

# GEOLOGIA AMBIENTAL:

## Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 1

Eduardo de Lara Cardozo  
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo  
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

---

Atena Editora  
2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Edição de Arte e Capa:** Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

**Conselho Editorial**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável /  
Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):  
Atena Editora, 2017.

297 p. : 57.346 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 1)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-39-4

DOI 10.22533/at.ed.3940809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## Apresentação

Notícias como deslizamentos de encostas, regiões alagadas e ocupações irregulares sempre vêm à tona. E quando ocorrem, normalmente trazem junto a esses fatos, prejuízos econômicos e infelizmente anúncios relacionados à perda de vidas.

Alguns exemplos desses processos são recentes, como o caso do deslizamento de uma encosta em Angra dos Reis em 2010, onde houveram vítimas fatais, outro caso que chamou muito a atenção foi o rompimento, em 2015, de uma barragem de rejeitos no município de Mariana (Minas Gerais), bem como alagamentos em várias regiões brasileiras, são frequentemente divulgadas. Questões ambientais que ocorrem naturalmente, porém com o processo de ocupação irregular e degradação pela ação humana, os resultados nem sempre são positivos.

Os artigos aqui apresentados vêm ao encontro de muitos fatos ocorridos e que normalmente atribuímos apenas a questões ambientais. Porém, sabemos que não é bem assim! O deslizamento é um fenômeno comum, principalmente em áreas de relevo acidentado, as enchentes acontecem logo em seguida às chuvas intensas e em grandes períodos. Situações que há milhares de anos vem se repetindo, porém com o processo de urbanização, a retirada da cobertura vegetal, a ocupação de áreas irregulares, a contaminação do solo, a degradação do ambiente, entre vários outros pontos, acaba sendo intensificada pela constante alteração e ocupação desse espaço geográfico.

No primeiro volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”** são abordadas questões como: análise da suscetibilidade a deslizamentos, avaliação de cenários sob perigo geotécnico, ordenamento territorial, a importância de estudos específicos considerando as complexidades e diversidades dos diferentes contextos, análise do comportamento geomecânico dos maciços rochosos, caracterização química-mineralógica e da resistência ao cisalhamento, estudos de resistência do meio físico em busca de segurança de instalações e a utilização de software no dimensionamento geotécnico aplicado a fundações profundas.

Neste primeiro volume também são contemplados os seguintes temas: análise da evolução da boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia-São Paulo, estudos de áreas suscetíveis a ocorrência de inundações, diagnóstico ambiental voltado à erosão hídrica superficial e cartografia geotécnica, erosão e movimento gravitacional de massa, melhoramento fluvial do rio Urussanga - SC objetivando a redução de impactos associados às chuvas intensas, desassoreamento do Rio Urussanga - SC e caracterização do sedimento, potencialidades dos recursos hídricos na Bacia do Córrego Guariroba -MS.

E fechando este primeiro volume, temos os temas ligados ao: uso de tecnologias alternativas para auxiliar no tratamento de águas residuais, gestão de esgotamento sanitário, estudos sobre a contaminação dos solos por gasolina e

descontaminação através de bioremediação, metodologias que determinam a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, mapeamento geoambiental como subsídio à seleção de áreas para implantação de centrais de tratamento de resíduos sólidos, são apresentados.

Diferentes temas, ligados a questões que estão presentes em nosso cotidiano. Desejo uma excelente leitura e que os artigos apresentados contribuam para o seu conhecimento.

Atenciosamente.

*Eduardo de Lara Cardozo*

## SUMÁRIO

**Apresentação.....03**

### CAPÍTULO I

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRAS CRISTALINAS LITORÂNEAS NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC.

*Maurício Pozzobon, Gustavo Ribas Curcio e Claudinei Taborda da Silveira.....08*

### CAPÍTULO II

AValiação DE CENÁRIOS SOB PERIGO GEOTÉCNICO: O CASO DA COMUNIDADE DO MORRO DA MARIQUINHA, FLORIANÓPOLIS-SC.

*Gabriela Bessa, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Rodrigo Del Olmo Sato, Nilo Rodrigo Júnior, Murilo da Silva Espíndola e Vítor Santini Müller.....30*

### CAPÍTULO III

AValiação DOS REMANESCENTES FLORESTAIS NA ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO O CASO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP

*Raquel Alfieri Galera, Fernando Cerri Costa e Ricardo de Souza Moretti.....42*

### CAPÍTULO IV

Caracterização E CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA DE MACIÇOS ROCHOSOS COMPOSTOS PELAS PRINCIPAIS LITOLOGIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

*Walter dos Reis Junior e Maria Giovana Parizzi.....57*

### CAPÍTULO V

Caracterização GEOTÉCNICA E MINERALÓGICA DE UMA ARGILA FORMADA SOB ATIVIDADE HIDROTÉRMAL

*Marcelo Heidemann, Luiz Antônio Bressani, Juan Antonio Altamirano Flores, Matheus Porto, Breno Salgado Barra e Yader Alfonso Guerrero Pérez.....73*

### CAPÍTULO VI

PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS.

*Vitor Santini Müller, Nilo Rodrigues Júnior, Murilo da Silva Espíndola, Regiane Mara Sbroglia, Rafael Augusto dos Reis Higashi e Juan Antonio Altamirano Flores.....89*

### CAPÍTULO VII

USO DE MODELO GEOLÓGICO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE ORIENTAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO

*Carlos Magno Sossai Andrade, Patrício José Moreira Pires e Rômulo Castello Henrique Ribeiro.....102*

#### CAPÍTULO VIII

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA BOÇOROCA DO CÓRREGO DO GRITO EM RANCHARIA-SP DE 1962 A 2014

*Alyson Bueno Francisco.....118*

#### CAPÍTULO IX

CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NAS MICROBACIAS DO MÉDIO RIO GRANDE

*Eduardo Goulart Collares, Ana Carina Zanollo Biazotti Collares, Jéssica Avelar Silva e Amanda Francieli de Almeida.....126*

#### CAPÍTULO X

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SUPERFICIAL DO MUNICÍPIO DE PACOTI NO ESTADO DO CEARÁ. EROSIVIDADE, ERODIBILIDADE E UNIDADES DE RELEVO PARA GEOTECNIA

*Francisco Kleison Santiago Mota, Jean Marcell Pontes de Oliveira, Naedja Vasconcelos Pontes, César Ulisses Vieira Veríssimo e Sônia Maria Silva de Vasconcelos.....138*

#### CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE AMEAÇAS E DESASTRES NATURAIS NA ÁREA URBANA DE SANTARÉM - PA

*Fábio Ferreira Dourado e Milena Marília Nogueira de Andrade.....160*

#### CAPÍTULO XII

MELHORAMENTO FLUVIAL DO RIO URUSSANGA PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, SUL DE SANTA CATARINA

*Sérgio Luciano Galatto, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira, Nadja Zim Alexandre e Vilson Paganini Belletini.....174*

#### CAPÍTULO XIII

METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DO RIO URUSSANGA-SC PARA FINS DE DEPOSIÇÃO

*Nadja Zim Alexandre, Carlyle Torres Bezerra de Menezes, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira e Sérgio Luciano Galatto.....190*

#### CAPÍTULO XIV

POTENCIALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO CÓRREGO GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS

*Giancarlo Lastoria, Sandra Garcia Gabas, Guilherme Henrique Cavazzana, Juliana Casadei e Tamiris Azoia de Souza.....204*

## CAPÍTULO XV

ASPECTOS PRINCIPAIS SOBRE O USO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AUXILIAR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

*Bruna Ricci Bicudo, Lígia Belieiro Malvezzi e Edilaine Regina Pereira.....214*

## CAPÍTULO XVI

AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS OPERACIONAIS PRESENTES EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO CEARÁ

*Thiago de Norões Albuquerque, Tícia Cavalcante de Souza e Wladya Maria Mendes de Oliveira.....225*

## CAPÍTULO XVII

COMPARATIVO DE BIORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR GASOLINA

*Diego Moreira da Silva, Marcela Penha Pereira Guimarães, Raphael Moreira Alves e Francisco Roberto Silva de Abreu.....239*

## CAPÍTULO XVIII

DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO E SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA EM TAQUARUÇU DO SUL - RS

*Gabriel D'Avila Fernandes, José Luiz Silvério da Silva, Willian Fernando de Borba, Lueni Gonçalves Terra, Carlos Alberto Löbler e Edivane Patrícia Ganzer.....251*

## CAPÍTULO XIX

MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO À SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: APLICAÇÃO AO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO - SP

*Hermes Dias Brito, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, Claudia Vanessa dos Santos Corrêa e Lucilia do Carmo Giordano.....263*

***Sobre o organizador.....286***

***Sobre os autores.....287***

## **CAPÍTULO XII**

### **MELHORAMENTO FLUVIAL DO RIO URUSSANGA PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, SUL DE SANTA CATARINA**

---

**Sérgio Luciano Galatto  
Gustavo Simão  
Jader Lima Pereira  
Nadja Zim Alexandre  
Wilson Paganini Belletini**

## MELHORAMENTO FLUVIAL DO RIO URUSSANGA PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, SUL DE SANTA CATARINA

### **Sérgio Luciano Galatto**

Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Criciúma-Santa Catarina

### **Gustavo Simão**

Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Criciúma-Santa Catarina

### **Jader Lima Pereira**

Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Criciúma-Santa Catarina

### **Nadja Zim Alexandre**

Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Criciúma-Santa Catarina

### **Vilson Paganini Belletini**

Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Criciúma-Santa Catarina

**RESUMO:** No melhoramento fluvial do rio Urussanga, objetivando a redução dos impactos associados às chuvas intensas, com conseqüente inundação de áreas mais suscetíveis aos efeitos da inundação, estão previstas uma série de atividades relacionadas ao seu desassoreamento, sendo este executado de forma seletiva numa extensão de 43,05 km. As análises químicas da água e sedimento, caracterização/classificação, bem como a disposição final do material dragado estão em consonância às Resoluções CONAMA 344/2004, 357/2005, 420/2009, 430/2011 e 454/2012. Com a recuperação dos distintos trechos do rio Urussanga, prevê-se, além das melhorias ambientais e incremento na arrecadação de tributos municipais, a revitalização econômica de toda a macrorregião, notadamente no que se refere às atividades industriais, mineração e agrossilvipastoris, além de benefícios sociais às comunidades que utilizam ou vivem nas proximidades do corpo hídrico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desassoreamento; inundação; sedimento; recuperação ambiental.

## **1. INTRODUÇÃO**

O Sul de Santa Catarina situa-se entre as escarpas da Serra Geral, onde se encontram localizadas as nascentes dos seus principais rios e o Oceano Atlântico, limites esses paralelos e separados por uma distância aproximada de 50 km. O regime torrencial dos seus principais rios faz com que os conflitos gerados pelo uso das águas atinjam os diversos setores econômicos (ALEXANDRE, 2000). A exploração do carvão, que aos poucos substituiu a base agropecuária na região

que ficou conhecida como Bacia Carbonífera de Santa Catarina (BCSC), trouxe consigo severos impactos ambientais, entre os quais o mais grave é o elevado grau de poluição dos recursos hídricos de três das cinco bacias que drenam a região sul catarinense.

A BCSC ocupa uma faixa de 60 km de extensão por 20 km de largura drenada por formadores das bacias hidrográficas dos rios Tubarão, Araranguá e Urussanga (JICA, 1998). Integrante da 10ª região hidrográfica do estado (SANTA CATARINA, 1997),

A Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga (BHRU), ocupa uma área de 675,75 km<sup>2</sup> e corresponde a 0,70% do território catarinense. Esta bacia drena em superfície a totalidade dos municípios de Cocal do Sul e Morro da Fumaça. Os municípios de Urussanga e Içara tem grande parte das suas áreas na bacia do rio Urussanga, enquanto que parcialmente inseridos estão os municípios de Balneário Rincão, Criciúma, Jaguaruna, Pedras Grandes, Sangão e Treze de Maio.

A diversificação de atividades econômicas (mineração de carvão, argila e areia; agricultura e pecuária) aliado à ocupação territorial (ocupação urbana irregular, supressão de matas ciliares), despejo de efluentes líquidos (degradação da qualidade das águas) e carreamento de sedimentos, tem contribuído ao assoreamento dos rios que integram esta bacia. Nos últimos anos os problemas enfrentados pelas comunidades situadas nas proximidades do rio Urussanga têm se intensificado em função do assoreamento da calha do rio. Em período de precipitação pluviométrica intensa, contribui com alagamentos nas áreas dos municípios localizados na planície, ocasionando bloqueio de rodovias pavimentadas e não pavimentadas, inundações em pastagens e atividades agrícolas, além de danos em residências e indústrias.

Em função destes agravos, o desassoreamento da calha do rio Urussanga é um projeto de grande porte a ser executado em diferentes trechos do rio visando o seu melhoramento fluvial. É uma ação de extrema importância e necessidade tanto para minimizar os problemas das enchentes e inundações quanto para promover melhorias no desenvolvimento econômico da região.

O Projeto de Desassoreamento do Rio Urussanga originou-se de um consórcio entre oito prefeituras que integram os municípios drenados pela BHRU, inseridos nas microrregiões da Associação dos Municípios da Região Carbonífera (AMREC) e Associação dos Municípios da Região de Laguna (AMUREL), e à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS) através da Secretaria de Desenvolvimento Regional de Criciúma (SDR Criciúma).

Neste trabalho serão apresentados os resultados de obras projetadas para desassoreamento da calha do rio e a recuperação ambiental das áreas de intervenção.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

### 2.1. Localização

A BHRU localiza-se entre as coordenadas 28° 48' 72" e 28° 26' 19" de Latitude sul e 49° 02' 67" e 49° 24' 94" de longitude oeste, tem como limites geográficos o Compartimento da Serra do Leste Catarinense e os Contrafortes da Serra Geral. A área de estudo do rio Urussanga ocupa uma extensão de 43,05 km, a partir da confluência dos rios Carvão e Maior, município de Urussanga, até a foz na localidade de Barra do Torneiro, localizada na Praia da Esplanada, em Jaguaruna, SC. A Figura 1 ilustra a localização da BHRU.

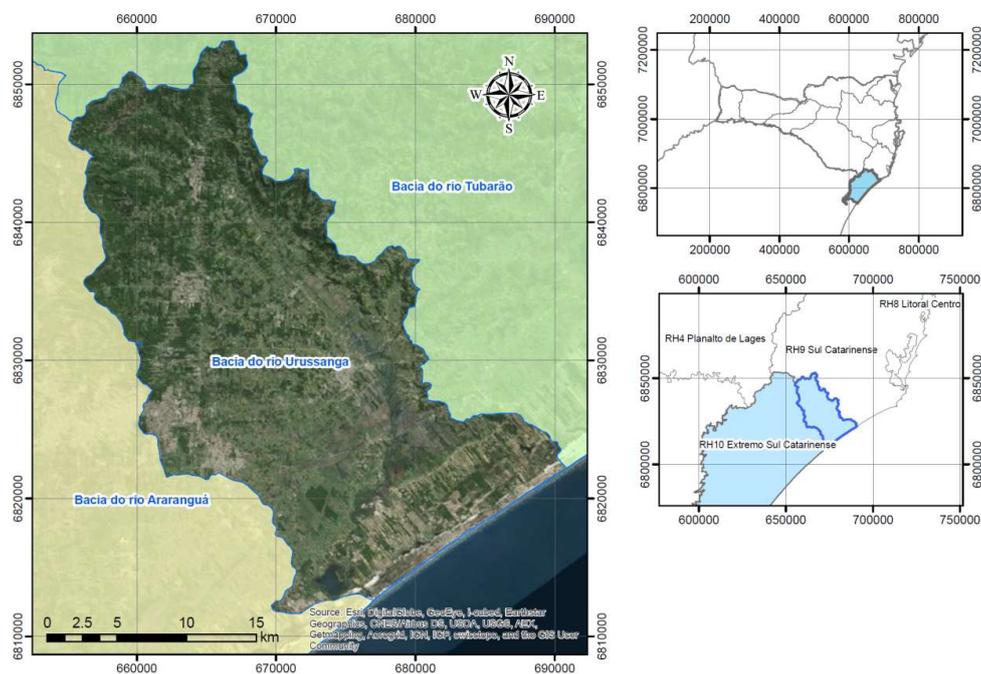


Figura 1. Localização espacial da Bacia Hidrográfica do rio Urussanga.

### 2.2. Contexto ambiental

Para subsidiar o projeto de desassoreamento do rio Urussanga, foi realizado um diagnóstico ambiental, parte integrante do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para atender à legislação ambiental em vigor, tanto ao nível da dimensão normativa da legislação federal, quanto das exigências específicas da legislação estadual do estado de Santa Catarina.

A elaboração do EIA exigiu a delimitação das áreas de influência, requisito legal (Resolução CONAMA n. 01/86) para avaliação de impactos ambientais. Foram consideradas três áreas: i) Área de Influência Indireta (AII) - Bacia Hidrográfica do rio Urussanga e a região costeira próxima, situada na desembocadura do rio; ii) Área de Influência Direta (AID) - planície de inundação do rio; iii) Área Diretamente

Afetada (ADA) - calha do rio Urussanga acrescida de sua área de preservação permanente (50 metros).

As principais informações registradas do diagnóstico ambiental permitem mostrar que na bacia do rio Urussanga existe três compartimentos geomorfológicos: Planície Costeira; Serras do Leste Catarinense e Contrafortes da Serra Geral. A planície costeira é representada pela extensa planície aluvionar que preenche a fossa do rio Urussanga, adentrando pelos seus tributários (Figura 2A). Foram identificados diferentes focos de erosão (Figura 2B), que em geral são gerados ou acelerados pela ação do homem sobre as áreas rurais e urbanas. A atividade agrícola demonstrou ser um importante foco de geração de sedimentos, sendo também a principal usuária da malha viária rural. A agricultura é a atividade mais importante sob o ponto de vista do uso do solo e da produção de sedimentos, seja pela falta de práticas conservacionistas (Figura 2C) ou pela erosão provocada por estradas vicinais e extração de argilas (Figura 2D).

Os aspectos vegetacionais permitiram concluir que existe uma intensa descaracterização sob o ponto de vista vegetacional, sendo observados ao longo de toda a extensão da bacia, fragmentos isolados de Floresta Ombrófila Densa. Este isolamento se agrava significativamente nas porções mais baixas da bacia na AID e ADA, onde se observa os terrenos com menor declividade e mais propícios para os usos antrópico (e.g. mineração, pastagens, agroecossistemas).

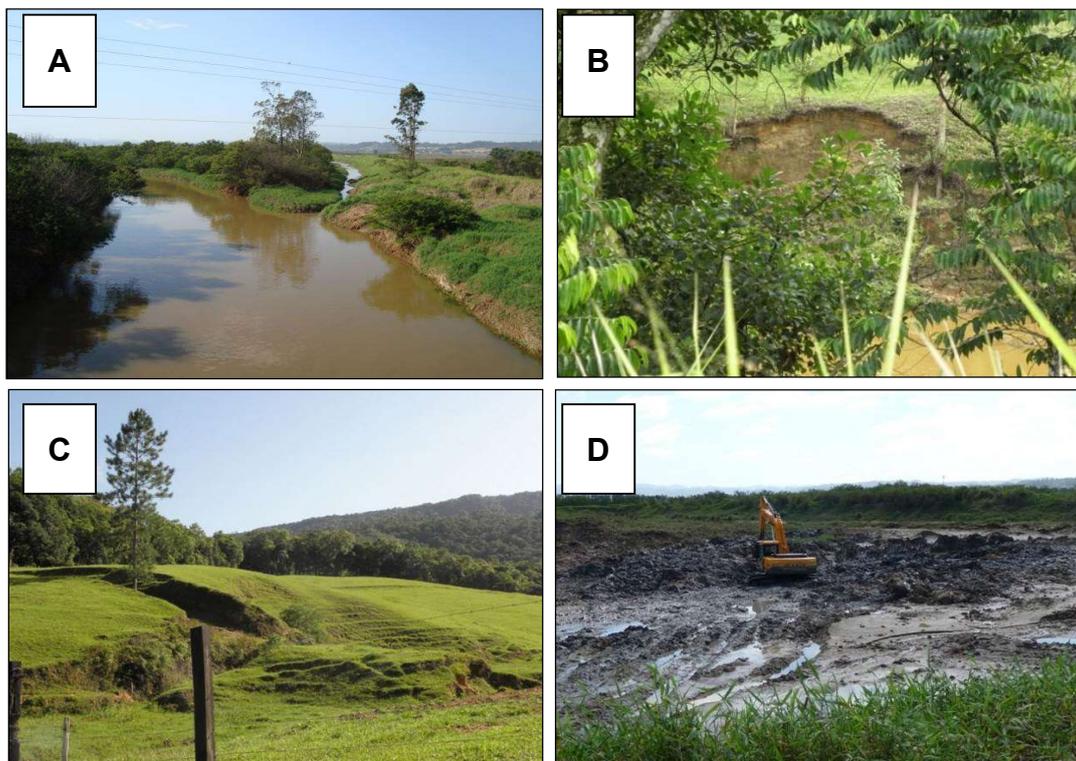


Figura 2. A: Encontro de um contribuinte no rio Urussanga; B: Supressão das matas ciliares para implantação de culturas ou pastagens; C: Plantio com ausência de práticas conservacionistas; D: Lavra de argilas.

No que concerne à fauna foram desenvolvidas atividades que tem como escopo levantar informações sobre as comunidades bióticas presentes nas áreas sob intervenção, sendo que os trabalhos correspondentes contemplaram os ecossistemas aquático e terrestre. Nesse contexto, considerando-se a fauna aquática realizaram-se abordagens pertinentes aos macroinvertebrados bentônicos (insetos aquáticos), conforme preconizados por González (2006) e Kuhlmann *et al.* (2012), sendo que para a ictiofauna (peixes) seguiram-se as indicações propostas por Hayes; Ferreri; Taylor (1983), Hubert; Pope; Dettmers (1983), Malabarba e Reis (1987) e Uieda e Castro (1999). Cabe destacar que as comunidades de macroinvertebrados bentônicos são constituídas por populações de hábitat e hábitos alimentares diversificados, atuando ainda, devido a sua elevada sensibilidade, como excelentes indicadores da qualidade ecológica para toda a biota aquática por viver em situação extrema (KUHLMANN *et al.*, 2012).

Os procedimentos prospectivos concernentes à fauna terrestre estavam em consonância com Cullen Jr. e Rudran (2003), tendo sido contemplados os grupos pertencentes à ornitofauna (aves), mastofauna (mamíferos) e herpetofauna (répteis e anfíbios) com a aplicação do método dos transectos lineares. Em função das especificidades de cada grupo faunístico foram utilizados métodos adicionais à detecção e registros das distintas espécies.

Com relação ao ecossistema aquático, o rio Urussanga caracteriza-se por encontrar-se fortemente afetado pelas atividades antrópicas pretéritas que além de poluir o corpo hídrico, promovem também o seu assoreamento. A ação sinérgica dos diferentes elementos afeta diretamente a biota aquática e sua produtividade. Nesse contexto, percebe-se interferências na composição e no número de indivíduos dos produtores primários e secundários, sendo que tal aspecto pode vir a afetar a produção pesqueira da região.

O sedimento dragado foi caracterizado conforme determina a Resolução n. 344/2004, levando-se em conta as alterações propostas na Resolução n. 454/2012. Estes instrumentos referenciais determinam que o sedimento composto por areia grossa, cascalho ou seixo, em fração igual ou superior a 50% não necessita de estudos complementares para sua caracterização e disposição em água. Para disposição em solo foram consideradas as diretrizes da Resolução n. 420/2009.

Preliminarmente, foram realizadas duas campanhas de amostragem, em quatro trechos ao longo do rio, sendo realizada a caracterização física, química e toxicológica. Os resultados da caracterização física mostraram que o material a ser removido na porção superior (trecho 1) do rio é constituído de areia grossa (84,6%), podendo ser disposto submerso em água e/ou disposição em solo. Nas porções intermediárias (trechos 2 e 3), a classificação granulométrica foi 67,3% de areia grossa (trecho 2), enquanto que no trecho 3 apresentou 28,9% (areia grossa), 34,54% (areia média) e 26,9% (areia fina). Na porção baixa do rio a granulometria do sedimento foi de 77% de silte e argila. A disposição dos sedimentos dos trechos 2, 3 e 4 poderá ser realizada sob o solo, porém apresentam restrição para disposição em água, uma vez que estes podem apresentar toxicidade aos

organismos aquáticos.

Nos últimos anos os problemas enfrentados pelas comunidades situadas nas proximidades do rio Urussanga têm se intensificado em função do acúmulo de sedimentos (assoreamento) na calha do rio. Dentre os principais problemas identificados no levantamento socioeconômico estão às enchentes (67%) - Figuras 3A e B, seguidas da contaminação das águas (33%). No caso das enchentes, os principais danos são: i) inundação de pastagens; ii) bloqueio de rodovias (pavimentadas e não pavimentadas); iii) residências e atividades agrícolas atingidas pelas enchentes.



Figura 3. A: Inundação no rio Urussanga na localidade de São Pedro, Urussanga; B: Inundação ocorrida em Estação Cocal, Morro da Fumaça, verão de 2010.

### 3. PROJETO DE DESASSOREAMENTO DA CALHA DO RIO URUSSANGA

#### 3.1. Levantamentos geodésico, topográfico e batimétrico

Foi realizado o levantamento geodésico e topográfico (planialtimétrico cadastral) no rio e margens (50 metros), totalizando uma área de 140 ha. Foram implantados doze marcos geodésicos nas margens do rio, locados estrategicamente para servirem de base nos levantamentos topográfico e batimétrico, sendo distribuídos aproximadamente a cada 4 km.

O transporte de coordenadas geodésicas partiu da Rede de Referência do IBGE, tendo como ponto base de saída a Estação Geodésica SAT-91855, localizado na sede da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), município de Criciúma, SC. Os equipamentos utilizados consistiram em: i) um par de receptores GPS Trimble, modelo R6 RTK (Precisão: GPS estático - horizontal 5mm + 0,5ppm, vertical 5mm + 1ppm; Levantamento cinemático horizontal 10mm + 1ppm, vertical 20mm + 1ppm); ii) um par de bastões com tripés; iii) uma câmera fotográfica digital Panasonic FZ 35, modelo Lumix. Adicionalmente, para o pós-processamento, foi utilizado o software Topcon Tools (versão 8.0) ou Trimble Business Center (versão 2.70), e para cálculo da altitude ortométrica o programa MAPGEO 2010 do IBGE (versão 1.0 de junho de 2010). O levantamento topográfico (planialtimétrico e cadastral) e batimétrico estão em consonância às normas da ABNT - NBR

13.133/1994 (ABNT, 1994), tendo como referencial os marcos geodésicos implantados.

### **3.2. Concepção do projeto de desassoreamento**

Em função das características físicas e morfométricas da bacia hidrográfica, aliada a granulometria dos sedimentos, a extensão do rio (43,05 km) foi compartimentada em quatro segmentos onde constam a extensão (em quilômetros) dos trechos que transitarão por processo de intervenção (Figura 4).

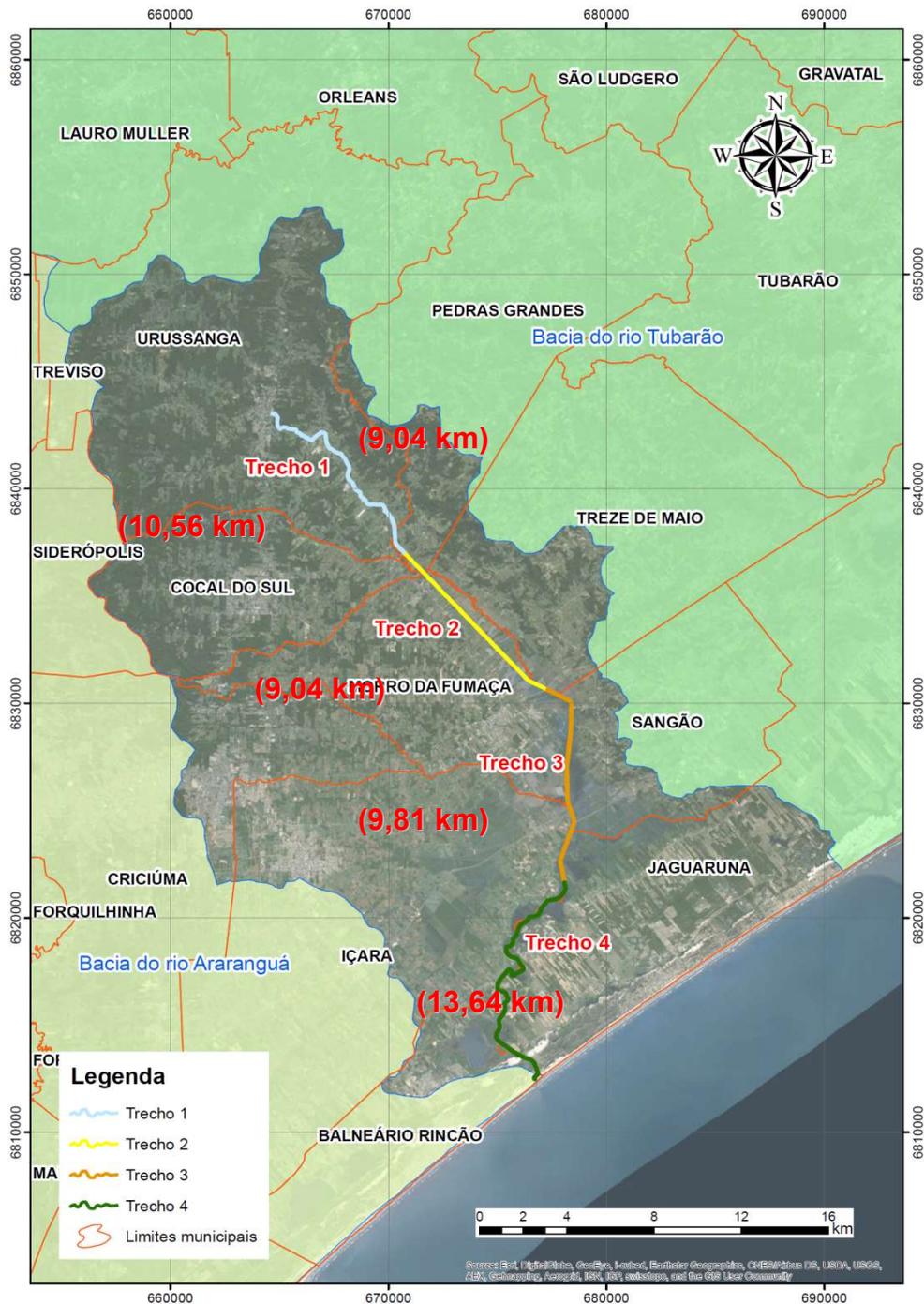


Figura 4. Compartimentação da área de projeto.

Para o detalhamento executivo do projeto foi realizado estudo hidrológico da bacia de contribuição numa área de 631,10 km<sup>2</sup>, utilizando simulações de períodos de retorno de 10, 20 e 50 anos, de modo a avaliar a capacidade de descarga, as características físico-topográficas atuais e o remodelamento das seções para limpeza da calha do rio e melhoria do escoamento superficial. As vazões máximas de projeto em cada trecho foram determinadas pelo Método do Hidrograma Unitário e a distribuição da chuva efetiva pelo Método dos Blocos Alternados (MENEZES-FILHO; COSTA, 2007).

As dimensões mínimas e adotadas das seções transversais com geometria trapezoidal foram dimensionadas em regime permanente uniforme pela equação de Manning, com coeficiente de rugosidade de 0,03 e declividade dos taludes  $Z=1,5$  (relação altura/largura de 1/1,5). Também foram verificadas as seções das pontes existentes, e apesar de algumas, não atender exatamente a seção máxima de projeto, não devem apresentar problemas com relação a cheias. A Figura 5 ilustra as cotas atuais do fundo do rio e de projeto dos trechos 1 e 3.

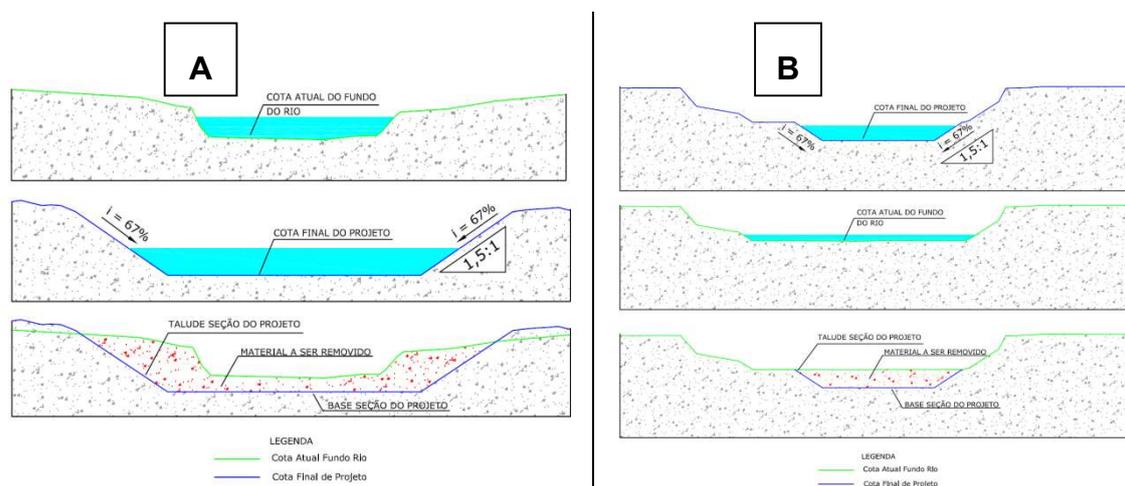


Figura 5. Representação das cotas de fundo e de projeto e seção final (A) Trecho 1 e (B) Trecho 3.

De modo geral, a concepção do projeto de desassoreamento considerou ações a serem desenvolvidas nas etapas de mobilização, operação e desmobilização das obras. Durante a mobilização e operação serão realizadas as seguintes atividades: i) preparação do canteiro de obras; ii) construção de acessos (entrada e saída de maquinários as margens do rio); iii) construção de depósitos temporários (bacias de decantação e utilização de geotubes); iv) remoção dos sedimentos, com a utilização de escavadeira hidráulica, draga de arraste (dragline) e draga de sucção e recalque; v) transporte e disposição dos sedimentos. Nesta etapa os sedimentos dragados com escavadeira hidráulica serão transportados com a utilização de veículos (caminhões) adequados ao transporte deste material, sendo posteriormente depositados às margens do rio Urussanga ou em áreas de bota fora previamente selecionadas. Os sedimentos dragados com a utilização de dragline serão dispostos temporariamente em bacias de decantação para perda de umidade seguida da disposição final nas margens do rio. Os sedimentos dragados com draga de sucção e recalque serão depositados temporariamente em sistema geotube, seguido da disposição final em áreas de bota fora. A etapa de desmobilização implica na adoção de medidas de recuperação ambiental nos sítios utilizados na disposição temporária do material dragado (áreas das bacias de decantação e geotubes) e de deposição permanente (margens do rio e bota fora) dos sedimentos, além do desmonte das vias de acessos construídas.

A definição dos volumes pertinentes ao material dragado considerou no

trecho 1, a profundidade dos bancos de sedimentos, obtida por medição *in loco*, através do próprio levantamento topográfico na parte onde a rocha se encontra exposta no fundo e margem do rio, sendo que nos trechos 2, 3 e 4, as informações correspondentes foram obtidas com a utilização de sonda rotativa instalada nas margens do rio e apoiada ao levantamento topográfico.

Os volumes de sedimentos dragados nos quatro trechos totalizam 2.436.414,41 m<sup>3</sup>, conforme pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1. Volume de sedimentos por trecho.

Trecho	Equipamento	Volume (m <sup>3</sup> )
1	Escavadeira Hidráulica	100.653,47
2	Dragline	399.541,67
3	Dragline	621.911,70
4	Dragline	1.123.209,82
	Sucção e Recalque	191.097,75
<b>Total</b>		<b>2.436.414,41</b>

### 3.3. Medidas de recuperação ambiental

A recuperação dos acessos e bacias de decantação (depósitos temporários), das áreas de depósitos definitivos (bota fora) e junto às margens do rio, correspondem às medidas para minimizar a magnitude dos impactos negativos gerados em função da obra de desassoreamento. Considerando os resultados obtidos, estão previstos a recuperação de 206,01 ha, sendo 5,63 ha em áreas de bota fora, 14,86 ha de acessos e 185,52 ha nas margens do rio, pertinente a Área de Preservação Permanente (APP).

A construção de solos em projetos de reabilitação de áreas degradadas depende das características de degradação presentes na área; das características dos solos no entorno da área degradada, que servem de parâmetro para a recomposição do uso futuro pretendido e da vegetação a ser introduzida. Por definição o solo construído corresponde à camada de materiais argilosos não compactados, depositados na superfície de toda área a ser reabilitada, à qual são adicionados insumos para a correção da acidez e melhoria dos níveis de fertilidade. Tem por função dar sustentação física e química à vegetação a ser implantada.

Os locais definidos no projeto de desassoreamento para disposição final dos sedimentos (depósitos definitivos e temporários e margens do rio) dragados servirão como base para correção do sedimento *in situ* visando à implantação da cobertura vegetal (e.g. espécies herbáceas e arbóreas). A correção do sedimento consiste na aplicação de insumos agrícolas (e.g. calcário, cama de aviário e fertilizante químico - NPK) servindo como base à introdução de espécies herbáceas (e.g. gramíneas e leguminosas). No que concerne às espécies arbóreas estas serão distribuídas diretamente em covas, onde previamente deverão ser adicionados materiais argilosos não compactados provenientes das camadas subsuperficiais

dos solos, horizontes B (HB) oriundas de jazidas de empréstimo, adicionando-se ainda insumos para a correção de acidez e melhoria dos níveis de fertilidade química e física do solo.

Nas áreas de acessos construídos, estes deverão ser recuperados através de procedimentos de descompactação do solo, incorporação de insumos e introdução de cobertura vegetal.

A implantação de cobertura vegetal para recomposição da mata ciliar junto às áreas de deposição permanente dos sedimentos dragados no rio Urussanga considerou a utilização de espécies herbáceas (e.g. gramíneas e leguminosas) associadas a espécies arbóreas (e.g. pioneiras, secundárias iniciais, tardias e climácicas). Foi indicada ainda a instalação de poleiros artificiais (Figura 6) que tem como objetivo atrair a avifauna presente nos remanescentes florestais dispostos nas áreas adjacentes. Tal procedimento possibilitará a dispersão de propágulos (e.g. frutos, sementes) nos trechos que transitaram por intervenções (e.g. construção de vias de acesso; alargamento das margens do rio), intensificando assim os processos relacionados à introdução de espécies vegetais nos sítios recuperados.

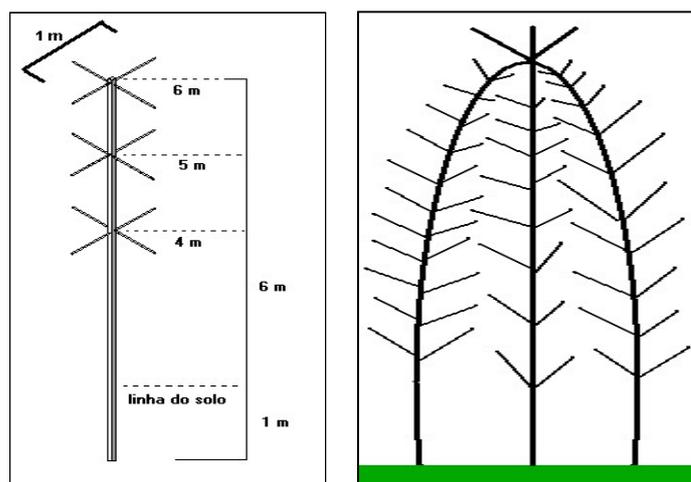


Figura 6. Exemplos de poleiros artificiais a serem utilizados nas áreas marginais do rio Urussanga, adaptado de Melo (1997).

Tendo em vista a ocorrência de prejuízos a evolução da cobertura vegetal implantada, faz-se necessário o isolamento das áreas de intervenção. É importante salientar que a recuperação ambiental é um processo lento que necessita de muitos anos para que a comunidade possa estabelecer novamente o equilíbrio ambiental. A Figura 7A mostra um modelo construtivo do processo de dragagem e disposição dos sedimentos em depósitos temporários (bacias de decantação) junto as margens do rio Urussanga, enquanto a Figura 7B a recuperação ambiental da mata ciliar.

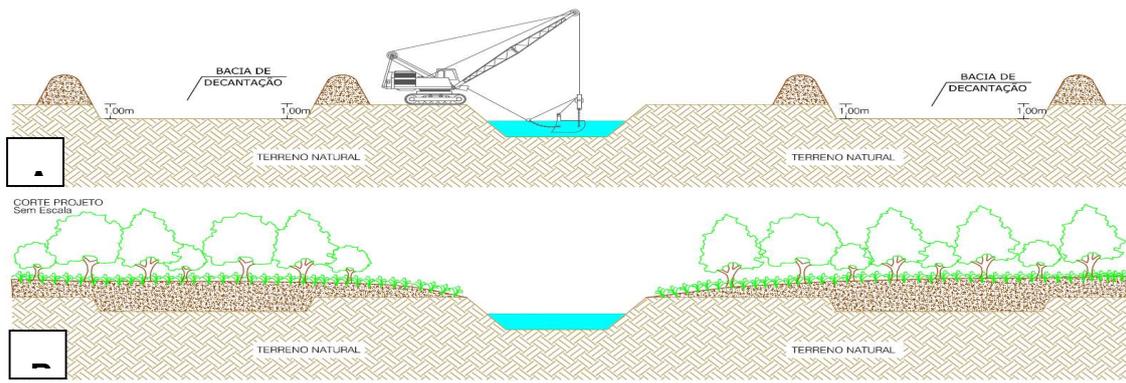


Figura 7. Modelo construtivo. A) processo de dragagem de sedimentos com equipamento dragline; B) recuperação ambiental das margens do rio.

#### 4. CONCLUSÕES

A execução da obra de desassoreamento do rio Urussanga, faz prever uma dinamização da economia municipal. As melhorias serão percebidas principalmente nos segmentos agropastoril (rizicultura, pastagem), industrial (cerâmica vermelha), mineração (extração argilas e areia) e atividades ribeirinhas, com reflexo no aumento da receita dos proprietários e dos municípios da região (arrecadação de impostos). Em termos de aspectos econômicos e sociais, o panorama tendencial, representa mudanças positivas, havendo redução dos problemas relacionados às inundações.

Embora o desassoreamento atenua a elevação das cotas de cheias, não resolve a totalidade dos alagamentos, uma vez que o fundo do rio apresenta cotas (altitude) negativas a partir das proximidades da BR 101, se comparado ao nível médio dos mares. Mesmo assim, o projeto trará benefícios como: i) redução dos problemas relacionados às cheias e enchentes; ii) recuperação das áreas de preservação permanente ao longo das áreas de intervenção; iii) melhoria da qualidade ambiental do rio e suas margens; entre outros. Por outro lado, mesmo que o desassoreamento traga benefícios sociais e econômicos à região, proporcionando uma sensível melhora na qualidade ambiental, não exime os demais setores econômicos da sociedade da obrigação e responsabilidade no que se refere à gestão das águas e do território da bacia.

Este projeto corresponde aos resultados de campo e escritório, envolvendo uma equipe multidisciplinar, nas áreas de engenharia, geologia, biologia, hidrologia, química, entre outras áreas do conhecimento. Foram realizados levantamentos topográficos e batimétricos, cubagem de sedimentos, análises químicas da água superficial e de sedimentos, flora, fauna, arqueologia, levantamentos geológico, geomorfológico, hidrológico, climatológico e solos, além de entrevistas com os moradores e avaliação dos impactos ambientais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao consórcio das prefeituras municipais que integram a bacia do rio Urussanga pelo custeio de recursos e à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS) através da Secretaria de Desenvolvimento Regional de Criciúma (SDR Criciúma) pelo suporte oferecido.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, N. Z. **Análise integrada da qualidade das águas da Bacia do rio Araranguá**. 2000. 300 f. Dissertação (Mestrado Curso de Geografia) Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/78362>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

BRASIL. Resolução nº 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 07 maio 2004. n. 87, p. 56-57. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 18 mar. 2005. n. 53, p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

BRASIL. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 30 dez. 2009. n. 249, p. 81-84. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

BRASIL. Resolução nº 454, de 1 de novembro de 2012. Estabelece diretrizes gerais os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 8 nov. 2012. n. 216, Seção 1, p. 66-66. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>>. Acesso em:

26 jun. 2017.

CULLEN-JR., L.; RUDRAN, R. 2003. Transectos lineares na estimativa de densidade de mamíferos e aves de médio e grande porte, p.169-179. In: CULLEN-JR., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Eds.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba, Editora UFPR e Fundação o Boticário de Proteção à Natureza, 667p.

GONZÁLEZ, A. R. **Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades**. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2006. 271 p.

HAYES, D. B.; FERRERI, C. P.; TAYLOR, W. W. Active fish capture methods. In: NIELSEN, L. A.; JOHNSON, D. L. (Eds.). **Fisheries techniques**. Maryland: American Fisheries Society, 1983. Cap. 7. p. 123-145.

HUBERT, W. A.; POPE, K. L.; DETTMERS, J. M. Passive Capture Techniques. In: NIELSEN, L. A.; JOHNSON, D. L. (Ed.). **Fisheries Techniques**. Maryland: American Fisheries Society, 1983. Cap. 6. p. 95-122.

KUHLMANN, M. L. et al. **Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2012. 113 p. Disponível em: <<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2015/01/protocolo-biomonitoramento-2012.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

MALABARBA, L. R.; REIS, R. E. **Manual de técnicas para a preparação de coleções zoológicas: 36. Peixes**. Campinas: Sociedade Brasileira de Zoologia, 1987. 14 p.

MENEZES-FILHO, F. C. M.; COSTA, A. R. **Aplicação do método dos blocos alternados e da Convolução de hidrogramas para determinação de Escoamento superficial direto - ESD**. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste. Cuiabá, 2007.

MELO, V. A. **Poleiros artificiais e dispersão de sementes por aves em uma área de reflorestamento, no estado de Minas Gerais**. 1997. 39 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/melo,va.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas de Santa Catarina: Diagnóstico Geral**. Florianópolis, 1997. 169p.

UEIDA, V. S.; CASTRO, R. M. C. Coleta e fixação de peixes de riachos. **Oecologia**

**Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p.1-22, 1999. Disponível em:  
<<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2885941.pdf>>. Acesso em: 26 jun.  
2017.

**ABSTRACT:** In the river improvement of Urussanga river, aiming to reduce the impacts associated with heavy rains and consequent flooding of areas more susceptible to the effects of flooding, are planned a series of activities related to its dredging, which is performed selectively to an extent of 43,5 km. The chemical analysis of water and sediment, characterization/classification and the disposal of dredged material are in line with Resolutions CONAMA 344/2004, 357/2005, 420/2009, 430/2011 and 454/2012. With the recovery of the different stretches of the river Urussanga, it is expected, in addition to environmental improvements and increase in the collection of municipal taxes, the economic revitalization of the entire macro-region, notably with regard to industrial activities, mining and agroforestry, as well social benefits to the communities that using or living near to the water body.

**KEYWORDS:** Dredging; Inundation; Sediment; Environmental recovery.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-93243-39-4



9 788593 243394