

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus Experimental de Ourinhos

LEDA VEIGA CALDERON ALMEIDA

ANÁLISE DE MUDANÇAS NO USO DA TERRA DA MICROBACIA DO
CÓRREGO SÃO JORGE, SANTOS, SP

OURINHOS

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JULIO DE MESQUITA FILHO”

Campus Experimental de Ourinhos

ANÁLISE DE MUDANÇAS NO USO DA TERRA DA MICROBACIA DO
CÓRREGO SÃO JORGE, SANTOS, SP

Leda Veiga Calderon Almeida

Trabalho de conclusão de curso,
apresentado para à Comissão
de Avaliação de TCC do Curso
de Graduação em Geografia –
Bacharelado da Universidade
Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho – UNESP –
Campus de Ourinhos, como o
cumprimento da disciplina
Estágio Supervisionado e
Trabalho de Graduação no 1º
semestre letivo de 2020.

Orientador: Profº Drº Edson Luís Piroli

OURINHOS, SP

2020

A447a	Almeida, Leda Veiga Calderon ANÁLISE DE MUDANÇAS NO USO DA TERRA DA MICROBACIA DO CÓRREGO SÃO JORGE, SANTOS, SP / Leda Veiga Calderon Almeida. -- Ourinhos, 2020 64 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus Experimental de Ourinhos, Ourinhos Orientador: Edson Luis Piroli 1. Microbacia hidrográfica. 2. Geoprocessamento. 3. Águas. 4. Bacia urbana. 5. Sensoriamento Remoto. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Câmpus Experimental de Ourinhos. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

BANCA EXAMINADORA

Profº Drº Edson Luis Piroli (Orientador)

Profª. Drª. Daniela Fernanda Silva Fuzzo

Profª. Drª. Edinéia Aparecida Dos Santos Galvanin

Ourinhos, 10 de Agosto, 2020.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a UNESP e em específico ao campus de Ourinhos por ter me proporcionado professores com qualificação e qualidade para ensinar toda a aprendizagem que obtive nesses últimos anos, foram de extremo crescimento intelectual e sou grata a isso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Luís Piroli por ter me acolhido desde o começo dando toda atenção, paciência e por acreditar no meu potencial e me incentivar. Por todo ensinamento meu sincero agradecimento.

À minha mãe Gilse e meu pai Ariovaldo que estiveram sempre presentes me dando todo suporte e acreditando em mim. Ao meu irmão Gabriel Calderon, futuro geógrafo, que compartilhou bastante conhecimento, agradeço-o pela oportunidade de desenvolver isto.

Gostaria de agradecer a Prof. Dra. Edineia Galvanin e a Prof. Dra. Daniela Fuzzo por aceitarem ser minha banca examinadora. Meus sinceros obrigadas por todo conhecimento em aulas transmitidos por vocês, o conhecimento de vocês me trouxe a esta decisão e admiro-as.

Em especial as Prof. Dra. Carla Cristina Reinaldo Gimenes de Sena e Prof. Dra. Maria Cristina Perusi que me deram muitas forças e me deram oportunidades gigantescas de conhecimento. Obrigada pelo apoio sou eternamente grata. E aos demais professores que fazem parte dessa equipe memorável.

Aos meus amigos de graduação que se tornaram uma família para mim em Ourinhos, André Pimenta, Anderson Araujo, Ana Ávila, Felipe Romão, Letícia Montezel, Marília Brasil, Thalita Almeida, Victoria Helena. Levarei no coração todos os momentos e que possamos continuar crescendo e aprendendo juntos em todos os caminhos.

A quem esteve presente comigo nessa caminhada todos os momentos Tamirez Araújo e Manuela Massaro tornando-os muito mais pacíficos dando apoios e conselhos que acrescentaram e ajudaram para concretização deste projeto, minha sincera gratidão.

Aos funcionários que alegravam minhas manhãs com sorrisos e conversas que amenizavam o peso de seriedade do ambiente acadêmico Rodrigo, Julio, Glaucia, Edivaldo, Larissa e Karin.

À Defesa Civil de Santos pela atenção e disponibilização de ceder dados que fizeram essa pesquisa possível

À CAPES pelo auxílio dado ao programa Residência Pedagógica sendo fundamentais para crescimento acadêmico e futuramente profissional.

À toda comunidade UNESP Ourinhos, os que fizeram parte direta ou indiretamente da minha formação, lembrarmos que a Geografia antes de mais nada serve para enfrentar barreiras e conquistar sonhos.

RESUMO

Para compreender o uso e a cobertura da terra é necessário fazer uma análise temporal de uma área a fim de investigar o que ocorreu numa dada região. É fundamental que haja um conhecimento do passado para entender o presente e pensar no futuro, assim como um planejamento que pense no bem ao meio ambiente e desenvolvimento de um local. Ao fazer esta análise torna-se essencial a identificação de fatores de ocupações irregulares, expansão urbana, mudanças nos cursos da água, canalizações e como esta área reagiu a certas mudanças. A área de estudo do presente trabalho, a microbacia do rio São Jorge encontra-se inserida na área urbana do município de Santos – SP, na Zona Noroeste, tendo suas nascentes em áreas de altos declives e com intenso uso antrópico, tendo o córrego sido aterrado sob casas construídas na área. O objetivo deste trabalho foi analisar as mudanças ocorridas no uso e na cobertura da terra entre os anos de 1972 a 2020. Para a análise da área e obtenção de seus dados básicos (área - hectares e distâncias - metros) e as classes de uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens de satélite Landsat 8 (Operational Land Imager) (2020) e a carta topográfica de Santos (1972). As classes estudadas neste trabalho foram: área urbanizada, florestal, curso d'água continental, infraestrutura desconhecida, solo exposto, área portuária, erosão exposta. Por meio do mapeamento foram identificadas as mudanças no aumento da área urbanizada e mudanças de usos que existiam. Surgiram ao longo do período estudado novas classes de usos como da área portuária, provocadas pelo crescimento econômico portuário e a de erosão exposta provocadas por águas das chuvas concentradas superficialmente. As técnicas utilizadas de geoprocessamento apresentaram importância a observação das mudanças ocorridas e para analisar melhor o manejo da terra e o planejamento do espaço geográfico.

Palavras-chave: microbacia hidrográfica, geoprocessamento, águas, bacia urbana, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

To understand land use and land cover, it is necessary to do a temporal analysis of an area in order to investigate what happened in a given region. It is essential that there is a knowledge of the past to understand the present and think about the future, as well as planning that thinks about the good to the environment and the development of a place. In making this analysis it becomes essential to identify factors of irregular occupations, urban expansion, changes in watercourses, plumbing and how this area reacted to certain changes. The study area of the present work, the São Jorge River microbasin is inserted in the urban area of the municipality of Santos - SP, in the Northwest Zone, having its springs in areas of high slopes and with intense anthropic use, with the stream being grounded under houses built in the area. The objective of this work was to analyze the changes in land use and coverage between the years 1972 to 2020. For the analysis of the area and obtaining its basic data (area - hectares and distances - meters) and the classes of use and land cover Landsat 8 satellite images (Operational Land Imager) (2020) and Santos topographic map (1972) were used. The classes studied in this work were: urbanized area, forest, continental watercourse, unknown infrastructure, exposed soil, port area, exposed erosion. Through the mapping, changes in the increase in the urbanized area and changes in uses that existed were identified. During the period studied, new classes of uses emerged, such as the port area, caused by the economic growth of the port and that of exposed erosion caused by superficially concentrated rainwater. The techniques used for geoprocessing were important to observe the changes that occurred and to better analyze land management and geographic space planning.

keyword: hydrografic microbasin, geoprocessing, waters, urban basin, remote sensing.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAEE – Departamento de Águas e Energias Elétricas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

AGEM – Agência Metropolitana da Baixada Santista

UGHRI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SAGA - Sistema de Análise Geo-Ambiental

CRH – Conselho de Recursos Hídricos

DGI – Divisão de Geração de Imagem

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

OLI – Operational Land Imager

SRTM – Missão Topográfica Radar Shuttle

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O processo do sensoriamento remoto. (Jensen, 2009)	20
Figura 2: Linha do tempo do satélite Landsat. FONTE: DGI INPE, 2020	21
Figura 3: Recorte de texto publicado no jornal O Compilador Paulistano, 5 de março de 1853. FONTE: Novo Milênio, 2020	24
Figura 4: Manchete do Jornal A tribuna publicada em 13 de Março de 1928, Fonte Novo Milênio, 2020. Escorregamento Monte Serrat em 10 de março de 1928 Fonte: IPT, 2020 Enchente de março de 1978. Fonte NOVO MILENIO, 2020	25
Figura 5: Localização do município de Santos, SP	27
Figura 6: Mapa de localização da microbacia do rio São Jorge	28
Figura 7: Planta da Villa de Santos, 1812. Acervo Biblioteca Nacional de Portugal via Novo Milênio	30
Figura 8: Vegetação do município de Santos. Fonte BACCI, 2009	35
Figura 9: Mapa geológico do município de Santos, SP. Fonte: Leda Veiga Calderon Almeida	38
Figura 10: Rocha Gnaiss coletada na área insular do Município de Santos. Foto: Leda Veiga Calderon Almeida (2015)	38
Figura 11: Mapa de solos do município de Santos. Fonte: (OLIVEIRA,1999)	40
Figura 12: UGHRI 7 Baixada Santista. Fonte: IBGE e FEHIDRO 2020. Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020	42
Figura 13: Divisões da Sub-bacias do município de Santos. Fonte (DIAS, 2014)	43
Figura 14: Folha topográfica de Santos (SF-23-Y-D-IV-3). Fonte: IBGE, 1972	44
Figura 15: uso e cobertura da terra em 1972. Org: Leda Veiga Calderon Almeida	48
Figura 16: Logradouro de ruas da Microbacia do Rio São Jorge. Fonte: Leda Veiga Calderon Almeida	49
Figura 2: uso e cobertura da terra em 2020. Organizado por: Leda Veiga Calderon Almeida. (2020)	50

Figura 18: Diferença entre 1972 e 2020 da área urbanizada. Organizado por: Leda Veiga Calderon Almeida (2020).....	53
Figura 193: Diferença entre 1972 e 2020 da área florestal. Organizaado por: Leda Veiga Calderon Almeida	54
Figura 20: Suscetibilidade de inundação na microbacia de São Jorge. Fonte: Defesa Civil, 2019. Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020.....	56
Figura 21: Área de suscetibilidade de movimento de massas na microbacia do Rio São Jorge. Fonte: Defesa Civil, 2019. Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020.....	57
Figura 42: Modelo Digital de elevação da microbacia de estudo. Organizado por: Leda Veiga Calderon Almeida (2020).....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características do Landsat 8 Fonte: NASA (2008, apud CNPM/Embrapa,2013)	22
Tabela 2: Pluviometria mensal de 2008 à 2017 de Santos, SP. Dados: DEFESA CIVIL, 2019. Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020.....	33
Tabela 3: Chuva acumulada em Santos de 2008 a 2012 por mm/mês.....	33
Tabela 4: Chuva acumulada em Santos de 2013 a 2017 por mm/mês.....	33
Tabela 5: Média Anual pluviométrica de 2008 a 2017. Dados: DEFESA CIVIL, 2019. Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020.....	34
Tabela 1: Classes de cores de monitoramento RGB. Fonte: IBGE, 2013.....	45
Tabela 2: Porcentagem de cada classe de uso e cobertura da terra em 1972. Elaborado por: Leda Veiga Calderon Almeida. (2020)	47
Tabela 8: Áreas em hectares das classes de uso e cobertura da terra nos dois anos estudados.....	51
Tabela 9: Comprimentos em metros das feições lineares presentes na microbacia.....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1. USO E COBERTURA DA TERRA.....	18
3.2 CARTA TOPOGRÁFICA	18
3.3 GEOTECNOLOGIAS E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).....	19
3.4 SATÉLITE LANDSAT	20
3.5 LANDSAT 8 E O SENSOR OLI	21
3.6 BACIA HIDROGRÁFICA	22
3.7 HISTÓRICO DE INUNDAÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO	23
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
4.1 ÁREA DE ESTUDO	26
4.2 HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DE SANTOS.....	29
Segundo (IPT, 2005) o relevo da região possui as seguintes características:.....	36
5. MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA NA MICROBACIA DO RIO SÃO JORGE.....	44
5.2 ESPACIALIZAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA A PARTIR DA CARTA TOPOGRÁFICA DE 1972.....	45
5.3 REPROJEÇÃO DA IMAGEM DE SATÉLITE DO ANO DE 2020.	46
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	46

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Para analisar o uso e cobertura de um solo é necessário fazer uma análise temporal de uma área para investigar o que possa ter ocorrido nesta dada região. É fundamental que haja um conhecimento do passado para entender o presente e pensar no futuro, assim como um planejamento que pense no bem ao meio ambiente e desenvolvimento de um local. Ao fazer esta análise torna-se essencial a identificação de fatores de ocupações irregulares, expansão urbana, mudanças no curso da água, canalizações e como esta área reagiu a certas mudanças.

O conhecimento sobre o uso da terra ganha relevo pela necessidade de garantir sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável. (IBGE, 2013)

Segundo Kohori e Piroli (2018), a exploração intensa e o uso não planejado do solo no estado de São Paulo resultaram na devastação das matas nativas que foram substituídas pelas culturas agrícolas, pela pecuária e pelas ferrovias que transportavam madeiras e produtos agropecuários. E para o caso de Santos não foi diferente, pois a expansão urbana foi um dos maiores fatores para ocupações irregulares e aterro de áreas irregulares para moradias.

A área de estudo do presente trabalho, a microbacia do rio São Jorge encontra-se inserida na área urbana do município de Santos – SP, na Zona Noroeste, tendo suas nascentes em áreas de altos declives e com intenso uso antrópico assim aterrando-as abaixo de casas construídas. Este rio possui partes de sua extensão canalizadas desde o projeto de planejamento de construção dos bairros que formam esta região sendo um forte influenciador de aumento de escoamento superficial quando há chuvas. O Rio possui interferência ao meio desde sua nascente até sua foz no estuário onde habita-se concentração de casas de palafitas.

Um dos grandes males do início da cidade de Santos foi as doenças sanitárias causadas pelo escoamento das águas por estar em uma área plana, muito desses rios não se deslocavam com facilidade. Assim a propagação de doenças era intensa e precisavam conter por ser uma cidade importante onde se importava e exportavam matérias.

Para Gorski (2010) no Brasil, principalmente após a década de 1950, a maioria dos cursos d'água localizados no meio urbano vem sofrendo um processo histórico de degradação. Assim complementa (PIROLI, 2019) citando que os trechos urbanos dos rios, e os rios urbanos são modificados por obras hidráulicas de canalização e retificação e comprimidos pela ocupação irregular de suas margens.

E o aumento de população ao longo do rio com as canalizações gerou uma frequência de inundações nesta área devido à impermeabilização, acarretando riscos sociais e ambientais pela poluição que acaba sendo associada na manutenção do escoamento. Ressaltando a ideia, (Piroli, 2019) cita que:

Com a intensa ocupação e o aumento das áreas impermeabilizadas dos municípios, juntamente com a canalização dos córregos urbanos é importante fazer o estudo das condições das águas que passam e alimentam diversos pontos da cidade e são utilizadas muitas vezes pelos habitantes para banho, uso doméstico, entre outros usos. É necessário entender e identificar os padrões de uso e cobertura da terra, ao passo que esses estudos podem dar grande contribuição para inúmeras atividades relacionadas ao próprio córrego e nas possibilidades de novo. Planejamentos urbanos e ambientais e auxílio para as gestões atuais e futuras. (PIROLI 2019)

Para (ARAUJO, 2019) As geotecnologias são importantes para este tipo de estudo por possibilitarem a identificação das mudanças ocorridas na terra em um espaço temporal. As quais não são possíveis de analisar a olho nu em imagens.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as mudanças ocorridas no uso da terra na microbacia do rio São Jorge localizado na Zona Noroeste do município de Santos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar ações antrópicas ao longo do percurso do córrego e intercalar com relação a precipitações que possam obter um aumento considerável de inundações no canal;
- Avaliar a área da bacia e as transformações ocorridas ao longo dos corpos d'água no período estudado.
- Obter dados das áreas das classes de uso da terra por meio de imagens do satélite Landsat 8/ OLI (2020) e da carta topográfica (1972) para verificar as mudanças ocorridas no município em 48 anos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. USO E COBERTURA DA TERRA

O levantamento do uso e da cobertura da terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada a partir de padrões homogêneos da cobertura terrestre, envolve pesquisa de escritório e de campo, voltada para a interpretação, análise e registro de observação da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando a sua classificação e especialização através de cartas. (IBGE, 2013)

É fundamental a realização de análises periódicas do uso e cobertura das terras, por mostrar o grau de desenvolvimento e impacto das atividades humanas sobre os recursos naturais, havendo uma integração dos temas biológicos, físicos e socioeconômicos o que possibilita ações em busca da solução dos problemas (SANTOS, 2004).

Classificar é agrupar objetos, elementos e eventos em conjuntos levando-se em conta suas propriedades, consoante um método ou sistema de avaliação. As abstrações mentais de classificação do real são arquitetadas para atender a certos propósitos e as necessidades do usuário. (IBGE, 2013)

Assim, no presente trabalho foi fundamental analisar o uso e cobertura da terra de Santos para avaliar essa transformação de uma colônia na qual Santos era desde 1822 e sobre como este desenvolvimento das produções interferiram para o crescimento populacional desta área, pois podemos identificar que o papel de transportador portuário intenso foi o grande papel até hoje cumprido pelo município.

3.2 CARTA TOPOGRÁFICA

As cartas topográficas possuem projeções de uma superfície nas quais são possíveis identificar fatores nela presentes. Estes vão desde relevo até os diferentes tipos de uso da Terra. Elas fornecem a base para o início da obtenção de dados que possam ser transformados em imagens. Para (PIROLI, 2010) quando transformadas em imagens, as cartas nos dão informações valiosas para o geoprocessamento. Geralmente são usadas como fonte de dados para o mesmo e se beneficiam das informações geradas por este.

Para Machado (2011) as cartas topográficas são as formas do relevo, bem como sua geometria, representadas por intermédio das curvas de nível, pontos cotados e da rede hidrográfica que norteiam o trabalho da cartografia morfométrica.

A DSG (Diretoria de Serviços Geográficos do Exército) disponibiliza algumas cartas topográficas com o recorte geográfico do Mapeamento Topográfico Sistemático Terrestre do Brasil na escala 1:50.000, que foi a usada para o presente trabalho. O recorte onde está localizado o município de Santos ocupa uma folha na escala de 1:50.000 nomeada SANTOS (23-Y-D-IV-3).

3.3 GEOTECNOLOGIAS E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências, que trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico. (PIROLI, 2013).

A partir do início do Século XXI, houve o aumento do número de satélites equipados com sensores de alta resolução espacial, ampliando a gama de produtos disponíveis aos usuários que atuam na área. (PIROLI, 2013).

Segundo (PIROLI, 2010), no Brasil, o uso dos SIGs ocorreu a partir da década de 1980, por meio do SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental), um software pioneiro que foi desenvolvido na UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro).

O surgimento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), mapas temáticos, produtos de sensoriamento remoto, organização de dados e manipulação desses no mesmo ambiente, facilitou e possibilitou ao pesquisador o uso de dados em diversas atividades, como controle do uso e ocupação do solo, identificação da vegetação, monitoramento ambiental, controle de emissões de gases poluentes emitidos mediante as queimadas e combustão da biomassa, dentre outros (ALVES, 2019)

Para Santos (2004, p. 131), pode ser definido como:

[...] tecnologias que combinam cartografia, banco de dados automatizados, produtos de sensoriamento remoto e

modelagem. Os SIGs são constituídos de inúmeras funções que permitem o armazenamento, medição, recuperação, classificação, atualização, manipulação, simulação e gerenciamento dos dados e informações interpretados das imagens ou de qualquer dado geográfico (gráficos e alfanuméricos). São capazes de representar linhas, pontos, símbolos, redes e imagens, desde que sejam referenciados mediante coordenadas geográficas ou cartesianas.

O sensoriamento remoto trabalha em conjunto com o sistema de informações geográficas e a cartografia para coletar informações e gerar dados. Rosa (2009) afirma, que o sensoriamento remoto pode ser definido:

Como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como, por exemplo, o Radar. ROSA (2009)

O modelo de (Jensen, 2009) em relação ao processo do sensoriamento remoto está ligado a primeiramente, estabelecer um problema onde neste problema se formulará hipóteses e se selecionará um modelo apropriado baseado no conhecimento e no processo. A partir disso, é passado para o próximo passo onde há coletas de dados. Na coleta, são utilizados dados digitais, podendo eles serem modelos digitais de elevação, do uso da terra, e densidade populacional. Neste momento que são usadas as medições podendo elas serem coletadas em trabalho de campo, medidas laboratoriais e de GPS. Possuindo os dados, inicia-se a conversão destes para informação. Este passo é onde há a correção de dados e agregações de informações correlacionadas. Após a geração do modelo apresenta-se a informação que é o resultado dos metadados das imagens sobrepostas no processo de dados para informação, é onde analisam-se as imagens e estatísticas do resultado obtido. A figura 1 apresenta o modelo.

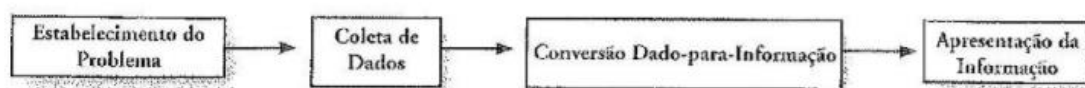


Figura 1: O processo do sensoriamento remoto. (Jensen, 2009)

3.4 SATÉLITE LANDSAT

Segundo (DGI/INPE, 2020) a série teve início na segunda metade da década 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Administração Nacional de

Aeronáutica e Espaço (NASA), sendo dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Inicialmente este programa foi nomeado como ERTS (Earth Resources Technology Satellite) e em 1975 passou a se denominar LANDSAT.

Desde sua primeira iniciação, que foi em 1972 até a sua última atualização em 2013, foram 8 satélites sendo eles: “o primeiro satélite não tripulado especificamente projetado para a aquisição de dados sobre a superfície da Terra de uma maneira sinóptica, metódica e repetitiva” (SILVA e ROSA, 2012). A figura 2 representa a linha cronológica dos lançamentos dos satélites onde é possível notar que os satélites que ainda estão em uso são o Landsat 7, Landsat 8.

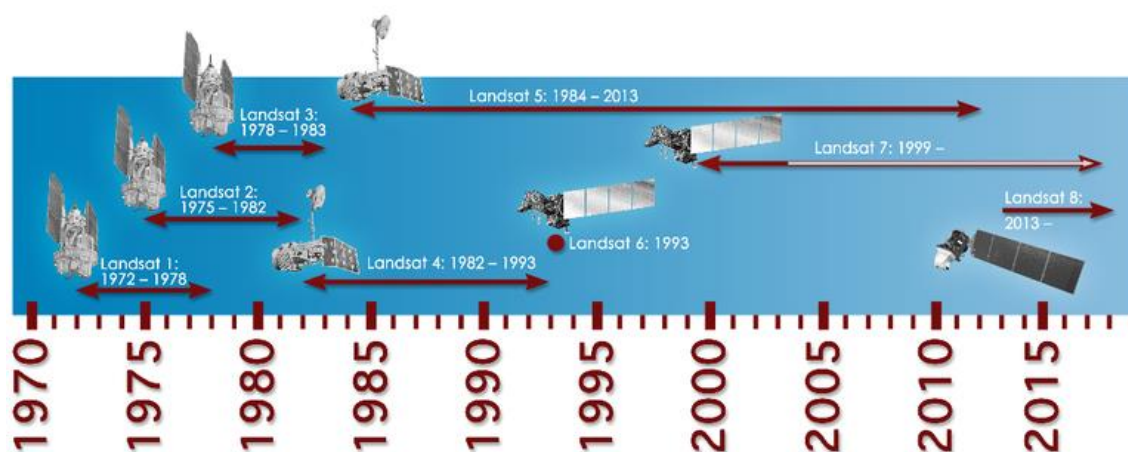


Figura 2: Linha do tempo do satélite Landsat. FONTE: DGI INPE, 2020

Nesta pesquisa foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 para o fornecimento e imagens recentes do uso e da ocupação da área estudada.

3.5 LANDSAT 8 E O SENSOR OLI

Segundo (DGI/INPE, 2020) o satélite Landsat 8 foi lançado em novembro de 2013 e está ativo até hoje. Está em uma altitude de 705 km; inclinação de 98,2°; órbita circular, polar e heliossíncrona; tempo de duração da órbita de 99 minutos; horário de passagem às 10 e 12 horas e; as resoluções espaciais são a pancromática (15 metros), multiespectral (30 metros) e termal (100 metros reamostrada para 30 metros)

O sensor OLI possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma

banda pancromática. (EMBRAPA, 2013). A tabela 1 mostra as principais características do sensor

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) COSTAL	0.433 - 0.453 μm	30 m	16 dias	185 km	12 bits
	(B2) AZUL	0.450 - 0.515 μm				
	(B3) VERDE	0.525 - 0.600 μm				
	(B4) VERMELHO	0.630 - 0.680 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.845 - 0.885 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.560 - 1.660 μm				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.100 - 2.300 μm				
	(B8) PANCROMÁTICO	0.500 - 0.680 μm	15 m			
	(B9) Cirrus	1.360 - 1.390 μm	30 m			

Tabela 1: Características do Landsat 8 Fonte: NASA (2008, apud CNPM/Embrapa, 2013)

Foi feita a composição RGB das bandas espectrais 4 (vermelho), 3 (verde), 2 (azul), transformando-as em uma imagem de satélite. A composição feita com essas bandas, apresentou uma imagem real.

3.6 BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem em único ponto, o exutório (TUCCI, 1997).

A bacia hidrográfica compreende um território drenado por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes ou intermitentes. Estão associadas à noção de sistema, nascentes, divisores de águas, cursos de águas hierarquizados e foz. Todos os eventos ocorridos em uma bacia

hidrográfica, sendo antrópica ou natural, interferem na dinâmica desse sistema, na quantia dos cursos d'água e na sua qualidade (SANTOS, 2004).

No estado de São Paulo existe a Lei 7.663/1991, que é a Lei das Águas, a qual cita a divisão interna de recursos hídricos. Esta lei define a divisão de unidades de gerenciamento destes recursos, visando descentralizar o poder e tornando a região participativa onde as decisões são tomadas por comitês para cada grande bacia. Ao todo, existem 22 UGRHI (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) que juntas formam o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIRGH). A área deste estudo está localizada na UGRHI de número 7, a da Baixada Santista.

Visando organizar a gestão das UGRHI, o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, referida na Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994 do estado de São Paulo, decreta e promulga os seguintes fundamentos:

Capítulo II. Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo. Art. 7º - A divisão e subdivisão de que tratam os artigos anteriores, orientarão:

I - a eleição de representantes dos Municípios para integrar o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH;

II - a criação de Comitês de Bacias Hidrográficas;

III - o incentivo à organização e funcionamento de associações de usuários de recursos hídricos, em particular de associações de irrigantes;

IV - a articulação com a União, com os Estados vizinhos e com os Municípios para o gerenciamento de recursos hídricos de interesse comum;

V - o incentivo a formação de consórcios intermunicipais nas bacias ou regiões hidrográficas, em conformidade com o artigo 31, da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991;

VI - a delegação aos Municípios para a gestão de águas de interesse exclusivamente local, de acordo com o artigo 32 da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991;

VII - a proposição de programas de duração continuada componentes do PERH;

VIII - a elaboração do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo e os Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas;

IX - a instituição de áreas de proteção de mananciais e de proteção ambiental, onde haja ênfase para proteção do recurso hídrico.

3.7 HISTÓRICO DE INUNDAÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Santos possui um histórico de problemas com chuvas desde o começo de seus registros. Segundo (PMMCS, 2016) Uma notícia do jornal “O Compilador Paulistano”, de 5 de março de 1853 (figura 3), relatava que por muitos meses houve ocorrência de chuvas com poucos dias de interrupção.

Cabe ressaltar, que durante as chuvas ou alta da maré, o deslocamento entre estes extremos era complicado, pelo fato de diversas áreas se encontrarem pouco abaixo do nível do mar. Charcos, brejos e verdadeiras lagoas se formavam e demoravam a desaparecer. A contribuição das chuvas e água das nascentes dos morros tinha dificuldade de vazão para o mar. (PMMCS, 2016)

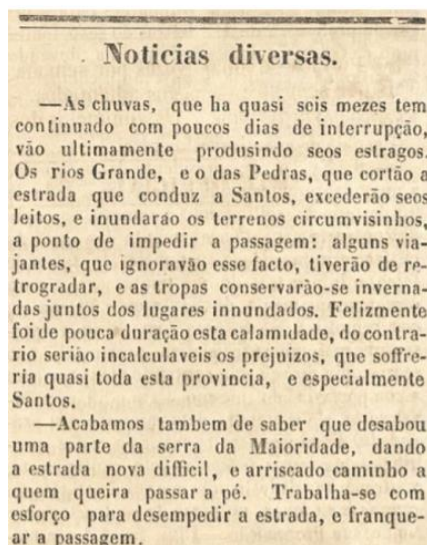


Figura 3: Recorte de texto publicado no jornal O Compilador Paulistano, 5 de março de 1853. FONTE: Novo Milênio, 2020

E consequentemente com a chuva, em áreas de suscetibilidade como morros, ocorreram ao longo dos séculos inúmeros deslizamentos de massas como mostra a figura 4. Este deslizamento ocorreu por conta de chuvas intensas por dois dias em março de 1928. A Figura 4 também apresenta uma enchente no mês de março de 1978, onde tomou-se grandes proporções por ter transbordado grande parte das vias e canais do município. Após este ocorrido, dois dias depois com chuvas intensas causou mais inundações.

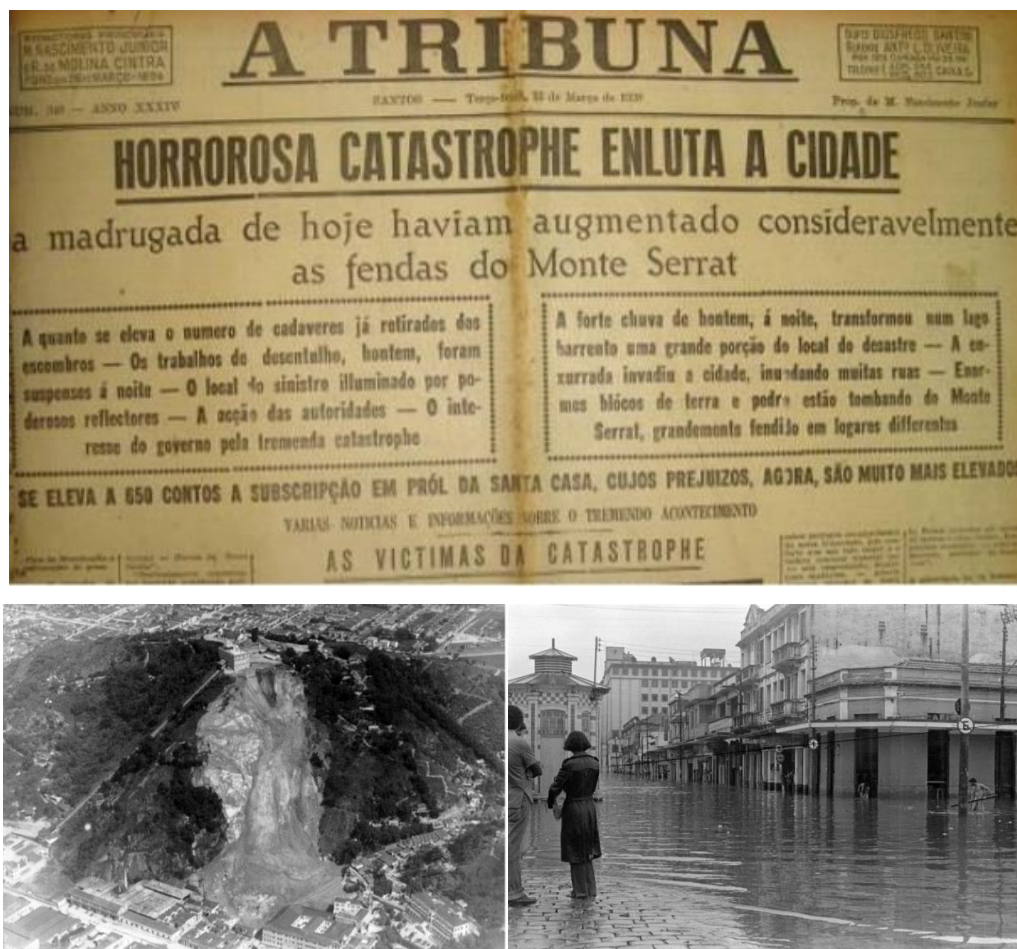


Figura 4: Manchete do Jornal A tribuna publicada em 13 de Março de 1928, Fonte Novo Milênio, 2020. Escorregamento Monte Serrat em 10 de março de 1928 Fonte: IPT, 2020. Enchente de março de 1978. Fonte NOVO MILENIO, 2020.

Ao tratar sobre a Zona Noroeste, o Plano Municipal de Mudanças Climáticas de Santos diz que caracteriza por monofuncionalidade, baixa vitalidade urbana, em face da pequena oferta de setor terciário, problemas de alagamento, em função da baixa cota de nível de ruas e terrenos em relação à maré, calçadas estreitas, com arborização escassa e poucas áreas verdes, com exceção do Jardim Botânico Chico Mendes. (PMMCS,2016)

Enquanto a Macro área Morros caracteriza-se por grande oferta de áreas verdes, em face de sua morfologia, ao mesmo tempo concentra a quase totalidade dos setores de risco geológico alto ou muito alto, de acordo com o Plano Municipal de Redução de Risco de 2012 (IPT, 2012). Estes setores são marcados pela autoconstrução e precariedade das edificações, inadequação de saneamento e ocupação de encostas por meio de cortes e aterros inadequados, às vezes com problemas sérios de lançamento de águas pluviais e de esgotos a jusante, agravando as situações de risco. (PMMCS, 2016)

No que se refere à progressiva impermeabilização do solo, que aumenta o escoamento superficial captado pela rede de drenagem urbana, quando de precipitações pluviométricas, também merece destaque constante acréscimo de contribuição decorrente do rebaixamento de lençol freático de edificações dotadas de subsolos, que onera ainda mais esse sistema público. Conjugados a outros fatores como, chuvas intensas e prolongadas, maré alta, obstrução de elementos de captação superficial ou tubulações subterrâneas, e assoreamento de canais esse cenário tem provocado inundações em áreas urbanas. (PMMCS, 2016)

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Santos está localizado no litoral paulista, distante 72 quilômetros da capital do Estado de São Paulo. Seu território é dividido em duas partes, sendo ela área insular de 39,4 km² e continental com 231,6 km², assim, sua área total de 281,033 km² (Figura 5). Segundo (IBGE, 2019) possui uma população estimada de 433.311 habitantes, densidade demográfica de 1.494,26 habitantes/km² (IBGE, 2010). Sua localização geográfica oficial está nas coordenadas de latitude 23°56'41" Sul e longitude 46°19'35" Oeste. Seu limite territorial é ao norte com Santo André e Mogi das Cruzes. Ao Sul, Oceano Atlântico e Guarujá. Ao Leste, Bertioga. À Oeste Cubatão e São Vicente. (SANTOS, 2020).

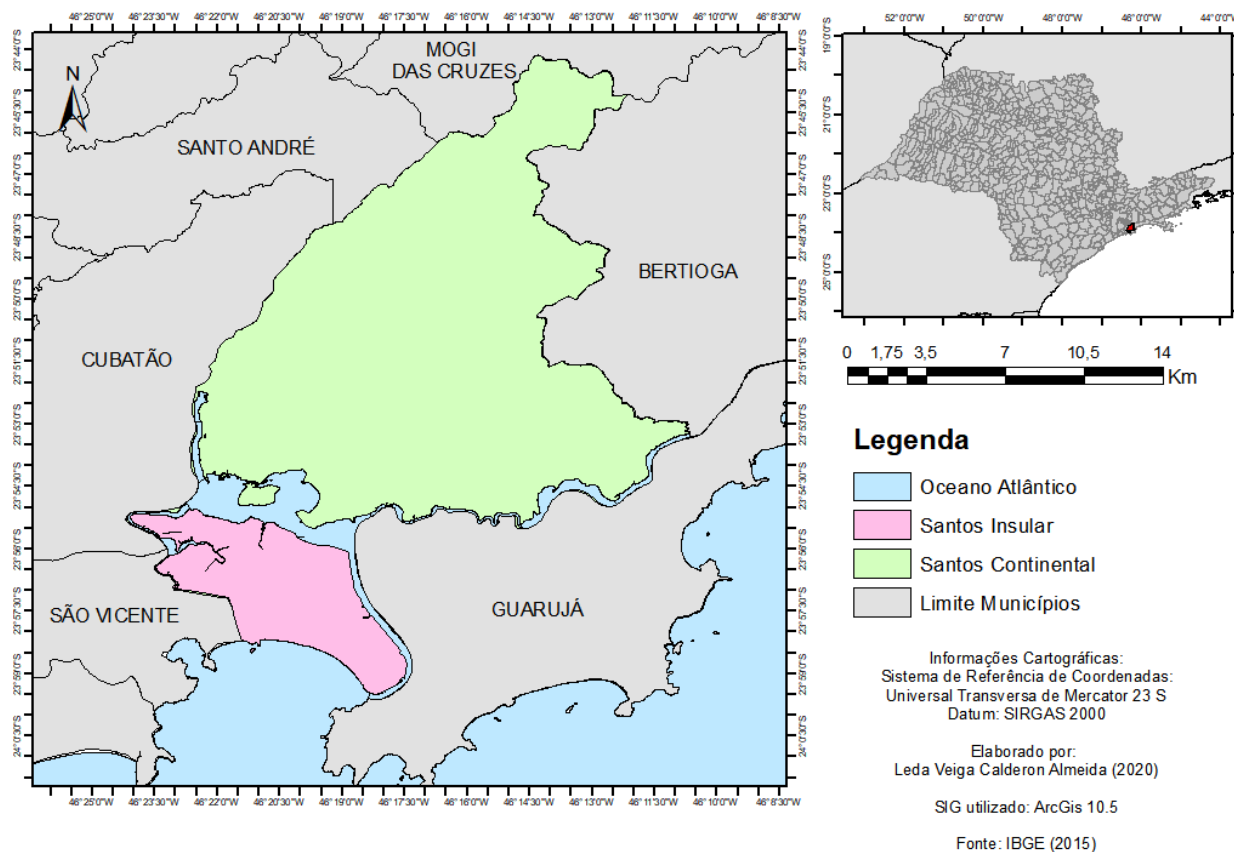


Figura 5: Localização do município de Santos, SP

Segundo (AGEM, 2020) o acesso para o município se dá a partir da Capital pelo Sistema Anchieta (SP 150) / Imigrantes (SP160); pelo litoral Sul com a Rodovia Padre Manoel da Nóbrega (SP 055), SP 291/55, Ponte do Mar Pequeno ou Ponte Pênsil. No litoral Norte com a Rodovia Dr. Manoel Hippolito do Rego (RIO – Santos) até Bertioga pelo sistema de pausa até o Guarujá seguindo para SP 61 por balsa Guarujá-Santos e por Bertioga para a Via Prestes Maia até Rodovia Cônego Domênico Rangoni.

A microbacia do rio São Jorge está localizada no município de Santos e São Vicente dentro da mancha urbana na área insular de Santos. (Figura 6) Sua nascente está localizada em áreas de altas declividades sendo sua maior extensão canalizada. Sua foz está localizada no Largo da Pompeba, onde possui a maior extensão de ocupação irregular no estuário

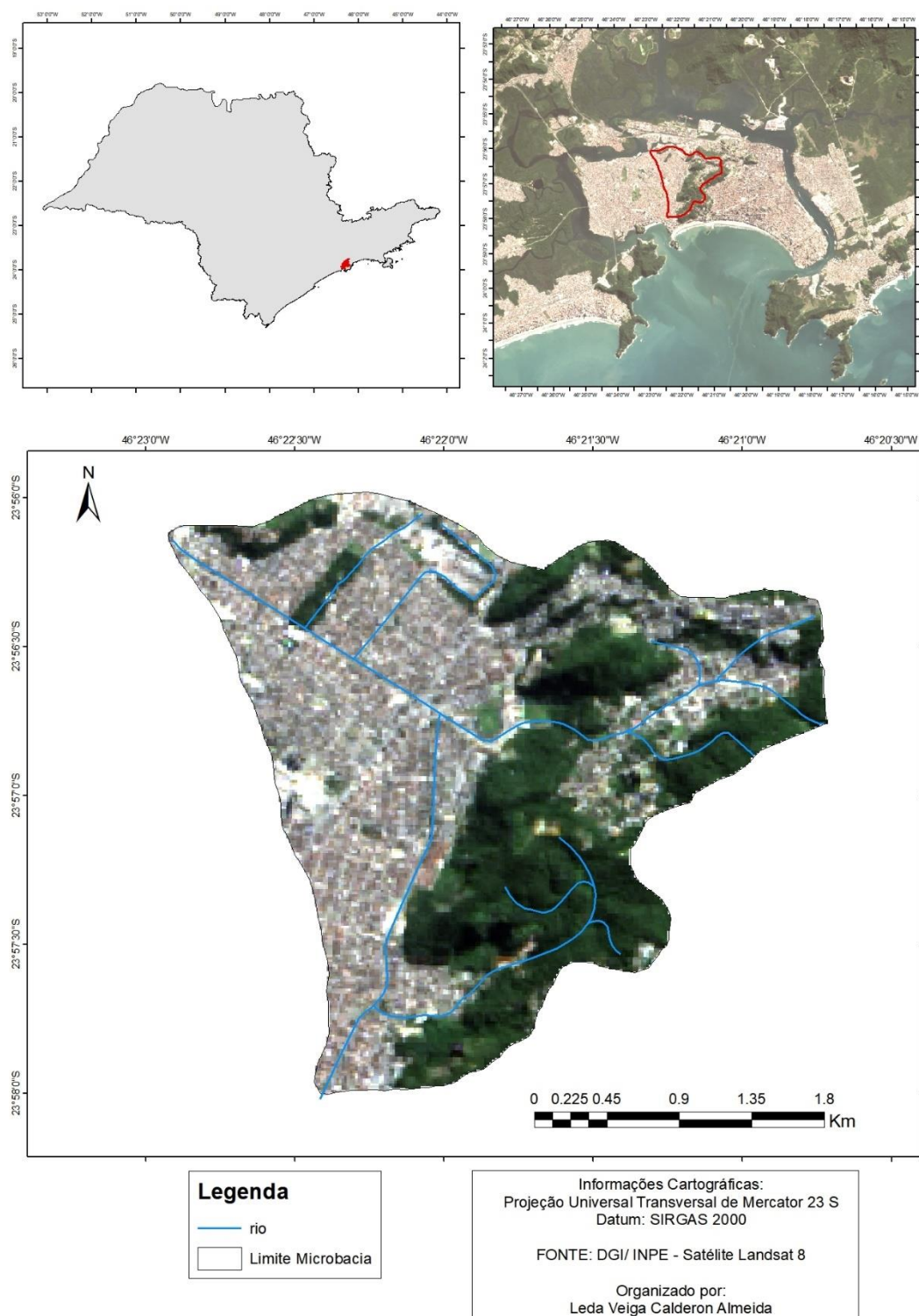


Figura 6: Mapa de localização da microbacia do rio São Jorge.

O Estudo desta microbacia é motivado pelos variados problemas que possui de qualidade ambiental na sua área. Além disso, qualidade da água e aumento de inundações devido a ações antrópicas decorrentes do processo de desenvolvimento socioeconômico que ali se estabeleceu e trouxe para a região um adensamento populacional.

Segundo (IBGE, 2020) a cidade de Santos em 2010 apresentava 95,1% esgotamento sanitário adequado, 87.3% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 84.7% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

Os rios que banham o município na área insular em sua predominância são rios que estão canalizados pela ação de prefeitura e do projeto do engenheiro Sartunino de Brito sendo um marco do início do século XX, que formou uma rede de drenagem de canais pela área insular inteira. Este sistema de drenagem possibilitou uma identidade para o município além de concretizar um sistema de saneamento.

Este desenvolvimento no começo do século XX, foi decorrente das tecnologias desinentes pela necessidade de desenvolvimento na região portuária de Santos, sendo ela a principal fonte econômica do município e de exportação e importações de produtos do estado de São Paulo, consequentemente de um longo processo histórico cujo o início foi remoto aos primórdios da colonização portuguesa.

4.2 HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DE SANTOS

A história de Santos está diretamente ligada ao processo de colonização do Brasil. Por ter sua divisão de território na área insular com o município de São Vicente, houve impactos históricos de desenvolvimento desta região por conta de São Vicente ter sido fundada em 1532.

A villa de Santos surgiu em 1546 e tem sua história relacionada com a chegada dos primeiros colonizadores portugueses, comandados por Martin Afonso de Souza que distribuiu as terras entre os fidalgos que acompanhavam ele. Dentre estes, estava Brás Cubas, oficialmente o fundador de Santos.

O que mais atraiu nessas terras distintas foi a distribuição de sua área, por a ilha de São Vicente possuir estuário tornou-se qualificada para navegação que apresenta na figura 7 a villa de Santos a beira do estuário.

Porém seu solo não era bom para o cultivo de culturas como a cana de açúcar o que levou a questionar-se da região e de sua população e buscar outros locais deixando Santos como uma segunda opção.



Figura 7: Planta da Villa de Santos, 1812. Acervo Biblioteca Nacional de Portugal via Novo Milênio.

Araújo Filho (1969) destaca o fator dos limites físicos impostos pelas vertentes da Serra do Mar em relação à sua comunicação entre o planalto paulista e o litoral da Baixada Santista, um dificultador considerável para o baixo crescimento populacional do município de Santos.

Porém, no século XVIII houve a diminuição das atividades de mineração em Minas Gerais, assim com isso, o porto de Santos começou a ser bastante utilizado para exportação da cana de açúcar que era cultivada no interior e litoral paulista e trazida para região. Esse novo formato de atividade econômica foi um modo de os senhores donos de terras terem uma nova fonte de renda, pois antes, eles eram dependentes totalmente das vendas dos ouros de Minas Gerais. Este período de exportação da cana durou por um período de trinta anos, posteriormente foi introduzido o café que se tornou a principal cultura para o desenvolvimento do estado de São Paulo.

A introdução do café no Brasil ocorreu por volta de 1727 quando o grão foi trazido para este continente da Guiana Francesa pelos franceses, após descobrirem que essas terras eram ótimas para o café e que possibilitaria uma rápida expansão do consumo. Assim, nas primeiras décadas do século XVIII, o café começou a ser cultivado na região onde hoje se dá o nome de Pará e

outras províncias do Norte e Nordeste brasileiro, sem grande peso neste momento para exportações para as colônias. No final do século XVIII o café é encaminhado para o Rio de Janeiro, onde havia solos mais férteis. Foram construídas várias fazendas sustentadas pelo trabalho escravo na época e próxima a estas construções, eram onde se desenvolviam núcleos urbanos. Este crescimento urbano e desenvolvimento do plantio expandiu para toda baixada fluminense e em direção ao vale do paraíba. Por volta de 1872 foi quando o café chega em território paulista, mas a precária estrutura para levar o café para o porto de Santos, cruzando a difícil Serra do Mar, fez com que a cafeicultura no estado de São Paulo demorasse mais para ser desenvolvida nas suas primeiras décadas.

(MATOS, 2004) diz que a inauguração da ferrovia Santos-Jundiaí (1867) possibilitou um transporte mais regular, com menos riscos e maior grau de eficiência, impulsionando a expansão da cafeicultura e viabilizando o escoamento da produção. A ferrovia, chamada na época também de “estrada de ferro São Paulo Railway” atraiu contingente de trabalhadores, com isto, a produção, exportação e importação do café teve um aumento elevado no século XVIII e XIX no estado de São Paulo. o café gerou importante crescimento econômico ao país bem como também o crescimento populacional de migrantes e imigrantes nessas regiões. Houve assim um processo de expansão acelerada juntamente com o aumento do fluxo de pessoas para a localidade.

Enfatiza-se que Santos se descaracterizou da forma de vila em que era constituída no período colonial para tornar-se uma das cidades brasileiras de maior importância econômica no país (ARAÚJO FILHO, 1965). O Desenvolvimento posterior segundo (ARAÚJO FILHO, 1965):

Foi somente a partir da construção efetiva do porto em fins do século XIX, que a ampliação do número de moradores - em consequência do atrativo empregatício oriundo das atividades portuárias - possibilitou a ampliação do sítio urbano. Novas áreas foram incorporadas ao sítio do núcleo colonial inicial que se encontrava na região que atualmente é denominada como o centro da cidade (ARAÚJO FILHO, 1969).

O crescimento a partir deste momento se tornou por via do centro da cidade para seu perímetro ao redor. Naquele momento começou a preocupação sanitária com o crescimento expansivo da região, pois por ser uma cidade plana o escoamento superficial não era tão eficiente. Para

(ANDRADE, 1989) tais zonas, que constantemente ficavam alagadas, eram focos de epidemias, o que passou a exigir pela população junto aos órgãos públicos, melhores condições de saneamento. A falta de canalização e descarte incorreto dos esgotos favoreciam o contágio pelas doenças.

Charcos, brejos e verdadeiras lagoas se formavam e demoravam a desaparecer. A contribuição das chuvas e água das nascentes dos morros tinha dificuldade de vazão para o mar. A consequência óbvia era um povoado insalubre, acometido por diversas epidemias – um caso grave de saúde pública, chegando a dizimar grande parte da população. (PMMCS, 2016)

Em fevereiro de 1905 começaram as obras para solucionar este problema. Seriam elas as construções dos canais feitos pelo Engenheiro Sanitarista Francisco Saturnino Rodrigues de Brito para melhorar a drenagem das águas da cidade e evitar que houvessem mais alagados, assim possibilitando a expansão urbana.

Do Século XX até os dias de hoje o quadro de doenças epidêmicas por conta do escoamento melhorou, porém o quadro de enchentes, desastres naturais causados por chuvas se agravou. O Plano Municipal de Mudanças Climáticas de 2016 apresenta que estas transformações no meio urbano, o padrão de consumo e a redução de ecossistemas naturais, são fatores que provavelmente corroboram para mudança nos padrões do microclima local. E o dificultador principal para isso acontecer é a chuva combinada com a alta da maré, que resulta na dificuldade de escoamento das águas pluviais e inundações em todo o município.

De acordo com (DIAS, 2014) o clima do município de Santos não possui uma uniformidade, pois, está sob influência intensa de massas de ar Tropical Atlântica, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Maritimidade, conhecida por Brisa Marítima, e continentalidade que é o sistema de circulação térmica inverso à maritimidade que segundo (SANTOS, 2017) é causada pelo gradiente nas taxas de resfriamento da terra e do mar, sendo que durante a noite a superfície da terra tende a resfriar mais rápido. Já a superfície do mar perde calor mais lentamente, fazendo com que haja uma diminuição na sua temperatura. Sendo assim, forma uma alta pressão na superfície terrestre, fazendo com que o vento sopra no sentido terra-mar.

Segundo a classificação climática de Köppen de 1900, o clima predominante na região é o Af que é um clima tropical úmido com ocorrência

de precipitação ao longo de todos os meses do ano e inexistência de estação seca predefinida. A temperatura média é de 21,8°C. No ano de 2017, as precipitações chegaram à 2.577,4 mm (DEFESA CIVIL, 2017). A tabela 2, 3 e 4 apresenta a distribuição de chuva acumulada por mês entre 2008 e 2017.

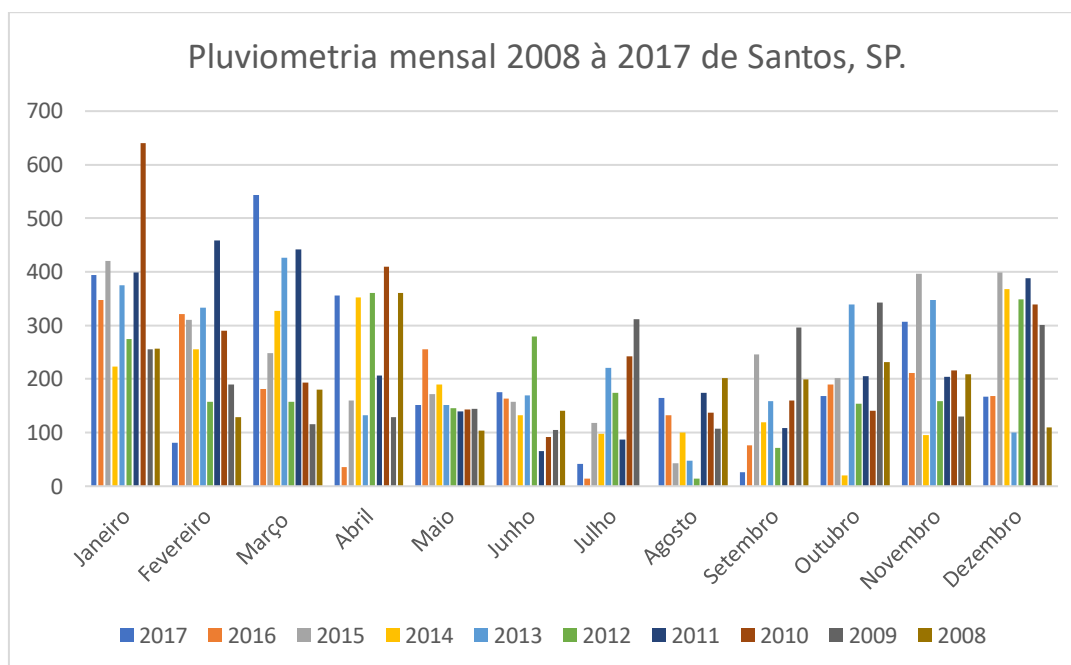


Tabela 2: Pluviometria mensal de 2008 à 2017 de Santos, SP. Dados: DEFESA CIVIL, 2019. Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020

Tabela 3: Chuva acumulada em Santos de 2008 a 2012 por mm/mês

	2008	2009	2010	2011	2012
Jan	257,3	256,1	640,6	399	275
Fev	129,4	189,4	290,2	459	158
Mar	180,4	115,3	193,7	441,8	157,3
Abr	360,8	128,8	410,2	206,7	360,5
Mai	104,1	144,8	143,2	139,9	145,5
Jun	104,3	104,4	92,4	66	279,8
Jul	210	312,2	242	87,1	174,7
Ago	201,2	107	137,6	173,7	14,4
Set	199,1	296,2	160,1	108,2	71,8
Out	232	342,2	141,1	205	154,3
Nov	208,8	129,7	216,4	204,2	159,1
Dez	109,3	301,5	338,7	388,6	348,7
TOTAL	2332,6	2427,6	3006,2	2879,2	2299,1

Tabela 4: Chuva acumulada em Santos de 2013 a 2017 por mm/mês

	2013	2014	2015	2016	2017
Jan	375,2	223	420,4	347,8	393,8
Fev	333,7	255,6	310,8	321,2	81,4
Mar	426,5	327,4	248,9	181,7	543,1

Abr	132,2	252,5	160,3	36,2	356,1
Mai	151,2	190,2	172,4	255,2	151,1
Jun	169	132,7	157,1	163,6	176
Jul	220,7	97,6	117,8	13,6	41,6
Ago	47,8	99,9	43,4	132,6	165,2
Set	158,2	118,8	246,3	76,5	26,2
Out	338,7	20,1	201,7	189,7	168,6
Nov	347,8	94,9	396,3	211,7	306,6
Dez	99,9	367,6	398,7	167,8	167,6
TOTAL	2800,9	2280,3	2874,1	2097,6	2577,4

A tabela 3 e 4 mostra a distribuição das chuvas ao longo dos meses dos anos entre 2008 à 2017. Nela é possível verificar que os maiores volumes de chuva se concentram no verão principalmente nos meses de Janeiro e Março. Os meses que há uma diminuição da pluviosidade mensal ocorrem durante os meses de Maio até Setembro apresentando uma amplitude média +- 300 mm. Na tabela 5 apresenta a média anual pluviométrica entre 2008 à 2018. Nela é possível identificar que há variação na quantidade de chuva nos últimos 10 anos, porém elas continuam sempre acima de 2000 mm anuais, nunca abaixo disto.

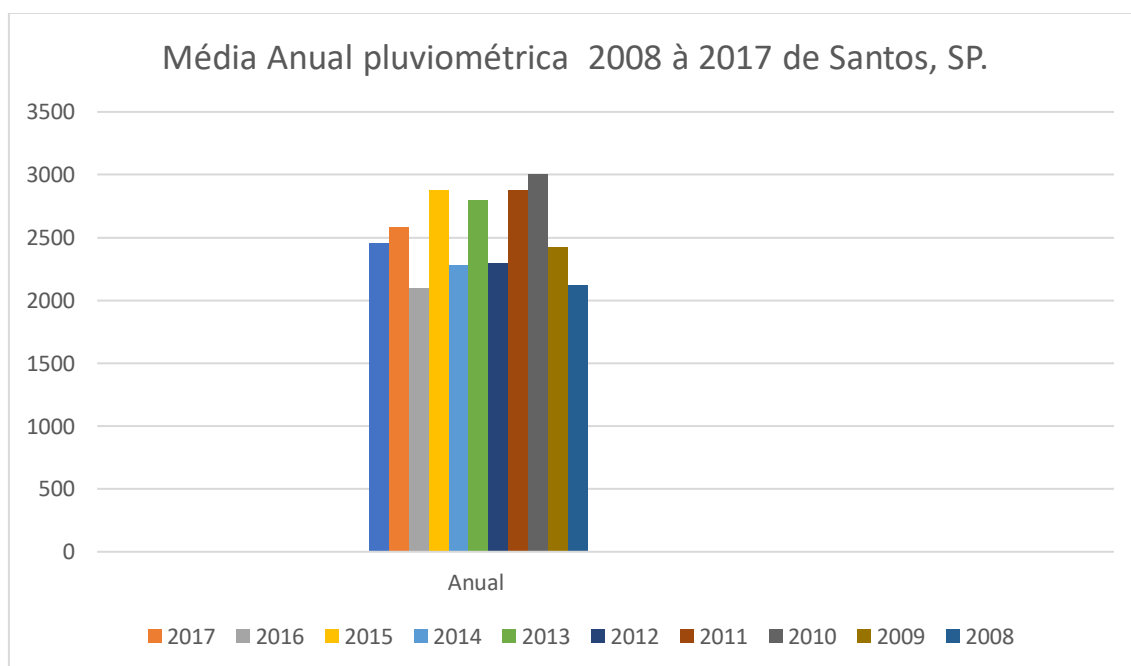


Tabela 5: Média Anual pluviométrica de 2008 a 2017. Dados: DEFESA CIVIL, 2019.
Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020

A vegetação originalmente pertencente ao local é de Floresta Ombrófila Densa, conhecida como mata atlântica, áreas de mangues e restingas. A maior área de vegetação nativa mantida está localizada na área continental. Na área

insular, mantiveram-se algumas áreas de mangue próximas a área urbana. A Figura 8 mostra a distribuição da vegetação no município de Santos.

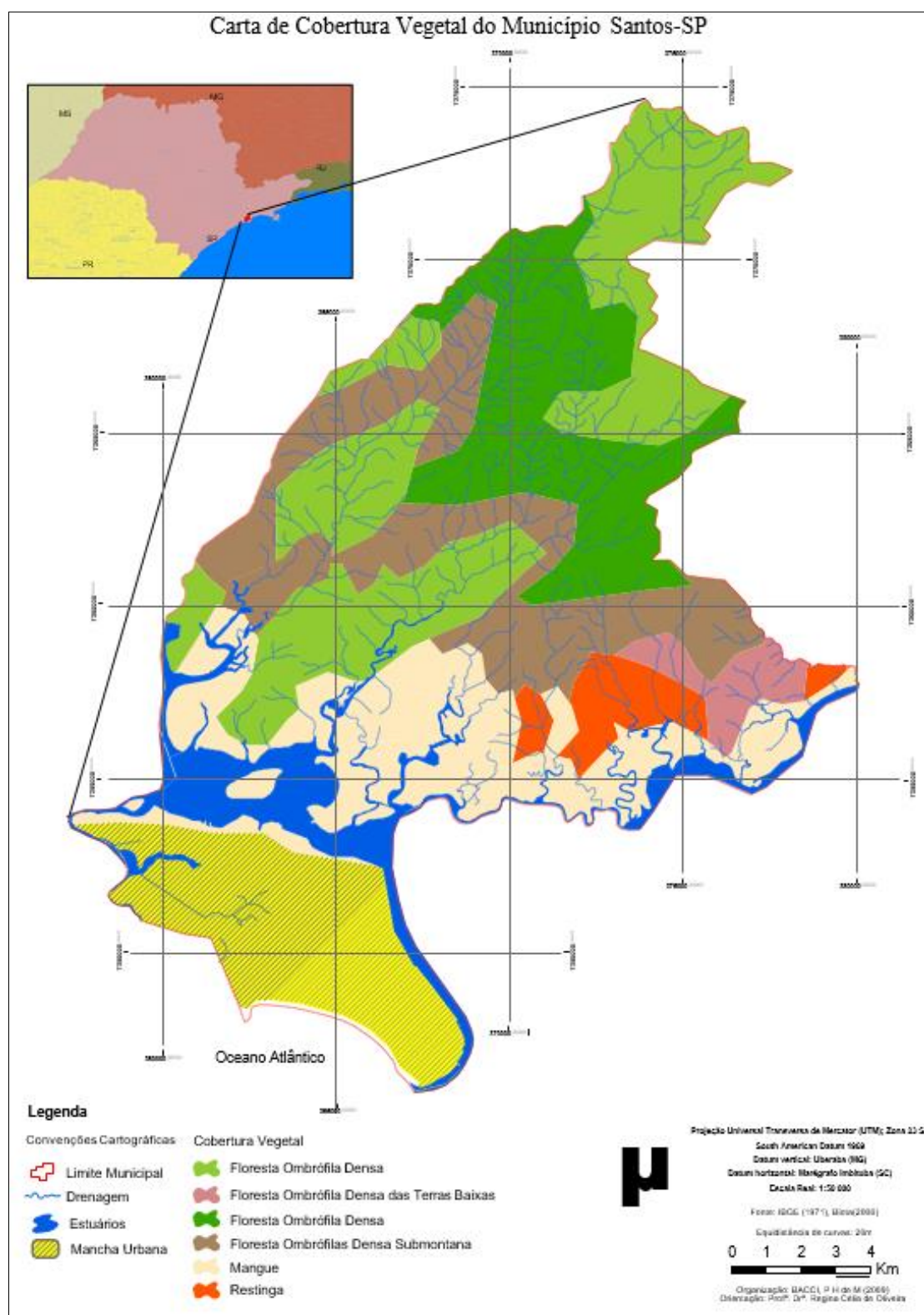


Figura 8: Vegetação do município de Santos. Fonte BACCI, 2009

Segundo (IPT, 2005) o relevo da região possui as seguintes características:

A Baixada Santista, limitada pela Serra do Mar e pelo Oceano, comporta um complexo de planícies costeiras, morros insulados e mangues. As diferentes litologias e as respectivas estruturas dos Morros de Santos representam fatores condicionantes dos movimentos gravitacionais de massa, quais sejam: mobilização de solo, da rocha ou de ambos, em setores de encosta ou de taludes naturais e artificiais. (IPT, 2005)

Ao se tratar do quesito geológico, Santos pertence a dois tempos geológicos muito distintos por estar numa área de falha ocorrendo afloramento de rochas metamórficas de 4,5 milhões de anos, mas também possui uma parcela de sua área com sedimentos muito recentes como é o caso dos sedimentos marinhos de 1,8 milhões de anos.

Segundo os dados do IPT (1981) o município está dividido por Sedimentos Marinhos e Mistos (Qm), Complexo Costeiro (Acm), Suites Graníticas Sintectônicas (Psync e Eoyi).

Os Sedimentos Marinhos (Qm) são sedimentos atuais a sub-atuais, incluindo termos arenosos, praias, depósitos marinhos localmente retrabalhados por ação fluvial e/ ou eólica, termos arena silíceo argilosos de deposição Fluvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue do Éon Fanerozóico Era Cenozóica Período Quaternário na Época Holoceno. Ou seja, esta formação está situada em termos temporais na mesma época que vivemos atualmente, que começou de 1,8 milhões de anos até hoje em dia.

As Suites Graníticas Sintectônicas (Psync e Eoyi) estão no Éon Proterozoico Superior pertencendo no Escudo do Atlântico.

O Complexo Costeiro (Acm), está presente na área continental é do Éon Arqueano (4.500 m.a - 2.500 m.a) sendo uma das formações mais antigas presente neste município possuindo rochas granulitas, que são rochas de alto grau metamórficos.

Santos se caracteriza por possuir como rocha de origem o Gnaisse (Figura 10), sendo uma rocha metamórfica oriunda do granito. É uma rocha essencialmente de quartzo-feldspática. (CPRM, 2020).

A figura 9 apresenta a disposição geológica do município de Santos, nela nota-se que em sua área insular, onde maioridade dela está em área

plana, possui sedimentos marinhos (Qm) e em seus morros e áreas elevadas há presença de Suites Graníticas Sintectônicas (Psyc e Eoyi), nas quais são rochas Gnaisses. Este afloramento possibilitou a amostra representada na figura 10.

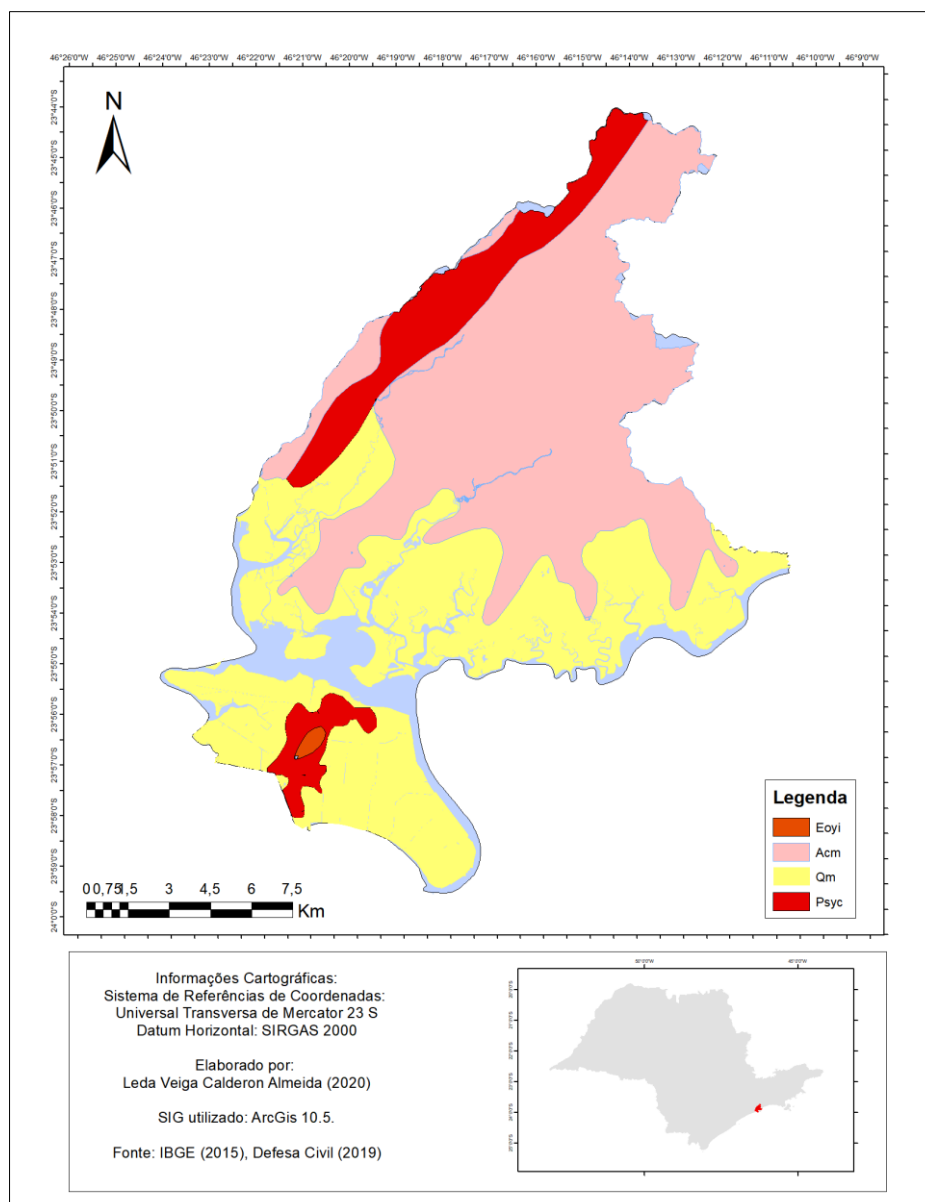


Figura 9: Mapa geológico do município de Santos, SP. Fonte: Leda Veiga Calderon Almeida



Figura 10: Rocha Gnaiss coletada na área insular do Município de Santos.

Foto: Leda Veiga Calderon Almeida (2015)

As classes de solos presentes no município são os Cambissolos Háplicos (CX2 e CX11) e o Espodossolo (ES1). Segundo (IBGE, 2007), Os Cambissolos Háplicos ocorrem disseminados em todas as regiões do Brasil, preferencialmente em regiões serranas ou montanhosas. E como o município está próximo a Serra do Mar, isso favorece a esta classificação, principalmente em sua área continental.

Na figura 11 mostra que os Cambissolos predominam na área do município apresentando poucas áreas de exposição do Espodossolo. Também é possível notar que na área insular a presença de área urbanizada é grande que só haja a presença do Cambissolo apenas áreas de altitude.

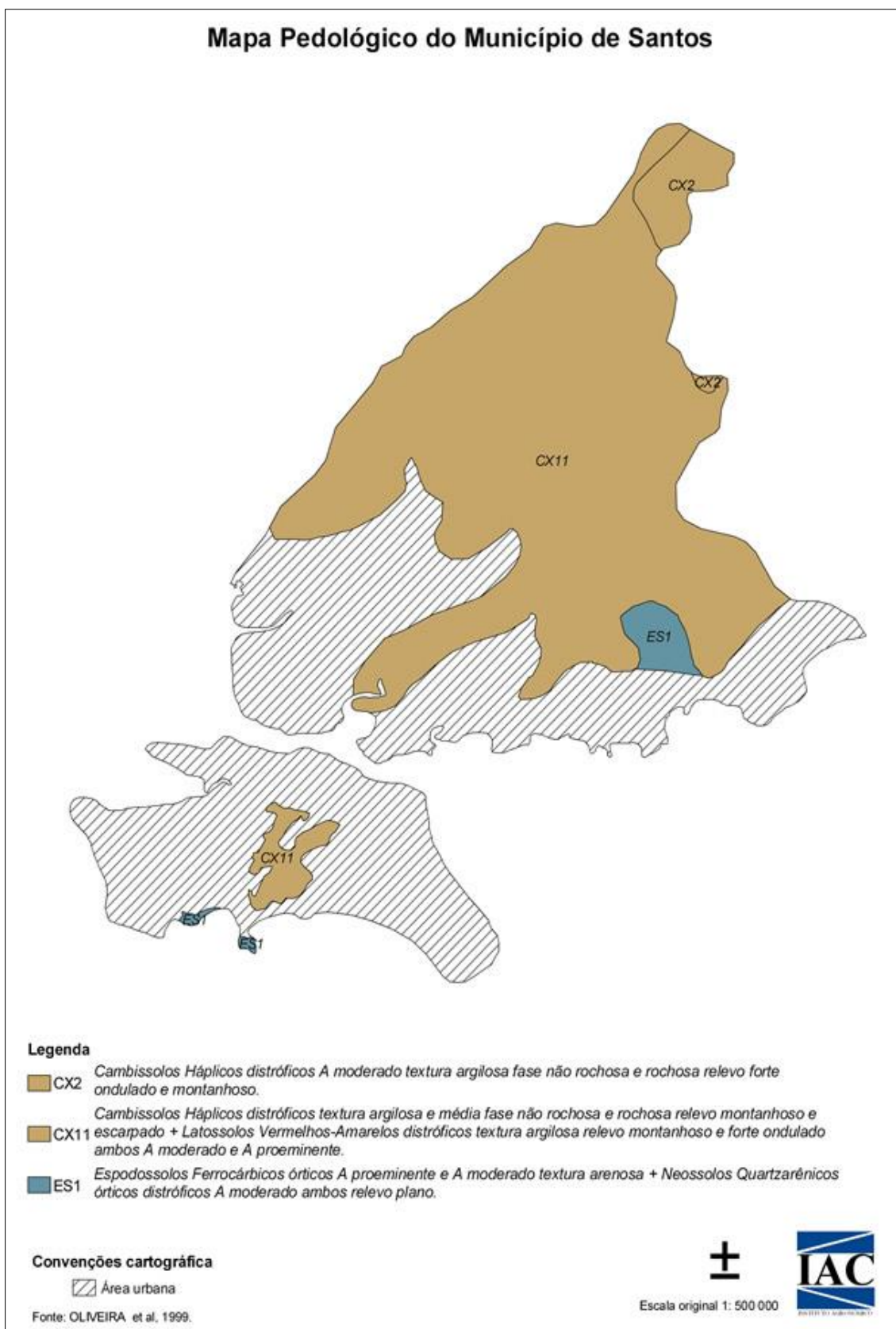


Figura 11: Mapa de solos do município de Santos. Fonte: (OLIVEIRA,1999)

Conforme Ross e Moroz (1997), o município está inserido na morfoestrutura da Bacia Sedimentar Cenozóica e sua morfoescultura da planície litorânea com formas de relevo de planícies marinhas de altimetria de 0 a 20 m na maior parte da área insular. A litologia dominante é de sedimentos marinhos inconsolidados e sedimentos fluviais inconsolidados (areia, argila e cascalhos). Na qual Ross e Moroz reforçam que o Principal fato associado à sedimentação se refere às variações glácio-estáticas quartenárias

O parâmetro da fragilidade potencial do município no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS E MOROZ, 2011), indica que o nível de fragilidade potencial Da32 é média, a qual possui formas de dissecação média a alta, densidade de drenagem média a alta. Sendo estas áreas sujeitas a forte atividade erosiva. No Apm aponta que o nível de fragilidade em potencial é muito alta com áreas sujeitas a inundações periódicas com lençóis freáticos pouco profundo.

Santos está incluída na unidade de gerenciamento de recursos hídricos número 7 com o respectivo nome de Baixada Santista. E dentre os principais usos da água na área, estão estabelecidos segundo (CETESB, 2005) o abastecimento público, industrial e portuário, recreação, navegação, geração de energia, pesca de subsistência e recepção de efluente industriais e domésticos.

A UGRHI da baixada santista (BHBS), (Figura 12) abrange uma área de 2.818,40 km² e seus rios estendem-se predominantemente no eixo SO-NE por aproximadamente 160 km e uma largura entre 20 a 40 km em média. (Comitê UGRHI 7, 2018)

Seus limites de territórios são ao nordeste a UGRHI 3 (Litoral Norte), ao leste o Oceano Atlântico, ao sudoeste a UGRHI 11 (Rio Ribeira de Iguaçu e Litoral Sul) e ao norte e noroeste com a UGRHI 6 (Alto Tietê).

Segundo (AFONSO, 2006) a rede hidrográfica da Baixada Santista é constituída por rios poucos extensos que nascem da Serra do Mar e na Planície Litorânea e deságuam no oceano por via de complexos estuarinos. Sendo esses estuários principais meios de interação dos rios com o oceano.

A BHBS é dividida em 21 Sub-Bacias definidas na organização do relatório zero das unidades de gerenciamento de recursos hídricos da baixada santista em 1999, sendo elas mantidas até o último relatório em 2018.

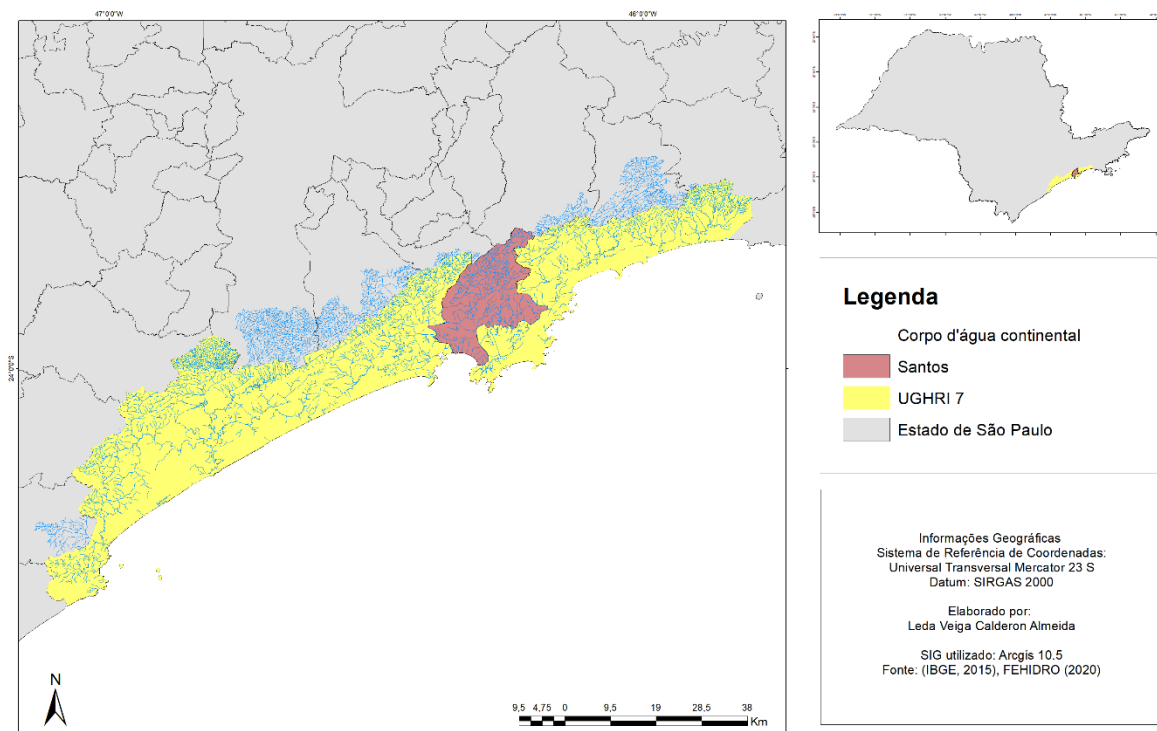


Figura 12: UGHRI 7 Baixada Santista. Fonte: IBGE e FEHIDRO 2020. Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020.

Dentre as sub-bacias, o município de Santos possui em seu território quatro delas. Sendo elas as sub-bacias Ilha de São Vicente, Rio Cabuçu, Rio Jurubatuba e Rio Quilombo. A sub-bacia na qual a microbacia do rio São Jorge é a da Ilha de São Vicente, possuindo uma área de drenagem de 86,72 km². (Relatório UGRHI-7, 2006) como mostra a figura 13.

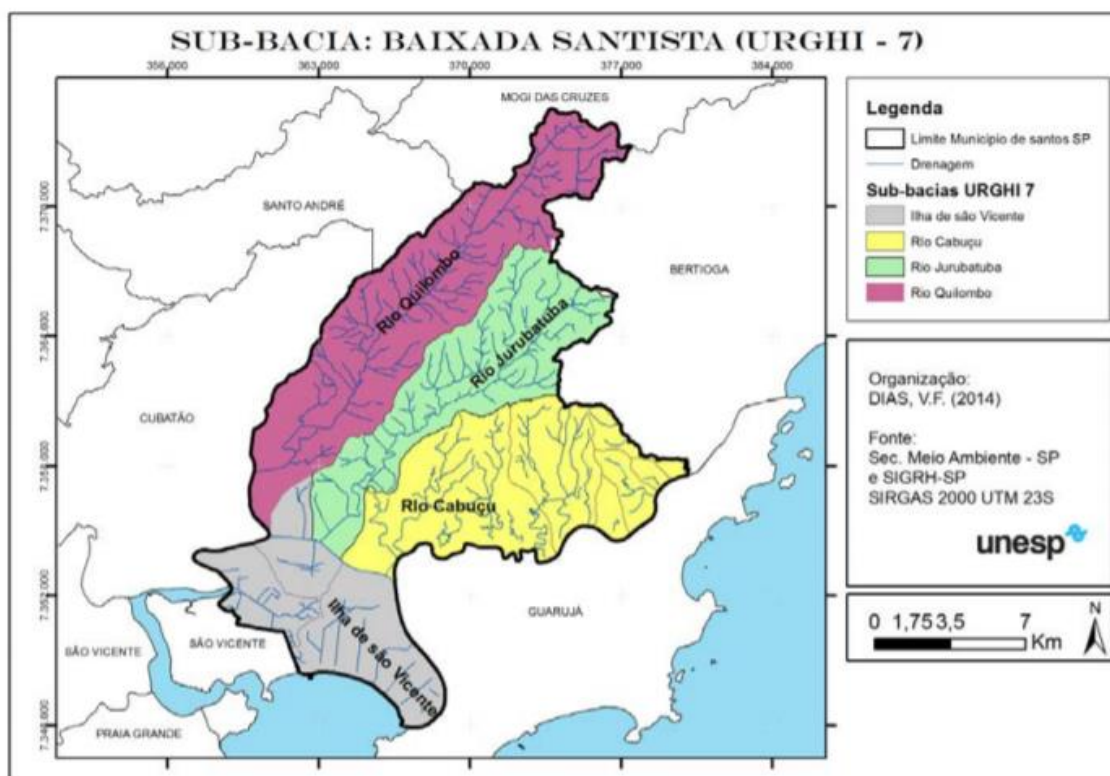


Figura 13: Divisões da Sub-bacias do município de Santos. Fonte (DIAS, 2014)

5. MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados os seguintes materiais: a Carta topográfica IBGE folha do município de Santos (Folha: SF-23-Y-D-IV-3) na escala 1:50.000 do ano de 1972 (Figura 14); imagens do Satélite Landsat 8 / Operational Land Imager datada de 31/05/2020 disponível na Divisão de Geração de Imagens:: Catálogos de Imagens do INPE; arquivo shapefile delimitado da microbacia por Almeida (2020); Manual técnico de Uso da terra (IBGE, 2013) para classificação do uso da terra; Software (SIGs) ArcGis 10.5 para processamento digital das imagens.



Figura 14: Folha topográfica de Santos (SF-23-Y-D-IV-3). Fonte: IBGE, 1972.

5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA NA MICROBACIA DO RIO SÃO JORGE.

A microbacia do rio São Jorge possui 802,41 hectares que foram caracterizados nos seguintes usos e coberturas da terra baseado no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013):

- **Área Urbanizada:** Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas.

- **Área Florestal:** formações arbóreas com porte superior a 5 metros, incluindo as fisionomias da Floresta Densa, Floresta Aberta, Floresta Estacional, Floresta Ombrófila Mista e das áreas de mangues. Esta categoria exclui os Reflorestamentos e as áreas campestres em geral.
- **Corpo D'água continental:** referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha como rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc.

As classes adaptadas para este trabalho foram: erosão exposta, solo exposto, estrada, área portuária e infraestrutura desconhecida.

5.2 ESPACIALIZAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA A PARTIR DA CARTA TOPOGRÁFICA DE 1972.

Com o intuito de compreender a evolução da ocupação dos espaços socioambientais da microbacia de São Jorge ao longo dos anos, obteve-se a espacialização do uso e cobertura da terra a partir da digitalização de arquivos mais antigos que se tem à disposição, a carta topográfica de Santos.

Para isto, utilizou-se de ferramentas do *software* ArcGis para vetorização e georreferenciamento da carta, assim permitindo que fossem criadas camadas e shapefile para diferenciar cada uso da terra. Após inicialmente georreferenciar a carta, foi utilizada a criação de shapefiles em polígonos para atribuir a cada classe de uso da terra de forma manual. Na demarcação foram consideradas as classes e colorações indicadas com base no manual técnico da terra do IBGE (2013), conforme apresentado na tabela 6.

Classes	Cores das classes de monitoramento RGB
Área Urbanizada	Rosa (R = 255 G = 168 B = 192)
Florestal	Verde (R = 115 G = 168 B = 0)
Área Descoberta	Cinza (R = 178 G = 178 B = 178)
Infraestrutura Desconhecida	Marrom (R = 168 G = 112 B = 0)
Corpo D'água Continental	Azul (R = 153 G = 194 B = 230)
Rodovia	Vermelho (R = 250 G = 52 B = 17)
Área Portuária	Amarelo (R = 255 G = 255 B = 155)
Erosão Exposta	(R = 168 G = 168 B = 0)

Tabela 3: Classes de cores de monitoramento RGB. Fonte: IBGE, 2013.

Também foi demarcado para esta classificação o polígono que contém a microbacia no mesmo SIG, a delimitação foi feita usando como base a carta topográfica georreferenciada de Santos – SP e a imagem de satélite gerada pelo Landsat 8, formando um shapefile que foi inicialmente delimitado pela foz em direção aos divisores de água completando o perímetro da área.

5.3 REPROJEÇÃO DA IMAGEM DE SATÉLITE DO ANO DE 2020.

As imagens disponibilizadas no DGI/INPE já são georreferenciadas, porém com o datum UTM 23N. Este datum não é utilizado na presente pesquisa pois é uma imagem projetada no hemisfério norte, deste modo, foi necessário fazer a reprojeção da imagem para o hemisfério sul para um datum brasileiro, o SIRGAS 2000. O processo de reprojeção das bandas das imagens ocorreu separadamente e com as bandas utilizadas para fazer uma imagem de cor real de satélite, as bandas 2,3,4 com resolução de 30 metros e depois com a banda 8, a banda pancromática com resolução de 15 metros. Foi realizado esse processo através do Arctoolbox do software ArcGis nas ferramentas Data Management Tools > Projections and Transformations > Raster > Project raster.

Para análise da área por modelo digital de elevação foi utilizado o software ArcScene com o raster SRTM da área de estudo com dados em três dimensões e a imagem de satélite do Landsat 8/ OLI.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente item, constam os mapas que mostram o aumento e a diminuição de cada classe na microbacia de São Jorge no município de Santos no espaço temporal de 48 anos. Foram elaborados dois mapas: do ano de 1972, 2020, base Google Earth e base logradouro de ruas. A partir destes materiais cartográficos foi observada importante ampliação da área urbanizada sobre as áreas de vegetação e de altas declividades ao longo do período estudado.

A figura 15 mostra o resultado da classificação do uso e cobertura da terra no ano de 1972, 22 anos após a iniciação do bairro que segundo (COHAB, 2007):

teve sua ocupação iniciada ao longo da década de 1950, e teve influência direta do Estado. Nessa década, o então Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) construiu um dique e canais de drenagem na área, criando um grande aterro hidráulico em toda a extensão destruindo a vegetação e todo o manguezal da zona Noroeste. Assim permitiu que a área fosse urbanizada e habitada. (COHAB, 2007)

Observa-se que na área estudada há a presença forte de uma parcela de vegetação na parte leste da microbacia (possuindo 323,15 hectares) onde estão as principais nascentes dos córregos da microbacia. Observa-se também em grande extensão, a presença intensa desde essa época da área urbanizada que já cobria 318,35 hectares, ou seja, um pouco menor que a área de vegetação, mas ainda assim bem presente. A área de solos expostos alcançava uma área de 78,45 hectares circundando a região da área urbanizada. Provavelmente estas já fossem áreas de ampliação de bairros e outras estruturas antrópicas. A infraestrutura desconhecida, localizada em uma área plana na parte de morro tem uma área de 82,45 hectares estando presente nas áreas próximas aos rios. A rodovia que atravessa a microbacia de norte a sul é conhecida como Av. Nossa Senhora de Fátima, mas para o IBGE como BR-148 com 2,27 km de extensão dentro da microbacia. E o rio São Jorge que percorre seu trajeto dentro da microbacia tem 14,67 km sendo 5,54 quilômetros canalizados. A Tabela 7 mostra o resultado da classificação.

Classes	Porcentagem 1972 (%)	Porcentagem 2020 (%)
Área Urbanizada	39,6%	61%
Florestal	40,2%	3,80%
Infraestrutura desconhecida	10,4%	0,38%
Solo exposto	9,7%	34,82%

Tabela 4: Porcentagem de cada classe de uso e cobertura da terra em 1972.
Elaborado por: Leda Veiga Calderon Almeida. (2020)

Na figura 19 Apresenta em gráfico que a área florestal com 40,2% ocupa a maior parte da microbacia seguindo da área urbanizada, infraestrutura desconhecida e solo exposto.

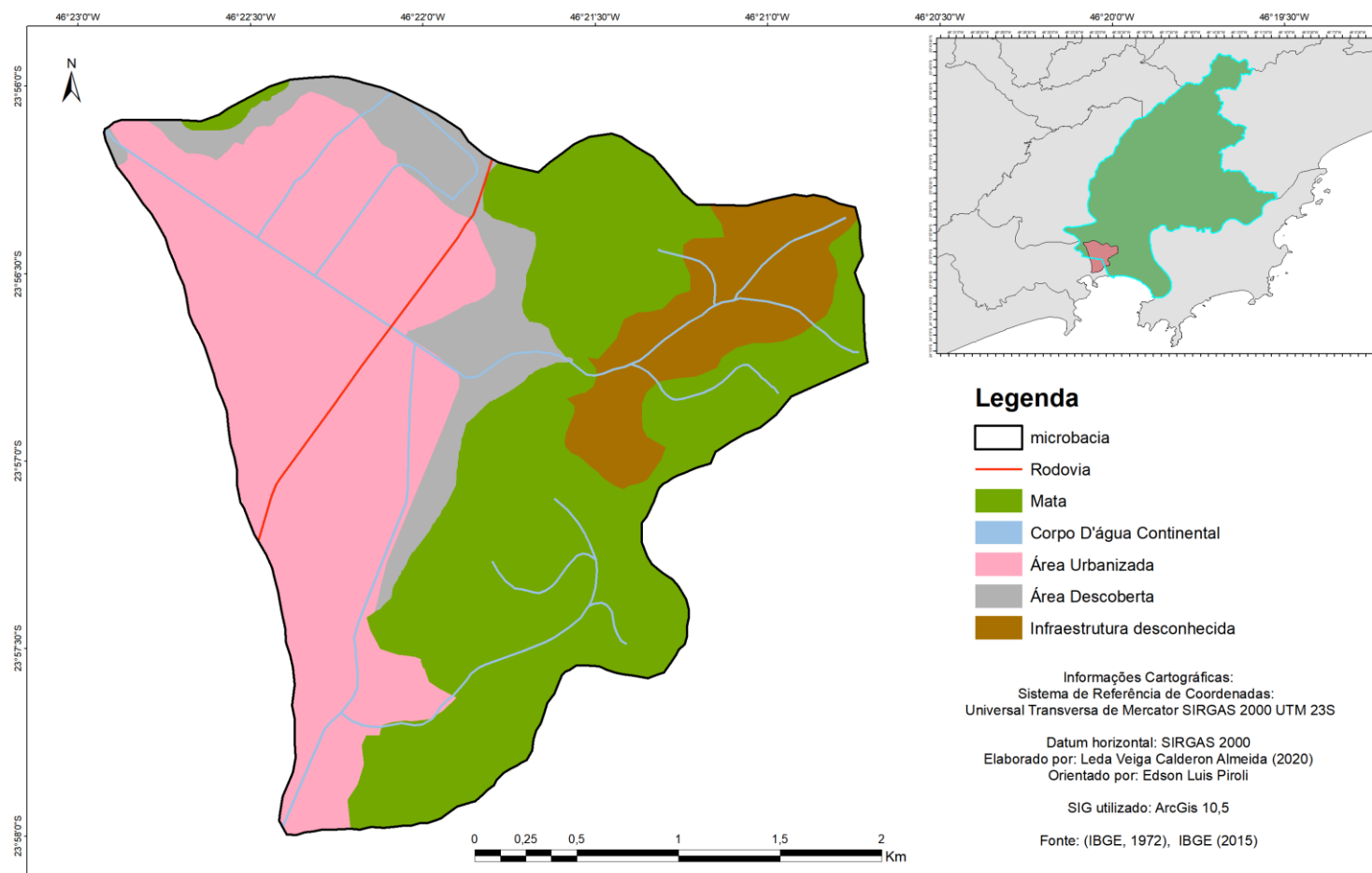


Figura 15: uso e cobertura da terra em 1972. Org: Leda Veiga Calderon Almeida

O mapa (figura 17), apresenta o uso e a cobertura do solo no ano de 2020. Nele é possível notar importante ampliação da área urbanizada que aumentou de 318,35 para 489,52 hectares (53,77%), demonstrando que toda a área em que havia solo exposto no ano de 1972 foi utilizada para esta ocupação.

A infraestrutura desconhecida foi dizimada e substituída por área urbana. O que leva a considerar que a infraestrutura desconhecida no mapa de 1972 estava sendo preparada para implementação de área urbanizada neste local.

A área de vegetação também sofreu uma mudança, diminuindo para 279,46 hectares (-13,52%). Além disso, surgiu uma área de ocupação entre essas duas classes, que é a da erosão exposta, com o tamanho de 2,92 hectares.

Outra nova classe que foi adicionada no ano de 2020 foi a de área portuária que ocupou uma parte onde era solo exposto com um total de 30,50 hectares.

A ocupação na classe de estrada se manteve inalterável com 2,27 km e o corpo d'água se manteve com 14,67 km.

No mapa de logradouro de ruas no ano de 2020 (figura 16) nota-se um aumento do uso nas nascentes dos rios, além de que possivelmente estas áreas estejam impermeabilizadas com asfalto.

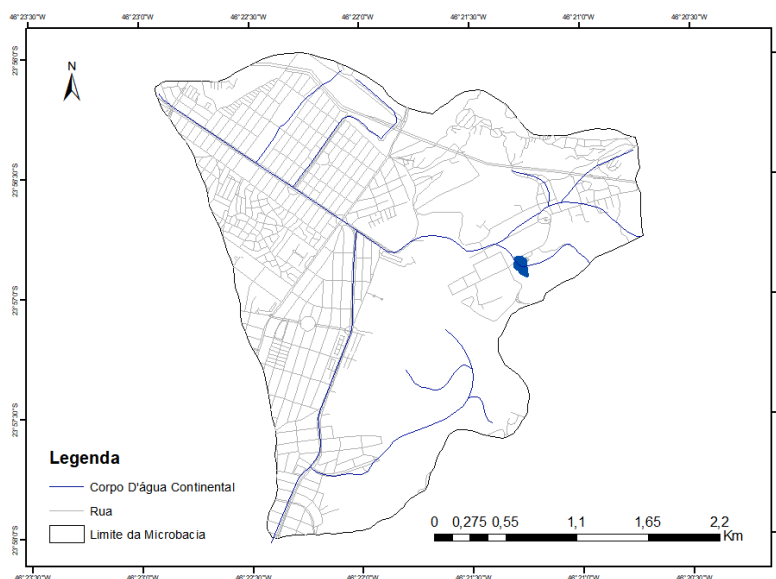


Figura 56: Logradouro de ruas da Microbacia do Rio São Jorge. Fonte: Leda Veiga Calderon Almeida

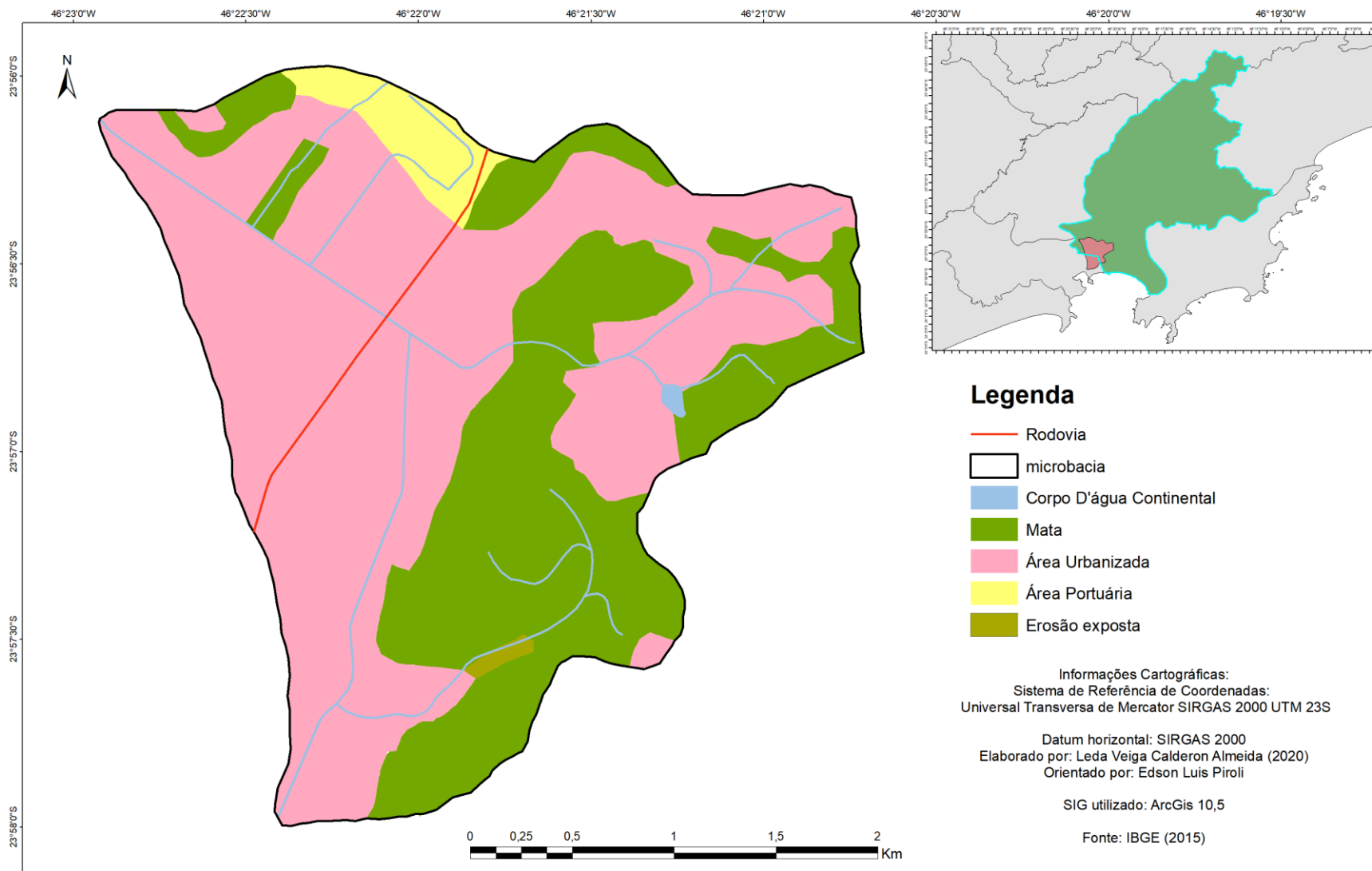


Figura 6: uso e cobertura da terra em 2020. Organizado por: Leda Veiga Calderon Almeida. (2020)

A Tabela 8 mostra a área em hectares e a porcentagem do aumento ou diminuição de cada classe de uso e cobertura da terra nos dois anos estudados. Os resultados foram obtidos por meio de cálculos realizados pela ferramenta “calculadora geométrica” do ArcGIS.

Tabela 8: Áreas em hectares das classes de uso e cobertura da terra nos dois anos estudados.

Classe	1972 (ha)	2020 (ha)	Ganho e Perda (ha)	Ganho e Perda (%)
Área Urbanizada	318,35	489,52	171,17	53,77
Florestal	323,15	279,46	- 43,69	- 13,52
Infraestrutura desconhecida	82,45	-	- 82,45	- 100
Solo Exposto	78,45	-	- 78,45	- 100
Área Portuária	-	30,50	30,50	100
Erosão exposta	-	2,92	2,92	100
TOTAL	802,4	802,4		

Elaborado Por: Leda Veiga Calderon Almeida (2020)

Tabela 9: Comprimentos em metros das feições lineares presentes na microbacia.

Classes	1972 (Km)	2020 (Km)
Corpo D'água Continental	14,67	14,67
Estrada	2,27	2,27

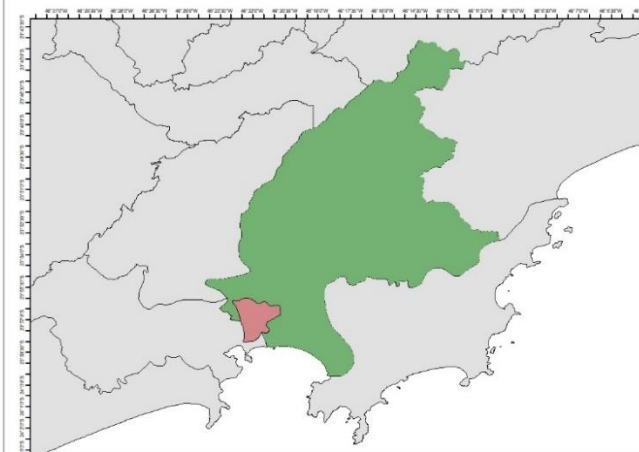
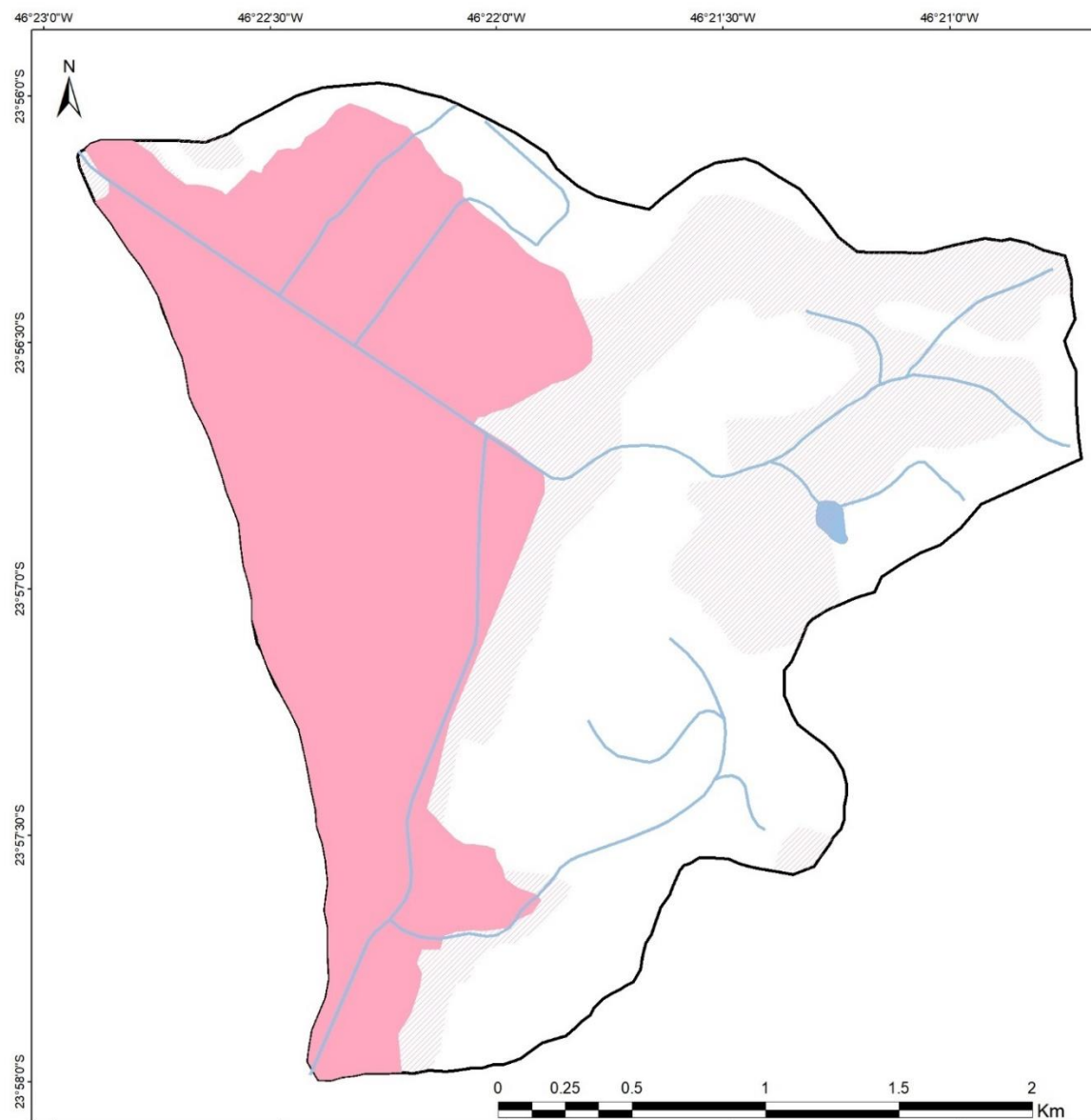
Elaborado Por: Leda Veiga Calderon Almeida (2020)

Entre 1972 e 2020, ocorreu aumento da área urbanizada, o que trouxe consequências para a definição do uso da terra da área estudada. Com o crescimento dessa classe, ocorreu a diminuição de outra que era a segunda maior, a florestal. Esta classe, florestal, que é importante para as nascentes e todo o percurso do rio, teve parte de sua área substituída por área urbana e por outras infra-estruturas.

A impermeabilização do solo desfavorece o escoamento superficial da microbacia, sobretudo em uma área onde predominam baixas declividades. Isso favorece a ocorrência de inundações durante as chuvas.

O surgimento da área portuária na microbacia está ligada com o aumento das atividades de exportação do país, sendo esta importante na área e uma de suas principais fontes econômicas. A classe solo exposto foi substituída pela área urbanizada conforme ocorreu o crescimento da população.

Na figura 18 e 19 para diferenciar os anos das classes foram utilizado a cor Rosa (R=255 G=168 B=192) 2020 e (R=255 G=115B=223) 1972 e o Verde (R= 38 G=115 B=0) 2020 em (R=115 G=168 B=0) 1972. A Elevação retratada neste modelo varia de 2 a 197 metros. Na figura 23 nota-se o aumento de 115 hectares da área urbanizada e na figura 24 percebe-se a diminuição da a área florestal de 43,69 hectares.



Legenda

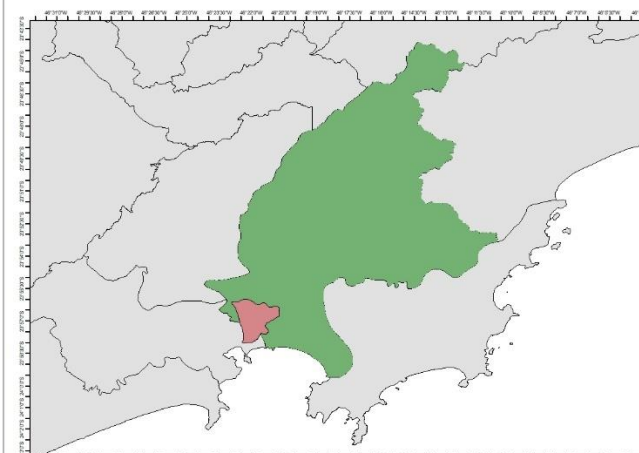
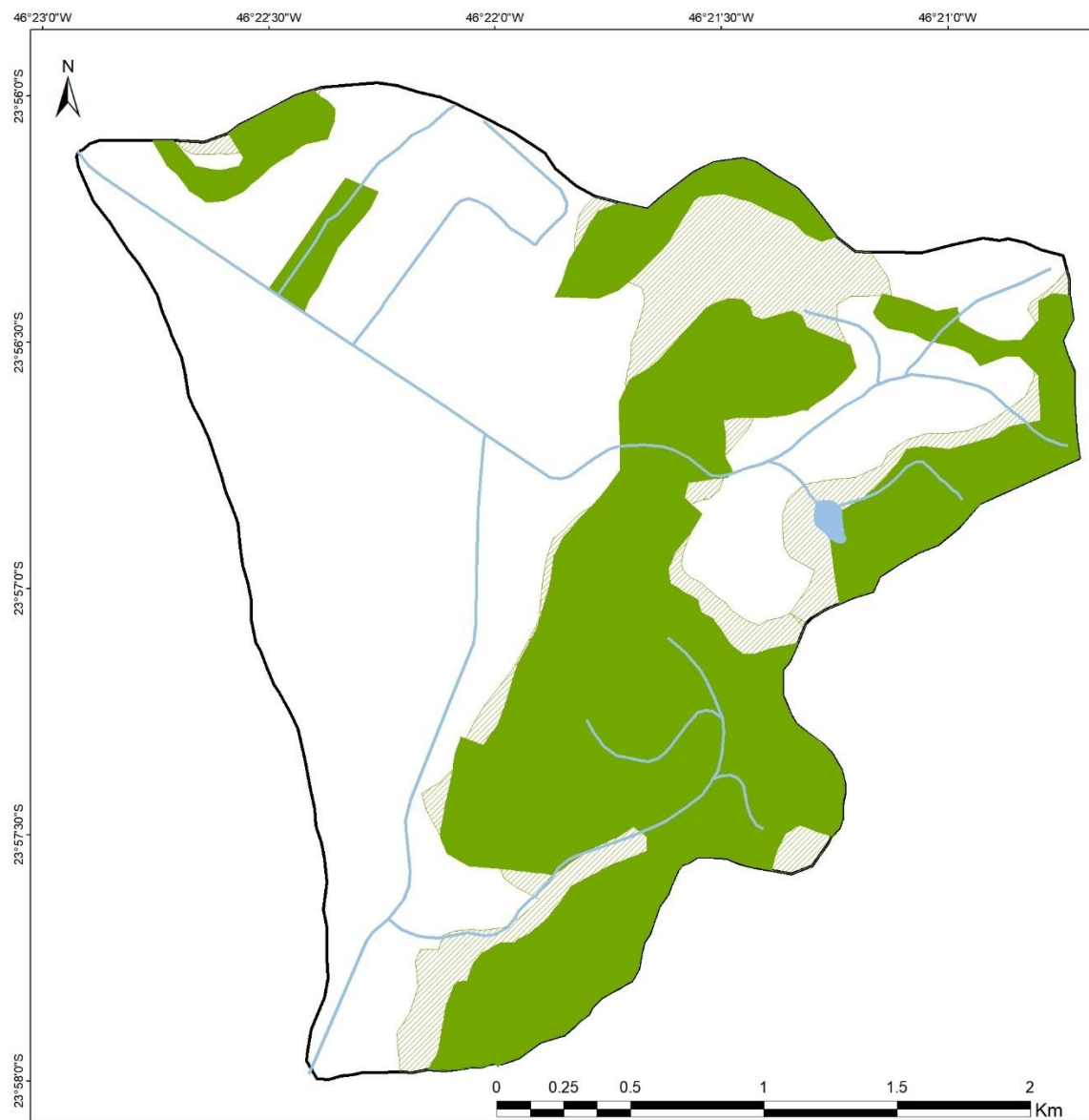
- Área Urbanizada 1972
- Área Urbanizada 2020
- Corpo D'água Continental
- microbacia

Informações Cartográficas:
Sistema de Referência de Coordenadas:
Universal Transversa de Mercator SIRGAS 2000 UTM 23S

Datum horizontal: SIRGAS 2000
Elaborado por: Leda Veiga Calderon Almeida (2020)
Orientado por: Edson Luis Pirolí

SIG utilizado: ArcGis 10,5
Fonte: (IBGE, 1972), IBGE (2015)

Figura 18: Diferença entre 1972 e 2020 da área urbanizada. Organizado por: Leda Veiga Calderon Almeida (2020)



Legenda

- Corpo D'água Continental
- Área Florestal 2020
- Área Florestal 1972
- microbacia

Informações Cartográficas:
Sistema de Referência de Coordenadas:
Universal Transversa de Mercator SIRGAS 2000 UTM 23S

Datum horizontal: SIRGAS 2000
Elaborado por: Leda Veiga Calderon Almeida (2020)
Orientado por: Edson Luis Piroli

SIG utilizado: ArcGis 10,5
Fonte: (IBGE, 1972), IBGE (2015)

Figura 197: Diferença entre 1972 e 2020 da área florestal. Organizaado por: Leda Veiga Calderon Almeida (2020)

Tanto as inundações quanto as enchentes são problemas ambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais, de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, intensificados pelos efeitos negativos das ocupações urbanas e obras de engenharia inadequada (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). Com base nisso intercalou a análise da figura 20 na qual retrata a suscetibilidade da área de inundação da microbacia do rio São Jorge. Ela apresenta em sua majoritária área afetada como “alta suscetibilidade” o Oeste da microbacia, onde encontra-se próximo a foz e sua área de planície. A impermeabilidade desta área conforme observado, impede com que haja um escoamento além de esta área estar com rio canalizado. Nota-se que a Leste da microbacia onde há encontro de córregos também existe suscetibilidade de inundação, isso acontece pois nesta área os córregos além de estarem aterrados, estão em uma área de ocupação de solo urbanizada.

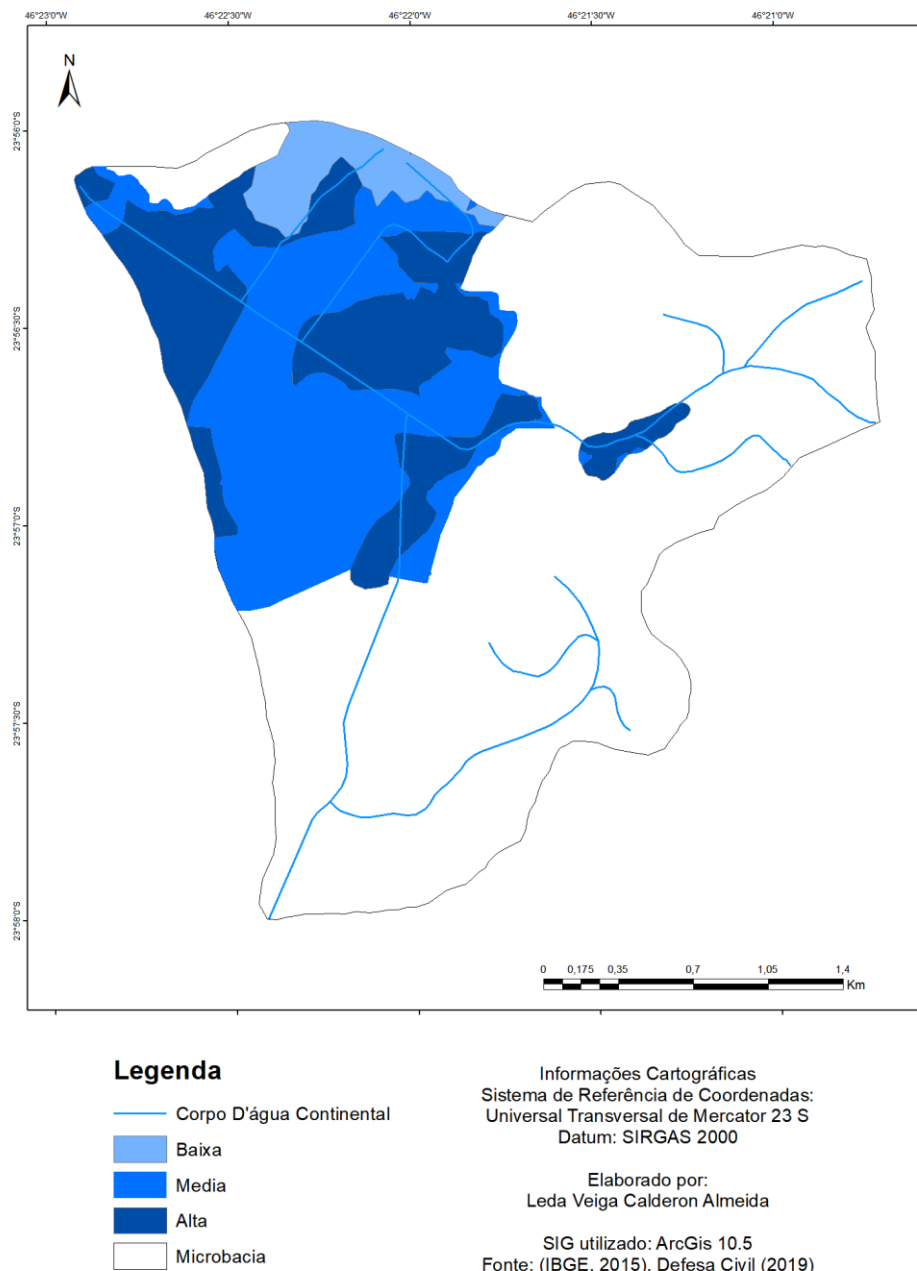


Figura 20: Suscetibilidade de inundação na microbacia de São Jorge. Fonte: Defesa Civil, 2019. Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020.

A Figura 21 mostra a suscetibilidade de movimento de massas dentro da microbacia do rio São Jorge. Ela apresenta uma homogeneidade em sua área Oeste, por conta da área de planície, mas é possível observar que nas encostas dos morros ao Leste há uma alta suscetibilidade. A declividade do local torna esta local uma área de risco.

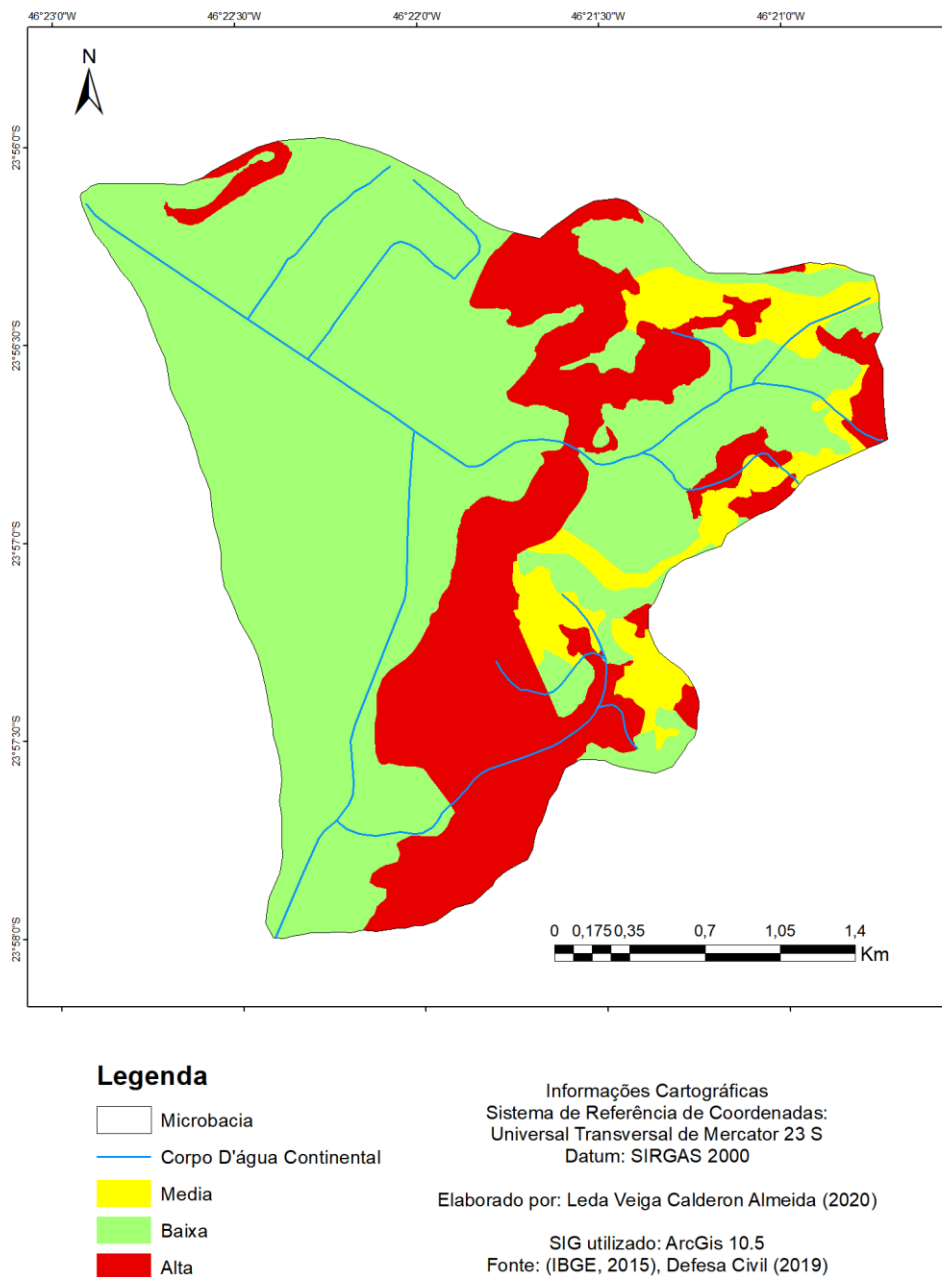


Figura 21: Área de suscetibilidade de movimento de massas na microbacia do Rio São Jorge. Fonte: Defesa Civil, 2019. Org: Leda Veiga Calderon Almeida, 2020

Na figura 22 apresenta um mapa de modelo digital de elevação da área de estudo, ele mostra a justificativa dos resultados das figuras anteriores. O recorte da microbacia tem altitude de 0 a 197 metros. Sendo em oeste a área mais baixa da microbacia com 0 metros acima do nível do mar onde há suscetibilidade de inundação e à leste a sua área mais alta com no máximo 197 metros, representando suas áreas de suscetibilidade de movimento de massa bem marcantes.

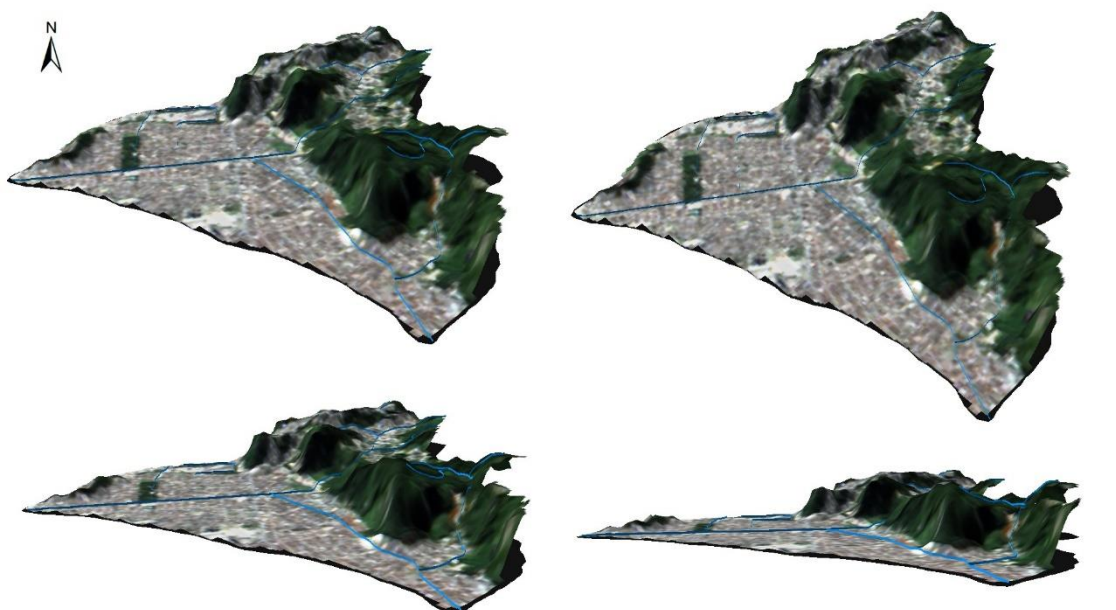


Figura 82: Modelo Digital de elevação da microbacia de estudo. Organizado por: Leda Veiga Calderon Almeida (2020)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas questões discutidas, observou-se que ao longo dos 48 anos de (1972 a 2020) estudados a microbacia sofreu mudanças significativas no quesito urbanização. O crescimento foi evidente e o que impediu uma maior expansão foi a presença de grande parte da área florestal, que se encontra em área de risco e de suscetibilidade de movimento de massas.

As chuvas intensas e a impermeabilização são os maiores inimigos para esta microbacia, principalmente nos meses de janeiro e março, em que as chuvas podem chegar até 600 mm ao mês. Além da impermeabilidade, o rio aterrado e canalizado agravam os resultados de enchentes nesta bacia na área oeste.

A erosão exposta observada na área de estudo no ano de 2020 é o resultado de chuvas intensas ocorridas em março de 2020 o que é um alerta pois esta área está próxima a área urbanizada.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi fundamental para analisar as mudanças ocorridas no espaço temporal estudado. A partir dos dados obtidos foi possível concluir que ao longo do curso d'água não há mata ciliar para proteção do rio (áreas de APP), sendo a utilização dele totalmente

antropizado, com despejos de dejetos o que preocupa para saúde da população que vive a margens dele.

As imagens do satélite Landsat 8/OLI permitiram as vetorizações das classes que abrangeram áreas maiores. Para analisar áreas menores como a representação da área de erosão exposta a utilização do Google Earth Inc foi de importância para analisar com alta resolução os detalhes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, C. M. **A paisagem da Baixada Santista: urbanização transformação e conservação.** São Paulo: Editora Universidade de São Paulo: FAPESP, 2006. 310p.

ARAUJO, A. O de. **Análise das mudanças do uso e da cobertura da terra do município de Ourinhos entre 1984 e 2018.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011, INPE p. 6333 **Ourinhos**, 2019.

ARAUJO, A. O de. **Análise das mudanças do uso e da cobertura da terra do município de Ourinhos entre 1984 e 2018.** Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Campus Experimental de Ourinhos, 2019.

ARAUJO FILHO, J. R. **Santos, o porto do café. Fundação.** IBGE, 1969

BACCI, P. H. M. **Zoneamento ambiental do município de Santos como subsídio ao planejamento físico-territorial** Campinas, SP. 2009.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico.** Curitiba: R. RaíE GA, n.8, p.141-152, 2004

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MONITORAMENTO POR SATÉLITE / EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite.** Disponível em: https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html. Acesso em: Junho, 2020.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Programa de Controle de Poluição - **Sistema Estuarino de Santos e São Vicente.** 2001. 141 p. Relatório. São Paulo, SP, 2001. Disponível em: <http://praias.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>. Acesso em: 02 setembro de 2019.

_____, Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/santos-757/#temperature-graph>> Acesso em: Março, 2020.

COHAB, S.T. **Projeto Integrado de Urbanização do Dique Vila Gilda**. Santos, COHAB, ST, 2007.

CPRM. **Glossário Geológico**. Disponível em: <https://sigep.cprm.gov.br/glossario/>. Acesso em: Março, 2020.

DIAS, V. F. **Mapeamento de Ocorrências de Eventos Perigosos no Município de Santos, SP: Integração com dados de Vulnerabilidade Socioambiental**. UNESP. Rio Claro, 2014.

DGI/INPE. Landsat. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat> Acesso em Junho, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

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

FREITAS, E. P.; KLOSS, D.; DA SILVA, I. R. **Delimitação de bacia hidrográfica no ambiente Google Earth**. Irriga, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 97, 2012.

FORTES, L. P. S. **O Sistema de Referência SIRGAS2000**. IBGE. Belo Horizonte, 2003

GORSKI, M. C. B. **Rios e cidades**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

_____, **Manual Pedológico**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso: Março, 2020

_____. **Noções Básicas de Cartografia**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>. Acesso em Junho de 2020

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais Técnicos em Geociências, número 7 – Manual técnico de uso da terra.** 3. Ed. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapeamento e diagnóstico das áreas de risco associados a processos de estabilização do terreno nas encostas dos morros de Santos, SP.** Relatório Técnico 77-889-205. São Paulo, 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: IPT, 1981.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** Tradução: EPIPHANIO, J.C.N. (coordenador). [et al.]. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KOHORI, C. B.; PIROLI, E. L. **Dinâmica do uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente do alto curso da Bacia do Ribeirão dos Ranchos – Adamantina/SP.** Revista Formação (Online), v. 25, n. 46, set-dez/2018, pp. 167-185

LOPES, E. E. **Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para produção de mapas.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. P 2308-2015.

MACHADO, A. C. P. **A influência das características morfométricas e de uso da terra na morfodinâmica: um estudo da alta bacia do Rio Itanhaém - Baixada Santista/SP.** 2011. 88 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/119733>>.

MATEUS, M., MATEUS, S. e BARRETA, J. **“Basic concepts of estuarine ecology”.** In: NEVES, Ramiro, (ed). Perspectives on integrated coastal zone management in South America, PRESS, 2008, pp.3-28.

MATOS, M.I.S. **Santos, o porto do café: cidade, cotidiano e trabalho.** Estudos Ibero-Americanos. PUCRS, v. XXX, n. 2, p. 9-26, dezembro 2004.

NOVOMILENIO. **Planta da Villa de Santos em 1812.** Disponível em:<<http://www.novomilenio.inf.br/santos/mapa13.htm>>. Acesso em: Abril, 2020.

NUNES, L.H. **Estudo da normalidade da pluviometria no setor serrano de Cubatão e Baixada Santista.** Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, n.6, p. 31-43, 1992.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo.** Campinas: IAC/EMBRAPA, 1999. Mapa, escala 1:500.000.

PARREIRA, C. N. **Avaliação da hidrodinâmica e da poluição no Canal de Piaçaguera, no Estuário de Santos – São Vicente (SP), a partir de informações ambientais e modelagem numérica.** Tese Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental da Universidade De São Paulo. São Paulo, 2012.

PIROLI, E. L. **Água: por uma nova relação.** Jundiaí: Paco Editorial, 2016.

_____. **Introdução ao geoprocessamento.** Ourinhos: Unesp/campus Experimental de Ourinhos, 2010. 46 p. ISBN: 9788561775056.

PIROLI, V. H. B. **Análise do uso e cobertura da terra e qualidade na microbacia do córrego Jacuzinho, Ourinhos/SP.** Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Campus Experimental de Ourinhos, Ourinhos, 2019.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** UFU. Ed. 7. 2009

ROSERVI, F. **Estudo Hidrodinâmico e de Renovação das Águas do Sistema Estuarino de Santos.** 2012. 141 f. Dissertação Mestrado em Ciências em Engenharia Oceânica - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2012

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo.** São Paulo. 1997. Escala 1:500.000. Instituto de Pesquisas

Tecnológicas do Estado de São Paulo. Mapa Geológico do estado de São Paulo. São Paulo 1981

_____. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Revista do Departamento de Geografia, v. 10, p. 41-58, 6 nov. 2011.

ROSMAN, P. C. C. **Subsídios para modelagem de sistemas estuarinos**. In: ROSMAN, P. C. C.; ALMEIDA, A. B.; EIGER, S. Métodos Numéricos em Recursos Hídricos. 3ª ed., Porto Alegre, ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. Cap. 3, p. 238-348

SAMPAIO, A. F. P. **Avaliação da correlação entre parâmetros de qualidade da água e socioeconômicos no complexo estuarino de Santos - São Vicente, através de modelagem numérica ambiental**. 2010. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010

SANT'ANNA NETO, J.L. **Dinâmica Atmosférica e O Caráter Transicional do Clima na Zona Costeira Paulista**. Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 8, p. 35-49, 1994.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004, 184 p.

SILVA, C. E.; ROSA, A. P. **Geoprocessamento com utilização do satélite Landsat 5 TM para estudo de caso do município de Betim**. Disponível em: <http://mundogeo.com/blog/2012/02/14/geoprocessamento-com-utilizacao-dosatelitelandsat-5-tm-para-estudo-de-caso-do-municipio-de-betim/>. Acesso em: Junho, 2020

SILVA, J. A. **Queimadas em culturas de cana-de-açúcar: uma análise na bacia hidrográfica do médio Paranapanema via geotecnologias**. Ourinhos, 2019.

SIRGAS. Disponível em: <<http://www.sirgas.org/pt/about/>> Acesso em Julho, 2020.

TOMINAGA, L.K. **Desastres Naturais: Conhecer e prevenir**. 2009. São Paulo: Instituto Geológico. Disponível em:

</http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>

Acesso em: Julho, 2020

TOMMASI, L.R. **Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos (SP)**. Tese de Livre-Docência. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo, SP, 2 v. 489p. 1979

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Abrh/editora da Ufrgs, 1997. 944 p.

ZANETTI, M. A. Z. **Sistema de coordenada universal transversal de mercator – SISTEMA UTM**. Curitiba, PR. 2017. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geomática.