

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Filipe Aguiar Rocha

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO DO SOLO SOBRE O SISTEMA DE DUNAS
DO DISTRITO DE QUINTÃO, PALMARES DO SUL-RS**

Porto Alegre

2022

Filipe Aguiar Rocha

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO DO SOLO SOBRE O SISTEMA DE DUNAS
DO DISTRITO DE QUINTÃO, PALMARES DO SUL-RS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado para a banca examinadora do curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientação: Profª Dra. Flávia Farina

Porto Alegre

2022

CIP - Catalogação na Publicação

ROCHA, FILIPE
MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS USOS DO SOLO SOBRE O
SISTEMA DE DUNAS DO DISTRITO DE QUINTÃO, PALMARES DO
SUL-RS / FILIPE ROCHA. -- 2022.
73 f.
Orientadora: FLÁVIA FARINA.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto
Alegre, BR-RS, 2022.

1. ZONA COSTEIRA. 2. SISTEMA DE DUNAS. 3. USOS DO
SOLO. I. FARINA, FLÁVIA, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Dedico esse trabalho

In memoriam da minha mãe,

Aurida Inês Aguiar Rocha.

Obrigado por me ensinar
desde o nascimento o
verdadeiro significado das
palavras: amor, bondade e
família.

“Que seus olhos verdes me guiem.”

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ser o alicerce de minha vida. À minha orientadora e amiga Flávia Farina, obrigado por sempre acreditar em mim. À minha família, em especial ao meu pai Clovis Oliveira da Rocha, você é meu exemplo de honestidade e bondade, tenho muito orgulho de ter você como pai. À minha mãe Aurida que mesmo na ausência física, se faz presente em todos os momentos. À minha irmã Ana Claudia, obrigado por sempre estar ao meu lado. Às minhas sobrinhas, Mariana e Alice que trouxeram força e alegria para a família. À minha companheira de vida Gabriela Ramos, obrigado por todo o apoio e por embarcar nesse sonho junto comigo. Aos meus avós, Adão, Clélia, Orides e Teresa (*In memoriam*). Aos meus padrinhos, Aida, Umberto, Ademar e Josiane. Aos meus tios, João e Adriano. Aos meus sogros, Joana e Pedro. Aos meus primos e todos os meus familiares e amigos que torcem por mim, em especial à Eliane Linhares e Maria Cardoso.

Amo vocês, sem vocês nada disso seria possível!

RESUMO

As zonas costeiras são ambientes em constante mudança, sujeitas a ações erosivas e deposicionais, além de sensíveis do ponto de vista ecológico e historicamente degradadas pela ação antrópica. Neste sentido este trabalho tem como objetivo analisar os impactos antrópicos sobre o sistema de dunas no Distrito de Quintão, setor costeiro do município de Palmares do Sul, no período compreendido entre os anos de 2002 a 2022. Após análises histórica e de imagens de satélite foram definidas como classes de usos do solo urbanização e silvicultura como classes de impacto sobre o Sistema de Dunas. Diferentes procedimentos metodológicos foram utilizados, visando análises qualitativa e quantitativa, com foco na detecção das mudanças de cobertura e uso da terra: levantamento dos antecedentes, elaboração de uma base de dados, processamento e análise dos dados em SIG através do software ArcGis 10.6.1 e disponibilização das informações. Os resultados obtidos mostram que as classes de impacto tiveram aumento de 334,55% em sua área durante o período de análise, enquanto o Sistema de Dunas contou com uma redução de 21,31% de sua área, passando de cerca de 90Km² em 2002 para cerca 71Km² em 2022. Ainda, observou-se por meio de dados censitários a predominância de formas inadequadas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, contribuindo para impactos diretos no ambiente e na população, tais como a contaminação de corpos hídricos e do lençol freático. Assim, evidencia-se a necessidade de projetos que tenham o objetivo promover a ocupação adequada do espaço e o uso sustentado dos recursos naturais no Sistema de Dunas de Quintão.

Palavras-chave: Zona Costeira; Sistema de Dunas; Uso do Solo.

ABSTRACT

Coastal zones are environments in constant change, subject to erosive and depositional actions, in addition to being ecologically sensitive and historically degraded by human action. In this sense, this work aims to analyze the anthropic impacts on the dune system in the District of Quintão, coastal sector of the municipality of Palmares do Sul, in the period between 2002 and 2022. After historical analysis and satellite images, defined as land use classes urbanization and forestry as impact classes on the Dune System. Different methodological procedures were used, aiming at qualitative and quantitative analysis, focusing on the detection of changes in land cover and use: background survey, creation of a database, processing and analysis of data in GIS through ArcGis 10.6.1 software and availability of information. The results obtained show that the impact classes had an increase of 334.55% in their area during the analysis period, while the Dunes System had a reduction of 21.31% in its area, going from about 90Km² in 2002 to about 71Km² in 2022. Also, it was observed through census data the predominance of inadequate forms of water supply and sanitary sewage, contributing to direct impacts on the environment and on the population, such as contamination of water bodies and the water table. Thus, it is evident the need for projects that aim to promote the adequate occupation of space and the sustainable use of natural resources in the Dunes System of Quintão.

Keywords: Coastal Zone; Dunes System; Land Use.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos.....	13
1.2 Justificativa.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Caracterização das Zonas Costeiras.....	16
2.2 Geotecnologias no estudo das zonas costeiras.....	20
3. ÁREA DE ESTUDO	26
3.1 Delimitação da área de estudo e do período de análise.....	26
4. METODOLOGIA	33
4.1 Levantamento dos Antecedentes.....	33
4.2 Elaboração da base de dados.....	33
4.3 Mapeamento das classes de cobertura e uso da terra.....	35
4.4 Tratamento dos dados censitários.....	40
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	44
5.1 Análise do uso do solo no sistema de dunas.....	44
5.2 Análise da urbanização a partir dos dados censitários.....	56
5.3 Análise dos principais impactos.....	62
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICES	69

LISTA DE FÍGURAS

Figura 1: Subdivisão do Litoral do Rio Grande do Sul.....	18
Figura 2: Mapa de localização e delimitação da área de estudo	26
Figura 3: Mapa geológico (IBGE, 2020) e delimitação do sistema de dunas de Quintão.	28
Figura 4: Urbanização entre os anos 1985 e 2021	28
Figura 5: Mapa Área de Estudo e Bacia Hidrográfica	29
Figura 6: Crescimento populacional entre 1970 e 2020	30
Figura 7: População Rural e Urbana.....	31
Figura 8: Variação de renda média nos setores censitários	32
Figura 9: Composições coloridas falsa-cor.....	37
Figura 10: Imagens índice NDVI.....	38
Figura 11: Diferenças nas malhas censitárias dos anos 2000 e 2010.....	42
Figura 12: Uso do Solo no Sistema de Dunas-2002.....	45
Figura 13: Uso do Solo no Sistema de Dunas-2013.....	46
Figura 14: Uso do Solo no Sistema de Dunas-2022.....	47
Figura 15: Gráfico quantitativo das alterações da cobertura e uso da terra.....	48
Figura 16: Classe Urbano	49
Figura 17: Avanço da Classe Urbano no período 2002-2022.....	50
Figura 18: Classe Silvicultura.....	51
Figura 19: Dispersão de Silvicultura sobre o Sistema de Dunas	51
Figura 20: Avanço da classe silvicultura sobre o sistema de dunas.....	52
Figura 21: Expansão das classes urbano e silvicultura entre os anos 2002 e 2022.....	54
Figura 22: Mapa das classes Antrópico e Natural para os anos 2002 e 2022.....	55
Figura 23: Tipos de abastecimento de água no ano de 2000.....	57
Figura 24: Tipos de abastecimento de água no ano de 2010.....	58
Figura 25: Tipos de esgotamento sanitário no ano de 2000.....	60
Figura 26: Tipos de esgotamento sanitário no ano de 2000.....	61
Figura 27: Avanço de dunas sobre imóveis em Balneário Quintão	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Imagens de satélite utilizadas.	36
Tabela 2: Chave de interpretação	39
Tabela 3: Tabela de inserção e sistematização de dados.	40
Tabela 4: Variáveis censitárias consideradas para análise.	43
Tabela 5: Distribuição das classes de cobertura e uso.....	48
Tabela 6: Área total e relativa das classes e valores de subtração total e relativa para os anos 2002 e 2022.	53
Tabela 7: Tabela das classes antrópico e natural dos anos 2002 e 2022.....	55
Tabela 8: Formas de abastecimento de água nos domicílios particulares permanentes – Distrito de Quintão para os anos 2000 e 2010.....	56
Tabela 9: Formas de esgotamento sanitário nos domicílios particulares permanentes – Distrito de Quintão para os anos 2000 e 2010.....	59

1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são ambientes que estão em constante mudança, sujeitas a ações erosivas e deposicionais de sedimentos, além de sensíveis do ponto de vista ecológico. A costa leste brasileira se caracteriza por uma margem continental passiva, distante das zonas de interferência dos movimentos das placas tectônicas, com uma vasta planície costeira, provida de sedimentos recebidos do mar através dos movimentos das ondas e pelos rios, que carregam sedimentos e nutrientes do interior do continente até a vazão no oceano, formando cordões de areias.

De acordo com a Lei 7.661, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Brasil, 1988), “considera-se Zona Costeira o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre”. Mais de 50% da população mundial vive em uma distância de até 100 km da costa litorânea, além disso, oito das dez maiores cidades do mundo estão localizadas no litoral (Chhabra et al, 2006).

Com o avanço histórico da industrialização e da expansão agrícola, a exploração de ambientes litorâneos no Brasil vem sofrendo de forma expressiva os efeitos das atividades antrópicas, como por exemplo, o incremento de áreas urbanas em termos de expansão e densificação, a implantação de cultivos agrícolas ou de silvicultura. Um exemplo típico do estado do Rio Grande do Sul é expansão das atividades antrópicas pelo plantio de arroz, silvicultura e aquelas ocasionadas pelas residências de veraneio, cuja ocupação é intensificada sazonalmente. A população flutuante extensiva no período de verão auxilia na extrapolação dos limites sanitários da região, levando à maior concentração de poluentes e despejos de resíduos nestes ambientes. De maneira geral, há maior precarização das condições sanitárias em tais locais. Observam-se também, habitações em áreas de dunas móveis, ocasionando, posteriormente, o seu avanço sobre casas e terrenos ao longo da costa. Sobre dunas móveis, observam-se também diversos pontos na costa riograndense de plantio de espécies exóticas.

Quanto à urbanização, Moura et al. (2015) apontam que o “crescimento das aglomerações urbanas é uma tendência atual no desenvolvimento urbano global. Isso tem sido particularmente significativo ao longo das regiões costeiras em decorrência das suas vantagens de localização para as atividades industriais e comerciais.” De acordo com o Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil (IBGE, 2010), 26,58% da população brasileira vive na Zona Costeira, correspondendo a mais de 50 milhões de pessoas, em um ambiente de fragilidade ambiental e sensível às ações antrópicas que afetam diretamente ou indiretamente os ecossistemas da zona costeira.

Clark (1996, 2018) define a zona costeira como o espaço delimitado pela interface entre o oceano e a terra, ou então, a faixa terrestre que recebe influência marítima e a faixa marítima que recebe influência terrestre, incluindo zonas entre-marés e supra-marés da borda de água, que incluem várzeas costeiras, manguezais e planícies de maré como praias e dunas”. Para Gruber et al. (2003, p. 82) “A Zona Costeira (área de interface entre o ar, a terra e o mar) é uma das áreas sob maior estresse ambiental, devido à excessiva exploração de seus recursos naturais e o uso desordenado do solo.”

Na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí do Rio Grande do Sul, especialmente no setor costeiro do município de Palmares do Sul, as mudanças na paisagem ocasionadas pela urbanização e pela silvicultura, nas últimas décadas, impactaram de modo considerável o ambiente. Uma breve análise temporal de imagens de satélite mostra a instalação de residências sobre o sistema de dunas, inclusive sobre dunas móveis, o que gera um duplo risco, tanto pela destruição do sistema quanto pelo avanço e soterramento das dunas sobre os terrenos e residências. De acordo com os dados divulgados pela Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2016), a praia de Quintão, em janeiro de 2015 contava com uma população permanente de 3.336 habitantes e população flutuante de 16.546 pessoas, totalizando uma média mensal de 19.882 pessoas, ou seja, um aumento populacional de quase 496% no mês de janeiro do ano de 2015. Esse incremento populacional pode ocasionar intensificação dos impactos ao ambiente, na medida em que promove a ampliação de descarte de resíduos sólidos e líquidos, a possível contaminação dos corpos hídricos e do lençol freático, o aumento de tráfego, além da sobrecarga das redes de esgotamento sanitário, do alto consumo de água potável podendo levar ao

desabastecimento, ocasionando a extrapolação dos recursos disponíveis e aumento da poluição de modo geral.

Por outro lado, com o avanço das geotecnologias, diversas ferramentas são implementadas para fins de mapeamento e de análise da distribuição, ao longo do tempo, de alvos e fenômenos geográficos. As imagens de satélites possibilitam a extração de informações dos alvos da superfície terrestre, por meio de interpretação visual e de métodos computacionais, como a utilização de índices espectrais, uso de algoritmos de classificação de imagens, baseados na identificação das classes através das assinaturas espectrais. Os dados de Sensoriamento Remoto possibilitam a análise temporal, extração de dados em diferentes escalas de interesse e em diferentes regiões do espectro eletromagnético. Essas informações implementadas em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) são armazenadas e podem ser integradas, tratadas, derivadas, modeladas, entre outras funcionalidades de um SIG. Portanto, as geotecnologias compõem um conjunto de ferramentas que viabilizam a identificação e análises temporais de impactos nas Zonas Costeiras, por meio da geração de dados de cobertura e uso da terra e de métodos de extração de dados, tais como geração de índices espectrais (NDVI, NDBI, NDWI) e de classificação de imagens (classificação digital, segmentação, redes neurais, interpretação visual, etc.).

Diante do aumento de áreas de silvicultura e a exponencial crescimento da urbanização, juntamente com a sazonalidade de superpopulação no período do verão, é evidente a importância de trabalhos que abordem o mapeamento e a análise temporal e espacial dos usos da terra que impactam esses ambientes. Neste sentido, o presente trabalho visa o mapeamento e a análise dos impactos, ao longo do tempo, no Sistema de Dunas no distrito de Quintão, localizado na parcela litorânea do município de Palmares do Sul, a fim de servir de embasamento para pesquisas futuras e subsidiar o desenvolvimento de medidas que busquem regimentar ações de preservação de áreas não impactadas, naturais e a recuperação de áreas impactadas pelas atividades antrópicas.

1.1 Objetivos

Em vista do exposto, o presente trabalho tem por objetivo geral analisar os impactos antrópicos sobre o sistema de dunas no Distrito de Quintão, setor costeiro

do município de Palmares do Sul, no período compreendido entre os anos de 2002 e 2022 com a finalidade de apoiar estudos que visem a adequada gestão dos recursos naturais.

Assim, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Mapear os usos do solo no sistema de dunas do Distrito de Quintão em diferentes datas.
- Detectar e analisar qualitativamente e quantitativamente as alterações antrópicas e seus impactos no sistema de dunas.
- Elaborar uma base de dados geográficos consistente em ambiente SIG, com informações do meio físico.
- Contribuir para estudos que tenha como finalidade a adequada gestão dos recursos naturais, por meio da divulgação e disponibilização das informações produzidas.

1.2 Justificativa

Apesar dos estudos existentes e dos esforços de preservação das zonas costeiras, os resultados das ações do homem sobre o ambiente ainda não foram totalmente avaliados, assim como todo o amplo ambiente que as compõem. Acredita-se, assim, na importância de analisar e mapear os efeitos da antropização, construindo uma linha do tempo para o entendimento da dinâmica da sua ocupação e produzindo informações úteis a fim de conhecer possíveis efeitos danosos das classes de impacto sobre estes ambientes frágeis.

O mapeamento e análise temporal das alterações e dos impactos no Sistema de Dunas no Distrito de Quintão, utilizando dados de Sensoriamento Remoto e modelagem em SIG, possibilita compreender e estudar as alterações na zona costeira entre os anos de 2002 e 2022, assim como a integração de dados de diferentes naturezas, como os censitários. A avaliação conjunta de dados e produção de informações históricas e atuais contribuirá de forma prática para o conhecimento da área e dos processos de alterações de cobertura e uso da terra na área em questão.

Os resultados do trabalho envolvem a disponibilização ao público de uma base de dados consistente, composta por imagens de satélite com diversas resoluções espectral, temporal e espacial; documentos cartográficos, informações censitárias, socioeconômicas e de infraestrutura, oriundas de diversas fontes, e; levantamentos municipais. Essa base poderá ser utilizada por outros usuários tanto para consulta em software de livre acesso, como o GoogleEarth e GoogleMaps, quanto para análise e geração de novos dados em SIG, como ArcGIS, ArcGIS Oline e QGIS.

Assim, espera-se fomentar a produção de novos conhecimentos e de políticas que objetivem a gestão dos recursos costeiros do município bem como a elaboração de algumas medidas atenuantes aos impactos e auxiliares à proteção de áreas não impactadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização das Zonas Costeiras

De acordo com a Lei 7.661, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Brasil, 1988), “considera-se Zona Costeira o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre”. Para Oliveira, & Nicolodi (2012) a delimitação da zona costeira no Brasil baseia-se em critérios políticos e administrativos. A porção terrestre é delimitada pelos limites políticos dos municípios litorâneos e contíguos, conforme os Planos Estaduais de Gerenciamento Costeiro, enquanto a porção marinha é delimitada pela extensão do Mar Territorial (12 milhas náuticas ou 22,2km a partir da linha de base).

Dado o contexto histórico, as Zonas Costeiras sofrem com o exponencial crescimento de atividades humanas em seus ambientes, ocasionando a extrapolação dos recursos disponíveis, aumento de tráfego de veículos, poluição e descarte de resíduos que afetam diretamente o ecossistema costeiro de alta relevância ecológica.

Se tratando do Brasil, mais especificamente no litoral do RS, o aumento populacional ocorre principalmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro e março, período que corresponde ao verão no hemisfério sul, o exponencial crescimento da população nesse período provoca o aumento da poluição desses ambientes, visto que são escassos os municípios da zona costeira do RS que contam com o adequado índice de esgotamento sanitário levando a contaminação dos corpos hídricos. Essas alterações nos ambientes costeiros provocam impactos ambientais significativos, assim, tendo em vista a preservação e a mitigação de tais impactos, foram criados programas para a zona costeira, além de dispositivos legais que protegem ambientes sensíveis de modo geral.

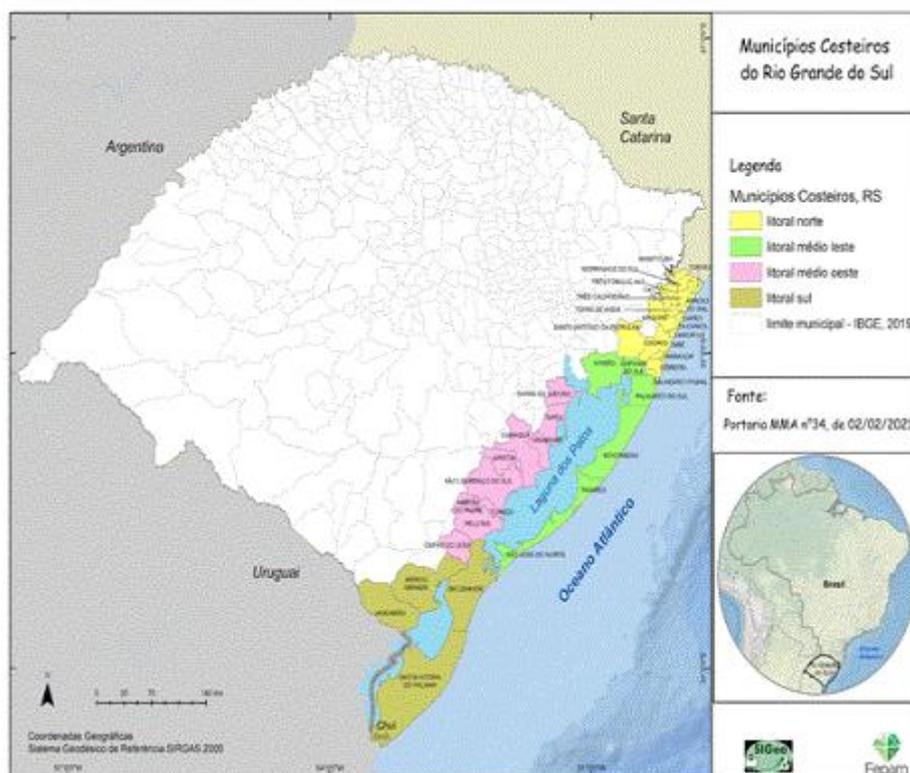
Em nível federal, a Lei nº. 7.661, de 16 de maio de 1988 (BRASIL, 1988), instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), na qual o Artigo 2º, mostra que o PNGC “visará especificamente a orientar a utilização nacional dos

recursos na Zona Costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade da vida de sua população e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural.” O PNGC implementou medidas que auxiliam a proteção e a manutenção das zonas costeiras, tais como prever a criação de Unidades de Conservações, conforme consta no Artigo 9º: “Para evitar a degradação ou o uso indevido dos ecossistemas, do patrimônio e dos recursos naturais da Zona Costeira, o PNGC poderá prever a criação de unidades de conservação permanente, na forma da legislação em vigor.” Além disso, o PNGC tem grande relevância visto que o limite leste brasileiro é o Oceano Atlântico, com cerca de 7 mil quilômetros de linha de costa, onde, de acordo com o Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil (IBGE, 2010), 26,58% da população brasileira vive na Zona Costeira, o que representa mais de 50 milhões de pessoas.

Utilizando como base o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro instituído em 1988, o programa de Gerenciamento Costeiro – GERCO, coordenado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler do Rio Grande do Sul – RS (FEPAM), visa a implementação de medidas que auxiliem na gerência dos ambientes costeiros do Estado: “O Programa de Gerenciamento Costeiro da FEPAM visa a implantação de um processo de gestão costeira apoiada em instrumentos de planejamento e gerenciamento como o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), um sistema de informações, planos de ação e gestão, monitoramento, licenciamento e fiscalização, objetivando melhorar a qualidade de vida das populações locais e promovendo a proteção adequada de seus ecossistemas.” (FEPAM, 2021).

O Plano de Gerenciamento Costeiro subdivide o Litoral do Rio Grande do Sul em três setores: Litoral Norte, Litoral Médio e Litoral Sul, conforme a Figura 1:

Figura 1: Subdivisão do Litoral do Rio Grande do Sul.



Fonte: FEPAM (2021).

Segundo FEPAM (2021) “O Zoneamento Ecológico-Econômico é um conjunto de regras para o uso dos recursos ambientais estabelecido por zonas que possuem padrões de paisagem semelhantes. É um instrumento de planejamento que estabelece diretrizes ambientais, permitindo identificar as restrições e potencialidades de uso dos recursos naturais. É, também, uma ferramenta fundamental para o planejamento e a gestão dos municípios do Litoral Norte”. O ZEE pode ser utilizado como uma ferramenta de apoio para o planejamento e gerenciamento costeiro municipal.

No âmbito municipal, o Plano Diretor de Palmares do Sul foi instituído pela Lei Municipal nº 1.422 de 28 de setembro de 2006, conta com regras e medidas voltadas a Zona Costeira do Município. No Artigo 10º, que trata da Constituição de Elementos Estruturadores da Região do Aglomerado Urbano do Litoral, destaca-se o parágrafo IX:

“o conjunto de espaços de Orla, incluindo faixa de 50 metros em áreas urbanizadas e faixa de 200 metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as características por feições de praia, dunas, restingas, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos.”(Palmares do Sul, 2006). E o parágrafo VIII “os parques, reservas e unidades de conservação, que constituem o conjunto dos espaços naturais, de propriedades públicas ou privadas, necessárias à manutenção da qualidade ambiental e ao desenvolvimento sustentável do Município de Palmares do Sul, e da região.” (Palmares do Sul, 2006).

Já, o Artigo 14 do Plano Diretor do Município de Palmares do Sul explica que “O zoneamento proposto para todo o território do Município de Palmares do Sul, estimula a intensidade de ocupação do solo de acordo com as potencialidades e restrições ambientais, econômicas e de ocupação e uso existentes considerando as relações de complementaridade entre a zona urbana consolidada e a zona rural.” (Palmares do Sul, 2006)

A instalação de residências sobre áreas de dunas frontais, ambientes de alto risco ambiental, evidenciam a necessidade de medidas que mitiguem os impactos sobre o meio ambiente e os riscos para a população que se instalam nestas áreas propícias ao soterramento devido ao movimento das dunas. Neste sentido o Plano Diretor do Município de Palmares do Sul, em seu Artigo 54º, voltado à diretrizes da política de habitação do Município, visa, no parágrafo X, “intervir em áreas degradadas e de risco, de modo a garantir a integridade física, o direito à moradia e a recuperação da qualidade ambiental dessas áreas;” (Palmares do Sul, 2006).

Apesar dos programas oficiais que visam o gerenciamento costeiro, a urbanização dessas zonas ainda persiste como um dos principais fatores geradores de sua degradação ambiental. São diversos os exemplos dos impactos ocasionados pela ocupação inadequada, ou sem o devido planejamento. Um exemplo marcante é Balneário Hermenegildo, que sofre com a erosão costeira, causada principalmente pela urbanização em áreas de dunas visto que promovem a supressão de dunas frontais, fundamentais para a proteção costeira, sendo necessário o incremento de outras fontes de contenção para barrar o avanço do mar sobre as residências. Da mesma forma, no Balneário de Dunas Altas diversas áreas estão sendo cobertas pela areia proveniente de dunas móveis devido a instalação de residências nesses ambientes.

2.2 Geotecnologias no estudo das zonas costeiras

A evolução tecnológica propiciou o desenvolvimento de sistemas de imageamento orbital e computacional, voltados ao levantamento e análise de dados geográficos. Assim, atualmente, tem-se um cenário de fácil acesso a esses dados, bem como de seu processamento e extração de informações, voltadas às mais diversas áreas do conhecimento.

O Sensoriamento Remoto tem como característica a obtenção de dados e informações de diferentes alvos sem a necessidade de contato direto com o objeto. Para Meneses e Almeida (2012) “Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres.”

Uma das grandes vantagens do uso de dados de Sensoriamento Remoto é a agilidade da obtenção de dados, além da variação das resoluções espacial, espectral, temporal e radiométrica. A resolução espacial permite estudos em variadas escalas, quando trabalhamos em escala local, utilizando imagens de maior resolução espacial, é obtido um maior detalhamento da área de estudo ou de feições em específico. Uma menor resolução espacial permite estudos de nível regional e até mesmo continental e global. A resolução espectral propicia análise precisa tanto de diferentes alvos contidos em uma imagem quanto em diferentes faixas do espectro eletromagnético. Cada região do EEM é especialmente útil para determinadas finalidades, como por exemplo, as faixas do visível e infravermelho próximo são comumente utilizadas para estudos de cobertura e uso da terra e, as faixas do infravermelho médio para estudos geológicos. Já a resolução temporal corresponde ao tempo de revisita do satélite. Os estudos das zonas costeiras podem variar quanto ao período analisado, podendo estar relacionados à identificação e ao monitoramento de fenômenos. Assim, análises temporais de curto prazo, como por exemplo dentro de um período de um mês, se necessitará da utilização de satélites com maior frequência de aquisição de imagens do que um estudo que envolve décadas. Também pode-se valer de múltiplos sensores, tendência atual diante da variedade de sensores orbitais disponíveis.

Dentre os métodos de extração de informações sobre os alvos contidos em uma imagem destacam-se a interpretação visual; classificação digital; abordagens

híbridas, como por exemplo *Geographic Object-Based Image Analysis* (GEOBIA); redes neurais artificiais, entre outros métodos.

Destacam-se também, como técnica de apoio à identificação de alvos, operações entre bandas para a geração de índices, como o *Normalized difference vegetation index* ou Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o *Normalized Difference Built-Up Index* ou Índice de Diferença Normalizada de Áreas Construídas (NDBI). O NDVI é obtido através da razão entre a diferença das Bandas referentes a região do espectro do Infravermelho próximo - NIR (0.7 - 1.1 μ m) e vermelho (0.5 - 0.7 μ m) pela soma das Bandas Infravermelho Próximo e Vermelho. O índice NDVI varia entre 1 indicativo de presença de cobertura vegetal e -1 indicativo de ausência de cobertura vegetal como corpos de água e solo exposto. A vegetação no comprimento de onda do vermelho, por conta da atividade da clorofila, absorve grande parte da radiação nesse comprimento de onda gerando valores baixos de radiação refletida em áreas de cobertura vegetal, já na faixa espectral do infravermelho próximo, as áreas de cobertura vegetal geram maior reflectância nesse comprimento de onda gerando altos valores de radiação refletida. (JENSEN,2009)

Os inúmeros satélites no espaço obtêm, diariamente, informações sobre os mais diversos alvos. Para estudos com foco na cobertura e uso da terra podemos destacar os satélites da série Landsat, sendo os mais recentes o Landsat-8 lançado no ano de 2013, ainda operacional, e o Landsat 9, em atividade desde o ano de 2021. Essa série de satélites contam com resolução espacial de 30 metros para as bandas da faixa espectral do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, 15 metros para a banda pancromática e 100 metros para as bandas da faixa espectral do infravermelho termal, com revisita a cada 16 dias. São muito utilizados para análises temporais visto que contam com vasta série histórica de imagens (Embrapa,2021). Outros exemplos são os satélites da série Sentinel e SPOT. Os satélites Sentinel 2A e 2B foram lançados em 2015 e 2017, respectivamente, e contam com o sensor Multispectral Imager (MSI) com 13 bandas espectrais, resolução espacial de 10m na faixa espectral do visível, 20m no infravermelho e 60 metros na faixa espectral relacionada a correção atmosférica (Embrapa,2021). Os satélites SPOT também possibilitam análise temporal visto que seu primeiro satélite foi lançado em 1986, operando até 1990. O segundo da série permaneceu em operação até 2009 e o terceiro satélite lançado, em 1993, permaneceu em atividade até 1997. Os satélites SPOT- 4,5,6 e 7 permanecem em atividade. O SPOT-6 e SPOT-7, lançados em 2012

e 2014 respectivamente, contam com o sensor New AstroSat Optical Modular Instrument: PAN e MS (NAOMI), com alta resolução espacial: 2 metros de resolução espacial na banda pancromática e 8 metros de resolução espacial nas bandas multiespectrais. Entre os satélites voltados para estudos oceânicos e atmosféricos destacam-se os satélites AQUA e TERRA. O satélite AQUA conta com 6 sensores: Atmospheric Infrared Sounder (AIRS), Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU-A), Humidity Sounder for Brazil (HSB), Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E), Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) e Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES). Esse conjunto de sensores possibilita a obtenção de diferentes informações como dados meteorológicos, temperatura atmosférica, monitoramento de mudanças climáticas, propriedade das nuvens, assim como análises da interação entre oceano, terra e atmosfera. O satélite TERRA, lançado em 1999, conta com os sensores ASTER, MODIS, MISR, MOPITT e CERES, que possibilitam observar a atmosfera a partir de dados como temperatura e umidade, a superfície terrestre como mudanças na cobertura e uso da terra e o oceano, como temperatura da superfície, bem como a geração de modelos 3D do terreno (EMBRAPA,2021).

Os Sistemas de Informações Geográficas se configuram como as ferramentas computacionais para a manipulação, armazenamento, análise e produção de dados geográficos, possibilitando a integração de dados e análises espaciais complexas. Uma grande quantidade de informação é extraída pelo processamento de imagens de Sensoriamento Remoto e que podem ser integradas em um SIG, como dados de uso e cobertura da terra, observações meteorológicas, áreas de queimadas, identificação de áreas propícias a desastres naturais, tais como enchentes, deslizamentos, análise de erosão costeira, movimentação de dunas, extração de informações de áreas naturais e antrópicas e de sedimentação em corpos de água continentais e no oceano.

De acordo com CAMARA Et al. (2001) um SIG “é capaz de Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados Georreferenciados.”

Druck et al. (2004) observam que “o objetivo das técnicas de análise espacial é descrever os padrões existentes nos dados espaciais e estabelecer, preferencialmente, de forma quantitativa, os relacionamentos entre as diferentes variáveis geográficas.” As análises em SIG, podem, por exemplo identificar melhores localizações para melhores empreendimento, traçado de rotas, análise 3D entre outras possibilidades. Entre as ferramentas de análise espacial disponibilizadas pelo software ArcGIS estão: Criar Buffers, Criar Áreas de Tempo do Percurso, Localizar Mais Próximo, Planejar Rotas e Conectar Origens aos Destinos. (ESRI,2021).

Existem diversos os modeladores de dados espaciais, entre eles destacam-se: Modelagem Espacial Multicritério (MEM), realizado através da integração de diferentes fontes de dados; o Geomod que possibilita a simulação de crescimento urbano assim como alterações no uso do solo e; o Modelador de Mudanças da Terra (Land Change Modeler), que permite a análise automatizada das mudanças na cobertura da terra. Diversos softwares de SIG possuem um módulo especial para análise de mudanças da cobertura da terra de forma automática, entre eles estão o TerSet e o ArcGIS. Na maioria dos casos, esse módulo permite além da rápida análise das mudanças da cobertura da terra, a simulação de cenários futuros das mudanças da terra. (Clark Labs, 2021).

São muitos os exemplos de trabalhos em zonas costeiras, empregando as técnicas descritas (FOLHARINI e OLIVEIRA, 2020; DOS SANTOS PASSOS et al., 2020; PINTO et al., 2009).

SERRA e FARIAS FILHO (2019) avaliaram a expansão urbana e impactos ambientais na Zona Costeira Norte do município de São Luís (MA), utilizando a classificação digital supervisionada (algoritmo MaxVer) de imagens do satélite Landsat TM5 do anos 1984 e 2010. Segundo os autores “Os resultados mostraram que houve significativa redução da área com vegetação em consequência do intenso processo de expansão urbana, em 1984 a área urbana ocupava um total de 29,27% da área e em 2010 ocupava um total de 56,26%.” (SERRA e FARIAS FILHO, 2019). Os autores constataram também, em relação a análise dos impactos ambientais, “a supressão da cobertura vegetal e uso indevido das áreas de dunas para criação de residências de veraneio (segunda residência), para fins de lazer.” (SERRA e FARIAS FILHO, 2019).

O Mapbiomas é um importante projeto em nível nacional que conta com auxílio de múltiplas instituições, a fim de elaborar o mapeamento de uso e cobertura do solo brasileiro. Através de seu portal disponibiliza análises e dados de uso e cobertura da terra de todo o território brasileiro, anualmente. Entre as diversas coleções, a de número seis (6), traz informações referentes as análises das Zonas Costeira entre os anos 1985 e 2020. Os resultados apontam que a categoria Área de Praia, Duna e Areal (PDA) no Brasil sofreu redução de 15% de sua superfície. Ainda, de acordo com dados da Coleção 6 do Mapbiomas, 10% da área de PDA corresponde a classe de infraestrutura urbana, 5% a classe de Silvicultura e 7% da área corresponde a classe de Pastagem. (MapBiomias, 2021). Os sistemas de cordões arenosos do Rio Grande do Sul e do Maranhão torna-os os estados com maior extensão de PDA, visto que seus sistemas de dunas controlam a distribuição da classe Praia, Duna e Areal. (MapBiomias, 2021).

A grande preocupação está, principalmente, focada na degradação destes ambientes que poderia ser evitada através da criação de Unidades de Conservação (UC), como ocorre nos lençóis Maranhenses, por meio da implementação de um Parque Nacional que de acordo com a Lei N° 9.985 “tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.” (Brasil,2000). O avanço de construções em áreas de dunas no Rio Grande do Sul assim como a silvicultura, são indicativos de degradação destes ambientes, sendo necessárias medidas para mitigação, prevenção e estudos visando a criação de Unidades de Conservação.

A utilização de serviços ecossistêmicos em ambientes naturais de forma expressiva coloca em risco a capacidade ambiental de recarga dos recursos utilizados, se tratando de áreas de dunas. Neste sentido, VEIGA LIMA et al. (2016) realizaram um estudo de avaliação de ameaças sobre os serviços ecossistêmicos em um sistema de dunas nos campos de dunas da Ilha de Santa Catarina / SC. A metodologia empregada incluiu análise cartográfica e fointerpretação sobre fotos aéreas e imagens de satélites com o intuito de reconhecer e especializar os Sistemas de Dunas pesquisados; reconhecimento em campo; identificação e classificação dos serviços ecossistêmicos e; identificação e avaliação dos graus de ameaça através do protocolo *Threats Classification Scheme*, da IUCN. Entre os resultados obtidos, os

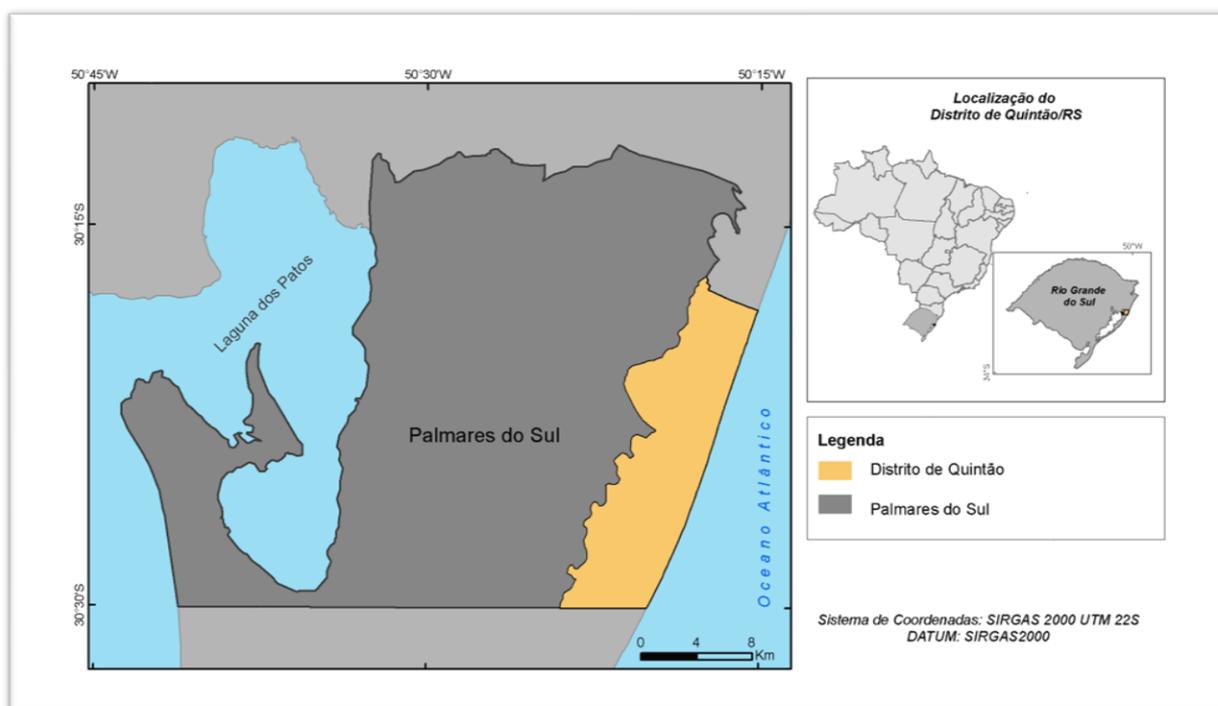
autores observaram duas ameaças classificadas em nível “Muito Alta” , sendo elas a alteração no estoque de recursos hídricos subterrâneos e contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e material sedimentar além de outros impactos potenciais como a disposição de resíduos sólidos.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Delimitação da área de estudo e do período de análise

O Distrito de Quintão está localizado no setor costeiro do município de Palmares do Sul (Figura 2), contando com uma área de 141,17 Km²

Figura 2: Mapa de localização e delimitação da área de estudo



O Distrito de Quintão é amplamente caracterizado pela presença de um sistema de dunas costeiras, sobre o qual, dada a sua fragilidade e concentração das atividades antrópicas, optou-se por realizar a identificação e análise dos usos do solo. Porém, a intenção de agregar informações de caráter censitário cujas unidades de levantamento somam-se ao nível distrital tornou necessário aliar o limite administrativo distrito ao limite do ambiente de dunas.

A delimitação do Sistema de Dunas deu-se a partir da correlação entre as classes “coberturas eólicas holocênicas” indicadas no Mapa Geológico do IBGE (2020), obtido em formato digital vetorial, (Figura 5) e a classe “sistema deposicional

laguna-barreira IV”, definida na literatura por VILLWOCK & TOMAZELLI (1995). Assim, assumiu-se como o limite do sistema de dunas aquele correspondente ao sistema laguna barreira IV, desenvolvido no Holoceno, como consequência da última transgressão pós-glacial, há cerca de 5.000 anos. As areias praias da Barreira IV são quartzosas, de granulação fina a muito fina. O campo de dunas eólicas é bem desenvolvido, cuja largura varia entre 2 e 8 km, estendendo-se praticamente ao longo de toda a linha da costa do Rio Grande do Sul. O regime de ventos de alta energia proveniente da direção nordeste sobre as dunas livres ocasiona a formação de dunas do tipo barcanoide, que migram no sentido sudoeste, transgredindo terrenos mais antigos e avançando para dentro dos corpos lagunares adjacentes. (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). O sistema de dunas no distrito de Quintão conta com uma área de 96,19 Km² (Figura 3).

O recorte temporal adotado se refere aos anos 2002, 2013 e 2022, definido a partir de uma breve análise temporal de imagens de modo a identificar um período delimitado pelas alterações mais significativas no uso do solo. Análises preliminares utilizando imagens do *software* Google Earth demonstram o exponencial crescimento da malha urbana na área de estudo entre os 1985 e 2021, como pode-se observar na Figura 4.

Figura 3: Mapa geológico (IBGE, 2020) e delimitação do sistema de dunas de Quintão.

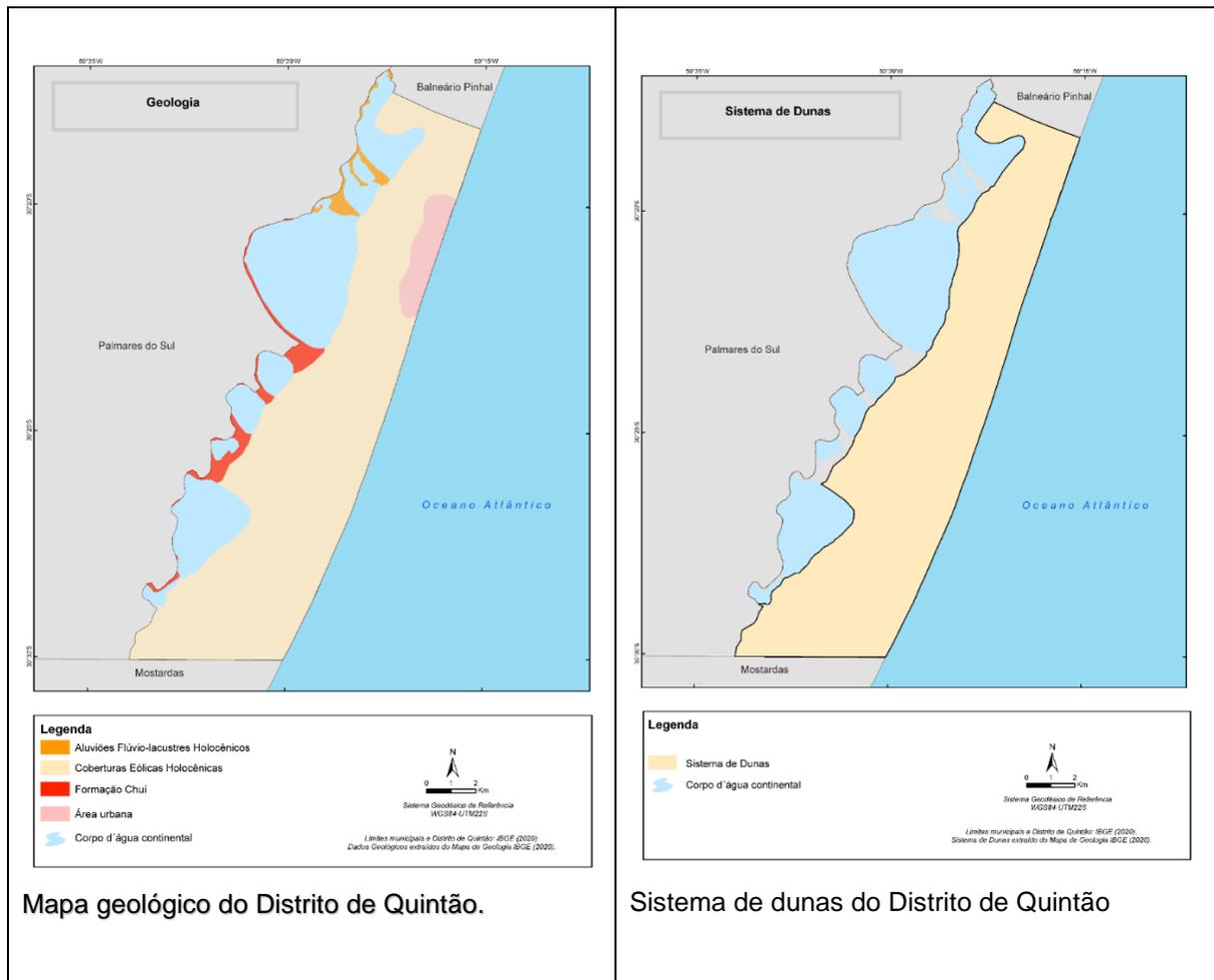
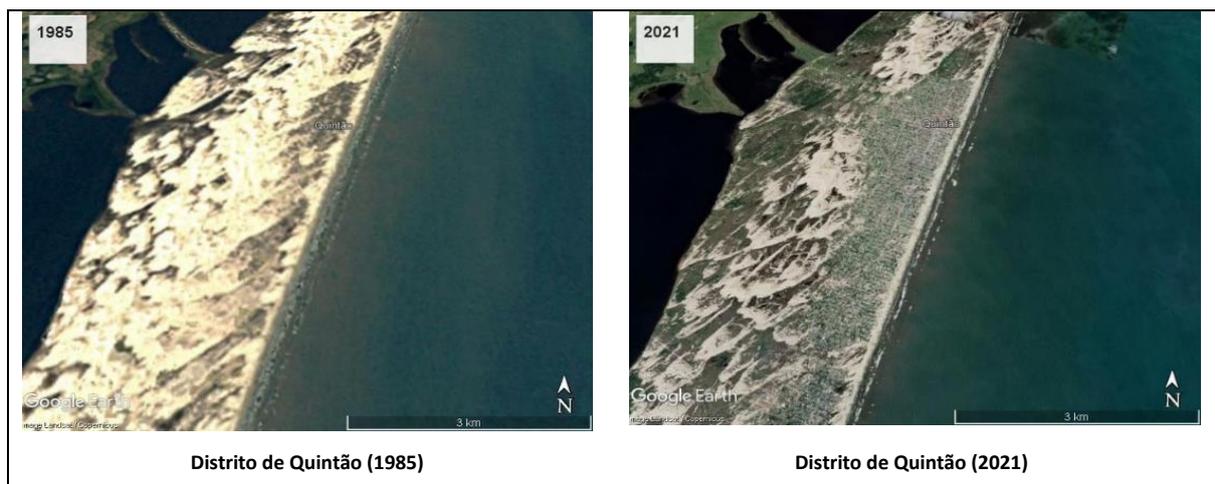


Figura 4: Urbanização entre os anos 1985 e 2021



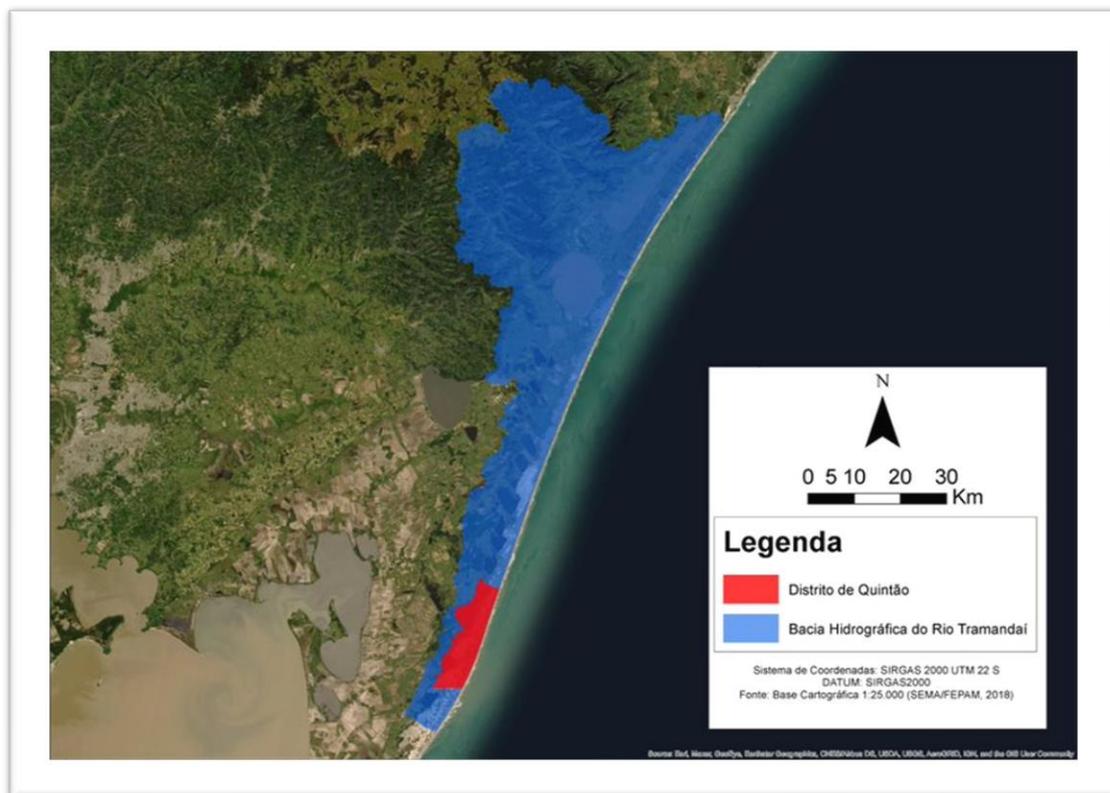
Fonte: Google Earth (2021)

3.2 Caracterização do contexto de inserção do Distrito de Quintão

O município de Palmares do Sul está inserido no Litoral Médio do Rio Grande do Sul (FEPAM, 2021) e cerca de 29% de sua área está inserida na Bacia do Tramandaí. (SEMA,2021). O Distrito de Quintão, localizado na porção litorânea do município, está integralmente localizado na categoria L010- Bacia Hidrográfica do Tramandaí, localizada na região Hidrográfica das Bacias Litorâneas.

A Figura 5 ilustra a área de estudo em relação a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.

Figura 5: Mapa Área de Estudo e Bacia Hidrográfica



A região de interesse, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, tem clima subtropical úmido (Cfa), predominante no litoral do Rio Grande do Sul. O verões são quentes, com temperaturas superiores a 22°C (STRAHLER, 1963). Há predominância de vento de nordeste entre a primavera e o verão, assim como no outono e inverno há presença do vento de sudoeste (minuano). O sistema de ventos presente em todas as estações do ano tornam a região litorânea favorável a geração de energia renovável através de aerogeradores, como podemos destacar as

instalações tanto no litoral norte quanto sul (Osório, Cidreira, Santa Vitória do Palmar, entre outros) (Enerfin, 2021).

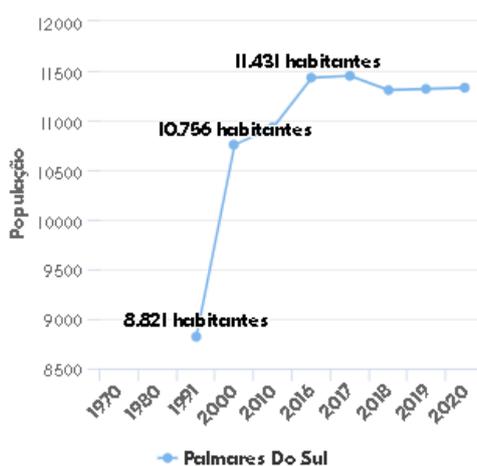
Palmares do Sul, de acordo com o Censo Demográfico do ano de 2010 contava, com uma população de 10.969 pessoas e densidade demográfica de 11,56 hab/km² (IBGE,2021). É possível observar a evolução da população de Palmares do Sul entre os anos 1970 e 2020, disponibilizada pela Fundação Maria Cecília Souto Vidigal (FMCSV), conforme a Figura 6. Em 1991 a população rural em Palmares do Sul correspondia a 2.735 habitantes e a urbana 6.189 habitantes, já em 2010 a população rural passou para 1.166 habitantes e a urbana atingiu 9.803, registrando incremento de mais de 58% (FMCSV,2021), conforme ilustra a Figura 7.

Por outro lado, a população do Distrito de Quintão era 2158 habitantes no ano de 2000, atingindo 3069 habitantes no ano de 2010. Devido aos dados setorizados para o Distrito de Quintão terem seu último levantamento realizado no ano de 2010, não há disponibilidade de dados mais recentes.

Figura 6: Crescimento populacional entre 1970 e 2020

Evolução da População

Acompanhe o crescimento populacional entre 1970 e 2020



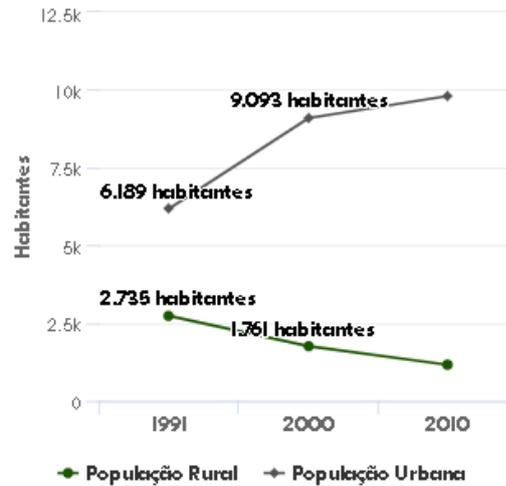
Fonte: IBGE - Censo Demográfico; Atlas Brasil 2013 - Censo 2010 | Organizado por Datapedia.info

Nota Técnica: Dados oficiais do IBGE e estimativas publicadas em D.O.U.

Fonte: Fundação Maria Cecília Souto Vidigal (FMCSV)

Figura 7: População Rural e Urbana

Evolução População Rural e Urbana

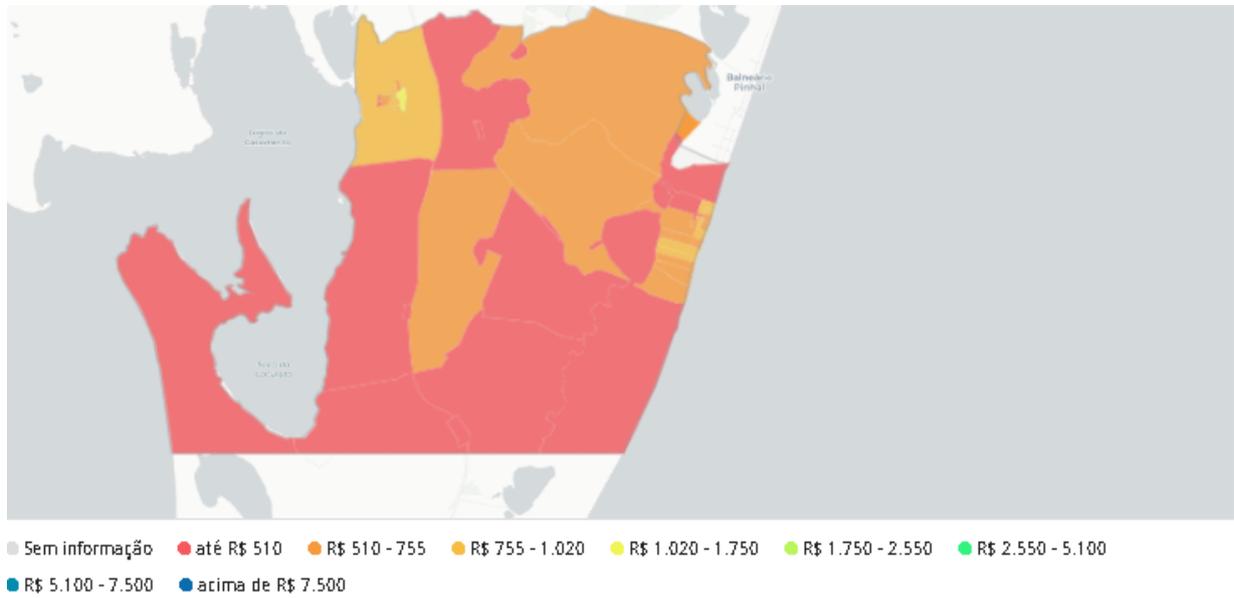


Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) | Organizado por Datapedia.info

Fonte: Fundação Maria Cecília Souto Vidigal (FMCSV)

A variação de renda média distribuída nos setores censitários mostra que o Distrito de Quintão, assim como o município como um todo, tinha no ano de 2010 a maior renda média entre R\$ 755,00 a R\$ 1.020,00, de acordo com a Figura 8 (FMCSV,2021).

Figura 8: Variação de renda média nos setores censitários



Fonte: Atlas Brasil 2013 - Censo 2010 | Organizado por Datapedia.info

Nota Técnica: Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade (com e sem rendimento)

Fonte: Fundação Maria Cecília Souto Vidigal (FMCSV)

4. METODOLOGIA

A realização deste trabalho deu-se através de diferentes procedimentos metodológicos visando análises qualitativa e quantitativa, com foco na detecção das mudanças de cobertura e uso da terra, ao longo do tempo, no Distrito de Quintão. Podemos resumir a operacionalização em quatro etapas principais: a) levantamento dos antecedentes; b) elaboração da base de dados; c) processamento e análise dos dados em SIG e d) disponibilização das informações.

4.1 Levantamento dos Antecedentes

A etapa inicial da execução do trabalho consistiu em uma pesquisa extensa de levantamento de antecedentes que auxiliaram na elaboração de uma base de dados para a execução do trabalho. Foram consultados referenciais bibliográficos, legislação ambiental, mapas, documentos, cartas, imagens de satélites, dados censitários e materiais bibliográficos. Algumas das fontes acessadas foram: SPOT *World Heritage* (Agência Espacial Francesa); *EarthExplorer* (Serviço Geológico dos Estados Unidos); *Copernicus Open Access Hub* (Programa de observação da terra da União Europeia); Banco de Imagens DGI-INPE (Divisão de Geração de Imagem do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), FEPAM-RS, Divisão do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

4.2 Elaboração da base de dados

Após a pesquisa prévia dos antecedentes, foram selecionadas e coletadas as informações (dados estatísticos e espaciais) consideradas pertinentes à essa proposta de estudo. Nesta etapa foram inseridas na base de dados, criada no ArcMap 10.6, todas as informações espaciais, sendo realizada a padronização do sistema geodésico de referência, visto que os dados obtidos apresentam diferentes projeções e formatos. O sistema geodésico de referência escolhido foi o *World Geodetic System*

(WGS), WGS84 e Projeção UTM22S. Esses dados foram estruturados em formato geodatabase, visando maior garantia da sua integridade; organizados em formatos raster e vetorial e; recortados pelos limites do município e do Distrito, a fim de manter duas escalas de análise. A base de dados é assim composta pelas seguintes informações:

- Imagens do satélite Landsat 5 para os anos de 1988 e 1990, com 30 metros de resolução espacial nas bandas do visível e infra-vermelho, obtidas através do portal Earth Explorer.
- Imagens do satélite Landsat 7 para o ano de 2002 com 30 metros de resolução espacial nas bandas do visível e infra-vermelho e 15 metros na banda pancromático, obtidas através do portal Earth Explorer.
- Imagens do satélite Landsat 8 para o ano de 2013 com 30 metros de resolução espacial nas bandas do visível e infra-vermelho e 15 metros na banda pancromático, obtidas através do portal Earth Explorer.
- Imagens do satélite Landsat 9 para o ano de 2022 com 30 metros de resolução espacial nas bandas do visível e infra-vermelho e 15 metros na banda pancromático, obtidas através do portal Earth Explorer.
- Imagens do satélite SPOT, com 20 metros de resolução espacial, bandas do visível e infravermelho, do ano de 1988 e; com 10 metros de resolução espacial na banda pancromática e 20 metros nas bandas do visível e infravermelho, do ano de 2015, obtidas através do portal SPOT World Heritage (SWH) disponibilizado pela Centro Nacional de Estudos Espaciais (National Centre for Space Studies) da agência espacial Francesa.
- Imagens do satélite Sentinel 2A, com resolução espacial de 10 metros na faixa espectral do visível, 20 metros na faixa do infravermelho e 60 metros na faixa espectral relacionada à correção atmosférica, dos anos 2015 e 2021, oriundas do portal Copernicus Open Access Hub (Programa de Observação da Terra da União Europeia).
- Delimitação do município, em escala 1:5.000, oriunda da Malha Censitária do ano de 2020, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

- Delimitação do Distrito de Quintão, em escala 1:5.000, oriunda da Malha Censitária do ano de 2020 disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, em escala 1:750.000, disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM
- Dados censitários de demografia e de caracterização de infraestrutura por domicílio, disponibilizados pelo IBGE.
- Mapas de solos, geologia e geomorfologia em escala 1:250.000 provenientes do *site* do IBGE.
- Hidrografia, áreas urbanas, curvas de nível, pontos cotados e rede viária da base cartográfica da DSG, em escala 1:50.000 e formato *shapefile*.

A organização dos arquivos e a estruturação do *geodatabase* está disponível no APÊNDICE 1.

4.3 Mapeamento das classes de cobertura e uso da terra

Com o intuito de identificar e mapear os usos do solo sobre o sistema de dunas, observou-se que, historicamente, predominam duas categorias: a urbanização e a silvicultura. Estes usos são considerados, então, como classes de impacto sobre o ambiente natural, ou seja, sobre o sistema de dunas (cobertura da terra).

A classe silvicultura engloba espécies exóticas, tais como Pinus e Eucalipto, muito utilizadas para a extração de madeira e resina. Observaram-se áreas de plantio assim como a presença de modo esparso, oriunda da dispersão das espécies. A classe urbano é composta por construções para fins residenciais permanentes e, ainda, nas zonas mais próximas a linha da costa, encontram-se construções com fins de segunda residência, de comércio e de serviços, em especial do tipo pousada para hospedagem no período de veraneio.

Para a obtenção das classes definidas, foram selecionadas as imagens dos satélites Landsat, conforme apresentadas na Tabela 1. Previamente, a intenção era compor uma análise integrada das imagens com os dados censitários dos anos 1990, 2000 e 2010, de modo a correlacionar informações mapeadas com aquelas levantadas em nível de domicílio. Devido as limitações do imageamento para os anos 2000 e 2010, em razão da ausência de nuvens sobre a área de estudo e falhas no

satélite Landsat7, foram obtidas aquelas com datas mais próximas ao levantamento censitário.

Tabela 1: Imagens de satélite utilizadas.

DATA	SATÉLITE
16/07/2002	LANDSAT 7
31/03/2013	LANDSAT 8
12/01/2022	LANDSAT 9

Definidas as imagens, foram elaboradas diferentes composições de bandas espectrais a fim de possibilitar a melhor observação e diferenciação de alvos, além da fusão das composições coloridas de resolução espacial de 30m com a banda pancromática de 15m (*pansharpening*). Ainda, como produto auxiliar para o processo de interpretação, foram elaborados também imagens NDVI para todos os anos. A Figura 9 ilustra exemplos de composições elaborados para a área de estudo para os anos 2002 e 2022 e a Figura 10 a imagem NDVI para o ano de 2022.

Figura 9: Composições coloridas falsa-cor.

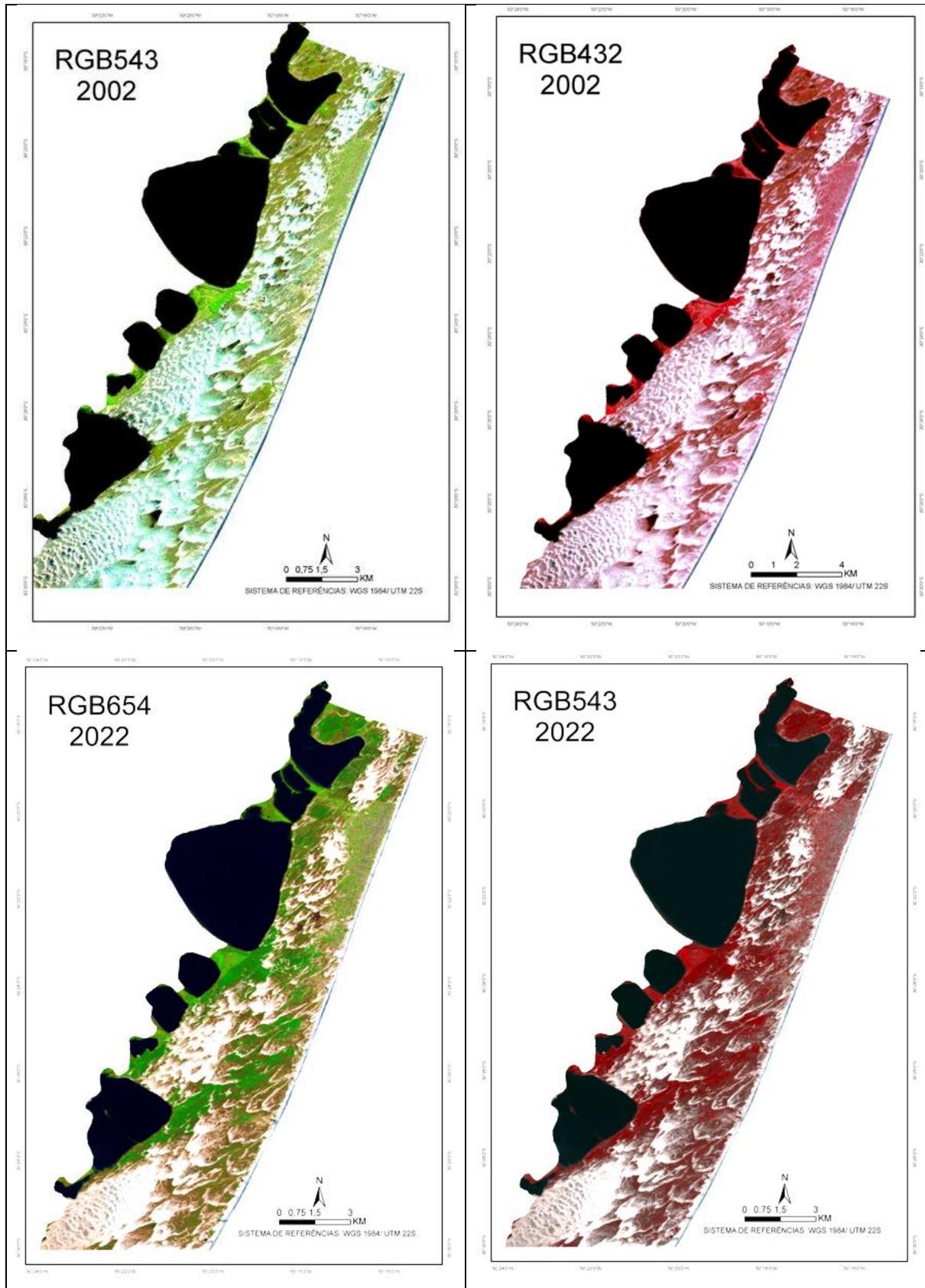
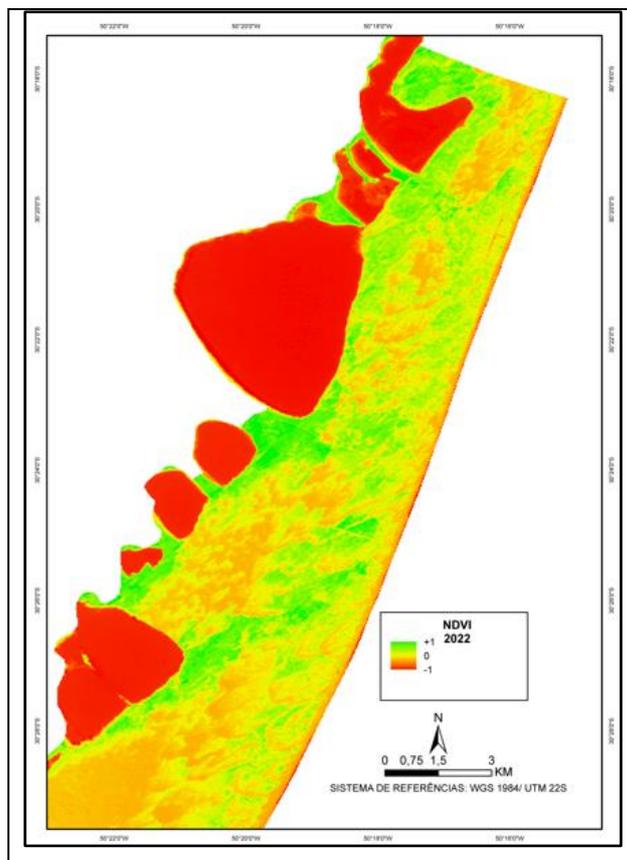


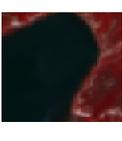
Figura 10: Imagens índice NDVI



Dentre os diferentes métodos de extração de dados existentes para o mapeamento dos usos do solo foi selecionado a interpretação visual, sobretudo em razão das dificuldades encontradas para a utilização de método automatizado em computador próprio durante a pandemia e de o conjunto de classes de interesses ser reduzido.

Previamente a interpretação e vetorização das classes, foi elaborada a chave de interpretação (Tabela 2) contendo a identificação dos alvos e o reconhecimento das classes presentes na área de estudo a partir dos elementos de cor, textura, forma, padrão entre outros. Além das classes de uso, foram identificadas as classes de cobertura que compõem o sistema de dunas, porém não sendo vetorizadas individualizadas. Como resultado, são definidas quatro classes para mapeamento: urbano, silvicultura, corpos de água e sistema de dunas.

Tabela 2: Chave de interpretação

RGB(654) Landsat 9	RGB(543) Landsat 9	Interpretação	Cor Tonalidade	Elementos de interpretação	Descrição
		Urbano	654: Cinza claro ou bege intercalada com verde 543: Vermelho claro intercalado com cinza.	Textura rugosa, forma regular, com observação de grade conformada a partir do arruamento.	Área com grande concentração de domicílios e construções.
		Silvicultura	654: Verde escuro 543: Vermelho escuro	Textura rugosa média, forma regular poligonal	Área com presença de vegetação plantada como pinus e eucalipto
		Campestre (inclusa no sistema de dunas)	654: Verde claro 543: Vermelho claro	Textura lisa, forma irregular, padrão N/A	Presença de cobertura vegetal, natural e rasteira.
		Dunas (inclusa no sistema de dunas)	654: Bege claro e Branco 543: cinza e Branco	Textura rugosa, forma ovalada	Áreas de Dunas móveis.
		Faixa de praia (inclusa no sistema de dunas)	654: Bege escuro e Rosa claro 543: Cinza claro	Textura lisa, forma linear, paralela à linha de costa	Área de encontro do continente com o oceano.
		Corpos de água (inclusa no sistema de dunas)	654: Azul Claro a Azul escuro 543: Cinza escuro ou preto	Textura lisa, forma circular irregular	Corpos d' água no interior do continente.

A vetorização das classes definidas iniciou pela data mais antiga (ano 2002) para a mais recente, sobre as composições coloridas fusionadas para a resolução espacial de 15m, com escala de visualização 1:40.000. Como dados de apoio foram empregadas as imagens índice e as imagens históricas do *Google Earth*, juntamente com a visualização eventual em nível de solo da ferramenta *Street View*.

Após a vetorização, foram efetuadas correções topológicas no ArcGIS com o intuito de evitar inconsistências do tipo sobreposição de polígonos e vazios entre os mesmos. Posteriormente foram calculados as áreas de cada classe para os anos de

interesse (valores absolutos e relativos), na tabela de atributos de cada mapa. Assim, o processo de vetorização resultou em planos de informação contendo classes de uso, para os anos selecionados. Posteriormente realizou-se a reclassificação das classes, em cobertura natural e antrópico, com o intuito de observar a dinâmica das classes geradoras de impacto em relação as áreas naturais: sistema de dunas reclassificada como natural e urbano e silvicultura como antrópico.

Foram gerados então mapas e gráficos das mudanças ocorridas na cobertura e uso, incluindo-se área, ganhos e perdas de cada classes, assim como mudança final. Também foram elaborados mapas diferença, ressaltando o avanço ou redução de cada categoria mapeada. Ambos os procedimentos foram aplicados também para a generalização de classes “cobertura natural” e “antrópico”.

Os dados foram sistematizados de acordo com a Tabela 3:

Tabela 3: Tabela de inserção e sistematização de dados.

CLASSE	ANO 1	ANO 2	ANO 3	VARIAÇÃO (m ²)	VARIAÇÃO (%)

Na coluna CLASSE foram inseridas cada uma das classes de cobertura e uso da terra obtidas no processo de classificação, nas colunas ANO 1, 2 e 3 foram inseridas as áreas em m² de cada uma das classes nos respectivos anos, na coluna VARIAÇÃO (m²) foi calculada a diferença da área entre o ANO 3 e 1, resultando na variação líquida da área durante o período (por exemplo, quantos m² a classe ganhou ou perdeu durante o período de análise) e na; última coluna VARIAÇÃO (%) temos a porcentagem de mudança durante o período analisado, relacionando o ANO 3 e 1.

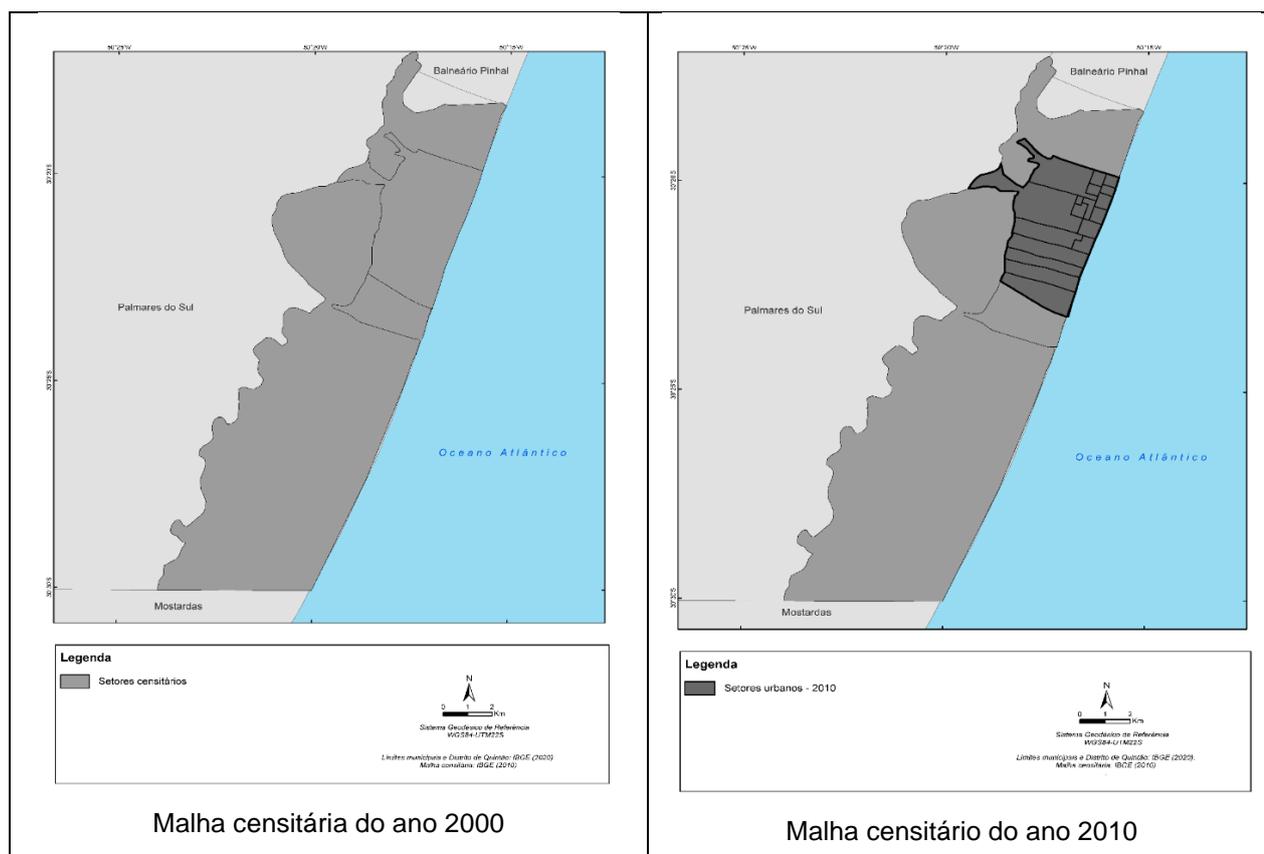
4.4 Tratamento dos dados censitários

Com o objetivo de compreender as características da urbanização e possíveis impactos sobre o ambiente em termos de infraestrutura, foram organizadas informações sobre as características dos domicílios quanto ao número de moradores, as formas de esgotamento sanitário, coleta de lixo e acesso à energia elétrica. Assim,

foram selecionadas duas datas para realizar as análises censitárias, 2000 e 2010. Esperava-se utilizar os dados do censo de 1990, porém não havia dados para Quintão e, o censo de 2020 não foi realizado, o que inviabilizou a obtenção de mais informações.

A malha e os dados censitários para os anos 2000 e 2010 foram extraídos para o município de Palmares do Sul, a partir do conjunto de todos os setores do Estado do Rio Grande do Sul, através do portal do IBGE. Para o ano de 2010 foi necessária a sobreposição dos arquivos *shapefile* do limite municipal e da malha censitária a fim de realizar a extração dos limites censitários que correspondiam ao limite municipal. Assim, para este ano, o Distrito de Quintão abrange 21 setores censitários distribuídos entre áreas urbanas e rurais. Já para o ano de 2000, em razão da diferença na disponibilidade dos dados, foi obtida a malha correspondente à área rural disponibilizada em arquivo único para todo o estado do RS (APÊNDICE 2), pois não estava acessível para *download* a malha referente à área urbana. A Figura 11 apresenta a malha censitário do ano 2010, na qual se observa na tonalidade cinza escuro os setores censitários da área considerada urbana e a malha do ano 2000, na qual não há essa subdivisão, contudo, na tabela dos dados associados há agregação em única linha dos códigos de cada setor. Para efeito comparativo, apesar da generalização dos dados, optou-se por agregar para o ano 2010 todos os setores da área urbana em um único polígono, à semelhança do que ocorre no ano de 2000, conforme pode ser observado no APÊNDICE 2.

Figura 11: Diferenças nas malhas censitárias dos anos 2000 e 2010.



As variáveis consideradas relevantes para avaliação de possíveis impactos do processo de urbanização, descritas a seguir na Tabela 4, foram extraídas e tratadas no software Excel. Após a elaboração dessas tabelas, foi realizado a manipulação dos dados no software Arcmap com o intuito de espacializar as informações, de modo a complementar as análises das classes de uso (função *Join* entre tabelas e malhas no formato *shapefile*). Além de serem utilizados os valores absolutos, foram calculados os valores relativos para cada uma das variáveis, bem como as diferenças (incremento ou decréscimo) entre as duas datas. No APÊNDICE 3 encontra-se a descrição de cada um dos dados na tabela de atributos, no APÊNDICE 4 é possível observar correspondência das variáveis na tabela de atributos e, no APÊNDICE 5 está a tabela de atributos com cada uma das variáveis para 2000 e 2010.

Tabela 4: Variáveis censitárias consideradas para análise.

VARIÁVEIS
Domicílios particulares e domicílios coletivos
Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes
Média do número de moradores em domicílios particulares permanentes
Moradores em domicílios particulares e domicílios coletivos
Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes
Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral
Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade
Domicílios particulares permanentes com outra forma de abastecimento de água
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar
Domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar
Domicílios particulares permanentes com lixo coletado
Domicílios particulares permanentes com energia elétrica
Domicílios particulares permanentes sem energia elétrica
Domicílios particulares permanentes com lixo coletado, banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Análise do uso do solo no sistema de dunas

A interpretação das imagens resultou no mapeamento das classes de uso do solo para os anos 2002, apresentado na Figura 12, para o ano 2013, apresentado na Figura 13 e para o ano 2022, conforme a Figura 14.

As classes são descritas a seguir, baseadas na conceituação proposta por Anderson (1979) e adaptadas para o trabalho.

- **Silvicultura:** atividade econômica vinculada à comercialização de matéria-prima para a indústria madeireira, celulose e/ou para consumo familiar, onde ocorre composição, trato e cultivo de implantações florestais. Na área de estudo esta classe é composta por eucalipto (*Eucalyptus*) e pinus (*Pinus spp.*), identificada no ano de 2002 principalmente como plantio planejado, sendo nos anos seguintes, especialmente nos mais recentes 2022, observada a ocorrência de grandes extensões com grupos esparsos, compostos especialmente de pinus.
- **Urbano:** são áreas de uso intensivo cobertas por estruturas. Na área de interesse localiza-se na metade norte e mais próxima à linha da costa, composta principalmente por edificações unifamiliares. Encontram-se também estruturas destinadas a pequenos comércios e serviços, principalmente de hospedagem.
- **Sistemas de dunas:** corresponde a um ambiente caracterizado pela faixa de praia, dunas móveis e obliteradas, sobre as quais ocorrem baixios úmidos ou alagados, com vegetação pioneira, campestre e arbustivas de porte pequeno.

Figura 12: Uso do Solo no Sistema de Dunas-2002.

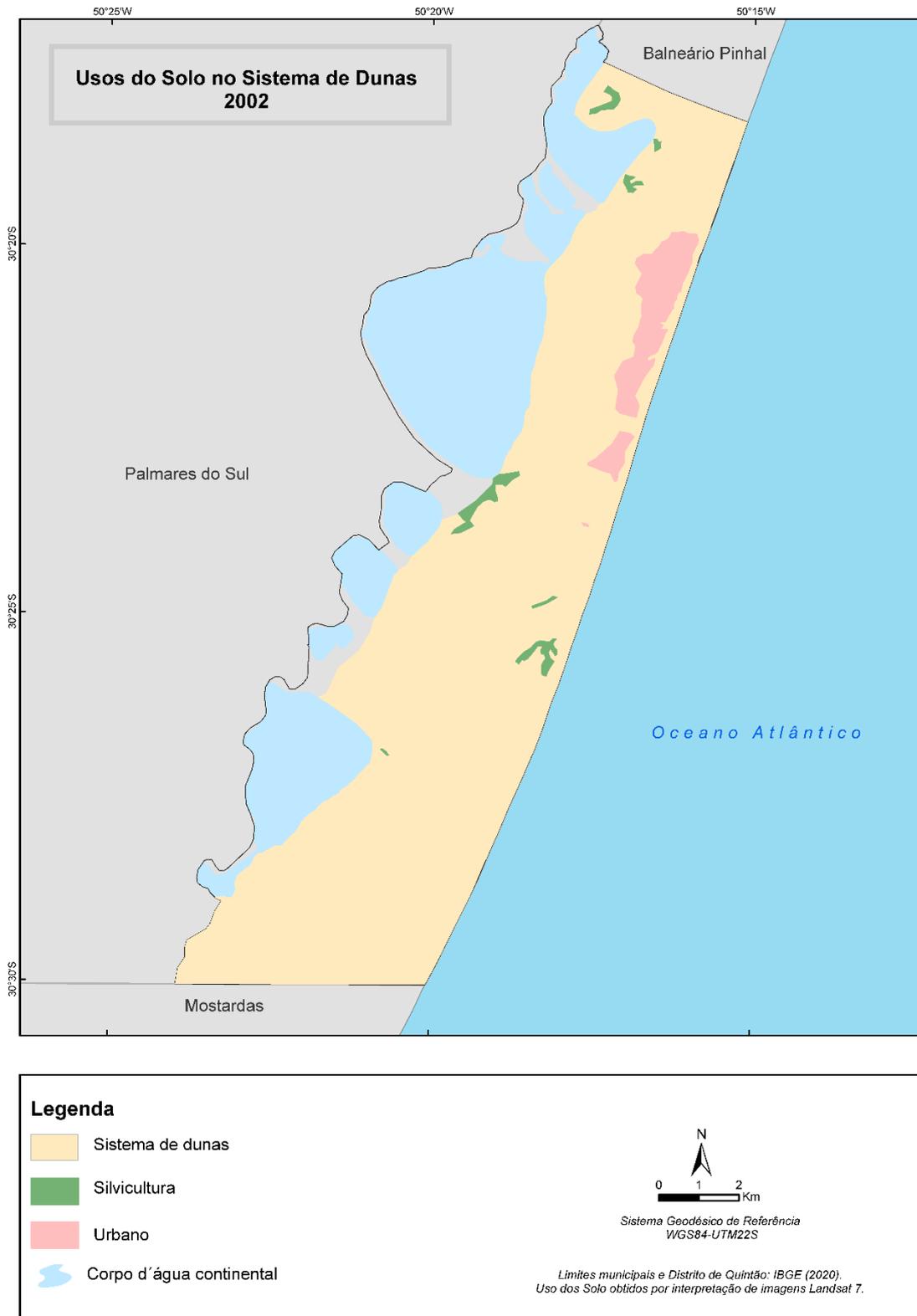


Figura 13: Uso do Solo no Sistema de Dunas-2013.

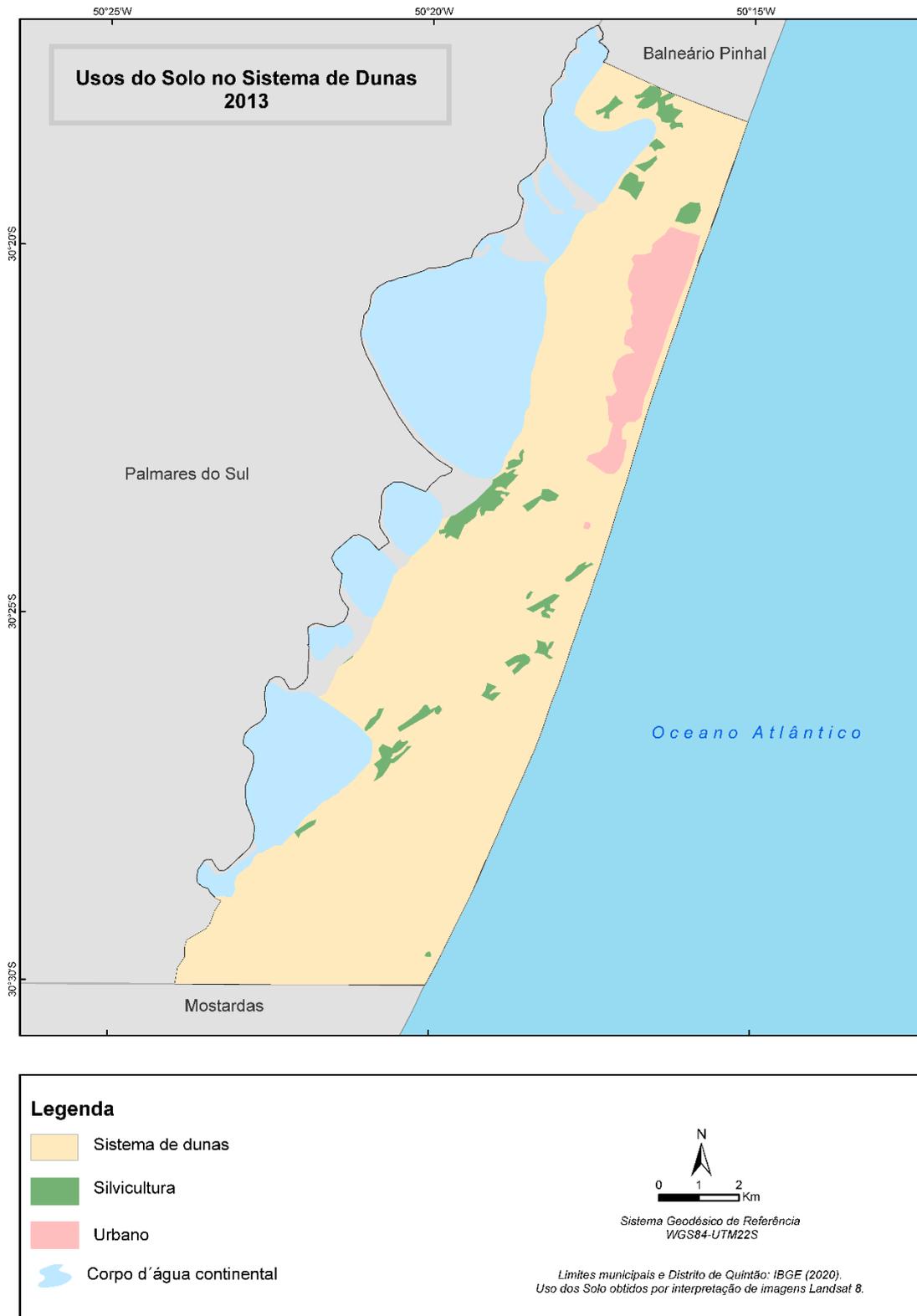
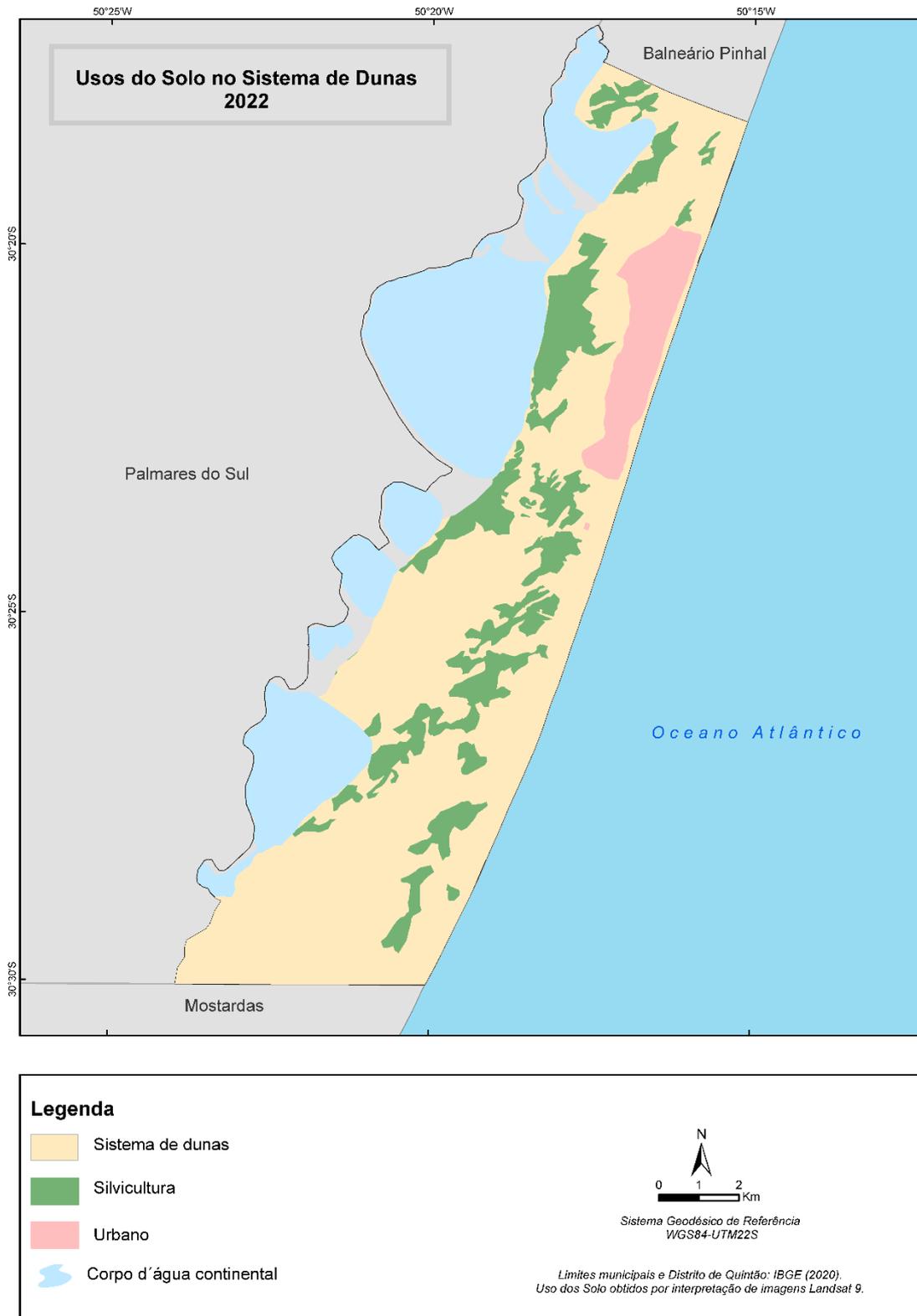


Figura 14: Uso do Solo no Sistema de Dunas-2022.

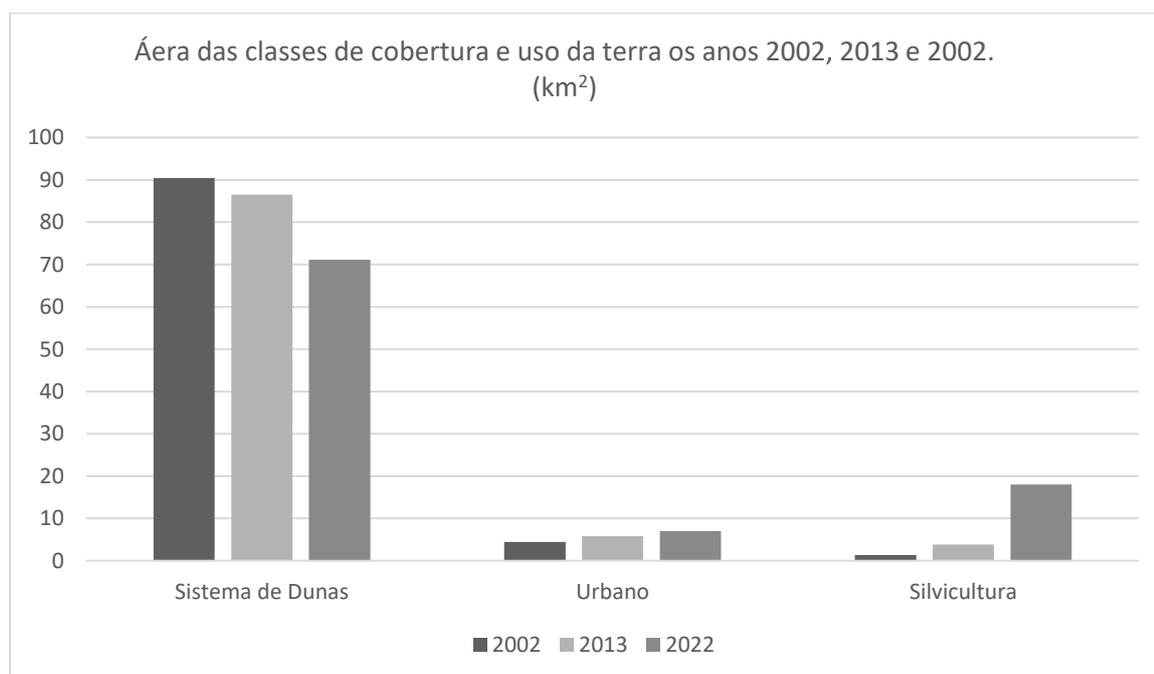


A Tabela 5 apresenta a área e o percentual ocupado por cada classes e a Figura 15 exhibe os quantitativos na forma de gráfico.

Tabela 5: Distribuição das classes de cobertura e uso

Classe	2002		2013		2022	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Urbano	4,44	4,62	5,84	6,07	7,01	7,29
Silvicultura	1,32	1,37	3,86	4,01	18,02	18,73
Sistema de dunas	90,43	94,01	86,49	89,92	71,16	73,98
Total	96,19	100	96,19	100	96,19	100

Figura 15: Gráfico quantitativo das alterações da cobertura e uso da terra.



No ano de 2002 o Sistema de Dunas ocupava 90,43 Km² na área de estudo (94,01 %), a Silvicultura ocupava 1,32 Km² (1,37%) e a classe Urbano contava com 4,44 Km² (4,62%). Já no ano de 2013, a classe Sistema de Dunas contava com 86,49 Km², reduzindo em cerca de 4% em relação a área ocupada em 2002. No mesmo ano a classe Silvicultura passou a ocupar 3,86 Km² ou seja, teve um aumento

de 192% em relação a área ocupada em 2002. A classe Urbano passou para 5,84km², resultando em um ganho de área de pouco mais de 31%.

No ano de 2022 o Sistema de Dunas apresentou uma redução de cerca de 18% em relação ao ano de 2013, por outro lado a Silvicultura apresentou incremento de 367%, passando de cerca de 4km² para 18 Km². A classe Urbano contava com 7,01 Km² ou 7,29% da área de estudo, um aumento 20% em relação a área ocupada em 2013.

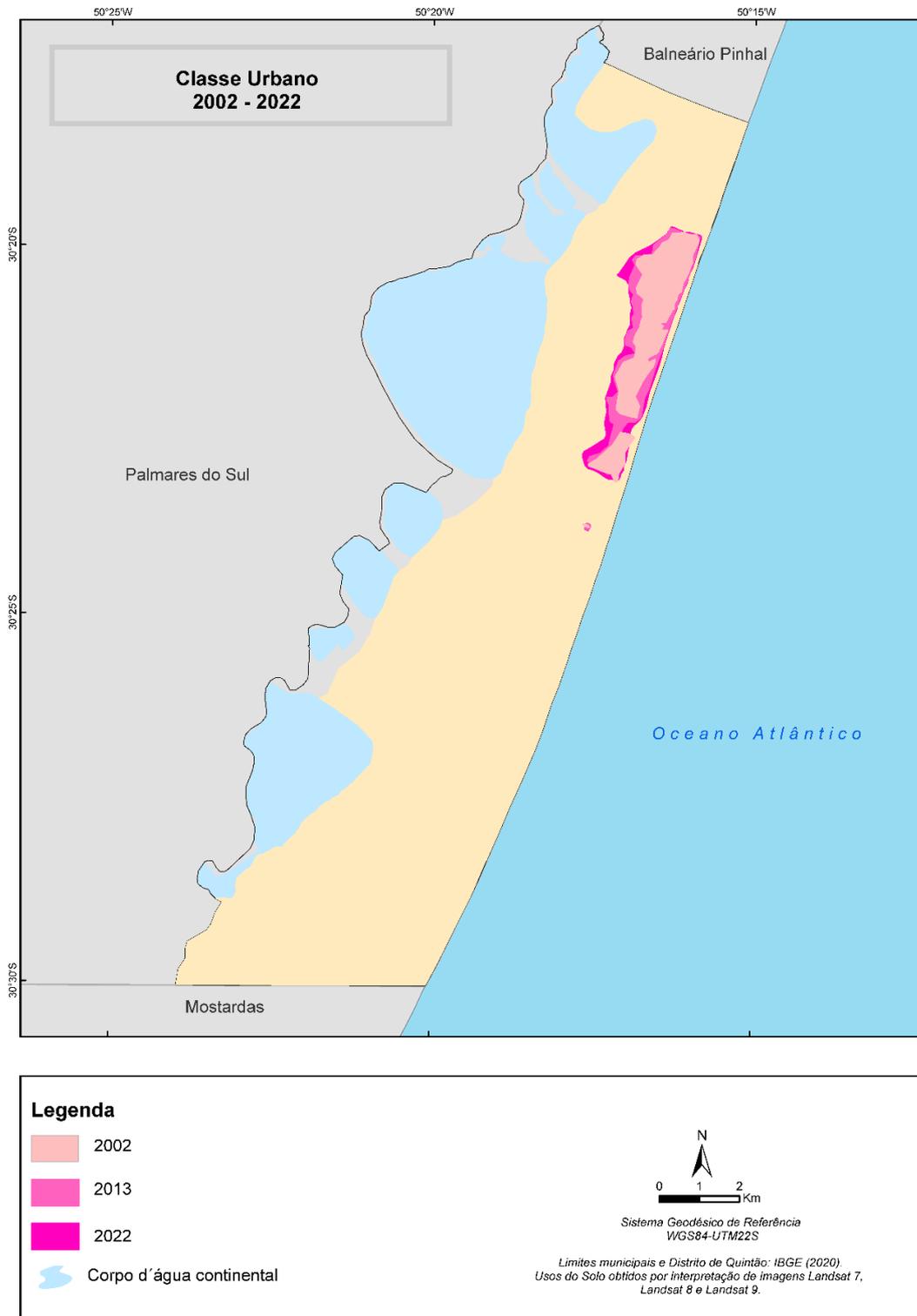
Considerando-se as datas limites do estudo temporal (2002 e 2022), pode-se constatar o aumento significativo da classe urbano sobre o Sistema de Dunas, passando de 4,44 Km² em 2002 para 7,01 Km² em 2022, ou aumento percentual de 57,88% ou 2,57 km². Em 2002 representava 4,62% do total da área, passando a representar 7,29% da área em 2022. A figura 16 ilustra a classe Urbano no Sistema de Dunas e a Figura 17 o avanço da classe urbano no período analisado.

Figura 16: Classe Urbano



Fonte: Google Earth (2022)

Figura 17: Avanço da Classe Urbano no período 2002-2022



A classe Silvicultura apresentou o maior aumento de área sobre o Sistema de Dunas, passando de 1,32 km² em 2002 para pouco mais 18km² em 2022, o que representa um aumento de cerca de 1.265%. A Lei Federal no. 5.106 de 1966, Lei de Incentivos Fiscais para o Reflorestamento, promoveu um grande estímulo para a implantação de florestas exóticas no Estado (Brasil,1966), possivelmente tenha impactado a área em questão. Em Quintão a silvicultura é predominantemente da espécie de Pinus, destinada principalmente para a produção de resina e lenha. Através do *Google Earth* e do *Street View* é possível observar a ocorrência de pinus, conforme a Figura 18. Observam-se no ano de 2022 uma ampliação considerável desta categoria, de modo esparso, parcialmente creditada a dispersão devido a intensidade dos ventos na área de estudo, avançando sobre o sistema de dunas. Essas áreas de dispersão divergem do padrão geométrico comumente relacionado aos talhões de silvicultura (Figura 19). A figura 20 ilustra o avanço da classe Silvicultura no período analisado.

Figura 18: Classe Silvicultura



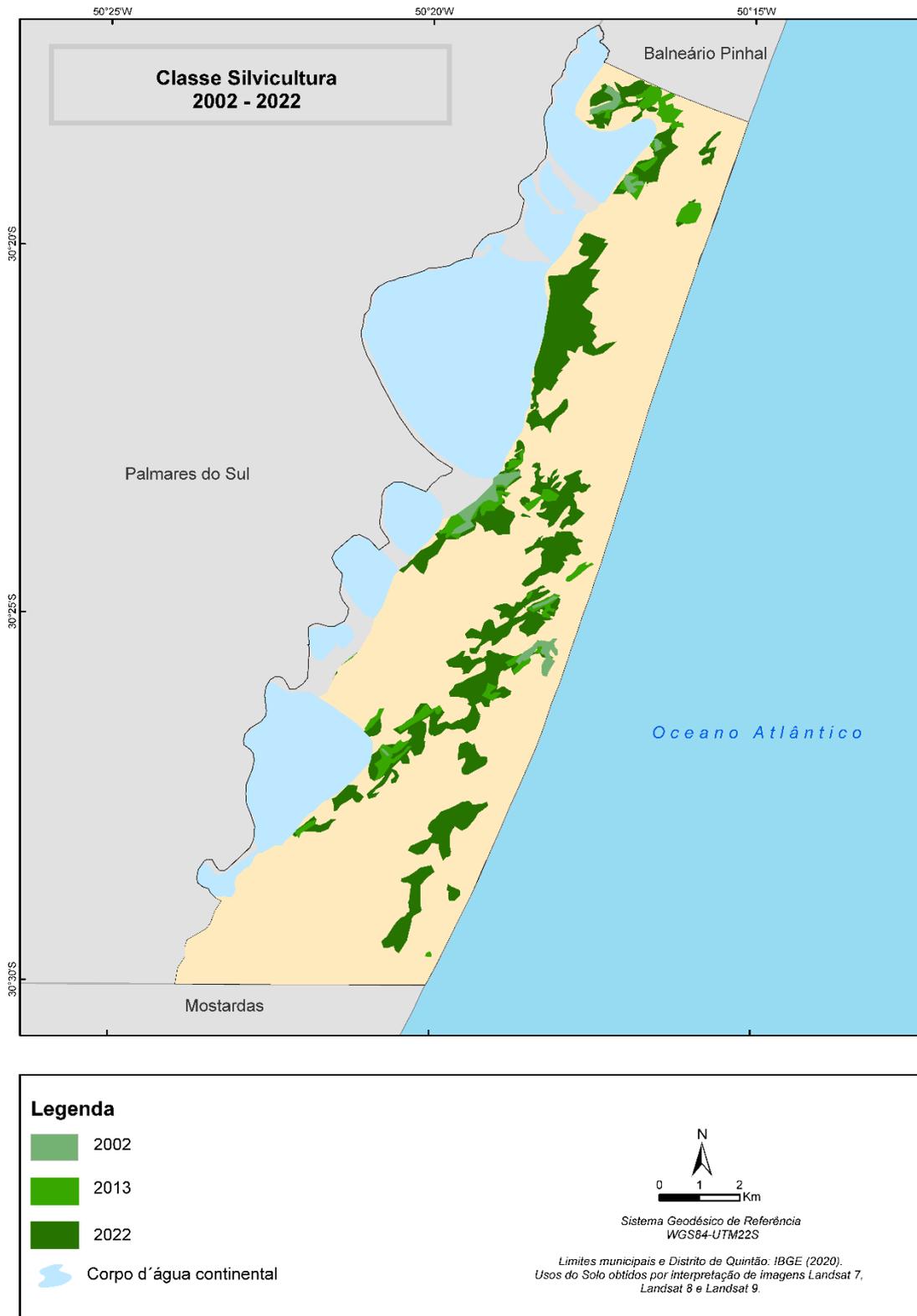
Fonte: Google Earth (2022)

Figura 19: Dispersão de Silvicultura sobre o Sistema de Dunas



Fonte: Google Earth (2022)

Figura 20: Avanço da classe silvicultura sobre o sistema de dunas.

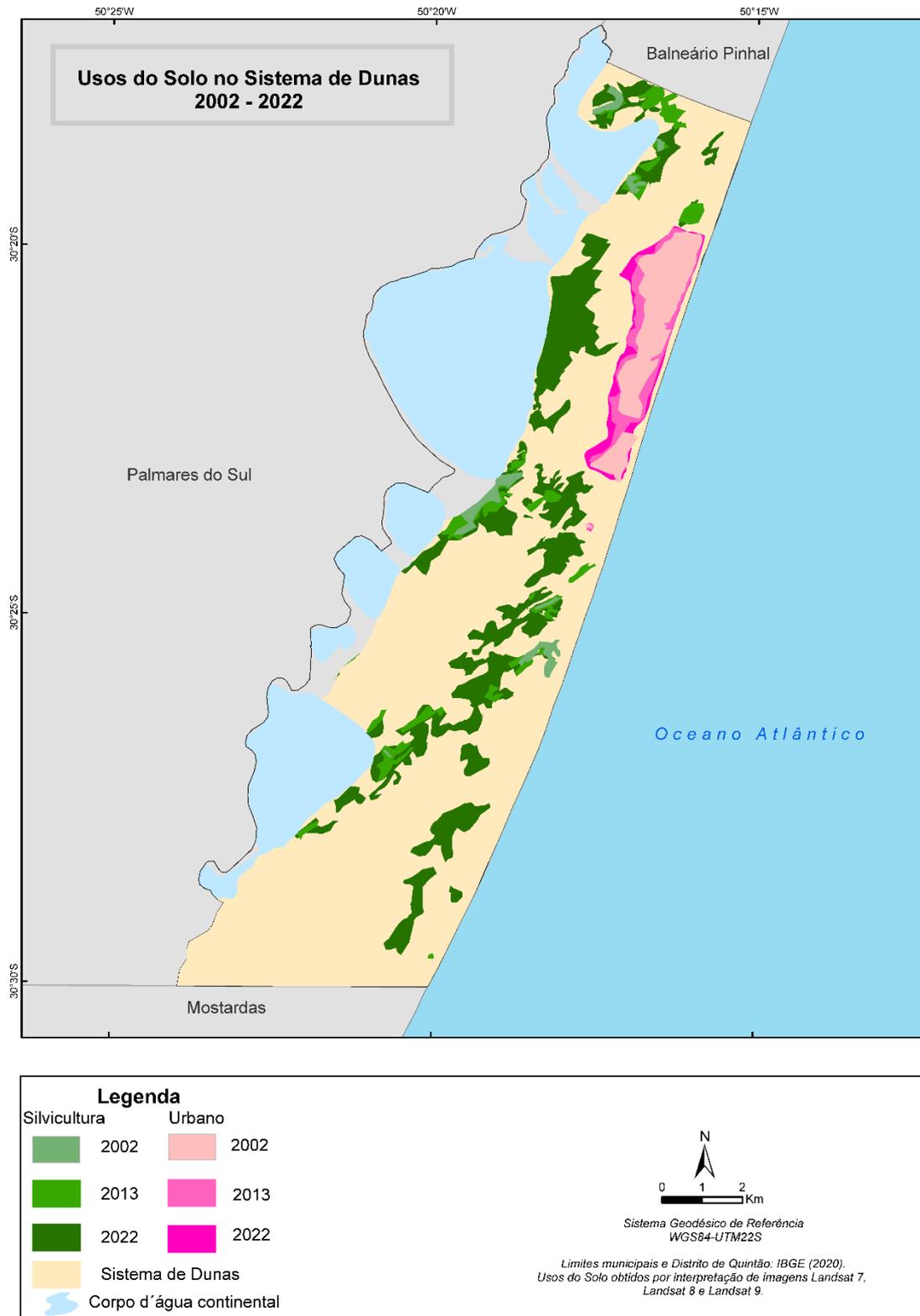


A classe Sistema de Dunas teve redução devido a substituição de sua área pelos usos silvicultura e urbano durante o período analisado: em 2002 contava com cerca 90km² passando para 71Km² em 2022, o que representa uma diminuição de 21,31%. A figura 21 ilustra o mapa subtrativo para os anos 2002 e 2022 e a Tabela 6 o resultado quantitativo da subtração das classes de uso e do sistema de dunas, para o mesmo período.

Tabela 6: Área total e relativa das classes e valores de subtração total e relativa para os anos 2002 e 2022.

Classes	2002 (km²)	2002 (%)	2022 (km²)	2022 (%)	Subtração (km²)	Subtração (%)
Urbano	4,44	4,62	7,01	7,29	2,57	57,88%
Silvicultura	1,32	1,37	18,02	18,73	16,7	1.265,15%
Sistema de Dunas	90,43	94,01	71,16	73,98	-19,27	-21,31%
Total	96,19	100	96,19	100	-	-

Figura 21: Expansão das classes urbano e silvicultura entre os anos 2002 e 2022.



Os mapas gerados a partir da reclassificação para unidades antrópico e natural mostram um aumento exponencial de classes geradoras de impacto sobre o Sistema de Dunas de Quintão. O mapa 22 ilustra as classes Antrópico e Natural para os anos 2002 e 2022 e a Tabela 7 o resultado quantitativo da subtração das classes Antrópico e Natural, para o mesmo período.

Figura 22: Mapa das classes Antrópico e Natural para os anos 2002 e 2022.

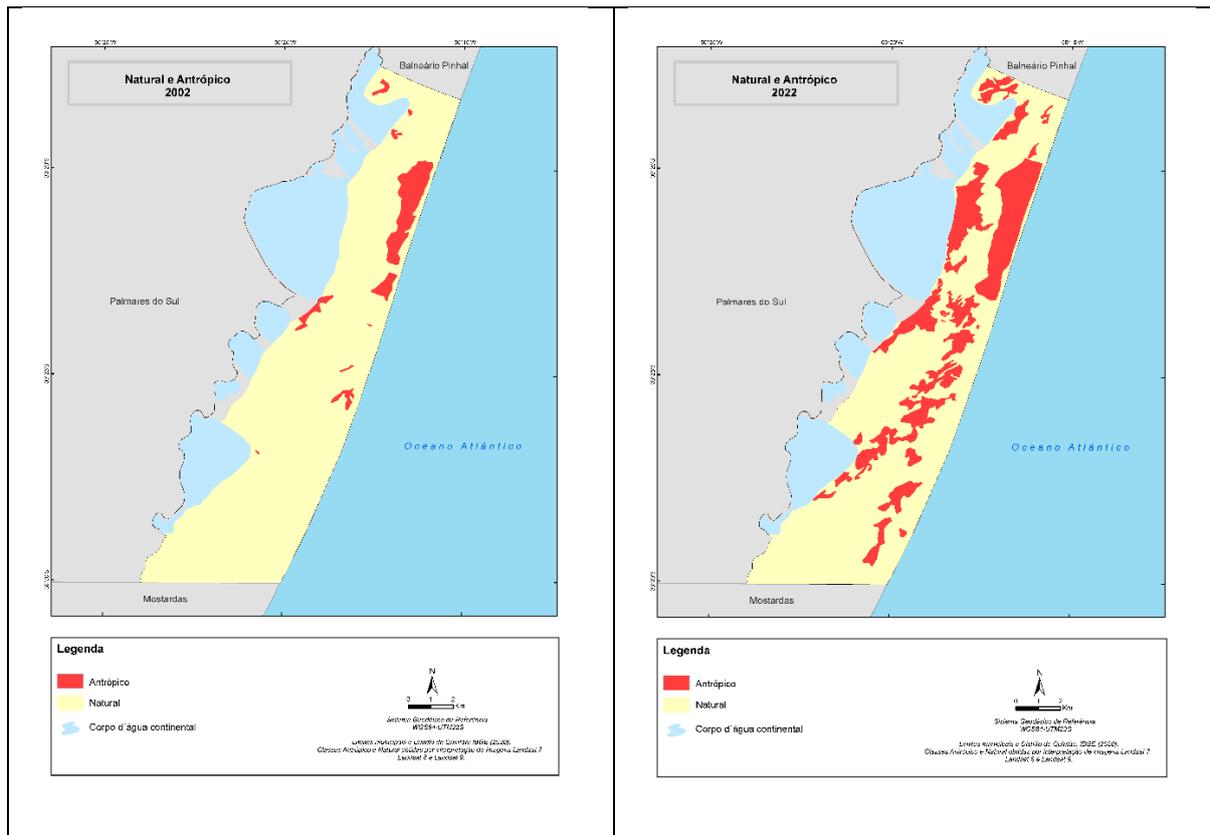


Tabela 7: Tabela das classes antrópico e natural dos anos 2002 e 2022.

Classes	2002 (km ²)	2002 (%)	2022 (km ²)	2022 (%)	Subtração (km ²)	Subtração (%)
Antrópico	5,76	5,99	25,03	26,02	19,27	334,55%
Sistema de Dunas	90,43	94,01	71,16	73,98	-19,27	-21,31%
Total	96,19	100	96,19	100	-	-

5.2 Análise da urbanização a partir dos dados censitários

As informações censitárias se constituem em uma possibilidade adicional para compreender os impactos que as atividades antrópicas provocam no ambiente, mesmo que limitadas aos anos 2000 e 2010. Por exemplo, ao compararmos o número de domicílios totais em ambos os anos, constata-se um aumento de 66%, passando de 740 para 1.233. Quanto aos domicílios particulares, tem-se um total de 727 no ano de 2000 e 1.210 no ano de 2010. A ampliação de número de domicílios tem relação direta com o uso dos recursos naturais como a água e com a geração/disposição de resíduos, portanto, a seguir são analisadas as variáveis relacionadas ao saneamento básico.

A maioria dos domicílios tem como forma de abastecimento de água o poço ou nascente, sendo em 2000 cerca de 85% do total de domicílios tinham esta forma de abastecimento e, em 2010, cerca de 88%. A Tabela 8 e as Figuras 23 e 24 demonstram as formas de abastecimento de água nos domicílios particulares permanentes. Na Figura correspondente ao ano 2000 observa-se que apenas na área urbana estava presente o abastecimento por rede geral (106 domicílios). É possível observar também a predominância do tipo de abastecimento poço ou nascente em todos os setores em 2010, contando com 87,69% do total de domicílios particulares. Em 2010, novamente apenas a área urbana contava com o tipo de abastecimento por rede geral, sendo 134 domicílios.

Tabela 8: Formas de abastecimento de água nos domicílios particulares permanentes – Distrito de Quintão para os anos 2000 e 2010

Tipo de abastecimento	Número de domicílios		Percentual de domicílios	
	2000	2010	2000	2010
Ligado à rede geral	106	134	14,58%	11,07%
Poço ou nascente	618	1061	85,01%	87,69%
Outra forma	3	10	0,41%	0,83%
Sem informação	0	5	0%	0,42%
Total domicílios	727	1210	100%	100%

Figura 23: Tipos de abastecimento de água no ano de 2000.

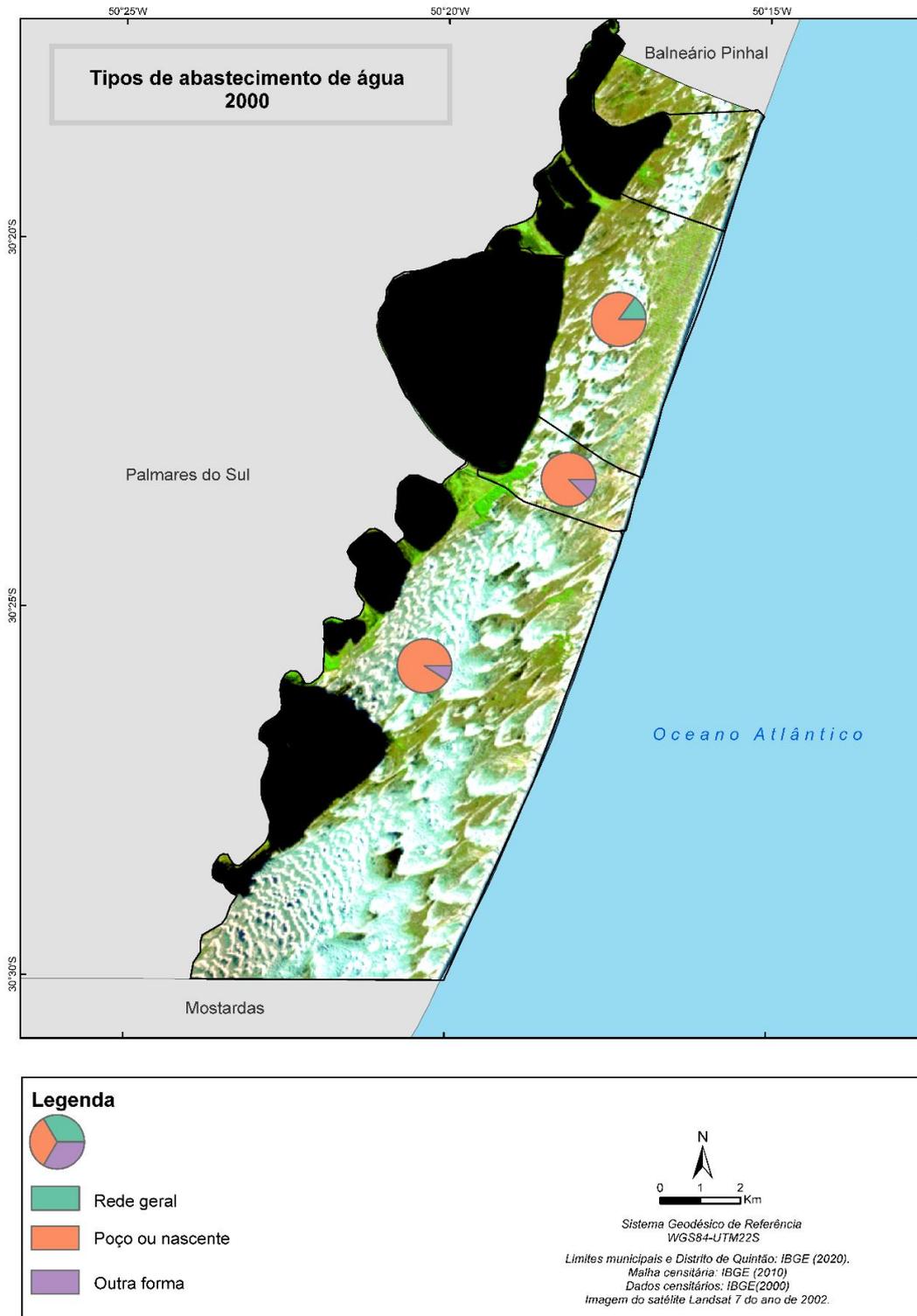
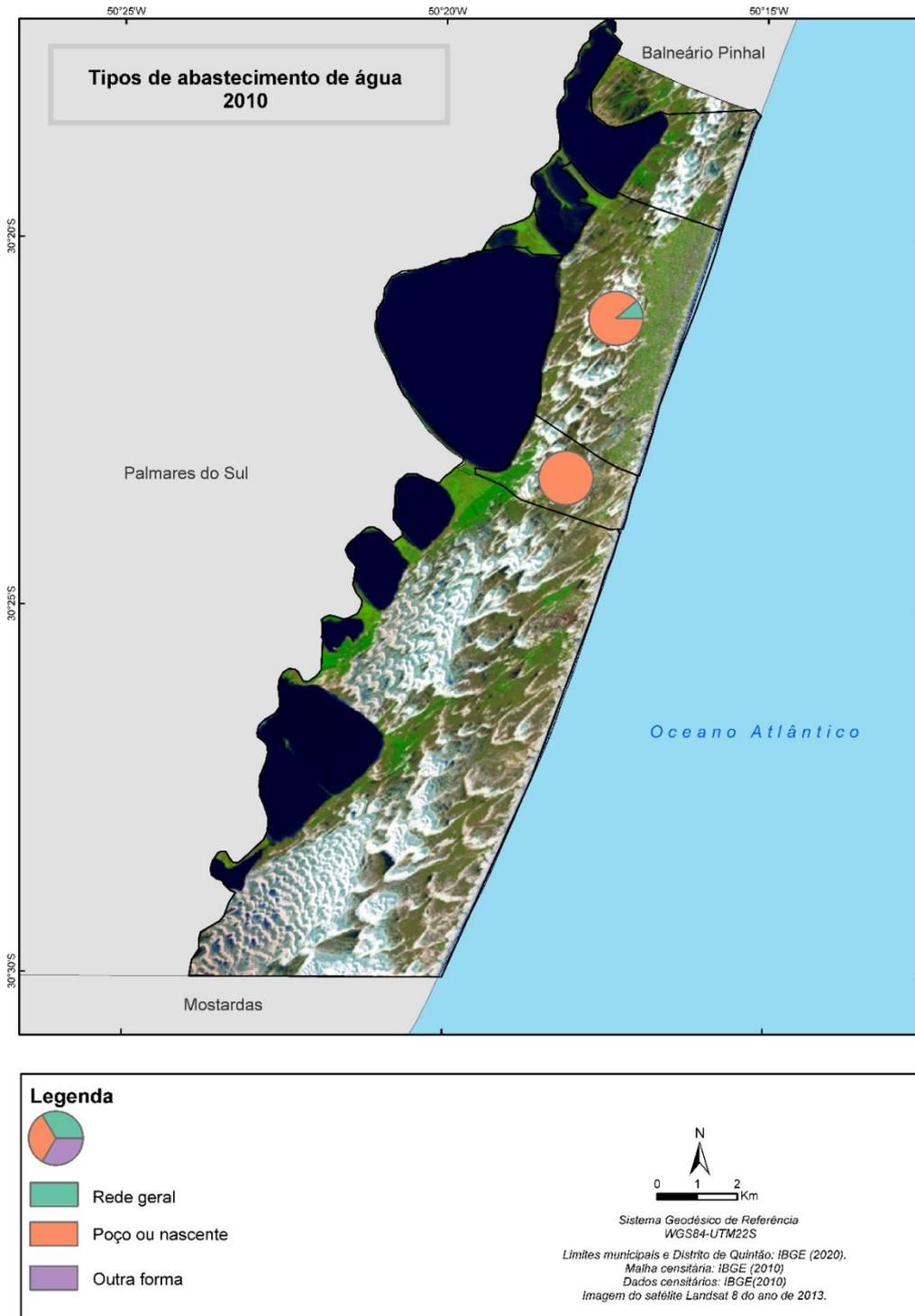


Figura 24: Tipos de abastecimento de água no ano de 2010.



No ano de 2000 cerca de 97% dos domicílios tinham o seu lixo coletado, sendo que no ano de 2010 este valor atingia quase 100%. Outras formas de destino do lixo, comumente especificadas nos levantamentos censitários, não foram explicitadas nos dados censitários e, ainda, havia domicílios sem informações disponibilizadas (em 2000, 23 domicílios e em 2010, 8 domicílios estavam sem informações ou não estavam disponibilizadas). Quanto à energia elétrica, somente há dados disponíveis para o ano de 2010, para o qual quase 99% dos domicílios estavam ligados a rede de energia elétrica.

Em se tratando de esgotamento sanitário, no ano de 2000 apenas 12 domicílios (1,65%) estavam ligados a rede geral, já em 2010 esse valor cai para 3 domicílios (0,25%). Não foi encontrada informação que pudesse esclarecer a queda no valor absoluto de domicílios ligados a rede geral. Quanto a presença de fossa rudimentar como alternativa, nota-se um aumento de mais de 50% de domicílios no período analisado. As diversas formas de esgotamento sanitário por domicílios encontram-se na Tabela 9 e a distribuição nos setores censitários constam nas Figuras 25 e 26. Foram adicionadas à tabela o valor de domicílios particulares permanentes sem informação referente ao tipo de esgotamento sanitário. Em 2000, 3 domicílios particulares permanentes e em 2010, 9 domicílios particulares permanentes não tinham informações ou estas não foram disponibilizadas.

Tabela 9: Formas de esgotamento sanitário nos domicílios particulares permanentes – Distrito de Quintão para os anos 2000 e 2010.

Tipo de esgotamento sanitário	Número de domicílios		Percentual de domicílios	
	2000	2010	2000	2010
Rede geral	12	3	1,65%	0,25%
Fossa séptica	664	1095	91,33%	90,50%
Fossa rudimentar	48	103	6,60%	8,51%
Rio, lago ou mar	0	0	0%	0%
Sem informação	3	9	0,41%	0,74%
Total	727	1210	100%	100%

Figura 25: Tipos de esgotamento sanitário no ano de 2000.

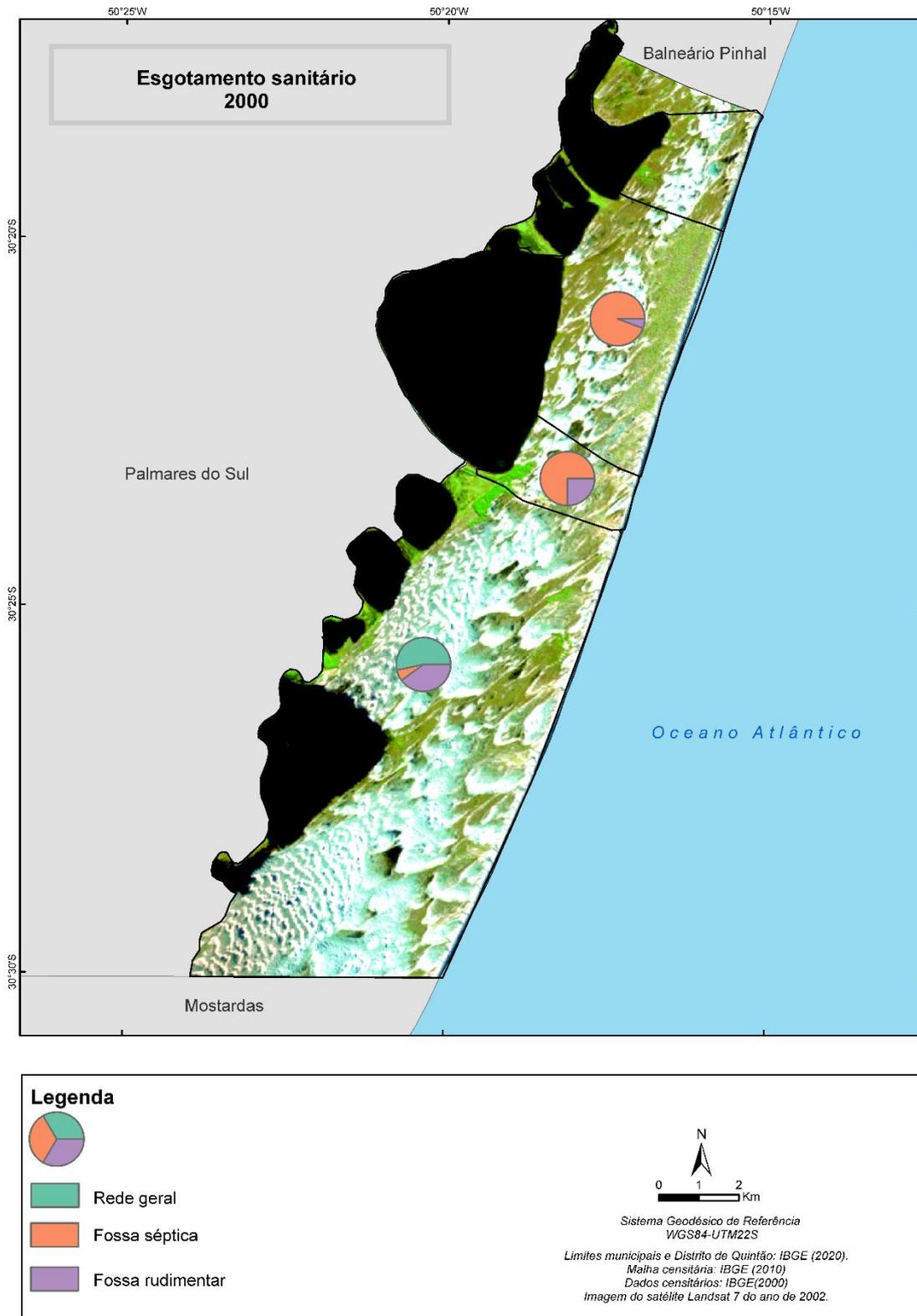
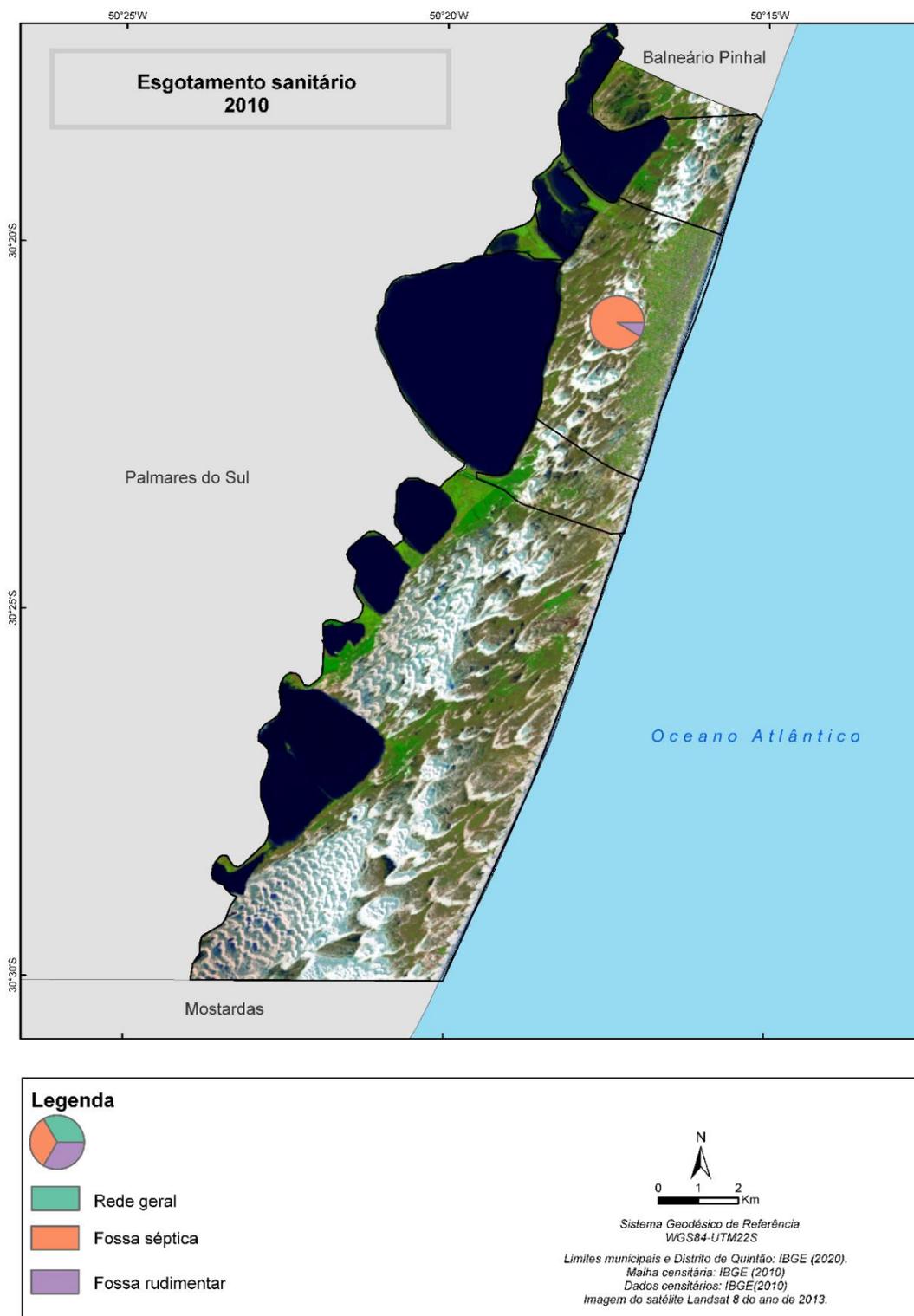


Figura 26: Tipos de esgotamento sanitário no ano de 2000.



Ainda, em 2000 a área urbana apresentava predominância de esgotamento sanitário via fossa séptica seguido do tipo fossa rudimentar, porém não foram encontrados ou disponibilizados valores referentes aos outros setores censitários para as variáveis de esgotamento sanitário.

5.3 Análise dos principais impactos

O avanço da urbanização sobre o sistema de dunas, em especial sobre as móveis, traz prejuízos tanto para o ambiente quanto para os residentes. Por se tratar de um sistema dinâmico, desconsiderado pelos habitantes quando da ocupação, as dunas estão avançando sobre os terrenos e habitações, ocasionando o soterramento de diversas residências. A Figura 27 mostra exemplos do avanço de dunas sobre residências na área de estudo:

Figura 27: Avanço de dunas sobre imóveis em Balneário Quintão



Fonte: Marco Favero / Agência RBS

O incremento de áreas urbanas em termos de expansão e densificação sobre o Sistema de Dunas pode levar a possível contaminação dos corpos hídricos e do lençol freático, ocasionando a extrapolação dos recursos disponíveis e aumento da poluição de modo geral. Um fator importante, gerador de impacto no Sistema de Dunas, proveniente da classe urbana, foi identificado a partir da predominância do esgotamento sanitário via fossa séptica em 90,50% dos domicílios e fossa rudimentar em quase 9% dos domicílios de Quintão, no ano de 2010. Esse tipo de esgotamento sanitário é inadequado para áreas costeiras de alta vulnerabilidade e sensibilidade às ações antrópicas. A poluição do solo e dos corpos hídricos são comuns em áreas de esgotamento sanitário via fossa séptica, já que as mesmas funcionam como armazenadoras e dispersoras de dejetos líquidos e sólidos, como coliformes fecais e todo o tipo de esgoto provenientes dos domicílios. A falta de esgotamento sanitário via rede geral causa impactos diretos no ambiente e na população como a contaminação de corpos hídricos e do lençol freático, sendo outro ponto importante para observação, visto que os dados censitários de 2010 mostram que 87,69% dos domicílios têm o abastecimento de água através de poço ou nascente, ou seja, o abastecimento de água não passa por tratamento antes de chegar à população. O tipo de esgotamento juntamente com o tipo de abastecimento de água inapropriados, pode colocar em risco a saúde de grande parte da população residente. Além disso, a construção de casas sobre o Sistema de Dunas, principalmente sobre dunas móveis, gera um duplo risco, tanto pela destruição do sistema quanto pelo avanço e soterramento das dunas sobre os terrenos e residências causadas pelo deslocamento das dunas sobre o Sistema de Dunas.

Quanto a Silvicultura, no ano de 2002 observam-se plantações isoladas, em locais próximos as lagoas de Quintão, contudo, por meio do mapa de 2022, nota-se o aumento expressivo de áreas, formadas por grupos esparsos, possivelmente devido ao regime de ventos que dispersa a espécie. A presença da Silvicultura no sistema natural é um fator importante de degradação ambiental visto que ela proporciona a redução da biodiversidade da flora devido ao empobrecimento do solo causada pela obtenção de nutriente do solo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu concluir que o Sistema de Dunas de Quintão se caracteriza por uma expansão expressiva dos usos do solo no período analisado. Os mapas produzidos por meio de interpretação visual sobre as imagens de satélite Landsat, mostram esse avanço dos usos antrópicos sobre o ambiente natural. Em 2002 a classe natural (ou sistema de dunas) representava cerca de 94% do total da área, passando para 74% no ano de 2022. A perda de área natural deu-se sobretudo para a silvicultura, que teve incremento de quase 1.300%, notadamente pela dispersão das espécies. O aumento da área urbana sobre o Sistema de Dunas gera impactos diretos no meio ambiente, seja por conta da construção sobre o sistema de dunas móveis seja pela forma como ocorre em relação a infraestrutura, já que predomina esgotamento sanitário via fossa séptica e o abastecimento de água em cerca de 88%, dos domicílios se dar através de poços. Esses dados podem ser considerados como um indicador da necessidade de mitigar impactos causadas pela ação antrópica e de propor ações de gestão dos recursos no Distrito de Quintão.

Em relação a metodologia proposta, apesar de os resultados obtidos serem relevantes e da inexistência de imagens de alta resolução anteriores ao ano de 2002, deve-se avaliar a integração de produtos de diferentes resoluções espaciais para geração de dados mais precisos do ponto de vista quantitativo.

O presente trabalho foi desenvolvido durante a pandemia de coronavírus, com mais de 6 milhões de mortes ao redor do mundo. As medidas sanitárias impostas pelos governos e organizações para reduzir a disseminação do vírus em todo o país levaram os estudantes a realizar as pesquisas em suas residências. Neste sentido, algumas das dificuldades encontradas na execução da proposta se relacionam ao processamento e análises em SIG, o que demanda um sistema operacional e uma capacidade de processamento maior do que se dispunha, resultando na escolha de métodos de mapeamento e análises mais simples daqueles inicialmente previstos. Ademais, esperava-se realizar um trabalho de campo na área para melhor avaliação da verdade terrestre, sendo substituído pelo trabalho virtual nos softwares *Google Earth* e *Street View*. Outra dificuldade enfrentada se refere à obtenção de dados disponíveis na *internet* para a área de estudo e, quando encontrados, alguns estavam incompletos, o que prejudicou a integração de informações importantes para o desenvolvimento do trabalho. Ademais, a falta de retorno aos contatos com órgãos

públicos a fim de compreender possíveis inconsistências ou de obtenção de dados impossibilitaram algumas análises previstas.

Em conclusão, a respeito da metodologia empregada, recomenda-se para trabalhos futuros o uso de métodos automatizados de mapeamento e de análise de mudança, tais como aqueles disponíveis na plataforma *Google Earth Engine* e o módulo *Land Change Modeler* integrado ao SIG TerSet.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, James Richard. Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos. Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, SUPREN, 1979.

BRASIL, LEI Nº 5.106, DE 02 DE SETEMBRO DE 1966. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l5106.htm Acesso em: 05/2022

BRASIL, LEI Nº 7.661, DE 16 DE MAIO DE 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm Acesso em: 11/2021

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Introdução à ciência da geoinformação. 2001.

CLARK LABS, Land Change Modeler in TerrSet, Disponível em: <https://clarklabs.org/terrset/land-change-modeler/> Acesso em: 11/2021

CLARK, John R. (Ed.). Coastal zone management handbook. CRC press, 2018.

CLARK, John. Integrated Coastal Zone Management–A world wide challenge to comprehend–Shoreline and Coastal Waters as single unit. Sea Technology, v. 37, n. 6, 1996.

Complexo Eólico de Osório - Enerfin. Disponível em: http://complexoeolicodeosorio.com.br/br/osorio_uma_cidade_grande_potencial.php . Acesso em: 11/2021

DA VEIGA LIMA, F. A., de ALMEIDA, F. B., TORRES, R. P., & SCHERER, M. E. G. (2016). Modelo conceitual de avaliação de ameaças sobre serviços ecossistêmicos de sistemas de dunas. Estudo de caso: os campos de dunas da Ilha de Santa Catarina/SC, Brasil. Desenvolvimento e Meio Ambiente, 38.

DOS SANTOS PASSOS, Anderson et al. Modelagem da Ocupação e Uso do Solo na Zona Costeira do Município de Mangaratiba-RJ e suas Implicações Utilizando a Ferramenta LCM e Imagens Orbitais. Anuário do Instituto de Geociências, v. 43, n. 1, p. 346-354, 2034.

Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, CLIMA. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 11/2021

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa. Satélites de monitoramento. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes>. Acesso em: 11/2021

ESRI, Portal for ArcGIS, Executar análise. Disponível em: <https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/latest/use/perform-analysis.htm>. Acesso em: 11/2021

FEE - Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser, FEE apresenta estudo sobre população flutuante do Litoral Norte do RS, Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/noticias/fee-apresenta-estudo-sobre-populacao-flutuante-do-litoral-norte-do-rs/> Acesso em: 11/2021

FOLHARINI, Saulo; OLIVEIRA, Regina. Utilização do Land Change Modeler® na modelação prospectiva do uso e cobertura do solo na microrregião de Santos, Brasil para o ano de 2022. GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território, n. 19, p. 57, 2020.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler-FEPAM, PROGRAMA DE GERENCIAMENTO COSTEIRO – GERCO Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/programas/programa_gerco.asp Acesso em: 09/2021

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler-FEPAM, Zoneamento Ecológico-Econômico. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/zee/>. Acesso em: 19/11/2021

Fundação Maria Cecília Souto Vidigal – FMCSV, Palmares do Sul-RS Disponível em: <https://primeirainfanciaprimeiro.fmcsv.org.br/municipios/palmares-do-sul-rs/>. Acesso em: 11/2021

GRUBER, Nelson Luiz Sambaqui; BARBOZA, Eduardo Guimarães; NICOLODI, João Luiz. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil / IBGE, Diretoria de Geociências. - Rio de Janeiro, 176p. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em: http://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf. Acesso em: 11/2021

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, Palmares do Sul. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/palmares-do-sul/panorama> Acesso em: 11/2021

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: José Carlos Neves Epiphânio. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 598 p.

LEIS MUNICIPAIS, Plano diretor Palmares do Sul; Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-palmares-do-sul-rs> Acesso em: 09/2021

MAPBIOMAS, Redução das praias e dunas no Brasil foi de 15% nos últimos 36 anos. Disponível em: <https://mapbiomas.org/reducao-das-praias-e-dunas-no-brasil-foi-de-15-nos-ultimos-36-anos>. Acesso em: 11/2021

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MOURA, Nina Simone Vilaverde et al. A urbanização na zona costeira: processos locais e regionais e as transformações ambientais-o caso do Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência e Natura*, v. 37, n. 3, p. 594-612, 2015.

OLIVEIRA, Márcia Regina Lima de; NICOLODI, João Luiz. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla: Uma análise sob a ótica do poder público. 2012.

Pinto, P., Cabral, P., Caetano, M., & Alves, M. F. (2009). Urban growth on coastal erosion vulnerable stretches. *Journal of Coastal Research*, 1567-1571.

RBS - GZH, Engolidos pela areia: as dunas móveis que cobrem ruas e casas no Litoral Norte, Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/comportamento/verao/noticia/2020/02/engolidos-pela-areia-as-dunas-moveis-que-cobrem-ruas-e-casas-no-litoral-norte-ck69okz1y0gju01qd3ynkmnun.html> Acesso em: 10/2021

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA-SEMA, Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul, disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas> Acesso em: 10/2021

Serra, J. S., & Farias Filho, M. S. (2019). Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 46(1), 07-24.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM, Mapa Geológico do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf. Acesso em: 11/2021

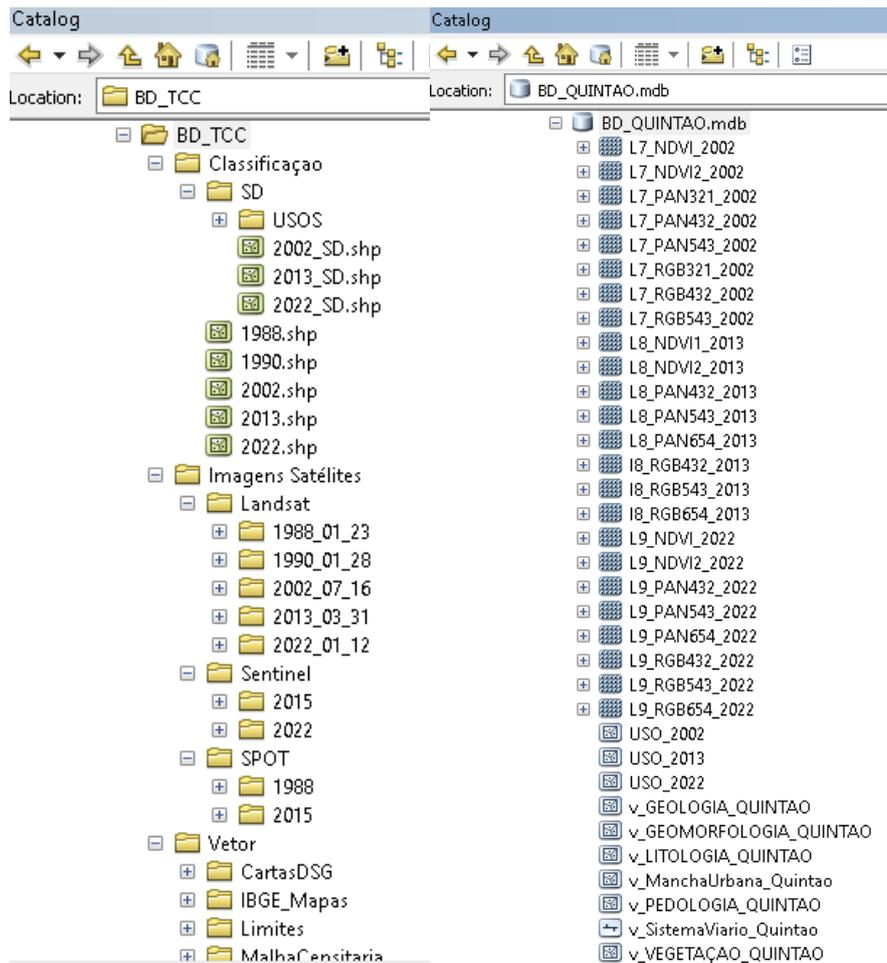
STRAHLER, A. N. *Physical Geography. The Köppen climate classification system*. Pag. 185-188. Ed. J. Wiley, 1963 (2ª edição).

TOMAZELLI, Luiz J.; VILLWOCK, Jorge A. Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. *Gravel*, v. 3, n. 1, p. 110-115, 2005.

VILLWOCK, J. A. & TOMAZELLI, L. J. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas CECO/IG, Porto Alegre, v. 8, p. 1-45, 1995.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 ORGANIZAÇÃO DOS ARQUIVOS E GEODATABASE.



APÊNDICE 2

CÓDIGOS DOS SETORES CENSITÁRIOS DOS ANOS 2000 E 2010.

SETORES CENSITÁRIOS-2010

CÓDIGO	CLASSE
431365630000001	URBANO
431365630000002	URBANO
431365630000003	URBANO
431365630000004	URBANO
431365630000005	URBANO
431365630000006	URBANO
431365630000007	URBANO
431365630000008	URBANO
431365630000009	URBANO
431365630000010	URBANO
431365630000011	URBANO
431365630000012	URBANO
431365630000013	URBANO
431365630000014	URBANO
431365630000015	URBANO
431365630000016	URBANO
431365630000017	URBANO
431365630000018	URBANO
431365630000019	RURAL
431365630000020	RURAL
431365630000021	RURAL

SETORES CENSITÁRIOS-2000

CÓDIGO
431365630000001
431365630000002
431365630000003
431365630000004
431365630000005
431365630000006
431365630000007
431365630000008
431365630000009
431365630000010
431365630000011
431365630000012
431365630000013
431365630000014
431365630000015
431365630000016
431365630000017

COMPATIBILIZAÇÃO DOS SETORES CENSITÁRIOS

SETORES CENSITÁRIOS - 2010	SETORES CENSITÁRIOS - 2000
431365630000001-0018	431365630000001-0014
431365630000019	431365630000015
431365630000020	431365630000016
431365630000021	431365630000017

APÊNDICE 3
DESCRIÇÃO DOS DADOS DAS TABELAS CENSITÁRIAS

VARIÁVEL 2000	VARIÁVEL 2010	2000 - 2010	%	% TOT 2000	% TOT 2010
Nesta coluna encontra-se os valores da variável no censo de 2000.	Nesta coluna encontra-se os valores da variável no censo de 2010.	Nesta coluna encontra-se os valores da diferença entre os anos de 2000 e 2010.	Nesta coluna encontra-se a porcentagem da diferença entre os anos de 2000 e 2010.	Nesta coluna encontra-se a porcentagem da variável em relação ao número total no ano de 2000.	Nesta coluna encontra-se a porcentagem da variável em relação ao número total no ano de 2010.

APÊNDICE 4

CORRESPONDÊNCIA DA VARIÁVEL ORIUNDA DOS DADOS CENSITÁRIOS PARA A TABELA DE ATRIBUTOS ASSOCIADA AO ARQUIVO VETORIAL DOS SETORES CENSITÁRIOS.

VARIÁVEIS	TABELA
Domicílios particulares e domicílios coletivos	NUM_DOM_TOT
Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes	NUM_DOM_P
Média do número de moradores em domicílios particulares permanentes	MEDIA_MOR
Moradores em domicílios particulares e domicílios coletivos	NUM_MOR_PC
Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes	NUM_MOR_P
Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral	NUM_AG_R
Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade	NUM_AG_P
Domicílios particulares permanentes com outra forma de abastecimento de água	NUM_AG_O
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário	NUM_B
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial	NUM_B_ER
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica	NUM_B_EFS
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar	NUM_B_EFR
Domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar	Num_Ban_ERLM
Domicílios particulares permanentes com lixo coletado	NUM_LIXO
Domicílios particulares permanentes com energia elétrica	NUM_ENERG
Domicílios particulares permanentes sem energia elétrica	NUM_S_ENERG
Domicílios particulares permanentes com lixo coletado, banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial	NUM_L_B_ESG

APÊNDICE 5

TABELAS DOS DADOS CENSITÁRIOS DE 2000 E 2010

Dados_Quin	Shape_Leng	Shape_Area	NUM DOM TOT-2000		NUM DOM TOT-2010		2000-2010	
1	0,258645419	0,002052232			721	1225		504
2	0,109920677	0,000548387			8	3		-5
3	0,248642263	0,001313543			0	1		1
4	0,575439016	0,009137691			11	4		-7

%	% TOT 2000	% TOT 2010	NUM DOM P-2000	NUM DOM P-2010	2000-2010	%	% TOT 2000
69,90%	97,43%	99,35%	708	1202	494	69,77%	97,39%
-62,50%	1,08%	0,24%	8	3	-5	-62,50%	1,10%
0,00%	0,00%	0,08%	0	1	1	0,00%	0,00%
-63,64%	1,49%	0,32%	11	4	-7	-63,64%	1,51%

% TOT 2010	MEDIA MOR-2000	MEDIA MOR-2010	2000-2010	%	NUM MOR PC-2000	NUM MOR PC-2010	2000-2010
99,34%	40,5	44,02		3,52	8,69%		3040
0,25%	2,51	2,35		-0,16	-6,37%		13
0,08%	2,5	2,1		-0,4	-16,00%		3
0,33%	3,5	4,33		0,83	23,71%		13

NUM MOR P-200	NUM MOR P-2010	2000-2010	%	NUM AG R-2000	NUM AG R-2010	2000-2010	%	% TOT 2000
2091	3004	913	43,66%	106	134	28	26,42%	14,58%
28	13	-15	-53,57%	0	0	0	0,00%	0,00%
0	3	3		0	0	0	0,00%	0,00%
39	13	-26	-66,67%	0	0	0	0,00%	0,00%

% TOT 2010	NUM AG P-2000	NUM AG P-2010	2000-2010	%	% TOT 2000	% TOT 2010	NUM AG O-2000	NUM AG O-2010
11,07%	601	1058	457	76,04%	82,67%	87,44%	1	10
0,00%	7	3	-4	-57,14%	0,96%	0,25%	1	0
0,00%	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0	0
0,00%	10	0	-10	-100,00%	1,38%	0,00%	1	0

2000-2010	%	% TOT 2000	% TOT 2010	NUM B-2000	NUM B-2010	2000-2010	%	% TOT 2000	% TOT 2010
9	90,00%	0,14%	0,83%	704	1201	497	70,60%	96,84%	99,26%
-1	-100,00%	0,14%	0,00%	8	0	-8	-100,00%	1,10%	0,00%
0	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
-1	-100,00%	0,14%	0,00%	8	0	-8	-100,00%	1,10%	0,00%

NUM B ER-2000	NUM B ER-2010	2000-2010	%	% TOT 2000	% TOT 2010	NUM B EFS-2000	NUM B EFS-2010	2000-2010
4	3	-1	-25,00%	0,55%	0,25%	657	1095	438
0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	6	0	-6
0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0
8	0	-8	-100,00%	1,10%	0,00%	1	0	-1

%	% TOT 2000	% TOT 2010	NUM B EFR-2000	NUM B EFR-2010	2000-2010	%	% TOT 2000	% TOT 2010	NUM ENERG 2000
66,67%	90,37%	90,50%	40	103	63	157,50%	5,50%	8,51%	704
-100,00%	0,83%	0,00%	2	0	-2	-100,00%	0,28%	0,00%	0
0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0
-100,00%	0,14%	0,00%	6	0	-6	-100,00%	0,83%	0,00%	0

NUM ENERG-2010	2000-2010	% TOT 2000	% TOT 2010	NUM S ENER	NUM S ENER-2010	2000-2010	% TOT 2000	% TOT 2010	NUM LIXO-2000
1195	1195	0,00%	98,76%		7	7	0,00%	0,58%	704
0	0	0,00%	0,00%		0	0	0,00%	0,00%	0
0	0	0,00%	0,00%		0	0	0,00%	0,00%	0
0	0	0,00%	0,00%		0	0	0,00%	0,00%	0

NUM LIXO-2010	2000-2010	%	% TOT 2000	% TOT 2010	NUM L B ESG-2000	NUM L B ESG-2010	2000-2010
1202	498	70,74%	96,84%	99,34%	4	3	-1
0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0
0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0
0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0

%	% TOT 2000	% TOT 2010
-25,00%	0,55%	0,25%
	0,00%	0,00%
	0,00%	0,00%
	0,00%	0,00%