

## **EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COSTEIRAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE PALHOÇA/SC**

### *Land use and occupation evolution of coastal and urban hydrographic basins at Palhoça/SC municipality*

**Jucélio Gonçalves**

**Instituto Federal de Ciência Tecnologia e Educação de Santa Catarina**  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
jucelio@ifsc.edu.br

**Fernanda Simoni Schuch**

**Instituto Federal de Ciência Tecnologia e Educação de Santa Catarina**  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
fernandass@ifsc.edu.br

**Mário Francisco Leal de Quadro**

**Instituto Federal de Ciência Tecnologia e Educação de Santa Catarina**  
Departamento Acadêmico de Serviço e Saúde  
mquadro@ifsc.edu.br

#### **Resumo:**

A evolução do uso e ocupação do solo (UOS) de bacias hidrográficas costeiras foi alvo de mapeamento e análises nesta pesquisa. Para tanto, utilizou-se produtos do sensoriamento remoto como imagem de radar (SRTM) e imagens de satélite (Landsat5, CBERS2B e Landsat8). As imagens foram georreferenciadas, gerou-se composições com as bandas e posterior classificação das imagens. Obteve-se mapas de UOS em ambiente SIG com o uso do software livre e gratuito QGIS para os anos de 1986, 1995, 2009 e 2016. A partir dos dados obtidos no mapeamento extraiu-se dados relativos às áreas ocupadas por seis classes temáticas. A análise dos dados mostrou ter havido um aumento de mais de 300% nas áreas urbanas das Sub-bacias Hidrográficas do Rio Passa Vinte e Aririú (SBHRPV e SBHRA).

**Palavras-chave:** Landsat, CBERS, QGIS, monitoramento do uso e ocupação do solo.

#### **Abstract**

The soil land use and occupation (LUO) evolution in coastal hydrographic basins was the goal for mapping and analyzing in this research. Therefore, remote sensing products were used such as radar images (SRTM) and satellite images (Landsat 5, CBERS2B and Landsat8). Those images were georeferenced, compositions with bands were tested and after they were classified. LUO maps were obtained at GIS environment using free and open source software QGIS, for 1986, 1995, 2009 and 2016 years. From these data analysis it was extracted more data about occupied areas with six thematic classes. The analysis of the data showed and increase of 300% at urban areas in Passa Vinte's and Aririú Hydrographic Basins (PVHB and AHB).

**Keywords:** Landsat, CBERS, QGIS, land use and occupation monitoring.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva mostrar a evolução do uso e ocupação do solo (UOS) de duas bacias hidrográficas costeiras urbanas, localizadas no município de Palhoça/SC, uma cidade que pertence à Região Metropolitana de Florianópolis e tem apresentado um desenvolvimento urbano crescente muito significativo nas últimas décadas, e que, como muitos municípios brasileiros apresenta problemas decorrentes da impermeabilização do solo (inundações, alagamentos, entre outros).

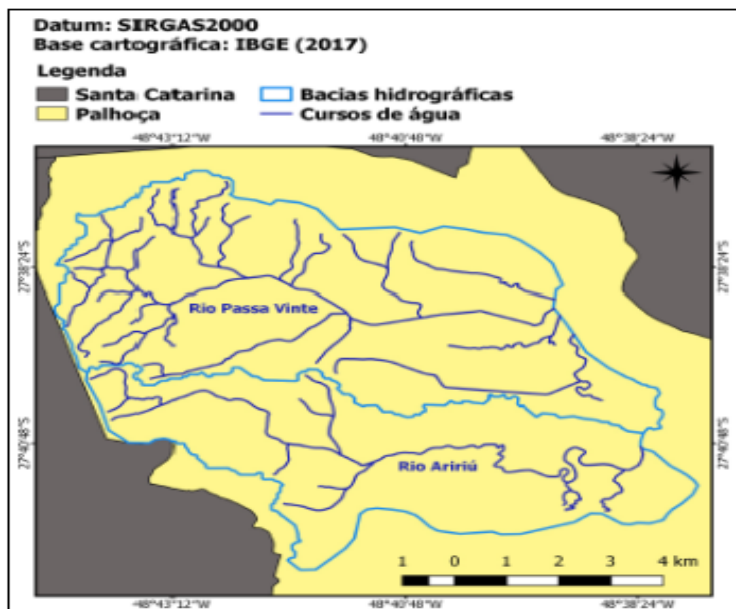
A zona costeira brasileira é um espaço geográfico reconhecido por apresentar usos múltiplos dos espaços e dos recursos naturais, com diferentes formas de ocupação e desenvolvimento das atividades humanas (MELLO et al, 2013). Isto pode ser observado pelo breve relato histórico desta dinâmica de usos do solo, pois, a população brasileira apresenta ao longo de nossa história, após o descobrimento, uma variada forma de ocupação em função dos processos de evolução do nosso país.

No município da Palhoça localizam-se duas sub-bacias importantes para o município dada a sua posição geográfica: a do Rio Passa Vinte e a do Aririú. Estas áreas têm passado por uma grande transformação no uso do solo tanto em números de unidades habitacionais, quanto de população e modificações de uso, com ênfase aqui em transformações de usos rurais para urbanos. Pereira (2010) aponta em sua pesquisa que, em 1970 o município contava com uma população de 20.652 habitantes e, IBGE (2020) estima que população do município em 2020 seja de 175.272

Objetiva-se aqui, analisar a evolução da ocupação ocorrida em duas sub-bacias hidrográficas costeiras e urbanas, ocorrido durante 30 anos (de 1986 a 2016). Este estudo servirá de base para que se possa avaliar o impacto desta ocupação no ciclo hidrológico local, em especial na porção relativa ao escoamento superficial da água, mas, este estudo será objeto de um outro artigo.

Para possibilitar as análises necessita-se descrever brevemente a área de estudos. As sub-bacias hidrográficas do Rio Passa Vinte (SBHRPV) e Rio Aririú (SBHRA) localizam-se no município de Palhoça/SC (Figura 1). O município de Palhoça pertence a região metropolitana de Florianópolis, com extensão territorial de 395 km<sup>2</sup> e está localizado nas bacias hidrográficas do Rio Cubatão do Sul e da Madre. Segundo o site do IBGE (2019), sua população estimada em 2018 era de 168.259 habitantes, ao passo que em 1980 era de 38.023 habitantes, ou seja, um crescimento populacional de 442% em 38 anos. Pelos valores apresentados é nítido que houve uma variação significativa também na ocupação do território, fato este que será analisado neste artigo.

Figura 1 – Mapa das sub-bacias hidrográficas dos rios Passa Vinte e Aririú



Fonte: Produzido pelo autor.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A compreensão de todas as etapas que levam ao resultado obtido neste artigo só é possível com o entendimento das bases científico-tecnológicas empregadas, as quais se encontram descritas brevemente nos subitens abaixo.

### 2.1. Sensoriamento Remoto e SIG

Segundo Meneses e Almeida (2012), o sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie de sensor e o objeto. Esta técnica deve seguir os seguintes preceitos:

- exigência: ausência de matéria no espaço entre o objeto e o sensor;
- consequência: a informação do objeto é possível de ser transportada pelo espaço vazio;
- processo: o elo de comunicação entre o objeto e o sensor é a radiação eletromagnética, única forma de energia capaz de se transportar pelo espaço.

Novo (1989) apresenta de maneira mais descritiva a tecnologia dizendo que:

*“Sensoriamento remoto consiste na utilização conjunta de modernos instrumentos (sensores), equipamentos para processamento e transmissão de dados e plataformas (aéreas ou espaciais) para carregar tais instrumentos e equipamentos com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através de registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta*

*Terra, em suas mais diversas manifestações”.*

A grande vantagem do sensoriamento remoto é a possibilidade de coleta de dados de grandes áreas em pouco tempo, com grande repetitividade, a um custo relativamente baixo para o usuário (Lorenzetti, 2015). Em função destes aspectos tem sido aplicado em vários setores como no monitoramento atmosférico, da superfície terrestre e dos oceanos, além das aplicações voltadas para a área militar de mapeamento de terrenos e instalações.

Dadas as diferentes necessidades de se checar informações do espaço geográfico considerando inúmeros objetivos (militares, registro da propriedade, reconhecimento de feições da superfície terrestre, conhecimento da distribuição espacial dos recursos naturais, etc.), houve uma modificação significativa através do último século na produção de mapas e na forma de analisa-los. Surgiram a partir dos anos 1970 sistemas de informações geográficas (SIG) os quais permitiam a estocagem, manipulação e visualização de dados espaciais, e também sistemas de análise que possibilitavam a análise automática de imagens de satélite de monitoramento dos recursos terrestres (Loch, 2006).

Para Lang e Blaschke (2009) o SIG é um sistema composto de hardware, software e dados. Os autores ressaltam que a utilização de SIGs tem uma longa tradição, especialmente no planejamento da paisagem e do meio ambiente e permitem opções de questionamento espacial como: ‘o que fica onde?’ e ‘onde se encontra o quê?’. Para responder a estes questionamentos necessita-se ter informações temáticas e de localização e os dados que apresentam estes dois componentes são conhecidos como geodados (informações temáticas e geoinformações).

O software SIG utilizado nesta pesquisa é o QGIS, um Sistema de Informação Geográfica de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU, um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Neste software pode-se utilizar os algoritmos necessários para correções em dados espaciais de entrada, georreferenciamento, classificação de imagens, produção de layouts de mapas, quantificação e análise de dados geográficos produzidos, entre outros.

Em especial para a geração de dados e análises da SBHRPV e SBHRA serão utilizados geodados obtidos por radar (SRTM - Shuttle Radar Topography Mission) e imagens de satélites (Landsat5, CBERS2B e Landsat8). Segundo EMBRAPA (2020) a missão do SRTM coletou dados de radar da superfície terrestre no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, a bordo da nave espacial Endeavour, dados estes com aproximadamente 90 metros de resolução espacial. Estes dados são disponibilizados gratuitamente pelo referido autor no formato geotiff (16 bits) no Sistema Geográfico de Coordenadas no datum WGS-84.

A série de satélites Landsat cujo início se deu na segunda metade da década de 1960, teve como objetivo a observação de recursos naturais terrestres. O primeiro da série foi lançado em 1972, já o Landsat 5 foi lançado em 1984 e o Landsat 8 em 2013, ambos com resolução espacial de 30 metros. O programa CBERS é uma parceria entre os governos China e Brasil existente desde 1988. Desde então já foram lançados os satélites CBERS 1 e 2, CBERS2B e CBERS3 e 4. O CBERS2B cuja imagem é utilizada nesta pesquisa, na câmera CCD possui uma resolução espacial de 20m.

## **2.2. Uso e ocupação do solo**

Campos (2008) afirma que, a partir do mapeamento de diferentes usos e ocupações da terra de uma área de estudos, aliado a um banco de dados com as informações sobre ocupação

e usos um pesquisador pode averiguar a espacialização destas classes e a percentagem das diferentes classes, conflitos existentes com legislações vigentes, entre outros.

Tucci (1993) ressalta que o mapeamento do uso da terra permite identificar suas potencialidades e fragilidades, permitindo assim se chegar ao uso racional que deve levar em conta as características naturais da bacia hidrográfica (cobertura vegetal, topografia, drenagem, etc.) sendo que as técnicas de sensoriamento remoto são importantes aliadas nesta análise.

No caso desta pesquisa aplicam-se estes conceitos numa análise multitemporal onde se busca quantificar as mudanças espaciais ocorridas nas últimas décadas para que, num segundo momento, possam ser realizadas análises qualitativas acerca dos fenômenos mapeados.

Sabe-se que os impactos causados ao meio causam grandes impactos nas bacias hidrográficas. É recorrente se constatar prejuízos causados por alagamentos, inundações, alterações do microclima percebidos pela população local sem que, na realidade, a população se dê conta, muitas vezes, que estas alterações se devem às modificações na cobertura da terra, através da alteração da paisagem.

### 3. MATERIAIS E MÉTODO

O método da pesquisa seguiu a seguinte sequência metodológica:

1. Delimitação da área de estudos: delimitação das sub-bacias SBHRPV e SBHRA e extração da rede de drenagem, a partir do modelo digital de elevação (MDE) desenvolvido com dados SRTM pela EMBRAPA (2020), utilizando-se o software QGIS;
2. Caracterização fisiográfica da área estudada: uma vez gerados gerados os dados vetoriais da rede de drenagem e determinação da área, calculou-se: perímetro, comprimento do canal principal e demais cursos d'água, coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), fator de forma (F) e densidade de drenagem (Dd) em planilha excel;
3. Obtenção das imagens de satélite: buscou-se imagens de satélite gratuitas, sem nuvens e em intervalos aproximados de 10 anos para mapeamento do uso e ocupação do solo da área de estudo. Obteve-se imagens Landsat 5(1986 e 1995), CBERS2B (2009) e Landsat8 (2016). Estas imagens necessitaram ser corrigidas e reprojetadas para o SIRGAS 2000;
4. Geração de mapas temáticos: no QGIS foram geradas as composições das imagens e posteriormente estas foram classificadas para gerar o mapa de UOS. Para as imagens Landsat5, CBERS2B e Landsat8 adotou-se a composição RGB 432 (Tabela 1), as quais foram classificadas utilizado o complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) com o algoritmo de classificação minimum distance, obtendo-se as classes: água, solo exposto, área urbana, vegetação rasteira, vegetação médio porte e vegetação densa;
5. Análise da evolução do uso e ocupação do solo: uma vez classificadas as imagens geraram-se o layout dos mapas de UOS e realizou-se a análise quantitativa das áreas ocupadas pelas classes mapeadas, em cada data, com os dados obtidos no plugin SCP.

Tabela 1 - Quadro de características das Imagens de satélite utilizadas no estudo.

Características	Imagem			
	Landsat 5	Landsat 5	CBERS 2B	Landsat 8
Data	28/07/1986	18/05/1995	19/04/2009	12/06/2016
DATUM/	WGS 84/	WGS 84/	WGS 84/	WGS 84/
Projeção	UTM 22N	UTM 22N	UTM 22S	UTM 22N
Resolução temporal (dias)	16	16	26	16
Resolução espacial (m)	Multiespectral 30 x 30	Multiespectral 30 x 30	Infravermelho 20 x 20	Multiespectral 15 x 15
Resolução radiométrica (bits/pixel)	8	8	s.d.	16 ou 8 (conforme demanda)

Fonte: Produzida pelos autores a partir dos dados do INPE.

Em função das diferentes resoluções espaciais das imagens de satélite (20m e 30m), optou-se por elaborar mapas compatíveis com a resolução das imagens de 30 m, mapas de escala 1:150 000 ou menor.

#### 4. RESULTADOS

No quesito geometria das sub-bacias, determinou-se as características fisiográficas das mesmas como mostra a tabela 2:

Tabela 2 – Resumo das características fisiográficas das sub-bacias  
**Resumo das Características Fisiográficas**

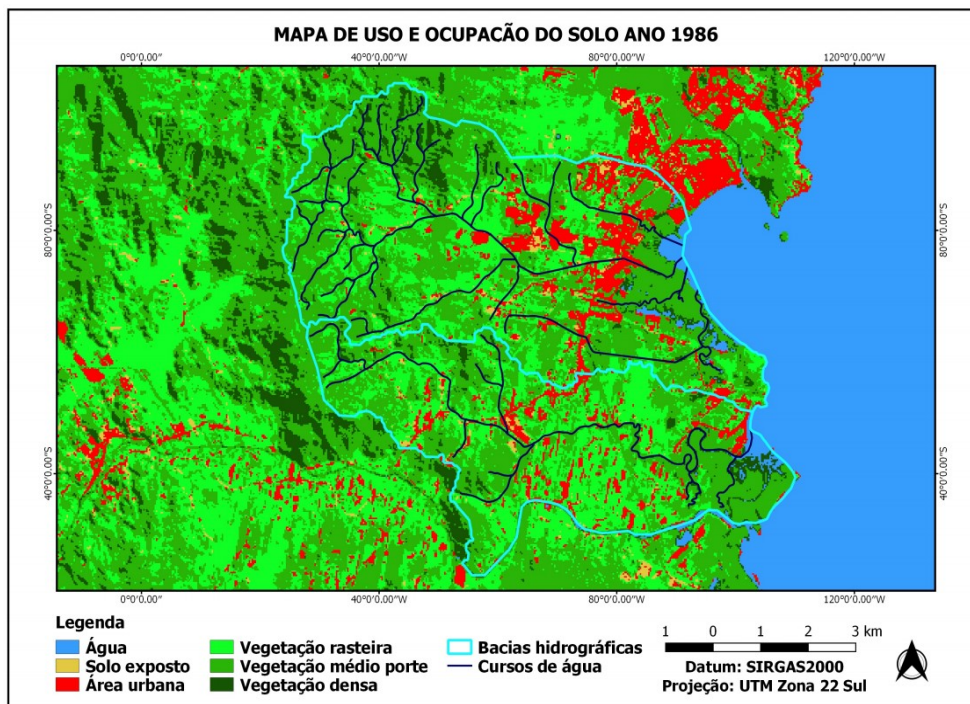
Características Fisiográficas	SBHRPV	SBHRA
Área da sub-bacia (km <sup>2</sup> )	38,87	26,85
Perímetro (km)	33,50	31,55
Comprimento do Rio Principal (km)	10,58	15,06
Declividade Média do Rio Principal (m/m)	0,02	0,02
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,50	1,70
Fator de Forma (F)	0,35	0,12
Densidade de Drenagem (Dd) (km/km <sup>2</sup> )	1,53	0,97

Fonte: Produzido pelos autores.

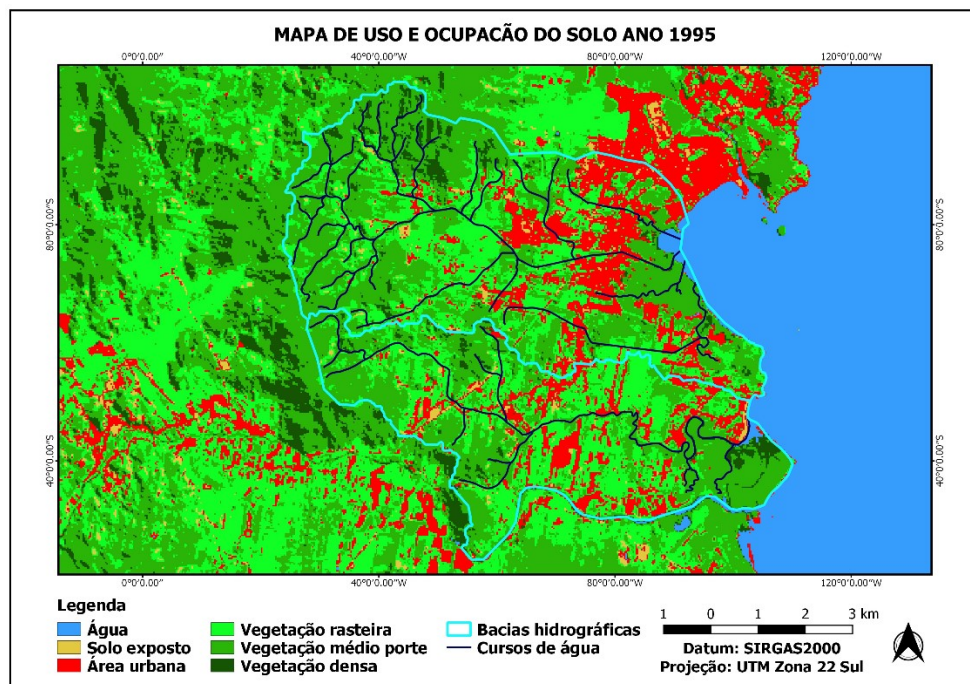
Os valores obtidos de F para as sub-bacias indicam que estas não estão sujeitas a enchentes, pois são inferiores a 0,5 de acordo com Carvalho e Silva (2006). Para os mesmos autores, quanto mais próximo de 1 o valor de Kc maior a chance de a bacia ter picos de enchente. Analisando-se as Dd observa-se que a SBHRPV possui boa drenagem enquanto a

SBHRA possui drenagem regular de acordo com Christofoleti (1980).

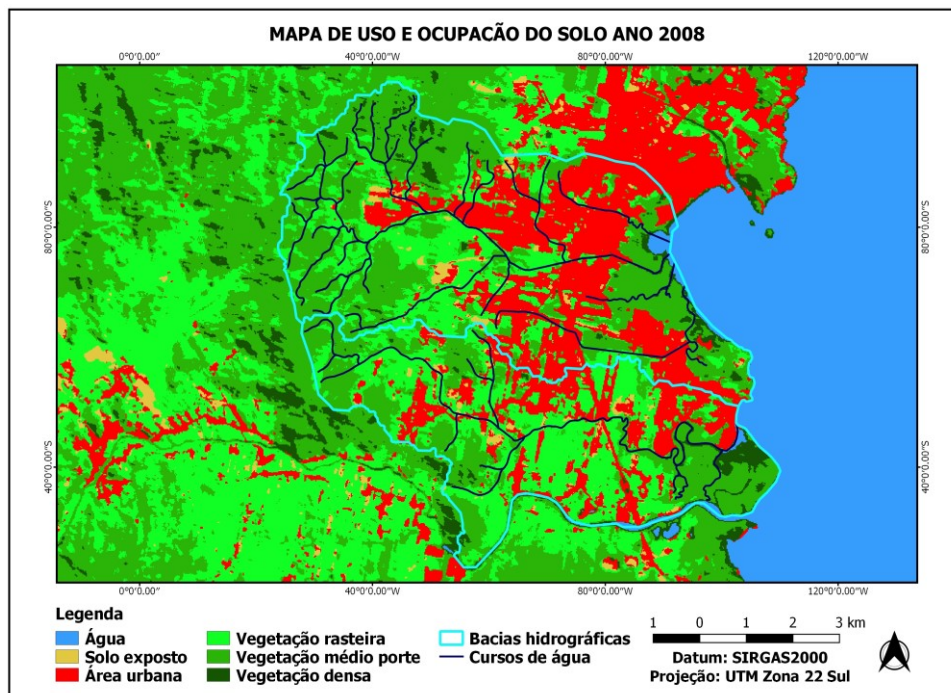
Figura 2 – Mapas de uso e ocupação do solo nos anos de: (a) 1986, (b) 1995, (c) 2008 e (d) 2016.



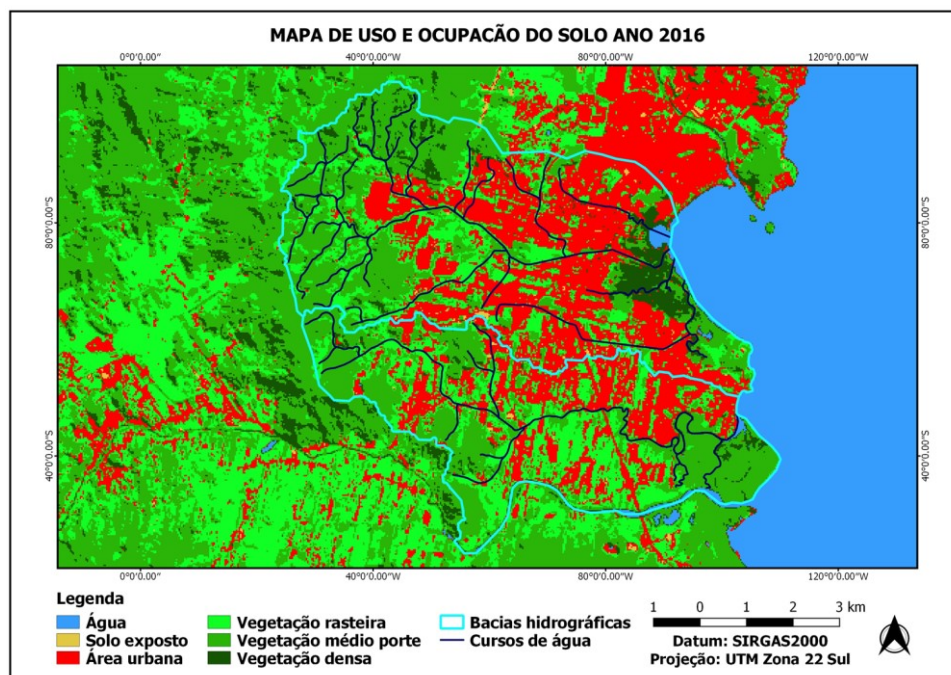
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Produzida pelos autores.

Extraíndo-se as classes das sub-bacias e determinando-se a percentagem de cada uma delas, obtêm-se a Tabela 3.

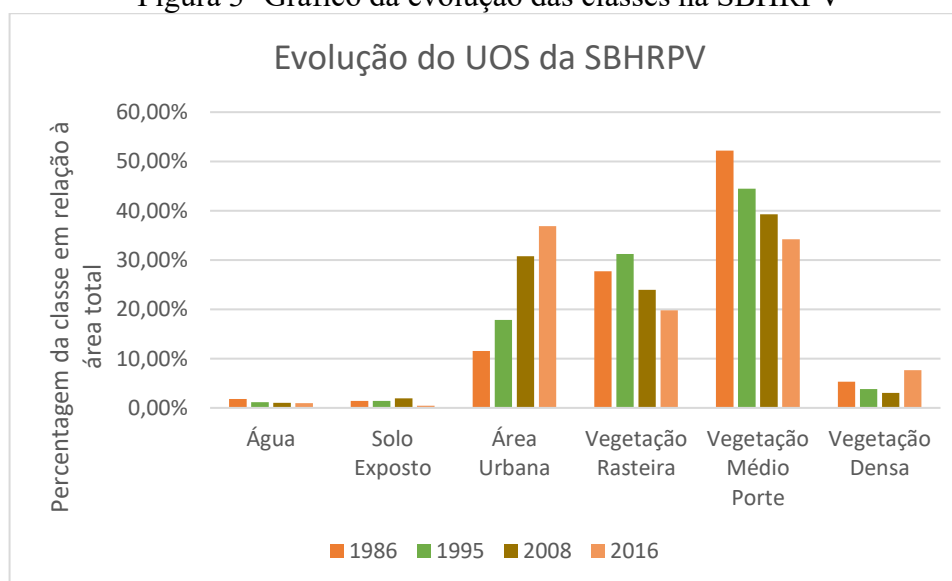
Tabela 3 - Porcentagem de uso e ocupação nas diversas classes para os anos de 1986, 1995, 2008 e 2016.

Classe	Satélite (Ano)							
	Landsat 5 (1986)		Landsat 5 (1995)		CBERS 2B (2008)		Landsat 8 (2016)	
	SBHRPV	SBHRA	SBHRPV	SBHRA	SBHRPV	SBHRA	SBHRPV	SBHRA
Água	1,79%	1,91%	1,16%	0,85%	1,05%	1,02%	0,98%	1,26%
Solo Exposto	1,42%	1,09%	1,39%	1,67%	1,92%	2,11%	0,45%	0,31%
Área Urbana	11,54%	9,20%	17,86%	15,60%	30,78%	22,56%	36,87%	28,64%
Vegetação Rasteira	27,73%	38,06%	31,25%	38,07%	23,96%	39,17%	19,82%	30,07%
Vegetação Médio Porte	52,18%	45,31%	44,50%	39,95%	39,26%	30,88%	34,20%	36,45%
Vegetação Densa	5,34%	4,43%	3,84%	3,86%	3,03%	4,26%	7,68%	3,27%

Fonte: Produzida pelos autores.

Quando observada a evolução da ocupação do solo para utilização como área urbana, houve um aumento nas duas sub-bacias, sendo que na sub-bacia do Rio Passa Vinte foi de 25,33%, passando de 11,54% para 36,87%. Esta evolução também foi percebida na sub-bacia do Rio Aririú, com evolução de 19,44%, passando de 9,2% a 28,64% (Figura 3).

Figura 3 -Gráfico da evolução das classes na SBHRPV

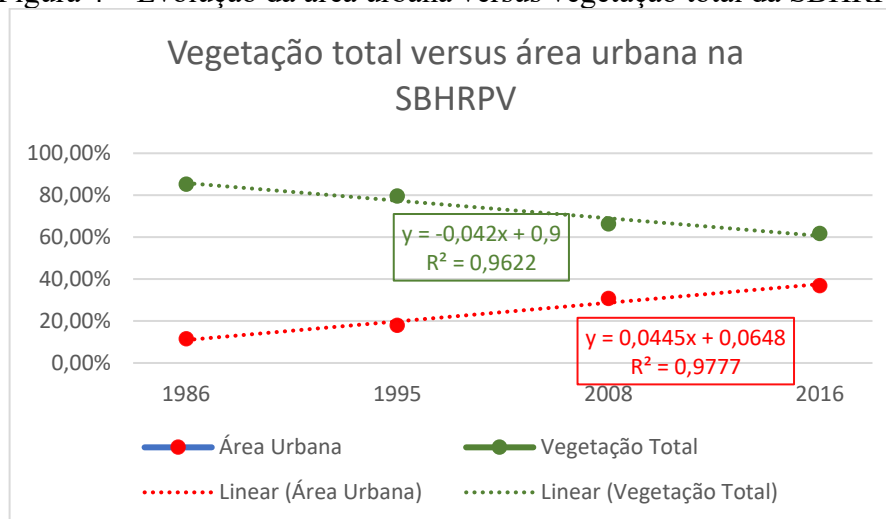


Fonte: dos autores

Ao se observar as figuras 3 e 4 verifica-se que, em ambas as sub-bacias a área urbana

creceu significativamente. No caso da SBHRPV as vegetações: rasteira e de médio porte, sofreram um decréscimo nos últimos 30 anos, porém, verifica-se um aumento na classe de vegetação densa entre 2008 e 2016. Talvez este fato esteja atrelado às políticas públicas de controle ambiental do período.

Figura 4 – Evolução da área urbana versus vegetação total da SBHRPV

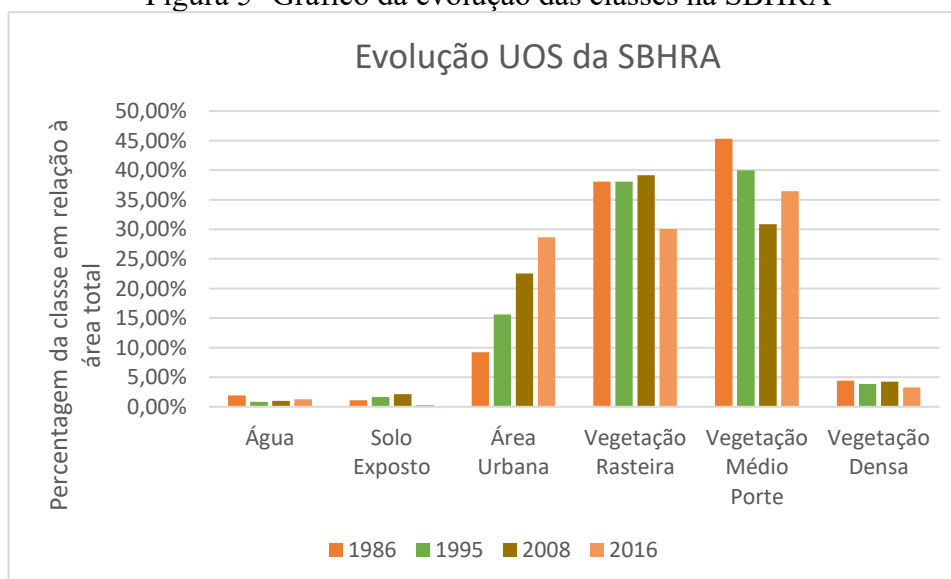


Fonte: dos autores.

Ao se observar a variação da evolução das áreas cobertas por vegetação (vegetação total no gráfico acima) e a da área urbana fica nítida a relação linear entre os dados. Há uma involução nas áreas vegetadas e uma evolução na mancha urbana.

Para a SBHRA as vegetações: rasteira e densa, mostram decréscimo em área, porém, a vegetação mapeada como sendo de médio porte mostra uma recuperação entre 2008 e 2016 (Figura 5).

Figura 5 -Gráfico da evolução das classes na SBHRA

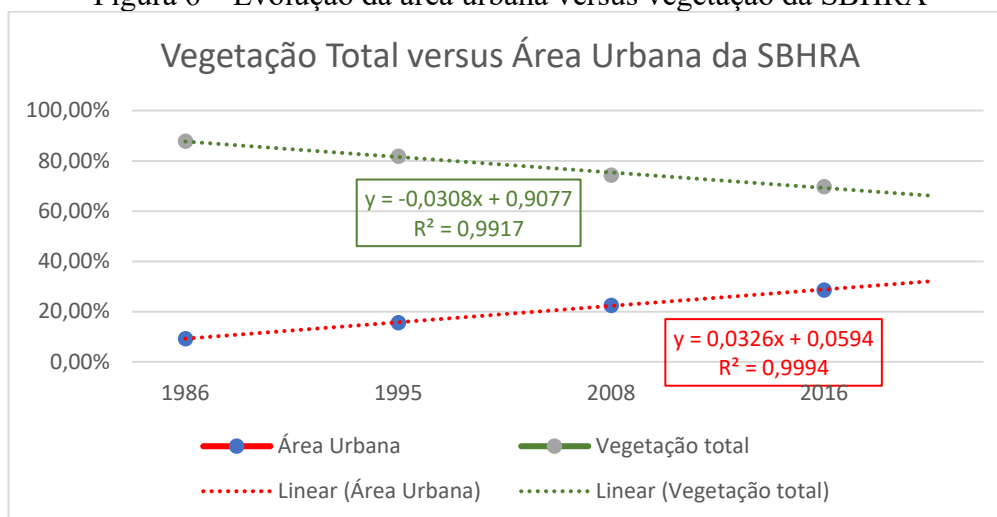


Fonte: dos autores.

Apesar das análises estarem embasadas em dados obtidos com imagens de diferentes resoluções, verifica-se tanto para a SBHRPV quanto para a SBHRA que a crescente expansão da mancha urbana é coerente com o aumento populacional observado no município onde das sub-bacias estão localizadas. Pereira (2011) mostrou em sua pesquisa que, Palhoça/SC em 1980 contava com uma população de 36.023 habitantes e, em 1991 tinha 68.430 habitantes. Em 200 já possuía 102.742 habitantes e, em 2009, 130.878 habitantes. Ou seja, de 1991 a 2009, houve um crescimento populacional de 263%. Em 2018 a estimativa populacional de acordo com SEBRAE (2019) era de 168.259 habitantes, sendo que destes, mais de 90% residem em área urbana.

Proporcionalmente à sua área a SBHRPV possui uma área urbana mais extensa espacialmente do que a sua vizinha SBHRA. O crescimento da área urbana veio acompanhado de um decréscimo na área ocupada pela vegetação de médio porte na SBRRPV enquanto na SBHRA o aumento da área urbana veio acompanhado de um decréscimo na vegetação de médio porte, mas houve uma breve recuperação deste tipo de vegetação em detrimento da vegetação rasteira.

Figura 6 – Evolução da área urbana versus vegetação da SBHRA



Fonte: dos autores.

Fazendo-se uma análise da evolução de toda a cobertura vegetal, denominada no gráfico da Figura 6 como vegetação total, observa-se um decréscimo linear em área de 1986 a 2008. Ao mesmo tempo, observa-se também o crescimento linear das áreas urbanas da SBHRA.

Em ambas as sub-bacias as classes de solo exposto, vegetação densa e água são as que menos ocupam a superfície analisada, na escala de análise proposta.

## 5. CONCLUSÕES

É importante se conhecer a evolução do UOS quando se objetiva o planejamento de ações voltadas à melhoria dos espaços geográficos e, por consequência da qualidade de vida das populações que os habitam.

Os mapas e gráficos gerados nesta pesquisa são um reflexo da rápida evolução das áreas

urbanas em bacias hidrográficas costeiras brasileiras, em especial no litoral do Estado de Santa Catarina, onde estas se localizam.

Um aumento populacional da ordem de 367% no município, de 1980 a 2018, triplicou o tamanho mancha urbana da SBHRPV e da SBHRA.

Mesmo com a utilização de diferentes sensores e diferentes resoluções espaciais para a geração dos mapas de UOS, fica nítido nos mapas, o aumento da mancha urbana que vem do sentido Norte para o Sul, acompanhando o crescimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis que se expande a partir da Capital do Estado Florianópolis.

Sugere-se a continuidade desta pesquisa para obter dados pluviométricos evolutivos nestas áreas bem como a utilização de técnicas que, a partir das alterações apontadas no uso e ocupação do solo, se possam averiguar as alterações no regime hídrico local.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) pelo apoio para o desenvolvimento desta pesquisa, fruto de dissertação de mestrado neste programa.

### Referências

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B da; **Capítulo 3 – Bacia hidrográfica**. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>, acessado em 01/05/2019.

CHRISTOFOLETI (1980), **Forma da bacia hidrográfica**. Portal da educação. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/forma-da-bacia-hidrografica/42222>. Acessado em 03 de Maio de 2019.

EMBRAPA, **Satélites de Monitoramento**, disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes>, acessado em 13/10/2020.

LANG, S.; BLASCHKE, T.; **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo. Oficina de Textos, 423 p., Cap. 2, 2009.

LOCH, R. E. N; **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Ed. Da UFSC, 313 p., Cap.4, 2006.

LORENZETTI, J. A. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. Editora Edgard Blücher Ltda, 2015.

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

MELLO, Kaline et al. **Dinâmica da expansão urbana na zona costeira brasileira: o caso do município de São Vicente, São Paulo, Brasil**. Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 13, n. 4, p. 539-551, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portal do Ministério do Meio Ambiente**: busca rápida. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.gov.br/mma>>. Acesso em: 26 set. 2019.

NOVO, E.M.L. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São José dos Campos, SP: E. Blücher, 1989.308p.

PEREIRA, R. M. F. A.; Expansão urbana e turismo no litoral de Santa Catarina: o caso das microrregiões de Itajaí e Florianópolis, **Revista INTERAÇÕES**, Campo Grande, v. 12, n. 1 p. 101-111, jan./jun. 2011.

TUCCI, C. E. M.; **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre. Editora da Universidade/ABRH, 1993.