

## CAPÍTULO 5 – PRODUTO DESENVOLVIDO

O desenvolvimento de um município é muito complexo e abrange uma série de aspectos sociais, políticos e técnicos. No aspecto técnico as contribuições podem partir de estudos que visam conhecer melhor uma série de comportamentos naturais com influência direta no dia a dia da comunidade.

Neste capítulo a proposta é apresentar um documento que aborda temas de interesse e repercussão direta no cotidiano de uma comunidade permitindo, através de seus resultados, subsidiar as áreas técnicas em análises que interferem em decisões para o desenvolvimento adequado da região. Nesse sentido, a produção do relatório técnico denominado **“Diagnóstico do impacto do processo de urbanização de sub-bacias hidrográficas costeiras dos rios Passa Vinte e Aririú no município de Palhoça/SC”**. Aborda dois temas: comportamento da precipitação na região e variação do uso e ocupação do solo urbano no período.

### 5.1 Introdução

O presente relatório apresenta os resultados do presente estudo que abrange parte do município de Palhoça-SC. Na primeira etapa apresenta uma descrição do regime pluviométrico da região, no período compreendido entre janeiro de 1980 e dezembro de 2018, tendo como foco principal a verificação de datas, ou intervalos de tempo, onde a ocorrência de um volume de precipitação foi bastante significativo para região. Os dados foram obtidos da base de dados da EPAGRI/CIRAM e permitiram uma análise estatística para observar o comportamento das chuvas no período, ressaltando eventos com potencial de enchentes na região.

Na segunda parte foi realizado o estudo da variação do uso e ocupação do solo urbano na região, compreendida pelas sub-bacias hidrográficas do município dos rios Passa Vinte e Aririú, e que apresentaram grande expansão urbana no mesmo período citado na etapa anterior. Através do processamento de imagens de satélite, foi possível verificar a variação das taxas de uso e ocupação sobre a região de estudo.

## 5.2 Materiais e métodos

Cinco etapas representam a sequência de materiais e método aplicados no desenvolvimento deste trabalho:

- (a) Definição da área e período de estudo;
- (b) Coleta de imagens, cartas, mapas e dados;
- (c) Processamento de imagens de satélite;
- (d) Características fisiográficas da área de estudo;
- (e) Cálculo do tempo de concentração.

É importante destacar que os dados e softwares aqui utilizados, são de domínio público e disponíveis por consultas diretas ou solicitação de liberação de uso junto as respectivas instituições.

Na primeira etapa foi obtida, junto ao banco de dados público da EPAGRI/CIRAM, a série histórica dos valores diários de precipitação da estação meteorológica de Florianópolis, localizada na cidade de São José/SC, identificada pelo número 83897, com as coordenadas geográficas de latitude sul 27°35'36.11 e 48°32'29.47 de longitude oeste.

A partir desta série pluviométrica, foram confeccionadas as tabelas já descritas e disponibilizadas no Anexo 1. Com isso foi possível fazer a seleção dos episódios extremos, onde foi aplicado o dispositivo estatístico denominado Desigualdade de Chebychev. Para os períodos selecionados foi possível realizar uma análise espacial dos dados de precipitação do CPC (*Climate Prediction Center*) (XIE et al., 2007) através do software *Grads (Grid Analysis and Display System)* (SANTOS, 2014). Este programa apresenta a distribuição espacial do volume de chuvas por faixas de intensidade sobre a região sul do Brasil e permite avaliar a evolução do respectivo evento extremo.

Posteriormente foi realizado um estudo do tempo de concentração de duas sub-bacias hidrográficas no município, sendo aplicado o geoprocessamento de imagens para verificação da ocupação do solo urbano em diferentes datas, escolhidas na primeira etapa. Os métodos aplicados estão descritos na sequência.

### 5.2.1 *Imagens de satélite disponíveis*

Imagens de diversos satélites em órbita polar, disponíveis no período de estudo, permitem a obtenção de uma série de informações, dentre as quais o uso e ocupação do solo com aplicação em diversos setores: agricultura, ecologia, entre outros. Segundo informações disponibilizadas pelo INPE (2019), as séries de satélites Landsat e o programa CBERS, dispõem dos equipamentos que forneceram as imagens para serem processadas neste estudo, sendo suas características apresentadas na tabela 3.1.

### 5.2.2 *Características fisiográficas da área de estudo*

A delimitação da área de pesquisa consiste na identificação das sub-bacias hidrográficas onde foram realizados os cálculos do tempo de concentração. Como base utilizou-se a carta digital de Florianópolis, disponibilizada pela EPAGRI/CIRAM, assim como o modelo digital de elevação, disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Com o auxílio do software QGIS (SHERMAN et al., 2011) e dos materiais citados, foi possível delimitar a área de estudo.

Com o intuito de analisar as áreas delimitadas, foram determinadas as seguintes características fisiográficas: área da bacia, perímetro, comprimento do rio principal, declividade média do rio principal, coeficiente de compactidade, fator de forma e densidade de drenagem. Os dados necessários para determinar as características mencionadas foram obtidos por meio do software QGIS (SHERMAN et al., 2011).

### 5.2.3 *Produção dos Mapas de Uso e Ocupação do solo e cálculo do tempo de concentração*

No desenvolvimento destas etapas foram realizados os procedimentos de coleta das imagens públicas de satélites nas seguintes portais que as disponibilizam para estudos, sendo: (i) Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>, com as imagens dos satélites Landsat 5 (anos de 1986 e 1995) e 8 (2016) e (ii) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) <[www.inpe.br](http://www.inpe.br)>, com as imagens do satélite CBERS 2B (2009). Por se tratar de

imagens públicas obtidas em diferentes satélites, foi necessário o uso do georreferenciamento no mapa de 2009, como demonstrado na Figura 3.4.

Com o georreferenciamento da imagem de 2009 executado, foi possível iniciar o processamento visando a obtenção dos mapas de uso e ocupação do solo. No software QGis (versão 2.18), aplicativo profissional GIS livre e de código aberto, as imagens que representam uma data escolhida, passaram inicialmente por uma prévia composição de bandas, visando observar qual composição permitiria a melhor classificação de uso e ocupação do solo, tendo em vista os objetivos de análise do tempo de concentração. Definidas as bandas, o próximo passo foi alterar o sistema de referência geométrico para as imagens Landsat 5 e 8, aplicando o SIRGAS 2000, sistema este que serve de referência geodésica para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

A composição definitiva das imagens para cada data escolhida foi realizada com a aplicação do plugin “construir raster virtual” na barra raster – miscelânea, sendo que o recorte da imagem de composição facilitou a aplicação do sistema de classificação de imagens. Em seguida foi aplicado o plugin *Semi-automatic Classification Plugin* (SCP), do QGis, que executa classificação pixel a pixel das imagens capturadas do satélite, apresentado três resultados possíveis. Neste sistema é criado um raster de treinamento aplicando amostras para cada classe escolhidas sobre a imagem, visando gerar uma imagem classificada por uso e ocupação do solo.

Com a geração da imagem classificada foi necessário realizar um processo de reambulação para verificar a localização das classes, sendo utilizado o índice Kappa para medir a precisão temática do mapa produzido. Esta comparação determina o número de pontos de convergência entre a situação real e a classe obtida, determinando o valor de *Kappa*, ou seja, o índice de acerto das classes trabalhadas no processo.

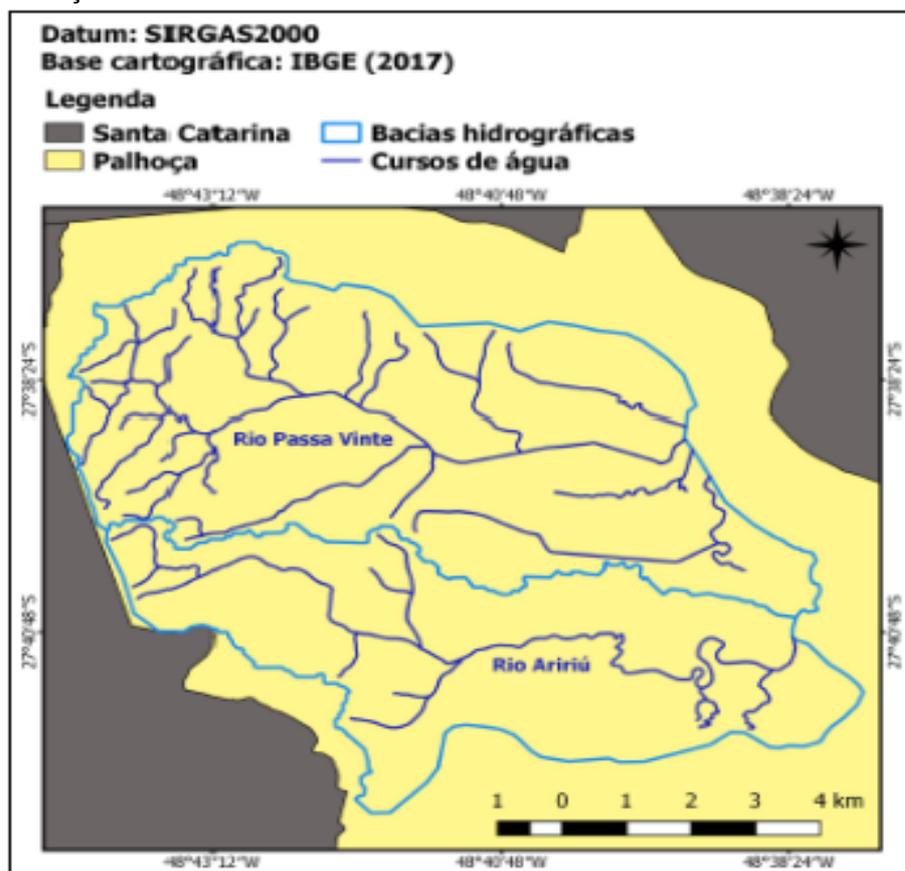
A última etapa foi a de cálculo do tempo de concentração “ $t_c$ ”, sendo escolhido dentre os métodos citados na tabela 2.3, o SCS (Soil Conservation Service).

No mesmo estudo também foram trabalhados dados populacionais do município, com ênfase para a população urbana.

### 5.3 Resultados do estudo pluviométrico e de geoprocessamento

Os resultados do estudo pluviométrico são apresentados no ítem 4.1 do capítulo 4 (Resultados e Discussão). A figura 5.1 apresenta a região de estudo, que compreende as informações geográficas das sub-bacias dos rios Passa Vinte (SBHRPV) e Aririú (SBHRA). As características fisiografias das sub-bacias hidrográficas costeiras em Palhoça/SC são apresentadas no Anexo B. Nos últimos 30 anos foi observado um crescimento desordenado da área urbana na região. Nesse sentido foram desenvolvidos mapas de uso e ocupação do solo, apresentados na figura 4.11.

Figura 5.1 - Definição da área de estudo das sub-bacias dos rios Passa Vinte e Aririú.



Fonte: Produzida pelo autor.

Além dos mapas produzidos, neste processamento de imagens, foram trabalhadas informações dentro do próprio aplicativo QGis, as quais permitiram determinar o tempo de concentração de escoamento da água superficial sobre as sub-bacias em cada data escolhida. Também dados sobre a evolução do crescimento populacional da região para subsidiar a análise que o estudo propõe.

Pela tabela 5.1 é possível identificar claramente o aumento da área urbana acompanhada principalmente da redução da porcentagem de solo exposto e vegetação de médio porte. Acompanhado do aumento da área urbana, verifica-se pela tabela 5.2 um aumento da densidade populacional, crescendo de 56.000 para 160.000 pessoas nos últimos trinta anos. E acompanhado da redução da área verde, reduziu também o tempo de concentração em ambas sub-bacias.

Tabela 5.1 – 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
<b>Água</b>	1,79%	1,91%	1,16%	0,85%	1,05%	1,02%	0,98%	1,26%
<b>Solo Exposto</b>	1,42%	1,09%	1,39%	1,67%	1,92%	2,11%	0,45%	0,31%
<b>Área Urbana</b>	11,54%	9,20%	17,86%	15,60%	30,78%	22,56%	36,87%	28,64%
<b>Vegetação Ras-teira</b>	27,73%	38,06%	31,25%	38,07%	23,96%	39,17%	19,82%	30,07%
<b>Vegetação Médio Porte</b>	52,18%	45,31%	44,50%	39,95%	39,26%	30,88%	34,20%	36,45%
<b>Vegetação Densa</b>	5,34%	4,43%	3,84%	3,86%	3,03%	4,26%	7,68%	3,27%

Fonte: Produzida pelo autor.

Tabela 5.2 - Variação da área urbana, tempo de concentração e população estimada nas sub-bacias SBHRPV e SBHRA no período de estudo.

	Ano			
	1986	1995	2008	2016
<b>Área urbana da SBHRPV (Km<sup>2</sup>)</b>	4,28	6,95	11,96	14,33
<b>Área urbana SBHRPV (%)</b>	11,54	17,86	30,78	36,87
<b>Tempo de concentração SBHRPV (min)</b>	1.712,36	1.317,78	1.004,3	896,57
<b>Área urbana da SBHRA (Km<sup>2</sup>)</b>	2,47	4,19	6,06	7,69
<b>Área urbana SBHRA (%)</b>	9,2	15,6	22,56	28,64
<b>Tempo de concentração SBHRA (min)</b>	573,36	489,96	407,72	381,04
<b>População (estimada para o município)</b>	56.000	84.000	131.000	160.000
<b>Área Urbana total das duas sub-bacias</b>	6,75	11,14	18,02	22,02

Fonte: Produzida pelo autor.

A partir dos dados obtidos em todas etapas descritas no estudo pode-se perceber os seguintes aspectos:

- quando comparamos as datas de enchentes ocorridas no município de Palhoça (com a decretação de SE e ECP), listados na tabela 2.5 e os episódios de anomalia de precipitação mensal com valores próximos ou

acima de 320 mm, descritos no item 4.3.2 deste estudo, percebe-se um correlação direta entre as datas e períodos, exceto para o mês de maio de 2010, onde segundo a tabela 2.5 não ocorreu evento.

- b) 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%. O comportamento desta variação semelhante, de forma linear, com destaca para o período de 1995 a 2008, onde ocorreu uma maior ampliação na sub-bacia do Rio Passa Vinte, como mostra a figura 5.12(a).
- c) quanto ao tempo de concentração, também observa-se uma mudança de comportamento na variação dos valores, quando comparadas as duas sub-bacias. Neste aspecto as condições de aumento da área urbana, já destacadas anteriormente, são também acompanhadas por outras variáveis, como as características fisiográficas de cada bacia indicadas na tabela 5.7. Percebe-se também um comportamento semelhante quando são apresentados gráficos comparativos na figura 5.12 (e) entre os Tempo de concentração das sub-bacias SBHRPV e SBHRPA x População estimada; 5.12 (f) Tempo de concentração x Áreas das sub-bacias.
- d) ao agregarmos dados da evolução da população, a esta análise, percebe-se que o avanço do uso e ocupação do solo para área urbana provoca mudança no comportamento do escoamento das águas superficiais e que deve ser acompanhado de iniciativas na área de infraestruturas para evitar eventos relacionados a enchentes, como os relatados no item 5.4.2.