

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**ADRIANO DE OLIVEIRA DIAS**

**ANÁLISE DA COBERTURA FLORESTAL NA COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM -  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, ESTADO DE SANTA CATARINA**

**CRICIÚMA**

**2018**

**ADRIANO DE OLIVEIRA DIAS**

**ANÁLISE DA COBERTURA FLORESTAL NA COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM -  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, ESTADO DE SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig

**CRICIÚMA**

**2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

D541a Dias, Adriano de Oliveira.

Análise da cobertura florestal na composição da paisagem - Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga, estado de Santa Catarina / Adriano de Oliveira Dias. - 2018.

86 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2018.

Orientação: Nilzo Ivo Ladwig.

1. Paisagens - Sensoriamento remoto - Urussanga, Rio, Bacia (SC). 2. Avaliação paisagística - Sensoriamento remoto - Urussanga, Rio, Bacia (SC). 3. Ecologia das paisagens - Sensoriamento remoto. 4. Paisagens fragmentadas - Urussanga, Rio, Bacia (SC). 5. Processamento digital de imagens. Título.

CDD 23. ed. 526.982



**unesc**

**Universidade do Extremo Sul Catarinense**  
**Pró-Reitoria Acadêmica**  
**Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

---

**PARECER**

Os membros da Banca Examinadora homologada pelo Colegiado de Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato **ADRIANO DE OLIVEIRA DIAS** sob o título: “**Análise da cobertura florestal na composição da paisagem – Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga, estado de Santa Catarina**”, para obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, os membros são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

Criciúma/SC, 08 de março de 2018.

**Prof. Dr. Everton da Silva**  
Primeiro Examinador

**Prof. Dr. Jairo José Zocche**  
Segundo Examinador

**Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig**  
Presidente da Banca e Orientador

Dedico este trabalho à minha esposa, Jussara, que me deu muita força e incentivo ao longo deste percurso. Dedico também aos meus pais, Marino e Lizete, bem como à minha irmã, Renata, pessoas que me ensinaram a ser persistente na busca de meus sonhos e objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente, agradeço a Deus, a quem tudo devo. Em especial, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig, por toda a dedicação, o incentivo e os ensinamentos prestados na realização deste trabalho. Sua participação neste processo foi de fundamental importância. Obrigado por tudo!

Agradeço, também, aos colegas do Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Em especial, agradeço ao acadêmico de Graduação em Engenharia de Agrimensura e bolsista do LabPGT, Danrlei De Conto, por todo o auxílio prestado na execução deste trabalho.

Agradeço a todos os colegas da minha turma do curso de Mestrado em Ciências Ambientais por todos os momentos compartilhados em sala de aula. Sentirei saudades desta turma.

Agradeço a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC pela concessão da Bolsa Capacitação Docente. Essa bolsa foi de suma importância para que eu pudesse realizar o curso de Mestrado em Ciências Ambientais.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, em especial, aos meus familiares a quem dedico o mesmo.

“[...] Acima de tudo, as imagens de sensoriamento remoto passaram a representar uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam. Neste momento em que a humanidade começa a encarar seriamente a necessidade de monitorar as mudanças globais que vem ocorrendo na superfície do planeta, o sensoriamento remoto aparece como uma das ferramentas estratégicas para o futuro.”

(CRÓSTA, 2002, p. 9)

## RESUMO

O processo de ocupação espacial do território brasileiro baseou-se na exploração intensiva de recursos naturais, o que resultou na fragmentação da cobertura florestal nativa em várias porções do território nacional. Tal processo é constatado na bacia hidrográfica do rio Urussanga. Nesse contexto, o estudo tem como objetivo analisar a dinâmica espaçotemporal da paisagem da bacia hidrográfica do rio Urussanga com a finalidade de definir as mudanças significativas na paisagem. Para a realização do estudo foram utilizadas imagens orbitais do sistema sensor Landsat (5 – sensor TM e 8 – sensor OLI) datadas dos anos de 1986, 2001 e 2016. O processamento das imagens foi realizado por meio da utilização dos *softwares* ArcGIS 10.3.1, IDRISI Selva e QGIS 2.10.1. Com base no processamento das imagens foram produzidos os dados que permitiram analisar a dinâmica espaçotemporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Urussanga entre os anos de 1986 e 2016. Esta análise foi subdividida em dois períodos – 1986 a 2001 e 2001 a 2016. Os resultados da pesquisa mostraram que, em ambos os períodos analisados, a cobertura florestal (classe Vegetação Arbórea/Arbustiva) apresentou redução em sua área total na bacia. Da mesma forma, as classes Campo de Duna e Área Minerada (áreas nas quais foram realizadas atividades ligadas a extração de carvão mineral) apresentaram redução espacial na bacia nos dois períodos analisados. Dentre as classes de uso e cobertura da terra que apresentaram expansão territorial na bacia, em ambos os períodos analisados, estão as classes Área Urbanizada e Massa de Água (corpos hídricos superficiais, áreas ocupadas pelo desenvolvimento da rizicultura que estavam alagadas (pousio) e cavas originadas das atividades de extração de argila, areia, etc.). Uma classe de uso e cobertura da terra que apresentou oscilação espacial entre os anos de 1986 e 2016 foi a classe Área Antropizada (áreas agricultáveis e de pecuária, bem como os vazios urbanos). Analisando-se a relação entre a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva e a classe Área Urbanizada verificou-se que, entre os anos de 1986 e 2016, houve a conversão de 12,384 km<sup>2</sup> de cobertura florestal em áreas urbanizadas na bacia hidrográfica do rio Urussanga. A análise da relação entre a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva e a classe Área Antropizada mostrou a ocorrência de dois processos opostos em andamento na bacia: a conversão de áreas pertencentes à classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas antropizadas e a regeneração da cobertura florestal sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto. Processamento Digital de Imagens. Gestão Territorial.



## ABSTRACT

The process of the spatial occupation of the Brazilian territory was based on the intensive exploitation of natural resources; this has resulted in the fragmentation of native forest cover in several parts of the national territory. This process is verified in the hydrographic basin area of the Urussanga River. In this context, the study has objective to analyze the dynamics space time of the Urussanga river basin landscape in order to define significant changes in the landscape. The study was done with the use of images of the sensor system Landsat (5 – sensor TM e 8 – sensor OLI) with dates for the years 1986, 2001 and 2016. The images were processed through the use of the software ArcGIS 10.3.1, IDRISI Selva and QGIS 2.10.1. Based on image processing were produced the data that allowed analyzing the space time dynamics of use and coverage of the land the hydrographic basin in the Urussanga river between 1986 and 2016. This analysis was subdivided into two periods - 1986 to 2001 and 2001 to 2016. The results of the survey showed that, in both periods analyzed, the forest cover (class Arboreal Vegetation) presented a reduction in its total area in the basin. Similarly, the classes Dune Field and Mining Area (areas where activities have been carried out to the extraction of mineral coal) areas presented spatial reduction in the basin in the two periods analyzed. Among use classes and land cover that showed territorial expansion in the basin, in both analyzed periods, are the classes Urbanized Area and Mass of Water (surface water bodies, areas occupied by the development of irrigation that were flooded (fallow) and cavas originating from the activities of extraction of clay, sand, etc.). One class of use and land cover which presented spatial oscillation between the years 1986 and 2016 it was the Anthropized Area class (areas agriculturally it's from livestock, as well as the urban voids). Analyzing the relationship between the Arboreal Vegetation class and the Urbanized Area class was verified that, between the years of 1986 and 2016, there was a conversion of 12,384 km<sup>2</sup> of forest cover into urban areas in the hydrographic basin Urussanga River. The analysis of the relation between the class Arboreal Vegetation and the Anthropized Area class showed the occurrence of two opposing processes in progress in the basin: the conversion of areas belonging to the class Arboreal Vegetation in anthropogenic areas and regeneration of forest cover about areas before occupied by the Anthropized Area class.

**Keywords:** Remote Sensing. Digital Image Processing. Territorial Management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	28
Figura 2 – Mapa da mudança espaçotemporal da cobertura florestal na bacia hidrográfica do Rio Urussanga.....	37
Figura 3 – Mapa da evolução espacial da mancha urbana existente entre os municípios de Criciúma e Içara.....	44
Figura 4 – Mapa da evolução espacial da mancha urbana existente entre os municípios de Morro da Fumaça e Içara.....	45
Figura 5 – Mapa da mudança espaçotemporal das classes de cobertura do solo existentes nas áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga – Distrito 12 (Linha Batista).....	53
Figura 6 – Recorte das áreas de mineração de argila, areia e/ou outras substâncias minerais – município de Morro da Fumaça/SC.....	58
Figura 7 – Pontos de amostragem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Urussanga.....	63
Figura 8 – Mapa de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Urbanizadas na Área 1.....	65
Figura 9 – Mapa de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Urbanizadas na Área 2.....	67
Figura 10 – Mapa das áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e das áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada – Área 1.....	73
Figura 11 – Mapa das áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e das áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada – Área 2.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa .....	33
Tabela 2 – Classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Urussanga .....	36
Tabela 3 – Mudança espaçotemporal das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Urussanga .....	36
Tabela 4 – Mudança espaçotemporal da cobertura florestal na bacia hidrográfica do rio Urussanga .....	38
Tabela 5 – Número de estabelecimentos (unidades) por grupos de área total em Santa Catarina .....	39
Tabela 6 – Número de estabelecimentos agropecuários (unidades) nos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Urussanga .....	40
Tabela 7 – Evolução da população de Santa Catarina .....	41
Tabela 8 – Evolução da população urbana e da taxa de urbanização nos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Urussanga .....	43
Tabela 9A – Classes de cobertura do solo existentes nas áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga .....	51
Tabela 9B – Classes de cobertura do solo existentes nas áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga – Distrito 12 (Linha Batista) .....	54
Tabela 10A – Conversão da classe Campo de Duna em Áreas Urbanizadas .....	59
Tabela 10B – Conversão da classe Campo de Duna em Vegetação Arbórea/Arbustiva .....	60
Tabela 10C – Conversão da classe Campo de Duna em Áreas Antropizadas .....	62
Tabela 11 – Mudança espaçotemporal das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Urussanga .....	66
Tabela 12 – Áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Urbanizadas .....	66
Tabela 13A – Áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada .....	69
Tabela 13B – Áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada – Área 1 .....	71

Tabela 13C – Áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada – Área 2 .....	73
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Áreas de Preservação Permanente
BDG	Banco de Dados Geográficos
BH	Bacia Hidrográfica
Cfa	Clima subtropical, com verão quente
CPRM	Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil
CTCL	Centro Tecnológico de Carvão Limpo
DN	Digital Number
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETM+	Sensor Enhanced Thematic Mapper Plus
FATMA	Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GTA	Grupo Técnico de Assessoramento à Execução da Sentença
IAF	Índice de Área Foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	Código Identificador
INEGI	Instituto Nacional de Estatística, Geografia e Demografia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LabPGT	Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
LCM	Modelador de Mudanças de Terra
MAXVER	Máxima Verossimilhança
MPF	Ministério Público Federal
NDFI	Índice de Fração de Diferença Normalizada
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
OLI	Sensor Operational Land Imager
PDI	Processamento Digital de Imagens
PROVÁRZEAS	Programa de Aproveitamento Racional das Várzeas Irrigáveis
SAVI	Índice de Vegetação Ajustado ao Solo
SIECESC	Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre
TM	Sensor Thematic Mapper
UTM	Universal Transversa de Mercator
USGS	United States Geological Survey

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3 MARCO TEÓRICO DE REFERÊNCIA.....</b>	<b>17</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	26
4.2 METODOLOGIA.....	28
<b>4.2.1 Obtenção, processamento e validação dos dados.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.2 Análise dos dados.....</b>	<b>33</b>
<b>5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MAPEAMENTO TEMÁTICO DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA.....	35
5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS NO MAPEAMENTO TEMÁTICO DA CLASSE VEGETAÇÃO ARBÓREA/ARBUSTIVA E AS CLASSES ÁREA URBANIZADA E ÁREA ANTROPIZADA .....	64
<b>5.2.1 Mudança espaçotemporal da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em relação a classe Área Urbanizada.....</b>	<b>64</b>
<b>5.2.2 Mudança espaçotemporal da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em relação a classe Área Antropizada .....</b>	<b>68</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Estamos inseridos em uma sociedade capitalista, cujo objetivo principal consiste na busca pela realização plena do capital. O alcance desse objetivo está vinculado à globalização do processo de industrialização capitalista que se constitui no estilo de desenvolvimento econômico que marca o estágio atual do processo civilizatório mundial (BRANDENBURG, 1996).

O processo de industrialização capitalista tem como pilares básicos a massificação dos bens de produção, o constante progresso tecnológico e a propagação do que podemos chamar de "cultura de consumo de massa". Este modelo de desenvolvimento econômico foi implantado, inicialmente, nos países desenvolvidos, sendo reproduzido pelos países subdesenvolvidos à medida que a industrialização se globaliza. Nesse contexto, em que impera a racionalidade econômica, a natureza vai sendo submetida ao controle humano. Como consequência desta realidade, surgem os problemas socioambientais como a destruição de ecossistemas rurais e urbanos, a destruição de culturas tradicionais, o comprometimento das condições de sobrevivência de diferentes grupos humanos em diversas áreas do globo, dentre outros (BRANDENBURG, 1996; SPOSITO, 2002).

Essa realidade é constatada em território brasileiro que, desde o século XVI, vem sendo submetido a um processo de ocupação espacial caracterizado pela exploração econômica de recursos naturais diversos (COUTINHO et al., 2013; FIGUEIREDO, 2016). Ao longo desse período, a cobertura florestal nativa existente em território brasileiro vem sendo substituída pelo desenvolvimento de atividades antrópicas como a agricultura, a pecuária e a extração mineral, além do processo de urbanização (COUTINHO et al., 2013; SAITO et al., 2016).

A intensificação do processo de industrialização brasileiro, ocorrida a partir dos anos de 1930, atraiu para o meio urbano um grande contingente populacional. Como consequência dessa realidade, verificou-se a intensificação do processo de urbanização em diferentes cidades brasileiras. A partir da segunda metade do século XX, o processo de urbanização ocorrido em muitas cidades brasileiras caracterizou-se pelo crescimento urbano desordenado. As cidades que vivenciaram este processo lidam até os dias atuais com os problemas decorrentes do intenso crescimento populacional, da falta de infraestrutura urbana adequada e da ocupação desordenada do espaço urbano (MARICATO, 2001; SPOSITO, 2002; DIAS, 2008).

O processo de ocupação do território brasileiro, acima descrito, contribuiu para o surgimento de problemas ambientais diversos. Dentre esses problemas ambientais, tem-se o comprometimento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, o aumento dos processos erosivos e a fragmentação da cobertura florestal (COUTINHO et al., 2013; LIMA et al., 2013; SOUZA et al., 2014). Dentre os biomas brasileiros mais afetados pelo processo de fragmentação florestal está a Mata Atlântica (SOUZA et al., 2014; LOURENÇO et al., 2014; SOUSA; MINCATO; KAWAKUBO, 2015).

A fragmentação da cobertura florestal traz consequências diversas, tais como: o aumento nos efeitos de borda, a perda de biodiversidade, o isolamento das formações vegetais, a perda de micro-habitat, a extinção de espécies, dentre outros (FAHRIG, 2003; SOUZA et al., 2014; SOUSA; MINCATO; KAWAKUBO, 2015).

Tal situação é constatada na bacia hidrográfica do rio Urussanga que drena parte da mesorregião Sul do estado de Santa Catarina. Nessa bacia, o processo de colonização implantado - a partir da segunda metade do século XIX - e o conseqüente desenvolvimento das atividades produtivas no decorrer do século XX, promoveram a supressão de boa parte da cobertura florestal nativa, hoje restrita em vários locais a fragmentos que, em muitos casos, encontram-se isolados.

O processo de ocupação socioespacial ocorrido na bacia e a conseqüente fragmentação da cobertura florestal nativa promoveram mudanças na composição da paisagem da bacia hidrográfica do rio Urussanga. Nesse contexto, a pesquisa busca responder questões como:

- a) Qual a mudança espaçotemporal ocorrida na paisagem da bacia hidrográfica do rio Urussanga nos últimos trinta anos?
- b) Como se caracterizou a mudança espaçotemporal das diferentes classes de uso e cobertura da terra existentes na bacia hidrográfica do rio Urussanga nos últimos trinta anos?
- c) Quais fatores exerceram influência na mudança espaçotemporal da cobertura florestal existente na bacia durante o período analisado?

Para responder a estes questionamentos, o estudo propõe-se analisar a dinâmica da mudança espaçotemporal das classes de uso e cobertura da terra existentes na bacia. O intuito desta análise é compreender a mudança espaçotemporal da paisagem na bacia hidrográfica do rio Urussanga nos últimos trinta anos (1986 a 2016).



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a dinâmica espaçotemporal da paisagem da bacia hidrográfica do rio Urussanga.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir os parâmetros de resolução das imagens orbitais utilizadas no processamento digital de imagens (PDI) para atender a temporalidade, a resolução espacial e espectral necessária para classificar o uso e cobertura da terra;
- Definir as classes de uso e cobertura da terra e o método de processamento digital de imagens (PDI) para estruturar e atender a elaboração do mapeamento temático;
- Mensurar e analisar as classes de uso e cobertura da terra dos mapas temáticos das séries temporais para compreender a mudança espaçotemporal da paisagem na bacia hidrográfica.

### 3 MARCO TEÓRICO DE REFERÊNCIA

A bacia hidrográfica do rio Urussanga localizada no sul do estado de Santa Catarina teve seu processo de ocupação territorial intensificado a partir da segunda metade do século XIX, período em que começaram a ser implantados na bacia diversos núcleos coloniais inicialmente ligados a prática da agricultura e da pecuária. No início do século XX, inicia-se na bacia a exploração do carvão mineral, concentrada nos municípios de Criciúma, Içara e Urussanga. Nas décadas seguintes, o surgimento de novas atividades industriais promoveu a diversificação da economia, o que acelerou o processo de urbanização na bacia. Esse processo de ocupação territorial e desenvolvimento econômico modificou em algumas áreas, com maior intensidade, os aspectos físicos da bacia hidrográfica (DIAS, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014; MARTINS, 2016).

Percebe-se, pelas referências citadas, que as transformações ocorridas sobre o meio físico acarretaram no comprometimento de parte dos recursos naturais existentes na bacia como os recursos hídricos e a cobertura florestal nativa, o que afeta a sustentabilidade dos ecossistemas locais e a disponibilidade de serviços ambientais essenciais à sociedade local. Nesse sentido, a manutenção e a recuperação da cobertura florestal, que desempenha importante papel no equilíbrio dos ecossistemas locais, torna-se objeto de suma importância.

Nesse contexto, é de fundamental relevância identificar e analisar o uso e cobertura da terra existentes na bacia do rio Urussanga para que se possa compreender a dinâmica da mudança espaçotemporal da cobertura florestal. Na última década, vários estudos relacionados ao monitoramento dos recursos naturais e às alterações ocorridas sobre as mais diversas paisagens da superfície terrestre têm sido desenvolvidos em diferentes países.

Seabra e Cruz (2013) destacam a importância dos mapeamentos relacionados às mudanças ocorridas na paisagem. Os autores argumentam que compreender o histórico de ações/intervenções humanas sobre o espaço geográfico é relevante, já que muitas das mudanças ocorridas no passado condicionam processos que acontecem no presente. Na organização do espaço geográfico os aspectos históricos garantem aos mapeamentos de cobertura e uso da terra uma compreensão da paisagem.

Na atualidade, o processo de mapeamento do uso e cobertura da terra, bem como o monitoramento dos recursos naturais encontrados na superfície terrestre, têm sido favorecidos pelo uso das geotecnologias (GIREE et al., 2013; LEITE; FERREIRA, 2013; PONCIANO et al., 2015). Nesse sentido, Leite e Ferreira (2013, p. 185) destacam que "o avanço decorrente da análise do espaço é subsidiado por importantes ferramentas dentro das geotecnologias que

geram ricas informações espaciais, análises temporais, diagnósticos e prognósticos [...]", o que possibilita o monitoramento integrado dos recursos naturais em bacias hidrográficas.

Uma temática de estudo favorecida pelo uso das geotecnologias corresponde ao processo de fragmentação da cobertura florestal resultante da ação antrópica que converte as áreas de cobertura vegetal nativa em áreas de usos antrópicos tais como pastagens, campos agrícolas, áreas de mineração, sítios urbanos, dentre outros (SOUZA JR et al., 2013; PONCIANO et al., 2015).

Segundo Ponciano et al. (2015, p. 548), os estudos referentes à fragmentação da cobertura florestal se beneficiaram do uso das geotecnologias "[...] cujas ferramentas associadas aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são manipuladas nas investigações espaciais e temporais da Ecologia de Paisagem [...]", o que gera um produto eficiente para o planejamento ambiental.

O trabalho desenvolvido por Ponciano et al. (2015) objetivou identificar e caracterizar a tipologia da vegetação remanescente de Cerrado no setor sul da alta bacia do rio Araguaia. A área de estudo abrangeu o município de Mineiros, localizado no estado de Goiás. Assim, os autores deram ênfase ao grau de fragmentação e de conservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) que estão associadas aos canais de drenagem.

Na elaboração dos mapas temáticos de uso da terra os autores citados utilizaram imagens orbitais de alta resolução do sistema *RapidEye* (período de seca de 2012). Tais imagens foram segmentadas e classificadas (classificação não supervisionada) por meio da utilização de dois softwares – *SPRING* e *ArcMap*. As classes de uso da terra geradas pela classificação das imagens foram validadas por meio de trabalho de campo.

Como última etapa do mapeamento, Ponciano et al. (2015) realizaram a avaliação de métricas da paisagem por meio da utilização do *software FRAGSTAT*. O uso do *software* propiciou analisar a fragmentação florestal. Os resultados obtidos demonstraram que cerca de 58,7% da extensão total da área estudada é ocupada pelos usos antrópicos (pastagem, agricultura, etc.). Os remanescentes da vegetação natural, em seu conjunto, ocupavam 41,2% da extensão total da área de estudo, enquanto que os corpos hídricos correspondiam a 0,1% da extensão total da área estudada.

Na Amazônia, Souza Jr. et al. (2013) desenvolveram um trabalho que objetivou demonstrar um método capaz de quantificar o desmatamento e a degradação florestal anuais em toda a extensão do bioma amazônico inserida em território brasileiro. O período de análise estendeu-se do ano 2000 ao ano de 2010.

Para tanto, os autores utilizaram 1.465 imagens Landsat 7, sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Inicialmente, as imagens foram submetidas ao pré-processamento (registro da imagem, correção radiométrica e correção atmosférica). Na sequência foram desenvolvidas as etapas de análise de mistura espectral, cálculo do índice de fração de diferença normalizada (NDFI) e a classificação por meio de árvore de decisão baseada no conhecimento. A etapa seguinte compreendeu o pós-processamento, no qual as imagens foram submetidas a filtros espaciais e temporais.

Paralelamente, Souza Jr. et al. (2013) avaliaram a precisão das imagens Landsat classificadas por meio da utilização de um conjunto de dados de imagens SPOT (adquiridas para o período de 2007 a 2010) de resolução espacial mais elevada e dados de degradação coletados em campo para 151 transectos florestais. A precisão geral para o mapeamento de floresta, degradação florestal e desmatamento foi de 0,92.

Por fim, os autores calcularam as estimativas das taxas anuais de mudanças florestais, ou seja, as taxas anuais da área de floresta afetada por desmatamento ou processos de degradação florestal, as quais foram expressas em termos absolutos de quilômetros quadrados por ano. Como resultado final, o estudo demonstrou que, entre os anos de 2000 e 2010, 169.074 km<sup>2</sup> de floresta amazônica foram convertidos para usos de terra antrópicos (agricultura, pastagens, mineração, etc.).

Aliado ao desmatamento, no mesmo período, uma área adicional de 50.815 km<sup>2</sup> de floresta foi, diretamente, alterada pela extração de madeira e/ou fogo. De modo geral, entre os anos de 2001 e 2005 as taxas de desmatamento mostraram-se elevadas. No período compreendido entre os anos de 2006 e 2010 as taxas de desmatamento apresentaram significativa redução de 46% quando comparadas ao período 2001-2005. Já as taxas de degradação florestal apresentaram um aumento de 20% no período 2006-2010 quando comparadas ao período 2001-2005.

Em Minas Gerais, Leite e Ferreira (2013) desenvolveram trabalho cujo objetivo foi o de analisar o uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Tabuas, no município de Montes Claros, com vista a identificar a evolução dos componentes antrópicos e suas consequências. De acordo com os autores foi realizado um estudo sobre evolução temporal do uso da terra na bacia do rio Tabuas por meio da utilização de imagens orbitais do satélite Landsat 5, sensor Thematic Mapper (TM) bandas 3, 4 e 5 dos anos de 1995 e 2010.

O processamento das imagens compreendeu a realização do registro das imagens; o recorte da imagem; e a classificação supervisionada por meio da utilização do classificador

Máxima Verossimilhança (MAXVER). As classes temáticas definidas para mapeamento foram: Cerrado, Floresta Estacional Decidual, Mata Ciliar e Uso Antrópico.

Os resultados finais mostraram que a área total da bacia ocupada pela cobertura vegetal (classes Floresta Estacional Decidual, Mata Ciliar e Cerrado) apresentou uma redução de 11% entre os anos de 1995 e 2010. Paralelamente, a área total da bacia ocupada pelo uso antrópico apresentou um aumento de 11% no mesmo período (LEITE; FERREIRA, 2013).

Estudo com objetivo semelhante (análise sobre a evolução da ocupação e uso da terra em bacia hidrográfica) foi desenvolvido por Silva et al. (2016) na bacia hidrográfica do rio Bacanga, inserida no município de São Luís, Maranhão. O objetivo deste estudo foi analisar as mudanças do uso e ocupação da terra e a degradação ambiental na bacia em questão, tendo como base os índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF, provenientes do avanço da urbanização entre os anos de 1990 e 2014.

No mapeamento do uso da terra os autores utilizaram imagens orbitais do satélite Landsat 5, sensor Thematic Mapper (TM) do dia 9 de setembro de 1990 e do satélite Landsat 8, sensor Operational Land Imager (OLI), do dia 2 de setembro de 2014. A classificação das imagens foi realizada usando o classificador Máxima Verossimilhança (MAXVER).

Inicialmente, Silva et al. (2016) procederam a escolha das melhores bandas espectrais para a composição falsa cor com o objetivo de se definir uma composição com alto contraste espectral entre as classes de cobertura da terra. Na sequência foi realizada a delimitação da bacia do rio Bacanga, o processamento digital de imagens (PDI) e a álgebra de mapas (NDVI, SAVI e IAF).

Com os mapas temáticos elaborados os autores calcularam a degradação ambiental. Os resultados finais obtidos por Silva et al. (2016) demonstraram que, entre 1990 e 2014, a classe Vegetação Rasteira/Arbustiva apresentou redução em termos de área de 53,55 km<sup>2</sup> para 40,94 km<sup>2</sup>. No mesmo período, a classe Vegetação Arbustiva/Arbórea apresentou aumento em sua área total, passando de 18,93 km<sup>2</sup> (1990) para 24,02 km<sup>2</sup> (2014). Entre 1990 e 2014, a classe Solo Exposto apresentou aumento de 0,92 km<sup>2</sup> em sua extensão total e a classe Urbana apresentou aumento de 7,45 km<sup>2</sup> em sua área total.

Seabra e Cruz (2013) também desenvolveram estudo relacionado ao mapeamento da cobertura e uso da terra em bacia hidrográfica. Este estudo teve como objetivo analisar a dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica do rio São João, localizada no estado do Rio de Janeiro, ao longo de um período de 35 anos (1975 a 2010) por meio do mapeamento da evolução do uso e cobertura da terra.

Este mapeamento realizado por Seabra e Cruz (2013) contou com a utilização de classificação baseada em objeto de imagens Landsat 4, 5 e 7 referente aos anos de 1975, 1985, 1995 e 2010. As datas salientam a dificuldade em obter imagens para um mesmo mês (período seco) para todos os anos de análise devido à cobertura de nuvens e a indisponibilidade de algumas imagens. Deste modo, as imagens foram adquiridas para meses diferentes, porém, todas as datas fazem parte do período seco.

As classes de uso da terra originalmente criadas foram: Agricultura, Água, Áreas Úmidas, Areia, Floresta, Mangue, Pastagem, Solo Exposto, Urbano Médio, Urbano Rarefeito e Vegetação Secundária. Posteriormente, os autores realizaram um procedimento de reclassificação, o que resultou nas seguintes classes: Coberturas Naturais (cordões arenosos, floresta, mangue e áreas úmidas); Áreas de agricultura, pastagem ou vegetação secundária (pastagem, agricultura e vegetação secundária); e Ocupação Urbana (urbano médio e urbano rarefeito). As classes Água e Solo Exposto foram mantidas (SEABRA; CRUZ, 2013).

Os resultados obtidos por Seabra e Cruz (2013) mostram que as coberturas naturais, as quais quantitativamente decresceram até 1995, apresentaram expansão em sua área total entre 1995 e 2010. Segundo os autores, tal comportamento apresenta fortes correlações com as alterações ocorridas na classe pastagem, agricultura e vegetação secundária. Nesse sentido, os anos que apresentaram redução das coberturas naturais coincidem com os anos que apresentaram aumento de área para a classe pastagem, agricultura e vegetação secundária e vice-versa.

Seabra e Cruz (2013) também chamam atenção para o crescimento das áreas urbanas na bacia do rio São João, principalmente entre os anos de 1995 e 2010. A expansão das áreas urbanas ocorreu especialmente na planície costeira. As áreas que apresentaram os piores resultados em termos de conservação das coberturas naturais são as planícies aluviais e costeiras, as quais foram atingidas por intenso crescimento urbano e por obras de drenagem artificial (canalização de cursos d'água).

Na Malásia, Giree et al. (2013) desenvolveram um estudo cujo objetivo foi o de quantificar as perdas brutas de cobertura florestal naquele país em dois períodos: de 1990 a 2000 e de 2000 a 2005. Essa quantificação da perda de cobertura florestal foi realizada a partir do uso de imagens dos satélites Landsat 5 e 7, cujas imagens foram utilizadas para quantificar a cobertura florestal e a perda bruta de cobertura florestal durante cada período de tempo.

A quantificação da cobertura florestal e da perda bruta de cobertura florestal foi realizada por meio da utilização de um classificador de árvore de decisão supervisionado. Para cada período temporal – tempo 1 (período de 1990 a 2000) e tempo 2 (período de 2000 a

2005), os dados de treinamento foram usados para classificar a imagem Landsat de referência em floresta e não-floresta (GIREE et al., 2013).

Como resultados finais, Giree et al. (2013) demonstraram que a taxa média anual estimada de perda bruta de cobertura florestal para a Malásia no período compreendido entre o ano de 2000 e o ano de 2005 foi de 0,64 Mha / ano. Para o período compreendido entre os anos de 1990 e 2000 a taxa média anual estimada de perda bruta de cobertura florestal foi de 0,43 Mha / ano.

No México, Simbangala et al. (2015) desenvolveram estudo que teve como objetivo mapear e monitorar a dinâmica da cobertura da terra na Região Costa Maya (RCM) para os anos de 1993, 2000 e 2010. Esse mapeamento foi desenvolvido a partir do uso de imagens orbitais dos satélites Landsat 5, sensor Thematic Mapper (TM) e Landsat 7, sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+).

Inicialmente, os autores realizaram a etapa de pré-processamento que compreendeu a calibração radiométrica e a segmentação das imagens usando o algoritmo multi-resolução do *software* Idrisi Selva. Após a segmentação, as imagens foram classificadas pelo método de classificação orientada a objetos. Os dados auxiliares para a seleção de áreas de treinamento e a classificação das imagens foram extraídos do mapa topográfico do Instituto Nacional de Estatística, Geografia e Demografia (INEGI), de fotos históricas e do Google Earth. Ao final da classificação, foram produzidos mapas de cobertura da terra para os anos de 1993, 2000 e 2010.

Outra etapa do trabalho desenvolvido pelos autores compreendeu a avaliação da precisão do mapeamento produzido, processo executado apenas para o mapa de cobertura da terra referente ao ano 2000. Dessa maneira, foram selecionados, por meio do *software* Idrisi Selva, um conjunto de 210 locais de amostra aleatórios. Em seguida, os autores determinaram a verdadeira cobertura da terra existente em cada ponto de amostragem. Por fim, foi realizada a comparação entre as classes de cobertura da terra validadas e as classes de cobertura da terra mapeadas para o ano 2000 usando uma matriz de erros (SIMBANGALA et al., 2015).

A análise das mudanças ocorridas na cobertura da terra foi executada por meio da tabulação cruzada dos mapas de cobertura da terra dos anos de 1993, 2000 e 2010. Tais mapas foram carregados no *software* Idrisi Selva, onde foi implementado o Modelador de Mudanças de Terra (LCM). Essa ferramenta permitiu aos autores mapear e analisar a distribuição espacial das diferentes classes de cobertura da terra, as mudanças ocorridas na cobertura da terra e as tendências espaciais nas transições entre as categorias de cobertura vegetal na paisagem ao longo do tempo.

Os resultados obtidos por Simbangala et al. (2015) mostraram que a classe de cobertura da terra predominante na paisagem foi a classe água. Em seguida, tem-se a classe florestas tropicais, categoria que apresenta um processo de fragmentação gradual ao longo dos anos. A classe áreas úmidas (vegetação hidrofítica e manguezais) constitui a terceira classe de maior extensão territorial na área de estudo, seguida pelas classes agricultura e área urbana, respectivamente.

Os resultados do mapeamento mostraram a expansão das áreas agrícolas no período compreendido entre os anos de 1993 e 2000, seguido de uma redução dessas áreas no período compreendido entre os anos de 2000 e 2010. Segundo os autores, esse fato foi ocasionado pela conversão de áreas agrícolas em florestas tropicais. Outro fato constatado foi a expansão das zonas urbanas e a fragmentação das classes de vegetação de madeira (floresta tropical e mangue) em torno das principais áreas urbanas.

A precisão do mapeamento geral do mapa de cobertura terrestre do ano 2000 foi de 94,29%, acima da meta recomendada (> 85%) por Foody (2002) para mapas de cobertura terrestre derivados de satélites. Aliado a isso, obteve-se um valor para o coeficiente  $\kappa$  de 0,9141, o que indica uma excelente concordância entre o mapa produzido e os dados de referência utilizados. Dessa forma, os mapas derivados foram julgados como adequados para o estudo (SIMBANGALA et al., 2015).

Mas, Vega e Clarke (2010) desenvolveram um estudo que buscou avaliar mapas simulados de uso e cobertura da terra obtidos a partir de dois modelos – DINAMICA EGO (versão 1.4.0) e Land Change Modeler (LCM) no IDRISI (versão 16.05). Segundo os autores, os modelos que simulam o uso e cobertura da terra têm como objetivo prever a localização e os padrões de uso e cobertura da terra existente em determinado local. Os mapas simulados foram avaliados usando um índice de similaridade fuzzy.

Para realizar a modelagem, os autores utilizaram dados fornecidos com o tutorial IDRISI desenvolvido pelo Centro de Ciência Aplicada da Biodiversidade da Conservação Internacional no Museu Noel Kempff Mercado, na Bolívia. O conjunto de dados utilizados consiste em mapas de cobertura da terra referente aos anos de 1986 e 1994 e outras informações auxiliares (mapas de distância das áreas urbanas, distância das estradas, declividade, etc.) referentes a uma área localizada a cerca de 200 km a norte / noroeste da cidade de Santa Cruz de la Sierra.

A modelagem da mudança de uso e cobertura da terra iniciou-se com a calibração do modelo. Para tanto, os autores utilizaram um mapa de mudanças de uso e cobertura da terra, obtido a partir da comparação dos mapas de cobertura da terra referente aos anos de 1986 e



1994. Nessa modelagem, um procedimento não espacial calcula cada tipo de mudança relacionada ao uso e cobertura da terra e uma análise espacial permite identificar os locais nos quais essas mudanças possam ocorrer (MAS; VEGA; CLARKE, 2010).

Como resultado final, foi gerado um mapa de susceptibilidade de mudança para quatro diferentes padrões de transição (Ex.: Transição: floresta amazônica para perturbação antropogênica). A partir desses quatro mapas de susceptibilidade de mudança gerados, foi elaborado um mapa de cobertura da terra para uma data futura (nesse caso, os autores realizaram a simulação para o ano de 1994). Por fim, foi realizado um procedimento de avaliação que permite comparar o mapa simulado com o mapa de uso e cobertura da terra verdadeiro (MAS; VEGA; CLARKE, 2010).

Os resultados obtidos por Mas, Vega e Clarke (2010) mostram que, no período compreendido entre os anos de 1986 e 1994, os principais processos de mudanças no uso e cobertura da terra registrados na área de estudo foram: a conversão de floresta caducifólia, savana, floresta amazônica e savana arborícola para perturbação antrópica. Essas 04 transições foram modeladas usando as variáveis explicativas (distância das áreas urbanas, distância das estradas, inclinação, etc.) a fim de gerar os mapas de susceptibilidade de mudança para cada uma das quatro transições.

Os mapas citados, associados a uma matriz de transição de 1986-1994 foram usados por ambos os modelos para construir o mapa de cobertura da terra simulado para o ano de 1994. Os autores destacam que, devido à abordagem mais sofisticada oferecida pelo modelo DINAMICA, foi possível gerar mapas simulados de cobertura da terra mais realistas com respeito ao padrão de paisagem.

Wojtaszek, Klujber e Vécsei (2012) desenvolveram trabalho cujo objetivo foi descrever e comparar diferentes métodos de classificação aplicados ao mapeamento da cobertura da terra em área urbana, tendo como área de estudo a cidade de Székesfehérvár, localizada na porção central da Hungria.

Os dados de sensoriamento remoto utilizados no estudo foram: imagem do satélite WorldView2 referente ao ano de 2011; imagens do satélite Landsat 5, sensor Thematic Mapper (TM) referente aos anos de 1986 e 2006; e fotografias aéreas dos anos de 2008 e 2009. Aliado a isso, foram utilizados dados de referência de campo (GPS); dados vetoriais de mapas cadastrais; dados estatísticos; etc. (WOJTASZEK; KLUJBER; VÉCSEI, 2012).

No trabalho, os autores realizaram dois tipos de classificação da cobertura da terra: classificação baseada em pixels e classificação baseada em segmentos. Os resultados dessas classificações foram comparados por meio de uma avaliação de precisão.

Os autores ressaltam as dificuldades encontradas para realizar o mapeamento de áreas urbanas, mesmo quando se tem acesso às imagens de alta resolução espacial. Essas imagens proporcionam uma maior capacidade para identificar os elementos que compõem a paisagem urbana. Porém, nas áreas urbanas existe grande dificuldade para se separar classes de cobertura da terra que apresentam respostas espectrais semelhantes (WOJTASZEK; KLUJBER; VÉCSEI, 2012).

A elaboração dos mapas de cobertura da terra ocorreu a partir do uso de técnicas de classificação supervisionada disponíveis no *software* IDRISI TAIGA. Então, foi utilizado o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MAXVER). Cinco classes de uso da terra foram obtidas: área da construção (02 classes: telhado e telhado plano), estrada e área associada (03 sub-classes: estrada, lugar de estacionamento, outra área feita pelo homem), vegetação (03 sub-classes: árvores, arbusto, grama) e água.

Uma avaliação de precisão dos resultados da classificação foi realizada utilizando dados de referência (dados de uso da terra extraídos de mapa cadastral e de referência de campo). Foram geradas matrizes de erro. Os resultados desse procedimento mostraram que a classificação orientada a objeto produziu resultados mais precisos do que a classificação baseada em pixels (WOJTASZEK; KLUJBER; VÉCSEI, 2012).

Gabriel (2013) realizou trabalho semelhante em uma área da cidade de Lisboa, Portugal, também utilizando o processamento de imagem de alta resolução espacial e espectral do satélite WorldView-2. A autora ressalta a importância do conhecimento referente à dinâmica das mudanças que ocorrem no uso e cobertura da terra com vistas à adequada gestão do território, em especial nas áreas urbanas. Para tanto, os gestores do espaço urbano precisam ter a sua disposição uma informação de qualidade sobre a superfície terrestre que os auxiliem no desenvolvimento de estratégias voltadas à gestão e ao ordenamento do território.

O desenvolvimento da tecnologia dos satélites tem incrementando a qualidade das imagens orbitais (aumento da resolução temporal e espacial). Nesse contexto, o uso de imagens de alta resolução que fornecem maior capacidade de identificação dos objetos existentes na superfície terrestre exige a adoção de procedimentos alternativos de classificação de dados. A abordagem convencional baseia-se na classificação Pixel a Pixel. Em algumas situações, essa classificação mostra-se inadequada para o processamento de imagens de alta resolução, pois está associada basicamente à assinatura espectral do pixel (GABRIEL, 2013).

Ocorre que, em imagens de alta resolução, existem diferentes classes de cobertura da terra que podem apresentar respostas espectrais semelhantes, o que dificulta a separação das

mesmas durante a classificação. Desse modo, é necessário que a classificação leve em consideração outros tipos de variáveis, caso dos métodos de classificação orientados ao objeto. Esses métodos baseiam-se na segmentação da imagem em polígonos com valores digitais homogêneos e sua posterior classificação com base em variáveis como valores espectrais, forma, textura, tamanho, etc. (GABRIEL, 2013).

No caso deste estudo o método de classificação das imagens para a elaboração dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra utilizado foi o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MAXVER) por compreender que esse método em relação a outros métodos de classificação é o que possui maior proximidade de trabalhar com elementos de reconhecimento que compõem a paisagem.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A bacia hidrográfica do rio Urussanga está localizada na região Sul do estado de Santa Catarina, entre as coordenadas geográficas 28°26'09"S, 49°24'50"W e 28°48'37"S, 49°00'57"W (figura 1). A área total da bacia é de 679,68 km<sup>2</sup>.

O clima que abrange a bacia, segundo a classificação de Köppen, insere-se no grupo C Mesotérmico, apresentando as temperaturas do mês mais frio abaixo de 18°C e acima de 3°C. Esse clima pertence ao tipo úmido (f), sem estação seca definida; e ao subtipo de verão quente (a) – Cfa (THOMÉ et al., 1999; SANTA CATARINA, 2008).

Segundo Thomé et al. (1999), na região Sul do estado de Santa Catarina, onde localiza-se a bacia hidrográfica do rio Urussanga, a temperatura média anual varia de 17,0°C a 19,3°C, enquanto que a temperatura média das máximas varia de 23,4°C a 25,9°C e a temperatura média das mínimas varia de 12,0°C a 15,1°C. Conforme os mesmos autores, a precipitação pluviométrica total anual varia de 1.220 mm a 1.660 mm na região.

Com base em critérios hidrográficos, estruturais e morfológicos, Adami e Cunha (2014) dividiram a bacia hidrográfica do rio Urussanga em três compartimentos: alto vale, com altitudes que variam de 121 metros até mais de 600 metros; médio vale, com altitudes que variam de 20 metros até 120 metros; e baixo vale, onde as altitudes encontram-se abaixo dos 20 metros.

No alto vale da bacia o relevo é composto pelas unidades geomorfológicas Patamares da Serra Geral – formada a partir da intrusão de diabásio da Formação Serra Geral entre as

rochas sedimentares das formações Irati e Serra Alta; Serra do Tabuleiro – constituída por rochas magmáticas intrusivas da Suíte Intrusiva Pedras Grandes; e Depressão da Zona Carbonífera Catarinense – formada por rochas sedimentares dos grupos Guatá (formações Rio Bonito e Palermo) e Itararé (Formação Rio do Sul) (SANTA CATARINA, 2008; TREIN, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014).

Sobre este relevo desenvolvem-se Cambissolos (áreas de relevo com declividade mais acentuada) e Argissolos (áreas de relevo com declividade mais suave) (EMBRAPA, 1992; SANTA CATARINA, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014). A cobertura vegetal existente nessa porção da bacia é composta pela Floresta Ombrófila Densa (Formação Montana e Formação Submontana) (IBGE, 2012; ADAMI; CUNHA, 2014).

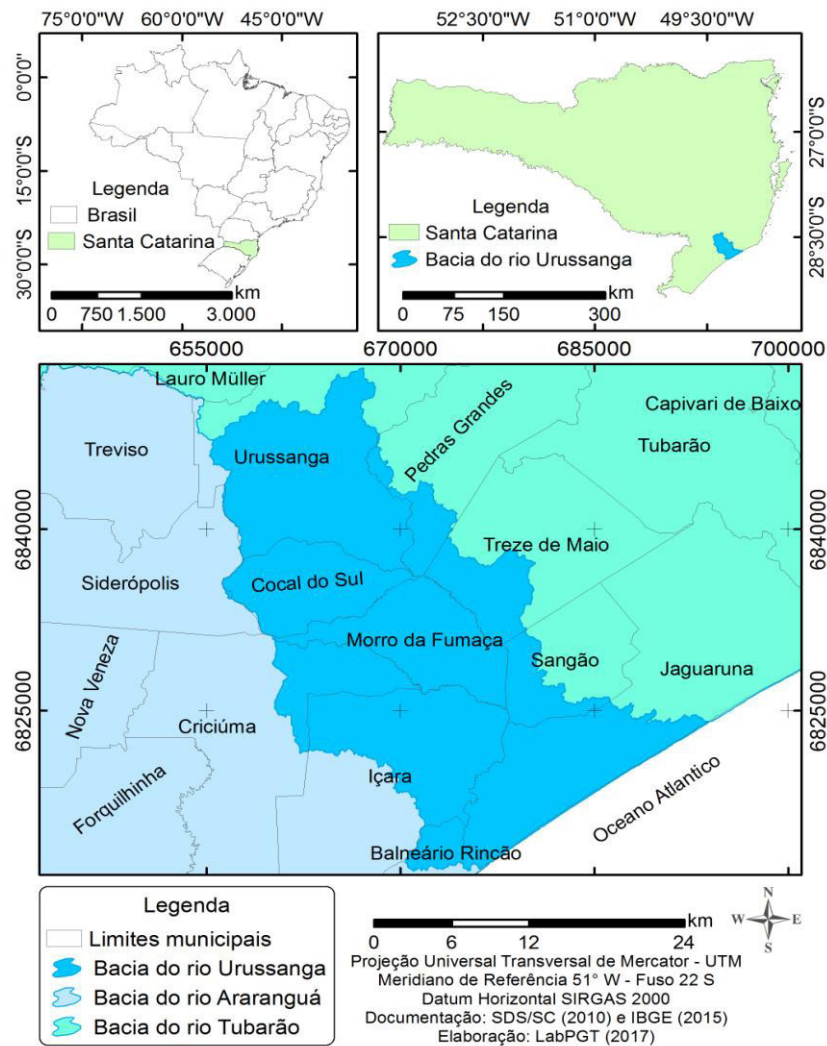
No médio vale da bacia o relevo é composto pelas unidades geomorfológicas Planície Colúvio-Aluvionar – formada por sedimentos provenientes da ação erosiva das águas pluviais sobre as encostas e da ação erosiva dos rios, o que dá origem a várias planícies de inundação; Serra do Tabuleiro – constituída por rochas magmáticas intrusivas da Suíte Intrusiva Pedras Grandes; e Depressão da Zona Carbonífera Catarinense – formada por rochas sedimentares dos grupos Guatá (formações Rio Bonito e Palermo) e Itararé (Formação Rio do Sul) (SANTA CATARINA, 2008; TREIN, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014).

Os solos existentes no médio vale da bacia encontram-se distribuídos da seguinte forma: sobre a unidade geomorfológica Serra do Tabuleiro desenvolvem-se os Cambissolos e o solo formado pela associação entre Argissolos e Cambissolos; sobre a unidade geomorfológica Depressão da Zona Carbonífera Catarinense se desenvolvem os Argissolos que, às vezes, encontram-se associados aos Cambissolos; e sobre a unidade geomorfológica Planície Colúvio-Aluvionar se desenvolve os Gleissolos que, em muitas ocasiões, encontram-se associados aos Cambissolos (EMBRAPA, 1992; SANTA CATARINA, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014). A cobertura vegetal existente nessa porção da bacia é composta pela Floresta Ombrófila Densa (Formação Submontana e Formação das Terras Baixas) (IBGE, 2012; ADAMI; CUNHA, 2014).

No baixo vale da bacia o relevo é composto pela unidade geomorfológica Planície Litorânea. O relevo em questão é constituído por planícies “[...] formadas por uma estreita faixa com praias arenosas e dunas [...]” (ADAMI; CUNHA, 2014, p. 60). Essa planície originou-se do processo de deposição de sedimentos de origem marinha, eólica, fluvial e lacustre (SANTA CATARINA, 2008; TREIN, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014). Sobre esse relevo desenvolvem-se os Gleissolos, Neossolos Quartzarênicos e Dunas (EMBRAPA, 1992; SANTA CATARINA, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014).

A cobertura vegetal existente nessa porção da bacia é composta pela Floresta Ombrófila Densa (Formação Submontana e Formação das Terras Baixas) e Áreas das Formações Pioneiras (Restingas) (IBGE, 2012; ADAMI; CUNHA, 2014).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

## 4.2 METODOLOGIA

### 4.2.1 Obtenção, processamento e validação dos dados

Parte dos procedimentos metodológicos adotados neste estudo foram desenvolvidos nos trabalhos realizados por Conto et al. (2017) e por Dias et al. (2017). Tais trabalhos foram desenvolvidos no âmbito do Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

Nesse estudo foram utilizadas imagens do sistema Landsat 5, sensor Thematic Mapper – TM referente as datas de 06/10/1986 e 25/10/2001, órbita/ponto 220/80 e imagens do sistema Landsat 8, sensor Operational Land Imager – OLI referente a data de 19/11/2016, órbita/ponto 220/80. As imagens do sistema Landsat 5, sensor Thematic Mapper – TM foram obtidas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Já as imagens do sistema Landsat 8, sensor Operational Land Imager – OLI foram obtidas no site do *United States Geological Survey* – USGS.

A resolução espacial de todas as imagens utilizadas é de 30 metros. A escolha das imagens baseou-se nos seguintes critérios: baixa cobertura de nuvens; mesma resolução espacial; maior distribuição temporal possível; e pertencer à mesma estação do ano. A execução da classificação teve como base a utilização das bandas do infravermelho próximo, vermelho e verde, correspondendo às bandas 4/3/2 do sensor TM e às bandas 5/4/3 do sensor OLI. O processamento das imagens foi realizado por meio da utilização dos *softwares* ArcGIS 10.3.1, IDRISI Selva e QGIS 2.10.1.

Inicialmente, constatou-se que as imagens referentes aos anos de 1986 e de 2001 possuíam deslocamento espacial. A correção deste problema foi realizada a partir da execução do registro das imagens por meio do *menu Georeferencing* do *software* ArcGIS, usando como referência espacial as imagens do ano de 2016 e o arquivo vetorial do limite da bacia hidrográfica do rio Urussanga. As imagens dos anos de 1986 e de 2001 apresentavam-se inicialmente no Datum WGS 84, coordenadas UTM, fuso 22 Sul e foram reprojctadas para o Datum SIRGAS 2000, coordenadas UTM, fuso 22 Sul. Já as imagens do ano de 2016 encontravam-se no Datum WGS 84, coordenadas UTM, fuso 22 Norte, sendo também reprojctadas para o Datum SIRGAS 2000, coordenadas UTM, fuso 22 Sul.

Em seguida, foi realizado o recorte da área de estudo para todas as imagens selecionadas por meio da utilização da ferramenta *clip* do *software* ArcGIS. Na sequência, com o intuito de padronizar as imagens das três datas, efetivou-se a conversão radiométrica das imagens do ano de 2016, de 16 bits (resolução original) para 8 bits, a mesma resolução radiométrica das imagens dos anos de 1986 e de 2001. Para tanto, foi utilizada a ferramenta *gdal\_translate*.

A etapa seguinte compreendeu a importação das imagens no *software* IDRISI Selva. Nesse momento, constatou-se que as imagens apresentavam baixo contraste, o que ficou evidenciado na análise do histograma das mesmas. Segundo Crósta (2002), esse problema frequentemente está relacionado a fatores como a presença de nebulosidade na imagem, a baixa iluminação solar, os problemas existentes no sensor imageador, dentre outros.

Procedeu-se, então, o melhoramento de contraste. Esse procedimento permitiu uma melhor diferenciação das classes de uso e cobertura da terra por meio de composição colorida falsa-cor.

Para a execução da classificação das imagens foram estabelecidas oito classes de uso e cobertura da terra: Vegetação Arbórea/Arbustiva (traduzida como cobertura florestal objeto principal do estudo que compreende as florestas secundárias, reflorestamento e silvicultura); Área Urbanizada; Área Antropizada (áreas agricultáveis e de pecuária, bem como os vazios urbanos); Massas de Água (corpos hídricos superficiais, áreas ocupadas pelo desenvolvimento da rizicultura que estavam alagadas (pousio) e cavas originadas das atividades de extração de argila, areia e outras substâncias minerais); Área Minerada (áreas nas quais foram realizadas atividades ligadas a extração de carvão mineral); Campo de Duna (dunas e faixa de areia das praias inseridas na bacia); Área de Sombra e Cobertura de Nuvem. Na análise espacial foram priorizadas as classes de Vegetação Arbórea/Arbustiva, Área Urbanizada e Área Antropizada.

A coleta das amostras de treinamento foi executada por meio da segmentação das imagens. Esse procedimento utilizou como base uma composição colorida falsa-cor (bandas 4/3/2 para o sensor TM e bandas 5/4/3 para o sensor OLI). Para tanto, utilizou-se um índice de similaridade igual a 1 e uma janela de varredura 3x3. A coleta das áreas de treinamento baseou-se nos segmentos gerados. Os segmentos amostrados serviram de base para gerar o arquivo de assinatura das classes de uso e cobertura da terra.

Procedeu-se, então, a classificação das imagens pixel a pixel por meio da utilização do algoritmo de classificação supervisionada Máxima Verossimilhança – MAXVER. O método em questão leva em consideração a ponderação das distâncias das médias e utiliza parâmetros estatísticos para determinar as classes de uso e cobertura da terra (CRÓSTA, 2002).

Para reduzir os conflitos existentes nas imagens classificadas, optou-se pela aplicação de um filtro de mediana com janela 3x3. Nesse procedimento, “[...] o pixel central da máscara é substituído pela mediana dos seus vizinhos. [...]” (CRÓSTA, 2002, p. 77).

A aplicação do filtro acima mencionado não foi suficiente para solucionar todos os conflitos existentes nas imagens classificadas. Dessa forma, após a aplicação do filtro, verificou-se a continuidade de conflito entre as classes: Área Minerada e Área Antropizada. Tal conflito é gerado pela similaridade da resposta espectral existente entre as duas classes em questão. Nesse caso, o conflito se dá devido ao fato de que os solos propícios à prática da atividade de rizicultura (compreendida na classe Área Antropizada) apresentam resposta espectral semelhante às áreas de extração e beneficiamento de carvão mineral (compreendida

na classe Área Minerada). A concentração desse conflito se dá no médio e baixo curso do rio Urussanga na bacia, área na qual predomina a atividade de rizicultura. Para solucionar esse conflito optou-se pelos seguintes procedimentos:

a) Criação de uma máscara para eliminar o conflito em questão. Nessa máscara foi atribuído o valor 0 (zero) para as áreas sem conflito e valor 10 (dez) para as áreas com presença de conflito. Tal procedimento usou como critério as formações litológicas existentes na bacia. Então, foram criadas duas grandes áreas: I) área constituída por litologias que possam apresentar disposição de rejeitos piritosos oriundos da extração de carvão mineral em superfície, bem como áreas de deposição de rejeitos piritosos provenientes da lavra realizada em minas subterrâneas; e II) área constituída por litologias com menor possibilidade de apresentar disposição de rejeitos provenientes da atividade de extração de carvão mineral.

b) A etapa seguinte consistiu no uso da máscara para realizar a substituição do ID das áreas conflitantes pelo ID da classe que representa o real uso e cobertura da terra. Assim sendo, executou-se a soma da imagem classificada com a máscara, o que gerou uma nova imagem. Por fim, realizou-se a reclassificação desta imagem, na qual foi alterado o ID da classe área minerada na região que apresentava conflito pelo ID da classe área antropizada.

Finalizado o processo de classificação, realizou-se a validação dos mapas temáticos resultantes do processamento digital de imagens, procedimento cujas etapas foram executadas no *software* ArcGIS.

A validação dos mapas temáticos foi realizada considerando um total de 200 pontos aleatórios gerados para os anos de 1986, 2001 e 2016. Para o ano de 2016, além dos 200 pontos aleatórios gerados, foram selecionados outros 52 pontos obtidos por meio do procedimento conhecido como verdade de campo ou verdade terrestre (MOREIRA, 2007). Na sequência, utilizando como base a composição colorida falsa-cor referente a cada ano analisado (1986, 2001 e 2016) foi atribuído o ID referente à classe de uso e cobertura da terra sobre a qual o ponto se encontra.

O passo seguinte compreendeu o cruzamento da malha de pontos aleatórios (criada para cada data – 1986, 2001 e 2016) com o mapa temático de uso e cobertura da terra (referente a cada data – 1986, 2001 e 2016). Esse procedimento objetivou extrair do mapa temático a informação da classe de uso e cobertura da terra sobre a qual o ponto se localizava. A etapa seguinte consistiu na análise de frequência, procedimento este que objetivou correlacionar o ID atribuído aos pontos da malha aleatória tendo como base a composição colorida falsa-cor (referente aos anos de 1986, 2001 e 2016) com o ID extraído do mapa



temático de uso e cobertura da terra elaborado para cada ano – 1986, 2001 e 2016. Com base na tabela de frequência gerada foi montada a matriz de confusão. A partir da matriz de confusão gerada foi calculado o índice Kappa.

A avaliação da exatidão do mapeamento temático produzido inicia-se com a elaboração da matriz de erro ou matriz de confusão (MOREIRA, 2007; RESCK, 2009; ARAÚJO; JOHANN; ROCHA, 2009; TANGERINO; LOURENÇO, 2013). Na matriz de erro ou de confusão as amostras de referência encontram-se dispostas nas colunas da matriz, enquanto que os *pixels* classificados encontram-se dispostos nas linhas da matriz. Dessa forma, as amostras de referência podem ser comparadas com os *pixels* classificados, o que permite verificar a proporção de *pixels* classificados corretamente (diagonal principal da matriz), bem como os erros de inclusão e de omissão para cada classe de uso e cobertura da terra (obtidos a partir da soma dos valores marginais das linhas e das colunas) (MANGABEIRA; AZEVEDO; LAMPARELLI, 2003; RESCK, 2009; DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2011).

A partir da construção da matriz de erro ou de confusão pode ser calculado o índice Kappa, o qual se constitui em um método aplicado à avaliação da concordância entre a verdade de campo e o mapeamento temático produzido (MANGABEIRA; AZEVEDO; LAMPARELLI, 2003; MOREIRA, 2007; RESCK, 2009; GABRIEL, 2013). Segundo Gabriel (2013), o índice Kappa permite averiguar a concordância existente entre os dados resultantes do processo de classificação e os dados de referência. Este índice tem como base a “[...] diferença entre a exatidão global (indicada pela diagonal da matriz) e a exatidão do risco do produtor e do consumidor, que é indicada pela soma das linhas e colunas da matriz de confusão.” (RESCK, 2009, p. 21). Definição semelhante é dada por Gabriel (2013, p. 28), que destaca que o índice Kappa tem como base “[...] a diferença entre a atual concordância da matriz de confusão (ou seja, o número de unidades corretamente classificadas apresentadas na diagonal da matriz de confusão) e a possibilidade de concordância entre os totais das linhas e das colunas”.

Segundo Resck (2009), o índice Kappa é obtido por meio da equação 01:

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}}$$

Onde:

$K$  = Kappa

$r$  = número de linhas e colunas da matriz;

$x_{ii}$  = número de observações na linha  $i$  e coluna  $i$ ;

$x_{i+}$  = total de observações da linha  $i$ ;

$x_{+i}$  = total de observações na coluna  $i$ ;

$N$  = número total de observações.

A acurácia do mapeamento temático, obtida por meio do cálculo do índice Kappa, pode ser visualizada na tabela 1. Esta tabela, desenvolvida por Landis e Koch (1977), traz os intervalos do índice Kappa que se encontram associados a determinado nível de qualidade do mapeamento temático produzido (RESCK, 2009; DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2011).

Tabela 1 – Qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa

Valor de Kappa	Qualidade do mapa temático
0,00	Péssima
0,01 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito boa
0,81 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977) apud Resck (2009)

No trabalho obteve-se um índice Kappa de 0,7347 para o mapeamento temático referente ao ano de 1986, ou seja, o nível de exatidão do mapeamento temático para essa data foi de 73,475%. Para o mapeamento temático referente ao ano de 2001 obteve-se um índice Kappa de 0,7704. Por fim, o índice de Kappa obtido para o mapeamento temático referente ao ano de 2016 foi de 0,7448; o que corresponde a um nível de exatidão de 74,482%. Nesse sentido, pode-se afirmar que os valores do índice Kappa obtidos para as três datas analisadas demonstraram que o mapeamento temático produzido no estudo apresentou um nível de exatidão considerado com qualidade muito boa.

#### 4.2.2 Análise dos dados

A mensuração e a análise dos dados produzidos, bem como a elaboração do *layout* final dos mapas temáticos foram executadas por meio do *software* ArcGIS.

A etapa de mensuração e análise dos dados produzidos compreendeu dois momentos distintos. Inicialmente, foi realizada a mensuração e a análise da mudança espaçotemporal de

cada classe de uso e cobertura da terra entre os anos de 1986 e 2016. Essa análise foi subdividida em dois períodos – 1986 a 2001 e 2001 a 2016. Esse procedimento permitiu compreender a mudança espaçotemporal ocorrida em cada classe de uso e cobertura da terra ao longo dos períodos analisados. Após a obtenção desses resultados, foi realizada a análise dos fatores responsáveis pela mudança espaçotemporal verificada em cada classe de uso e cobertura da terra existente na bacia hidrográfica do rio Urussanga.

Em um segundo momento, realizou-se a mensuração e a análise da relação existente entre a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva e a classe Área Urbanizada, bem como da relação existente entre a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva e a classe Área Antropizada. Esse procedimento foi executado para os dois períodos analisados – 1986 a 2001 e 2001 a 2016. A opção de priorizar a análise das relações acima descritas resultou do entendimento de que as classes Área Urbanizada e Área Antropizada são aquelas que exercem maior influência sobre a mudança espaçotemporal da cobertura florestal verificada na bacia hidrográfica do rio Urussanga ao longo dos períodos analisados.

A realização da mensuração e da análise da relação existente entre a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva e a classe Área Urbanizada permitiu compreender como a expansão territorial das áreas urbanizadas, verificada na bacia, em ambos os períodos analisados, afetou a mudança espaçotemporal da cobertura florestal existente na bacia. Da mesma forma, a realização da mensuração e da análise da relação existente entre a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva e a classe Área Antropizada permitiu compreender como a mudança espaçotemporal verificada para a classe Área Antropizada afetou a mudança espaçotemporal da cobertura florestal existente na bacia.

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MAPEAMENTO TEMÁTICO DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA

Neste subtítulo será apresentada a análise dos resultados obtidos por meio do mapeamento temático referente à mudança espaçotemporal das classes de uso e cobertura da terra identificadas na bacia hidrográfica do rio Urussanga. Ressalta-se que a análise dos resultados deste estudo não será realizada com base na compartimentação da bacia apresentada no item 4.1 (localização e caracterização da área de estudo), mas sim se considerando a bacia como uma única unidade territorial. Dessa forma, os dados serão analisados considerando-se a bacia hidrográfica do rio Urussanga em sua totalidade espacial.

Os dados das tabelas 2 e 3 mostram que a cobertura florestal da bacia hidrográfica do rio Urussanga, representada pela classe Vegetação Arbórea/Arbustiva, apresentou uma redução de área de 4,564 km<sup>2</sup> ao longo do período analisado. Cabe destacar, que a classe em questão, inclui tanto as formações florestais em processo de sucessão (florestas secundárias) quanto às áreas de plantio comercial (pinus, eucalipto, dentre outras espécies), em virtude da limitação da resolução radiométrica e espacial das imagens utilizadas no processamento digital de imagens. Em 1986, a cobertura florestal da bacia correspondia a 47,87% da área total da bacia. Este valor decaiu para 47,78% no ano de 2001 e para 47,19% no ano de 2016. A mudança espaçotemporal da cobertura florestal na bacia do rio Urussanga, ao longo do período analisado, pode ser observada na figura 2 a seguir.

Tabela 2 – Classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Urussanga

Classe de uso e cobertura da terra	1986 (ha)	1986 (km <sup>2</sup> )	1986 (%)	2001 (ha)	2001 (km <sup>2</sup> )	2001 (%)	2016 (ha)	2016 (km <sup>2</sup> )	2016 (%)
Área Antropizada	30278,250	302,783	44,61	30500,168	305,002	44,89	28803,780	288,038	42,43
Área Urbanizada	2867,879	28,679	4,23	3526,284	35,263	5,19	4961,515	49,615	7,31
Vegetação Arbórea/Arbustiva	32490,270	324,903	47,87	32468,389	324,684	47,78	32033,880	320,339	47,19
Nuvem	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,580	0,506	0,07
Sombra	274,590	2,746	0,40	0,00	0,00	0,00	63,540	0,635	0,09
Área Minerada	807,840	8,078	1,19	321,930	3,219	0,47	290,160	2,902	0,43
Massa de água	257,007	2,570	0,38	270,457	2,705	0,40	910,214	9,102	1,34
Campo de Duna	891,094	8,911	1,31	863,763	8,638	1,27	768,579	7,686	1,13
Total	67866,930	678,669	100,00	67950,990	679,510	100,00	67882,249	678,822	100,00

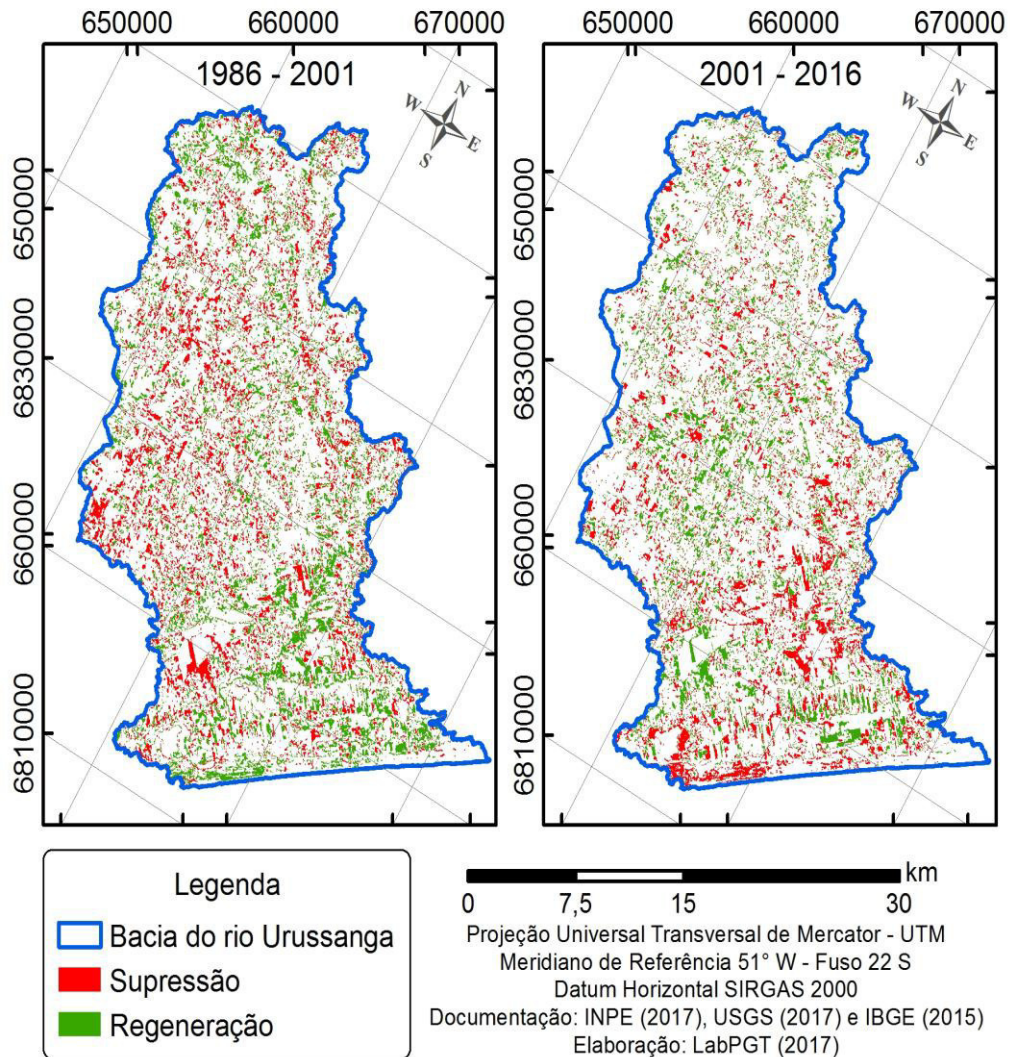
Fonte: do Autor.

Tabela 3 – Mudança espaçotemporal das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Urussanga

Classe de uso e cobertura da terra	1986 – 2001 (km <sup>2</sup> )	2001 – 2016 (km <sup>2</sup> )
Área Antropizada	2,219	-16,964
Vegetação Arbórea/Arbustiva	-0,219	-4,345
Área Urbanizada	6,584	14,352
Área Minerada	-4,859	-0,318
Massa de água	0,135	6,398
Campo de Duna	-0,273	-0,952
Sombra	N. D.	N. D.
Nuvem	N. D.	N. D.

Fonte: do Autor.

Figura 2 – Mapa da mudança espaçotemporal da cobertura florestal na bacia hidrográfica do Rio Urussanga



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

Ressalta-se que, o processo de supressão da cobertura florestal mostrado na figura 2 e na tabela 4, compreende a conversão das áreas ocupadas pela cobertura florestal (classe Vegetação Arbórea/Arbustiva) em áreas ocupadas por outras classes de uso e cobertura da terra. Já o processo de regeneração da cobertura florestal (figura 2 e tabela 4) compreende a regeneração da cobertura florestal sobre áreas que antes eram ocupadas por outras classes de uso e cobertura da terra.

Entre os anos de 1986 e 2001, a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva apresentou uma redução em sua área total de  $0,219 \text{ km}^2$  (tabelas 3 e 4). Os dados da tabela 4 a seguir mostram que, entre 1986 e 2001, a cobertura florestal da bacia apresentou uma supressão total de  $87,827 \text{ km}^2$  e uma regeneração total de  $87,608 \text{ km}^2$ . Já no período compreendido entre os anos de 2001 e 2016, a cobertura florestal da bacia apresentou uma supressão total de  $75,054 \text{ km}^2$  e

uma regeneração total de 70,709 km<sup>2</sup>, o que resultou em uma redução da área total da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva de 4,345 km<sup>2</sup> (tabelas 3 e 4) na bacia do rio Urussanga neste período.

Tabela 4 – Mudança espaçotemporal da cobertura florestal na bacia hidrográfica do rio Urussanga

Intervalo	Supressão		Regeneração	
	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)
1986 – 2001	87,827	8782,760	87,608	8760,879
2001 – 2016	75,054	7505,470	70,709	7070,961
Total	162,882	16288,230	158,318	15831,840

Fonte: do Autor.

A segunda classe com maior extensão territorial durante todo o período analisado foi a classe Área Antropizada. Em 1986, essa classe correspondia a 44,61% da área total da bacia hidrográfica do rio Urussanga. Entre os anos de 1986 e 2001, essa classe apresentou uma expansão de 2,219 km<sup>2</sup> (tabela 3) em sua área total, atingindo o valor de 44,89% da área total da bacia no ano de 2001.

No período seguinte, entre os anos de 2001 e 2016, a classe em questão apresentou redução de sua área na bacia. Nesse período de 15 anos, a porção da área total da bacia coberta pela classe Área Antropizada decaiu de 44,89% para 42,43%, uma redução de pouco mais de 2% (tabela 2). Essa redução equivale, em termos de área, a 16,964 km<sup>2</sup> (tabela 3).

Os dados da tabela 3 mostram que a classe Área Antropizada apresentou oscilação espacial na bacia do rio Urussanga entre os anos de 1986 e 2016. Entre os anos de 1986 e 2001, essa classe apresentou expansão territorial na bacia. Porém, entre os anos de 2001 e 2016, a classe em questão apresentou redução espacial na bacia.

Tendência semelhante de oscilação espaçotemporal foi constatada no trabalho desenvolvido por Simbangala et al. (2015) no que se refere às áreas agrícolas mapeadas na Região Costa Maya localizada no México. Neste trabalho a classe áreas agrícolas incluiu as áreas destinadas ao cultivo agrícola e as áreas compostas por pastagens. Segundo os autores, no período compreendido entre os anos de 1993 e 2000 houve a expansão territorial das áreas agrícolas na Região Costa Maya, fato relacionado principalmente à redução espacial das áreas florestais. Já no período compreendido entre os anos de 2000 e 2010 verificou-se uma redução espacial das áreas agrícolas na Região Costa Maya devido ao processo de conversão destas áreas em florestas tropicais.

Na bacia hidrográfica do rio Urussanga a mudança espaçotemporal da classe Área Antropizada está relacionada às características da estrutura fundiária do estado de Santa Catarina. Os dados da tabela 5 mostram que, em 2006, cerca de 36,61% dos estabelecimentos agropecuários existentes no estado possuíam menos de 10 ha. No mesmo ano, a quantidade de estabelecimentos agropecuários do estado que possuíam área variando entre 10 a menos de 100 ha correspondia a 59,32% do total. Já os estabelecimentos agropecuários com área superior a 100 ha corresponderam a 3,83% do total existente no estado no mesmo ano. Por fim, apenas 0,24% do total de estabelecimentos agropecuários existentes no estado no ano de 2006 possuíam área superior a 1000 ha.

Esses dados mostram que atualmente a estrutura fundiária catarinense é marcada pela expressiva quantidade de estabelecimentos agropecuários de pequena extensão territorial (tabela 5). Segundo Fachinello e Santos Filho (2010, p. 162), nesses estabelecimentos agropecuários de pequena extensão territorial “[...] há predominância da exploração intensa, diversificada em produtos e com base no trabalho familiar. [...]”. Os mesmos autores destacam que, em 1996, quase 90% dos estabelecimentos agropecuários existentes em Santa Catarina possuíam área inferior a 50 ha. Já a quantidade de estabelecimentos agropecuários de grande extensão territorial mostra-se pequena no estado (tabela 5).

A análise dos dados da tabela 5 demonstra que a quantidade de estabelecimentos agropecuários, em todos os grupos de área, aumentou no estado de Santa Catarina no período compreendido entre os anos de 1970 e 1985. Porém, a partir da década de 1990, a quantidade de estabelecimentos agropecuários existentes no estado começou a diminuir em todos os grupos de área.

Tabela 5 – Número de estabelecimentos (unidades) por grupos de área total em Santa Catarina

Período	Total	Menos de 10 ha	10 a menos de 100 ha	Menos de 100 ha	100 a menos de 1000 ha	1000 ha e mais
1970	207218	66074	132180	198254	8477	468
1975	206505	69921	127931	197852	8170	475
1980	216159	75724	130788	206512	8856	624
1985	234973	91883	133536	225419	8861	571
1995	203347	72462	122036	194498	8231	508
2006	193668	69394	112445	181839	7252	455

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 1920/2006.

Tendência semelhante a que foi constatada para o estado de Santa Catarina com relação à quantidade de estabelecimentos agropecuários, é verificada em vários municípios



que se encontram inseridos, parcialmente ou totalmente, na bacia hidrográfica do rio Urussanga. A análise dos dados da tabela 6 mostra que os municípios de Criciúma, Içara, Morro da Fumaça, Pedras Grandes e Treze de Maio registraram aumento da quantidade de estabelecimentos agropecuários entre os anos de 1970 e 1985. Porém, a partir da década de 1990, estes municípios registraram redução da quantidade de estabelecimentos agropecuários. Dentre esses municípios, Criciúma e Morro da Fumaça voltaram a registrar um incremento na quantidade de estabelecimentos agropecuários durante a década de 2000.

Observa-se também que alguns municípios apresentaram oscilação quanto à quantidade de estabelecimentos agropecuários entre os anos de 1970 e 2006, caso dos municípios de Jaguaruna e Urussanga. Os municípios de Cocal do Sul e Sangão, emancipados durante a década de 1990, apresentaram aumento com relação à quantidade de estabelecimentos agropecuários (tabela 6). Por fim, tem-se o município de Balneário Rincão, o qual foi emancipado no ano de 2003 e instalado apenas no ano de 2013, não possuindo ainda dados do Censo Agropecuário (tabela 6).

Tabela 6 – Número de estabelecimentos agropecuários (unidades) nos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Urussanga

Município	1970	1975	1980	1985	1995	2006
Balneário Rincão	-	-	-	-	-	-
Cocal do Sul	-	-	-	-	155	245
Criciúma	898	1141	1389	1544	607	672
Içara	983	1190	1421	1553	1421	1287
Jaguaruna	2073	1278	1228	1345	652	1068
Morro da Fumaça	280	275	306	396	199	259
Pedras Grandes	584	603	542	705	647	504
Sangão	-	-	-	-	327	474
Treze de Maio	784	780	831	979	667	448
Urussanga	928	856	846	997	451	1079

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário.

Associado à redução da quantidade de estabelecimentos agropecuários verificada no estado de Santa Catarina a partir da década de 1990, tem-se a intensificação do processo de urbanização em andamento no estado (tabela 7). Até o início da década de 1970 a maior parte da população residente em Santa Catarina estava concentrada no meio rural. A partir de meados da década de 1970, a maior parte da população catarinense passou a concentrar-se no meio urbano, intensificando o processo de urbanização no estado. Em 2010, quase 84% da população catarinense residia no meio urbano (tabela 7). Esses dados mostram a aceleração

do processo de urbanização decorrente do êxodo rural ocorrido no estado de Santa Catarina a partir da década de 1980.

A intensificação do processo de urbanização verificada no estado a partir da década de 1980, também é constatada nos municípios que encontram-se inseridos, parcialmente ou totalmente, na bacia hidrográfica do rio Urussanga. Os dados da tabela 8 mostram a intensificação do processo de urbanização em andamento nos municípios drenados pela bacia do rio Urussanga.

Tabela 7 – Evolução da população de Santa Catarina

Período	População Urbana	(%)	População Rural	(%)	População Total
1950	362717	23,24	1197785	76,76	1560502
1960	695347	32,39	1451562	67,61	2146909
1970	1266709	43,23	1663702	56,77	2930411
1980	2201350	59,70	1486302	40,30	3687652
1991	3205600	70,64	1332648	29,36	4538248
2000	4211979	78,73	1137601	21,27	5349580
2010	5247913	83,99	1000523	16,01	6248436

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1950/2010.

Ambos os fatores – redução da quantidade de estabelecimentos agropecuários verificada no estado de Santa Catarina a partir da década de 1990 e a intensificação do processo de urbanização constatada no estado a partir da década de 1980 – se refletem nos municípios drenados pela bacia hidrográfica do rio Urussanga, conforme pode ser visualizado nas tabelas 6 e 8. Dessa forma, esses fatores conjugados podem ser apontados como os responsáveis pela redução da extensão territorial da classe Área Antropizada verificada na bacia do rio Urussanga entre os anos de 1986 e 2016.

Analisando-se os dados das tabelas 2 e 3, percebe-se que, durante todo o período de análise, a terceira classe com maior extensão territorial foi a classe Área Urbanizada. No ano de 1986 essa classe correspondia a 4,23% da área total da bacia hidrográfica do rio Urussanga. Entre os anos de 1986 e 2001, a classe em questão apresentou uma expansão em sua área total de 6,584 km<sup>2</sup>, atingindo o valor de 5,19% da área total da bacia no ano de 2001. Entre os anos de 2001 e 2016, a classe Área Urbanizada apresentou nova expansão de 14,352 km<sup>2</sup> em sua área total, atingindo o valor de 7,31% da área total da bacia no ano de 2016. Ao longo de todo o período analisado, a porção da bacia ocupada pelas áreas urbanizadas apresentou uma expansão total de 20,936 km<sup>2</sup> (tabela 3).

Esta tendência de expansão das áreas urbanizadas é corroborada pelos resultados obtidos nos trabalhos desenvolvidos por Seabra e Cruz (2013), Simbangala et al. (2015) e Silva et al. (2016).

Seabra e Cruz (2013) ao analisarem a dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica do rio São João, localizada no estado do Rio de Janeiro, constataram que as áreas urbanas apresentaram expansão territorial de 26,03 km<sup>2</sup> na bacia entre os anos de 1975 e 2010. Este crescimento urbano foi mais intenso no período compreendido entre os anos de 1995 e 2010.

Simbangala et al. (2015) constataram a expansão das áreas urbanas mapeadas na Região Costa Maya localizada no México. Entre os anos de 1993 e 2010 as áreas urbanas apresentaram expansão territorial de 22,74 km<sup>2</sup> na área em questão. Esse crescimento urbano foi mais expressivo entre os anos de 2000 e 2010. Resultado semelhante foi obtido por Silva et al. (2016) para a bacia hidrográfica do rio Bacanga, localizada no município de São Luís, estado do Maranhão. Os autores constataram uma expansão de 7,45 km<sup>2</sup> das áreas urbanas na bacia entre os anos de 1990 e 2014.

Na bacia do rio Urussanga o processo de expansão territorial da classe Área Urbanizada coincide com o crescimento da população urbana nos municípios inseridos na bacia. A tabela 8 a seguir mostra a evolução da população urbana nos municípios que se encontram inseridos, parcialmente ou totalmente, na bacia do rio Urussanga.

Os dados da tabela 8 mostram que os municípios que apresentaram maior crescimento, em termos de população urbana, foram Criciúma e Içara. A população urbana desses dois municípios cresceu em um ritmo muito superior ao registrado nos municípios de Morro da Fumaça e Jaguaruna, os quais apresentam, respectivamente, a terceira e quarta maior população urbana.

Cabe ressaltar que a população urbana do município de Içara, até a realização do Censo Demográfico de 2010, englobava a população urbana do atual município de Balneário Rincão. Como este último foi emancipado no ano de 2003 e instalado apenas no ano de 2013, ainda não possui dados populacionais.

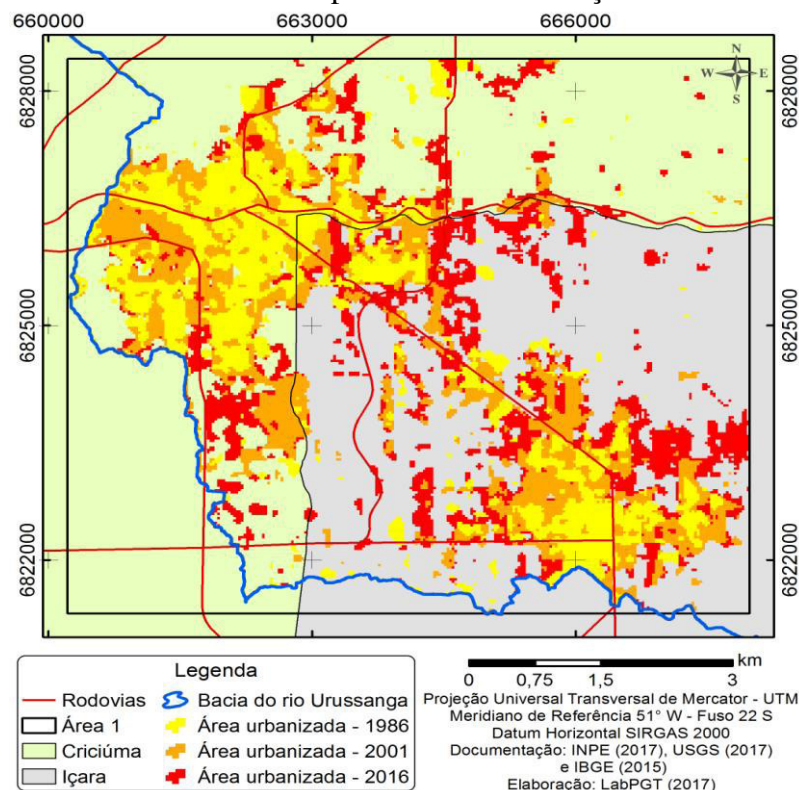
Tabela 8 – Evolução da população urbana e da taxa de urbanização nos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Urussanga

Município	1980		1991		2000		2010	
	Pop. Urbana	Taxa de Urbanização (%)	Pop. Urbana	Taxa de Urbanização (%)	Pop. Urbana	Taxa de Urbanização (%)	Pop. Urbana	Taxa de Urbanização (%)
Balneário Rincão	-	-	-	-	-	-	-	-
Criciúma	96368	87,13	132313	90,43	153049	89,81	189630	98,61
Cocal do Sul	-	-	-	-	11407	83,11	12696	83,75
Içara	12015	49,05	27367	71,84	39570	81,36	53913	91,64
Jaguaruna	7423	50,50	10114	54,89	10238	70,06	13198	76,33
Morro da Fumaça	4899	54,01	8752	70,73	11154	76,65	13863	85,97
Pedras Grandes	711	13,55	745	14,72	865	17,58	1261	30,70
Sangão	-	-	-	-	3624	44,59	4856	46,69
Treze de Maio	804	12,25	1199	19,34	1764	26,27	3401	49,46
Urussanga	9794	45,73	19203	64,26	10650	56,87	11405	56,40

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1950/2010. Até 1991, dados extraídos de Estatísticas do Século XX, Rio de Janeiro: IBGE, 2007 no Anuário Estatístico do Brasil, 1993, vol. 53, 1993.

A expansão urbana na bacia do rio Urussanga pode ser exemplificada pelas figuras 3 e 4 a seguir. A figura 3 mostra a Área 1 que corresponde a evolução espacial da mancha urbana que vem se consolidando entre os municípios de Criciúma e Içara. Em 1986, esta mancha urbana correspondia a 6,461 km<sup>2</sup>. Entre os anos de 1986 e 2001, a mancha urbana em questão apresentou uma expansão de 5,268 km<sup>2</sup>, o que correspondeu a uma área total de 11,729 km<sup>2</sup> no ano de 2001. Entre os anos de 2001 e 2016, o crescimento espacial dessa mancha urbana foi de 4,456 km<sup>2</sup>, o que correspondeu a uma área total de 16,185 km<sup>2</sup> no ano de 2016.

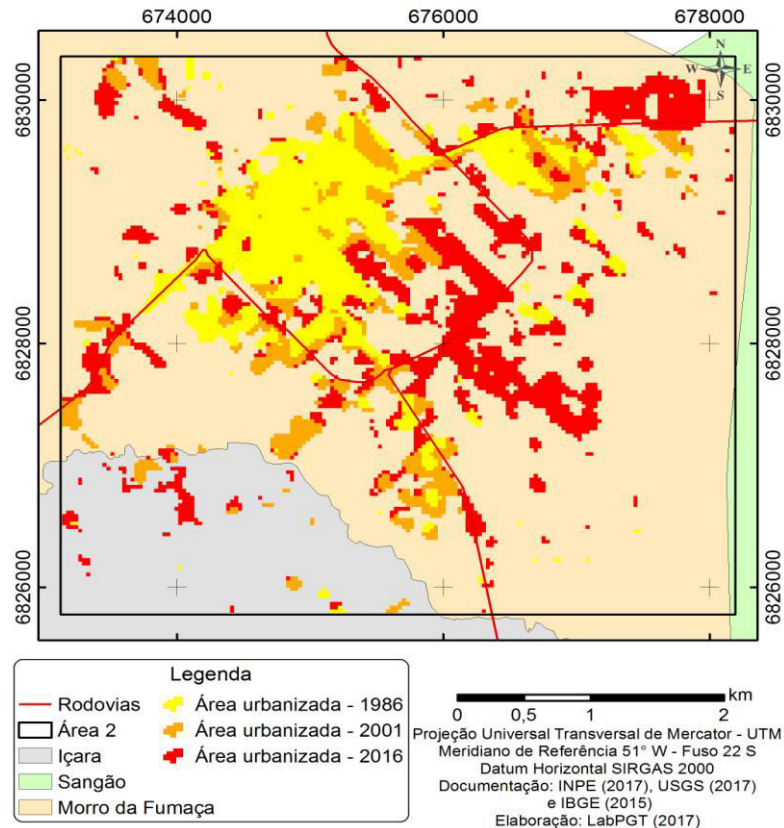
Figura 3 – Mapa da evolução espacial da mancha urbana existente entre os municípios de Criciúma e Içara



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

A figura 4 mostra a Área 2 que corresponde a evolução espacial da mancha urbana que vem se consolidando na porção central do município de Morro da Fumaça e em parte do município de Içara. Em 1986, essa mancha urbana correspondia a 2,234 km<sup>2</sup>. Entre os anos de 1986 e 2001, a mancha urbana em questão apresentou uma expansão de 0,719 km<sup>2</sup>, o que correspondeu a uma área total de 2,953 km<sup>2</sup> no ano de 2001. Entre os anos de 2001 e 2016, o crescimento espacial dessa mancha urbana foi de 1,923 km<sup>2</sup>, o que correspondeu a uma área total de 4,876 km<sup>2</sup> no ano de 2016.

Figura 4 – Mapa da evolução espacial da mancha urbana existente entre os municípios de Morro da Fumaça e Içara



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

Observando-se os dados das tabelas 2 e 3 nota-se uma redução da área da bacia ocupada pelas áreas mineradas pela atividade de extração de carvão mineral. Em 1986, a classe Área Minerada ocupava uma área total de 8,078 km<sup>2</sup>, o que correspondia a 1,19% da área total da bacia hidrográfica do rio Urussanga. Entre os anos de 1986 e 2001, a porção da bacia ocupada por áreas mineradas teve uma redução de 4,859 km<sup>2</sup>, abrangendo 0,47% da área total da bacia no ano de 2001. No período compreendido entre os anos de 2001 e 2016, a classe em questão apresentou nova redução de 0,318 km<sup>2</sup> em sua área total, abrangendo 0,43% da área total da bacia no ano de 2016. Dessa forma, entre os anos de 1986 e 2016, a redução total da classe Área Minerada na bacia totalizou 5,177 km<sup>2</sup>.

Resultados semelhantes foram obtidos por Ladwig, Dagostim e Back (2018), em trabalho cujo objetivo foi analisar a evolução da paisagem nas áreas com disposição de rejeito piritoso originado da atividade de extração de carvão mineral utilizando série temporal de imagens orbitais do sistema Landsat. Neste estudo, a análise da evolução da paisagem da Bacia Carbonífera baseou-se no uso de imagens datadas dos anos de 1986, 2006 e 2016.

Ladwig e Dagostim (2017) ressaltam que a Bacia Carbonífera se estende pelas bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Tubarão e Urussanga. A respeito da área em questão, os autores destacam que a bacia carbonífera é constituída por uma faixa de cerca de 100 quilômetros de comprimento por 20 quilômetros de largura. Todavia, apesar de ser citada em vários trabalhos científicos e referenciais, denomina-se comumente bacia carbonífera a região que se estende de Lauro Muller até Araranguá e que possui afloramentos de carvão compreendidos nesta faixa, não existindo uma delimitação exata.

Para a execução do seu estudo, Ladwig e Dagostim (2017) utilizaram como área de estudo o polígono fornecido pelo Centro Tecnológico de Carvão Limpo (CTCL). Esse polígono serve de base para o monitoramento da cobertura do solo na área de abrangência atribuída pela Ação Civil Pública do Carvão (processo nº 93.8000533-4) proposta pelo Ministério Público Federal no ano de 1993 junto a Justiça Federal de Criciúma (SC).

Os dados obtidos por Ladwig, Dagostim e Back (2018) mostram que as áreas degradadas com disposição de rejeito piritoso a céu aberto apresentaram redução, em termos de área, entre os anos de 1986 e 2016 na Bacia Carbonífera. Em 1986, as áreas, com disposição de rejeito identificada, totalizaram 12,68 km<sup>2</sup>. Entre os anos de 1986 e 2006, essas áreas apresentaram redução, totalizando aproximadamente 7,8 km<sup>2</sup> no ano de 2006, o que representou uma redução de quase 40% nesse período. Por fim, entre os anos de 2006 e 2016, as áreas com disposição de rejeito apresentaram nova redução, totalizando cerca de 2,9 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Nesse último período, a redução das áreas com disposição de rejeito na Bacia Carbonífera ficou em cerca de 62,8%.

Ladwig, Dagostim e Back (2018) destacam que a redução das áreas degradadas com disposição de rejeito piritoso a céu aberto na Bacia Carbonífera está relacionada a fatores como a crise provocada pela desregulamentação do setor carbonífero promovida pelo Governo Federal em 1990, o crescimento da conscientização ambiental e a organização de movimentos ambientalistas na sociedade catarinense. Aliado a esses fatores, tem-se as ações desenvolvidas pela Ação Civil Pública do Carvão, as quais contribuíram para que as áreas com disposição de rejeito piritoso apresentassem expressiva redução.

Os resultados obtidos por Ladwig, Dagostim e Back (2018) corroboram os resultados obtidos nesse estudo. Dessa forma, a redução das áreas mineradas verificada na bacia hidrográfica do rio Urussanga entre os anos de 1986 e 2016 está relacionada aos mesmos fatores responsáveis pela redução das áreas degradadas pela disposição de rejeitos piritosos a céu aberto na Bacia Carbonífera.

Conforme mencionado acima, no ano de 1993, o Ministério Público Federal propôs junto a Justiça Federal de Criciúma (SC) a Ação Civil Pública nº 93.8000.533-4. Essa ação foi proposta em desfavor das empresas carboníferas, do Estado de Santa Catarina e da União Federal. O objetivo da ação visava à recuperação dos danos ambientais causados pela atividade de extração de carvão mineral na região Sul de Santa Catarina (BRASIL, 2007, 2009; LADWIG; DAGOSTIM; BACK, 2018).

Segundo Brasil (2007), no início do ano 2000, a Justiça Federal proferiu a sentença nº 2000.72.04.002543-9. Essa sentença condenou os réus, de forma solidária, a apresentarem projetos voltados à recuperação ambiental da região que compõe a Bacia Carbonífera do Sul do estado de Santa Catarina. Dessa forma, desde o ano 2000, as empresas carboníferas estão executando projetos de recuperação ambiental da Bacia Carbonífera.

Esse processo de recuperação ambiental vem sendo desenvolvido com o apoio do Grupo Técnico de Assessoramento à Execução da Sentença (GTA). Esse grupo é formado, na atualidade, por 21 instituições, dentre as quais estão os réus (União Federal e as empresas carboníferas), além de instituições como o Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina – SIECESC, o Ministério Público Federal – MPF, a Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina – FATMA, o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os comitês das bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Tubarão e Urussanga (BRASIL, 2016).

Segundo Brasil (2009), dentre as atribuições do GTA tem-se: a integração de dados, a elaboração de relatórios técnicos, a proposição de ações de recuperação, a avaliação e proposição de alterações nos monitoramentos, dentre outras. Desse modo, desde o ano de 2007, o GTA elabora anualmente o Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais. Este documento traz os resultados dos indicadores ambientais de qualidade referentes ao monitoramento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, da cobertura do solo e do meio biótico (BRASIL, 2016).

O processo de monitoramento da cobertura do solo compreende as seguintes classes de uso e cobertura da terra: vegetação espontânea, vegetação introduzida, vegetação remanescente, argila, lagoas ácidas internas, urbanizada residencial, urbanizada industrial e rejeito ou estéril exposto.

Segundo Brasil (2009), a classe vegetação espontânea corresponde à cobertura vegetal que se desenvolveu de modo espontâneo, ou seja, sem que fosse realizado o plantio de espécies com o objetivo de recompor a cobertura florestal das áreas impactadas pela



mineração de carvão. Essa classe engloba espécies nativas e espécies exóticas dos estratos vegetais herbáceo, arbustivo e/ou arbóreo. A presença dessa classe de cobertura da terra “[...] indica que não foram realizadas atividades de recomposição florestal e que a comunidade vegetal estabeleceu-se sobre áreas onde o substrato não foi total ou parcialmente reconstruído.” (BRASIL, 2009, p. 151).

A classe vegetação introduzida corresponde à comunidade vegetal que foi instituída com o objetivo de recompor a cobertura florestal das áreas impactadas pela mineração de carvão (BRASIL, 2009). Esse tipo de vegetação pode ser “[...] identificada por meio de características fisionômicas da vegetação como o plantio homogêneo e/ou sistematizado. [...]” (BRASIL, 2009, p. 151).

A classe vegetação remanescente corresponde a “[...] cobertura composta por fragmentos de vegetação nativa que não foram totalmente suprimidos ou que estão em processo avançado de regeneração natural. [...]” (BRASIL, 2009, p. 152). De modo geral, essa classe de cobertura da terra apresenta-se na forma de pequenos remanescentes florestais alterados e fragmentados. Tais fragmentos se constituem em “[...] núcleos de dispersão de propágulos e podem ser utilizados por animais como abrigo, potencializando o processo de recuperação ambiental de áreas adjacentes.” (BRASIL, 2009, p. 152).

A classe argila é um indicativo de que “[...] a área pode estar em processo de recuperação ambiental, pois a argila compõe parte da reconstrução do solo para introdução de novas espécies vegetais. [...]” (BRASIL, 2009, p. 152). Da mesma forma, a argila poderá ser utilizada para fins de impermeabilização do solo com o intuito de reduzir a infiltração e a percolação das águas pluviais sobre as pilhas de estéreis ou rejeitos. Este procedimento reduz a lixiviação e a geração de drenagem ácida de mina (BRASIL, 2009).

A classe lagoas ácidas internas “[...] são lagoas impactadas pela mineração de carvão que estão dentro dos limites das áreas impactadas por depósitos de rejeito ou mineração a céu aberto. [...]” (BRASIL, 2009, p. 152). Tais lagoas são formadas a partir de cavas de mineração ou bacias de decantação (BRASIL, 2009).

A classe urbanizada residencial corresponde as “[...] áreas urbanizadas que possuem uma densidade de construções composta principalmente por moradias residenciais. [...]” (BRASIL, 2009, p. 153). Tais aglomerações urbanas encontram-se inseridas em áreas compostas por depósitos de rejeito ou áreas que sofreram mineração a céu aberto no passado. Essas áreas são propícias às ocupações urbanas irregulares e desordenadas, o que dificulta a realização das ações de recuperação ambiental (BRASIL, 2009).

A classe urbanizada industrial corresponde às áreas urbanizadas que apresentam atividades industriais localizadas no interior de áreas impactadas pela mineração de carvão. Também fazem parte desta classe as construções das atividades mineiras (pátios operacionais) (BRASIL, 2009).

Por fim, a classe rejeito ou estéril exposto corresponde às áreas que apresentam estruturas ligadas à retenção dos resíduos sólidos - originados na atividade de mineração a céu aberto - à abertura de poços (mineração subterrânea) e às atividades de beneficiamento do carvão mineral (céu aberto e subterrâneo) (BRASIL, 2009).

Os dados da tabela 9A mostram a mudança espaçotemporal das classes de cobertura do solo inseridas dentro dos limites das áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga. Os dados apresentados na tabela 9A compreendem três campanhas de monitoramento da cobertura do solo realizadas nos anos de 2005, 2011 e 2015. Tais dados foram obtidos do Banco de Dados Geográficos dos Relatórios de Monitoramento dos Indicadores Ambientais (BRASIL, 2007, 2012, 2016).

Sobre o monitoramento da cobertura do solo, Brasil (2016, p. 125), destaca que:

[...] o monitoramento da cobertura do solo, no âmbito da sentença, visa à identificação dos limites e quantificar as transformações que ocorrem nas parcelas superficiais da cobertura do solo, impactadas pela mineração de carvão. A frequência do monitoramento da cobertura do solo é bianual.

O monitoramento da cobertura do solo “[...] compreende o acompanhamento e a representação cartográfica da evolução das áreas e da evolução da paisagem. [...]” (BRASIL, 2016, p. 125). Os dados da tabela 9A mostram que algumas classes de cobertura do solo apresentaram expansão territorial, enquanto outras apresentaram redução territorial entre os anos de 2005 (1ª campanha) e de 2015 (4ª campanha).

A classe Argila apresentou expansão territorial, passando de 0,049 km<sup>2</sup> no ano de 2005 para 0,136 km<sup>2</sup> no ano de 2015 (tabela 9A). Da mesma forma, a classe Vegetação Introduzida apresentou expansão territorial, passando de 0,568 km<sup>2</sup> no ano de 2005 para 3,450 km<sup>2</sup> no ano de 2015 (tabela 9A). Esses dados são indicativos do avanço do processo de recuperação ambiental em andamento nas áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga.

A classe Rejeito ou Estéril Exposto apresentou redução territorial, passando de 4,117 km<sup>2</sup> no ano de 2005 para 1,832 km<sup>2</sup> no ano de 2015 (tabela 9A). Tendência semelhante foi apresentada pela classe Vegetação Espontânea, que apresentou redução territorial, passando de 1,725 km<sup>2</sup> no ano de 2005 para 0,835 km<sup>2</sup> no ano de 2015 (tabela 9A). Por fim, tem-se a

classe Lagoa Interna, a qual apresentou redução territorial, passando de 0,178 km<sup>2</sup> no ano de 2005 para 0,096 km<sup>2</sup> no ano de 2015 (tabela 9A). A redução espacial dessas três classes também se constitui num indicativo do avanço do processo de recuperação ambiental em andamento nas áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga.

As áreas correspondentes às aglomerações urbanas inseridas dentro dos limites das áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia do rio Urussanga apresentaram comportamento distinto. A classe Urbanizada Industrial apresentou expansão territorial, passando de 0,109 km<sup>2</sup> no ano de 2005 para 0,445 km<sup>2</sup> no ano de 2015 (tabela 9A). Já a classe Urbanizada Residencial apresentou redução territorial, passando de 0,654 km<sup>2</sup> no ano de 2005 para 0,601 km<sup>2</sup> no ano de 2015 (tabela 9A). Tais dados indicam que o processo de urbanização tem avançado em direção às áreas impactadas pela mineração carbonífera, o que pode dificultar a realização das ações de recuperação ambiental.

Por fim, percebe-se que a classe Remanescente Florestal manteve-se estável ao longo do tempo, passando de 0,006 km<sup>2</sup> no ano de 2005 para 0,010 km<sup>2</sup> no ano de 2015 (tabela 9A). Apesar de apresentar pequena extensão territorial, essa classe é de grande importância para a recuperação ambiental de áreas adjacentes (BRASIL, 2009).

Com o intuito de facilitar a compreensão referente à mudança espaçotemporal das classes de cobertura do solo inseridas dentro dos limites das áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga, foi definida uma área da bacia na qual o processo de recuperação ambiental tem ocorrido de forma acelerada nos últimos anos. Essa área corresponde ao Distrito 12 – Linha Batista, o qual compreende uma parte do bairro Linha Batista, localizado na porção leste do município de Criciúma (figura 5).

Tabela 9A – Classes de cobertura do solo existentes nas áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga

Classe de cobertura do solo	1ª Campanha (2005)			3ª Campanha (2011)			4ª Campanha (2015)		
	(ha)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(ha)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(ha)	(km <sup>2</sup> )	(%)
Argila	4,853	0,049	0,66	7,294	0,073	0,98	13,618	0,136	1,84
Lagoa Interna	17,775	0,178	2,40	10,937	0,109	1,48	9,607	0,096	1,30
Rejeito ou Estéril	411,729	4,117	55,60	163,094	1,631	22,02	183,162	1,832	24,73
Exposto									
Vegetação Espontânea	172,493	1,725	23,29	328,783	3,288	44,40	83,495	0,835	11,27
Vegetação Introduzida	56,839	0,568	7,68	135,715	1,357	18,33	345,008	3,450	46,59
Remanescente Florestal	0,618	0,006	0,08	1,035	0,010	0,14	1,035	0,010	0,14
Urbanizada Industrial	10,885	0,109	1,47	33,151	0,332	4,48	44,512	0,445	6,01
Urbanizada Residencial	65,377	0,654	8,83	60,561	0,606	8,18	60,133	0,601	8,12
<b>Total</b>	<b>740,57</b>	<b>7,41</b>	<b>100</b>	<b>740,57</b>	<b>7,41</b>	<b>100</b>	<b>740,57</b>	<b>7,41</b>	<b>100</b>

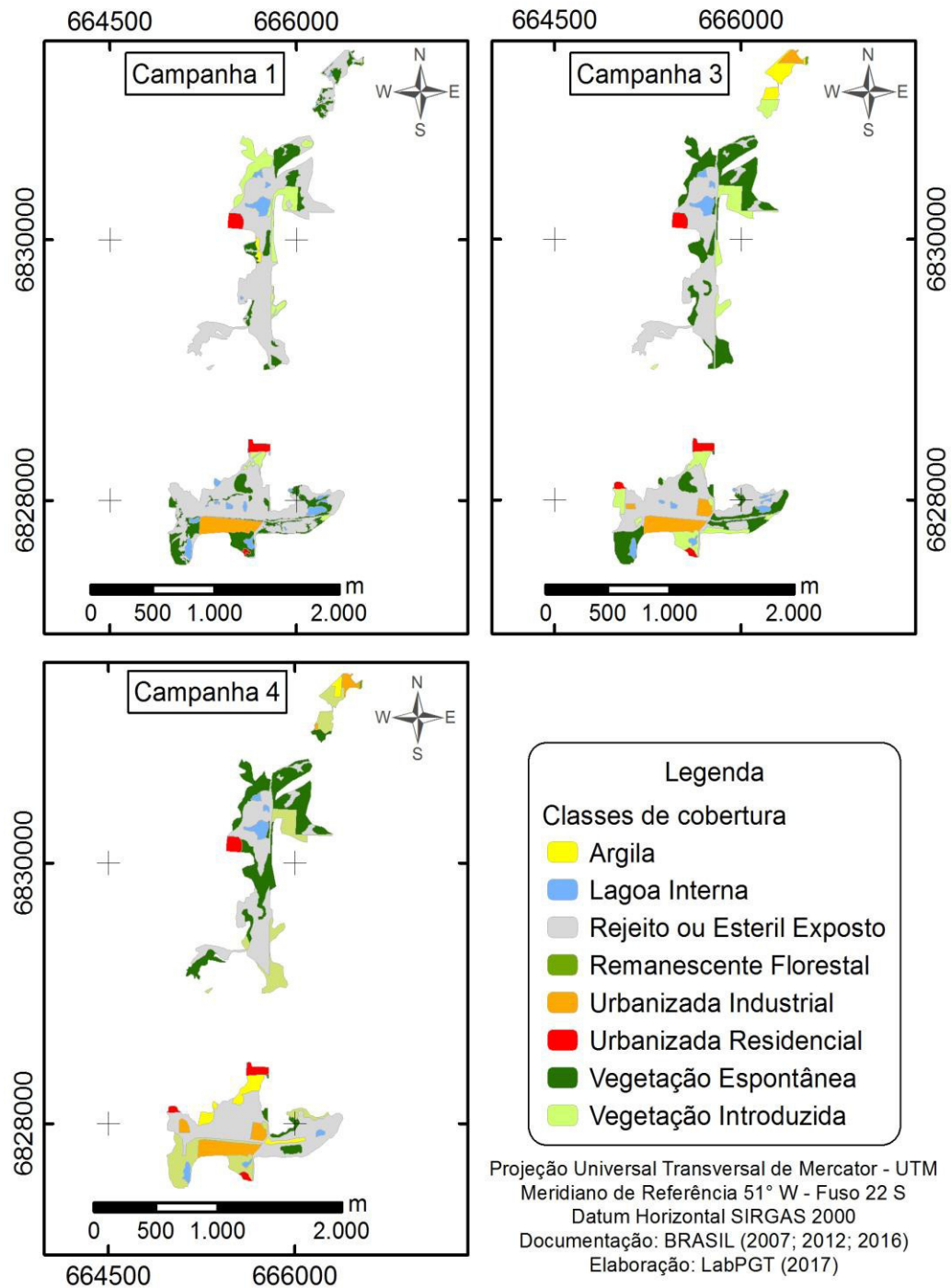
Fonte: Dados extraídos do Banco de Dados Geográficos dos Relatórios de Monitoramento dos Indicadores Ambientais (BRASIL, 2007, 2012, 2016).

Os dados da tabela 9B mostram que a mudança espaçotemporal, das classes de cobertura do solo inseridas dentro dos limites do Distrito 12, apresenta tendência semelhante à mudança espaçotemporal das classes de cobertura do solo inseridas dentro dos limites das áreas impactadas pela mineração de carvão verificada para toda a bacia hidrográfica do rio Urussanga (tabela 9A).

Observando-se os dados da tabela 9B, verifica-se a expansão territorial das classes Argila e Vegetação Introduzida; associada à redução territorial das classes Lagoa Interna, Rejeito ou Estéril Exposto e Vegetação Espontânea. Esses dados demonstram o avanço do processo de recuperação ambiental em andamento no Distrito 12 – Linha Batista. Seguindo a mesma tendência verificada para toda a bacia, tem-se a expansão territorial da classe Urbanizada Industrial na área em questão. Por fim, as classes, Urbanizada Residencial e Remanescente Florestal, apresentaram leve expansão territorial entre os anos de 2005 e 2015 na área em questão.

Conforme o exposto, os dados apresentados nas tabelas 9A e 9B demonstram o avanço do processo de recuperação ambiental em andamento nas áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga. Esses dados, aliados aos dados obtidos por Ladwig, Dagostim e Back (2018), corroboram os resultados obtidos nesse estudo. Desta forma, os dados obtidos dos Relatórios de Monitoramento dos Indicadores Ambientais e do estudo de Ladwig, Dagostim e Back (2018) confirmam a redução espacial da classe Área Minerada na bacia hidrográfica do rio Urussanga verificada entre os anos de 1986 e 2016.

Figura 5 – Mapa da mudança espaçotemporal das classes de cobertura do solo existentes nas áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga – Distrito 12 (Linha Batista).



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

Tabela 9B – Classes de cobertura do solo existentes nas áreas impactadas pela mineração de carvão na bacia hidrográfica do rio Urussanga – Distrito 12 (Linha Batista)

Classe	1ª Campanha (2005)			3ª Campanha (2011)			4ª Campanha (2015)		
	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)
Argila	0,531	0,005	0,44	3,592	0,036	2,98	5,216	0,052	4,32
Lagoa Interna	5,592	0,056	4,64	4,338	0,043	3,60	3,347	0,033	2,77
Rejeito ou Estéril Exposto	73,276	0,733	60,75	52,707	0,527	43,70	49,877	0,499	41,35
Remanescente Florestal	0,086	0,001	0,07	0,129	0,001	0,11	0,129	0,001	0,11
Urbanizada Industrial	5,103	0,051	4,23	8,036	0,080	6,66	8,655	0,087	7,18
Urbanizada Residencial	2,901	0,029	2,41	3,515	0,035	2,91	3,515	0,035	2,91
Vegetação Espontânea	22,438	0,224	18,60	33,879	0,339	28,09	27,412	0,274	22,73
Vegetação Introduzida	10,697	0,107	8,87	14,428	0,144	11,96	22,472	0,225	18,63
Total	120,623	1,206	100,00	120,623	1,206	100,00	120,623	1,206	100,00

Fonte: Dados extraídos do Banco de Dados Geográficos dos Relatórios de Monitoramento dos Indicadores Ambientais (BRASIL, 2007, 2012, 2016).

Ao mesmo tempo em que mostram a redução das áreas mineradas pela extração de carvão mineral na bacia, os dados das tabelas 2 e 3 evidenciam a expansão da área da bacia coberta por massa de água. Essa classe inclui os corpos hídricos superficiais (rios, lagos e açudes), as áreas correspondentes às cavas abertas para a mineração de argila, areia e/ou outros recursos minerais, além das áreas alagadas pela prática da rizicultura. No ano de 1986, a classe Massa de Água cobria uma área de 2,570 km<sup>2</sup>, o que representava 0,38% da área total da bacia do rio Urussanga. Entre os anos de 1986 e 2001, essa classe apresentou uma expansão territorial de 0,135 km<sup>2</sup>, passando a ocupar 0,40% da área total da bacia em 2001. No período compreendido entre os anos de 2001 e 2016, a porção da bacia coberta por massa de água apresentou uma expansão territorial de 6,398 km<sup>2</sup>, abrangendo 1,34% da área total da bacia em 2016. Nesse sentido, ao longo do período analisado, a porção da bacia coberta por massa de água apresentou uma expansão total de 6,533 km<sup>2</sup>.

A expansão da área coberta por massa de água na bacia está diretamente correlacionada à expansão da área ocupada pela prática da rizicultura na bacia ao longo do período analisado (1986 a 2016). No Brasil, a existência do arroz é relatada desde meados do século XVI. Nesse contexto, por volta da segunda metade do século XVI, foi introduzida no Brasil a espécie *Oryza sativa L.* que teria sido trazida de Cabo Verde (PRESA, 2011).

Com o passar do tempo, o consumo de arroz foi se popularizando, vindo a substituir de forma parcial o consumo da farinha de mandioca. Em Santa Catarina, o sistema de produção de arroz irrigado com o uso de sementes pré-germinadas passou a ser utilizado por agricultores do alto e do médio vale da bacia do rio Itajaí no início do século XX. Porém, a partir da década de 1980, este sistema de produção foi difundido no estado de Santa Catarina por meio do Programa de Aproveitamento Racional das Várzeas Irrigáveis – PROVÁRZEAS (EPAGRI, 2002; PRESA, 2011).

Presas (2011) destaca que os primeiros registros do cultivo de arroz no sul de Santa Catarina datam do início do século XX, momento em que esta atividade passou a ser realizada por imigrantes europeus nas regiões de Urussanga, Azambuja e Nova Veneza. Em seu trabalho, a autora entrevistou agricultores residentes em municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Araranguá. Segundo os relatos obtidos pela autora, inicialmente, os agricultores plantavam o arroz no “espigão” (área mais elevada) e o milho na terra baixa, considerada de maior fertilidade. Com o passar do tempo, os agricultores perceberam que a ocorrência das inundações decorrentes de períodos de intensa pluviosidade não destruía o arroz e, deste modo, passaram a cultivá-lo nas áreas mais baixas e úmidas. Por volta da década de 1950, a vinda de engenheiros agrônomos provenientes do estado do Rio Grande do



Sul levou os agricultores a adotarem o sistema de cultivo chamado de irrigado tradicional. Nesse sistema, a semeadura era realizada em solo seco, sendo a água adicionada posteriormente à medida que a planta necessitasse de um suprimento de água constante para o seu desenvolvimento (EMPASC; ACARESC, 1981; PRESA, 2011).

A partir da década de 1980, o programa PROVÁRZEAS passou a incentivar o aproveitamento das várzeas irrigáveis, o que impulsionou a difusão do sistema de cultivo irrigado baseado no uso de sementes pré-germinadas na região sul catarinense (PRESA, 2011).

Em Santa Catarina, as várzeas ocupam extensas áreas pertencentes às bacias hidrográficas litorâneas (bacias dos rios Araranguá, Tubarão, Urussanga, Itajaí, dentre outras). A respeito das diferenças entre o cultivo no sistema irrigado tradicional e o cultivo irrigado a partir do PROVÁRZEAS, Presa (2011, p. 115) destaca que:

[...] As principais diferenças entre o cultivo no sistema irrigado tradicional e o irrigado a partir do PROVÁRZEAS se deu com a realização do nivelamento dos terrenos com água e também a partir do plantio com sementes pré-germinadas em quadras, canchas niveladas ou terrenos sistematizados. [...].

O sistema de cultivo de arroz irrigado baseado no uso de sementes pré-germinadas “[...] caracteriza-se pela implantação da cultura com sementes pré-germinadas, distribuídas a lanço, em solo previamente inundado com lâmina da água de aproximadamente 5 cm. [...]” (SOSBAI, 2012, p. 53). Nas áreas de cultivo de arroz que utilizam o sistema pré-germinado, antes de ser realizada a semeadura, ocorrem as etapas de preparo do solo que compreendem:

a) Incorporação da resteva de arroz e plantas daninhas. Estas operações são feitas preferencialmente em solo seco para evitar a proliferação de plantas daninhas aquáticas [...]. b) Formação da lama. Tem por objetivo preparar o solo para ser nivelado e alisado. Realizada em solo alagado, com o auxílio de grade, enxada rotativa ou roda de ferro tipo “gaiola”. c) Renivelamento e alisamento do solo. Após a formação da lama, utilizam-se pranchões de madeira para tornar a superfície lisa e nivelada, própria para receber a semente pré-germinada. (SOSBAI, 2012, p. 54).

Após a realização das etapas de preparo do solo acima mencionadas, a semeadura é realizada (de forma manual ou mecanizada) nas canchas previamente inundadas. No sul de Santa Catarina, o período recomendado para a realização da semeadura no sistema de cultivo irrigado pré-germinado compreende o período que se estende do início do mês de setembro até meados do mês de dezembro (THOMÉ et al., 1999; EPAGRI, 2002; SOSBAI, 2012).

Conforme o exposto, em Santa Catarina, a partir da década de 1980, a difusão do sistema de cultivo de arroz irrigado baseado no uso de sementes pré-germinadas incentivada

pelo programa PROVÁRZEAS ocasionou a expansão da rizicultura sobre as áreas de várzeas inseridas nas bacias hidrográficas litorâneas, caso das bacias dos rios Araranguá e Urussanga. Nestas áreas, no período compreendido entre os meses de setembro e dezembro ocorre a semeadura do arroz pré-germinado. Durante este período é comum que as canchas de arroz encontrem-se alagadas devido a dois fatores principais: a preparação do solo realizada antes da semeadura e a realização da própria semeadura que ocorre com as canchas previamente alagadas.

Nesse contexto, a expansão territorial da classe Massa de Água verificada na bacia hidrográfica do rio Urussanga durante o período analisado (1986 a 2016) provavelmente está relacionada aos fatores acima mencionados, tendo em vista que as imagens orbitais dos sistemas Landsat 5 e 8 utilizadas neste estudo foram captadas nos meses de outubro e novembro, período em que ocorre a semeadura do arroz pré-germinado e no qual as canchas de arroz costumam estar alagadas.

Outro fator responsável pela expansão da área coberta por massa de água na bacia, entre os anos de 1986 e 2016, é a existência de cavas abertas no solo para a mineração de substâncias como a argila e a areia em diferentes áreas da bacia. A figura 6 mostra o recorte de uma área pertencente ao município de Morro da Fumaça, na qual é desenvolvida a atividade de extração de substâncias minerais, dentre as quais predominam a argila e a areia. Essa área, localizada no médio vale da bacia do rio Urussanga, caracteriza-se por apresentar um relevo plano que faz parte da unidade geomorfológica Planície Colúvio-Aluvionar. Esta unidade geomorfológica é formada por extensas planícies de inundação, ou seja, áreas sujeitas à ocorrência de inundações durante o decorrer do ano. Nessas áreas, são encontrados os Gleissolos, que se encontram, quase sempre, associados aos Cambissolos. Estes dois tipos de solos são, intensamente, utilizados para a mineração de argila e para a prática da rizicultura (EMBRAPA, 1992; SANTA CATARINA, 2008; TREIN, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014).

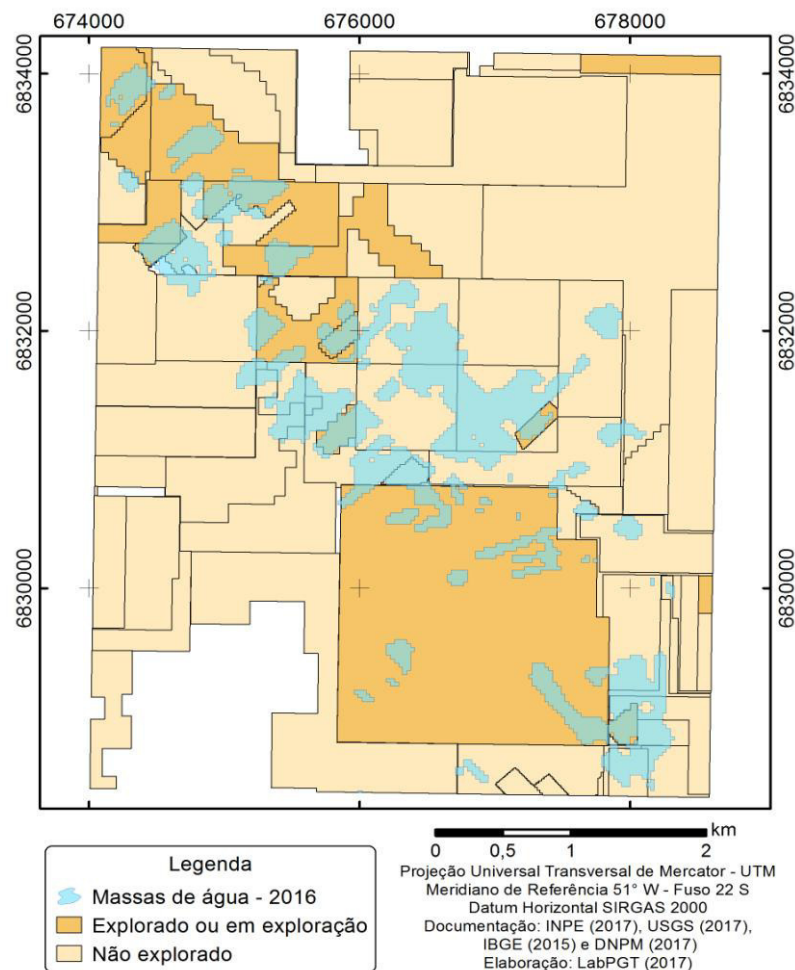
A área amostrada na figura 6 possui uma extensão territorial de 24,829 km<sup>2</sup>. Deste total, 6,469 km<sup>2</sup> correspondem às áreas que já foram submetidas ao processo de extração de substâncias minerais, o que representa 26,05% da área total amostrada. O restante da área amostrada na figura 6 não sofreu processo de extração de substâncias minerais. A porção da área amostrada que ainda não foi submetida à extração mineral equivale a 18,36 km<sup>2</sup>, o que representa 73,95% da área total amostrada.

Observando-se a figura 6 percebe-se que várias porções da classe Massa de Água, mapeadas para o ano de 2016, encontram-se sobrepostas às áreas que já foram submetidas ao processo de extração de substâncias minerais. Nesses casos, a existência de massa de água

corresponde às cavas abertas no solo para a extração de substâncias minerais (argila, areia, dentre outras).

Conforme destacado anteriormente, boa parte do médio vale da bacia hidrográfica do rio Urussanga apresenta o relevo constituído pela unidade geomorfológica Planície Colúvio-Aluvionar. Essa unidade apresenta um relevo plano, formado por vastas planícies de inundação nas quais são encontrados dois tipos de solos – Gleissolos e Cambissolos (EMBRAPA, 1992; SANTA CATARINA, 2008; TREIN, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014). Sobre essas áreas desenvolvem-se as atividades de extração de substâncias minerais (argila, areia, dentre outras) e da rizicultura (ADAMI; CUNHA, 2014). Ambas as atividades, conforme pode ser visto pelos dados apresentados anteriormente, são responsáveis pela expansão territorial da classe Massa de Água verificada na bacia hidrográfica do rio Urussanga entre os anos de 1986 e 2016.

Figura 6 – Recorte das áreas de mineração de argila, areia e/ou outras substâncias minerais – município de Morro da Fumaça/SC.



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

Tendência contrária ao da classe Massa de Água foi apresentada pela classe Campo de Duna. Em 1986, a classe Campo de Duna cobria uma área de 8,911 km<sup>2</sup>, o que representava 1,31% da área total da bacia do rio Urussanga. Entre os anos de 1986 e 2001, esta classe apresentou redução territorial de 0,273 km<sup>2</sup>, passando a ocupar 1,27% da área total da bacia no ano de 2001. Entre os anos de 2001 e 2016, a classe em questão apresentou nova redução espacial de 0,952 km<sup>2</sup>, o que correspondeu a 1,13% da área total da bacia no ano de 2016. Ao longo do período analisado (1986 a 2016), a porção da bacia correspondente à classe Campo de Duna apresentou redução espacial que totalizou 1,225 km<sup>2</sup> (tabelas 2 e 3).

A classe Campo de Duna encontra-se inserida no baixo vale da bacia hidrográfica do rio Urussanga. Nesta área, o relevo é composto pela unidade geomorfológica Planície Litorânea – constituída por planícies que apresentam praias arenosas e dunas (ADAMI; CUNHA, 2014). Dessa forma, é importante ressaltar que essa classe inclui, além das dunas, a faixa de areia das praias inseridas na bacia. Desse modo, essa classe contempla um ambiente dinâmico que é afetado diretamente pela ação das correntes marítimas e pelo fluxo diário das marés. Tais fatores, aliados a dinamicidade do ambiente costeiro em questão, podem ter exercido influência direta nos resultados obtidos no processamento digital das imagens do sistema Landsat utilizadas nesse estudo, no que se refere à mudança espaçotemporal da classe Campo de Duna.

O processo de redução espacial da classe Campo de Duna acima descrito decorre da conversão de áreas pertencentes à classe em questão em outras classes de uso e cobertura da terra. Portanto, a redução espacial da classe Campo de Duna verificada na bacia hidrográfica do rio Urussanga entre os anos de 1986 e 2016 resulta do avanço de outras classes de uso e cobertura da terra sobre áreas antes pertencentes à classe Campo de Duna. Dentre as classes que apresentaram expansão territorial sobre as áreas antes ocupadas pela classe Campo de Duna estão as classes Vegetação Arbórea/Arbustiva, Área Urbanizada e Área Antropizada (tabelas 10A, 10B e 10C). Tais classes de uso e cobertura da terra influenciam, diretamente, a mudança espaçotemporal da classe Campo de Duna.

Tabela 10A – Conversão da classe Campo de Duna em Áreas Urbanizadas

Período	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)
1986 – 2001	0,709	70,898
2001 – 2016	0,429	42,918
Total	1,138	113,816

Fonte: do Autor.

Os dados da tabela 10A mostram que, entre os anos de 1986 e 2001, o processo de conversão da classe Campo de Duna em Áreas Urbanizadas totalizou 0,709 km<sup>2</sup>. No período seguinte, entre os anos de 2001 e 2016, este processo de conversão totalizou 0,429 km<sup>2</sup>. Dessa forma, ao longo do período analisado (1986 a 2016), a conversão de áreas antes pertencentes à classe Campo de Duna em áreas urbanizadas totalizou 1,138 km<sup>2</sup>. Estes dados mostram o avanço do processo de urbanização sobre as áreas de dunas em andamento no baixo vale da bacia do rio Urussanga (figura 7H). Tal situação é verificada em vários municípios localizados na faixa litorânea do estado de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2008).

Segundo Santa Catarina (2008), a urbanização da faixa litorânea catarinense intensificou-se a partir do final da década de 1980. Tal processo ocorreu de forma acelerada e desordenada, o que deflagrou uma série de impactos ambientais sobre os ecossistemas costeiros. Dentre esses impactos ambientais, tem-se a contaminação dos recursos hídricos (rios, lagoas e o próprio oceano) devido à falta de coleta e tratamento dos efluentes gerados no meio urbano e no meio rural; a ocupação desordenada do solo devido à falta de um planejamento urbano adequado; a destruição de ecossistemas como áreas de mangue, restingas e dunas; dentre outros. Tais impactos ambientais podem ser observados na faixa litorânea da bacia hidrográfica do rio Urussanga (figuras 7A, 7B, 7D, 7E, 7F, 7G e 7H).

Esta tendência de intensificação do processo de urbanização da faixa litorânea também foi constatada por Seabra e Cruz (2013) ao analisar a dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica do rio São João, localizada no estado do Rio de Janeiro. O estudo em questão mostrou a expansão territorial das áreas urbanas na bacia, especialmente no período compreendido entre os anos de 1995 e 2010. Este processo de urbanização foi mais intenso na planície costeira da bacia, principalmente no distrito litorâneo de Barra de São João, pertencente ao município de Casimiro de Abreu. Conforme os autores, o intenso processo de urbanização registrado nesse distrito possivelmente está relacionado ao crescimento urbano de cidades ligadas à atividade de exploração de petróleo, caso das cidades vizinhas de Macaé e Cabo Frio.

Tabela 10B – Conversão da classe Campo de Duna em Vegetação Arbórea/Arbustiva

Período	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)
1986 – 2001	0,495	49,493
2001 – 2016	0,106	10,62
Total	0,601	60,113

Fonte: do Autor.

Os dados da tabela 10B mostram que, entre os anos de 1986 e 2001, o processo de conversão da classe Campo de Duna em áreas ocupadas pela classe Vegetação Arbórea/Arbustiva totalizou 0,495 km<sup>2</sup>. No período seguinte, entre os anos de 2001 e 2016, este processo de conversão totalizou 0,106 km<sup>2</sup>. Dessa forma, entre os anos de 1986 e 2016, a conversão de áreas antes pertencentes à classe Campo de Duna em áreas ocupadas por cobertura florestal totalizou 0,601 km<sup>2</sup>. Tais dados mostram o avanço da cobertura florestal sobre as áreas de dunas no baixo vale da bacia. Tal processo pode estar relacionado ao desenvolvimento das atividades de reflorestamento e silvicultura nessa porção da bacia, conforme mostram as figuras 7A, 7D, 7E e 7F.

O desenvolvimento das atividades de reflorestamento e silvicultura na bacia hidrográfica do rio Urussanga está relacionado ao fato de que os municípios inseridos na bacia apresentam áreas com boa aptidão de uso das terras para a prática dessas atividades (THOMÉ et al., 1999). Thomé et al. (1999), em trabalho intitulado “Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina”, regionalizaram o território catarinense em cinco Grandes Unidades de Paisagem que, posteriormente, foram subdivididas em onze zonas agroecológicas. Cada uma destas zonas agroecológicas apresenta relativa homogeneidade quanto aos aspectos físicos (clima, geomorfologia, geologia, solos, etc.) e biológicos (cobertura vegetal e fauna), bem como em relação à aptidão de uso das terras ao nível de macroclima.

Cada zona agroecológica abrange vários municípios. A maioria dos municípios drenados pela bacia hidrográfica do rio Urussanga faz parte da zona agroecológica 2B – Carbonífera, Extremo Sul e Colonial Serrana. Apenas o município de Jaguaruna encontra-se inserido na zona agroecológica 1B – Litoral de Florianópolis e Laguna. Na execução do trabalho, Thomé et al. (1999) criaram um banco de dados climáticos que apresenta parâmetros relacionados com as exigências climáticas de diferentes culturas agrícolas e florestais. A partir disso, os autores executaram a avaliação da aptidão climática de cada zona agroecológica com relação ao cultivo de diferentes espécies vegetais. Dessa avaliação resultaram três categorias de Aptidão Climática: Preferencial – quando as condições climáticas de uma região favorecem o desenvolvimento da cultura em questão; Tolerada – quando as condições climáticas de uma região restringem o cultivo de determinada espécie; e Não Recomendada – quando as condições climáticas regionais apresentam-se inadequadas ao cultivo de determinada espécie (THOMÉ et al., 1999).

Os municípios drenados pela bacia do rio Urussanga, inseridos na zona agroecológica 2B, apresentam diferentes graus de aptidão de uso das terras para o

desenvolvimento do cultivo de espécies agrícolas e/ou florestais. A classe de aptidão de uso das terras predominante na zona agroecológica 2B foi a classe 3d que abrange as áreas que apresentam aptidão com restrições para o desenvolvimento de culturas anuais climaticamente adaptadas e aptidão regular para o desenvolvimento da fruticultura. Aliado a isso, a classe 3d apresenta boa aptidão para a implantação de pastagem e reflorestamento. A maior limitação ao uso das terras nessa classe é a declividade (20 a 45%) (THOMÉ et al., 1999).

Outra classe de aptidão do uso das terras existente na zona agroecológica 2B é a classe 4d que corresponde àquelas áreas que apresentam aptidão com restrições para o desenvolvimento da fruticultura e aptidão regular para o desenvolvimento de pastagem e reflorestamento. A maior limitação ao uso das terras na classe 4d é a declividade (45 a 75%). Por fim, destaca-se a classe 1 que corresponde às áreas caracterizadas por apresentar boa aptidão para o desenvolvimento de culturas anuais. Essa classe corresponde a 18,4% da área total da zona agroecológica 2B (THOMÉ et al., 1999).

Conforme destacado anteriormente, o município de Jaguaruna encontra-se inserido na zona agroecológica 1B. Nesta área, ocorre o predomínio da classe de aptidão de uso das terras de número 4 que corresponde àquelas áreas que apresentam aptidão com restrições para o desenvolvimento da fruticultura e aptidão regular para o desenvolvimento de pastagem e reflorestamento. Esta classe encontra-se subdividida entre as subclasses 4d (descrita anteriormente) e 4a que corresponde às areias quartzosas (THOMÉ et al., 1999).

De acordo com o que foi o exposto anteriormente, os municípios drenados pela bacia hidrográfica do rio Urussanga apresentam áreas nas quais a aptidão de uso das terras para o desenvolvimento das atividades de reflorestamento e silvicultura varia de regular até boa. A principal limitação ao uso das terras para o desenvolvimento de ambas as atividades consiste na declividade. Nas áreas onde a declividade é menor, como em várias porções do baixo vale da bacia, tem-se uma boa aptidão de uso das terras para o desenvolvimento de ambas as atividades. Tal fato explica a presença marcante das atividades de reflorestamento e silvicultura no baixo vale da bacia do rio Urussanga.

Tabela 10C – Conversão da classe Campo de Duna em Áreas Antropizadas

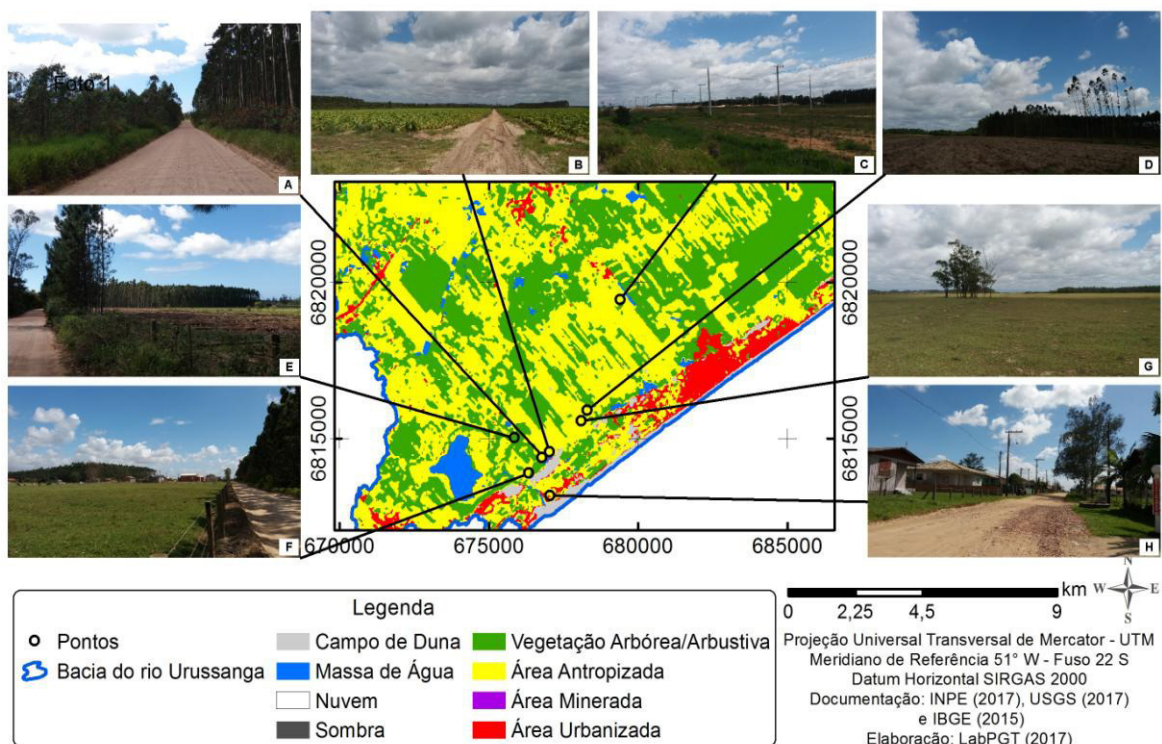
Período	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)
1986 – 2001	0,484	48,406
2001 – 2016	0,866	86,605
Total	1,350	135,011

Fonte: do Autor.

Os dados da tabela 10C mostram que, entre os anos de 1986 e 2001, o processo de conversão da classe Campo de Duna em áreas ocupadas pela classe Área Antropizada totalizou 0,484 km<sup>2</sup>. No período seguinte, entre os anos de 2001 e 2016, esse processo de conversão totalizou 0,866 km<sup>2</sup>. Dessa forma, entre os anos de 1986 e 2016, a conversão de áreas antes pertencentes à classe Campo de Duna em áreas ocupadas pela classe Área Antropizada totalizou 1,350 km<sup>2</sup>. Tais dados mostram o avanço das áreas antropizadas sobre as áreas de dunas no baixo vale da bacia conforme mostram as figuras 7B, 7D, 7F e 7G.

Outras duas classes mapeadas no processamento digital de imagens foram as classes Nuvem e Sombra. A classe Sombra foi mapeada na imagem referente ao ano de 1986, com área total de 2,746 km<sup>2</sup>, o que correspondeu a 0,40% da área total da bacia na ocasião (tabela 2). No ano de 2001 a classe em questão não foi mapeada. Já na imagem referente ao ano de 2016 a classe em questão voltou a ser mapeada, compreendendo uma área total de 0,635 km<sup>2</sup>, o que correspondeu a 0,09% da área total da bacia na ocasião (tabela 2). Por fim, a classe Nuvem foi mapeada apenas na imagem referente ao ano de 2016, com área total de 0,506 km<sup>2</sup>, abrangendo 0,07% da área total da bacia (tabela 2).

Figura 7 – Pontos de amostragem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Urussanga.



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).



## 5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS NO MAPEAMENTO TEMÁTICO DA CLASSE VEGETAÇÃO ARBÓREA/ARBUSTIVA E AS CLASSES ÁREA URBANIZADA E ÁREA ANTROPIZADA

### 5.2.1 Mudança espaçotemporal da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em relação a classe Área Urbanizada

Os resultados apresentados neste subtítulo, bem como a sua respectiva análise, foram adaptados dos trabalhos desenvolvidos por Conto et al. (2017) e por Dias et al. (2017).

Ao longo do período analisado, 1986 a 2016, a cobertura florestal da bacia hidrográfica do rio Urussanga (classe Vegetação Arbórea/Arbustiva) teve sua área total reduzida em cerca de 4,564 km<sup>2</sup> (tabela 11).

Em contrapartida, entre os anos de 1986 e 2016, as áreas urbanizadas tiveram crescimento na bacia, totalizando uma expansão territorial de cerca de 20,936 km<sup>2</sup>. Essa expansão mostrou-se mais expressiva entre os anos de 2001 e 2016 (tabela 11).

Ao longo do período analisado, 1986 a 2016, parte da área ocupada pela classe Vegetação Arbórea/Arbustiva na bacia hidrográfica do rio Urussanga foi convertida em áreas urbanizadas. Entre os anos de 1986 e 2001 houve a conversão de 5,026 km<sup>2</sup> de vegetação arbórea/arbustiva em áreas urbanizadas (tabela 12). Já no período compreendido entre os anos de 2001 e 2016 a conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas urbanizadas totalizou 7,358 km<sup>2</sup> (tabela 12).

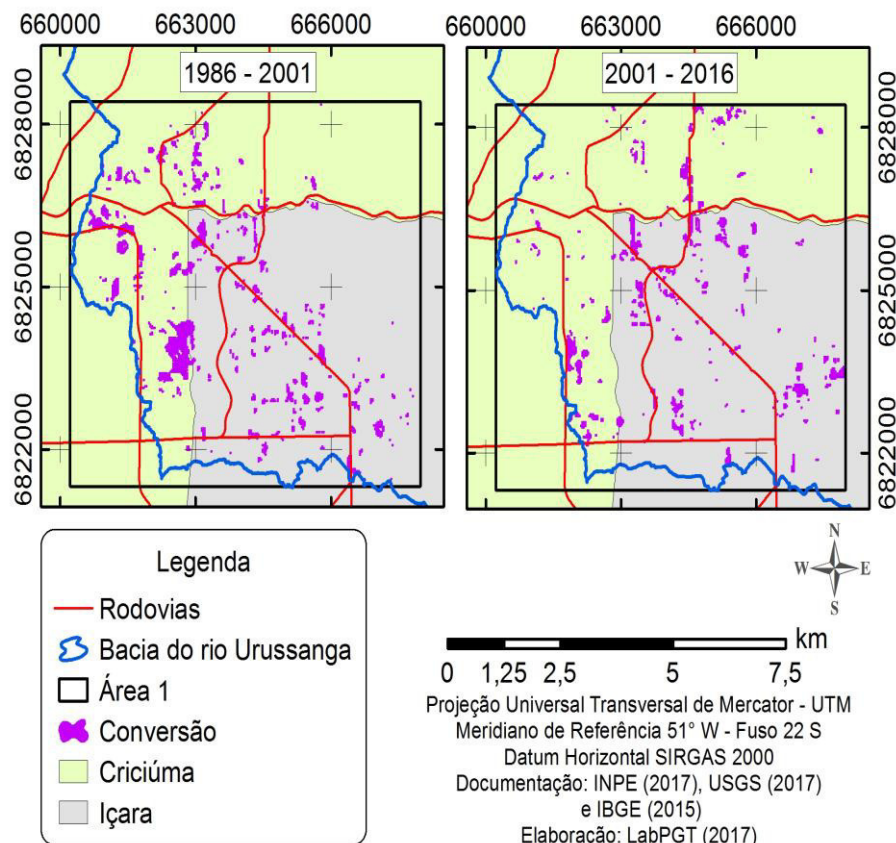
Tendência semelhante foi constatada por Simbangala et al. (2015) na Região Costa Maya, México. Nesta área, entre os anos de 1993 e 2010 os autores verificaram a conversão de áreas florestadas em áreas urbanas, fato que possivelmente contribuiu para o processo de fragmentação das áreas de floresta tropical registrado nas proximidades das principais áreas urbanas.

Em seu estudo, Seabra e Cruz (2013) destacam que, entre os anos de 1975 e 2010, as áreas que registraram maior redução espacial de fragmentos florestais na bacia hidrográfica do rio São João foram as áreas compostas por planícies aluviais e costeiras. Este fato está relacionado diretamente com o crescimento urbano verificado nestas áreas e a realização de obras de engenharia voltadas à drenagem artificial de corpos hídricos superficiais durante a década de 1970. Dessa forma, a expansão das áreas urbanizadas contribuiu para a supressão de áreas florestais na bacia hidrográfica do rio São João.

Com o intuito de facilitar a compreensão do processo acima descrito foram definidas duas áreas na bacia hidrográfica do rio Urussanga que apresentaram conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas urbanizadas (tabela 12).

A figura 8 a seguir mostra a Área 1. Esta área corresponde ao eixo de crescimento urbano que está se consolidando entre os municípios de Criciúma e Içara, tendo a rodovia SC 445 como seu principal elemento integrador (DIAS et al., 2017). Conforme Dias et al. (2017), essa área apresentou uma conversão de cerca de 1,992 km<sup>2</sup> entre os anos de 1986 e 2001, o que corresponde a 39,64% da conversão total ocorrida na bacia neste período. Segundo os mesmos autores, entre os anos de 2001 e 2016, verificou-se uma conversão da ordem de 1,439 km<sup>2</sup>, o que correspondeu a 19,56% da conversão total da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas urbanizadas ocorrida na bacia neste período (tabela 12).

Figura 8 – Mapa de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Urbanizadas na Área 1.



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

Tabela 11 – Mudança espaçotemporal das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Urussanga.

Classe de uso e cobertura da terra	1986 - 2001 (ha)	1986 - 2001 (km <sup>2</sup> )	2001 - 2016 (ha)	2001 - 2016 (km <sup>2</sup> )	Total (ha)	Total (km <sup>2</sup> )
Área Urbanizada	658,4	6,584	1435,2	14,352	2093,6	20,936
Vegetação Arbórea/Arbustiva	-21,9	-0,219	-434,5	-4,345	-456,4	-4,564

Fonte: DIAS et al. (2017)

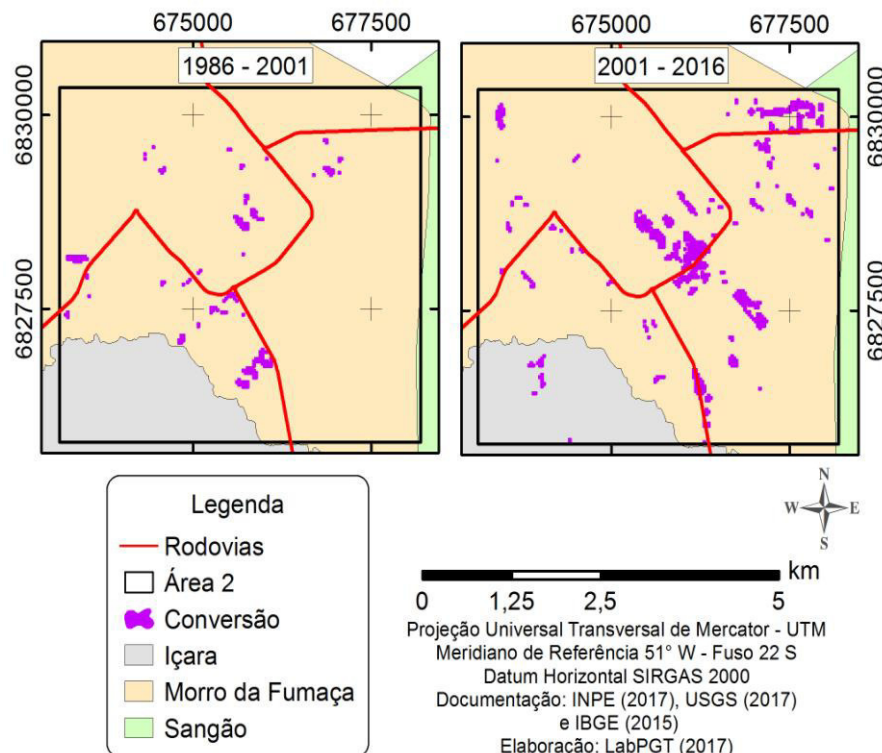
Tabela 12 – Áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Urbanizadas.

Período	Total na bacia (ha)	Total na bacia (km <sup>2</sup> )	Área 1 (Criciúma-Içara)			Área 2 (Morro da Fumaça)		
			Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem
1986 – 2001	502,560	5,026	199,204	1,992	39,64	18,754	0,188	3,73
2001 – 2016	735,815	7,358	143,925	1,439	19,56	70,560	0,706	9,59
Total	1238,375	12,384	343,129	3,431		89,314	0,893	

Fonte: Adaptado de DIAS et al. (2017)

A Área 2 é um recorte constituído, em sua maior parte, pelas áreas urbanizadas em processo de consolidação no município de Morro da Fumaça. Percebe-se também o surgimento de uma área urbanizada localizada no município de Içara (figura 9). Nessa área, entre os anos de 1986 e 2001, verificou-se uma conversão total da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas urbanizadas de aproximadamente 0,188 km<sup>2</sup>, correspondendo a 3,73% da conversão total verificada na bacia no período. No período seguinte, entre os anos de 2001 e 2016, este processo de conversão intensificou-se, atingindo o valor de 0,706 km<sup>2</sup>, o que representou 9,59% da conversão total ocorrida na bacia nesse período (tabela 12).

Figura 9 – Mapa de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Urbanizadas na Área 2.



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

A análise dos dados das tabelas 11 e 12 mostram que a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva apresentou uma redução de 0,219 km<sup>2</sup> em sua área total na bacia entre os anos de 1986 e 2001. Paralelamente a isso, verificou-se na bacia uma conversão de 5,026 km<sup>2</sup> dessa mesma classe em áreas urbanizadas no período em questão (DIAS et al., 2017).

Os resultados acima mencionados indicam que, entre os anos de 1986 e 2001, o processo de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas urbanizadas foi superior a redução total da área ocupada por essa classe na bacia do rio Urussanga. Esse fato indica que, no período em questão, a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva teve parte de sua

área total convertida em áreas urbanizadas ao mesmo tempo em que apresentou uma expansão territorial de cerca de 4,807 km<sup>2</sup> sobre as áreas ocupadas por outras classes de uso e cobertura da terra (DIAS et al., 2017).

Entre os anos de 2001 e 2016, a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva apresentou redução em sua área total na bacia da ordem de 4,345 km<sup>2</sup> (tabela 11). No mesmo período, o processo de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas urbanizadas totalizou 7,358 km<sup>2</sup> (tabela 12). Tais resultados evidenciam a continuidade do processo anteriormente verificado. Contudo, nesse período, a expansão territorial da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre as áreas ocupadas por outras classes de uso e cobertura da terra foi menos intensa, totalizando cerca de 3 km<sup>2</sup> (DIAS et al., 2017).

### **5.2.2 Mudança espaçotemporal da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em relação a classe Área Antropizada**

Ao longo do período analisado, 1986 a 2016, a cobertura florestal da bacia hidrográfica do rio Urussanga (classe Vegetação Arbórea/Arbustiva) teve sua área total reduzida em cerca de 4,564 km<sup>2</sup> (tabela 3). Processo semelhante ocorreu com a classe Área Antropizada que, entre os anos de 1986 e 2016, apresentou uma redução de 14,745 km<sup>2</sup> em sua área total na bacia (tabela 3).

Entre os anos de 1986 e 2016, parte da área ocupada pela classe Vegetação Arbórea/Arbustiva na bacia hidrográfica do rio Urussanga foi convertida em áreas antropizadas. Entre os anos de 1986 e 2001 houve a conversão de 81,384 km<sup>2</sup> de vegetação arbórea/arbustiva em áreas antropizadas. Já no período compreendido entre os anos de 2001 e 2016 a conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas antropizadas totalizou 63,415 km<sup>2</sup> (tabela 13A).

Paralelamente à conversão de áreas ocupadas pela classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas antropizadas, verificou-se na bacia a ocorrência de um processo inverso, ou seja, a regeneração da cobertura florestal (classe Vegetação Arbórea/Arbustiva) sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada. Entre os anos de 1986 e 2001 houve a regeneração de 77,105 km<sup>2</sup> de cobertura florestal sobre as áreas antropizadas. No período compreendido entre os anos de 2001 e 2016 a regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas totalizou 67,999 km<sup>2</sup> (tabela 13A).

Tabela 13A – Áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada

Intervalo	Total na bacia			
	Conversão		Regeneração	
	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)
1986 – 2001	81,384	8138,460	77,105	7710,511
2001 – 2016	63,415	6341,519	67,999	6799,881
Total	144,799	14479,979	145,104	14510,392

Fonte: do Autor.

O processo de conversão de áreas florestais em áreas ocupadas pelas atividades de agricultura e de pecuária (atividades inseridas na classe Área Antropizada) acima descrito também foi constatado em estudos desenvolvidos por outros autores. Souza Jr. et al. (2013), em estudo cujo objetivo foi demonstrar um método capaz de quantificar o desmatamento e a degradação florestal anuais em toda a extensão do bioma amazônico inserida em território brasileiro, constatou que, entre os anos de 2000 e 2010, um total de 169.074 km<sup>2</sup> de floresta amazônica foram convertidos para usos da terra antrópicos, dentre os quais tem-se a agricultura, as pastagens, a mineração, dentre outros.

No estado de Minas Gerais, Leite e Ferreira (2013) desenvolveram trabalho cujo objetivo foi o de analisar o uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Tabuas, no município de Montes Claros. Os resultados finais mostraram que a área total da bacia ocupada pela cobertura vegetal (classes Floresta Estacional Decidual, Mata Ciliar e Cerrado) apresentou uma redução de 11% entre os anos de 1995 e 2010. Paralelamente, a área total da bacia ocupada pelo uso antrópico apresentou um aumento de 11% no mesmo período. Ressalta-se que o uso antrópico inclui cultivos agrícolas, áreas degradadas, pastagem, dentre outros usos. Os autores destacam que o principal uso antrópico existente na bacia é a pastagem. Dessa forma, entre os anos de 1995 e 2010, 11% da área total da bacia antes ocupada pela cobertura vegetal foi convertida em usos antrópicos.

A mesma tendência verificada na bacia hidrográfica do rio Urussanga quanto à ocorrência de dois processos opostos – conversão da cobertura florestal em áreas ocupadas pelas atividades de agricultura e de pecuária (classe Área Antropizada) e regeneração da cobertura florestal sobre áreas que antes eram ocupadas pelas atividades de agricultura e de pecuária foi constatada por Seabra e Cruz (2013) na bacia hidrográfica do rio São João, estado do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos pelos autores mostraram que a classe Coberturas

Naturais (que inclui as áreas ocupadas pelos cordões arenosos, florestas, mangues e áreas úmidas) apresentou redução espacial entre os anos de 1975 e 1995. Porém, entre os anos de 1995 e 2010 esta classe apresentou expansão territorial. Segundo os autores, a expansão territorial das coberturas naturais verificada na bacia entre os anos de 1995 e 2010 está relacionada à regeneração das áreas florestadas ocorrida na bacia neste período.

Os autores destacam que a mudança espaçotemporal observada nas Coberturas Naturais apresenta fortes correlações com a mudança espaçotemporal verificada na classe Áreas de agricultura, pastagem ou vegetação secundária. Nesse sentido, no período compreendido entre os anos de 1975 e 1995 verificou-se na bacia a redução espacial da classe Coberturas Naturais ao mesmo tempo em que constatou-se a expansão territorial da classe Áreas de agricultura, pastagem ou vegetação secundária. No período seguinte, entre os anos de 1995 e 2010, ocorreu o processo inverso, ou seja, a expansão territorial da classe Coberturas Naturais e a redução espacial da classe Áreas de agricultura, pastagem ou vegetação secundária.

Os dados obtidos pelos autores demonstram que, na bacia hidrográfica do rio São João, o processo de conversão das coberturas naturais em áreas ocupadas por pastagens, cultivos agrícolas e vegetação secundária vem diminuindo desde 1995. Ao mesmo tempo, a regeneração das coberturas naturais sobre as áreas que antes eram ocupadas por atividades agropecuárias ou vegetação secundária acelerou-se entre os anos de 1995 e 2010 devido à regeneração das áreas florestadas ocorrida na bacia neste período.

Simbangala et al. (2015) também constataram a ocorrência do processo de regeneração da cobertura florestal sobre áreas que antes eram ocupadas por atividades agropecuárias na Região Costa Maya, México. Os resultados do mapeamento realizado pelos autores mostraram a expansão das áreas agrícolas no período compreendido entre os anos de 1993 e 2000, seguido de uma redução dessas áreas no período compreendido entre os anos de 2000 e 2010. Segundo os autores, esse fato foi ocasionado pela conversão de áreas agrícolas em florestas tropicais.

Conforme o exposto anteriormente, os resultados obtidos nos estudos desenvolvidos por Souza Jr. et al. (2013), Leite e Ferreira (2013), Seabra e Cruz (2013) e Simbangala et al. (2015) corroboram a ocorrência dos dois processos opostos verificados na bacia hidrográfica do rio Urussanga: a conversão de áreas pertencentes à classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas antropizadas e a regeneração da cobertura florestal (classe Vegetação Arbórea/Arbustiva) sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada.

Com o intuito de facilitar a compreensão dos processos acima descritos foram definidas duas áreas na bacia hidrográfica do rio Urussanga que apresentaram tanto a conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas antropizadas, quanto o processo inverso (tabelas 13B e 13C).

Tabela 13B – Áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada – Área 1

Intervalo	Conversão		Regeneração	
	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)
1986 – 2001	11,802	1180,212	11,257	1125,691
2001 – 2016	6,492	649,218	9,683	968,269
Total	18,294	1829,430	20,940	2093,960

Fonte: do Autor.

A figura 10 a seguir mostra a Área 1. Esta área corresponde a uma porção do alto vale da bacia do rio Urussanga, próximo às suas cabeceiras. Essa área apresentou uma conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas antropizadas de 11,802 km<sup>2</sup> entre os anos de 1986 e 2001. Nesse mesmo período, o processo de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas totalizou 11,257 km<sup>2</sup> na área em questão (tabela 13B).

No período seguinte, entre os anos de 2001 e 2016, verificou-se uma conversão da ordem de 6,492 km<sup>2</sup>. Nesse período, o processo de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas totalizou 9,683 km<sup>2</sup> na área em questão (tabela 13B).

Os dados da tabela 13B mostram que, entre os anos de 1986 e 2016, o processo de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas superou o processo de conversão da cobertura florestal em áreas antropizadas em cerca de 2,646 km<sup>2</sup> na Área 1. Isto é, entre os anos de 1986 e 2016, a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva apresentou expansão territorial de aproximadamente 2,646 km<sup>2</sup> sobre as áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada na Área 1.

Esta tendência de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas na Área 1 pode estar relacionada à redução da quantidade de estabelecimentos agropecuários verificada no estado de Santa Catarina e nos municípios drenados pela bacia hidrográfica do rio Urussanga a partir da década de 1990 (tabelas 5 e 6). Essa redução da quantidade de estabelecimentos agropecuários decorre da intensificação do êxodo rural que resultou no intenso processo de urbanização verificado no estado de Santa Catarina, bem como nos

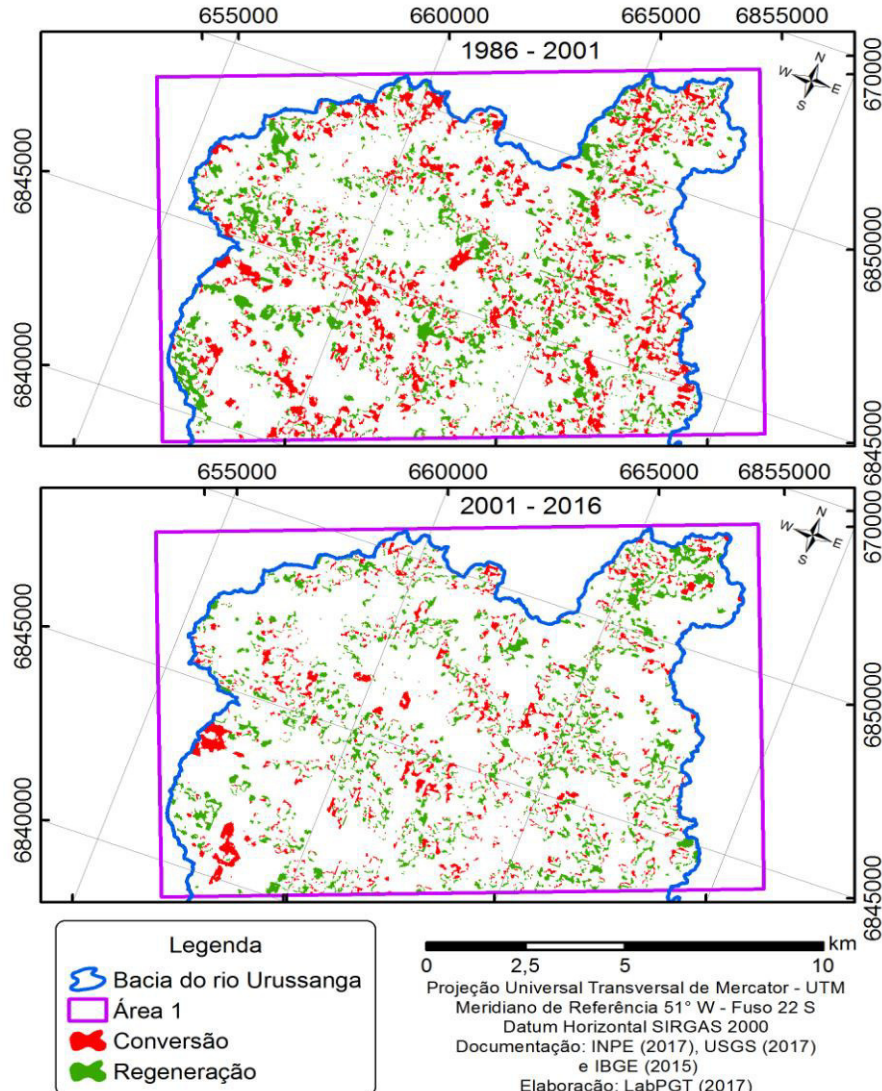


municípios drenados pela bacia hidrográfica do rio Urussanga a partir da década de 1980 (tabelas 7 e 8).

Aliado a isso, o alto vale da bacia apresenta um relevo com altitudes que, em geral, variam de 121 metros até altitudes que ultrapassam os 600 metros. O relevo local, formado pelas unidades geomorfológicas Patamares da Serra Geral, Depressão da Zona Carbonífera Catarinense e Serra do Tabuleiro caracteriza-se por apresentar áreas com vales fluviais encaixados e encostas íngremes (SANTA CATARINA, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014). Tais características restringem a prática das atividades agropecuárias e favorecem a existência de uma cobertura florestal mais densa. Tais aspectos contribuem para o processo de regeneração da cobertura florestal nessa área.

Essa tendência de regeneração da cobertura florestal foi constatada por Seabra e Cruz (2013) na bacia hidrográfica do rio São João/RJ. Nesta bacia, os autores verificaram a ocorrência do processo de regeneração da cobertura florestal em áreas de encostas de morros, escarpas e vales intramontanos que antes eram ocupadas por pastagens. Os autores destacam que as áreas regeneradas incluem as bordas de fragmentos florestais; as clareiras existentes em áreas florestadas que, com o passar do tempo, foram sendo “preenchidas” pelas formações florestais; e os vales intramontanos.

Figura 10 – Mapa das áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e das áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada – Área 1.



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

Tabela 13C – Áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada – Área 2

Intervalo	Conversão		Regeneração	
	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)
1986 – 2001	19,756	1975,648	27,145	2714,474
2001 – 2016	23,704	2370,397	20,547	2054,723
Total	43,460	4346,045	47,692	4769,197

Fonte: do Autor.

A figura 11 a seguir mostra a Área 2. Esta área corresponde a uma porção do baixo vale da bacia do rio Urussanga. Essa área apresentou uma conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas antropizadas de cerca de 19,756 km<sup>2</sup> entre os anos de 1986 e 2001. Nesse mesmo período, o processo de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas totalizou 27,145 km<sup>2</sup> na área em questão (tabela 13C).

No período seguinte, entre os anos de 2001 e 2016, verificou-se uma conversão da ordem de 23,704 km<sup>2</sup>. Nesse período, o processo de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas totalizou 20,547 km<sup>2</sup> na área em questão (tabela 13C).

Os dados da tabela 13C mostram que, entre os anos de 1986 e 2016, o processo de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas superou o processo de conversão da cobertura florestal em áreas antropizadas em cerca de 4,232 km<sup>2</sup> na Área 2. Dessa forma, entre os anos de 1986 e 2016, a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva apresentou expansão territorial de aproximadamente 4,232 km<sup>2</sup> sobre as áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada na Área 2.

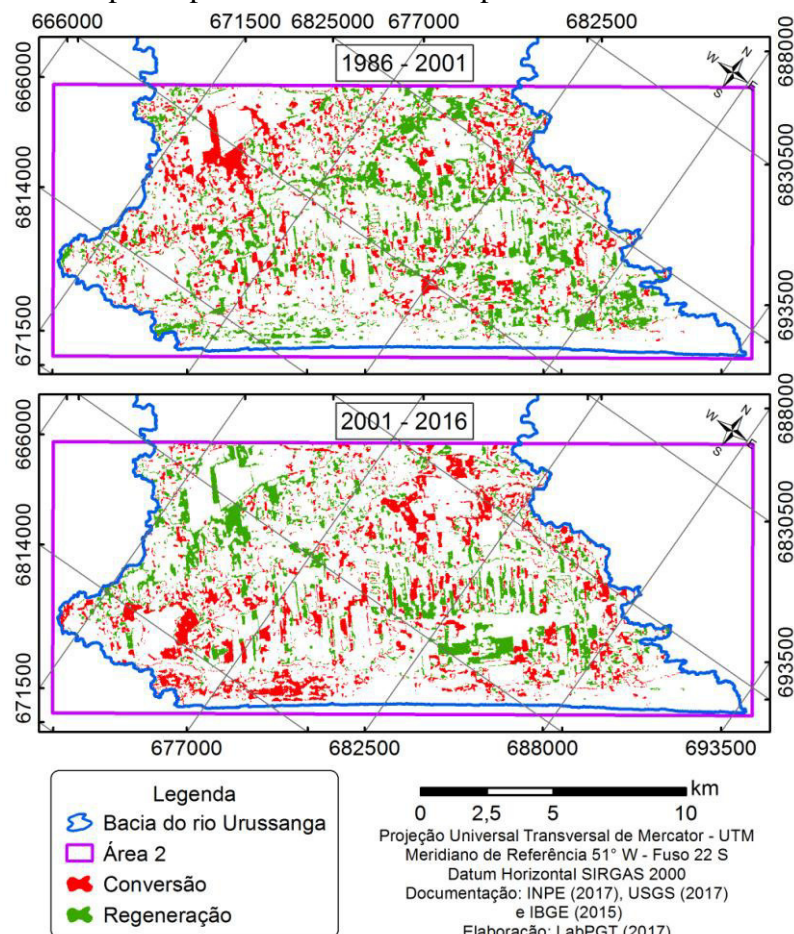
Esta tendência de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas na Área 2 provavelmente está relacionada às mudanças ocorridas na estrutura fundiária do estado de Santa Catarina e dos municípios drenados pela bacia hidrográfica do rio Urussanga a partir da década de 1990 (tabelas 5 e 6). Os dados da tabela 6 mostram que os municípios de Içara, Jaguaruna e Morro da Fumaça que se encontram inseridos parcialmente na Área 2 apresentaram redução da quantidade de estabelecimentos agropecuários entre os anos de 1985 e 1995. Tal situação decorre da intensificação do êxodo rural que resultou no intenso processo de urbanização verificado nos municípios drenados pela bacia hidrográfica do rio Urussanga a partir da década de 1980 (tabela 8). Esta redução da quantidade de estabelecimentos agropecuários verificada nos municípios citados, entre os anos de 1985 e 1995, provavelmente constitui-se em um dos fatores responsáveis pelo fato do processo de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas ter predominado na Área 2 entre os anos de 1986 e 2001 quando comparado ao processo de conversão de áreas florestais em áreas antropizadas.

Em compensação, o fato do processo de conversão de áreas florestais em áreas antropizadas ter superado o processo de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas na Área 2, entre os anos de 2001 e 2016, provavelmente está relacionado ao aumento da quantidade de estabelecimentos agropecuários verificado nos municípios de Jaguaruna, Morro da Fumaça e Sangão entre os anos de 1995 e 2006 (tabela 6). A única

exceção foi o município de Içara que registrou redução da quantidade de estabelecimentos agropecuários entre os anos de 1995 e 2006 (tabela 6).

Aliado a isso, a tendência de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas na Área 2 está relacionada à existência de áreas ocupadas pelas atividades de reflorestamento e silvicultura no baixo vale da bacia, conforme mostram as figuras 7A, 7D, 7E e 7F. De acordo com a análise feita no subtítulo 5.1, os municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Urussanga apresentam áreas nas quais a aptidão de uso das terras para o desenvolvimento das atividades de reflorestamento e silvicultura varia de regular até boa (THOMÉ et al., 1999). No baixo vale da bacia, onde existem vastas áreas caracterizadas por apresentar um relevo com menor declividade, tem-se uma boa aptidão de uso das terras para o desenvolvimento de ambas as atividades. Esse aspecto explica a presença marcante das atividades de reflorestamento e silvicultura no baixo vale da bacia do rio Urussanga.

Figura 11 – Mapa das áreas de conversão da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em Áreas Antropizadas e das áreas de regeneração da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada – Área 2.



Fonte: Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial – LabPGT (2017).

## 6 CONCLUSÃO

Para a realização desse estudo optou-se pela aquisição de imagens orbitais disponibilizadas gratuitamente e que apresentassem a maior distribuição temporal possível. Aliado a isso, havia a preocupação de adquirir imagens orbitais que apresentassem baixa cobertura de nuvens; possuísem a mesma resolução espacial; e pertencessem à mesma estação do ano. Nesse contexto, foram selecionadas as imagens orbitais do sistema Landsat 5, sensor Thematic Mapper – TM (anos de 1986 e 2001) e do sistema Landsat 8, sensor Operational Land Imager – OLI (ano de 2016). As imagens adquiridas dos sistemas sensores em questão atenderam aos critérios acima mencionados.

Na sequência procedeu-se a escolha das bandas espectrais para a composição colorida falsa-cor. Nesse contexto, a execução da classificação teve como base a utilização das bandas do infravermelho próximo, vermelho e verde, correspondendo às bandas 4/3/2 do sensor TM e às bandas 5/4/3 do sensor OLI. A escolha dessas bandas espectrais justificou-se pelo fato das mesmas permitirem uma boa identificação das áreas compostas por coberturas vegetais, corpos hídricos e manchas urbanas. Tal escolha mostrou-se adequada para a execução da classificação do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Urussanga entre os anos de 1986 e 2016.

A definição das classes de uso e cobertura da terra objetivou representar da forma mais fidedigna possível os diferentes usos da terra existentes na bacia. Desta forma, foram definidas as seguintes classes: Área Antropizada, Área Urbanizada, Área Minerada, Campo de Duna, Massa de Água, Vegetação Arbórea/Arbustiva, Nuvem e Sombra. O mapeamento das respectivas classes de uso e cobertura da terra foi realizado a partir da execução do procedimento de classificação supervisionada baseado no uso do algoritmo de Máxima Verossimilhança (MAXVER). Tal opção foi adotada a partir da compreensão de que esse método em relação a outros métodos de classificação é o que possui maior proximidade de trabalhar com elementos de reconhecimento que compõem a paisagem.

Para concluir optou-se por destacar os resultados da pesquisa. A análise dos resultados mostrou que, em ambos os períodos analisados (1986-2001 e 2001-2016), a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva apresentou redução em sua área total na bacia hidrográfica do rio Urussanga. Outras duas classes de uso e cobertura da terra que apresentaram redução espacial na bacia, em ambos os períodos analisados, foram as classes Campo de Duna e Área Minerada.

A redução espacial da classe Campo de Duna está relacionada à conversão de áreas que antes pertenciam a referida classe em áreas ocupadas pelas classes: Área Urbanizada, Área Antropizada e Vegetação Arbórea/Arbustiva.

A redução espacial da classe Área Minerada (composta pelas áreas mineradas para a extração de carvão mineral) está relacionada, diretamente, ao avanço do processo de recuperação ambiental em andamento nessas áreas. Aliado a isso, fatores como a crise provocada pela desregulamentação do setor carbonífero promovida pelo Governo Federal em 1990, o crescimento da conscientização ambiental e a organização de movimentos ambientalistas na sociedade catarinense (LADWIG; DAGOSTIM; BACK, 2018) contribuíram para a redução espacial dessa classe de uso e cobertura da terra na bacia do rio Urussanga.

Dentre as classes de uso e cobertura da terra que apresentaram expansão territorial na bacia, em ambos os períodos analisados, estão as classes Área Urbanizada e Massa de Água. A expansão territorial das áreas urbanizadas na bacia está relacionada à intensificação do processo de urbanização verificado nos municípios drenados pela bacia do rio Urussanga a partir da década de 1980.

A expansão territorial da classe Massa de Água verificada na bacia, entre os anos de 1986 e 2016, está relacionada ao intenso desenvolvimento da atividade de rizicultura na bacia a partir da década de 1980. Aliado a isso, a realização de cavas no solo para a extração mineral de argila e de areia, especialmente no médio vale da bacia, contribuiu para a expansão territorial da classe Massa de Água na bacia do rio Urussanga.

Uma classe de uso e cobertura da terra que apresentou oscilação espacial entre os anos de 1986 e 2016 foi a classe Área Antropizada. Entre os anos de 1986 e 2001, essa classe apresentou expansão territorial na bacia. Porém, entre os anos de 2001 e 2016, a classe em questão apresentou redução espacial na bacia do rio Urussanga.

A oscilação espacial da classe Área Antropizada acima mencionada está relacionada às características da estrutura fundiária do estado de Santa Catarina. Entre os anos de 1970 e 1985, verificou-se o aumento da quantidade de estabelecimentos agropecuários, em todos os grupos de área, no estado de Santa Catarina. Porém, a partir da década de 1990, a quantidade de estabelecimentos agropecuários existentes no estado começou a diminuir em todos os grupos de área (tabela 5). Tendência semelhante com relação à quantidade de estabelecimentos agropecuários foi constatada na maioria dos municípios drenados pela bacia hidrográfica do rio Urussanga (tabela 6). Do mesmo modo que, a partir da década de 1980, verificou-se a intensificação do processo de urbanização nos municípios que se encontram

inseridos, parcialmente ou totalmente, na bacia hidrográfica do rio Urussanga (tabela 8). A conjugação de ambos os fatores acima mencionados pode ser apontada como o motivo responsável pela redução da extensão territorial da classe Área Antropizada verificada na bacia do rio Urussanga entre os anos de 2001 e 2016.

Analisando-se a relação entre a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva e a classe Área Urbanizada percebe-se que, entre os anos de 1986 e 2016, houve a conversão de 12,384 km<sup>2</sup> de áreas pertencentes à classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas urbanizadas na bacia hidrográfica do rio Urussanga (tabela 12). Tal processo mostrou-se mais expressivo no período compreendido entre os anos de 2001 e 2016.

A análise da relação entre a classe Vegetação Arbórea/Arbustiva e a classe Área Antropizada mostrou a ocorrência de dois processos opostos em andamento na bacia: a conversão de áreas pertencentes à classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas antropizadas e a regeneração da cobertura florestal (classe Vegetação Arbórea/Arbustiva) sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada.

Entre os anos de 1986 e 2016, o processo de conversão das áreas ocupadas pela classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas antropizadas totalizou 144,799 km<sup>2</sup> na bacia. No mesmo período, o processo de regeneração da cobertura florestal sobre áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada totalizou 145,104 km<sup>2</sup> na bacia (tabela 13A). Esses dados demonstram um ligeiro processo de expansão territorial da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas na bacia do rio Urussanga ao longo do período analisado (1986 a 2016).

Esta tendência de regeneração da cobertura florestal sobre as áreas antropizadas mostrou-se mais expressiva nas duas áreas amostradas. Na Área 1, localizada no alto vale da bacia do rio Urussanga, verificou-se a expansão territorial de aproximadamente 2,646 km<sup>2</sup> da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre as áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada entre os anos de 1986 e 2016 (tabela 13B). A mesma tendência foi constatada na Área 2, localizada no baixo vale da bacia, onde verificou-se a expansão territorial de aproximadamente 4,232 km<sup>2</sup> da classe Vegetação Arbórea/Arbustiva sobre as áreas antes ocupadas pela classe Área Antropizada entre os anos de 1986 e 2016 (tabela 13C).

Os resultados do estudo demonstram uma tendência de continuidade do processo de conversão das áreas pertencentes à classe Vegetação Arbórea/Arbustiva em áreas urbanizadas na bacia hidrográfica do rio Urussanga à medida que o processo de urbanização se intensifique nos municípios inseridos na bacia. Porém, ao mesmo tempo em que a cobertura florestal vem sendo suprimida pela expansão das áreas urbanizadas, verifica-se uma tendência

de expansão territorial da cobertura florestal sobre áreas pertencentes a outras classes de uso e cobertura da terra, conforme foi constatado em relação à classe Área Antropizada.

Todo o processo de mudança espaçotemporal das classes de uso e cobertura da terra, acima descrito, está relacionado ao histórico de ocupação do espaço geográfico da bacia hidrográfica do rio Urussanga. Essa bacia teve seu processo de ocupação territorial intensificado a partir da segunda metade do século XIX, período em que começaram a ser implantados na bacia diversos núcleos coloniais inicialmente ligados a prática da agricultura e da pecuária. No início do século XX, iniciou-se na bacia a exploração do carvão mineral. Nas décadas seguintes, ocorreu a diversificação da economia devido ao surgimento de novas atividades industriais, o que acelerou o processo de urbanização na bacia. Esse processo de ocupação territorial e desenvolvimento econômico modificou os aspectos físicos da bacia hidrográfica (DIAS, 2008; ADAMI; CUNHA, 2014; MARTINS, 2016).

Os resultados do estudo permitiram compreender a dinâmica da mudança espaçotemporal de cada classe de uso e cobertura da terra existente na bacia hidrográfica do rio Urussanga ao longo do período analisado. O entendimento da mudança espaçotemporal ocorrida em cada classe de uso e cobertura da terra contribuiu para a compreensão da mudança espaçotemporal da paisagem na bacia hidrográfica do rio Urussanga ao longo dos últimos trinta anos (1986 a 2016).

Com base nos resultados obtidos no estudo, recomenda-se a utilização de outros métodos de processamento digital de imagens e técnicas de análise que permitam caracterizar com maior precisão a dinâmica espaçotemporal existente entre as classes de uso e cobertura da terra na definição das mudanças da paisagem da bacia do rio Urussanga.

Nesse contexto, sugere-se também a realização de estudos que utilizem imagens orbitais que apresentem maior resolução espacial e radiométrica; de modo a permitir a diferenciação entre as classes de cobertura florestal com espécies nativas e as áreas de reflorestamento e silvicultura existentes na bacia. Essa recomendação mostra-se pertinente devido à limitação encontrada nesse estudo com relação às resoluções espacial e radiométrica das imagens utilizadas que não permitiram a individualização entre as classes de cobertura florestal com espécies nativas e as áreas compostas por reflorestamento e silvicultura na bacia.

Por fim, espera-se que os resultados obtidos nesse estudo contribuam para a efetivação do processo de planejamento e gestão territorial integrado do espaço geográfico compreendido pela bacia hidrográfica do rio Urussanga. Nesse contexto, tais resultados servem como elemento norteador para a realização do processo de planejamento e gestão



territorial da bacia à medida que permitiram compreender a dinâmica da mudança espaçotemporal ocorrida na paisagem da bacia entre os anos de 1986 e 2016. Com base nestes resultados, podem ser desenvolvidos novos estudos que embasem a adoção de políticas públicas voltadas à adequada gestão do território da bacia hidrográfica do rio Urussanga.

## REFERÊNCIAS

ADAMI, R. M.; CUNHA, Y. M. **Caderno do educador ambiental das bacias dos rios Araranguá e Urussanga**. 2.ed. Blumenau: Fundação Agência da Água do Vale do Itajaí, 2014. 137 p.

ARAÚJO, G. K. D.; JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V. Criação de mapa temático de uso da terra com diferentes classificadores. Natal (RN): **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, 25 a 30 de abril de 2009, INPE, p. 67-74.

BRANDENBURG, A. Modernidade, meio ambiente e interdisciplinaridade. In: Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Cadernos de desenvolvimento e meio ambiente**. Curitiba: Editora da UFPR, 1996. n. 3. p. 49-59.

BRASIL. Justiça Federal. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. Processo nº 2000.72.04.002543-9. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S.A. e outros. Recuperação dos passivos ambientais decorrentes da mineração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina. **Primeiro relatório de monitoramento dos indicadores ambientais**. Criciúma, 2007.

BRASIL. Justiça Federal. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. Processo nº 2000.72.04.002543-9. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S.A. e outros. Recuperação dos passivos ambientais decorrentes da mineração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina. **Terceiro relatório de monitoramento dos indicadores ambientais**. Criciúma, 2009.

BRASIL. Justiça Federal. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. Processo nº 2000.72.04.002543-9. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S.A. e outros. Recuperação dos passivos ambientais decorrentes da mineração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina. **Sexto relatório de monitoramento dos indicadores ambientais**. Criciúma, 2012.

BRASIL. Justiça Federal. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. Processo nº 2000.72.04.002543-9. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S.A. e outros. Recuperação dos passivos ambientais decorrentes da mineração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina. **Décimo relatório de monitoramento dos indicadores ambientais**. Criciúma, 2016.

CONTO, D.; DIAS, A. O.; PEREIRA, J. L.; LADWIG, N. I.; MENEGASSO, J. D. Análise temporal da cobertura arbórea/arbustiva da bacia hidrográfica do Rio Urussanga – SC. Lages/SC: **Anais do 2º Congresso de Engenharia Ambiental do Sul do Brasil**, 16 e 17 de novembro de 2017, UDESC. s. p.

COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; XAVIER, A. C. Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 425-434, out./dez 2013.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 4 reimp. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 2002. 170p.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens Landsat-5. **Raega**, Curitiba-PR, v. 21, p. 234-271, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. DNPM. **Cadastro Mineiro**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assuntos/ao-minerador/cadastro-mineiro>>. Acesso em: 13 out. 2017.

DIAS, A. de O. **Degradação ambiental da bacia do Alto Vale do Rio Linha Anta - Criciúma/SC no período de 1950 – 2007**. 2008. 94p. Monografia (Especialização em Geografia com Ênfase em Estudos Regionais) – Curso de pós-graduação Especialização em Geografia com Ênfase em Estudos Regionais, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma, 2008.

DIAS, A. O.; CONTO, D.; LADWIG, N. I.; DAGOSTIM, V. S.; SUTIL, T. **Análise temporal do uso e cobertura arbórea/arbustiva e das áreas urbanizadas na bacia hidrográfica do rio Urussanga – SC**. Criciúma: 2017. 16p. No prelo será publicado no livro Debates Interdisciplinares IX, edição 2018. Editora Unisul.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Sistema de Produção e Informação, 1992. 77p.

EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA S. A. – EMPASC. SERVIÇO DE EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – ACARESC. **Manual de produção do arroz irrigado**. Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1981. 225p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S. A. – EPAGRI. **Arroz irrigado: sistema pré-germinado**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. 273p.

FACHINELLO, A. L.; SANTOS FILHO, J. I. Agricultura e agroindústria catarinenses: panorama, impasses e perspectivas do sistema agropecuário. In: MATTEI, L.; LINS, H. N. **A socioeconomia catarinense: cenários e perspectivas no início do século XXI**. Chapecó: Editora Argos, 2010. p. 159-196.

FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. **Annual Review Of Ecology, Evolution, And Systematics**, [s.l.], v. 34, n. 1, p. 487-515, Agosto de 2003.

FIGUEIREDO, A. H. Formação territorial. In: FIGUEIREDO, A. H. (Org.). **Brasil: uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Geografia, 2016. s.p.

GABRIEL, C. G. F. **Análise comparada de segmentação e classificação orientada por objetos de uma imagem Worldview-2**. 2013. 153p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território, Especialização em Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica) - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (Portugal), 2013.

GIREE, N.; STEHMAN, S. V.; POTAPOV, P.; HANSEN, M. C. A Sample-Based Forest Monitoring Strategy Using Landsat, AVHRR and MODIS Data to Estimate Gross Forest Cover Loss in Malaysia between 1990 and 2005. **Remote Sensing**, n. 5, p. 1842-1855, 2013. doi:10.3390/rs5041842

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/263>>. Acesso em: 12 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2204>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário Santa Catarina – 1970**. VIII Recenseamento Geral – 1970. Rio de Janeiro: IBGE, 1975. Série Regional, Vol. III, Tomo XX, 482p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário Santa Catarina – 1975**. Censos Econômicos de 1975. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. Série Regional, Vol. 1, Tomo 19, 702p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário Santa Catarina – 1980**. IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. Vol. 2, Tomo 3, n. 21, parte 1, 411p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário Santa Catarina – 1985**. Censos Econômicos de 1985. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. Número 23, 660p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 1995-1996**: Santa Catarina. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. Número 21, s.p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1288>>. Acesso em: 12 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 1950/2010**. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=6&op=1&vcodigo=CD91&t=populacao-situacao-domicilio-populacao-presente-residente>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 274p.

LADWIG, N. I.; DAGOSTIM, V. Briefing da história do carvão mineral no estado de Santa Catarina – Brasil. In: COSTA, R. S.; DIAS, T. (orgs.). **Debates Interdisciplinares VIII**. Palhoça: Ed. Unisul, 2017. p. 63 – 79.

LADWIG, N. I.; DAGOSTIM, V.; BACK, A. J. Análise da paisagem da região carbonífera do Estado de Santa Catarina, Brasil, realizada com imagens de satélite. **Revista Raega**, Curitiba, v. 43, p. 93-107, Fev/2018.

LEITE, M. E.; FERREIRA, M. F. F. Análise Espaço-Temporal do Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Tabuas, Norte de Minas Gerais, com Aplicação das Geotecnologias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife/PE, v. 06, n. 02, p. 184-194, 2013.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LOURENÇO, R. W.; CUNHA E SILVA, D. C.; SALES, J. C. A. Elaboração de uma metodologia de avaliação de fragmentos de remanescentes florestais como ferramenta de gestão e planejamento ambiental. **Ambiência**, Guarapuava (PR), v. 10, n. 3, p. 685-698, Set/Dez. 2014.

MANGABEIRA, J. A. C.; AZEVEDO, E. C.; LAMPARELLI, R. A. C. **Avaliação do levantamento do uso das terras por imagens de satélite de alta e média resolução espacial**. Comunicado técnico 11. Campinas (SP): EMBRAPA, 2003. 14p.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: Alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. 204p.

MARTINS, H. de B. **Vegetação arbórea e arborescente em diferentes estágios sucessionais na bacia hidrográfica do Rio Urussanga, Santa Catarina, Brasil**. 2016. 109p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Criciúma, 2016.

MAS, J. F.; VEGA, A. P.; CLARKE, K. Assessing simulated land use/cover maps using similarity and fragmentation indices. **ASPRS 2010 Annual Conference San Diego**, California, April 26-30, 2010.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3 ed. Viçosa (MG): Editora UFV, 2007. 320p.

PONCIANO, T. A.; FARIA, K. M.; SIQUEIRA, M. N.; CASTRO, S. S. Fragmentação da cobertura vegetal e estado das Áreas de Preservação Permanente de canais de drenagem no Município de Mineiros, Estado de Goiás. **Revista Ambiência**, Guarapuava-PR, v. 11, n. 3. p. 545-561. set./dez. 2015.

PRESA, J. B. **“O arroz no espigão e o milho no banhado”**: Programa PROVÁRZEAS – o desenvolvimento de uma política pública e o cultivo do arroz em municípios da bacia do rio Araranguá. 2011. 195p. Dissertação (Mestrado em História) - Programa de Pós-Graduação em História, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2011.

RESCK, B. C. **Avaliação de diferentes métodos de classificação de imagem IKONOS para mapeamento do uso e cobertura terrestre**. 2009. 50p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, 2009.

SAITO, N. S.; MOREIRA, M. A.; SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; FIGUEIREDO, Á. C. Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 201–210, abr./jun. 2016.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. Secretaria de Estado do Planejamento. **Conhecendo Santa Catarina**. Florianópolis: 2008. s. p.

SEABRA, V. da S.; CRUZ, C. M. Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio São João, RJ. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia (MG), v. 25, n. 2, p. 411-426, mai/ago/2013.

SILVA, J. S.; SILVA, R. M. da.; SILVA, A. M. Mudanças do uso e ocupação do solo e degradação eco-ambiental usando imagens orbitais: o estudo de caso da bacia do rio Bacanga, São Luís (MA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife/PE, v. 09, n. 01, p. 265-279, 2016.

SIMBANGALA, M. S.; CÁMARA, B. L. C.; VILLANUEVA, L. C.; MARTÍNEZ, Ó. F.; TORRES, D. V.; MAYO, R. R.; HERNÁNDEZ, M. E. O. Using object-oriented image analysis to map and monitor land cover change in the Region Costa Maya, México: 1993-2010. **Revista Investigaciones Geográficas**, Chile, n. 50, p. 33-50, 2015.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. XXIX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí, SC: SOSBAI, 2012. 179p.

SOUSA, D. G.; MINCATO, R. L.; KAWAKUBO, F. S. Análise multitemporal do uso da terra utilizando imagens Landsat-5 TM da região de Alfenas, Sul de Minas Gerais, visando a conservação de fragmentos florestais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife/PE, v. 08, n. 05, p. 1482-1492, 2015.

SOUZA, C. G.; ZANELLA, L.; BORÉM, R. A. T.; CARVALHO, L. M. T.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L. Análise da fragmentação florestal da Área de Proteção Ambiental Coqueiral, Coqueiral – MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 631-644, jul.-set. 2014.

SOUZA JR, C. M.; SIQUEIRA, J. V.; SALES, M. H.; FONSECA, A. V.; RIBEIRO, J. G.; NUMATA, I.; COCHRANE, M. A.; BARBER, C. P.; ROBERTS, D. A.; BARLOW, J. Ten-Year Landsat Classification of Deforestation and Forest Degradation in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing**, n. 5, p. 5493-5513, 2013. DOI:10.3390/RS5115493

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e urbanização**. São Paulo: Contexto, 2002. 80p.

TANGERINO, D. F.; LOURENÇO, R. T. Comparação da exatidão de métodos de classificação supervisionada e não supervisionada a partir do índice Kappa na microbacia do Ribeirão Duas Águas em Botucatu/SP. Foz do Iguaçu (PR): **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. p. 4093–4100.

THOMÉ, V. M. R.; ZAMPIERI, S. L.; BRAGA, H. J.; PANDOLFO, C.; SILVA JÚNIOR, V. P.; BACIC, I. L. Z.; LAUS NETO, J. A.; SOLDATELI, D.; GEBLER, E. F.; DALLE ORE, J.

A.; ECHEVERRIA, L. C. R.; RAMOS, M. G.; CAVALHEIRO, C. N. R.; DEEKE, M.; MATTOS, J. F.; SUSKI, P. P. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1999, v.1000. p. 1000. CD-ROOM.

TREIN, H. A. **A implicação antrópica na qualidade dos Recursos Hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Urussanga – SC**. 2008. 149p. Tese de Doutorado (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

WOJTASZEK, M. V.; KLUJBER, A.; VÉCSEI, E. Comparison of Different Image Classification Methods in Urban Environment. **International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint Sopron**, Hungary, March 26-27, 2012.