Imagem representativa do VCAN que favoreceu totais pluviométricos altos para parte do NNE na pré-estação chuvosa, áreas recobertas pela nebulosidade.

Com a proximidade da ZCIT, as linhas de instabilidade (LI) ganham força no âmbito da circulação secundária. As LI são um conjunto de nuvens em forma de linha, que se

formam a partir da ação do alto gradiente de radiação incidente sobre as regiões tropicais. As nuvens são do tipo cumulus e provocam chuvas intensas, porém de curta duração (NIMER, 1989).

Os Distúrbios ondulatórios de leste (DOLs) também têm significância na região nordeste, principalmente na área compreendida como a zona da mata nordestina. Este sistema consiste em um conjunto de nuvens que se deslocam do litoral da África até a região leste do Brasil, levando chuvas em períodos posteriores a quadra chuvosa local (CAVALCANTI *et al*, 2009; MONTEIRO, 2016).

Figura 6 – Atuação da LI e nebulosidade associada aos DOLs sobre o NEB em 2017



Fonte: CEPTEC/INPE, adaptado pela autora. Imagem coletada do satélite GOES 13, composição colorida. (1) Linha de Instabilidade gerando chuvas para a região da Ibiapaba/CE, Piauí e Maranhão em 09 de outubro de 2017. (2) Atuação das Ondas de Leste sobre a zona da mata nordestina e parte do Ceará em 20 julho de 2017.

Outro sistema atuante são os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), estes são fenômenos associados a circulação local, visto que sua formação está diretamente relacionada as condições locais do sítio e do clima. São caracterizados como aglomerados de nuvens, que geram altos volumes pluviométricos localmente (FERREIRA; MELLO, 2005; SAKAMOTO, 2009).

As brisas marítimas e terrestres apresentam destaque na caracterização climática no norte do NEB, por possibilitar maior dinâmica dos ventos e influenciar as chuvas localmente. As brisas se originam a partir do aquecimento diferencial entre duas superfícies, terra e água ou terra e terra, e são abundantes durante todo o ano. Este sistema consiste em um dos principais fatores determinantes para a geração de energia eólica, haja vista que o vento



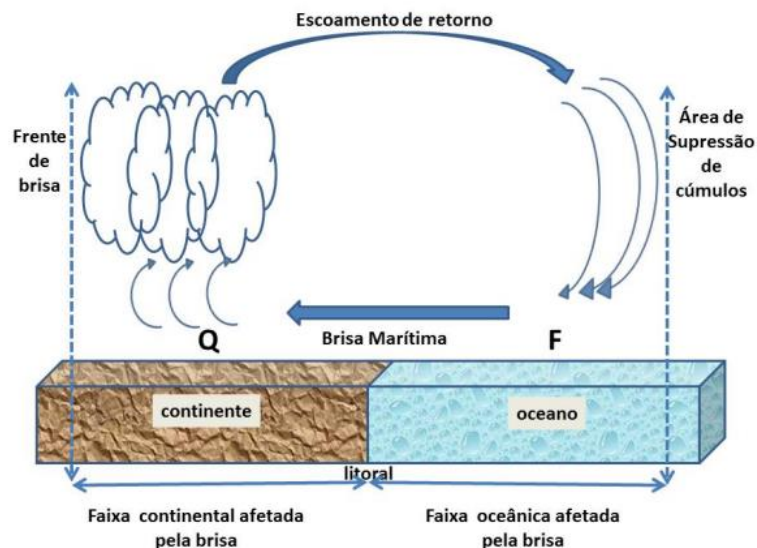
utilizado pelos parques eólicos são os próximos à superfície. Nestes se delineiam “as brisas marítimas e terrestres ou vale-montanha e as forçantes topográficas” (OLIVEIRA; COSTA, 2011, p. 54).

Segundo Souza (2016) o sistema de ocorrência das brisas segue o seguinte ciclo de desenvolvimento (Figura 7).

durante o dia (noite), à superfície, o maior aquecimento (resfriamento) do continente em relação ao oceano gera um gradiente de pressão que acelera o vento do oceano (continente) para o continente (oceano), gerando um escoamento conhecido como brisa [...] (SOUZA, 2016, p. 1)

A literatura demonstra que o sistema de brisas marítimas se expande sobre o continente cerca de 20 a 50 km, em latitudes médias, e, em regiões tropicais podem alcançar até 300 km de extensão. A magnitude vertical deste sistema, como referido anteriormente, está associado as camadas mais próximas à superfície, podendo chegar até 2 km de altitude, com velocidade média de 7 m/s nas áreas tropicais. Estas são as áreas de maior ocorrência de brisas devido ao alto aquecimento radioativo, forte convecção e a fraca atuação da força de coriolis (SOUZA, 2016). Convém considerar que estas características variam de acordo com os diversos ambientes e regiões de ocorrência, tendo como principais fatores influenciadores de sua dinâmica, a topografia e o tipo de cobertura do ambiente litorâneo.

Figura 7 – Representação das Brisas Marítimas



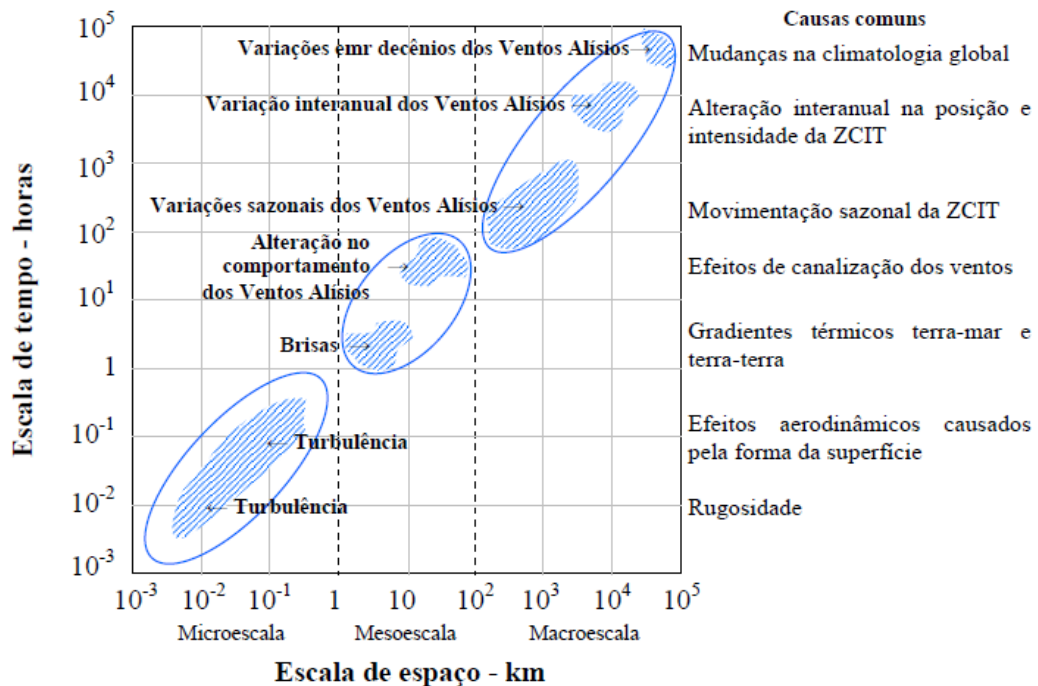
Fonte: SOUZA, 2016.

No segundo semestre do ano o NNEB fica sob forte influência do Anticiclone do Atlântico Sul, estabelecendo o período seco para a região. É neste centro de ação que se originam os alísios de SE, que sopram com maiores velocidades no segundo semestre. A mEa (massa de ar que atua no Ceará e no RN), está associada a tal centro de ação.

Todavia, todos os fenômenos atmosféricos supracitados influenciam na determinação do clima e do tempo no norte do nordeste brasileiro e são essenciais ao entendimento da questão eólica na região, pois a ocorrência destes, determinam e modificam a dinâmica dos ventos, elemento essencial ao estabelecimento da indústria eólica.

Neste sentido Silva (2003) esclarece as relações da dinâmica climática no desenvolvimento eólico da região Nordeste, onde as principais interferências estão na microescala e na mesoescala. Entretanto, a macroescala exerce importante papel, haja vista que esta controla os fenômenos inerentes a circulação global, principalmente a atuação da ZCTI e TSM, estas por sua vez determinam as variações sazonais dos ventos alísios (Figura 8). Na mesoescala, se destacam as alterações no comportamento dos ventos alísios, com a mudança dos gradientes térmicos e a formação das brisas marítimas e terrestres, que exercem papel primordial na disponibilidade eólica de uma área. O Nordeste se destaca como uma área de grande atuação das brisas, a julgar por seu vasto litoral, livre de obstáculos.

Figura 8 – Escala de Tempo e Espaço dos fenômenos que influenciam áreas eólicas

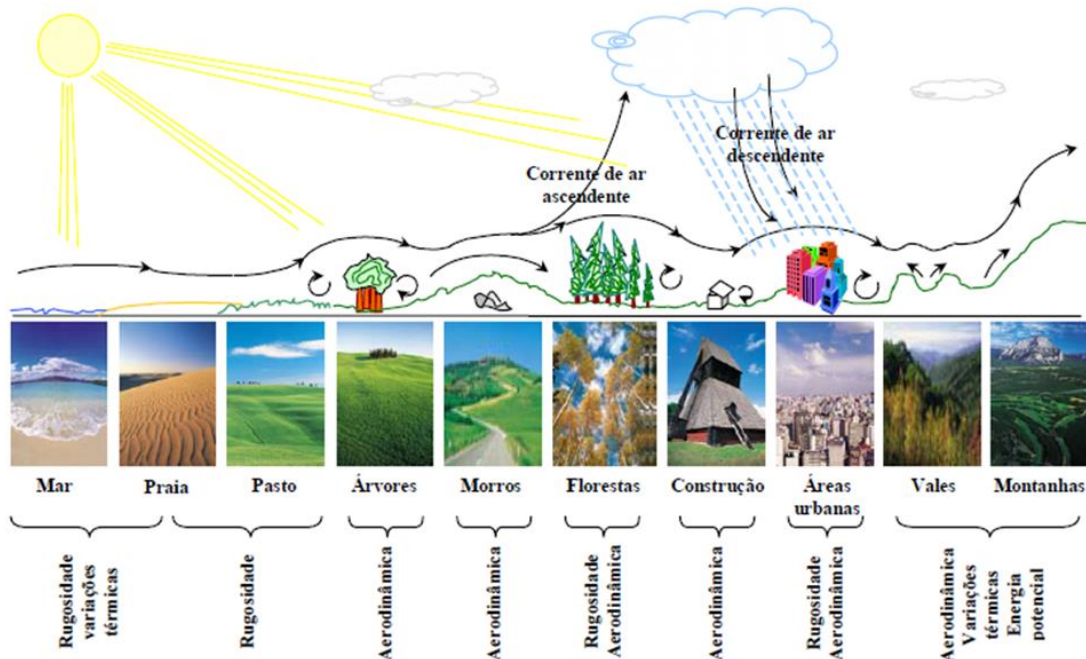


Fonte: SILVA, 2003.

Em escala microclimática, o fluxo dos ventos pode ser influenciado pelas variações da superfície terrestre. Estas diferenciações podem ser de três ordens, a primeira associada a rugosidade, a segunda de cunho aerodinâmico, resultante da topografia da área e obstáculos naturais, e, por fim, as variações térmicas entre superfícies diferenciadas (Figura

9). Neste contexto, o litoral que apresenta baixa rugosidade e sofre influência direta das variações térmicas, apresenta menor variação e maior constância dos ventos, fato que justifica a grande concentração de parques eólicos nestas áreas (SILVA, 2003).

Figura 9 – Variações do vento em diferentes superfícies em escala microclimática



Fonte: SILVA, 2003.

Outra área de interesse são as regiões serranas, que apresentam características próprias acerca da dinâmica dos ventos. Segundo Silva (2003) nestas áreas ocorrem dois fenômenos físicos que definem as condições de ventos, a saber, a canalização do fluxo e as variações térmicas. O primeiro, resulta da interação das massas de ar com a topografia, visto que a união destes pode possibilitar a canalização dos ventos e, por conseguinte, favorecer o aumento da velocidade. O segundo, trata das variações térmicas resultantes das diferentes formas e coberturas disponíveis na superfície. Estas diferenciações térmicas favorecem o surgimento dos ventos anabáticos (ar aquecido e ascendente) e catabáticos (ar resfriado e descendente).

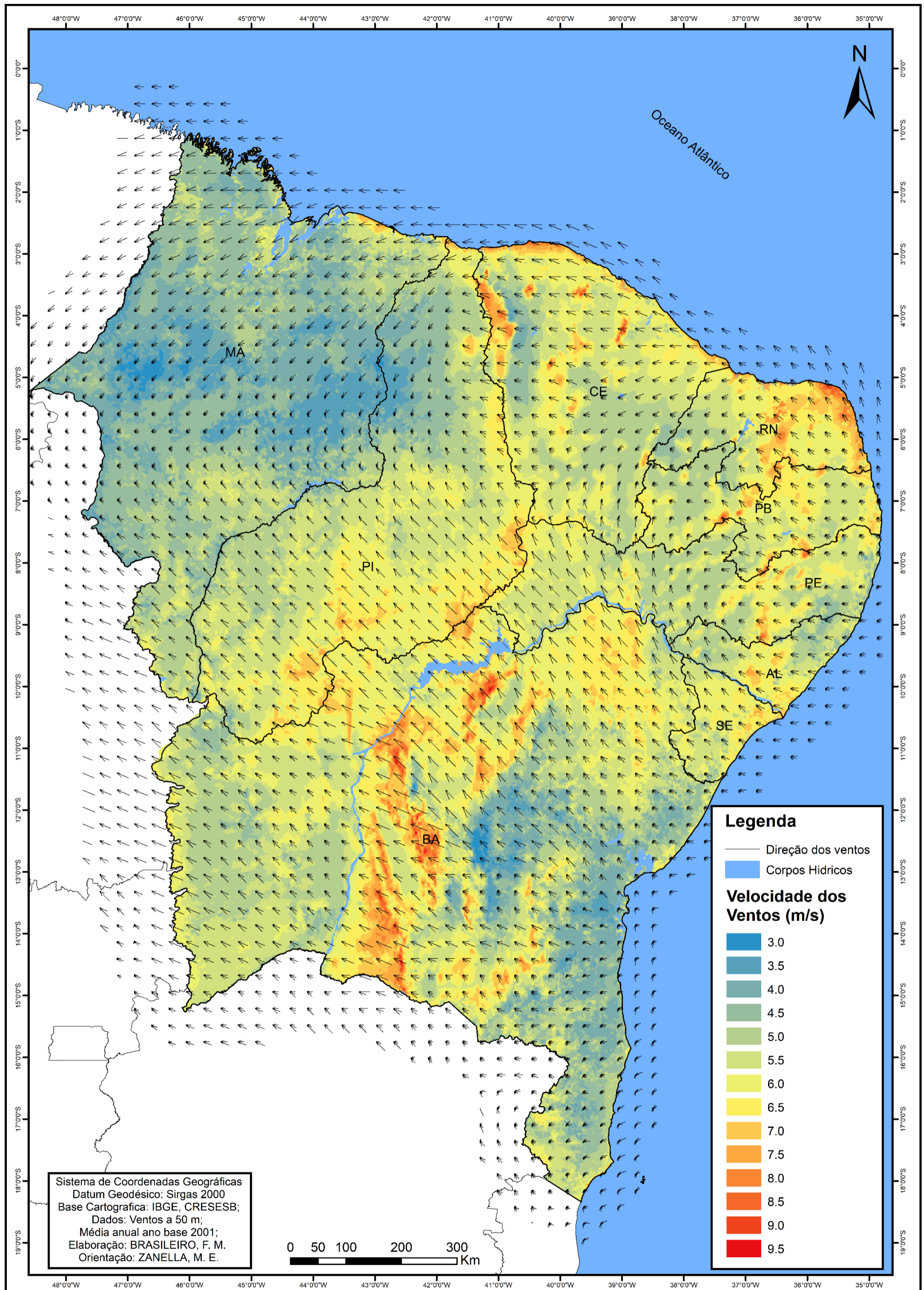
O Nordeste é uma das regiões brasileiras com maior atrativo ao estabelecimento de parques eólicos, isto se deve a presença dos ventos alísios de Sudeste e de Nordeste. Estes apresentam “altas intensidades, forte regularidade e grande constância direcional, [...] baixos níveis de turbulência e pequeno gradiente vertical de velocidade [...]” (SILVA, 2003, p. 40), sendo assim, ideais ao aproveitamento eólico.

A região apresenta várias áreas com regime de ventos constantes que superam os 7 m/s, faixa mínima necessária a um bom aproveitamento eólico (GRUBB; MEYER, 1993). Observa-se que a distribuição dos ventos no Nordeste alcança a velocidade de 9,5 m/s, sobretudo no litoral e nas áreas serranas, como representado na figura 10. Todos os estados apresentam extensas áreas que apresentam velocidades médias compatíveis com os dados mínimos de potencial eólico, exceto o estado do Maranhão que apresenta maior velocidade somente na porção leste de seu litoral.

Para o estado do Ceará, todo o litoral apresenta velocidade média anual superior ou igual a 6,5 m/s, com destaque para a porção oeste do estado, na microrregião do litoral de Camocim e Acaraú e na microrregião de Itaipoca. Destaca-se, também, a microrregião da Ibiapaba, que apresenta potencial de ventos médios superiores ao litoral, o que justifica a tentativa recente de inserção da indústria eólica nesta área (Figura 10).

Em relação ao estado do Rio Grande do Norte, as características de velocidade dos ventos justificam o fato do mesmo ser o líder isolado no estabelecimento de parques eólicos e, conseqüente, desenvolvimento de energia de fonte eólica. Nota-se que praticamente todo o território do estado apresenta velocidade dos ventos superiores aos 6,5 m/s, a área mais emblemática compreende a microrregião do leste potiguar, sobretudo no litoral nordeste desta área. Como citado, praticamente todo o estado apresenta disponibilidade eólica, com exceção da porção sul da microrregião do oeste potiguar. A distribuição espacial dos parques eólicos segue a disponibilidade das regiões com regime eólico favorável.

Figura 10 – Direção e Velocidade do Ventos na Região Nordeste



Fonte: Elaborado pela autora.

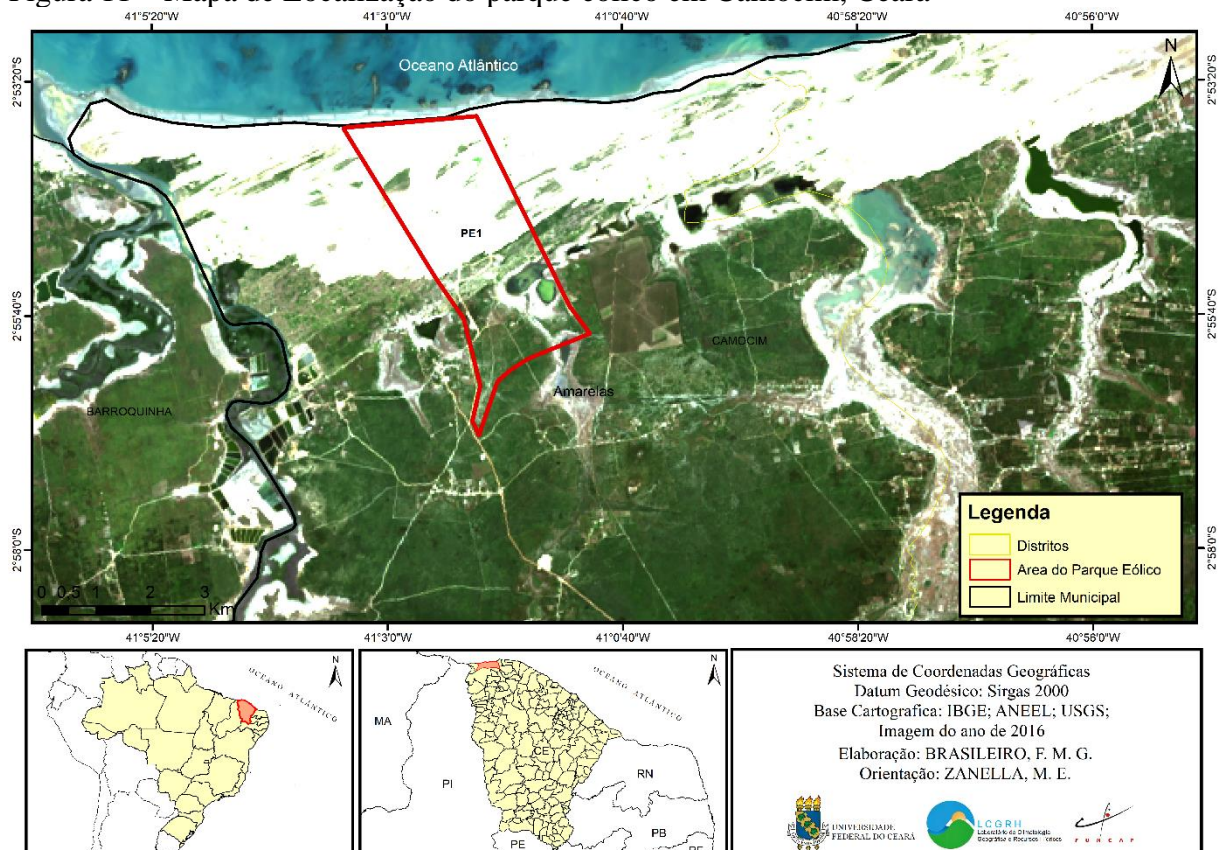
## 3.2 Aspectos Gerais dos Municípios estudados e Delineamento da Indústria Eólica

### 3.2.1 Caracterização do município de Camocim

O município de Camocim está localizado no noroeste do estado do Ceará, sob as coordenadas 2° 54' 08" S e 40° 50' 28" W, apresenta uma área territorial de 1.123,94 km<sup>2</sup>. A altitude fica em torno dos 8,1 metros. Sua localização litorânea favorece os totais pluviométricos, que totalizam 1.032,3 mm anuais. O clima predominante é o tropical quente semiárido brando, com temperaturas médias do ar que variam de 26°C a 28°C (IPECE, 2017).

Segundo o censo do IBGE em 2010, o município de Camocim apresentava um contingente populacional de 60.158 habitantes, representando uma densidade demográfica de 53,48 hab/km<sup>2</sup>. A economia local gira em torno dos serviços, que apresenta a maior contribuição ao PIB (Produto Interno Bruto), em segundo a indústria e as atividades ligadas a agropecuária (IBGE, 2010; IPECE, 2017). No que concerne à agricultura prevalece as plantações de sequeiro tradicionais, como milho, feijão e mandioca etc., estes produtos são as principais plantações encontradas no município e ocupam, junto com outras variedades, cerca de 11,214 hectares de área total plantada (ADECE, 2016).

Figura 11 – Mapa de Localização do parque eólico em Camocim, Ceará



Fonte: Elaborado pela autora.

As formas de relevo visualizadas na paisagem local são as planícies litorâneas e os tabuleiros. Em toda a extensão do litoral dos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte verifica-se a presença da planície litorânea ou costeira. Esta se divide em faixa de praia, campos de dunas, móveis e fixas, e complexos flúvio-marinhos. Esta unidade de relevo caracteriza-se pela intensa ação deposicional, de origem eólica, fluvial e marinha, favorecendo a formação de grandes campos de dunas e planícies fluviomarinhas. Destaca-se que esta unidade apresenta as formas de relevo de origem mais recentes, em comparação com as demais unidades geomorfológicas, e tem sua espacialização territorial paralela a faixa costeira, podendo se estender até 10 km em relação ao interior (DANTAS et al, 2014). Destaca-se que os parques eólicos em território cearense se concentram, em sua maioria, sobre esta unidade de paisagem.

Paralelo ao domínio da planície costeira visualiza-se a unidade dos tabuleiros, que são formas de relevo esculpidas em rochas sedimentares da formação Barreiras. Seu modelado suavemente elevado e plano, se estende em algumas áreas até a faixa de dunas, ficando recoberto por estas, e por vezes, atingem a costa litorânea, com escarpas abruptas, formando as falésias (SOUZA; LIMA; PAIVA, 1979).

No que tange a perspectiva dos empreendimentos eólicos, Camocim apresenta somente um parque eólico. A inserção deste município no mercado eólico data do ano de 2009, onde houve a implantação do primeiro parque eólico do município. O parque eólico está situado na Praia de Xavier, localizada no distrito de amarelas, pertencente ao município de Camocim. Este equipamento foi instalado no ano de 2009, contando com 50 aerogeradores e com potência de 105 megawatt (Quadro 8). O mesmo é considerado um dos maiores empreendimentos eólicos do Ceará, que tinha por objetivo principal, quando de sua instalação, proporcionar o avanço da indústria eólica no estado (GORAYEB *et al*, 2016).

Quadro 8 – Listagem dos parques eólicos instalados em Camocim

Nome Eólica	Inic. Operação	Pot. MW	Qnt. Aerogeradores	Área Km <sup>2</sup>
PE1	26/08/2009	105	50	10.4552

Fonte: SIGEL, 2018. Organizado pela autora.

Este parque foi instalado nas proximidades da comunidade pesqueira de Xavier, cerca de 200 metros, que consiste em uma comunidade tradicional que tem sua sobrevivência associada a prática da pesca artesanal. Esta comunidade conta com 22 casas, contudo, algumas são destinadas ao uso esporádico relacionado aos períodos de pesca abundante.

Durante o processo de instalação do parque eólico, ocorreram vários conflitos sociais entre a comunidade e a administração do parque. Estes conflitos resultaram de um processo de negação da comunidade tradicional e seu direito a terra, ao mesmo tempo, estiveram associados aos diversos impactos ambientais gerados durante a instalação das torres eólicas.

A implementação do parque eólico gerou diversos impactos negativos, tanto no âmbito ambiental quanto no social. A alocação do empreendimento em ambiente costeiro ocasionou alterações nos sistemas ambientais locais e modificou drasticamente a paisagem. Do mesmo modo, no contexto social, a ação verticalizada do empreendimento, retirou a comunidade das principais decisões, gerando conflitos que abarcaram tanto o âmbito da resignificação territorial quanto os impactos no modo de vida local (GORAYEB *et al*, 2016; MEIRELLES, 2011).

Estes conflitos foram atenuados posteriormente, com a execução de medidas compensatórias, tais como: construção de residências, estabelecimento de rede elétrica, distribuição de cestas básicas etc. Todavia estas medidas praticadas pelo parque, não possibilitaram a comunidade grandes benefícios, pois se restringiram a ações pontuais que eram inerentes a ação do estado. Na atualidade, após dez anos da instalação do parque eólico, a comunidade tradicional segue dividida entre os que apoiam e os que não apoiam o estabelecimento do parque eólico. Na paisagem local ainda se visualiza os impactos do empreendimento, tais como assoreamento das lagoas interdunares, interferências na dinâmica das dunas móveis, privatização de espaços comuns a comunidade etc. Convém destacar que tais observações resultam dos campos exploratórios da pesquisa realizados neste local.

Figura 12 – Mosaico representativo da área do parque eólico em Camocim



Fonte: arquivos da autora. Campos exploratórios realizados em maio e setembro de 2018. As fotos revelam a proximidade do parque eólico e a comunidade de Xavier. Nas figuras observa-se algumas medidas mitigadoras implementadas pelo parque e constata-se impactos ambientais gerados pelo parque, a saber, assoreamento de uma lagoa interdunar.

### 3.2.2 Caracterização do município de Trairi

O município de Trairi, por sua vez, está localizado no norte do estado do Ceará, sob as coordenadas 3° 16' 40" S e 39° 16' 08" W, e apresenta uma área territorial de 925,7

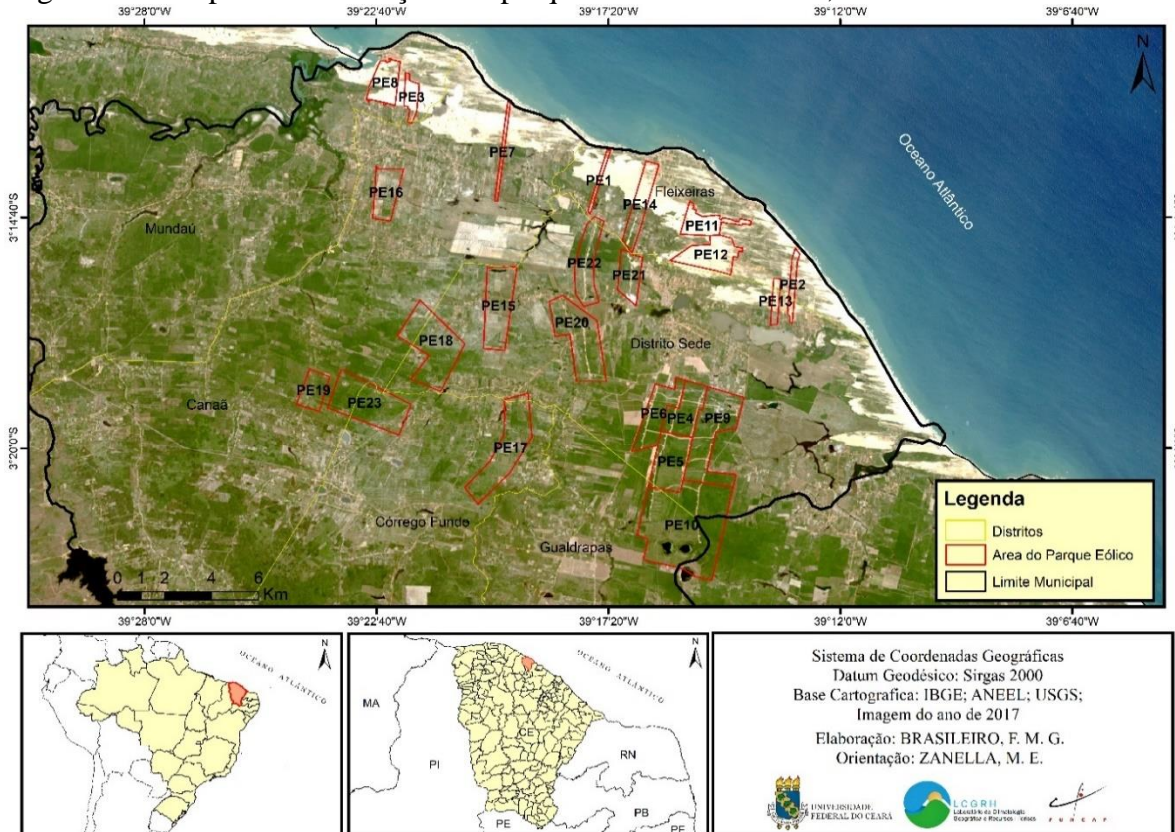


km<sup>2</sup>. O município está a 18 metros de altitude em relação ao nível do mar. Sua pluviometria ultrapassa os 1580,00 milímetros anuais, com temperaturas médias que variam de 26°C a 28°C (IPECE, 2017).

O município apresenta um contingente populacional de 51.422 habitantes, gerando uma densidade demográfica de 55,55 hab/km<sup>2</sup>. A economia local gira em torno dos serviços, indústria e agropecuária. Nesta última destaca-se a produção de sequeiro tradicional e cultura de frutíferas irrigadas (ADECE, 2016). No contexto municipal destaca-se a importância da atividade turística, tendo em vista, que nas últimas décadas o estado do Ceará tem-se destacado neste ramo e o município está inserido neste contexto.

O clima local é o mesmo presente em Camocim, denominado como Tropical quente semiárido brando. As características geoambientais observadas são comuns as regiões litorâneas, com a prevalência das áreas de planície litorânea e tabuleiros costeiros (IPECE, 2017).

Figura 13 – Mapa de Localização dos parques eólicos em Trairi, Ceará.



Fonte: Elaborado pela autora.

O município teve inserção no mercado eólico no ano de 2013, com o delineamento dos primeiros parques eólicos. Atualmente, a indústria eólica é notória na paisagem do município, o mesmo conta com 23 projetos eólicos, sendo 17 parques concluídos

e em operação, e 6 outorgados, referentes ao complexo eólico em processo de construção (Quadro 9). Estes parques estão distribuídos, majoritariamente, sobre a planície litorânea, especialmente nos distritos de Flexeiras e Sede, mas também, existem projetos situados no litoral dos distritos de Mundaú e Canaã e no setor norte de Córrego Fundo e Gualdrapas.

Quadro 9 – Listagem dos parques eólicos instalados em Trairi

Nome Eólica		Inic. Operação	Pot. MW	Qnt. Aerogeradores	Área km <sup>2</sup>
PE 1		22/11/2013	25,3	11	0.376787
PE 2		22/11/2013	30	13	0.755876
PE 3		28/01/2014	30,004	13	0.878409
PE 4		29/03/2014	25,2	12	2.6692
PE 5		29/03/2014	25,2	12	6.6157
PE 6		29/03/2014	29,4	14	2.8984
PE 7		29/03/2014	27,3	13	0.567737
PE 8		01/04/2014	30	13	1.9332
PE 9		31/07/2014	27,3	13	5.4691
PE 10		30/10/2014	29,4	14	12.1728
PE 11		11/11/2014	24	12	1.7281
PE 12		11/11/2014	26	13	2.7232
PE 13		11/11/2014	14	7	0.588858
PE 14		20/12/2016	18,9	7	2.1765
Complexo Eólico	PE 15,16,17,18, 19 e 20	Outorgados	206	49	s/d
PE 21		06/04/2017	18,9	7	s/d
PE 22		18/03/2017	29,7	11	2.3562
PE 23		06/04/2017	29,7	11	s/d

Fonte: SIGEL, 2018. Organizado pela autora.

O município de Trairi, dentre os estudados, foi o que apresentou maior concentração de parques eólicos e como tal, apresenta, também, consideráveis impactos socioambientais já revelados na bibliografia recente. Mendes *et al* (2014, p. 3362) destaca que os impactos dos parques eólicos para o distrito de Mundaú em Trairi “centraliza-se na ocupação do campo de dunas, áreas destinadas ao lazer e ao plantio sazonal (zonas de deflação), o que atualmente resultou no impedimento da comunidade de transitar pela área”. Tais impactos são visualizados em outros distritos do município.

Na figura 14, visualiza-se as obras de um complexo eólico no ano de 2014, na mesma é possível observar as alterações na paisagem relacionadas ao estabelecimento das turbinas eólicas, tais como retirada da cobertura vegetal para a construção das vias de interligação das torres, remodelação das dunas e incremento de novas formas à paisagem.

Figura 14 – Canteiro de Obras de um conjunto de parques eólicos em Trairi no ano de 2014

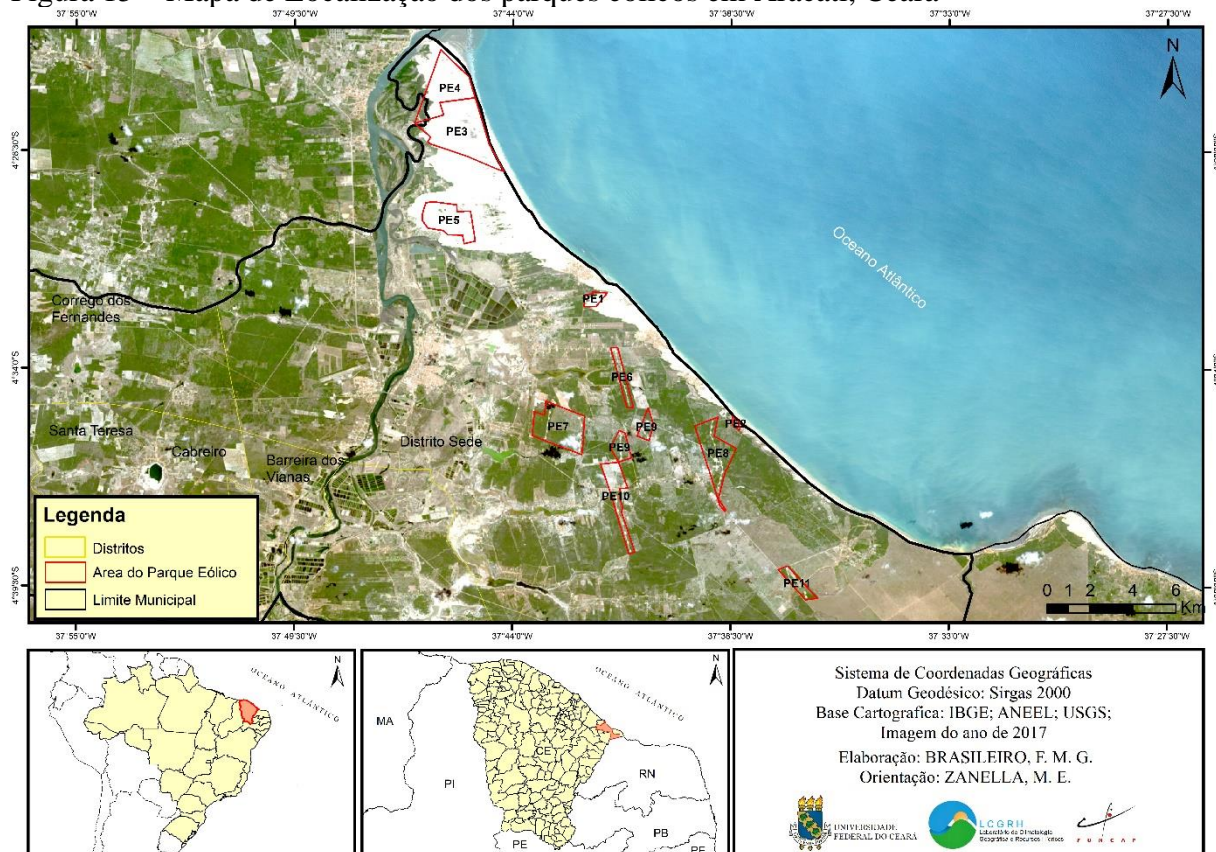


Fonte: PB Construções, reprodução internet.

### 3.2.3 Caracterização do município de Aracati

O município de Aracati, por outro lado, está localizado no litoral leste do estado Ceará, sob as coordenadas  $4^{\circ} 33' 42''$  S e  $37^{\circ} 46' 11''$  W. O município apresenta uma área de  $1228,1 \text{ km}^2$  e uma altitude que perpassa os 5,7 metros. A pluviometria fica em torno de 935,5 milímetros anuais, com temperaturas médias do ar que variam de 26 a  $28^{\circ}\text{C}$ , compondo o tipo climático Tropical quente-semiárido brando.

Figura 15 – Mapa de Localização dos parques eólicos em Aracati, Ceará



Fonte: Elaborado pela autora.

O relevo local é composto pela planície litorânea e tabuleiros pré-litorâneos, como nos demais municípios analisados, entretanto, para a realidade local visualiza-se também a chapada do Apodi. Esta pode ser englobada dentro da unidade dos baixos platôs da Bacia Potiguar. A litologia é formada predominantemente “por calcários, calcarenitos, folhelhos e calcilitos da Formação Jandaíra. Os rebordos erosivos e os pediplanos subjacentes, por sua vez, estão sendo escavados sob arenitos e siltitos da Formação Açú, esta unidade está sotoposta à Formação Jandaíra” (DANTAS *et al*, 2014, p. 44). A altitude para esta chapada não contribui para diferenciações expressivas na paisagem e no regime climático da área, pois os níveis altimétricos são baixos, com valores que variam entre 80 e 160 metros.

A população local totaliza 69.159 habitantes, com uma densidade demográfica de 56,32 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). A economia local, como visto nos outros municípios, depende dos serviços, da indústria e da agropecuária. O turismo litorâneo tem importante contribuição na geração de renda para o município, assim como se visualiza nos demais municípios situados ao litoral do Ceará.

No que concerne a indústria eólica, nota-se que a mesma se estabeleceu no município a partir do ano de 2008, com o estabelecimento dos primeiros aerogeradores. Atualmente o município conta com 11 projetos eólicos, instalados e outorgados. Os parques eólicos se localizam na faixa litorânea e nos tabuleiros costeiros, estando todos concentrados no distrito sede de Aracati (Figura 15).

Quadro 10 – Listagem dos parques eólicos instalados em Aracati

Nome Eólica	Inic. Operação	Pot. MW	Qnt. Aerogeradores	Área Km <sup>2</sup>
PE 1	08/12/2008	10,5	28	0.499136
PE 2	16/01/2009	3,23	2	0.147328
PE 3	20/01/2010	57	28	7.4058
PE 4	11/02/2010	50	24	5.0659
PE 5	18/03/2010	31,5	15	3.0004
PE 6	25/10/2012	25,5	17	0.897996
PE 7	Outorgado	23,1	11	3.9386
PE 8	Outorgado	27,3	13	3.1017
PE 9	Outorgado	18,9	9	1.4792
PE 10	Outorgado	16,8	8	1.9711
PE 11	Outorgado	12,6	6	0.8801

Fonte: SIGEL, 2018. Organizado pela autora.

Nota-se que o desenvolvimento de projetos eólicos em Aracati se deu de forma gradativa, diferentemente do que se observa em Trairi, que apresenta uma inserção eólica acelerada a partir do ano de 2013. Para a realidade analisada, encontra-se na paisagem menor quantidade de parques eólicos, entretanto, os parques existentes apresentam maior espacialidade e maiores quantidades de aerogeradores.

Figura 16 – Mosaico do Parque Eólico localizado na comunidade quilombola do Cumbe, Aracati/CE



Fonte: Arquivos da Autora. Campo exploratório na comunidade do Cumbe, realizado em novembro de 2017.

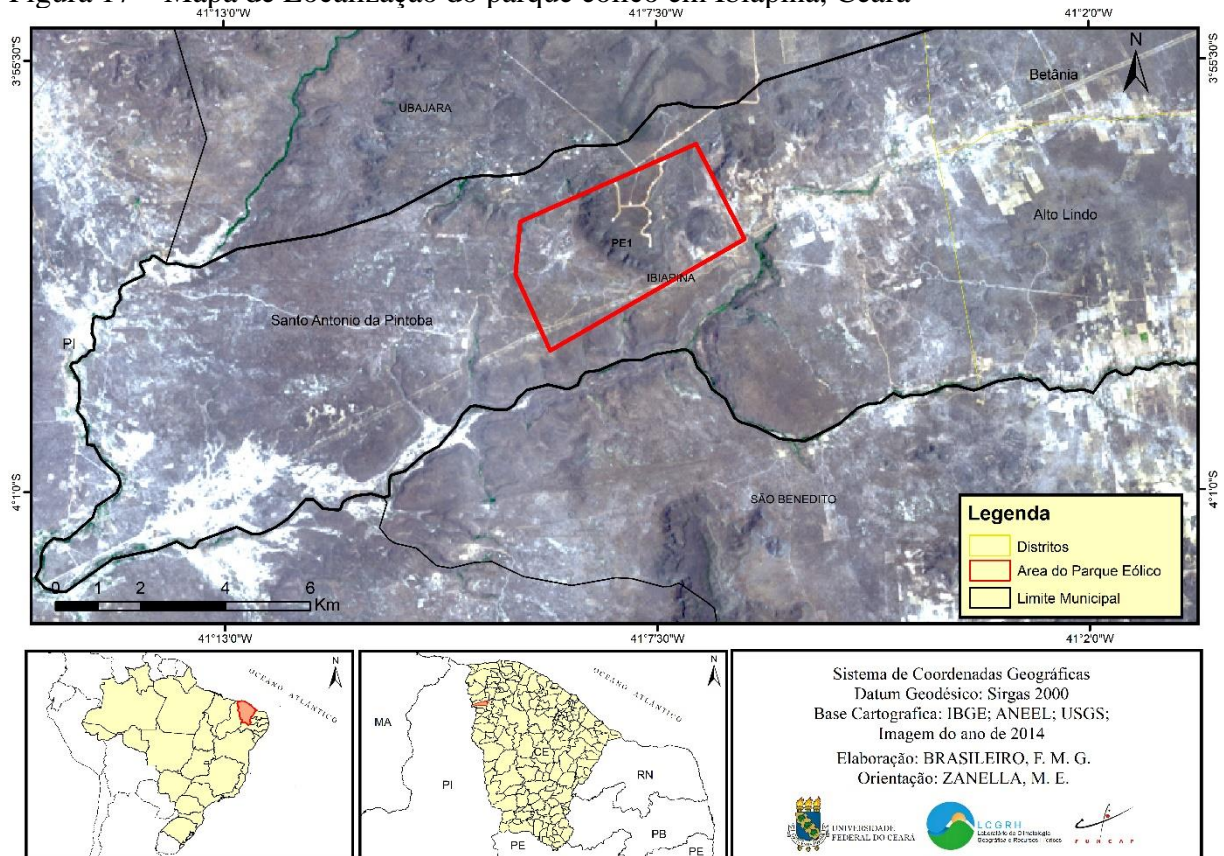
No que concerne aos impactos socioambientais gerados pela implantação dos aerogeradores, o município de Aracati apresentou diversos impactos como interferência nos campos de dunas, privatização de espaços antes utilizados pelas comunidades tradicionais, interferências em sítios arqueológicos presentes nas dunas, entre outros impactos (RIBEIRO, 2013; XAVIER, 2013).

### **3.2.4 Caracterização do município de Ibiapina**

O município de Ibiapina está localizado no noroeste cearense, sob as coordenadas 3° 55' 24''S e 40° 53' 22''W, apresentando uma área territorial de 414,90 km<sup>2</sup> (Figura 17). A altitude fica em torno de 878,42 metros, pois o município está situado na serra da Ibiapaba, uma das áreas com relevo mais elevado do estado, tendo assim condições climáticas diferenciadas quanto ao regime de chuvas, apresentando médias pluviométricas anuais de 1.646,5 mm (IPECE, 2017).

O clima é determinado pela circulação regional. Há de se considerar, ainda, o efeito do relevo na caracterização climática dos municípios da serra da Ibiapaba, onde em Ibiapina em sua localização a barlavento (leste), verifica-se o aumento da pluviosidade em relação as áreas do entorno e, conseqüentemente, uma diferenciação da paisagem, com vegetação arbórea densa e na depressão predomínio de uma vegetação de menor porte.

Figura 17 – Mapa de Localização do parque eólico em Ibiapina, Ceará



Fonte: Elaborado pela autora.

Os tipos climáticos predominantes em Ibiapina são o Tropical Quente Úmido, o Sub-úmido e o Semiárido Brando (IPECE, 2017). O município tem como principal forma de relevo o planalto da Ibiapaba, que consiste em um relevo dissimétrico cuestasiforme, constituído de um front escarpado, em território pertencente ao Ceará, e um reverso suave em direção ao Piauí (SANTOS; SOUZA, 2012; SOUZA, 1979). A litologia é composta de rochas sedimentares oriundas da Bacia do Parnaíba. E a altimetria varia de 650 a 920 metros, favorecendo diferenciações na paisagem, a partir das condições pluviométricas existentes (DANTAS *et al*, 2014).

A geologia é constituída por rochas sedimentares, compostas por conglomerados e arenitos paleozóicos inerentes à Formação Serra Grande. Identifica-se ainda a presença de arenitos e calcários originários do cambriano, além de granitos que datam do pré-cambriano. Os tipos de solos encontrados são os Neossolos Quartzarênicos, os Neossolos Litólicos, os Latossolos Vermelho-Amarelo e os Argissolos Vermelho-Amarelo, solos que apresentam características diferenciadas entre si, com destaque para a baixa aptidão agrícola e o alto grau de suscetibilidade erosiva, necessitando de manejo adequado no processo de uso do solo (IPECE, 2017; JACOMINE, 2009; BENVENUTI; FEITOSA, 1998).

O município apresenta um contingente populacional, de acordo com o Censo do IBGE de 2010, de 23.808 habitantes. A renda municipal gira em torno dos serviços, comércio, construção civil, indústria e agropecuária. Acerca desta, destacam-se as atividades desenvolvidas no âmbito da prática da agricultura, como o plantio de culturas de sequeiro tradicionais como milho e feijão, comuns a todo o estado. Destaca-se também a produção de frutíferas, como maracujá, banana, coco, laranja, abacate, mamão etc., e outras culturas como cana-de-açúcar e café. Segundo a Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará em 2014 identificaram-se a existência de 35 tipos de culturas, que juntas representaram cerca de 2.968 hectares totais de área plantada (ADECE, 2016).

No que tange à indústria eólica, verifica-se a expansão da mesma na chapada da Ibiapiaba, principalmente nos municípios de Tianguá, Ubajara e Ibiapina. Atualmente, a região conta com mais de três complexos eólicos instalados e em fase de instalação (ABEEólica, 2018). Para o município de Ibiapina, em específico, verifica-se a existência de um Parque eólico, que está situado no distrito de Santo Antônio da Pindoba, na divisa com o estado do Piauí. O Parque em questão tem uma capacidade instalada de 23,1 MW, com 11 torres eólicas dispostas na paisagem (Quadro 11).

Quadro 11 – Informações sobre o parque eólico instalado em Ibiapina

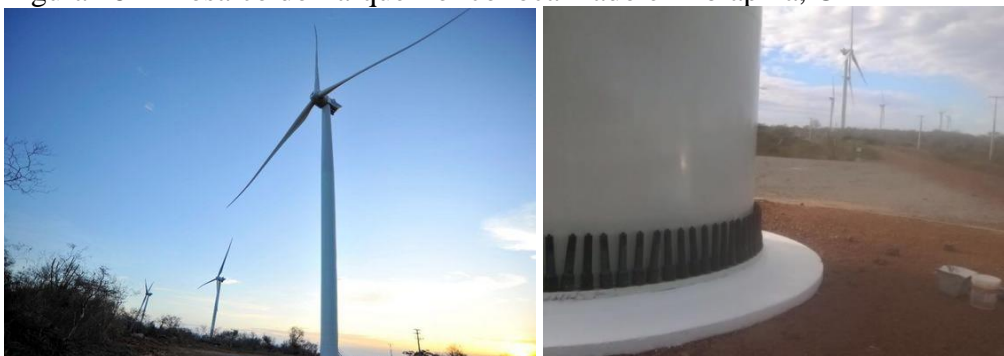
Nome Eólica	Inic. Operação	Pot. MW	Qnt. Aerogeradores	Área km <sup>2</sup>
PE 1	20/10/2016	23,1	11	14.1456

Fonte: SIGEL, 2018. Organizado pela autora.

Na última década os estudos científicos no Ceará sobre os impactos dos parques eólicos concentram-se na análise da instalação de empreendimento eólicos na área litorânea, tendo em vista que os empreendimentos eólicos estavam concentrados neste ambiente, entretanto nos últimos anos o estado vem diversificando a locação espacial dos parques, e portanto, exigiu novos estudos visando abarcar esta nova realidade. Contudo, existem poucos trabalhos que tratam especificamente sobre a ação dos parques eólicos e impactos na região da chapada, para o caso cearense.

Dentre esses, o trabalho de Paiva (2018) nos possibilita avaliar de forma clara esses efeitos, onde segundo esta autora os impactos socioambientais visualizados na Chapada da Ibiapaba não diferem dos apontados ao longo do litoral, tendo em vista que o processo de implantação dos parques permanece o mesmo, gerando “disputa de território, privatização das áreas, medidas paliativas e pouco envolvimento da comunidade de maneira efetiva” (PAIVA, 2018, p.110).

Figura 18 – Mosaico do Parque Eólico localizado em Ibiapina, CE



Fonte: Steag: Energy services e Rosseti Engenharia, reprodução internet.

Para além dos impactos sociais, os ambientais também apresentam significância, entre estes o principal é a retirada da cobertura vegetal, haja vista, que para esta região a mesma tem importância crucial na regulação da TST, frente as áreas onde os parques eólicos foram instalados sobre dunas.

### ***3.2.5 Caracterização do município de Areia Branca***

O município de Areia Branca situa-se ao norte do estado do Rio Grande do Norte, na mesorregião do oeste potiguar, sob as coordenadas 4° 57' 22" S e 37° 08' 13" W. O mesmo apresenta uma área territorial de 357,58 km<sup>2</sup>. O clima local é o quente semiárido, com temperaturas médias variando entre os 21°C e 33°C. No que concerne a pluviometria local a média fica em torno dos 691,8 milímetros anuais (IDEMA, 2008).

O relevo é constituído pelas unidades planície costeira, planície fluvial e tabuleiros costeiros. Em território potiguar a planície costeira apresenta diferenciações em sua porção leste e norte, onde verifica-se a leste a presença de um “clima úmido em zona de Mata Atlântica, com ocorrência de chuvas mais intensas ao longo do inverno, e o litoral norte, de clima semiárido, em zona de Caatinga, com prolongada estiagem e um curto período chuvoso” (DANTAS; FERREIRA, 2010, p. 81).

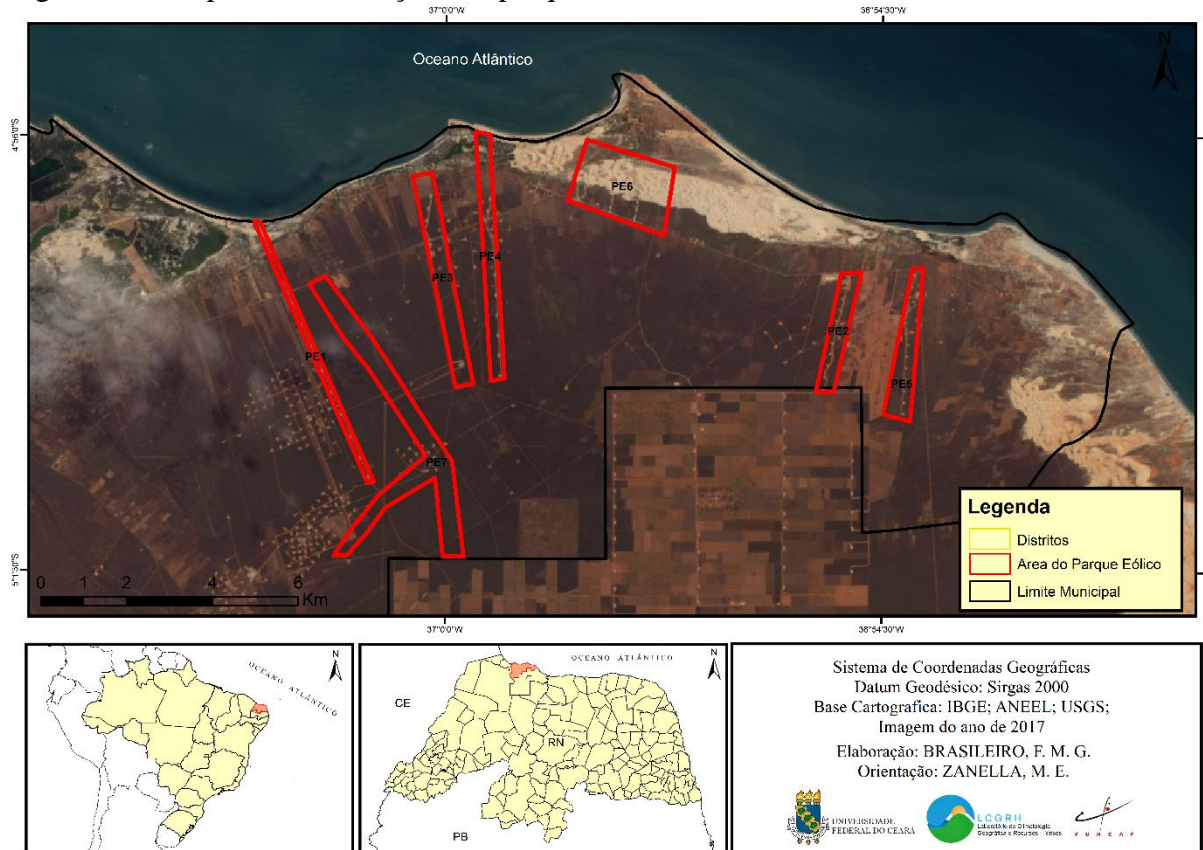
No que tange aos tabuleiros costeiros estes assumem duas divisões, sendo a primeira porção “voltada para o litoral leste, de clima úmido a semiúmido em zona de Mata Atlântica transicional para o agreste; e uma porção voltada para o litoral norte, de clima semiárido em zona de Caatinga” (DANTAS; FERREIRA, 2010, p.82).

Dentro da unidade dos tabuleiros, os baixos platôs da Bacia potiguar, se diferenciam por apresentarem características próprias. Estes estão situados em cotas altimétrica mais elevadas e apresentam sua gênese associada as rochas sedimentares



litificadas da Bacia Potiguar. De acordo com Dantas e Ferreira (2010, p.84) estes baixos platôs estão “embasados por calcários, calcarenitos, folhelhos e calcilutitos da Formação Jandaíra”.

Figura 19 – Mapa de Localização dos parques eólicos de Areia Branca, RN



Fonte: Elaborado pela autora.

A principal atividade econômica desenvolvida no município de Areia Branca consiste na produção de sal marinho, através do estabelecimento das salinas nas áreas estuarinas, esta contribui com 14% na produção de sal no estado do Rio Grande do Norte. Outra atividade econômica relevante para o município advém da extração do petróleo, além do desenvolvimento da agricultura (SILVA; COSTA JUNIOR; SILVA, 2014).

Em relação a indústria eólica o estado do Rio Grande do Norte é um dos grandes produtores de energia eólica a nível nacional. Essa indústria no estado já se encontra em estágio avançado, com inúmeros parques instalados e outorgados. Para o município de Areia Branca, visualiza-se a existência de 6 parques em operação e 1 em fase de instalação.

Observa-se que os parques eólicos deste município apresentam pequenas áreas exclusivas aos aerogeradores e tendem a ser estabelecidos em linha reta, com exceção do PE6, que apresenta uma configuração espacial próxima a visualizada no território cearense.

Observa-se que outras atividades econômicas dividem o território municipal, a saber, a extração de petróleo, juntamente aos parques eólicos.

Quadro 12 – Listagem dos parques eólicos instalados em Areia Branca

Nome Eólica	Inic. Operação	Pot. MW	Qnt. Aerogeradores	Área Km <sup>2</sup>
PE 1	24/03/2015	30	10	0.8423
PE 2	18/02/2014	23,1	11	1.2152
PE 3	19/12/2014	30	10	2.3626
PE 4	01/07/2014	28,8	10	1.8522
PE 5	18/02/2014	27,3	13	1.5566
PE 6	19/02/2013	20	10	3.4969
PE 7	Outorgado	54,6	26	s/d

Fonte: SIGEL, 2018. Organizado pela autora.

No que concerne aos impactos socioambientais gerados a partir da instalação de empreendimentos eólicos em Areia Branca, a literatura disponível retrata que foram semelhantes ao visualizados em território cearense, a saber, impactos visuais, interferências na fauna, ruídos sonoros, desmatamento, entre outras interferências (FERNANDES; ARRAIS JUNIOR, 2017). Na figura 20, nota-se dois ambientes distintos referentes a instalação de parques eólicos, um no litoral e um que adentra o interior do município.

Figura 20 – Mosaico de dois Parques Eólicos localizado em Areia Branca, RN



Fonte: Portal de meio ambiente da UFRN e Lomacon, reprodução internet.

### 3.2.6 Caracterização do município de Macau

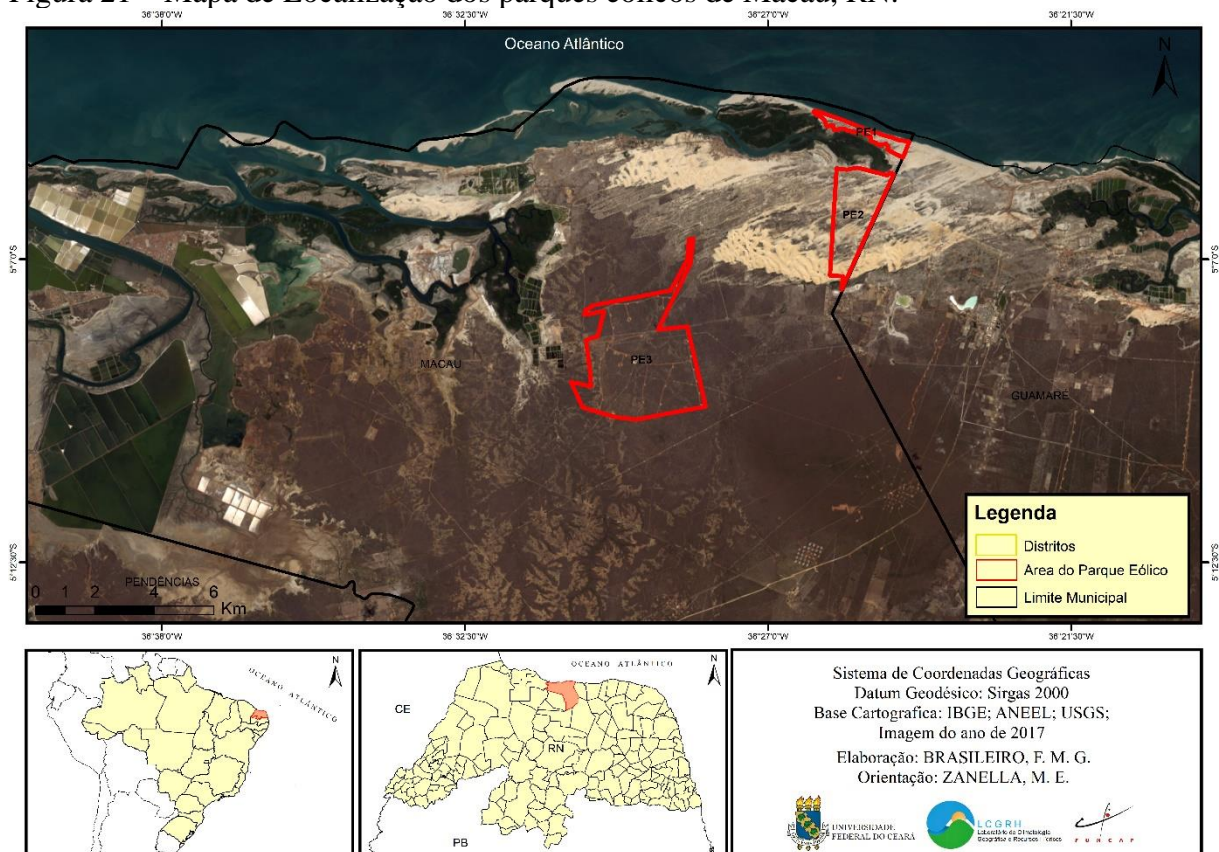
O município de Macau está situado na mesorregião central potiguar sob as coordenadas 5° 06' 54" S e 36° 38' 04" W e apresenta uma área territorial de 775,302 km<sup>2</sup>. De acordo com o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010, a

população local totalizava 28.584 habitantes, gerando uma densidade demográfica de 36,74 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

No que se refere aos aspectos geoambientais, o município apresenta características climáticas similares a realidade de Areia Branca, com um clima quente e semiárido, com totais pluviométricos médios de 526,2 milímetros e temperaturas do ar que variam entre 21°C e 32°C. O relevo predominante são a planície litorânea e os tabuleiros costeiros, relevo majoritariamente plano com altitudes que não ultrapassam os 100 metros de altitude (IDEMA, 2008).

Em relação ao aspecto econômico, as atividades de maior destaque são a salineira e a petrolífera. Em relação a primeira, nota-se que seu desenvolvimento teve seus primórdios no século XIX, se estabelecendo como uma indústria de grande importância para o contexto municipal. O município de Macau se consolidou como o maior produtor de sal do estado, abastecendo principalmente o mercado externo. No tocante a atividade petrolífera, o município se destaca pela extração do petróleo, com uso de novas áreas e aproveitamento das regiões antes utilizadas pelas salineiras (SANTOS, 2008). Além destas atividades, se destaca a carcinicultura, agricultura e pecuária.

Figura 21 – Mapa de Localização dos parques eólicos de Macau, RN.



Fonte: Elaborado pela autora.

No tocante a indústria eólica, esta surge em Macau no ano de 2008, com o estabelecimento de um parque eólico pela Eletrobrás, que tinha por finalidade o autoconsumo (ARAÚJO, 2015), fato que justifica este parque não estar mensurado na pesquisa, visto que as eólicas estudadas são parques de grandes dimensões e interligados ao SIN. Entretanto, este parque marca o início da indústria eólica em âmbito municipal e, também, estadual.

Na atualidade, verificou-se a existência de três grandes empreendimentos eólicos e, diferentemente do que se observa em Areia branca, são parques que exigem grandes áreas, sendo que dois deles adentram ao território do município de Guamaré (Figura 20).

Os parques estão situados sobre a planície litorânea, no caso o PE1 e o PE2, e sobre o tabuleiro costeiro, o PE3. Este último é o único totalmente inserido dentro do território de Macau e, também, o que apresenta maior área e quantidades de aerogeradores, tendo em vista, que o PE2 está dividido entre o município em questão e Guamaré (Quadro 13).

Quadro 13 – Listagem dos parques eólicos instalados em Macau

Nome Eólica	Inic. Operação	Pot. MW	Qnt. Aerogeradores	Área Km <sup>2</sup>
PE1	22/12/2011	14,4	9	5.0453
PE2	30/12/2011	100,65	61	16.2714
PE3	01/02/2014	68,47	41	13.3997

Fonte: SIGEL, 2018. Organizado pela autora.

A cerca das questões relacionadas a conflitos e impactos, nota-se a partir da bibliografia, que o município de Macau, juntamente com Galinhos e Guamaré, foram os primeiros a oferecer resistência, por parte da comunidade, à instalação de projetos eólicos no estado (ARAÚJO, 2015), principalmente relacionado a implementação destes empreendimentos sobre as dunas.

Figura 22 – Ilustração do PE3 localizado em Macau, RN



Fonte: Brasventos, reprodução internet.

De modo geral, outras questões socioambientais são percebidas nas áreas de implementação dos parques eólicos, a questão mais recorrente trata dos impactos acerca dos ruídos sonoros e sobre a remodelação da paisagem. A este respeito, “a atividade de energia eólica, embora sustentável, como qualquer atividade econômica acarreta impactos e modificações no meio ambiente em uma escala compatível com a ocupação” (MELLO, 2014, p. 161).

#### **4 EFEITOS DOS PARQUES EÓLICOS NO CLIMA LOCAL NO CEARÁ E NO RIO GRANDE DO NORTE**

Nesta seção teceu-se as considerações acerca dos impactos do estabelecimento de projetos eólicos no clima local de alguns municípios no Ceará e no Rio Grande do Norte, para tal analisou-se cartas temais do antes e depois da instalação dos parques, cartas de vegetação e, correlacionou-se com os principais usos do solo identificados via imagens orbitais. A princípio, a análise pautou-se nas informações a nível municipal, e posteriormente, visualizou-se as implicações que o estabelecimento dos parques eólicos ocasionou na temperatura de superfície dos seis municípios analisados.

Para melhor compreender as informações encontradas nos mapas foi crucial delinear as condições meteorológicas da realidade geográfica quando da coleta das imagens, visto que os dados coletados pelo sensor a bordo do satélite sofrem influência das condições climáticas observadas em superfície. Neste sentido, os dados pluviométricos foram priorizados, visto que estes exercem influência direta sobre o vigor da cobertura vegetal, influenciando, portanto, o índice de vegetação. Este apresenta alta sensibilidade a estas variações, visto que o vigor da cobertura vegetal varia conforme a disponibilidade de chuvas, principalmente no norte do nordeste brasileiro que apresenta característica fitoecológica única.

No que concerne ao estado do Ceará, a análise pautou-se em duas realidades geográficas distintas, a primeira se concentrou em visualizar os impactos ao longo do litoral, com destaque para municípios mais emblemáticos no ramo da indústria eólica, e, uma cidade localizada na chapada da Ibiapaba, outra região de interesse à implementação de projetos eólicos. Deste modo, traçou-se uma visão geral em torno da TST e correlacionamos com o índice de vegetação, os seguintes municípios: Camocim, Trairi, Aracati e Ibiapina.

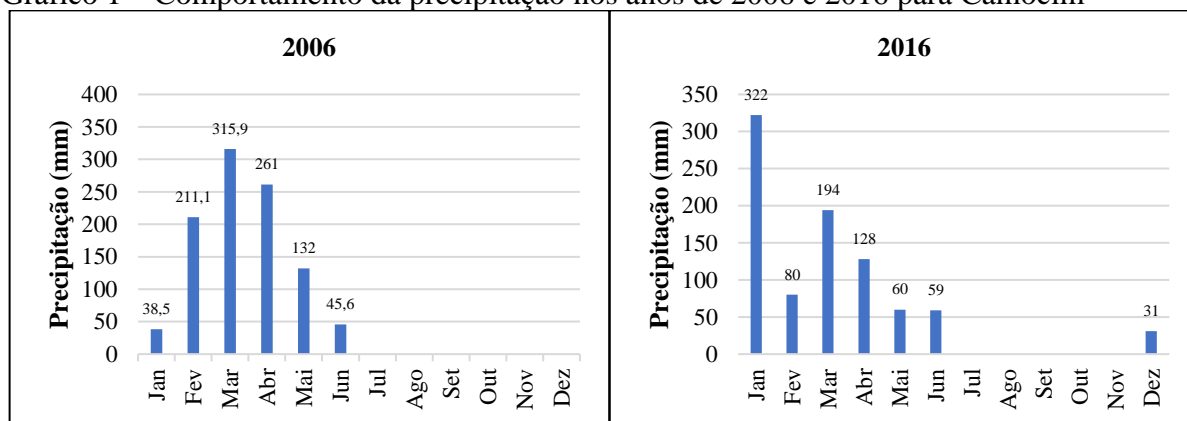
Para a realidade Potiguar selecionou-se dois municípios que apresentam desenvolvimento eólico significativo. Estes foram, os municípios de Areia Branca e Macau, os dois situados no litoral do estado. É importante destacar que no Rio Grande do Norte, a indústria eólica apresenta maior desenvolvimento, com a existência de inúmeros parques, tanto no litoral quanto nas áreas serranas (MELLO, 2014). Entretanto, as duas realidades analisadas se destacam por apresentarem parques de grande dimensão e estarem localmente associadas a áreas de estabelecimento de comunidades tradicionais.

#### 4.1 Comportamento das variáveis climáticas no município de Camocim/CE

Para o município de Camocim elaborou-se mapas temáticos acerca das variáveis climatológicas para os anos de 2006 e 2016, tendo em vista, que os projetos eólicos inerentes ao mesmo se estabeleceram a partir do ano de 2009, como já referido anteriormente. A priori, buscou-se entender o comportamento climático da área estudada no período de coleta da imagem, haja vista que os dados de TST e NDVI obtidos a partir de sensoriamento remoto são influenciados pelas variações ocorridas em superfície, logo, dependendo da estação do ano e das condições meteorológicas visualizadas, os valores apresentarão comportamentos únicos.

Neste sentido, observou-se para Camocim totais pluviométricos de 1004.1 e 874 milímetros, em 2006 e 2016, respectivamente (Gráfico 1). Estes valores estão distribuídos entre a pré-estação e a estação chuvosa, sendo neste último aspecto o ano de 2006 mais emblemático. Notou-se que dos dois anos analisados, o ano de 2006 apresentou chuvas que estiveram mais próximas da média histórica (IPECE, 2017), entretanto a nível estadual este ano foi considerado um ano seco (COSTA; SILVA, 2017).

Gráfico 1 – Comportamento da precipitação nos anos de 2006 e 2016 para Camocim



Fonte: FUNCEME. Organizado pela autora.

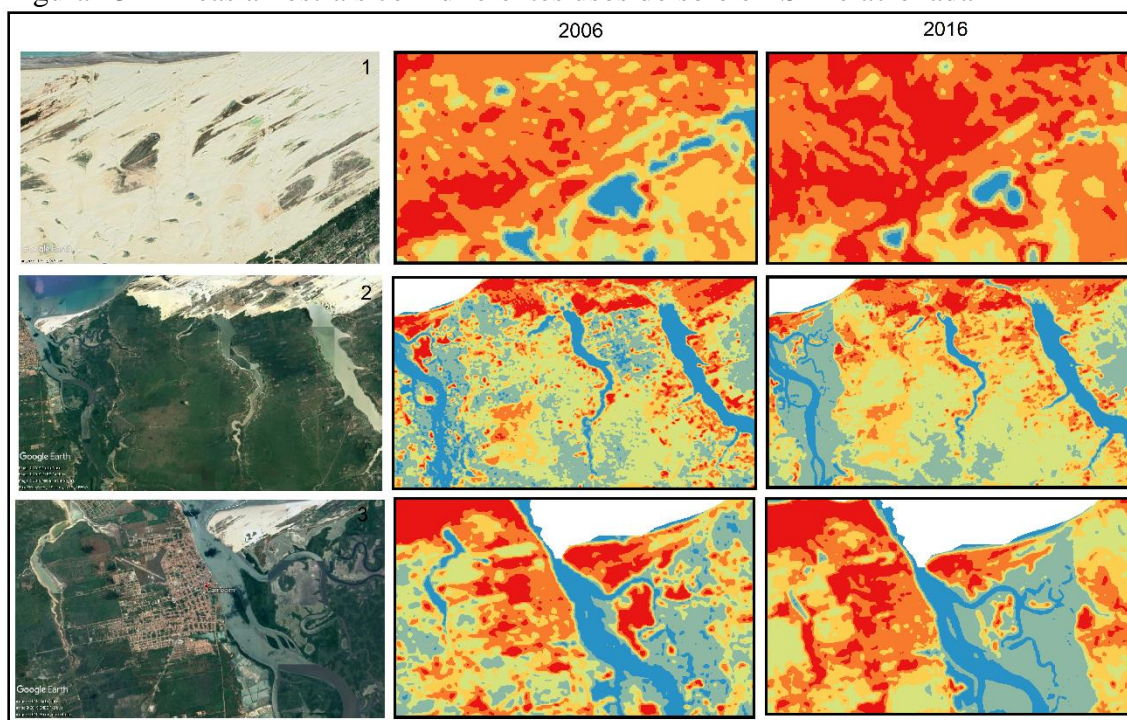
Em relação ao ano de 2016, verificou-se que este foi abaixo da média histórica e com seca intensa, agravada pelos anos anteriores de baixa pluviometria para todo o estado (MARTINS; VASCONCELOS JÚNIOR, 2017; CORTEZ; LIMA; SAKAMOTO, 2017), isto implica dizer que para o contexto municipal as temperaturas podem ter sofrido influência direta do quadro climático visualizado neste ano. Para o município de Camocim notou-se que a sua localização geográfica próxima ao litoral, sob influência direta das brisas marítimas e

terrestres, favoreceu maior disponibilidade de chuvas. Em relação ao mês de análise notou-se a inexistência de registros de precipitação para os dois anos avaliados.

De base das características climáticas dos anos em análise, evidenciou-se nas cartas termiais que as áreas de menor temperatura estão associadas aos corpos hídricos existentes no município e as de maior temperatura, correspondem às faixas de praia, por serem compostas de materiais com alto poder de emissividade da radiação, a areia. Observou-se que a área que recebeu o parque eólico modificou sua temperatura de superfície para valores mais elevados e suprimiu pontos de menor temperatura associados a lagoas interdunares.

Os dados de TST para o recorte municipal revelaram que o ano de 2006 (Figura 24) foi o que apresentou as menores temperaturas, com amplitude térmica de 12,4°C. A temperatura mínima foi de 22,8°C e a máxima de 35,2°C. Observou-se que o centro do município configura um padrão de altas temperaturas, como geralmente se verifica nos grandes centros urbanos. Todavia, a maior espacialização destas temperaturas está concentrada na porção norte do município, delimitando toda a faixa litorânea. As temperaturas mais elevadas também são visualizadas às margens de alguns corpos d'água, associados a ocupação populacional e desenvolvimento de atividades econômicas, como por exemplo, a agricultura (Figura 23).

Figura 23 – Áreas amostrais com diferentes usos do solo e TST relacionada



Fonte: Imagens Google Earth. Elaborado pela autora. Cartograma com imagens orbitais de diferentes usos do solo. Área 1: relativa à localização do parque eólico e ocorrência de dunas móveis; Área 2: correspondente a diversas coberturas do solo, a saber, corpos d'água, vegetação, culturas e dunas móveis e fixas; E área 3: delimitação do centro urbano e corpos hídricos.



As classes de TST com maior predominância na paisagem de Camocim em 2006, estavam contidas no intervalo de 25°C a 27°C, representando 305,990 m<sup>2</sup> de área coberta, que em termos percentuais equivale a 27% da área total do município. As menores temperaturas, definidas abaixo de 25°C, cobriram 83,530 m<sup>2</sup> de área, correspondendo a 7% do território. E as maiores temperaturas, acima de 31°C, tiveram a segunda menor predominância na paisagem, com apenas 8% de representatividade (Tabela 4).

Tabela 4 – Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2006 e 2016 em Camocim

Classes de TST (°C)	2006		2016	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
< 25	83.530.800	7%	45.015.300	4%
25 -27	305.990.100	27%	201.190.500	18%
27 - 28	291.729.600	26%	363.069.900	32%
28 - 29	186.976.800	17%	251.606.700	22%
29 - 31	170.854.200	15%	177.101.100	16%
> 31	85.916.700	8%	87.014.700	8%
<b>TOTAL</b>	<b>1.124.998.200</b>	<b>100%</b>	<b>1.124.998.200</b>	<b>100%</b>

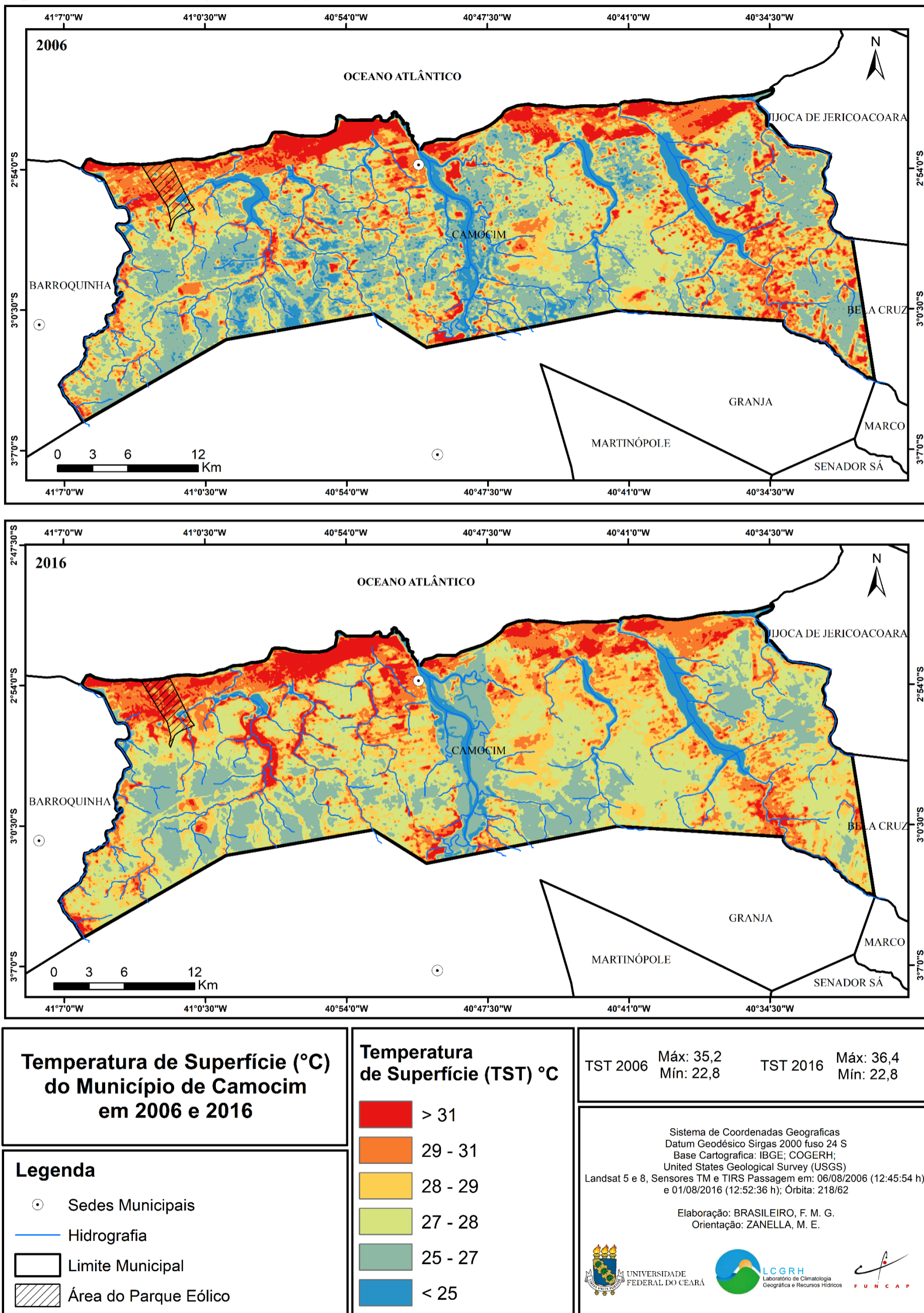
Fonte: Elaborado pela autora.

No ano de 2016 (Figura 24), as temperaturas máximas perpassaram os 36,4°C, e as mínimas permaneceram nos valores visualizados no primeiro ano analisado, 22,8°C, com uma amplitude térmica de 13,6 °C. O aumento na amplitude da temperatura de superfície foi de 1,2 °C em relação ao ano de 2006, corroborando com os mapas que demonstram aumento das temperaturas contidas entre os intervalos de 27°C a 31°C.

Observou-se que em 2016, tendo como base o ano anterior, os tipos de tempo que se delinearam favoreceram a permanência dos valores de temperaturas mínimas, abarcando principalmente parte do delineamento dos corpos hídricos. A faixa litorânea se consolidou como a área com maior temperatura de superfície dentro do município, como visualizado no ano de 2006.

Para o ano de 2016, as menores temperaturas, abaixo de 25°C, apresentaram uma cobertura espacial de 45.015 m<sup>2</sup>, o que representa 4% de área. A classe mais representativa correspondeu ao intervalo de 27°C a 28°C, diferentemente do que se observou no ano anterior. Em relação as classes de maior temperatura, observou-se o aumento da área coberta para 87.014 m<sup>2</sup>, mas em termos percentuais a classe continuou com uma representatividade de 8% (Tabela 4). Grosso modo, as cartas termais demonstraram que ocorreu a diminuição da percentagem das temperaturas mínimas para o ano de 2016 em relação ao período anterior e manutenção das temperaturas máximas, embora na realidade espacial a área coberta de TST elevada, tenha se expandido cerca de 1.09 m<sup>2</sup>.

Figura 24 – Evolução das Temperaturas de Superfície Terrestre de Camocim

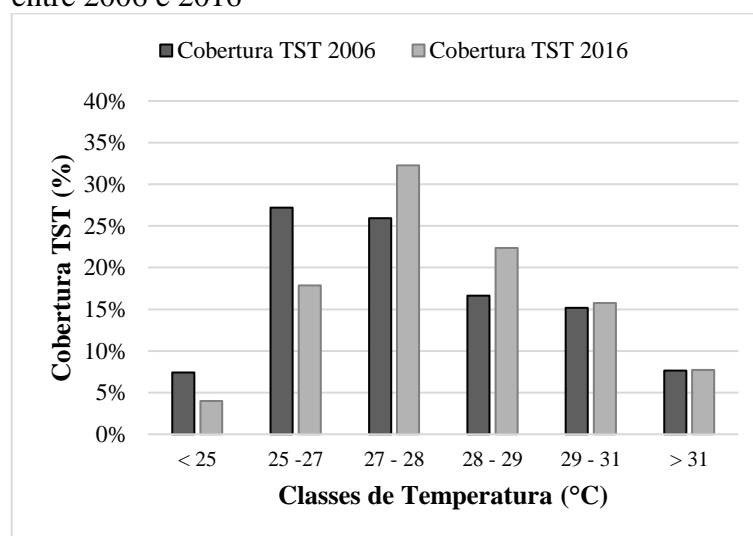


Fonte: Elaborado pela autora.

A diferenciação mais contundente pode ser visualizada nas classes intermediárias de 27°C a 29°C em 2016, e, para o ano anterior o maior destaque está no intervalo de 25° a 27°, o que denota afirmar que áreas de tinham configurações de baixa temperatura de superfície passaram a ter uma TST mais elevada (Gráfico 2).

Os valores de temperaturas de superfície são corroborados pelos mapas de vegetação. Estes destacam que estas temperaturas estão estritamente relacionadas ao padrão de vegetação, a existência de corpos hídricos na paisagem e os tipos de usos que são estabelecidos. Portanto, os centros urbanos e de ocupação contínua e descontínua, apresentam temperaturas mais elevadas, por conterem um padrão construtivo que favorece o aumento do calor de superfície. Ao mesmo tempo, os corpos d'água apresentam menores temperaturas, pois durante o dia estes ambientes tendem a se aquecer mais lentamente, devido ao alto calor específico (1 cal/g. °C) da água.

Gráfico 2 – Comparativo da cobertura das classes de TST entre 2006 e 2016



Fonte: Elaborado pela autora.

Neste sentido, observou-se a partir das cartas de vegetação (Figura 24), que para o município de Camocim os valores máximos foram identificados no ano de 2006, onde verificou-se que o vigor da vegetação era de 0,70. Para o período posterior este valor diminuiu para intervalos que não ultrapassam o valor de 0,56.

No ano de 2006, a classe que representa maior vigor da vegetação ( $> 0,37$ ), obteve a maior espacialização, com uma área de 772,187 m<sup>2</sup>. Isto representou em termos percentuais cerca de 69% de representatividade, ou seja, o município na data de coleta da imagem apresentou boas condições de clorofila, o que corresponde a uma vegetação mais robusta. As

classes contidas no intervalo  $<-0,08$  a  $0,17$ , correspondentes a inexistência de vegetação, configuraram 5% e 13% de área coberta (Tabela 5), respectivamente (OLIVEIRA; FREITAS, 2015).

Tabela 5 – Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2006 e 2016 em Camocim

Classes de NDVI	2006		2016	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
$< -0,08$	55.891.800	5%	36.886.500	3%
$-0,08 - 0,17$	145.318.500	13%	132.996.600	12%
$0,17 - 0,27$	53.365.500	5%	84.387.600	8%
$0,27 - 0,37$	98.235.000	9%	304.566.300	27%
$> 0,37$	772.187.400	69%	566.161.200	50%
<b>TOTAL</b>	1.124.998.200	100%	1.124.998.200	100%

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o ano de 2016, o extremo superior caracterizado como maior vigor da vegetação, apresentou uma espacialização de 566,161 m<sup>2</sup>, representando 50% de área coberta do município. As classes inferiores  $<-0,08$  e  $< 0,17$ , apresentaram 36,886 m<sup>2</sup> e 132,996 m<sup>2</sup>, o que significa que houve uma diminuição da representação destas classes.

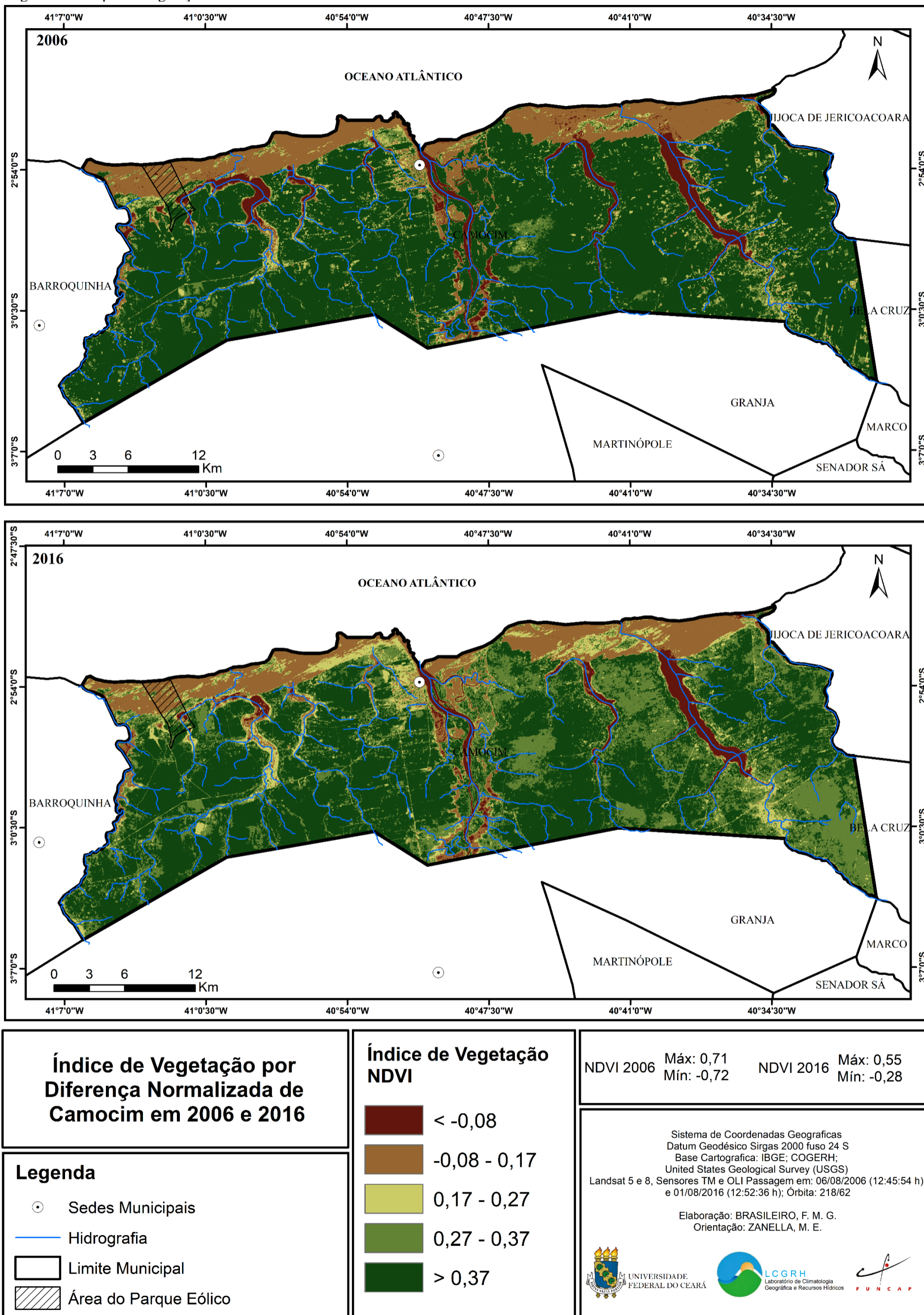
Observou-se que a regressão das áreas com inexistência de vegetação e as de maior vigor da vegetação, foram responsáveis pela significância espacial de uma classe intermediária, de intervalo  $0,27$  a  $0,37$ , que obteve 304,566 m<sup>2</sup>, em oposição ao observado em 2006, que apresentou apenas 98,2 m<sup>2</sup>.

De modo geral, observou-se que para o município de Camocim as classes representativas de baixo potencial de vegetação não apresentaram variações bruscas, apesar de ocorrer uma diminuição na espacialização destas do ano de 2006 para o de 2016. Em relação a classe de maior vigor da vegetação, notou-se uma diferenciação contundente entre os anos analisados, com destaque para o ano de 2016, que obteve o menor índice (Gráfico 3).

Para este município as classes intermediárias apresentaram maior notoriedade, sobretudo o intervalo  $0,27$  a  $0,37$ , que em 2016 destacou-se com uma diferenciação de 206,3 m<sup>2</sup> de cobertura espacial.

No que concerne aos impactos dos parques eólicos no âmbito climático, as cartas termais evidenciaram para o município de Camocim o aumento da temperatura de superfície no entorno do parque eólico em anos posteriores à instalação dos aerogeradores (Figura 26). Em relação ao NDVI, observou-se que na área em questão os impactos deste parque no parâmetro vegetação estão associados a retirada de uma pequena porção da cobertura vegetal

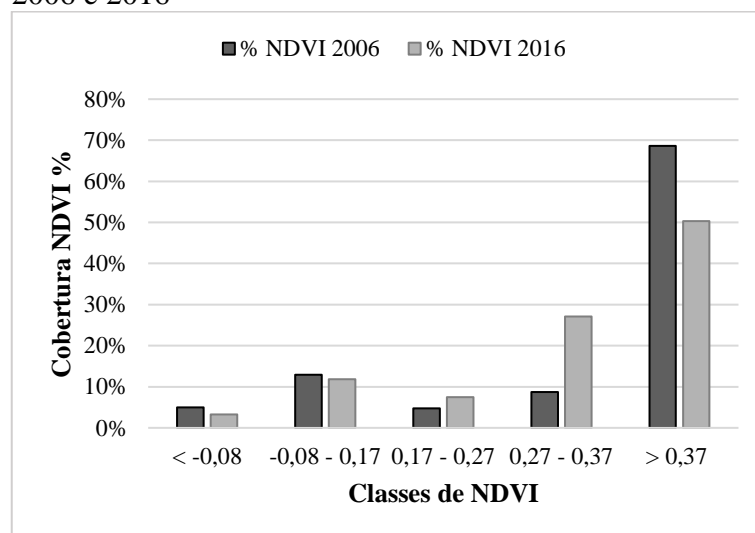
Figura 25 - Mapa de Vegetação de Camocim no Ano de 2006 e 2016



Fonte: Elaborado pela autora

local, sendo os impactos mais significativos os resultantes da remodelação das lagoas interdunares, da estabilização dos sedimentos a partir de construções de estradas e estabelecimentos de novos equipamentos na paisagem, a saber, os aerogeradores e infraestrutura correlata.

Gráfico 3 – comparativo entre os valores de NDVI entre 2006 e 2016



Fonte: Elaborado pela autora.

Destaca-se que no ano de 2006, antes da instalação das turbinas, as temperaturas eram mais amenas na região onde houve a instalação do parque, com a predominância de temperaturas superficiais abaixo de 31°C. Notou-se que as classes de menor temperatura, inferiores a 25°C, dentro da área do parque eólico apresentou uma especialização de 5%, e em relação a área municipal significou 0,05% do total. Neste ano, a classe de maior prevalência na paisagem foi a de 29°C a 31°C, com percentagem de 56% de área coberta (Tabela 6).

Tabela 6 – Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Camocim

TST (°C)	2006		2016	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< 25	517.500	5%	212.400	2%
25 -27	288.000	3%	172.800	2%
27 - 28	984.600	10%	545.400	5%
28 - 29	1.938.600	19%	1.526.400	15%
29 - 31	5.734.800	56%	3.254.400	32%
> 31	825.300	8%	4.577.400	44%
<b>Área total recorte</b>	<b>10.288.800</b>	<b>100%</b>	<b>10.288.800</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

No ano de 2016, já com o parque instalado, verifica-se a expansão das altas temperaturas, perpassando os 31°C, distribuídos espacialmente por uma grande área, inclusive as relacionadas ao parque eólico. Convém destacar, que muitos pontos de baixas temperaturas associadas às lagoas interdunares existentes antes do parque, se apresentou no ano analisado, com temperaturas mais elevadas, devido ao aterramento destas lagoas para a instalação dos aerogeradores ou mesmo, o assoreamento das mesmas a partir dos impactos cumulativos gerados pela instalação deste empreendimento. Destaca-se a estabilização dos sedimentos para a criação de estradas e instalação das turbinas favoreceram o aumento da temperatura de superfície localmente.

Em termos estatísticos notou-se que as temperaturas superiores aos 31°C, estiveram presentes em 44% da área total do parque eólico, o que denotou uma diferenciação, em relação ao ano de 2006, de 3.752 m<sup>2</sup> de área coberta, isto representou 36% de área adicional com presença desta classe de temperatura. Para as baixas temperaturas, observou-se a diminuição de 2% das áreas cobertas por estes valores, o que justifica o fato de que as classes de altas temperaturas tenham adquirido novas áreas de ocorrências.

Essas considerações justificam as alterações percebidas no recorte espacial sob influência dos parques eólicos, haja vista que se visualiza aumento de temperatura em grande parte da área. Ao avaliar as imagens termais nota-se que as modificações na TST podem alcançar o limiar máximo de 5,4°C de diferenciação entre os dois anos analisados (Quadro 14).

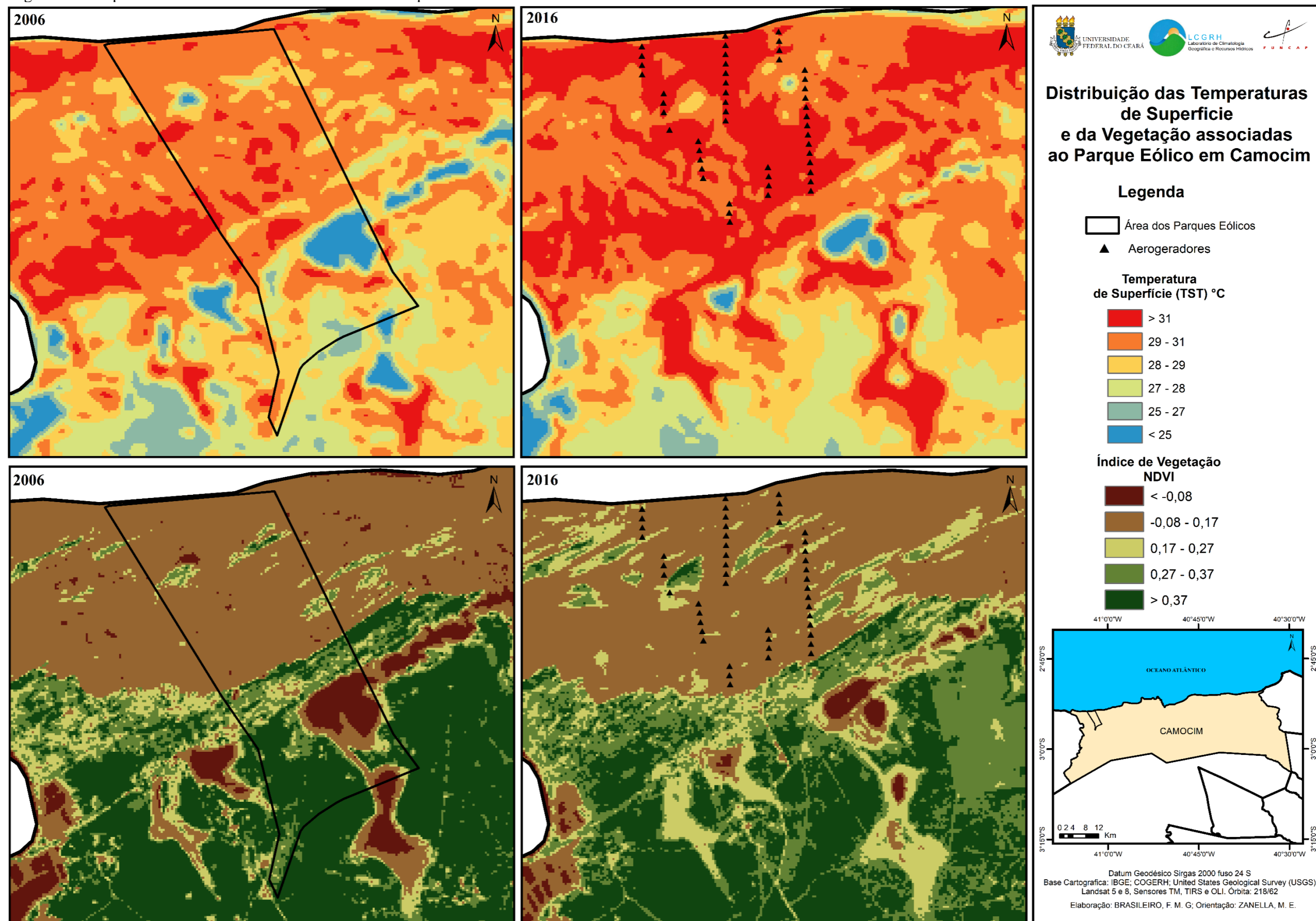
Quadro 14 – Síntese das variações na TST relativas ao parque eólico em Camocim

Parque eólico	TST °C anterior	TST atual	Varição média °C
PE 1	Pontos com TST <25°C disponíveis na área do recorte TST predominante 29°C a 31°C	TST predominantes superiores a 31°C	5,4°C

Fonte Elaborado pela autora.

Em relação ao NDVI aplicado a área do parque eólico, observou-se poucas modificações, tendo em vista, a baixa cobertura de vegetação no litoral, devido a predominância das dunas móveis. Deste modo, o índice para as áreas de ocorrência de sedimentos não consolidados tende a destacar as classes que representam a inexistência de vegetação. Entretanto, o litoral mesmo tendo maior espacialização de dunas móveis, caracterizadas por falta de cobertura vegetal, apresentam também áreas com coberturas de gramíneas e pequenos arbustos, essenciais ao controle da temperatura de superfície.

Figura 26 – Mapa em detalhe da TST e NDVI na área do Parque Eólico em Camocim



Fonte: Elaborado pela autora.



Desta maneira, verificou-se para o ano de 2006 uma maior cobertura de vegetação, quanto correlacionado com o ano de 2016. Como citado, o maior destaque foi a classe -0,08 a 0,17, com representação espacial de 57%, associada as áreas de dunas móveis, sem cobertura vegetal (Tabela 7).

Tabela 7 – Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Camocim

Classes de NDVI	2006		2016	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< -0,08	713.700	7%	325.800	3%
-0,08 – 0,17	5.859.900	57%	550.8000	54%
0,17 – 0,27	690.300	7%	1.206.900	12%
0,27 – 0,37	1.139.400	11%	1.726.200	17%
> 0,37	1.885.500	18%	1.521.900	15%
<b>Área total recorte</b>	<b>10.288.800</b>	<b>100%</b>	<b>10.288.800</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o ano de 2016, constatou-se um padrão de vegetação semelhante ao ano de 2006, todavia observou-se uma diminuição nas classes relacionadas a baixa cobertura de NDVI, ao mesmo tempo, que uma regressão nos valores superiores, representando 7% e 3%, respectivamente. Notou-se ainda que para este ano houve um crescimento da classe 0,27 a 0,37, quando comparado ao ano de 2006, gerando uma diferenciação de 3%.

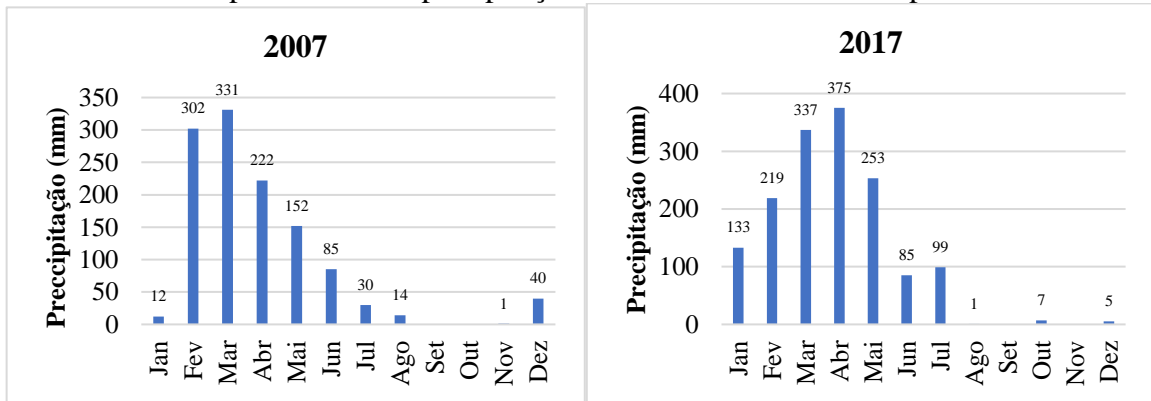
#### 4.2 Comportamento das variáveis climáticas no município de Trairi/CE

A cartografia temática de Trairi teve como base os anos de 2007 e 2017, como representado na figura 27. Convém delinear que os anos analisados apresentaram condições de precipitação favoráveis para o município estudado. Em 2007, observou-se um acumulado de chuvas de 1189 mm, ultrapassando a média de 1139.4 mm, o que significou um desvio positivo de 4.4% para o ano em questão. Em relação a distribuição mensal das chuvas (Gráfico 4) registrou-se precipitação em praticamente todos os meses, com exceção de setembro e outubro, isto implicou dizer que para análise de NDVI, a condição da vegetação captada pelo sensor sofreu influência direta do padrão climático observado para o ano (FUNCEME, 2017).

Para o ano de 2017, observou-se chuvas que totalizaram 1514 mm, ultrapassando a média normal de 1139.4 mm, o que significou um desvio positivo de 25.7% para o ano em questão, ou seja, este ano foi mais chuvoso do que o ano anteriormente analisado. No que concerne a distribuição mensal das chuvas verificou-se que segue o mesmo padrão do ano de 2007, com registros de precipitação em todos os meses do ano, com exceção dos meses de

setembro e novembro. No que concerne ao mês de agosto, data de coleta da imagem orbital, notou-se que para 2017 a influência da pluviometria nas condições ambientais obteve maior significância, tendo em vista, que o mês de julho foi mais chuvoso do que em 2007, apesar de as chuvas no mês de agosto terem sido menores do que no ano anterior (FUNCEME, 2017).

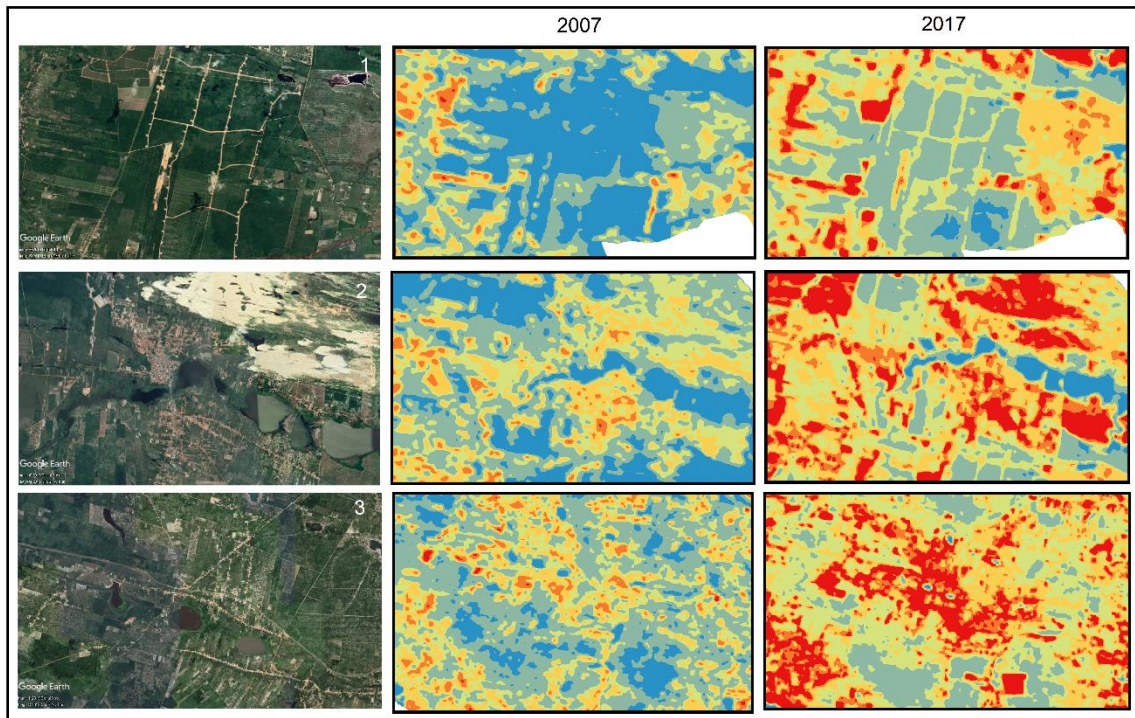
Gráfico 4 – Comportamento da precipitação nos anos de 2007 e 2017 para Trairi



Fonte: FUNCEME, 2017.

Considerando as condições meteorológicas apresentadas analisou-se as cartas termais que indicaram, para o ano de 2007, temperaturas variando entre a mínima de 12,8°C e a máxima de 32°C, favorecendo uma amplitude térmica de 19,2°C.

Figura 27 – Áreas com diferentes usos do solo e TST em 2007 e 2017



Fonte: Imagens Google Earth. Elaborado pela autora. Cartograma com imagens orbitais de diferentes usos do solo. Área 1: relativa à localização do parque eólico, culturas e vegetação; Área 2: correspondente ao centro urbano e dunas fixas; E área 3: delimitação das vias de acesso, ocupação e culturas.

As baixas temperaturas foram visualizadas nas regiões com ocorrência de vegetação e associadas a corpos hídricos. E as maiores temperaturas associadas as áreas agrícolas de solo desnudo, aos sedimentos da faixa litorânea com alta emissividade e as áreas de ocupação populacional.

Em 2007, as classes de menor temperaturas, ou seja, valores menores que 25°C, foram encontrados em 189.597 m<sup>2</sup> da área total, o que representou 20% de área coberta. A maior representatividade foi o intervalo de classe representado pela TST de 25°C a 26°C, estando presente em cerca de 351,890 m<sup>2</sup>, o que representa 38% do território do município. As maiores temperaturas, definidas acima de 29°C, ocupou somente 2,077 m<sup>2</sup>, cerca de 0,2% de área coberta (Tabela 8).

Tabela 8 – Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2007 e 2017 em Trairi

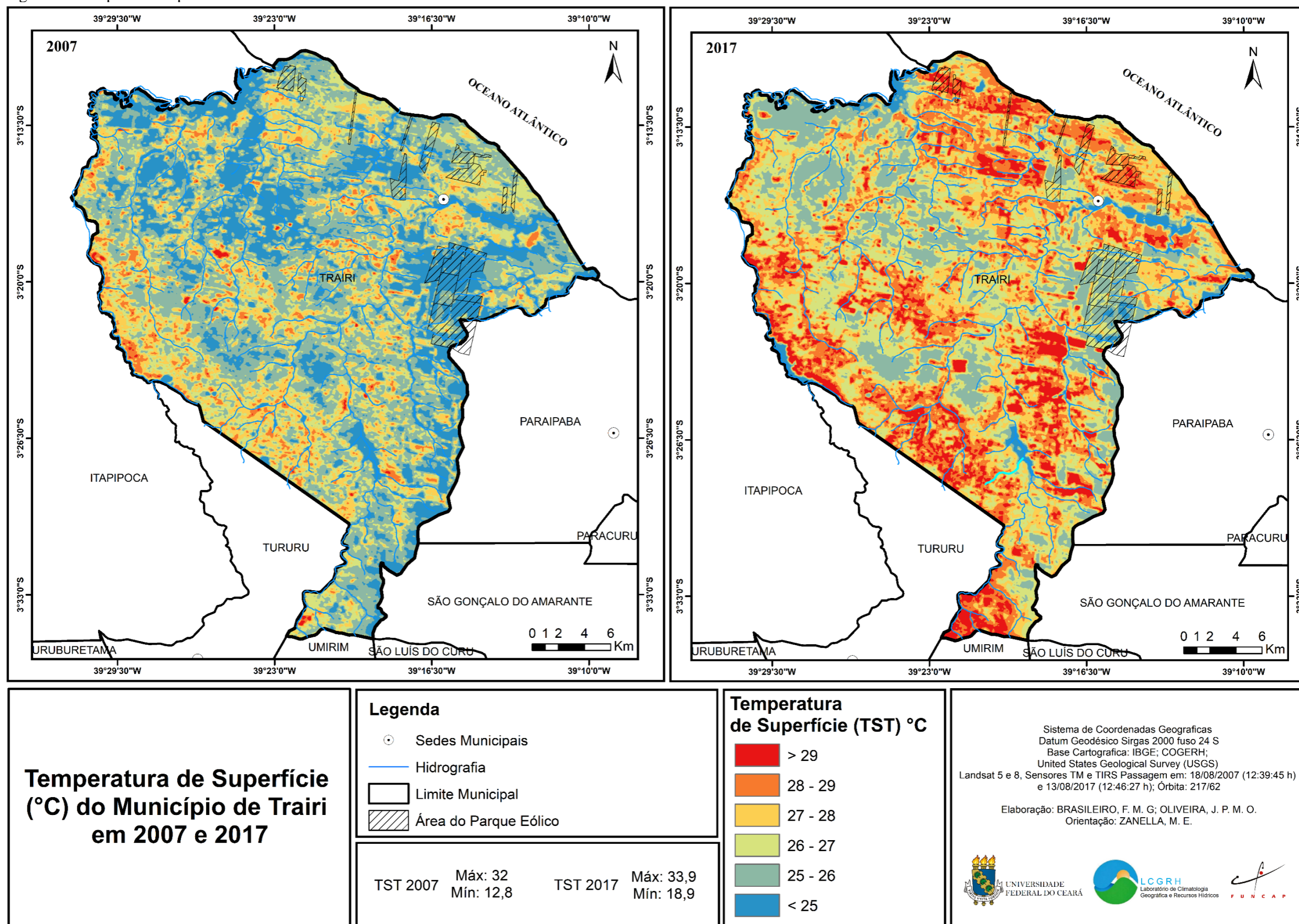
Classes de TST (°C)	2007		2017	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
< 25	189.597.600	20%	19.350.900	2%
25 - 26	351.890.100	38%	146.558.000	16%
26 - 27	201.262.600	22%	223.399.000	24%
27 - 28	146.026.700	16%	238.218.000	26%
28 - 29	34.157.700	4%	123.044.000	13%
> 29	2.077.200	0,2%	174.442.000	19%
<b>TOTAL</b>	925.011.900	100%	925.011.900	100%

Fonte: Elaborado pela autora.

Em contrapartida, no ano de 2017 as temperaturas do município variaram entre 18,9°C e 33,8°C, configurando uma amplitude térmica de 14,9°C, o valor mais baixo encontrado na série analisada. Este valor configura uma redução da amplitude, em relação a 2007, de 4,3°C. Notou-se neste ano a supressão de áreas de baixa temperatura e o aumento de áreas com temperaturas elevadas. Isto se comprovou na análise da área coberta por cada classe de temperatura, onde houve a diminuição de 170,2 m<sup>2</sup>, de 2007 para 2017, da área de predominância das temperaturas menores que 25°C e aumento de 172,3 m<sup>2</sup> da classe de maiores temperaturas. Em 2017, observou-se a predominância da classe de TST com intervalo de 27°C a 28°C, com representação de 26% da área total local. Grosso modo, observou-se maior distribuição das classes de temperatura neste ano (Tabela 8).

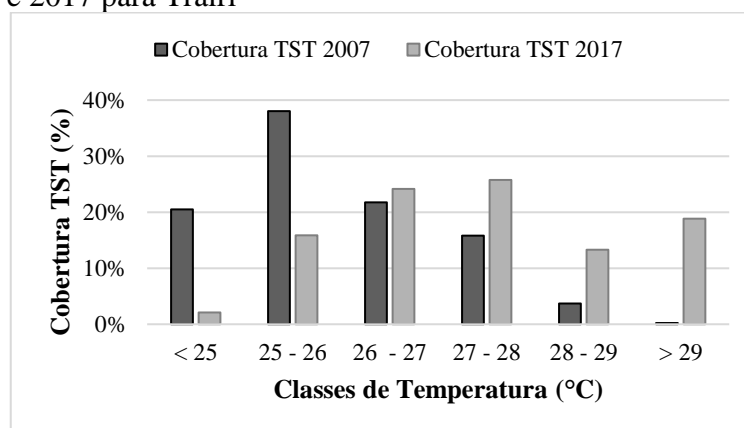
Em termos comparativos, observou-se uma relação inversa nas classes extremas de TST. No ano de 2007, verificou-se a predominância de baixas temperaturas e pequena significância das altas temperaturas, diferentemente do que se observou em 2017, com temperaturas de superfície mais elevadas e pequena contribuição de temperaturas mais amenas.

Figura 28 - Mapa de Temperatura de Trairi no Ano de 2007 e 2017



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 5 – Comparativo entre os valores de TST entre 2007 e 2017 para Trairi



Fonte: Elaborado pela autora

No que tange ao NDVI, verificou-se a diminuição do padrão de vegetação na porção central do município, associada a expansão urbana e agrícola. No mapa (Figura 29) que representa o período posterior a instalação dos parques eólicos, tende-se a visualizar espaços sem cobertura vegetal oriundos do estabelecimento da indústria eólica, validando os valores de temperatura de superfície encontrados.

A partir dos mapas de vegetação (Figura 29) evidenciou-se alterações significativas nos valores de vegetação, onde no ano de 2007 a vegetação detinha valores que alçava o marco de 0,69. E para o ano de 2017, visualiza-se a diminuição da vegetação, que em valores normatizados representam 0,59. Entretanto, quando se analisa a representatividade espacial, a área coberta pela classe de maior vegetação foi menor que em 2017, isto resultou diretamente das condições meteorológicas observadas em cada ano. Em 2007, a classe de maior espacialização foi o intervalo 0,28 - 0,40, com representação espacial de 37% de cobertura, esta classe representa as áreas com médio potencial de vegetação (Tabela 9). As classes representativas da ausência de vegetação a partir do índice estão associadas aos corpos hídricos distribuídos na paisagem do município e a faixa de praia com a existência das dunas móveis. Estas estão contidas em 27% da área coberta do município, o que representa uma área ocupada de 250,297 m<sup>2</sup>.

Para o ano de 2017, observou-se a permanência da significância da classe 0,28 a 0,40, com uma expansão de 154 m<sup>2</sup> de área. A classe representativa de muito baixo potencial de vegetação, esteve presente em 2,7 m<sup>2</sup> e representou 0,3% de área coberta. Por outro lado, a classe de alto potencial, valores maiores que 0,40, ocupou uma área de 265,543 m<sup>2</sup>, que em termos percentuais significou 29% de área ocupada (Tabela 9).

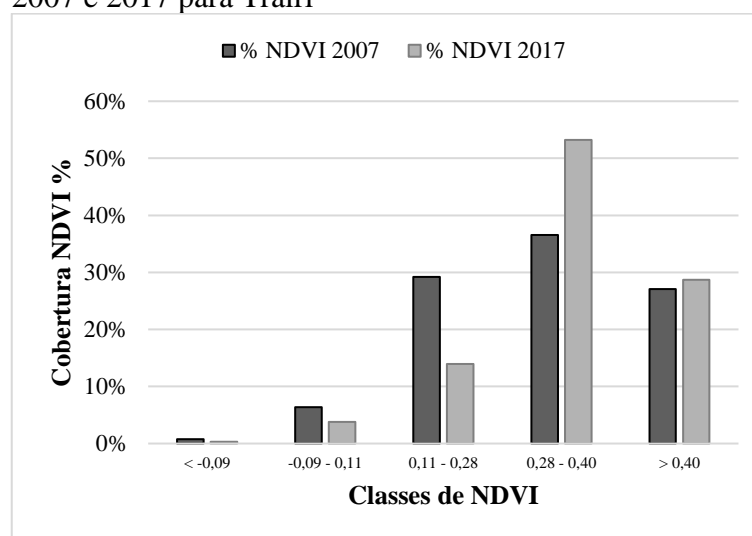
Tabela 9 – Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2007 e 2017 em Trairi

Classes de NDVI	2007		2017	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
< -0,09	6.995.700	1%	2.768.400	0,3%
-0,09 - 0,11	59.102.100	6%	35.317.800	4%
0,11 - 0,28	270.278.100	29%	129.015.900	14%
0,28 - 0,40	338.338.800	37%	492.366.600	53%
> 0,40	250.297.200	27%	265.543.200	29%
<b>TOTAL</b>	<b>925.011.900</b>	<b>100%</b>	<b>925.011.900</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, o NDVI revelou que os dados de vegetação extremos, máximos e mínimos, foram similares nos dois anos analisados. A classe com maior significância, no ano de 2007 e 2017, foi a composta pelo intervalo 0,28 a 0,40, que corresponde ao médio potencial de vegetação (Gráfico 6).

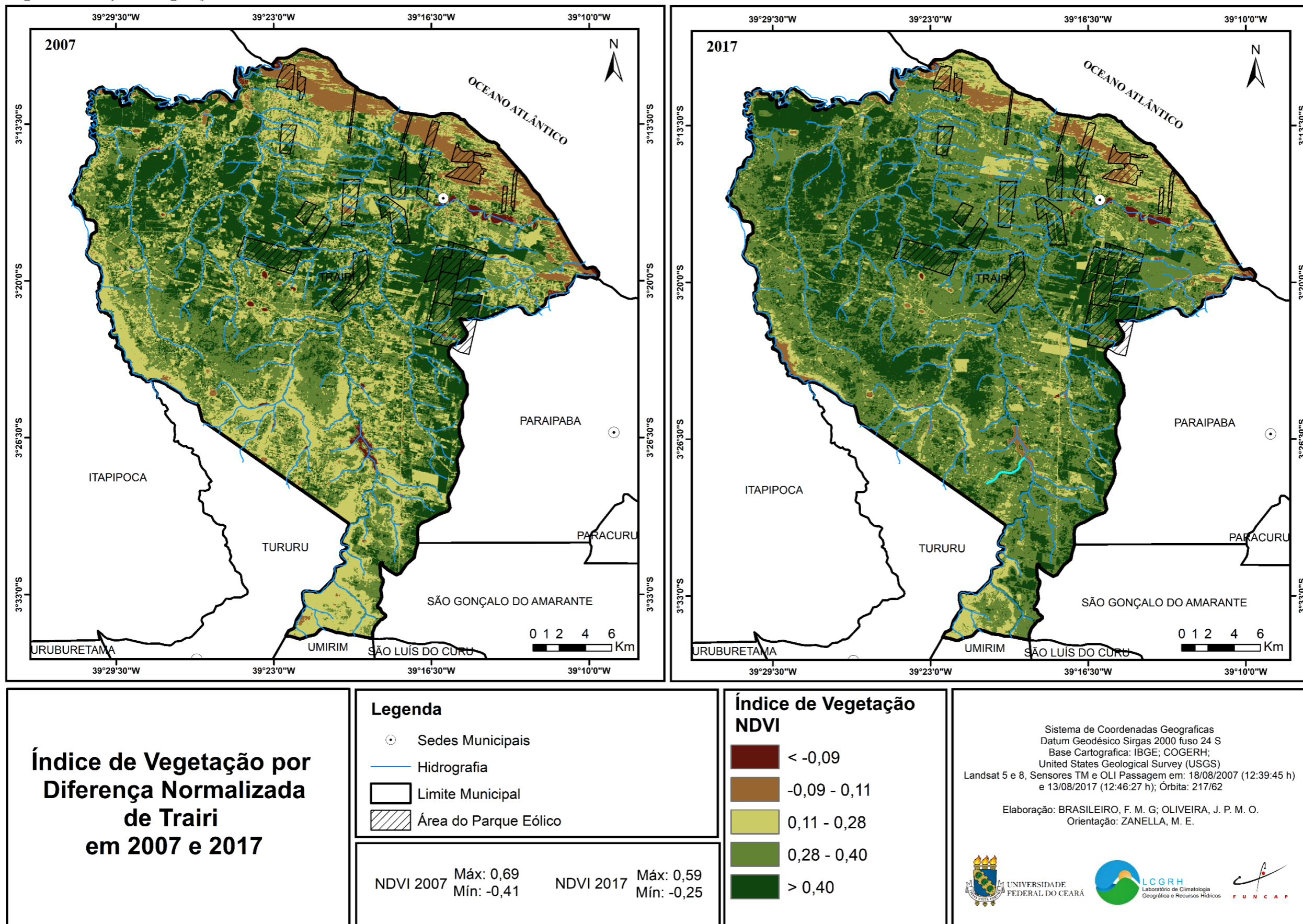
Gráfico 6 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2007 e 2017 para Trairi



Fonte: Elaborado pela autora.

No que concerne aos parques eólicos e sua relação com a TST e NDVI, percebeu-se que novos usos da terra foram implementados após a instalação dos parques e que favoreceu mudanças nestes parâmetros. Dentre as quais, aberturas de estradas para acesso às torres eólicas, estabelecimento das linhas de transmissão e atividades correlatas. Estes usos favoreceram modificações na temperatura de superfície, pois ocasionaram a exposição do solo à radiação emitida pelo sol.

Figura 29 - Mapa de Vegetação de Trairi no Ano de 2007



Fonte: Elaborado pela autora

Neste aspecto, verificou-se alterações significativas na temperatura de superfície associadas a um complexo eólico situado no distrito sede, composto pelos parques eólicos p4, p5, p6, p9 e p10, em seu tracejado de forma quadricular, evidencia-se aumento da TST. Observou-se, que antes da instalação do parque esta área apresentava temperaturas predominantes inferiores aos 27°C, após o estabelecimento do parque, as temperaturas se elevaram, onde os valores variaram entre 25°C e 28°C. Observou-se que a temperatura a nível municipal se alterou para valores superiores, entretanto, um diferencial se nota na área dos parques eólicos em questão, que apresentaram um arranjo construtivo favorável a determinação de temperaturas mais elevadas (Quadro 15).

Quadro 15 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Trairi

Parque eólico	TST °C anterior	TST °C atual	Variação média °C
PE 4	<25°C	25°C-28°C	3°C
PE 5	<26°C	25°C-28°C	2°C
PE 6	<26°C	25°C-28°C/Pontos isolados >29°C	2°C / 7°C
PE 9	<25°C	25°C-28°C/ Pontos isolados >29°C	3°C /7°C
PE 10	<27°C	25°C-28°C/Pontos isolados <25°C	1°C

Fonte Elaborado pela autora.

As implicações dos parques eólicos na determinação da cobertura vegetal, pode ser visualizada nas áreas delimitadas pelos parques eólicos, a partir da construção de estradas que interligam as torres eólicas, essa espacialização determina, como já visualizado, as temperaturas ao nível do solo. Para outros pontos do município, estas alterações são menores, pois estão relacionadas ao tamanho do empreendimento e sua localização espacial.

No que concerne a espacialização dos dados de TST na área dos parques, nota-se que as temperaturas inferiores a 25°C apresentaram em 2007 uma representatividade de 23%, estando presente em 75.500.100 m<sup>2</sup> de área. Em comparação com o ano de 2017 visualizou-se uma significativa redução, onde se observou que somente 2% da área do recorte apresentaram estas temperaturas. Isto se justifica quando se analisa as classes de maior temperatura, sobretudo as superiores a 27°C, que apresentaram em 2017 maior significância espacial (Tabela 10).

Tabela 10 – Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Trairi

TST (°C)	2007		2017	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< 25	75.500.100	23%	7.927.200	2%
25 - 26	132.620.400	40%	49.242.600	15%
26 - 27	73.463.400	22%	77.016.600	23%
27 - 28	43.761.600	13%	93.764.700	28%
28 - 29	8.010.900	2%	47.208.600	14%



> 29	186.300	0,1%	58.383.000	18%
<b>Área total recorte</b>	333.542.700	100%	333.542.700	100%

Fonte: Elaborado pela autora.

Isto se verifica nas cartas termais em detalhe onde nota-se que as áreas que apresentavam tendência ao aumento de temperatura se delinearão como áreas de TST elevada em 2017, e juntamente a estas, novas áreas foram englobadas como regiões de alta TST, especialmente as que tinham em sua paisagem parques eólicos (Figura 30).

Em relação ao NDVI, observou-se que a classe representativa de solo exposto (<- 0,09) permaneceu com a mesma percentagem nos dois anos analisados, embora que para o ano de 2017 notou-se uma pequena redução na área de ocorrência desta classe.

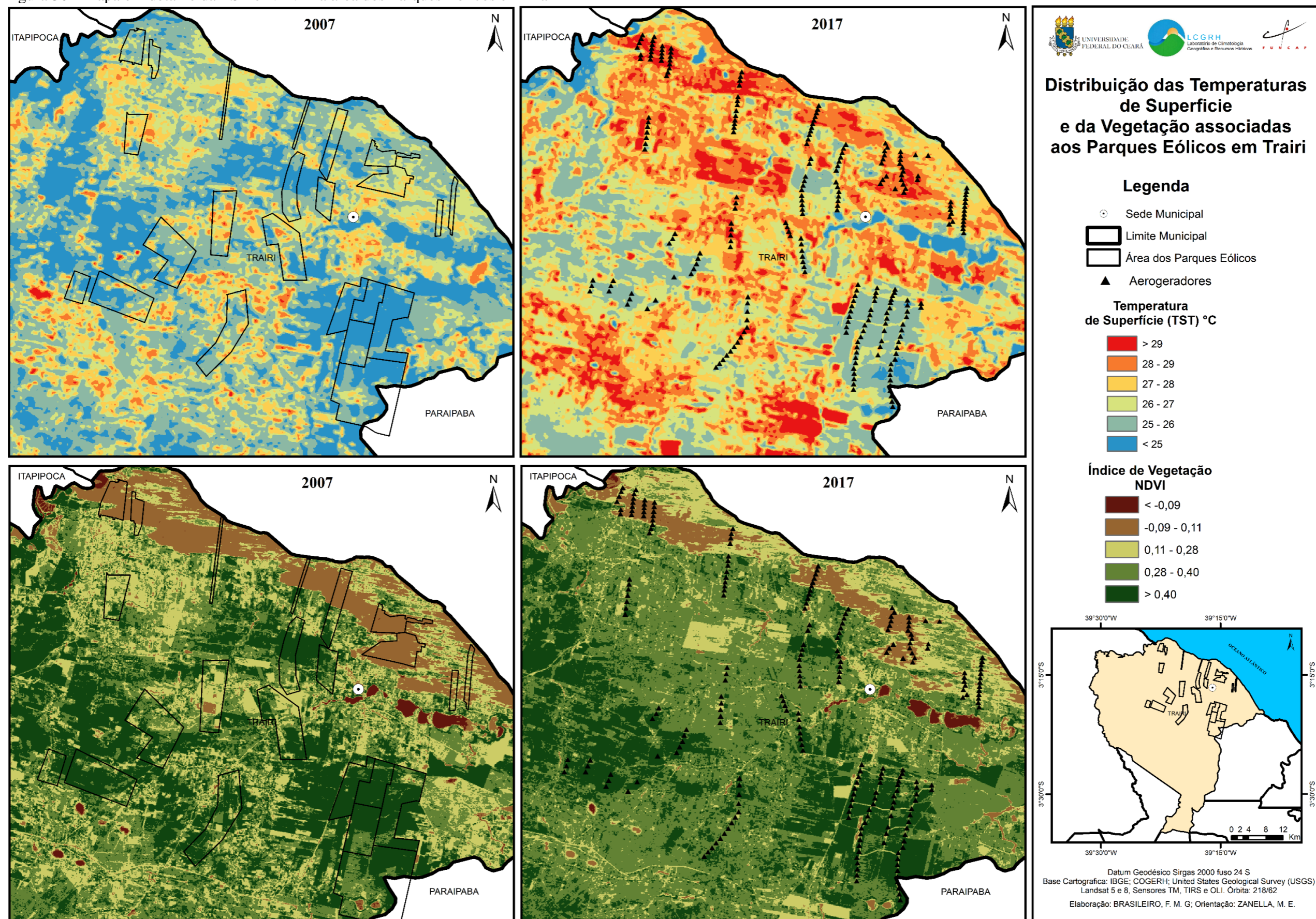
Em termos gerais o NDVI de Trairi não apresenta grandes diferenciações, como visualizado nas cartas de temperatura. Entretanto, notou-se a diminuição da representatividade espacial de todas as classes, exceto o intervalo 0,28 – 0,40 que, em comparação ao ano de 2007, aumentou sua área e representatividade para 52% em 2017 (Tabela 11).

Tabela 11– Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Trairi

Classes NDVI	2007		2017	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< -0,09	3.101.400	1%	2.296.800	1%
-0,2	42.106.500	13%	21.101.400	6%
0,11 - 0,28	82.065.600	25%	57.505.500	17%
0,28 - 0,40	103.743.900	31%	174.171.600	52%
> 0,40	102.525.300	31%	78.467.400	24%
<b>Área total recorte</b>	333.542.700	100%	333.542.700	100%

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 30 - Mapa em detalhe da TST e NDVI na área dos Parques Eólicos em Trairi

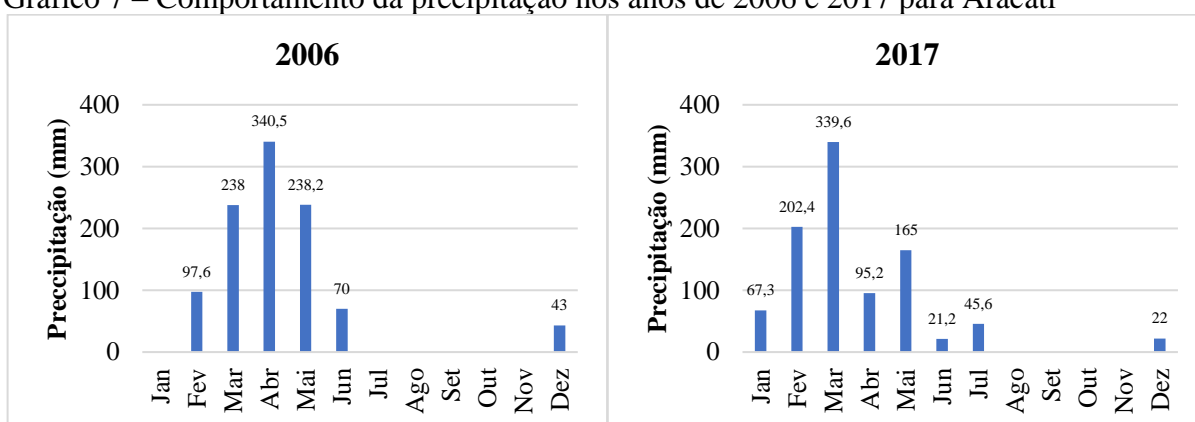


Fonte: Elaborado pela autora

### 4.3 Comportamento das variáveis climáticas no município de Aracati/CE

As análises para o município de Aracati tiveram por base os anos de 2006 e 2017. Para este município observou-se que os dois períodos analisados tiveram um acumulado de chuvas significativo, sendo que o ano de 2006 apresentou o maior acumulado, cerca de 1027,3 mm. Já em 2017, o total pluviométrico registrado foi de 958,3 mm (Gráfico 7). Todavia, mesmo apresentando considerável pluviometria local, os anos analisados, a nível estadual, foram abaixo da média histórica (COSTA; SILVA, 2017; FUNCEME, 2017).

Gráfico 7 – Comportamento da precipitação nos anos de 2006 e 2017 para Aracati



Fonte: Elaborado pela autora.

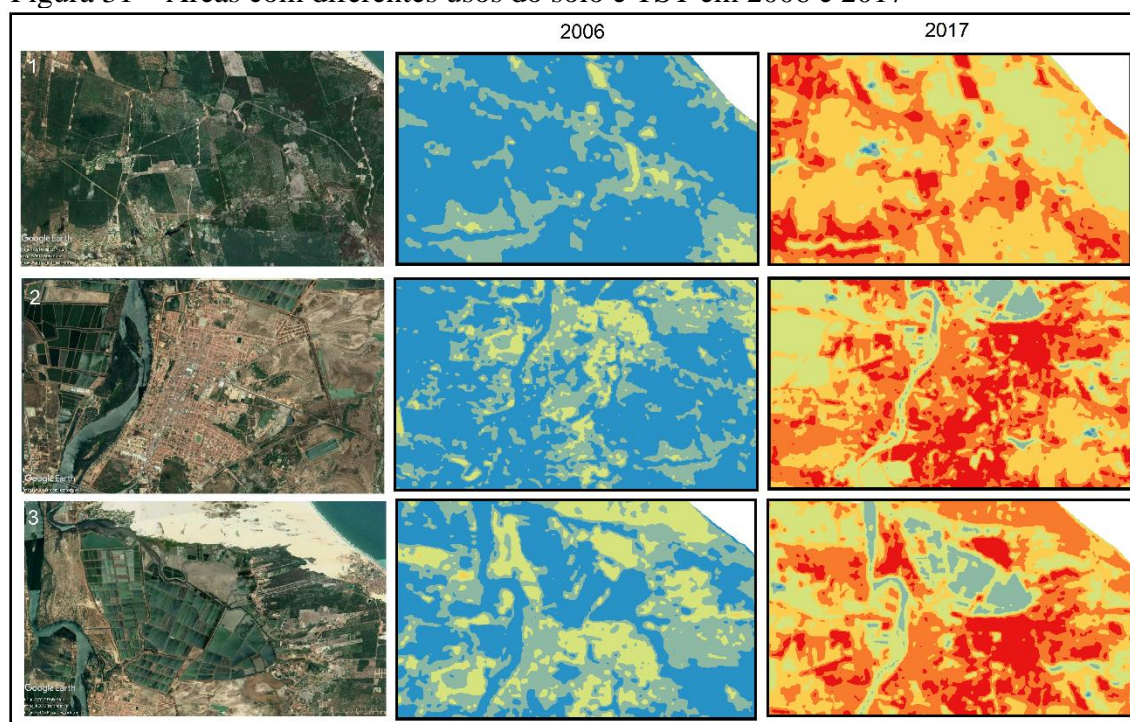
Em relação a distribuição mensal das chuvas observou-se a concentração destas no período de fevereiro a junho em 2006, sem ocorrências de pluviometria no mês referente a coleta da imagem orbital, considerou-se, também, o fato de que no mês anterior, julho, não houve registros de chuvas, diferentemente do que se observou no ano de 2017, com acumulado de 45,6 mm. Entretanto, quando se analisou o acumulado dos meses que antecedeu a data de coleta da imagem, notou-se que 2006, teve maior acumulado, cerca de 984,3 mm. Em 2017, o total de chuvas no período de janeiro a julho foi de 596,7 mm.

Com base nisto, verificou-se a partir das cartas termiais que as temperaturas máximas e mínimas sofreram alterações interanuais significativas, com destaque para a expansão das temperaturas superiores aos 32°C, sabe-se que parte destas variações advém das condições climáticas observadas durante o ano. Entretanto, o tipo de uso estabelecido à paisagem foi crucial na determinação do padrão de TST visualizado (Figura 31).

Neste sentido, verificou-se que a atividade agrícola, a carcinicultura, poços de petróleo, atividade eólica e ocupação urbana, se constituíram nos principais elementos definidores desta variação. Convém destacar que a carcinicultura não definiu temperaturas

máximas, haja vista, que esta atividade se utiliza da água, componente que apresenta baixo calor, ao contrário os locais de ocorrência destas atividades apresentaram TST mais baixas que seu entorno. Por outro lado, as demais atividades definiram temperaturas mais elevadas, a depender do tipo de uso e extensão territorial.

Figura 31 – Áreas com diferentes usos do solo e TST em 2006 e 2017

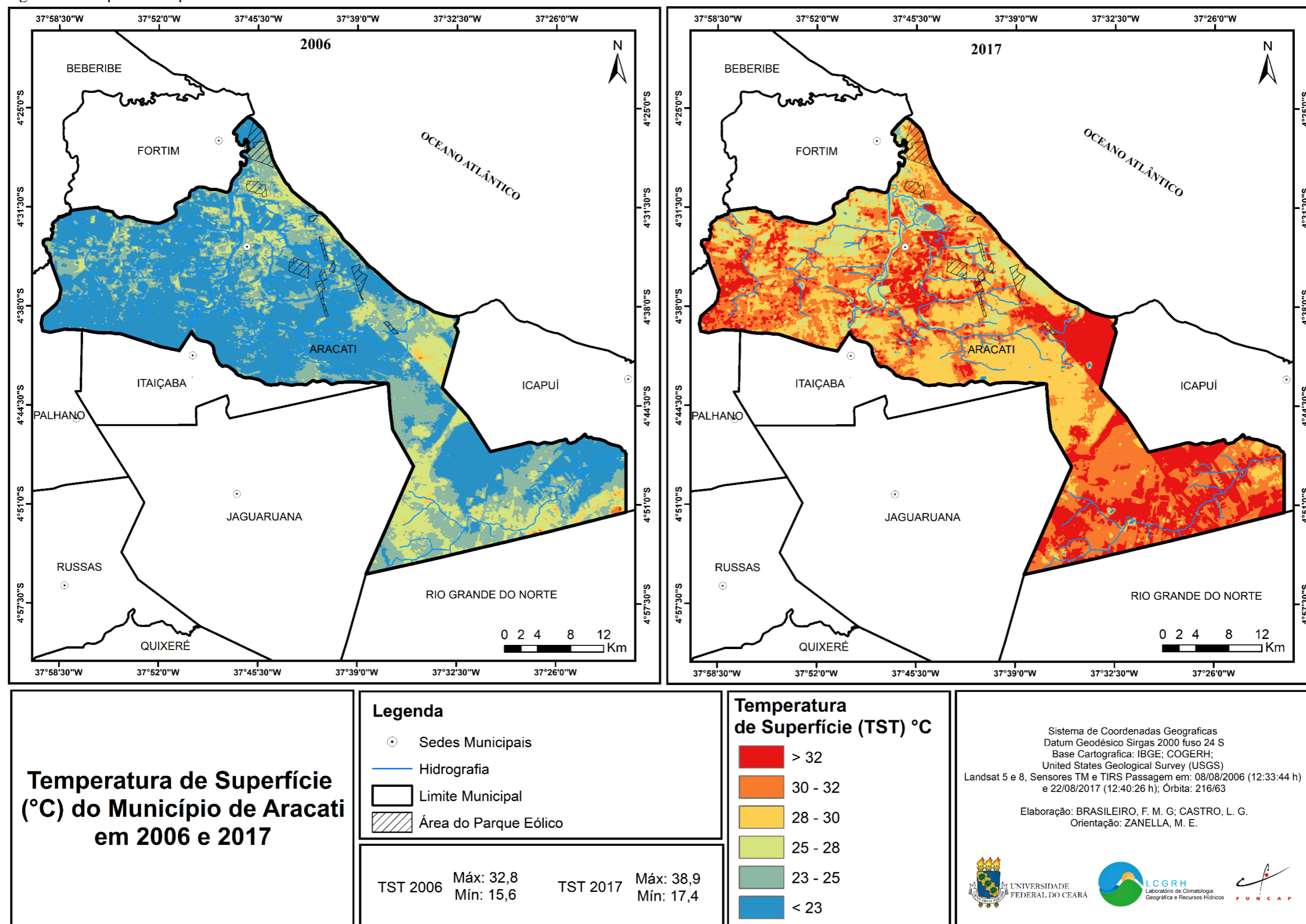


Fonte: Imagens Google Earth. Elaborado pela autora. Cartograma com imagens orbitais de diferentes usos do solo. Área 1: relativa à localização do parque eólico e vegetação; Área 2: correspondente ao centro urbano; E área 3: localização da prática da carcinicultura no município.

Para o ano de 2006 (Figura 32), ano anterior à instalação dos parques, as temperaturas variaram entre 15,6 °C e 32,8 °C, configurando uma amplitude térmica de 17,2 °C. As temperaturas elevadas localizaram-se nas regiões oeste, sudoeste e sudeste, estando associadas às fazendas de produção agrícola.

As temperaturas superficiais em 2006 apresentaram valores inferiores a 23°C, estas foram visualizadas em 55% da área do município, o que representou 671,258 m<sup>2</sup>. Esta distribuição da TST revelou uma grande diferenciação em relação ao ano de 2017, onde se observou temperaturas mais elevadas para todo o território municipal. Notou-se que as temperaturas para 2006 se concentrou em valores inferiores a 29°C, fazendo com que as temperaturas superiores a 30°C, estivessem presentes em apenas 1,3 m<sup>2</sup> da área municipal. O extremo superior relacionado a altas temperaturas, > 32, apresentou significância em apenas 0,01% da área total.

Figura 32 - Mapa de Temperatura de Aracati no Ano de 2006 e 2017



Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 12 – Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2006 e 2017 em Aracati

Classes de TST (°C)	2006		2017	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
< 23	671.258.700	55%	1.082.700	0,1%
23 - 25	361.173.600	29%	11.903.400	1%
25 - 28	182.654.100	15%	103.988.700	8%
28 - 30	11.355.300	1%	360.941.400	29%
30 - 32	1.277.100	0,1%	445.770.900	36%
> 32	82.800	0,01%	304.114.500	25%
<b>TOTAL</b>	1.227.801.600	100%	1.227.801.600	100%

Fonte: Elaborado pela autora.

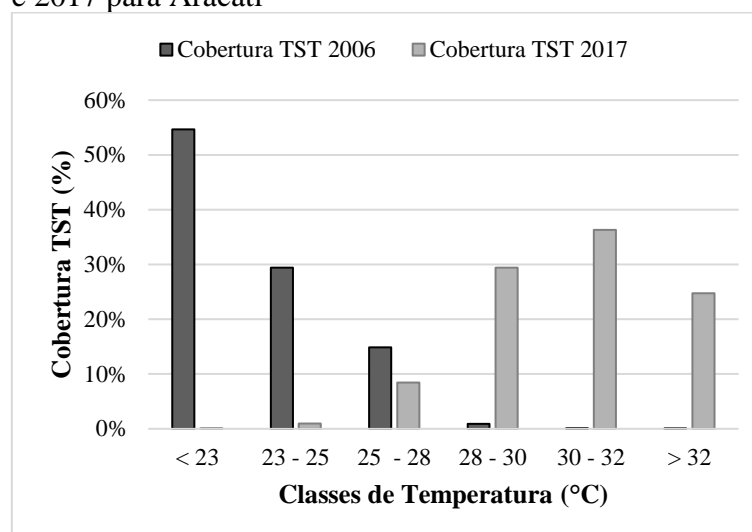
Na carta termal do ano de 2017 (Figura 32), observou-se o aumento das temperaturas mínimas e máximas, com valores que variaram, respectivamente, entre 17,4°C e 39,9°C. Notou-se que as variações climáticas interanuais e as modificações no uso do solo foram os principais responsáveis pelas alterações na temperatura de superfície. O município de Aracati é um município litorâneo que apresenta um dinamismo de atividades socioeconômicas, relacionadas ao setor turístico, que contribuem para o estabelecimento de novos usos do solo, associados a estes, os parques eólicos favorecem alterações significativas no uso, a partir de sua permanência na paisagem e atração de investimentos em outros setores da economia.

Para 2017, observou-se uma relação inversa, quando comparado com o ano de 2006, com destaque para as temperaturas superficiais superiores aos 30°C. Estas, estão presentes em 90% da área do município, as demais classes apresentaram pequena significância, principalmente, os valores menores que 23°C, que em 2006 denotou grande destaque.

A diferenciação entre as cartas termais pode ser visualizada no gráfico 8, onde notou-se claramente a relação inversa existente entre as temperaturas de superfície nos dois anos analisados. Em 2006 prevaleceu as baixas temperaturas, sobretudo as inferiores aos 23°C e em 2017 nota-se a significância das classes superiores a 28°C, com destaque para as temperaturas englobadas na classe de 30°C a 32°C.

Em relação ao NDVI, nota-se uma realidade espacial semelhante a observada nos demais municípios pesquisados, onde nos últimos anos houve a supressão da vegetação em favor do desenvolvimento econômico e estrutural da cidade (Figura 33), haja vista que a paisagem litorânea é constantemente modificada para o estabelecimento de equipamentos que corroboraram a prática do turismo, expansão dos limites urbanos e atividades econômicas diversas.

Gráfico 8 – Comparativo entre os valores de TST entre 2006 e 2017 para Aracati



Fonte: Elaborado pela autora.

No ano de 2006, constatou-se um alto vigor da vegetação, com valores que alcançaram os 0,70. A classe mais representativa relativa aos valores superiores a 0,44, teve uma espacialização de 525,749 m<sup>2</sup>, o que denotou uma cobertura espacial de 43%. As áreas relativas a baixo potencial de vegetação, representada pela classe <-0,09, apresentaram uma área de 20,7 47m<sup>2</sup>, cerca de 2% de cobertura territorial.

Tabela 13 – Cobertura dos valores de NDVI no ano de 2006 e 2017 em Aracati

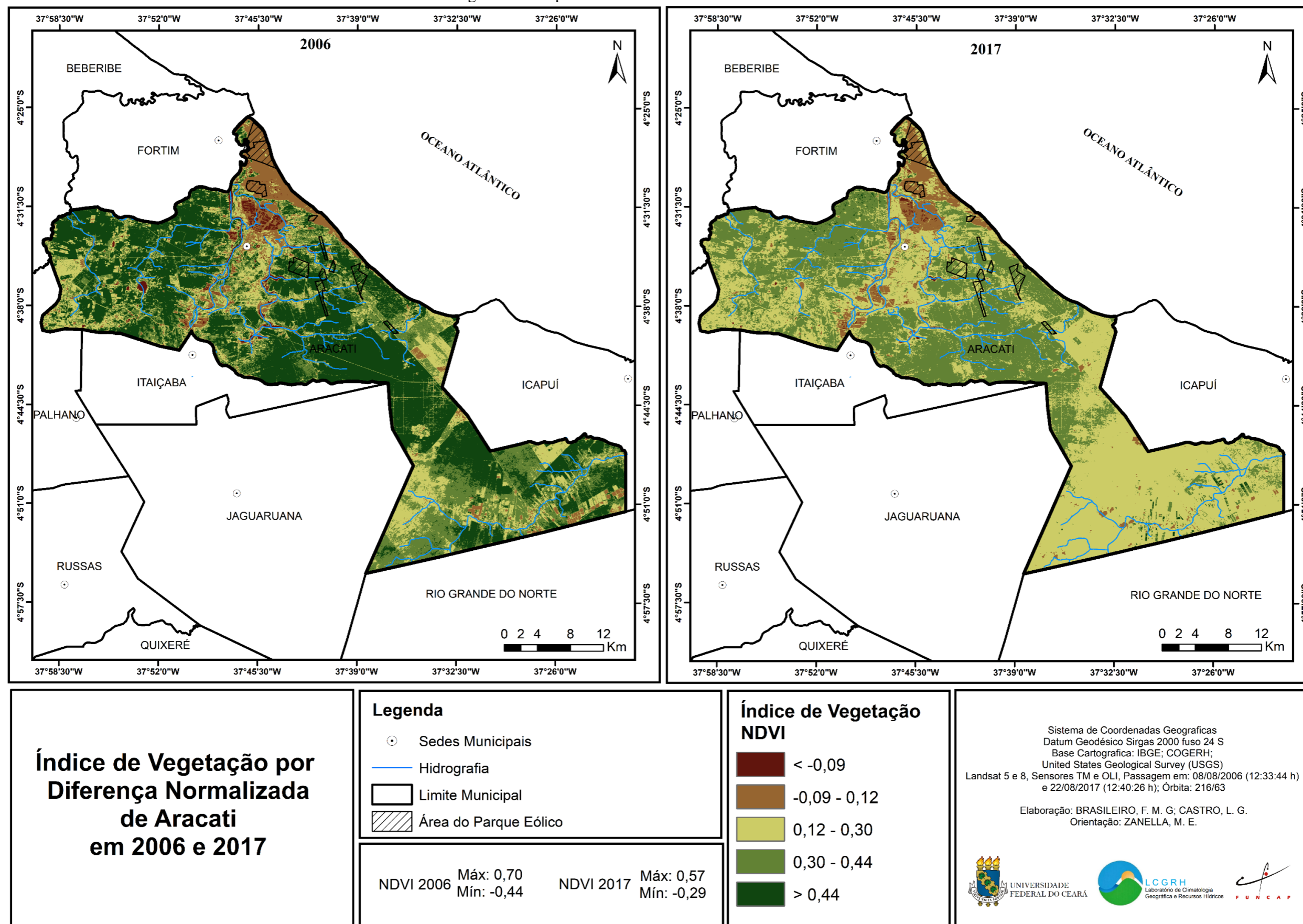
Classes de NDVI	2006		2017	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
< -0,09	20.747.700	2%	4.142.700	0,3%
-0,09 - 0,12	99.440.100	8%	82.818.000	7%
0,12 - 0,30	244.573.200	20%	664.683.300	54%
0,30 - 0,44	33.7291.200	27%	471.210.300	38%
> 0,44	525.749.400	43%	4947300	0,4%
<b>TOTAL</b>	<b>1.227.801.600</b>	<b>100%</b>	<b>1.227.801.600</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Já no ano de 2017, o vigor máximo de vegetação diminuiu para 0,57, o que demonstra alterações na cobertura vegetal. Destaca-se que as áreas com menos vegetação, com representação espacial de 0,3% e 7%, estão situadas sobre extensas fazendas de produção agrícola, localizadas nas regiões que fazem limites ao estado do Rio Grande do Norte. No limite com o município de Icapuí, verifica-se uma extensa área de produção agrícola que está diretamente associada a altas temperaturas.

Para o ano de 2017, a estatística mostrou que as áreas contidas na classe >0,44, regrediu para uma espacialização de 0,4%, notou-se que esta diminuição contribuiu para o

Figura 33 - Mapa de NDVI de Aracati no Ano de 2006 e 2017



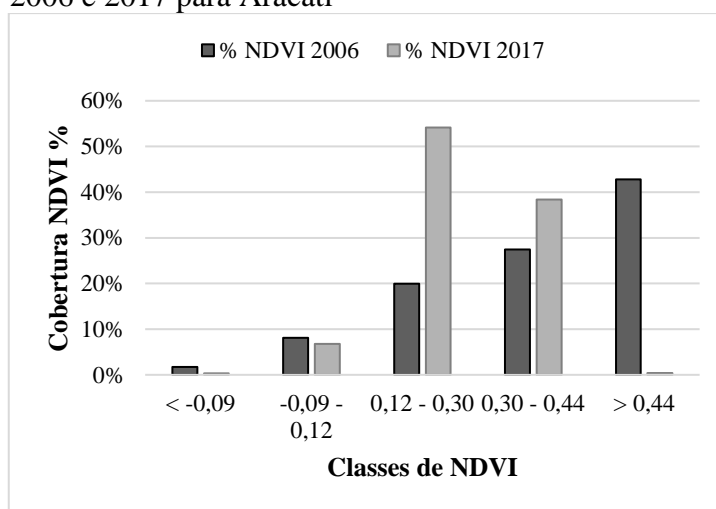
Fonte: Elaborado pela autora.



aumento da classe de vegetação intermediária, que neste ano apresentou 54% de cobertura espacial.

No gráfico 9 observa-se a distribuição dos dados de NDVI entre os dois anos analisados. Nota-se que a distribuição das classes sugere que o NDVI no ano de 2017 obteve uma baixa redução das classes relativas ao solo exposto e aumento dos valores das classes intermediárias, haja vista que a classe de maior predominância da vegetação apresentou baixa significância, cerca de 0,4%.

Gráfico 9 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2006 e 2017 para Aracati



Fonte: Elaborado pela autora.

Correlacionando os dados obtidos com os tipos de uso, notou-se que no centro urbano e nos demais aglomerados, a vegetação regrediu, o que implica dizer que houve uma expansão destes espaços, justificados pelo avanço da atividade turística e demais atividades econômicas. O desenvolvimento da carcinicultura no estuário do Rio Jaguaribe teve amplo desenvolvimento na série histórica analisada, essa atividade não está associada a altas temperaturas.

Na porção do município que faz divisa com Icapuí e Jaguaruana, visualizam-se os poços de petróleo, os mesmos já se encontram em fase final de produção, onde os órgãos responsáveis vislumbram a finalização da exploração petroleira na área. Estes poços apresentam um delineado significativo na paisagem, definindo as classes de vegetação e temperatura localmente.

No que concerne aos parques eólicos, observa-se em suas localizações altas temperaturas, principalmente, nas regiões em que houve a retirada da vegetação para alocação dos aerogeradores e construção de vias de acesso. Destaca-se neste município a contribuição

das áreas de solo exposto, advindos de áreas agrícolas, na determinação de temperaturas de superfícies mais elevadas.

As diferenciações nas temperaturas de superfície de Aracati foram as mais emblemáticas dentre as estudadas, haja vista, a remodelação significativa nas temperaturas encontradas em 2017. Para a área de ocorrência de parques eólicos, nota-se que em 2006 as temperaturas de superfície não ultrapassaram os 30°C, sendo, inclusive, as temperaturas inferiores a 23°C as que apresentaram maior significância espacial.

Em 2017 ocorreu o inverso do observado em 2006, onde as temperaturas inferiores aos 23°C apresentaram somente 0,03% de representatividade e ocuparam uma área de 63.900 m<sup>2</sup>, o que representa uma redução drástica destas temperaturas em relação ao ano anterior. No que concerne as temperaturas elevadas, observa-se em 2017 a significância dos valores superiores aos 30°C, valores estes que em 2006 não foram identificados na área dos parques eólicos. Contudo parte das modificações da temperatura encontradas para esta área resultam não somente da ação dos parques, tendo em vista, que estes têm um efeito mais local, suas modificações são observadas em microescala, associadas ao estabelecimento dos equipamentos correlatos na paisagem.

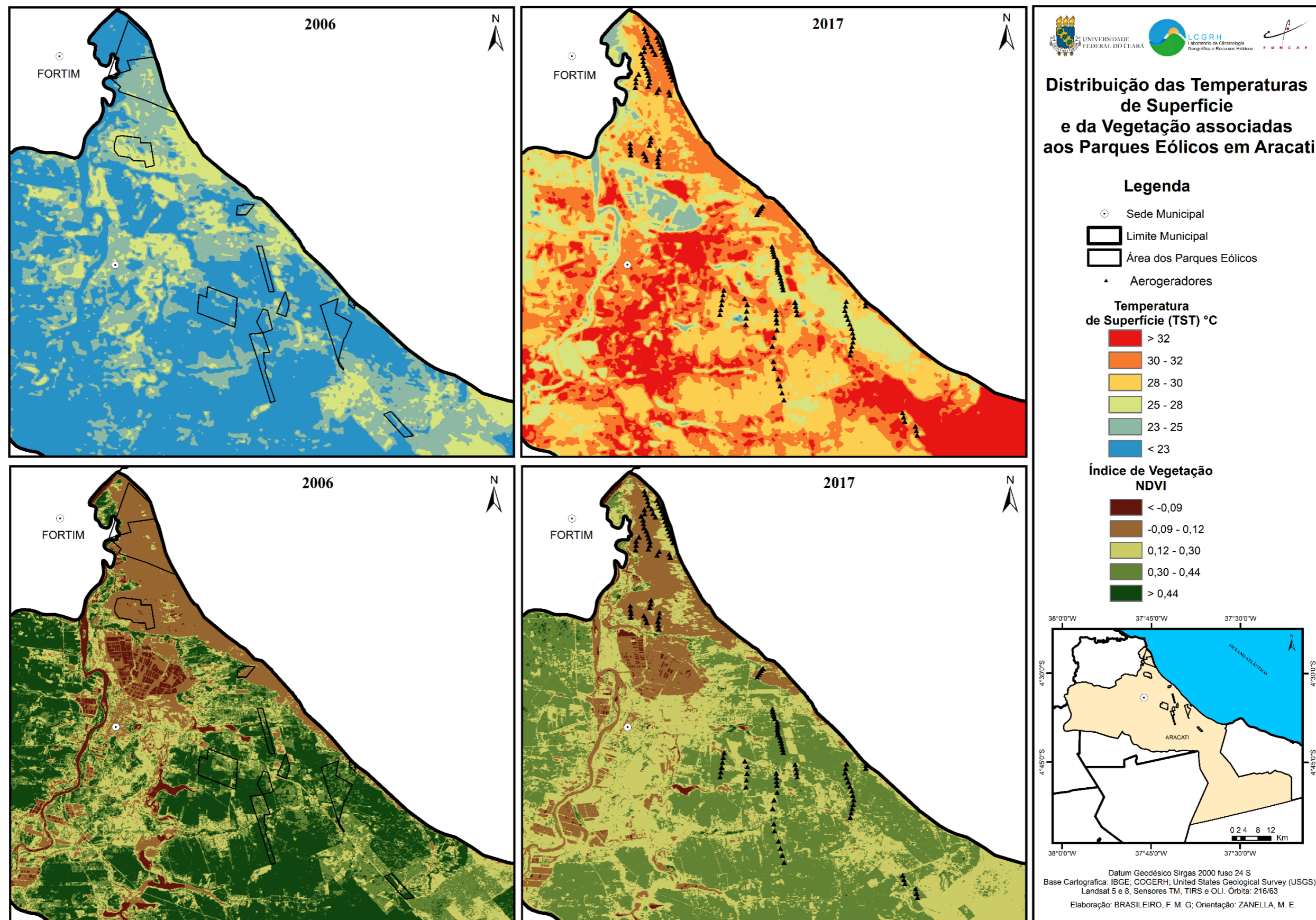
Tabela 14 – Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Aracati

TST (°C)	2006		2017	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< 23	89.588.700	47%	63.900	0,03%
23 - 25	71.329.500	37%	5.712.300	3%
25 - 28	29.395.800	15%	31.468.500	17%
28 - 30	111.600	0,1%	70.217.100	37%
30 - 32	0	0%	57.896.100	30%
> 32	0	0%	25.067.700	13%
<b>Área total recorte</b>	<b>190.425.600</b>	<b>100%</b>	<b>190.425.600</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Corroborando os dados de TST nota-se que o NDVI para o recorte estabelecido, sugere redução da área vegetada, como representado na classe > 0,44, que em 2006 apresentou uma percentagem de área coberta de 32%, e em 2017 esta reduziu-se para 0,3%. Esta redução se justifica na expansão das classes intermediárias relacionadas a baixa cobertura vegetal em 2017. A título de exemplo observa-se o intervalo de classes entre 0,12 - 0,44, que obteve entre o período analisado uma variação positiva significativa, onde em 2006 tiveram juntas uma cobertura espacial de 39% e para o período posterior observou-se uma representatividade de 78% de área ocupada por tais intervalos, isto denota redução da vegetação de grande porte no território do município de Aracati.

Figura 34 - Mapa em detalhe da TST e NDVI na área dos Parques Eólicos em Aracati



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 15 – Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Aracati

Classes NDVI	2006		2017	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< -0,09	4.672.800	2%	1.341.900	1%
-0,09 - 0,12	50.050.800	26%	40.722.300	21%
0,12 - 0,30	27.365.400	14%	67.820.400	36%
0,30 - 0,44	47.149.200	25%	79.979.400	42%
> 0,44	61.187.400	32%	561.600	0,3%
<b>Área total recorte</b>	<b>190.425.600</b>	<b>100%</b>	<b>190.425.600</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

De base destes dados observa-se variações significativas na temperatura de superfície e na cobertura vegetal para a área total do município. No que concerne a área de influência dos parques eólicos nota-se maior variação dos dados de TST, embora a vegetação apresente significativas mudanças entre os dois anos analisados. Em relação ao padrão de TST atual, nota-se uma homogeneidade nos dados dos diferentes parques, com exceção dos que apresentam maior distribuição espacial (Quadro 16).

Quadro 16 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Aracati

Parque eólico	TST °C anterior	TST °C atual	Variação média °C
PE 1	23°C-25°C	28°C-30°C	5°C
PE 4	<23°C	28°C-30°C/30°C-32°C	6°C /8°C
PE 6	<23°C	28°C-30°C	6°C /8°C
PE 3	23°C-25°C	28°C-30°C/30°C-32°C	5°C /7°C
PE 2	25°C-28°C	28°C-30°C	2°C
PE5	<23°C/25°C-28°C	28°C-30°C/30°C-32°C	6°C /4°C

Fonte Elaborado pela autora.

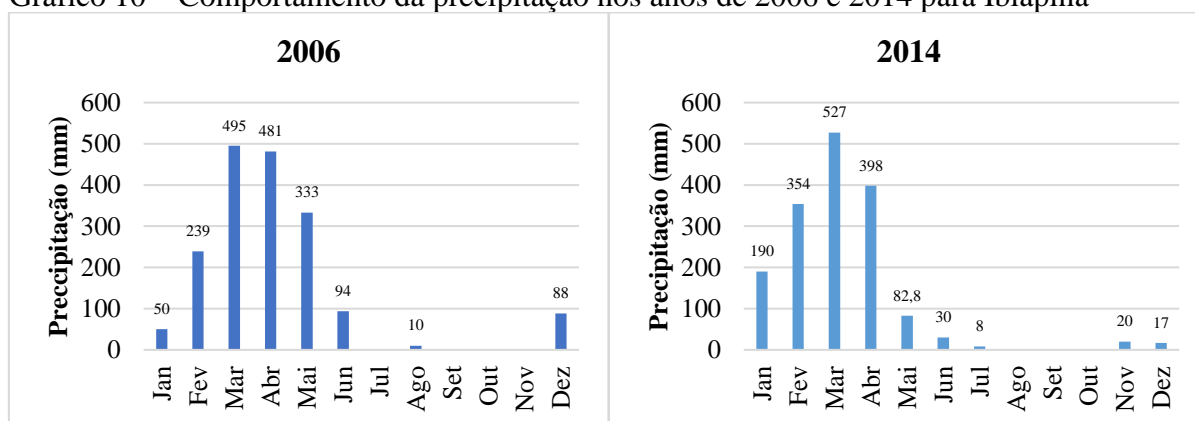
#### 4.4 Comportamento das variáveis climáticas no município de Ibiapina/CE

Com o processamento das imagens dos anos de 2006 e 2014, gerou-se cartas termais que expressaram a espacialização da temperatura ao longo do município de Ibiapina, demonstrando os padrões de distribuição dos dados, assim como, a relação com a localização do parque eólico e as implicações na determinação de temperaturas. É importante considerar que os anos analisados apresentaram condições climáticas diferenciadas, sendo que em 2006 registrou-se 1790 mm. Em 2014, o volume pluviométrico foi de 1626,8 (FUNCEME, 2017; IPECE, 2017).

Para os valores relativos ao mês de outubro, mês de referência das cartas termais, observou-se um padrão visualizado em boa parte dos municípios analisados, com a inexistência de registros de pluviometria. As chuvas em Ibiapina são concentradas na pré-estação (dezembro e janeiro) e estação chuvosa (fevereiro a maio), no entanto podem ocorrer

no pós-estação, especialmente nos meses de junho e julho, e, são essenciais para o contexto climático municipal (FUNCEME, 2017; ZANELLA, 2013, 2014). Com base nisto, concluiu-se que parte das variações encontradas nas cartas termais e NDVI são respostas, também, das condições climáticas observadas. Convém delinear que o município se situa sobre duas unidades ambientais que lhe confere respostas diferenciadas ao clima, assim, ao leste sofre influência direta da chapada da Ibiapaba e a oeste, a sotavento desta, os patamares do rio Parnaíba.

Gráfico 10 – Comportamento da precipitação nos anos de 2006 e 2014 para Ibiapina



Fonte: Elaborado pela autora.

Deste modo, na carta termal de 2006, observou-se que os valores de temperatura variaram de 16,5°C a 32°C, correspondendo a uma amplitude térmica de 15,5°C. Dentre as classes predominantes, as baixas temperaturas tinham maior significância na porção leste do município e as altas temperaturas estavam espacializadas nos distritos de São Joao da Pindoba, Alto Lindo, Betânia e no limite com o município de Mucambo.

Evidenciou-se variações significativas no padrão de distribuição das temperaturas entre os dois anos analisados, onde na carta termal de 2006, verificou-se o predomínio das classes inferiores a 25°C e valores que oscilaram entre 25°C a 27°C, correspondendo a 35% e 39% da cobertura de TST, respectivamente. Isto implicou em uma diferenciação considerável de temperaturas de superfície, tendo em vista, que na carta de TST de 2014, as temperaturas se elevaram consideravelmente. As temperaturas acima de 30°C, apresentaram pouca significância na cobertura espacial, entretanto ao analisar a distribuição dos valores na carta termal notou-se que estas se restringem as regiões que posteriormente apresentaram temperaturas muito elevadas, a saber, no distrito de São João da Pindoba, na divisa com estado do Piauí, na porção central do município, limite com Ubajara e São Benedito, e no extremo leste, no limite com o município de Mucambo.

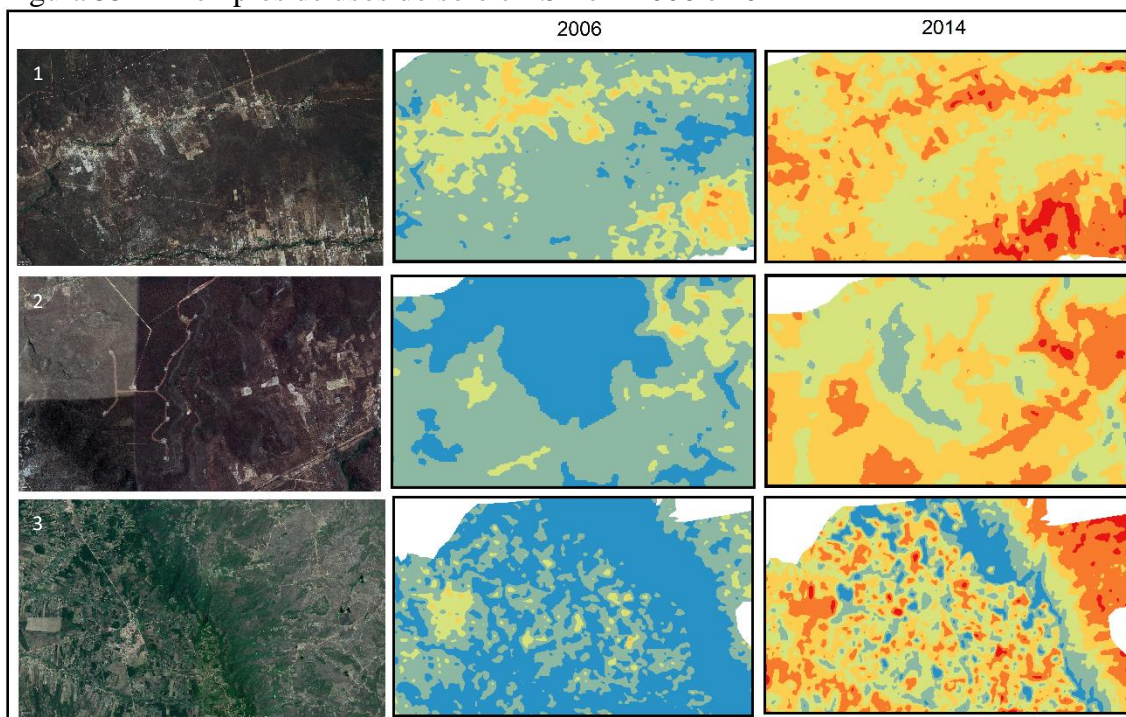
Tabela 16 – Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2006 e 2014 em Ibiapina

Classes TST (°C)	2006		2014	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
< 25	145.515.600	35%	10.448.100	3%
25 - 27	163.692.000	39%	25.917.300	6%
27 - 29	72.908.100	18%	108.544.500	26%
29 - 31	31.277.700	8%	115.863.300	28%
31 - 33	1.697.400	0,4%	99.536.400	24%
> 33	44.100	0,01%	54.825.300	13%
<b>TOTAL</b>	<b>415.134.900</b>	<b>100%</b>	<b>415.134.900</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

No ano de 2014 (com amplitude térmica de 17,3°C) verificou-se um aumento exponencial nas temperaturas máximas e mínimas e a expansão das áreas com temperaturas elevadas, estando identificadas com os principais usos, tais como: área ocupada, solo exposto, vegetação de baixo porte, construção de vias e espacialização de materiais com diferentes respostas à absorção da radiação (Figura 35). Notou-se que algumas áreas se destacam na determinação de temperaturas elevadas, como nas porções leste e oeste do município, assim como foi observado na carta de 2006.

Figura 35 – Exemplos de usos do solo e TST em 2006 e 2014

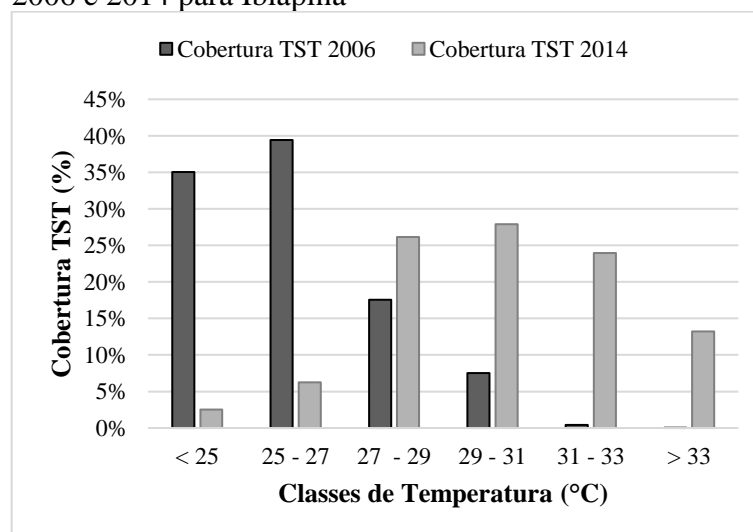


Fonte: Imagens Google Earth. Elaborado pela autora. Cartograma com imagens orbitais de diferentes usos do solo. Área 1: relativa à solo exposto, ocupação urbana e vias de acesso; Área 2: correspondente ao parque eólico e estruturas correlatas; E área 3: localização da área de maior vegetação associada a chapada da Ibiapaba.

Verificou-se que em 2014 diversas áreas assumem temperaturas que ultrapassam os 30°C, especialmente na região do distrito de Santo Antônio da Pindoba, na divisa com o estado do Piauí, estas são ocasionadas por extensas áreas com menor presença de vegetação e áreas de expansão agrícola. O distrito de Ibiapina, localizado na divisa com o município de Mucambo, também apresenta a mesma característica. A área com menor temperatura está restrita a área da Chapada da Ibiapaba, com temperaturas de 21,1°C a 25°C, notou-se que estas, estavam presentes em apenas 3% do território municipal. As áreas de plantio de culturas sobressaíram neste período com altas temperaturas, evidenciando o solo exposto após o período de colheita da plantação. Em comparação com o ano de 2006, houve um aumento das temperaturas máximas e mínimas e a expansão espacial das áreas com temperaturas elevadas, onde cerca de 65% da área do município apresentou temperaturas superiores aos 30°C, diferentemente do que se observou no ano de 2006 que apresentou somente 8,5% de áreas recobertas por tais temperaturas.

As diferenciações entre as duas cartas termais podem ser visualizadas no gráfico 11, onde notou-se a predominância de baixas temperaturas no ano de 2006, com destaque para a classe que varia entre 25°C e 27°C. No que concerne as temperaturas de maiores valores, a predominância pode ser visualizada no ano de 2014, o que denota afirmar elevação da temperatura de superfície.

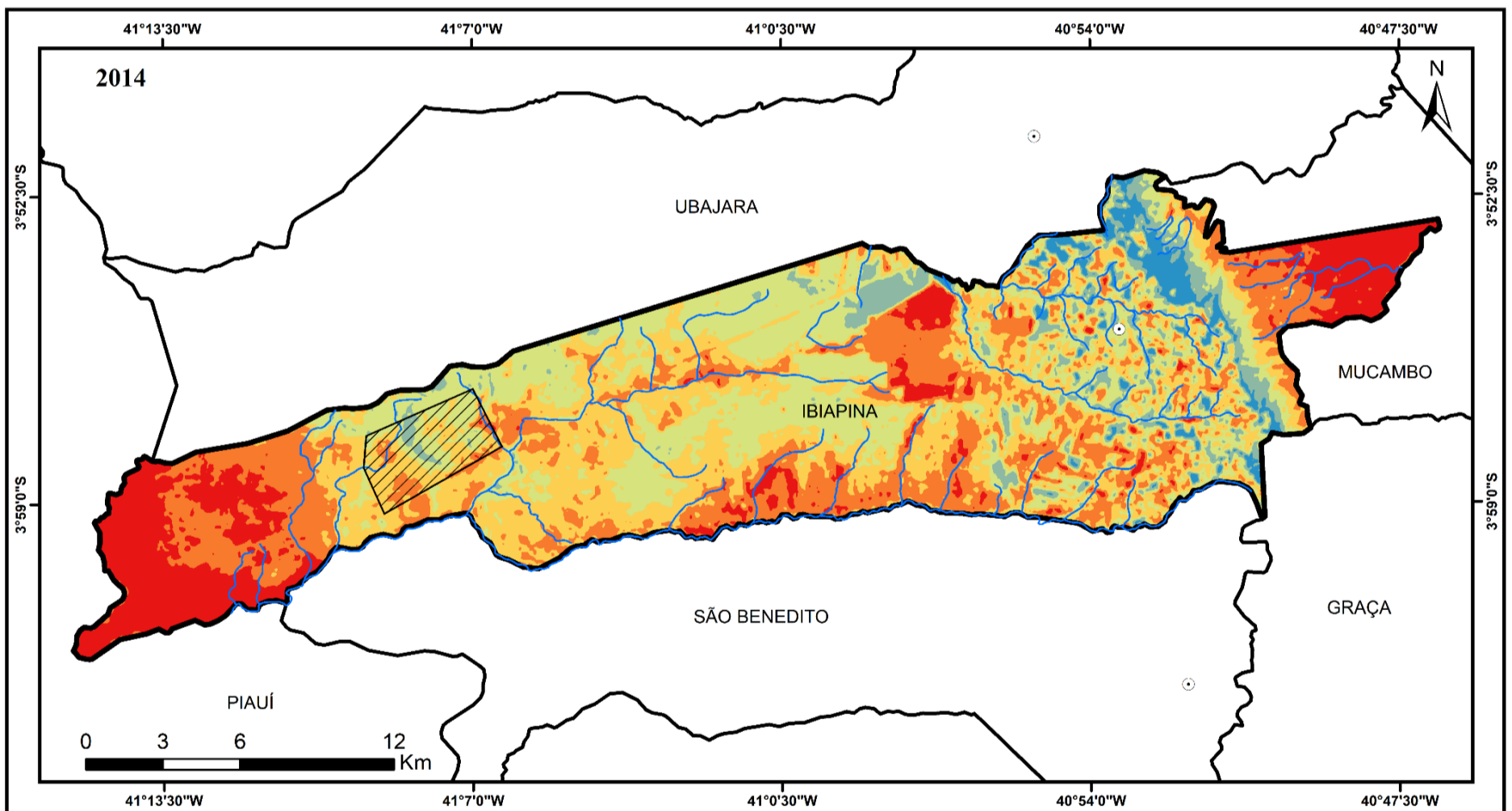
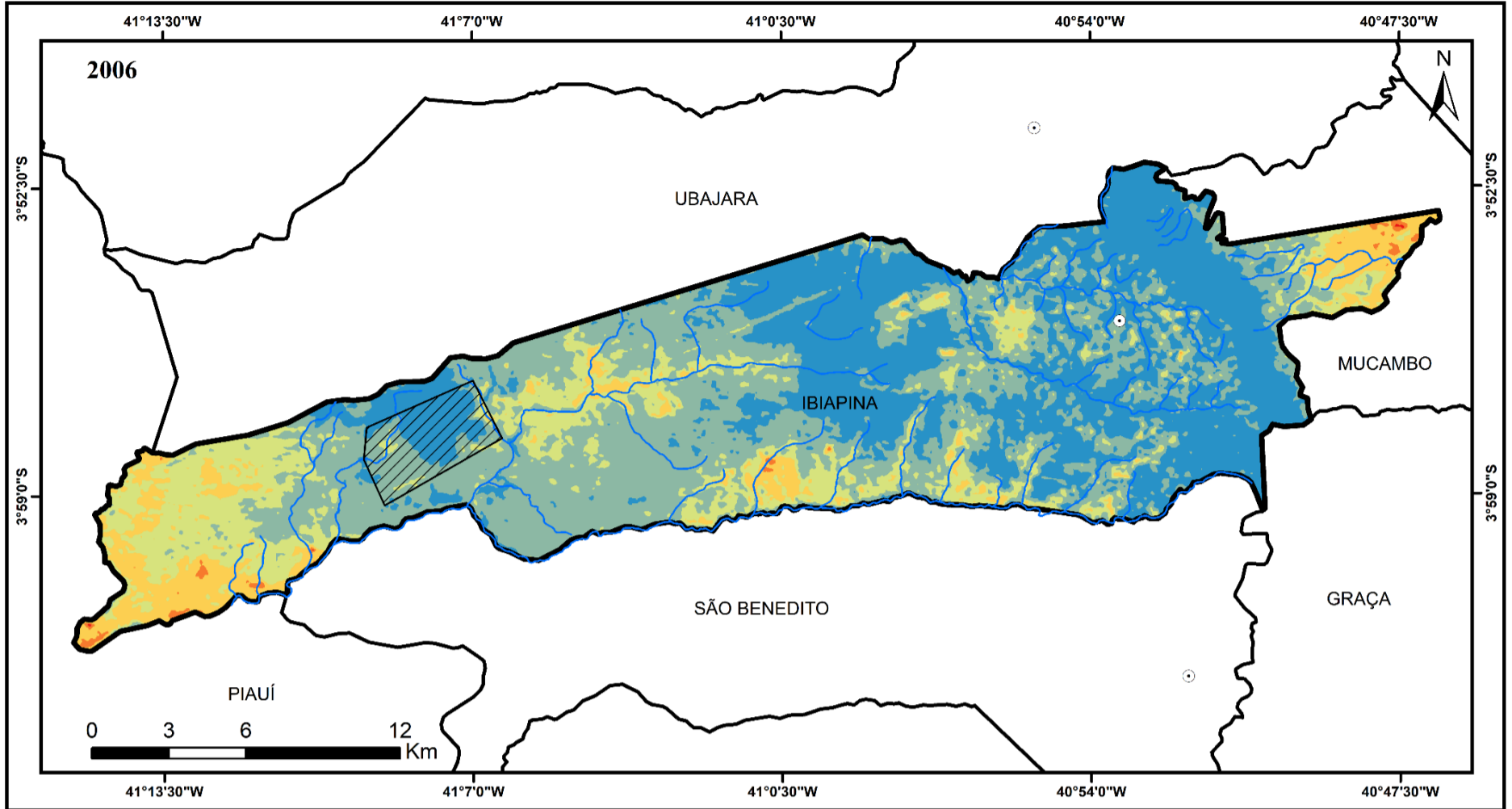
Gráfico 11 – Comparativo entre os valores de TST entre 2006 e 2014 para Ibiapina






Fonte: Elaborado pela autora

O NDVI justificou as informações obtidas nas cartas termais analisadas, onde se verificou a expansão das áreas sem cobertura vegetal, encontradas principalmente nas regiões

Figura 36 - Mapa de Temperatura de Ibiapina no Ano de 2006 e 2014



<p><b>Temperatura de Superfície (°C) do Município de Ibiapina em 2006 e 2014</b></p>		<p><b>Temperatura de Superfície (TST) °C</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> &gt; 33</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> 31 - 33</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> 29 - 31</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span> 27 - 29</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightblue; border: 1px solid black;"></span> 25 - 27</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> &lt; 25</li> </ul>		<p>TST 2006 Máx: 32 Mín: 16,5</p> <p>TST 2014 Máx: 38,4 Mín: 21,1</p>	
<p><b>Legenda</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; border-radius: 50%;"></span> Sedes Municipais</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; border-bottom: 1px solid blue;"></span> Hidrografia</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black;"></span> Limite Municipal</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px);"></span> Área do Parque Eólico</li> </ul>		<p>Sistema de Coordenadas Geográficas Datum Geodésico Sirgas 2000 fuso 24 S Base Cartográfica: IBGE; COGERH; United States Geological Survey (USGS) Landsat 5 e 8, Sensores TM e TIRS Passagem em: 09/10/2006 (12:47:04 h) e 15/10/2014 (12:53:13 h); Órbita: 218/63</p> <p>Elaboração: BRASILEIRO, F. M. G. Orientação: ZANELLA, M. E.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>			

Fonte: Elaborado pela autora.



com predominância de vegetação de Caatinga caducifólia, que no período seco devido a adaptabilidade às condições climáticas de escassez de chuvas, perdem as folhas para sobreviverem à estiagem. Contudo, na região de maiores altitudes onde predomina uma condição climática diferenciada pela ação do relevo, a vegetação permanece com vigor durante todo o ano.

Relacionando com a TST observou-se que as áreas que apresentaram maiores temperaturas, são também as que tem a menor presença de cobertura vegetal, e neste aspecto, o parque também se insere. Após o cruzamento dos dados, verificou-se que a ausência de cobertura vegetal está associada a ocupação humana, solo exposto e vias de acesso.

Para o ano de 2006, identificou-se que a classe de “muito baixo” potencial de existência de vegetação apresentou 15% da área coberta. A maior contribuição para o índice NDVI foi a classe de baixo potencial de vegetação, representado pela classe 0,17 a 0,21, com a predominância de 54% de área. Convém salientar que o NDVI apresenta as características da clorofila existente nas plantas, tendo, portanto, para o município de Ibiapina, dificuldades de reconhecer a vegetação de caatinga existente na porção central e oeste do município, de base disto, utilizou-se de outras imagens orbitais, afim de suprir as carências do índice na análise da cobertura vegetal. No tocante a classe de alto vigor observou-se uma espacialização de 9% sobre o território municipal, sendo associada a área de influência da chapada da Ibiapaba.

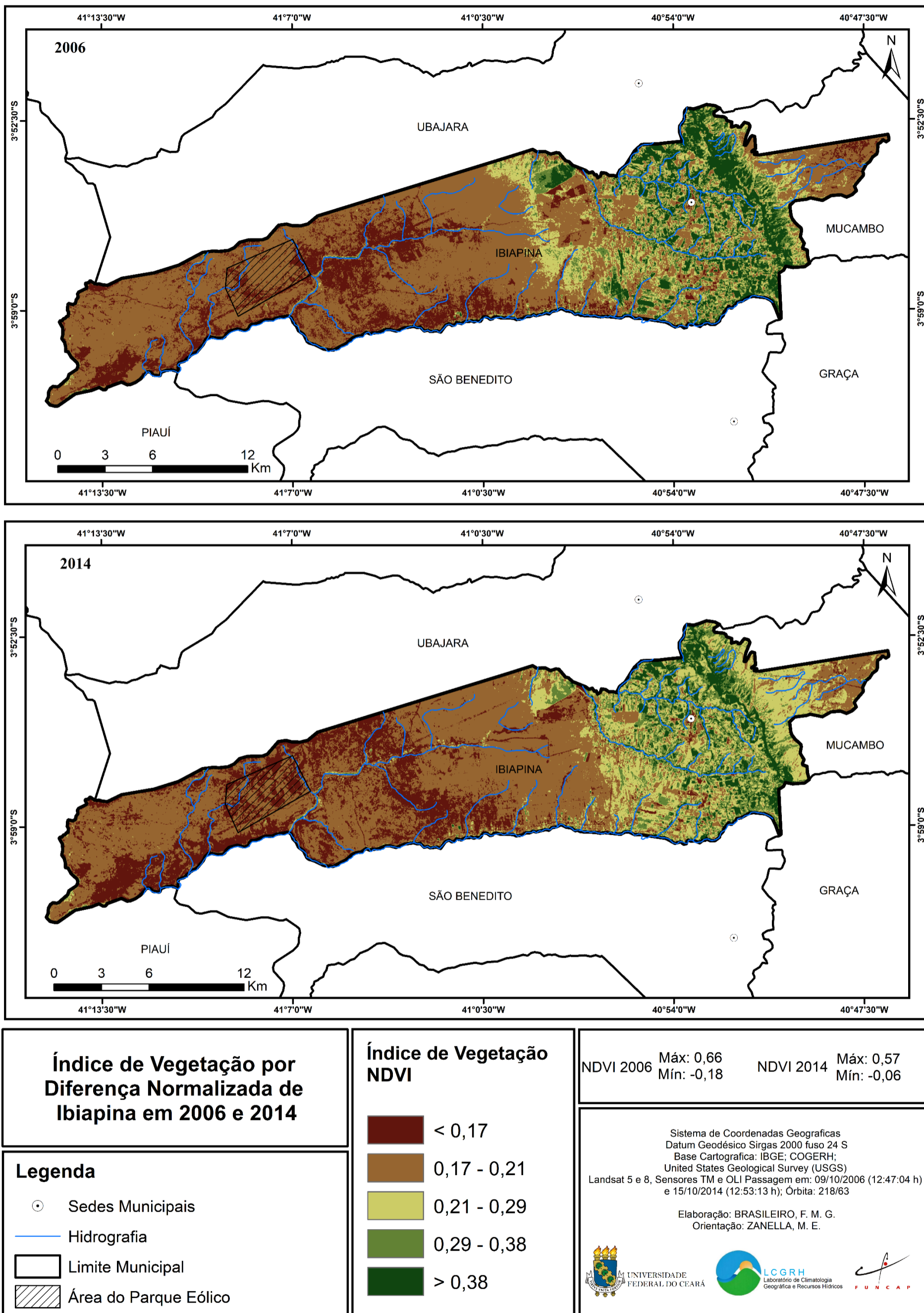
Para 2014, observou-se a expansão da classe “muito baixo” potencial de existência de vegetação e regressão da classe “baixo” potencial. No que concerne a classe de “alto” potencial notou-se a diminuição de 3,6% de cobertura entre o período analisado. Como esta classe estava relacionada somente ao distrito sede, região da chapada, constatou-se a regressão da vegetação nestas áreas favorecendo o padrão de temperaturas elevadas que se visualizou no ano de 2014.

Tabela 17 – Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2006 e 2014 em Ibiapina

Classes de NDVI	2006		2014	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
< 0,17	64.232.100	15%	80.183.700	19,3%
0,17 - 0,21	222.876.000	54%	200.422.800	48%
0,21 - 0,29	52.122.600	13%	71.092.800	17%
0,29 - 0,38	37.778.400	9%	41.126.400	10%
> 0,38	38.125.800	9%	22.309.200	5,4%
<b>TOTAL</b>	415.134.900	100%	415.134.900	100%

Fonte: Elaborado pela autora.

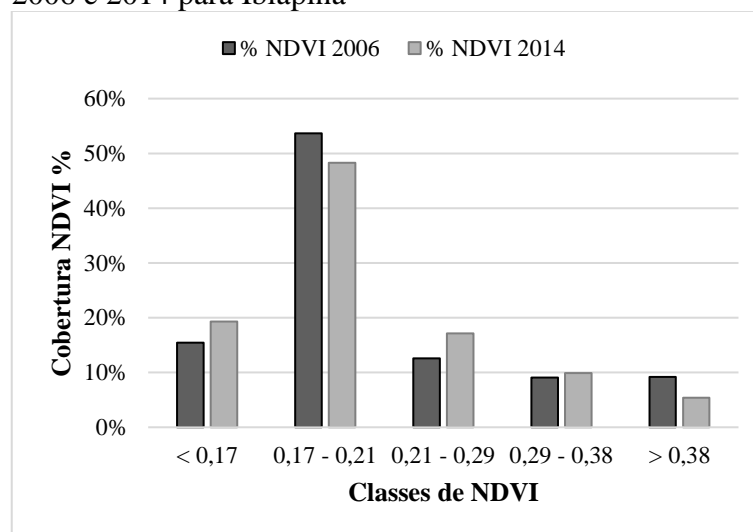
Figura 37 - Mapa de NDVI de Ibiapina no Ano de 2006 e 2014



Fonte: Elaborado pela autora

Comparando os valores obtidos, mesmo havendo diferenciações entre a significância de cada classe na paisagem, observou-se a manutenção do padrão de distribuição, a exemplo da expressividade da classe 0,17- 0,21, nos dois anos. Notou-se, também, que a classe de valores menores que 0,17 se manteve com representatividade, com uma leve queda em 2014. No que concerne as classes de maior vigor da vegetação, estas apresentaram pequena espacialização, isto se deve ao fato da região apresentar uma extensa área, a barlavento da Cuesta da Ibiapaba, com ocorrência de vegetação de baixo porte, característica da Caatinga presente sobre o NEB.

Gráfico 12 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2006 e 2014 para Ibiapina

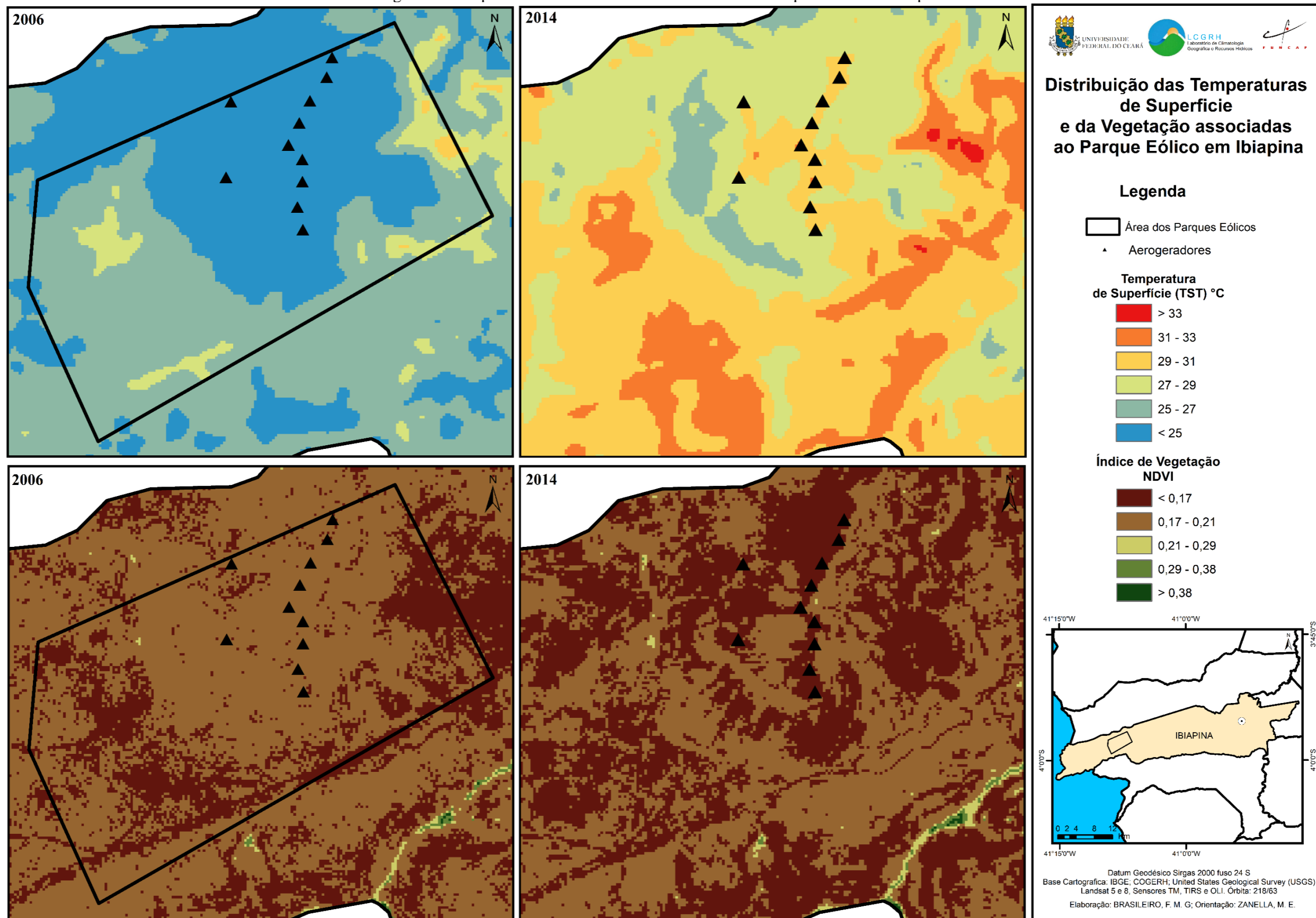


Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao parque eólico, a partir dos mapas foi possível identificar sua influência na determinação das temperaturas de superfície, com destaque para o aumento da TST na área de localização dos aerogeradores, com valores que destonam cerca de 2°C das áreas adjacentes. Neste sentido, convém entender que a ação do parque eólico na definição de temperaturas de superfície poderá também influenciar nas condições climáticas locais, tendo em vista, que o aumento na temperatura do solo poderá interferir na temperatura do ar, um dos componentes essenciais na definição de um microclima, tendo a capacidade de interferir nos demais elementos (LOMBARDO, 1985; MENDONÇA; DUBREUIL, 2005).

Em comparação com o ano de 2006, em 2014 observa-se aumento da temperatura local na área do parque eólico. Nota-se que a TST inferior a 25°C anteriormente ocupava 47% da área do recorte e após a construção do parque eólico, esta obteve uma diminuição para somente 7% da área total.

Figura 38 - Mapa em detalhe da TST e NDVI na área do Parque Eólico em Ibiapina



Fonte: Elaborado pela autora.

Comparando os dois anos, observa-se que a variação na área de estabelecimento do parque eólico, chega a 5°C em algumas áreas, principalmente nas que tem uma relação direta com os equipamentos dispostos na paisagem e estrutura correlata (Quadro 17).

Quadro 17 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Ibiapina

Parque eólico	TST °C anterior	TST atual	Varição média °C
PE 1	<25°C	29°C-31°C	5°C

Fonte: Elaborado pela autora.

Observando os dados estatísticos nota-se que a TST superior a 29°C em 2006 tinha pouca significância na área do parque, sendo o limiar máximo referente aos 31°C. Já em 2017 constata-se a significância das temperaturas superiores aos 29°C e a inserção de novas classes de temperaturas, a saber, a referente ao intervalo que varia entre 31°C e 33°C, delimitando, inclusive, a área referente ao parque eólico. Há que saber que dentre os municípios analisados, Ibiapina foi o que apresentou a maior significância na determinação de temperaturas de superfície relacionada ao parque eólico.

Tabela 18 – Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Ibiapina

TST (°C)	2006		2014	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< 25	6.689.700	47%	927.900	7%
25 - 27	6.466.500	46%	4.869.900	34%
27 - 29	920.700	7%	6.120.900	43%
29 - 31	69.300	0,5%	2.157.300	15%
31 - 33	0	0%	70.200	0,5%
> 33	0	0%	0	0%
<b>Área total recorte</b>	<b>14.146.200</b>	<b>100%</b>	<b>14.146.200</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora

Em relação ao NDVI, diferentemente do que se observa nas demais realidades, os dados são emblemáticos e corroboram com as análises tecidas no âmbito da TST, haja vista, que os dados sugerem aumento da área de solo exposto e inexistência de cobertura vegetal significativa. Destaca-se que mesmo considerando as variações climáticas interanuais que justificam a baixa cobertura vegetal, nota-se que localmente, relacionado aos aerogeradores e estruturas correlatas, uma extensa área se apresenta com solo exposto.

Tabela 19 – Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Ibiapina

Classes NDVI	2006		2017	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< 0,17	3.955.500	28%	6.966.900	49%
0,17 - 0,21	10.187.100	72%	7.166.700	51%
0,21 - 0,29	3.600	0,03%	12.600	0,1%
0,29 - 0,38	0	0%	0	0%

> 0,38	0	0%	0	0%
<b>Área total recorte</b>	14.146.200	100%	14.146.200	100%

Fonte: Elaborado pela autora.

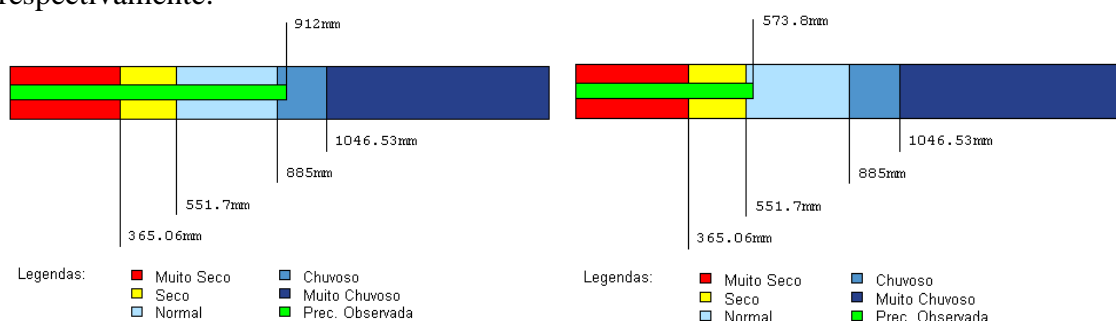
#### 4.5 Comportamento das variáveis climáticas no município de Areia Branca/RN

As análises do município de Areia Branca se pautaram nos anos de 2008 e 2017, assim como no município de Macau. Em relação ao comportamento dos dados climáticos, haja vista que os dados pontuais encontrados para o município tinham incoerências e déficits, optou-se por analisar os gráficos de acumulados de chuvas elaborados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) com base na técnica dos quantis e correlaciona-los com os dados pontuais, afim de entender como se comportou os dados de chuvas no período de análise.

Convém salientar que a pesquisa busca entender o comportamento das chuvas no recorte temporal analisado em detrimento dos demais elementos do clima devido ao entendimento de que as chuvas se constituem como o principal fator que pode interferir na distribuição dos dados orbitais do índice NDVI.

Deste modo, observa-se segundo a classificação elaborada pela EMPARN, que o ano de 2008 difere-se em termos climáticos do ano de 2017. Observou-se que para o ano de 2008 foram registrados acumulados de 912 mm, configurando um ano chuvoso. Para o ano de 2017, verifica-se uma redução considerável da pluviometria, onde foram registrados um acumulado de 573.8 mm, configurando um ano de distribuição normal, ou seja, dentro da média (Gráfico 13).

Gráfico 13 - Precipitação Acumulada em Areia Branca nos anos de 2008 e 2017, respectivamente.

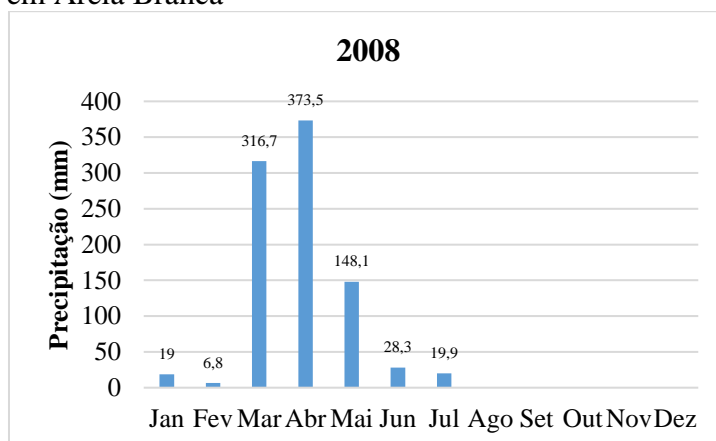


Fonte: EMPARN. Posto: Areia Branca, técnica aplicada: Quantis.

Quando se observa a distribuição das chuvas durante o ano de 2008, nota-se a concentração das precipitações nos meses de março, abril e maio, sendo o maior acumulado

observado no mês de abril. Para o mês de agosto referente a data de coleta da imagem orbital, não se verifica eventos pluviométricos. Entretanto, nos meses anteriores junho e julho, se observa volumes de chuvas consideráveis com 28,3mm e 19,9 mm, respectivamente (Gráfico 14).

Gráfico 14 – Distribuição da precipitação no ano de 2008 em Areia Branca

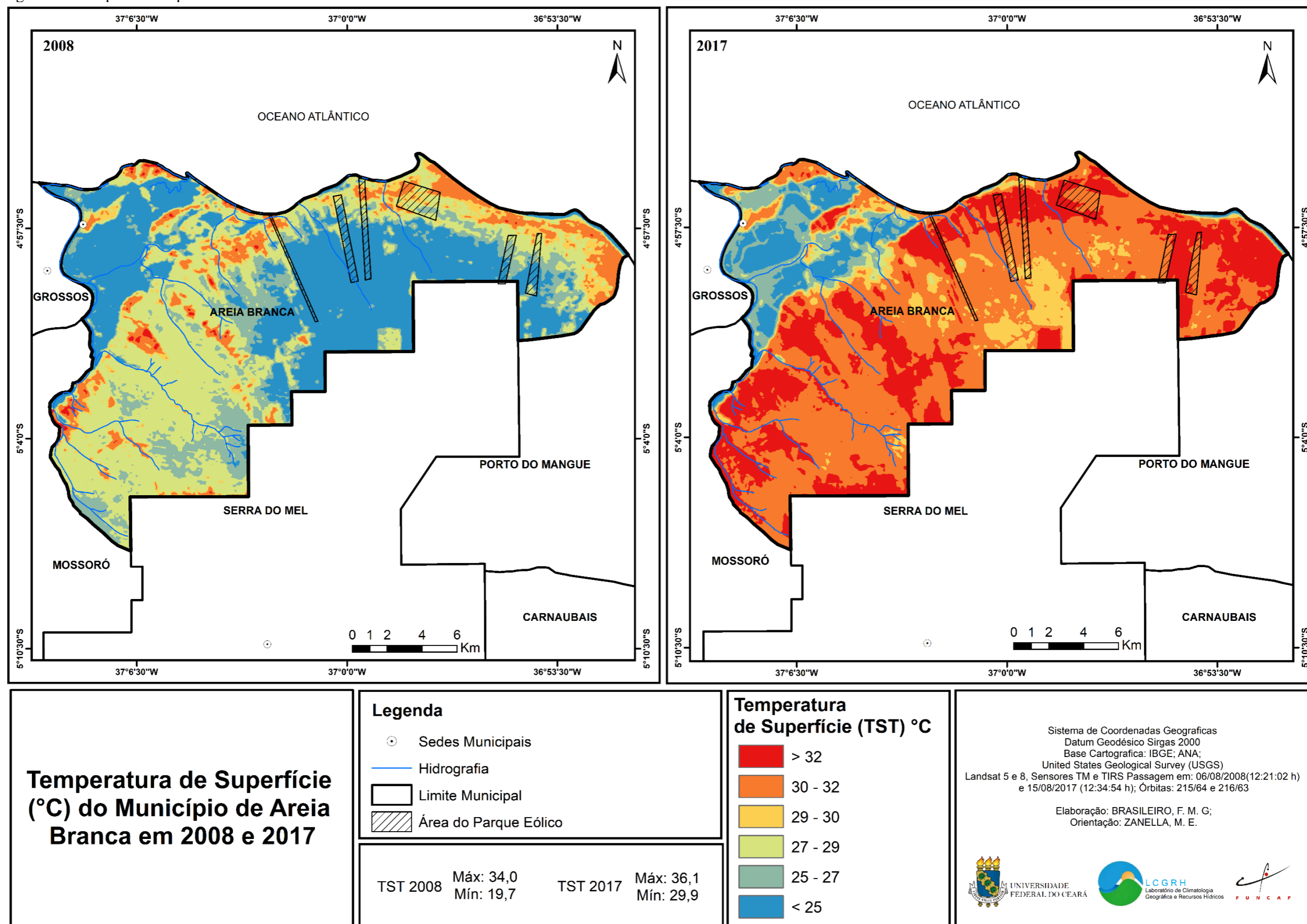


Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação a distribuição mensal da pluviometria em 2017, foi possível identificar que o padrão de meses com chuvas se manteve como observado em 2008, onde de agosto a dezembro verifica-se a inexistência de eventos pluviométricos e nos demais meses relativos à quadra chuvosa, identifica-se a ocorrência de chuvas. Estas se concentraram nos meses de fevereiro, março e abril, representando, respectivamente, 242 mm, 130,8 mm e 129,9 mm. No mês relativo à coleta da imagem de satélite não se verificou ocorrência de eventos pluviométricos, estando estes, identificados nos meses anteriores, junho e julho, com 5,1 mm e 11 mm, aproximadamente.

De base disto foi possível analisar as cartas de temperaturas e de vegetação obtidas. No que tange as cartas termais evidenciou-se aumento das temperaturas de superfície para todo o município de Areia Branca dentro do recorte temporal avaliado. Neste sentido o ano de 2008 apresentou temperaturas que variaram entre 19,7°C e 34°C, gerando uma amplitude térmica de 14,3°C. Nota-se que neste ano as temperaturas que tinham maior significância espacial eram inferiores aos 25°C, sendo encontradas em 34% da área de estudo, em relação ao limiar de temperatura máxima delimitada para este município, observa-se baixa representatividade das temperaturas superiores aos 32°C, estando presentes em somente 0,5% do território municipal, ao contrário do que se observa no ano posterior (Figura 39).

Figura 39 – Mapa de Temperatura de Areia Branca no Ano de 2008 e 2017



Fonte: Elaborado pela autora



Para o ano de 2017, evidenciou-se o avanço das temperaturas máximas, principalmente as que correspondiam as classes acima de 30°C. Neste ano os limiares máximos de temperaturas ficaram entre o intervalo de 20,9°C e 36,1°C (Figura 39), gerando uma amplitude de 15,2°C. Observando as estatísticas geradas nota-se que as temperaturas inferiores aos 25°C, estiveram presentes em somente 7% do território de Areia Branca, estabelecendo uma relação inversa ao que se observou em 2008, em relação as classes de maior temperatura nota-se a sua expansão, sobretudo a classe >32°C, que se apresentou em 36% da área total do município (Tabela 20).

Tabela 20 – Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2008 e 2017 em Areia Branca

Classes de TST (°C)	2008		2017	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
< 25	120.355.200	34%	26.442.000	7%
25 - 27	90.497.600	25%	21.943.700	6%
27 - 29	95.197.500	27%	12.458.700	3%
29 - 30	21.601.800	6%	10.713.600	3%
30 - 32	29.590.200	8%	157.468.500	44%
> 32	1.700.100	0,5%	129.915.900	36%
<b>TOTAL</b>	<b>358.942.400</b>	<b>100%</b>	<b>358.942.400</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

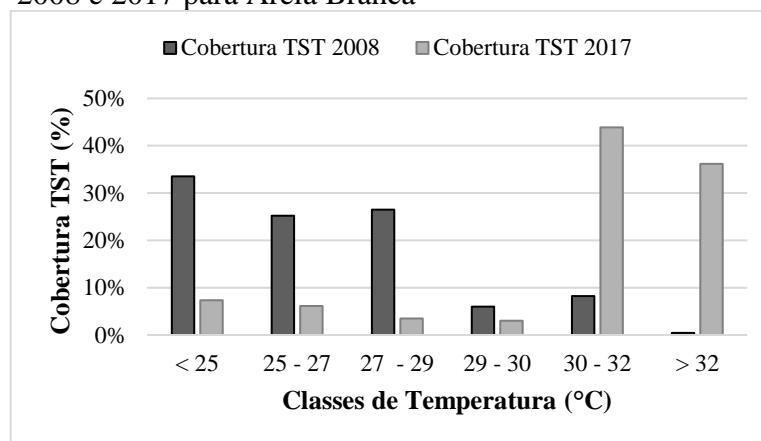
Comparando as duas realidades observadas, nota-se a relação inversa na temperatura entre os dois anos (Gráfico 15). Em 2008 prevalece as temperaturas inferiores aos 29°C e, em 2017 destaca-se as temperaturas superiores aos 30°C. Estas estão distribuídas em duas classes representativas e cobrem 80% do território municipal. A configuração das temperaturas de superfície para o ano de 2017 pode ser claramente observada nos mapas de TST, onde distribui-se, principalmente, sobre todo o setor nordeste, se limitando ao oceano atlântico e sudoeste/sudeste, nos limites com os municípios de Serra do Mel e Mossoró. No que tange as baixas temperaturas, estas ficaram restritas a ocorrência dos corpos hídricos presentes nas proximidades do município de Grossos.

O município de Areia Branca apresenta em sua paisagem alterações significativas da temperatura de superfície, contudo nota-se que grande parte das áreas que elevaram suas temperaturas superficiais já apresentavam esta tendência no período anteriormente analisado. A única exceção foi a porção sudeste, que apresentava TST inferior a 25°C, e posteriormente, apresentou temperaturas superiores aos 29°C.

Dentre os novos usos estabelecidos nesta área visualiza-se a ocorrência de parques eólicos. Nesta área encontra-se também poços de petróleo, haja vista que nos dois municípios

analisados no Rio Grande do Norte, estas duas atividades tendem a otimizar espaços, a partir da alocação conjunta na paisagem.

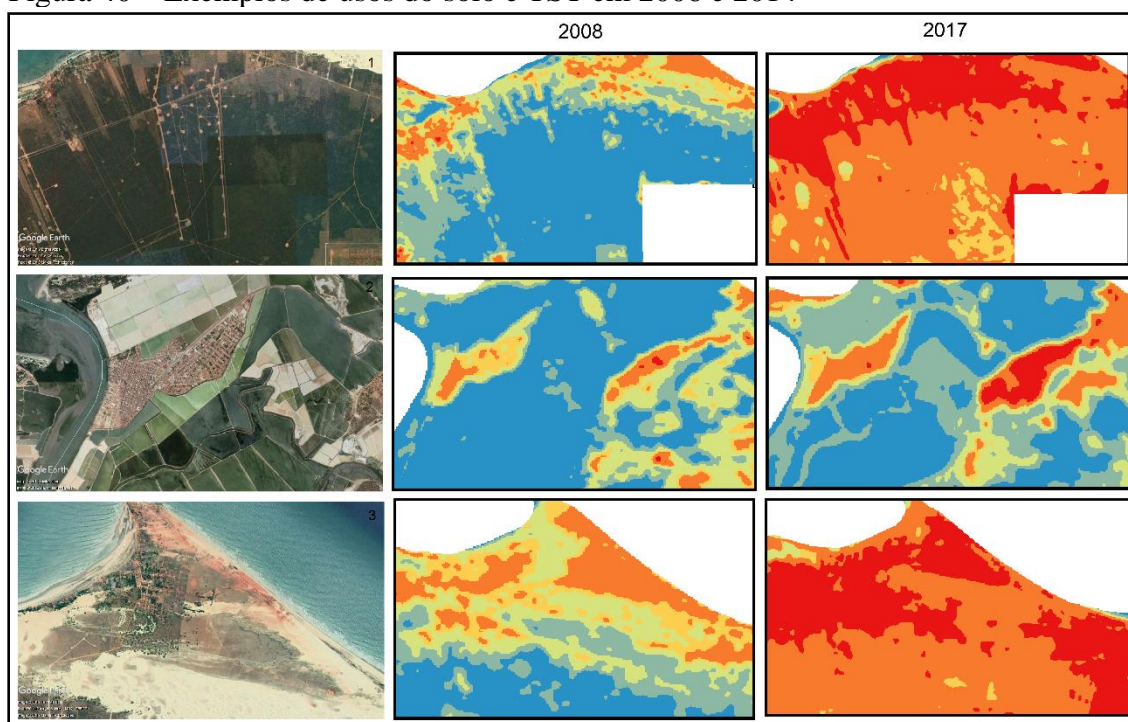
Gráfico 15 – Comparativo entre os valores de TST entre 2008 e 2017 para Areia Branca



Fonte: Elaborado pela autora.

Convém ressaltar que os maiores destaques na determinação das temperaturas do município são os poços de petróleo e a infraestrutura correlacionada. Associadas a estas observou-se alguns trechos de desenvolvimento agrícola e ocorrência de solo exposto (Figura 40).

Figura 40 – Exemplos de usos do solo e TST em 2006 e 2014



Fonte: Imagens Google Earth. Elaborado pela autora. Cartograma com imagens orbitais de diferentes usos do solo. Área 1: relativa à ocorrência de parques eólicos, poços de petróleo e vias de acesso; Área 2:

correspondente ao centro urbano, prática de carcinicultura e corpos d'água; E área 3: relativa à ocupação em área de dunas, culturas e solo exposto.

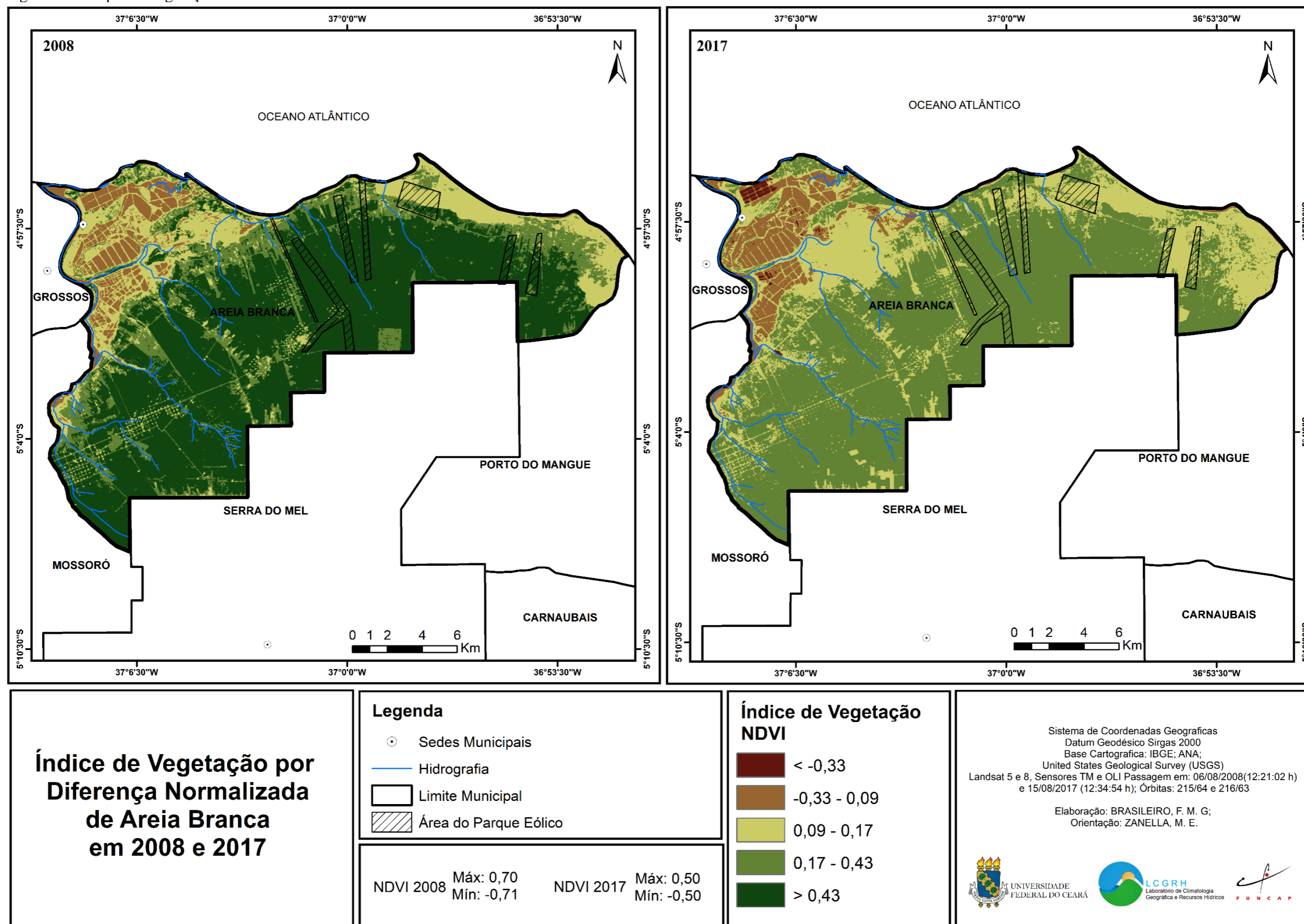
Neste contexto se destaca o centro urbano e outras áreas de ocupação que em 2008 se consolidaram como os principais pontos com maior temperatura, e para 2017, nota-se o avanço deste padrão para o restante do território municipal. No setor oeste do município se destaca a prática de carcinicultura e os corpos d'água, estas definem temperaturas amenas, inferiores aos 25°C, como se observa na figura 40. A área litorânea caracterizada pela ocorrência de sedimentos recentes não consolidados, desponta, assim como em outras realidades, com temperaturas mais elevadas que seu entorno.

No tocante ao NDVI, em 2008 o padrão de vegetação variou entre -0,71 a 0,70, estando as áreas sem vegetação correlacionadas aos estuários dos principais rios e a prática de carcinicultura. Neste mesmo sentido, os poços de petróleo distribuídos por todo o interior do município, despontam como umas das atividades econômicas que geraram grandes alterações na paisagem, favorecendo o incremento de novos usos e ocasionando, conseqüentemente, a retirada da vegetação, que tem importância crucial na determinação das temperaturas de superfície.

Em 2008, nota-se que 19% da área do município estava recoberta por uma cobertura vegetal de alto vigor, fato que justifica a visualização de temperaturas superficiais mais amenas do que as visualizadas em 2017. Se observa que a classe referente a solo exposto (<-0,33), apresentou baixa significância espacial, estando presente em menos de 1% do território do município. Dentre as classes avaliadas, a que obteve maior representatividade foi o intervalo 0,09-0,17, que consiste em uma classe intermediária.

A vegetação para o ano de 2017, em comparação com o ano de 2008, regrediu, apresentando os intervalos de limiares mínimo e máximo de -0,50 e 0,50, respectivamente. Verifica-se para esse ano um aumento, ainda que tímido, da classe relacionada ao solo exposto, estando localizado principalmente na área de ocorrência dos corpos hídricos e/ou em áreas de produção da carcinicultura. A vegetação para o ano de 2017, em comparação com o ano de 2008, regrediu, apresentando os intervalos de limiares mínimo e máximo de -0,50 e 0,50, respectivamente. Verifica-se para esse ano um aumento, ainda que tímido, da classe relacionada ao solo exposto, estando localizado principalmente na área de ocorrência dos corpos hídricos e/ou em áreas de produção da carcinicultura.

Figura 41 - Mapa de Vegetação de Areia Branca nos anos de 2008 e 2017



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 21 – Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2008 e 2017 em Areia Branca

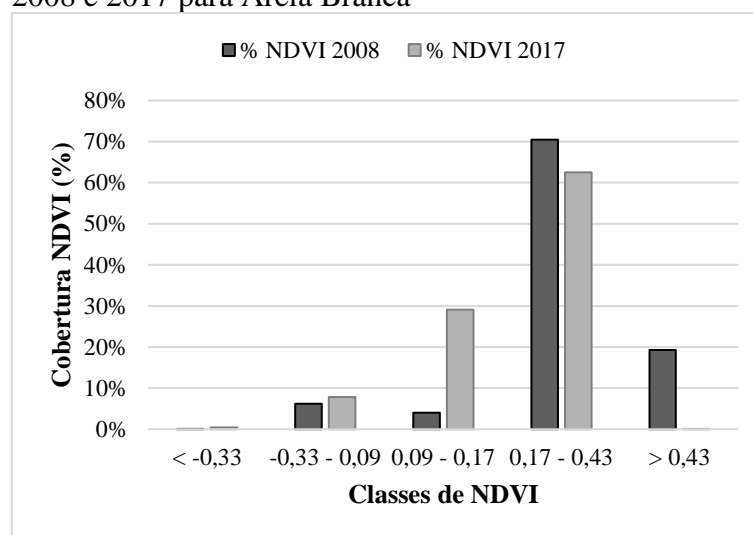
Classes de NDVI	2008		2017	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
< -0,33	1.618.200	0,5%	11.800	0,003%
-0,33 - 0,09	28.250.000	8%	22.293.900	6%
0,09 - 0,17	104.555.000	29%	143.41.100	4%
0,17 - 0,43	224.439.100	63%	252.953.300	70%
> 0,43	80.100	0,02%	69.342.300	19%
<b>TOTAL</b>	<b>358.942.400</b>	<b>100%</b>	<b>358.942.400</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação a classe representativa de maior vigor da vegetação, observa-se uma regressão acentuada, haja vista, que em 2008 esta ocupou 19% da área total, já em 2017 ocorreu uma redução para um valor inferior a 1%, cobrindo aproximadamente 80.100 m<sup>2</sup> da área municipal.

Comparando os dois anos nota-se algumas singularidades, como por exemplo, a manutenção da significância espacial do intervalo 0,17-0,43 nos dois períodos, entretanto para 2017 nota-se uma redução gradativa, tendo em vista o padrão de cobertura vegetal observado neste ano.

Gráfico 16 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2008 e 2017 para Areia Branca



Fonte: Elaborado pela autora.

Destaca-se para o ano de 2017, que as áreas de menor vegetação estão associadas ao centro urbano e demais aglomerados, com destaque, também, para as atividades agrícolas desenvolvidas, que favoreceram a determinação dos padrões evidenciados no município de Areia Branca.

No que concerne aos parques eólicos presentes na paisagem do município, verifica-se que estes foram instalados visando a otimização dos espaços com outros usos do solo, com destaque para atividade petrolífera, principalmente na porção centro-sul do município. Os parques eólicos situados entre o oceano atlântico e o município de Serra do Mel tiveram destaque nos mapas obtidos, pois estes imprimiram um padrão de vegetação e de temperatura do solo, diferentes das evidenciadas no ano anteriormente analisado.

Para os demais parques situados ao sul, verifica-se um arranjo espacial diferenciado, ao mesmo tempo, que estão situados em áreas com a existência de diversos campos de exploração do petróleo, que tem alta capacidade de definição das temperaturas. No que tange as variações da TST nota-se para 2017 o mesmo padrão de valores na área de todos os parques, com temperaturas superiores aos 30°C (Quadro 18). Em relação a cobertura vegetal no ano de 2017, observa-se a diminuição das classes que representam o maior vigor da vegetação, associadas aos usos da terra supracitados.

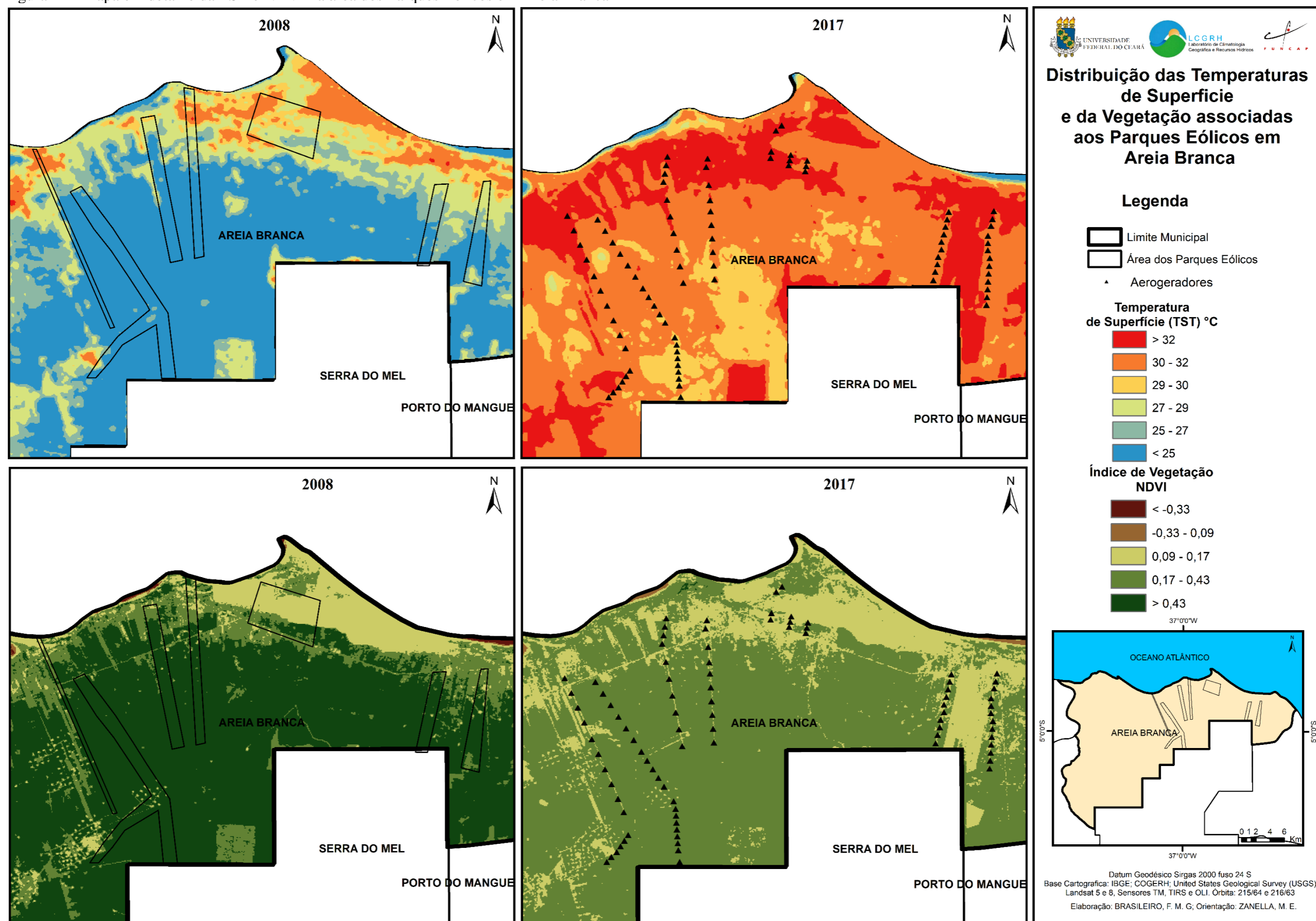
Quadro 18 – Síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Areia Branca

Parque eólico	TST °C anterior	TST atual
PE 1	<25°C/ pontos isolados com TST 30°C-32°C	>30°C
PE2	25°C-27°C/<25°C	>30°C
PE3	<25°C	>30°C
PE4	30°C-32°C/<25°C	>30°C
PE5	25°C-27°C	>30°C
PE6	27°C-32°C	>30°C

Fonte: Elaborado pela autora.

No que tange a distribuição espacial das temperaturas é notória a relação inversa nos dados entre os anos de 2008 e 2017. Para 2008 prevalece as temperaturas inferiores aos 25°C, que ocupam 54% da área territorial sob influência de parques eólicos, neste mesmo ano as classes limiares máximas apresentam baixa representatividade, sobretudo os valores superiores aos 32°C. Em 2017, ocorre o inverso as baixas temperaturas apresentaram pouca representatividade espacial e as classes de maior temperatura se sobressaíram na paisagem, e representaram, respectivamente, 0,1% e 33% de cobertura espacial. Ainda é possível notar nesse ano a TST do recorte se concentra em valores superiores aos 29°C, o que indica que na área dos parques eólicos a TST se alterou significativamente.

Figura 42 - Mapa em detalhe da TST e NDVI na área dos Parques Eólicos em Areia Branca



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 22 – Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Areia Branca

TST (°C)	2008		2017	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< 25	57.650.400	54%	132.300	0,1%
25 - 27	18.301.500	17%	290.700	0,3%
27 - 29	15.372.900	14%	973.800	1%
29 - 30	7.134.200	7%	4.995.900	5%
30 - 32	8.448.300	8%	65.703.600	61%
> 32	47.700	0,04%	34.858.700	33%
<b>Área total recorte</b>	<b>106.955.000</b>	<b>100%</b>	<b>106.955.000</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Comparando com os dados de vegetação nota-se o mesmo padrão observado nos mapas temais, o que demonstra uma correlação entre os dois objetos de análise. O recorte do NDVI evidenciou que anteriormente à alocação dos parques eólicos na paisagem, existiam maiores gradientes de cobertura vegetal, e que em 2017, estes valores se reduziram e, outros, até se extinguiram, como no caso da classe dos valores maiores que 0,43.

Tabela 23 – Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Areia Branca

Classes NDVI	2008		2017	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< -0,33	226.800	0,2%	351.900	0,3%
-0,33 - 0,09	202.500	0,2%	29.059.200	27%
0,09 - 0,17	14.441.100	14%	77.457.100	72%
0,17 - 0,43	19.250.400	18%	86.800	0,1%
> 0,43	72.834.200	68%	0	0%
<b>Área total recorte</b>	<b>106.955.000</b>	<b>100%</b>	<b>10.6955.000</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao solo exposto identificado pelos intervalos de valores inferiores a - 0,33, verifica-se uma tímida expansão de 0,1%, de 2008 para 2017. A classe de maior representatividade em 2017 foi o intervalo entre 0,09-0,17, o que justifica o fato de as classes superiores terem obtido baixa representatividade, o que denota afirmar que houve regressão no vigor e porte da vegetação.

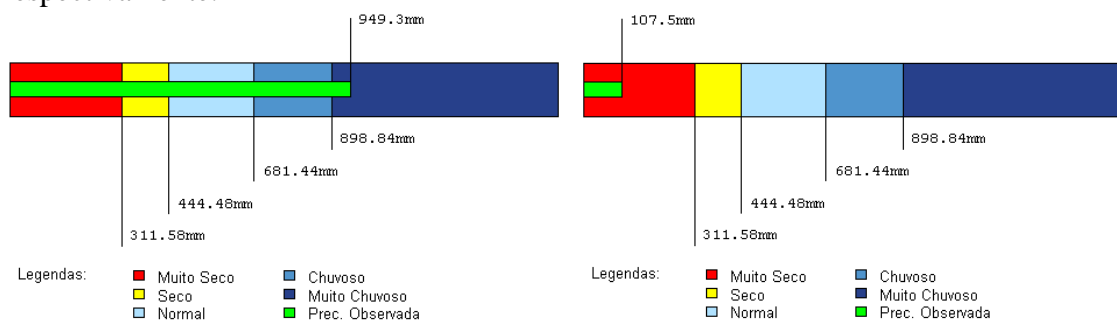
#### 4.6 Comportamento das variáveis climáticas no município de Macau/RN

Os anos de 2008 e 2017, período de análise do município de Macau, apresentaram condições climáticas extremamente distintas. Em 2008, observou-se um acumulado de chuvas de 949,3 mm, sendo caracterizado como um ano muito chuvoso de acordo com os dados coletados pela EMPARN. Para 2017 foram registrados acumulados de 107.5 mm,



caracterizando como um ano muito seco. No tange a distribuição mensal das chuvas nota-se ocorrências de precipitação em todos os meses do primeiro semestre do ano, contudo foram valores abaixo do visualizado em 2008.

Gráfico 17 - Precipitação Acumulada em Macau nos anos de 2008 e 2017, respectivamente.

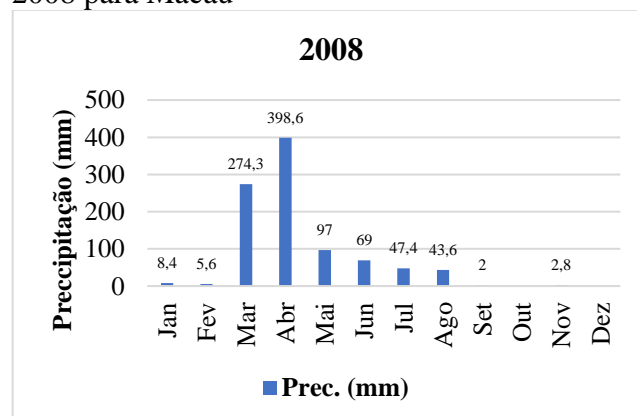


Fonte: EMPARN. Posto: Macau, técnica aplicada: Quantis.

Em relação a distribuição mensal das chuvas em 2008 observou-se para Macau maior distribuição entre os meses, sendo os mais representativos, março e abril. No período referente a coleta da imagem orbital foram registrados 43,6 mm, ao mesmo tempo que os meses anteriores também apresentaram acumulados significativos, este padrão se mantém nos dois anos em análise, contudo, para 2017 os valores de precipitação diminuíram relativamente.

De base das condições climáticas dos anos analisados verificou-se nas cartas termais modificações contundentes nas temperaturas de superfície entre os dois anos, a nível municipal. Destaca-se que para o ano de 2008 as temperaturas de superfície variaram entre 21°C e 33°C, gerando uma amplitude térmica de 12°C. A classe de TST mais representativa foi o intervalo correspondente aos valores compreendidos entre 26°C e 29°C.

Gráfico 18 – Distribuição mensal das chuvas em 2008 para Macau



Fonte: IMPARN. Organizado pela autora.

As baixas temperaturas representadas em valores inferiores aos 24°C, apresentaram uma distribuição espacial de 16% e as temperaturas máximas, correspondentes a valores superiores aos 34°C, não foram verificadas na paisagem do município no ano em questão. Grosso modo, as temperaturas de superfície englobada nas classes referentes a temperaturas elevadas obtiveram baixa significância para este ano, haja vista, que as três classes que englobam valores superiores aos 29°C estiveram presentes em aproximadamente 7% da área do município.

Estas informações são corroboradas na análise visual do mapa, onde se observa pequenos trechos com temperaturas dentro dos intervalos citados. Para o restante do município observa-se TST mais amenas, sobretudo nos estuários dos cursos d'água. Adentrando ao território do município nota-se TST oscilando entre os valores de 24°C e 29°C, que ao observar a tabela 24, nota-se que se constituem nas classes com maior espacialização no município.

Tabela 24 – Cobertura dos valores de Temperatura nos anos de 2008 e 2017 em Macau

Classes de TST (°C)	2008		2017	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
< 24	129.313.100	16%	41.736.600	5%
24 - 26	200.718.000	25%	66.518.100	8%
26 - 29	400.721.400	51%	42.709.500	5%
29 - 32	57.837.400	7%	95.421.600	12%
32 - 34	248.400	0,03%	373.209.300	47%
> 34	0	0%	169.243.200	21%
TOTAL	788.838.300	100%	788.838.300	100%

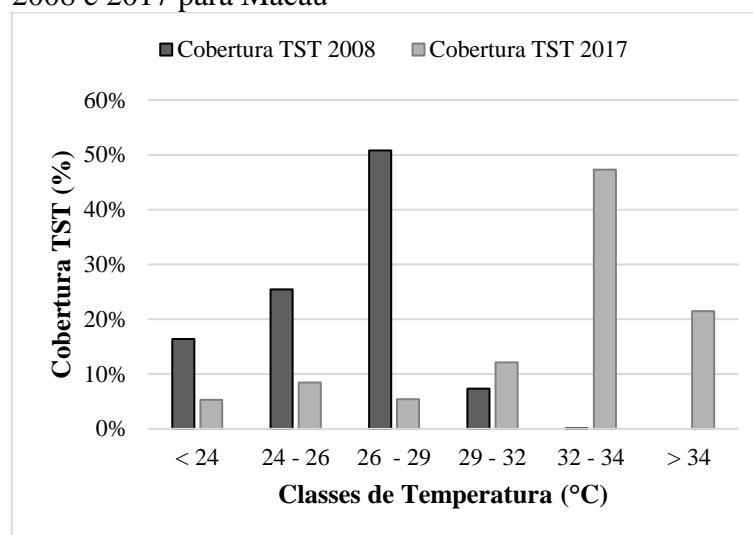
Fonte: Elaborado pela autora.

As temperaturas de superfície no ano de 2017 variaram entre 22,5°C e 38,1°C, demonstrando um aumento na amplitude térmica que totalizou os 15,6°C. Observa-se a expansão das classes de maior temperatura neste ano, em relação ao ano anterior, principalmente na porção sul do município. Em termos percentuais esta variação da temperatura é contundente, onde nota-se a baixa representatividade das temperaturas inferiores a 29°C e o aumento na espacialização superiores a esse valor. Para fins de comprovação observa-se que as temperaturas acima de 29°C, em 2017, tiveram presentes em 80% da área total do município, diferentemente do que se observa em 2008 (Figura 43).

Comparando os dois anos a partir do gráfico 19, nota-se a relação inversa entre as duas realidades, onde em 2008 prevaleceu as classes de menor temperatura e em 2017 se sobressaíram as temperaturas mais elevadas. Convém destacar que os dois municípios estudados no Rio Grande do Norte apresentaram a mesma configuração, denotando aumento

expressivo da temperatura superficial dentro do recorte temporal analisado. Isto se deve a existência de diversos usos do solo, que proporcionaram o padrão das temperaturas de superfície encontradas, sendo os mais representativos as atividades petroleiras e agrícolas.

Gráfico 19 – Comparativo entre os valores de TST entre 2008 e 2017 para Macau



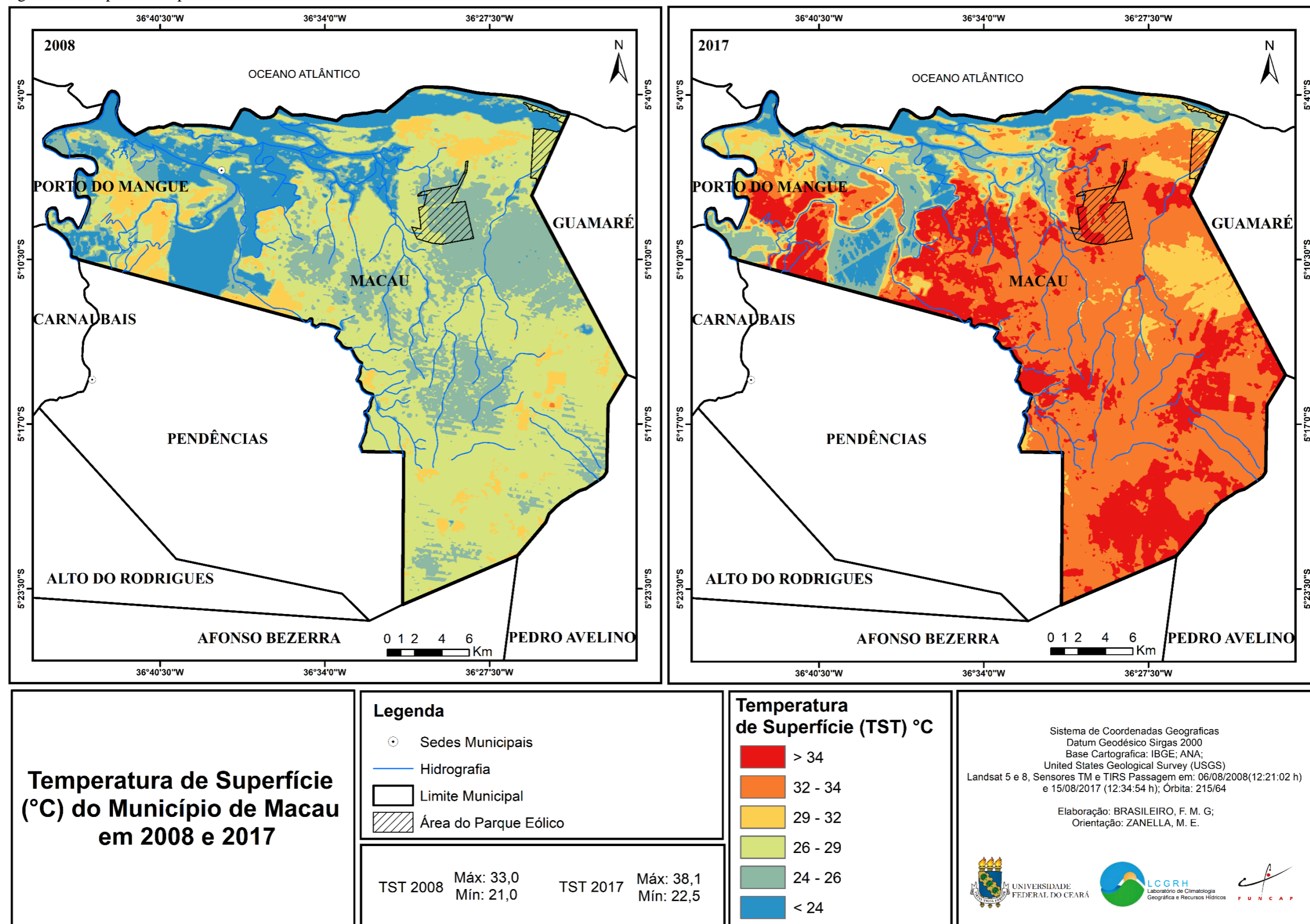
Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que o território potiguar apresenta maior diversidade de atividades econômicas, quando comparado aos municípios estudados no Ceará. Sua paisagem está sendo constantemente modificada para expansão e/ou manutenção destas atividades (Figura 44). Ademais, na última década, visualiza-se o incremento da indústria eólica e outras atividades correlatas na paisagem local, gerando novos usos e configurações distintas nos parâmetros climáticos.

Destaca-se que a temperatura de superfície varia em relação à atividade desenvolvida, como se observa na divisa com o município de carnaubais, onde, no ano de 2008, as temperaturas foram maiores que 26°C, e no ano de 2017, esta área apresentou temperaturas maiores que 32°C.

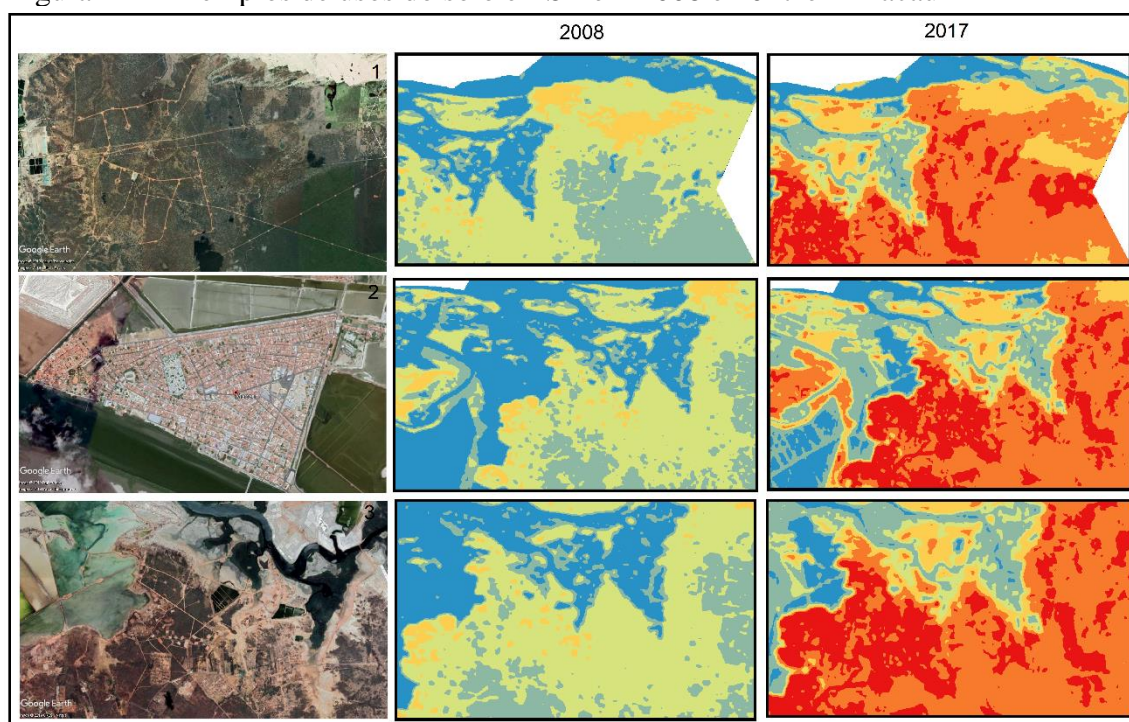
Na porção centro-sul do município verifica-se a expansão das temperaturas elevadas. Na carta termal do ano de 2008, estas áreas apresentaram tendências as altas temperaturas, entretanto o limiar máximo encontrado foi de 32°C. Em 2017, verifica-se o aumento exponencial da TST local, o que denota o estabelecimento de novos usos que favoreceram a retirada da vegetação, ou mesmo, a diminuição desta. Estas áreas apresentaram nesse ano uma TST que superou os 32°C, denotando, inclusive, temperaturas que alcançaram o limiar máximo de 38,1°C.

Figura 43 - Mapa de Temperatura de Macau nos de 2008 e 2017



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 44 – Exemplos de usos do solo e TST em 2008 e 2017 em Macau



Fonte: Imagens Google Earth. Elaborado pela autora. Cartograma com imagens orbitais de diferentes usos do solo. Área 1: relativa à ocorrência de parques eólicos, poços de petróleo e vias de acesso; Área 2: correspondente ao centro urbano e prática de carnicultura; E área 3: relativa à solo exposto, corpos d'água e culturas.

No tocante à vegetação constata-se a partir dos mapas a supressão da cobertura vegetal no período analisado. O município apresenta desde o primeiro ano modificações intensas na vegetação a partir dos diversos usos e ocupação do solo desenvolvidos no município.

As classes de vegetação para o ano de 2008 (Figura 45), variou de -0,74 a 0,82, sendo as áreas com ausência de vegetação localizadas no vale do rio açu, onde predomina a carnicultura, e as áreas do litoral, que apresentam pouco delineamento de cobertura vegetal, estando está associada às dunas fixas e aos tabuleiros pré-litorâneos.

Para o ano de 2017 (Figura 45), as classes variaram de -0,45 a 0,53, evidenciando diminuição da espacialização da classe de maior vigor da vegetação. Destaca-se que a área inerente à carnicultura aumentou em direção ao município de carnaubais, o que favoreceu a retirada da vegetação nesta porção. Para o centro-sul do município identifica-se a expansão do solo exposto, associado à atividade petroleira, que tem seus poços localizados de leste à oeste.

Estas considerações se comprovam quando se analisa as estatísticas geradas através das cartas de vegetação. Nota-se em 2008, que a classe representativa de maior vigor da vegetação obteve uma espacialização de 38% da área total do município, ao mesmo tempo que a classe representativa de solo exposto apresentou uma configuração espacial de 7%,

justificada pela ocorrência de corpos d'água expressivos na paisagem, que em grande parte são utilizadas pela prática da carcinicultura.

Tabela 25 – Cobertura dos valores de NDVI nos anos de 2008 e 2017 em Macau

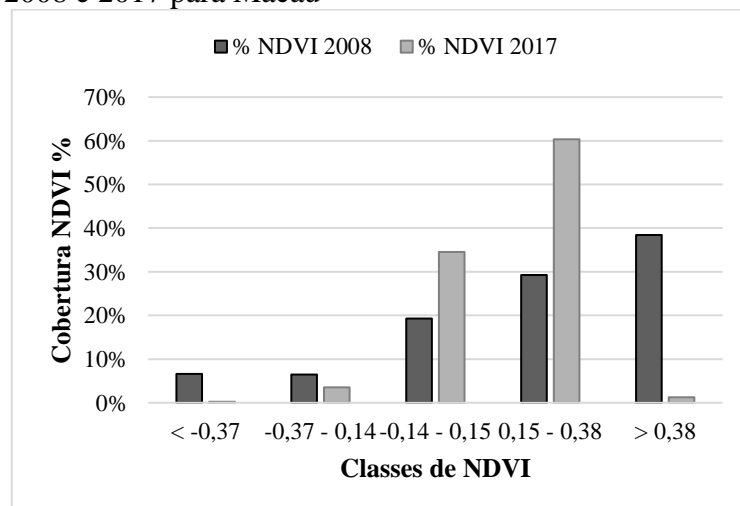
Classes de NDVI	2008		2017	
	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)	Área Coberta (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
< -0,37	51.804.600	7%	1.817.100	0,2%
-0,37 - 0,14	50.807.300	6%	28.005.300	4%
-0,14 - 0,15	152.212.400	19%	272.638.800	35%
0,15 - 0,38	230.768.900	29%	476.235.900	60%
> 0,38	303.245.100	38%	10.141.200	1%
<b>TOTAL</b>	<b>788.838.300</b>	<b>100%</b>	<b>788.838.300</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao ano de 2017, nota-se a redução nos dois parâmetros supracitados, ou seja, nas classes de solo exposto e classes relativas a maior porte da vegetação. No que tange a diminuição da classe solo exposto, atribui-se a redução da lâmina d'água dos corpos hídricos, haja vista, que estes eram os principais fatores determinantes desta classe em 2008. Ao mesmo tempo visualiza-se a redução da representação espacial da classe de maior vegetação, cujo o intervalo define valores superiores a 0,38, sendo que para este ano estes foram visualizados em apenas 1% da área total do município.

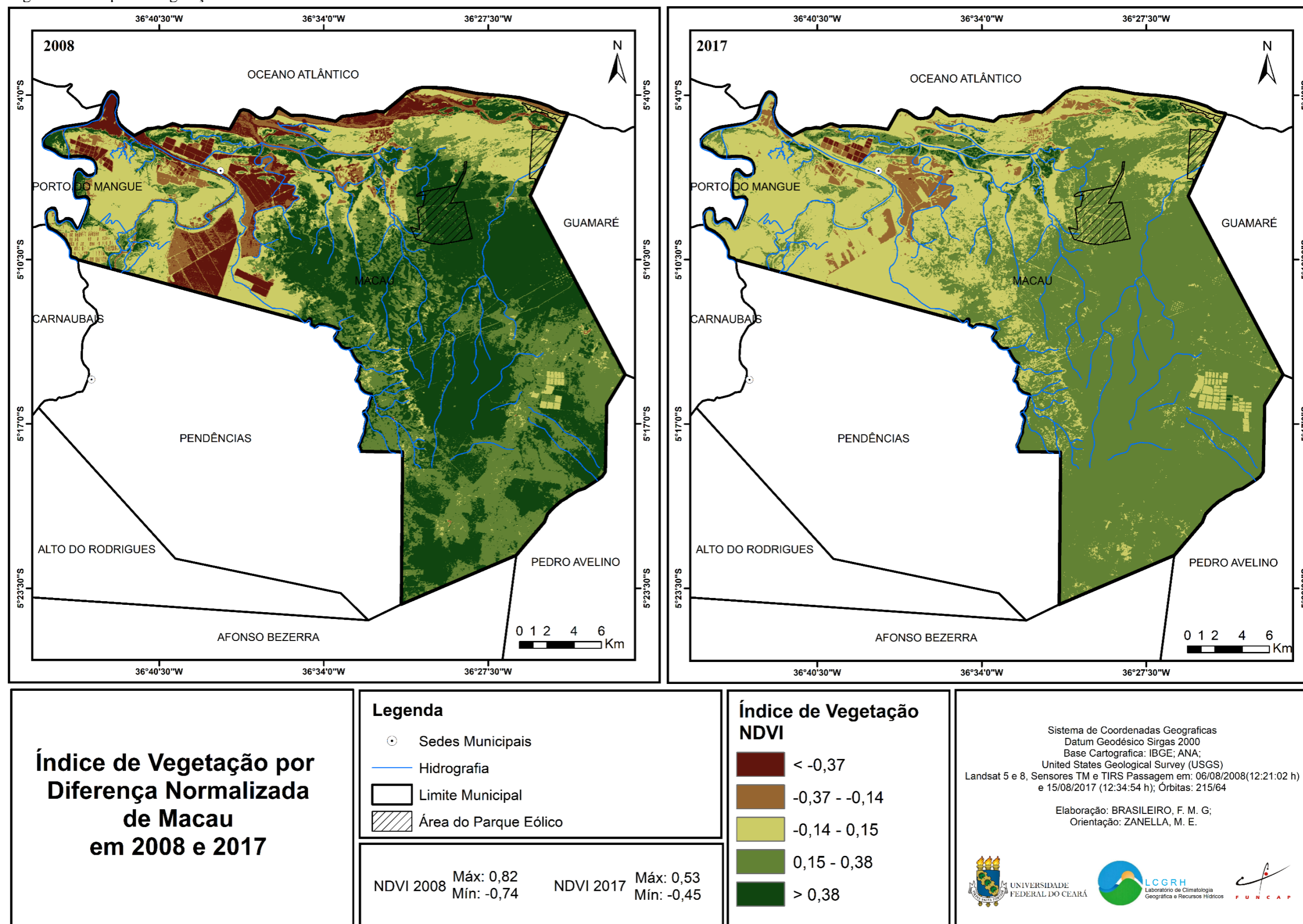
Comparando os dados observa-se que a maior diferenciação se apresenta na classe dos valores superiores a 0,38, que caracteriza a vegetação de maior porte e vigor. Nesta nota-se uma redução significativa de sua espacialização em território Macauense em 2017, neste mesmo ano as classes intermediárias ganham notoriedade e expressam a redução da vegetação local.

Gráfico 20 – Comparativo entre os valores de NDVI entre 2008 e 2017 para Macau



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 45 - Mapa de Vegetação de Macau nos anos de 2008 e 2017



Fonte: elaborado pela autora.

Em relação aos parques eólicos situados neste município e a determinação de temperaturas superficiais, o parque situado no tabuleiro litorâneo (PE3) consiste na realidade mais emblemática na análise da TST e NDVI. Neste visualizou-se a maior variação nas temperaturas elevadas dentre os demais parques. De modo geral, nota-se que a área relativa aos parques sofreu alterações nas temperaturas superficiais entre os dois anos e também entre as áreas adjacentes (Quadro 19).

Quadro 19 – síntese das variações na TST relativas aos parques eólicos em Macau

Parque eólico	TST °C anterior	TST atual
PE1	<25°C	29°C-32°C
PE2	26°C-29°C	29°C-34°C
PE3	24°C-29°C	32°C-34°C/Áreas com TST >34°C

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação a distribuição da TST na área de influência dos parques eólicos, observou-se aumento da espacialização das temperaturas máximas, sobretudo a classe de 32°C a 34°C. As temperaturas inferiores a 24°C, em 2008 tiveram presentes em 8% da área do recorte e em 2017, nota-se a redução desta espacialização para somente 1% de cobertura espacial. O mesmo ocorreu para os intervalos referentes as temperaturas de 24°C a 29°C, que juntas representavam 89% da área do recorte e em 2017, estas se reduzem para somente 6% da área total.

No que concerne aos limiares máximos de temperatura, observa-se que os valores superiores aos 32°C não foram identificados na carta termal representativa do período anterior a alocação de parques eólicos, diferentemente do que se observa em 2017, que estiveram presentes em 78% da área total do recorte, o que demonstra uma variação significativa da temperatura de superfície na área sob influência dos parques eólicos.

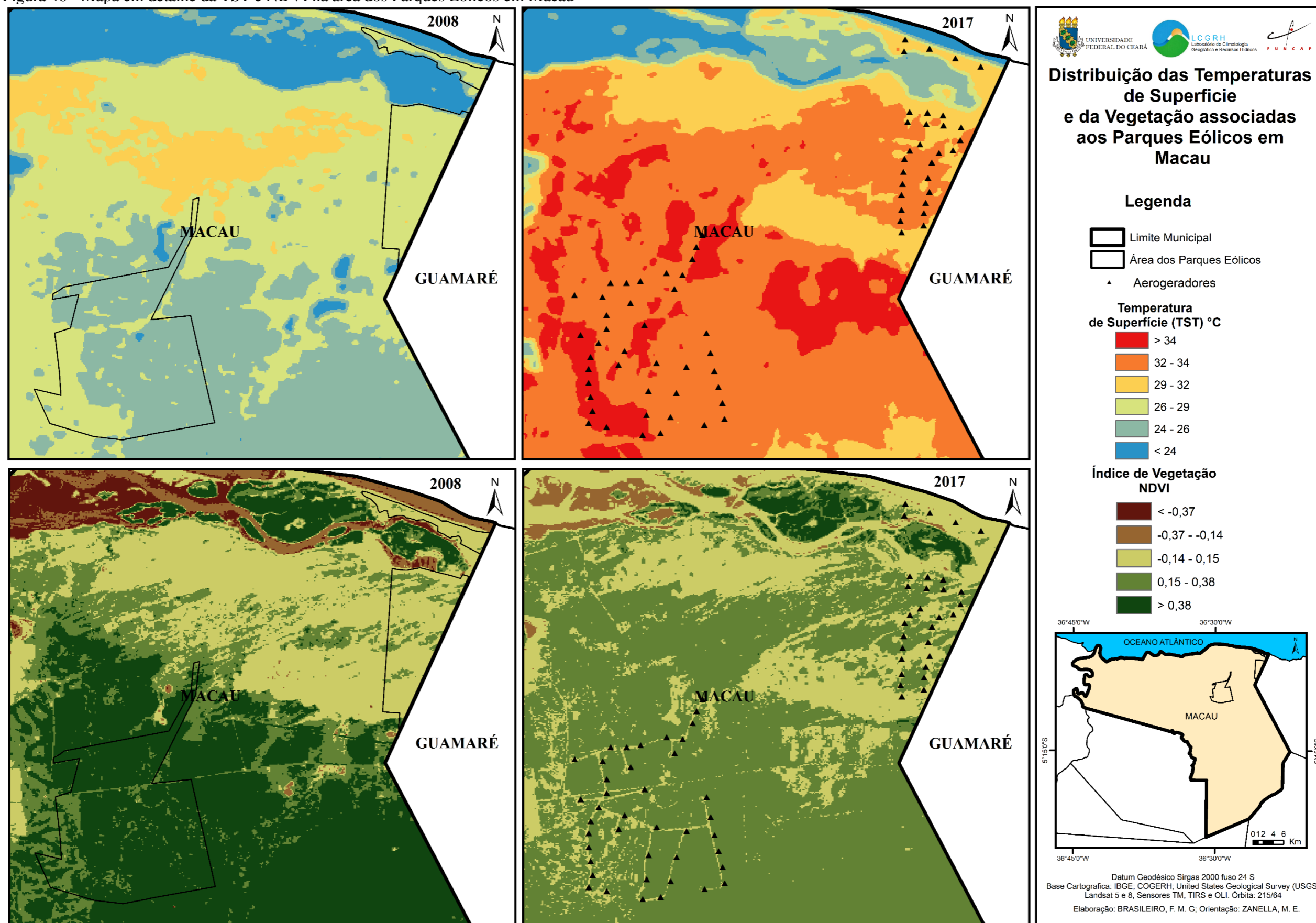
Tabela 26 – Cobertura dos valores de TST na área de recorte do parque eólico em Macau

TST (°C)	2008		2017	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< 24	4.813.300	8%	821.700	1%
24 - 26	2.5676.000	42%	2.360.700	4%
26 - 29	28.675.800	47%	1.340.100	2%
29 - 32	1.725.300	3%	8.416.800	14%
32 - 34	0	0%	36.697.500	60%
> 34	0	0%	11.253.600	18%
<b>Área total recorte</b>	<b>60.890.400</b>	<b>100%</b>	<b>60.890.400</b>	<b>1%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 46 - Mapa em detalhe da TST e NDVI na área dos Parques Eólicos em Macau



Fonte: elaborado pela autora.

No tocante a vegetação do recorte estudado, as informações são compatíveis com os dados de temperatura de superfície obtidos, haja vista, que parte-se do princípio de que a maior disposição vegetal em uma área, possibilita o controle da TST, ao mesmo tempo que áreas com menor incidência de cobertura vegetal, possibilita maiores índices de temperaturas máximas, sobretudo em áreas onde a vegetação nativa foi substituída por novos usos e ocupação do solo.

Tabela 27 – Cobertura dos valores de NDVI na área de recorte do parque eólico em Macau

Classes NDVI	2008		2017	
	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte	Área (m <sup>2</sup> )	% área do recorte
< -0,37	325.700	0,5%	113.400	0,2%
-0,37 - 0,14	1.600.800	3%	18.006.300	30%
-0,14 - 0,15	15.100.600	25%	41.860.800	69%
0,15 - 0,38	12.302.100	20%	909.900	1%
> 0,38	31.561.200	52%	0	0%
<b>Área total recorte</b>	<b>60.890.400</b>	<b>100%</b>	<b>60.890.400</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Deste modo, verifica-se uma redução significativa nas classes referentes a cobertura vegetal densa, onde em 2008 ocupava 52% da área total, e em 2017, reduziu-se para valores nulos, ou seja, esta classe não foi visualizada na paisagem local. Para esse ano as classes intermediárias foram as mais representativas, o que denota baixa cobertura vegetal na área em estudo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sensoriamento remoto se mostrou capaz de identificar as variações na temperatura de superfície e na cobertura vegetal, advindas, principalmente, das diferenciações nos usos do solo. A nível municipal, identificou-se que as temperaturas elevadas estão associadas as áreas com maior ocupação e solo exposto. As temperaturas mais amenas estão associadas as áreas com maior cobertura vegetal, apontando a capacidade que a vegetação apresenta na amenização das temperaturas, e em áreas referentes a existência de corpos hídricos.

Com base nas cartas temais constatou-se que estas temperaturas variaram de acordo com os tipos de tempo que se estabeleceram, pois estes influenciam nas características climáticas e determinam a quantidade de radiação incidida sobre a terra. Portanto, existem períodos do ano em que a terra recebe maior insolação e em outros, menores quantidades de radiação. Os tipos de tempo que se estabelecem influenciam os elementos climáticos, estes, por sua vez, podem alterar-se a partir dos tipos de uso da terra estabelecidos. No contexto da indústria eólica, objeto de análise, estas mudanças estão associadas ao processo de instalação dos aerogeradores e as atividades correlatas a este equipamento, fazendo com que alterações na temperatura de superfície em diversas realidades geográficas sejam observadas.

Os parques eólicos apresentam a capacidade de gerar um microclima próprio, a partir da determinação de um padrão de temperaturas que está diretamente relacionado ao estabelecimento espacial dos aerogeradores, fato este, justificado pela modificação no padrão de vegetação e incremento de novos equipamentos que apresentam respostas diferenciadas a ação da radiação. Destaca-se também o potencial que os empreendimentos eólicos têm para fomentarem novos tipos de uso e ocupação correlatos a indústria eólica, contribuindo assim, para modificações na temperatura de superfície.

Estas variações na temperatura são visualizadas em uma escala microclimática, entendida como a área de estabelecimento dos parques eólicos e circunvizinhanças. Convém destacar que as modificações a partir dos parques eólicos não são visualizadas em todo o território dos municípios analisados, ficando restritas ao parque e seu entorno e estão relacionadas a ação direta dos aerogeradores. Deste modo, apesar dos efeitos dos parques eólicos não interferirem no clima a nível municipal, essas variações são preocupantes devido ao avanço na instalação de parques eólicos em todo o território nacional e na relativização dos impactos gerados por estes parques.

Em relação a distribuição espacial dos parques, observou-se que nas regiões com maiores altitudes e ao interior, os parques eólicos determinam um microclima específico, correlacionado ao estabelecimento espacial dos aerogeradores, facilmente observado pelas imagens orbitais. Nas áreas litorâneas, as modificações nas temperaturas encontram maiores percalços para sua identificação, haja vista, a localização espacial dos parques e resolução do satélite utilizado. Destaca-se que o substrato que sustentam as torres eólicas no litoral apresentam alta emissividade de radiação, gerando uma distribuição de temperaturas que dificulta a análise, a partir do sensoriamento remoto, da ação direta das torres eólicas na definição de microclimas, diferentemente do que se observa nas áreas de maiores altitudes, que apresentam solos de diferentes características.

Destaca-se que a temperatura de superfície é um parâmetro importante para o microclima, tendo em vista, que a radiação percebida pelos sensores se transforma em calor, podendo influenciar na dinâmica da temperatura do ar e, por conseguinte, nos demais elementos.

No que concerne a cada realidade estudada notou-se que todos alteraram suas temperaturas superficiais a nível municipal, sobretudo para valores mais elevados, com destaque para a TST superior aos 30°C. Em relação a área dos parques eólicos verifica-se o mesmo padrão de aumento da temperatura, todavia, alguns parques se destacam na determinação de TST específicas, associadas diretamente ao estabelecimento dos aerogeradores. Neste sentido, um exemplo emblemático é o município de Ibiapina, que conseguiu imprimir temperaturas que destonaram do seu entorno cerca de 2°C de diferença.

Portanto, a partir das análises tecidas no trabalho indica-se que o estabelecimento espacial de parques eólicos possibilita o delineamento de temperaturas de superfícies mais elevadas do que o seu entorno sendo, portanto, um indicador de alterações nos demais elementos climáticos. Neste sentido, atividades em campo para mensuração dos demais constituintes do clima se fazem necessárias para delimitar com mais precisão estas alterações. Ademais, destaca-se a possibilidade de uma avaliação mais contundente das variações microclimáticas do antes e após a instalação dos parques eólicos a partir do uso dos anemômetros instalados na área do equipamento eólico, que coletam dados simultâneos dos parâmetros climáticos.

Ademais, os fatos, aqui apresentados, nos alertam ao planejamento eficaz da expansão da indústria eólica no Nordeste brasileiro, pois as questões evidenciadas, ainda que em menor grau nos permitem prever que proporcionalmente a expansão dos parques eólicos, os impactos aumentarão, se não houver um planejamento eficaz, considerando as condições

ambientais locais e principalmente, das comunidades situadas nas proximidades dos empreendimentos eólicos.

## REFERÊNCIAS

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Boletim Anual de Geração Eólica**. Gráfica Nova Visão. Bela Vista, São Paulo, 2017.

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Números ABEEólica: dezembro de 2018**. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/>. Acesso em: 28 jan. 2019.

ADAMS, A. S; KEITH, D. W. Are global wind power resource estimates overtated?. **Environmental Research Letters**, [S.l.], n.8, p. 1-9, fev. 2013.

ADECE – Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. **Atração de investimentos no estado do Ceará**: mapa territorial de parques eólicos. Fortaleza, dez/2010. Disponível em: <http://www.adece.ce.gov.br>. Acesso em: 02 jan. 2019.

ADECE – Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. **Produção agrícola 2016**. Disponível em: <http://www.adece.ce.gov.br/index.php/downloads>. Acesso em: 02 jan. 2019.

ALVES FILHO, J. **Matriz Energética Brasileira**: Da Crise à Grande Esperança. Rio de Janeiro: Mauad, 2003.

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Matriz de Energia Elétrica**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>. Acesso em: 05 fev. 2019.

ARAUJO, M. A. A. O uso do território do Rio Grande do Norte pelo setor eólico-elétrico e suas implicações nos municípios de Galinhos, Guamaré e Macau. In: XI - Encontro Nacional da ENANPEGE, Presidente Prudente, 2015. **Anais...Presidente Prudente**: ENANPEGE, 2015.

ARMSTRONG *et al.* Ground-level climate at a peatland wind farm in Scotland is affected by wind turbine operation. **Environmental Research Letters**, [S.l.], v. 11, p. 1-8, Apr. 2016.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

BENVENUTI, S. M. P; FEITOSA, F. A. C (orgs). **Diagnóstico do município de Ibiapina**. Disponível em: [http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16138/Rel\\_Ibiapina.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16138/Rel_Ibiapina.pdf?sequence=1). Acesso em 28 jan. 2019.

BISCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. UNIGRAF, Mato Grosso do Sul, 2007.

BRANNSTROM, C. *et al.* Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 67, p. 62–71, Aug. 2017.

CABRAL JUNIOR, J. B; ALMEIDA, H. A. influência do fenômeno El-Niño sobre o regime pluvial na Microrregião de Sousa, PB. **Revista GEONORTE**, Edição Especial, v.2, n.4, p.904 – 915, 2012.

CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de texto, 2009.

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Atlas do potencial eólico: simulações 2013**. CEPEL, Rio de Janeiro, 2017.

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001**. Disponível em:

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>. acesso em: 04 set. 2018.

CHAVES, L. O; BRANNSTROM, C; SILVA, E. V. Energia eólica e a criação de conflitos: ocupação dos espaços de lazer em uma comunidade no Nordeste do Brasil. **Sociedade e Território** – Natal. vol. 29, n. 2, p. 49-69, jul./dez. 2017.

COELHO, A. L. N; RAMOS, A. L. D; BERGAMASCHI, R. B. Aplicação dos produtos Landsat-8/TIRS/OLI e Aster/GDEM na avaliação do comportamento termal de superfície, usos e topografia. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, 2015. **Anais...João Pessoa: INPE, 2015**.

COELHO, F. N; SANTOS, C. C. P; NASCIMENTO, M. P. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/TIRS para o mapeamento de temperatura de superfície em perímetros urbanos, no município de Várzea Grande, Mato Grosso. In: 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cuiabá, 2016. **Anais...Cuiabá: INPE, 2016**.

CORTEZ, H. S; LIMA, G. P; SAKAMOTO, M. S. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Parcerias Estratégicas**. Brasília-DF, v. 22, n. 44, p. 83-118, 2017.

COSTA, J. A; SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 04, p. 1002-1013, 2017.

COSTA, R. A; CASOTTI, B. P; AZEVEDO, R. L. S. Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 229-278, 2009.

CUNHA, D. G. F; VECCHIA, F. As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática. **Ciência e Natura**, UFSM, n. 29, p. 137 - 149, 2007.

CRESESB. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001)**. Disponível em:

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>. Acesso em 22 jun. 2018.

CRUZ, K. D. B. **Os impactos da instalação de parques eólicos nas comunidades urbanas e rurais da Serra de Santana/RN**. 2016. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Natal/RN, 2016.

DANTAS, M. E. *et al.* origem das paisagens. In: Brandão, R. L. **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. 214 p.

DANTAS, M. E; FERREIRA; R. V. Relevô. In book: **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte**, Ed. 1, Publisher: CPRM, 2010, p.77-92

EMBRAPA. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 21 jul. 2018.

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Monitoramento pluviométrico: anos de 2008 e 2017. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2027**. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br>. Acesso em: 20 dez. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017**: ano base 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 01 out. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2018**: Ano base 2017. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em 20 out. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 01 out. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano decenal de expansão de energia 2027**. Brasília: MME/EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 06 jan. 2019.

ESPÉCIE, M. A. *et al.* Avaliação de Impacto ambiental em projetos eólicos no Brasil: uma análise a partir de estudos ambientais de empreendimentos vencedores nos leilões de energia. In: 4º CBAI - Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto, Fortaleza, 2018. **Anais...**Fortaleza: ABAI, 2018.

ESTEVÃO, G. S. **Sensoriamento remoto como contribuição ao estudo das ilhas de calor de superfície em Juazeiro Do Norte, Ceará**. 2016. 153 f. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2016.

ESTEVÃO, G. S; ZANELLA, M. E. A influência das superfícies naturais e urbanas na temperatura de superfície terrestre. In: XII Simpósio brasileiro de climatologia geográfica. **Anais...**Goiânia, 2016.

FERNANDES, B; ARRAIS JUNIOR, E. Impactos ambientais dos parques eólicos na região da Costa Branca Potiguar. In: ECOP - Encontro de computação do oeste potiguar. **Anais...**Pau dos Ferros/RN, v.1, p. 149-156, jun. 2017.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia Prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2006.



FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FERREIRA, G. G; PONSO, A. G; SAKAMOTO, A. Y. A variação da temperatura e o uso do solo no bairro piloto, Três Lagoas/MS. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental**, v. 10, n. 8, p. 35-50, 2014.

FITZ, P. R. **Cartografia básica**. Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

FLOREZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: oficina de Textos, 2002.

FLOREZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: oficina de textos, 2011.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Monitoramento das chuvas no Ceará. Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acessado em: 03 fev. 2019.

GIACOMINI RIBEIRO, A. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, p. 288-294, 1993.

GORAYEB, A; BRANNSTROM, C. Caminhos para uma gestão participativa dos recursos energéticos de matriz renovável (parques eólicos) no nordeste do Brasil. **Mercator**, Fortaleza, vol.15, n.1, p. 101-115, 2016.

GORAYEB, A. *et al.* Definição dos terrenos de marinha como orientação para a implantação de políticas compensatórias em áreas impactadas por projetos de energia eólica no litoral Nordeste do Brasil. **Volume Especial da Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, em parceria com o V Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada à Gestão Territorial, v. 18, n. 2, p. 36-55, Set. 2016.

GRUBB, M. J; MEYER, N. I. Wind energy: resources, systems and regional strategies. In: JO-HANSSON, T. B. *et al.* **Renewable energy: sources for fuels and electricity**. Island Press, 1993.

JACOMINE, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, Recife, v. 5 e 6, p.161-179, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/19350/1/Jacomine.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 jan. 2019.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Perfil de seu município**. Natal, 2008. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br>. Acesso em: 01 dez. 2018.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico municipal. 2017**. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/>. Acesso em: 01 dez. 2018.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução de José Carlos Neves Epiphânio (coord.). Parêntese, São José dos Campos- SP, 2009.

KIRK-DAVIDOFF, D. B; KEITH, D. W. On the climate impact of surface roughness anomalies. **Journal of the atmospheric sciences**, [S.l.], v. 65, p. 2215 -2234, jul. 2008.

LAGE, E. S; PROCESSI, L. D. Panorama do setor de energia eólica. **Revista do BNDES**, vol. 39, p. 183-206, jun. 2013.

LIMA, G. C. *et al.* Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor das metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

LOUREIRO, C. V; GORAYEB, A; BRANNSTROM, C. Análise comparativa de políticas de implantação e resultados sociais da energia eólica no Ceará (Brasil) e no Texas (EUA). **Revista Ra'e Ga**, Curitiba, vol.40, p. 231 -247, ago. 2017.

LOUREIRO, C. V; GORAYEB, A; BRANNSTROM, C. Implantação de energia eólica e estimativa das perdas ambientais em um setor do litoral oeste do Ceará, Brasil. **Geosaberes**, Fortaleza, vol. 6, número especial, p. 24 – 38, out. 2015.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, E. S. P. R; VASCONCELOS JUNIOR, F. C. O clima da Região Nordeste entre 2009 e 2017: monitoramento e previsão. **Parcerias Estratégicas**. Brasília-DF, v. 22, n. 44, p. 63-80, 2017.

MASHIKI, M. Y; CAMPOS, S. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP. **Revista energia na agricultura**. Botucatu, vol. 28, n.3, p.143-149, 2013.

MASHIKI, M. Y. **Geoprocessamento na identificação de ilhas de calor e influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente de superfície no município de Botucatu/SP**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2012.

MEIRELLES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Revista Confins**, n. 11, 2011.

MELLO, M. T. C. **Estudo de viabilidade técnico-ambiental para implantação de parques eólicos: um estudo de caso em um fragmento do litoral setentrional do Rio Grande do**

**Norte/Brasil.** 2014. 170 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geografia, Natal, 2014.

MELO, A. B. C. *et al.* A zona de convergência intertropical sobre o oceano atlântico: climatologia. In: XII congresso brasileiro de meteorologia. **Anais...Foz do Iguaçu- PR**, 2002.

MENDES, J. S; GORAYEB, A; BRANNSTROM, C. Diagnóstico participativo e cartografia social aplicados aos estudos de impactos das usinas eólicas no litoral do Ceará: o caso da Praia de Xavier, Camocim. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 6, número especial (3), p. 243 - 254, fevereiro, 2016.

MENDES, J. S; *et al.* Os grandes empreendimentos e as comunidades tradicionais: o caso da comunidade de Mundaú - Trairí, Ceará. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, Santa Maria, v.14, n.3, p.3357-3365, mai/ago. 2014.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: oficinas de texto, 2007.7

MENDONÇA, F; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR). **Revista RAEGA**. Curitiba, n. 9, p. 25-35, 2005.

MONTEIRO, J. B. **Desastres naturais no estado do Ceará: uma análise de episódios pluviométricos extremos.** 2016. 255 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Ceará, Centro de ciências, Programa de pós-graduação em Geografia, Fortaleza, 2016.

MORAES, E. C. Fundamentos de sensoriamento remoto. **INPE**, São José dos campos, 2002. Disponível em: [http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1\\_ECMoraes.pdf](http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf). Acesso em: 02 out. 2018.

NASCIMENTO, D. T. F; SOUSA, S. B; OLIVEIRA, I. J. A relação entre os valores de temperatura superficial terrestre (TST), uso do solo e a topografia no município de Minaçu-GO. **Boletim Geográfico**, v. 3, n. 7, p. 93 -107, Goiânia, set/2009.

NEVES, G. Z. F. *et al.* Ensaio sobre a variação da temperatura superficial aparente. **Revista Brasileira de Climatologia**, Paraná, Ano 13, v. 21, 2017.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2º ed. Rio de Janeiro: IBGE, departamento de recursos naturais e estudos ambientais, 1989.

OCHOA, J. M; CALZADA, J. R; SERRA, R. Vegetation influences influents on the Human Thermal in Outdoor Spaces. **School of Architecture of Barcelon**, Barcelona, v. 6, p. 699-703, 2003.

OLIVEIRA, D. A; ROSA, R. Temperatura de superfície obtida com técnicas de geoprocessamento. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...Foz do Iguaçu-PR: INPE**, abr. 2013.

OLIVEIRA, G. C. M; FREITAS, M. A. V. Análise de correlações entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e dados hidrometeorológicos do entorno do reservatório da usina hidrelétrica de TucuruíPA utilizando imagens Landsat-5 TM. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, 2015. **Anais...**João Pessoa: INPE, 2015.

OLIVEIRA, J. L; COSTA, A. A. Estudo de variabilidade do vento em escala sazonal sobre o Nordeste Brasileiro utilizando o RAMS: os casos de 1973-1974 e 1982-1983. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 26, n.1, p. 53-66, 2011.

PAIVA, I. T. P. **Análise socioambiental dos impactos da implantação do complexo eólico Tianguá/Ubajara-CE**. 2018. 193 f. Dissertação (Mestrado acadêmico em Geografia), Universidade Estadual Vale do Acaraú, Centro de Ciências Humanas, Sobral, 2018.

PIRES, G. E. FERREIRA JUNIOR, L. G. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, 2015. **Anais...**João Pessoa: INPE, 2015.

RIBEIRO, G. L. **Parques eólicos – impactos socioambientais provocados na região da praia do Cumbe, no município de Aracati, Ceará**. 2013. 154 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro/SP, 2013.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. **Texas A & M University**, Remote Sensing Center, abr.1973.

ROY, S. B; TRAITÉUR, J. J. Impacts of wind farms on surface air temperatures. **PNAS**, [S.l.], v. 107, n. 42, p. 17899–17904, 2010.

SAKAMOTO, M. S. **Sistemas Convectivos de Mesoescala observados na região subtropical da América do Sul durante o SALLJEX**. 2009. 243 f. Tese (Doutorado em Meteorologia). Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, São Paulo, 2009.

SALINO, P. J. **Energia Eólica no Brasil: Uma Comparação do PROINFA e dos Novos Leilões**. 2011.110 f. Monografia (Graduação em engenharia ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro, escola politécnica, Rio de Janeiro, 2011.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia- universidade estadual de Maringá**, v. 16, n.1, 1998.

SANTOS, F. L. A; SOUZA, M. J. N. Caracterização geoambiental do Planalto cuestasiforme da Ibiapaba – Ceará. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.2, n.4, p. 301 – 309, 2012.

SANTOS, V. A. A. **Dinâmica do uso e ocupação do solo no litoral de Macau/RN, no período de 1978 a 2008**. 2008. 132 f. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Humanas, Natal, 2008.

SILVA, K. E. C. **Análise do efeito esteira de aerogeradores no microclima na superfície do solo: o caso do parque eólico piloto de Macau/RN**. 2015. 88f. Dissertação - (mestrado

em geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação e pesquisa em Geografia, Natal, 2015.

SILVA, G. C. M; COSTA JUNIOR, N. P; SILVA, F. M. Caracterização do uso da terra no município de Areia Branca-RN, por técnicas de sensoriamento remoto. **Geociências**, v. 33, n. 2, p. 314-329, 2014.

SILVA, G. R. **Características de vento da Região Nordeste: análise, modelagem e aplicações para projetos centrais eólicas**. 2003. 131f. Dissertação – (mestrado Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em engenharia Mecânica, Recife, 2003.

SILVA, N. S. **Novos olhares para o litoral cearense: a produção de energia eólica e os impactos socioambientais decorrentes dos parques eólicos Volta do Rio (Acará) e Cajucoco (Itarema) – CE, Brasil**. 2014.143 f. Dissertação - (mestrado acadêmico). Universidade Estadual do Ceará, Programa de pós-graduação em geografia, Fortaleza, 2014.

SOARES, L. T. **Planejamento e implantação de um parque eólico**. 2010. 76f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010;

SOARES, R. B. *et al.* Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/OLI. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, 2015. **Anais...**João Pessoa: INPE, 2015.

SOUZA, D. C. **Brisa na costa do Norte e Nordeste brasileiro**. 2016. 150 f. Tese (doutorado em meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos, 2016.

SOUZA, M. J. N; LIMA, F. A. M; PAIVA, J. B. Compartimentação topográfica do estado do Ceará. **Ciência Agrônômica**, n. 9, p. 77-86, 1979.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital 2. Recife/PE, 2006.

VAUTARD, R. *et al.* Regional climate model simulations indicate limited climatic impacts by operational and planned European wind farms. **Nature Communications**, [S.l.], n.5, p. 1-9, 2014.

XAVIER, P. P. **Valorização e preservação do patrimônio arqueológico na comunidade do Cumbe – Aracati -CE**. 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Preservação do Patrimônio Cultural), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Rio de Janeiro, 2013.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. especial, p. 126-142, 2014.

ZANELLA, M. E; MOURA, M. O. O clima das cidades do Nordeste brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 9, n. 11, p. 75-89, 2013.