

# 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:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves (UFT)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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 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  
Sérgio Luciano Galatto**

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

### **Nadja Zim Alexandre**

Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Criciúma-Santa Catarina

### **Carlyle Torres Bezerra de Menezes**

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

### **Sérgio Luciano Galatto**

Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Criciúma-Santa Catarina

**RESUMO:** Nos processos relacionados ao desassoreamento do rio Urussanga - SC., foi realizada a caracterização do sedimento em consonância à Resolução CONAMA nº. 454/2012, determinando-se assim, as ações necessárias à sua disposição final. Nesse contexto, o material a ser removido nos trechos superiores, constituídos de areia com granulometria mais grossa não necessitariam de maiores detalhamentos para definição de sua destinação, uma vez que a interação deste material com o ambiente é reduzida. Por sua vez, o sedimento removido no trecho intermediário e do baixo rio Urussanga inspiram cuidados adicionais, caso se tenha a opção de depositá-los em água, uma vez que estes apresentam toxicidade à biota aquática. Para conhecimento e utilização de estratégias posteriores, procedeu-se a caracterização química do material com o escopo de identificar a melhor alternativa de disposição final. O material a ser dragado foi amostrado utilizando-se draga Birge-Ekman. Os resultados das amostras compostas foram comparados com a Tabela III da Resolução CONAMA nº 454/2012 objetivando determinar se o material é compatível com a disposição em águas (submerso) e com a Resolução CONAMA nº. 420/2009 para avaliar a possibilidade de disposição em solo. Os demais indicadores de qualidade ambiental, incluindo os resultados dos HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) estão posicionados abaixo dos limites estabelecidos como Nível 1. A única exceção está relacionada à amostra obtida no segmento amostral localizado no município de Morro da Fumaça, cuja concentração de cromo no sedimento acusou 38 mg.kg<sup>-1</sup>, quando o limite estabelecido para Nível 1 (água doce) é de 37,3 mg.kg<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sedimentos, Deposição Subaquática, CONAMA nº 454/2012.

## 1. INTRODUÇÃO

O material que se deposita no fundo de um corpo hídrico, seja ele um rio ou um lago, possui a capacidade de acumular compostos, fazendo deste compartimento ambiental um dos mais importantes na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos. A importância das abordagens integradas de análises físicas, químicas e biológicas reflete em dados mais adequados sobre a toxicidade do ambiente. Além disso, os sedimentos podem agir como possíveis fontes de poluição, como exemplo, elementos-traço, os quais não são permanentemente fixados nos sedimentos, podendo ser novamente disponibilizados para a coluna de água, através de variações nas condições ambientais tais como mudanças de pH e de potencial redox. Para se ter uma correta interpretação das quantidades de elementos-traço presentes nos sedimentos de fundo de um corpo d'água devem-se distinguir os processos de origem natural, como geológicos, biológicos ou hidrológicos, daqueles de ação antrópica (WETZEL *et al.*, 1983 *apud* RESTREPO, 2007).

Wetzel *et al.*, (1983) utiliza o compartimento de fundo para mostrar a qualidade corrente do sistema aquático, utilizando o sedimento para detectar a presença de contaminantes que não permanecem solúveis após seu lançamento em águas superficiais. Além disso, o autor afirma que o sedimento age como um carreador e provável fonte de poluentes, uma vez que os metais não são permanentemente fixados por ele, e podem ser ressolubilizados para a água por mudanças nas condições ambientais e/ou antrópicas.

Este autor ainda esclarece que o sedimento constitui uma fase mineralógica com partículas de tamanhos, formas e composição química distinta. Esses materiais, em sua maioria, são depositados nos rios, lagos e reservatórios durante muitos anos. Processos biogeoquímicos controlam o acúmulo e a redistribuição das espécies químicas. Outro fator que influencia a absorção e a retenção de contaminantes na superfície das partículas são o tamanho da partícula. A tendência observada é a de que quando a granulometria do sedimento diminui, as concentrações de nutrientes e contaminantes aumentam. Esta tendência é derivada do fato de que pequenas partículas tem grandes áreas de superfície para a absorção por contaminantes (BEVILACQUA, 1996).

As propriedades de acúmulo e de redistribuição de espécies no sedimento o qualifica como um compartimento importante nos estudos de impacto ambiental, pois registram em caráter mais permanente, os efeitos da contaminação (BEVILACQUA, 1996).

No Brasil a regulamentação sobre caracterização e disposição de sedimento de dragagem é ditada pela Resolução CONAMA nº. 454/2012 (BRASIL, 2012), que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Os critérios e limites estabelecidos pela resolução basearam-se nos valores do Guia Canadense de Qualidade de Sedimentos para Proteção da Vida Aquática, elaborado pelo Conselho de Ministros de Meio Ambiente do Canadá (CCME, 1999, atualizado em 2002). O

critério canadense utiliza TEL e PEL, enquanto que a Resolução CONAMA n.º. 454/2012, referencia esses critérios como Nível 1 e Nível 2, respectivamente.

Este documento trata da disposição de sedimentos que sofrerão processo de dragagem, e estabelece as concentrações de contaminantes a partir das quais se prevê baixa (Nível 1) ou alta (Nível 2) probabilidade de efeitos tóxicos à biota quando se trata de ambientes de água doce, assim como baixa (Nível 3) ou alta (Nível 4) probabilidade de efeitos tóxicos à biota de ambientes estuarinos ou marinhos.

Segundo Castilhos *et. al.*, (2010) e orientação da Environmental Canada (CCME, 2002) para teores de metais pesados em sedimentos é baseada na toxicidade destes contaminantes para a biota bentônica. Ainda de acordo com legislação canadense, em decorrência da complexa composição química e mineralógica dos sedimentos fluviais e das suas inter-relações com o substrato aquoso, o mais prudente para efeitos de diagnóstico ambiental é a associação de aspectos sedimentológicos e geoquímicos e bioindicadores aquáticos. Sendo assim, as concentrações de referência de Environmental Canada (2002) e da Resolução CONAMA n.º. 454/2012 foram determinadas de acordo com ensaios ecotoxicológicos em sedimentos de água doce enriquecidos de substâncias-teste, utilizando organismos bentônicos.

O artigo 10 da Resolução CONAMA n.º. 454/2012, após a caracterização química do material a ser dragado, deverá ser realizada a sua classificação química objetivando a possibilidade de disposição do material em solo ou em águas de jurisdição nacional (AJN). Para os casos de disposição em solo, os resultados analíticos são comparados com o que estabelece a Resolução CONAMA n.º 420/2009; enquanto que para deposição em AJN utiliza-se como referência os valores orientadores da Tabela III da Resolução CONAMA n.º. 454/2012.

O Projeto de Desassoreamento do Rio Urussanga originou-se de um consórcio entre oito prefeituras que integram os municípios drenados pela Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga (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). Com objetivo de assegurar que o transporte e disposição dos sedimentos provenientes do desassoreamento do rio Urussanga ocorram de maneira segura no aspecto ambiental foi realizada a amostragem e caracterização do material dragado. Neste trabalho são apresentadas as metodologias de amostragem e de classificação do sedimento realizado para o projeto e em conformidade com o Conama n.º 454/2012.

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. Ocupa uma extensão de 43,5 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



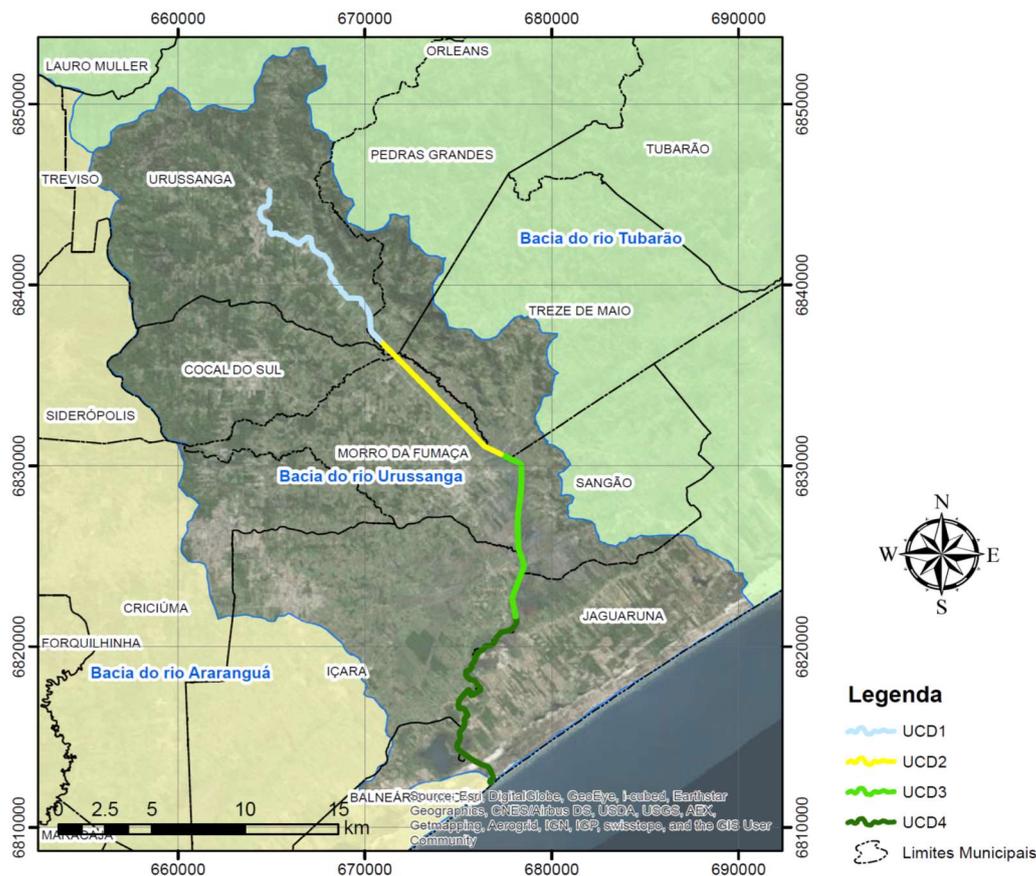


Figura 26. Distribuição das Unidades de Caracterização de Dragagem (UCD) no canal principal do rio Urussanga, SC. Fonte: IPAT/UNESC, 2014.

No primeiro trecho do canal principal (UCD1) a amostra foi composta por 17 alíquotas obtidas ao longo de 12 km. Na UCD2 obteve-se 11 alíquotas num trecho de 7 km; enquanto que na UCD3 foram obtidas 11 alíquotas; enquanto que no trecho inferior do canal (UCD4) obteve-se 12 alíquotas numa extensão de aproximadamente 6,5 km. No laboratório as várias alíquotas que compõe as amostras compostas das quatro UCDs, foram homogeneizadas e quarteadas até se obter uma quantidade suficiente para as análises gravimétricas e laboratoriais representativas do sedimento a ser dragado em cada UCD. A homogeneização foi realizada de forma a evitar a descaracterização da granulometria da amostra, ou seja, distribuindo-se o total de alíquotas de cada UCD sobre uma lona e homogeneizando-se o material com auxílio de pás e enxadas (cuidadosamente, para não alterar a granulometria original), descartando-se  $\frac{3}{4}$  do volume original. As amostras compostas de cada UCD foram secas a 65°C em estufa com tiragem forçada de ar.

## 2.2. Metodologia de Classificação

As amostras compostas foram caracterizadas de acordo com a Resolução CONAMA n°. 454/2012. Este instrumento determina 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 quando se tem por objetivo a deposição submersa. Para avaliar a possibilidade de disposição em solo, utilizou-se a resolução CONAMA n°. 420/2009.

Realizou-se o ensaio granulométrico via úmido nas amostras compostas (Tabela II da Resolução CONAMA n° 454/2012) e independentemente do resultado, procedeu-se a caracterização química e ecotoxicológica. A análise química foi realizada na fração total da amostra. A metodologia analítica para a extração dos metais das amostras consistiu no ataque com ácido nítrico concentrado e aquecimento por microondas, conforme descrito em SW 846-3050. Os resultados foram expressos em base seca a 65°C, com exceção do pH e potencial redox que foram medidos na amostra “in natura” e no campo. O Oxigênio Dissolvido (OD) foi mensurado na água intersticial da amostra também em campo. A Tabela 1 indica os parâmetros analisados bem como o método analítico utilizado pelo laboratório.

Tabela 1. Parâmetros analisados nos sedimentos e seus respectivos métodos analíticos.

Parâmetro	Método Analítico
As, Cd e Ni	Espectrofotometria Absorção Atômica (Forno de Grafite)
Pb, Cu, Cr, Mn, Zn, Al e Fe	Espectrofotometria Absorção Atômica (Chama)
Mercúrio (Hg)	Espectrofotometria Absorção Atômica (Vapor Frio)
Nitrogênio Total (%)	Titulométrica Kjeldahl
Matéria Orgânica (%)	Titulométrica K2Cr2O7
Fósforo Total (P)	Gravimétrico Quimociac
HPA	EPA 8310:LC/FU
PCB Total	EPA 8082 <sup>a</sup> - CG/EM
Organoclorados	8081 <sup>a</sup> - CG/EM

Os resultados laboratoriais foram comparados aos valores de referência listados nas Tabelas III e IV da Resolução CONAMA n°. 454/2012. Esta resolução determina que a avaliação ecotoxicológica seja realizada em complementação à caracterização física e química nas amostras que apresentarem algum parâmetro fora dos padrões apresentados pela legislação. Optou-se pela realização de análises ecotoxicológicas em todas as estações amostrais.

Os ensaios ecotoxicológicos foram realizados na fração solubilizada obtida de acordo com a NBR-12713 (ABNT, 2009), que consiste em expor indivíduos neonatos (2 a 26 horas) do microcrustáceo dulcícola *Daphnia magna* a diferentes diluições do agente-teste por um período de 48 horas, onde o efeito agudo é determinado através da imobilidade dos organismos. Cada solução teste recebeu 10 indivíduos, em duplicata, totalizando 20 indivíduos e mais o grupo controle com

água de diluição. Para este teste optou-se pela utilização de balões de 50 mL no preparo das diluições. O resultado da análise é dado em FT - Fator de Toxicidade, que indica quantas vezes a amostra foi diluída com água controle.

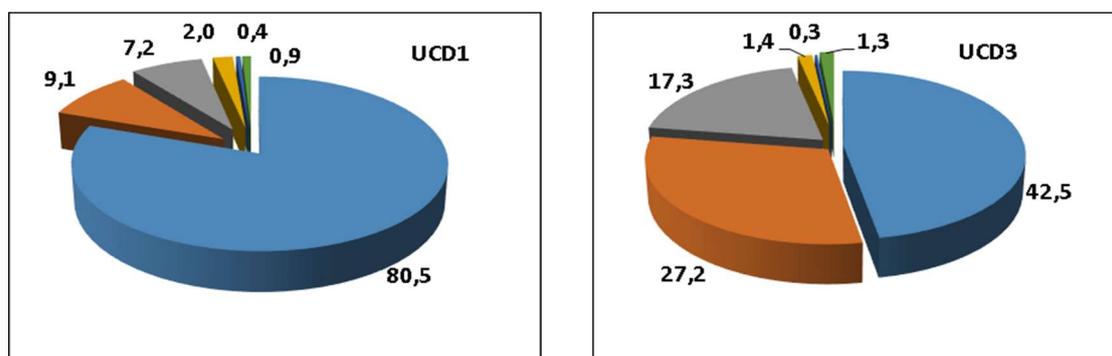
### 3. CARACTERÍSTICAS DO SEDIMENTO DA CALHA DO RIO URUSSANGA

Os resultados do ensaio granulométrico para as amostras compostas, obtidas nas quatro UCD do rio Urussanga são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados do ensaio granulométrico por UCD do rio Urussanga.

Peneiras		% Retido por Ponto de Amostragem			
(mm)	(Mesh)	UCD1	UCD2	UCD3	UCD4
2,00	10	42,43	29,33	10,10	2,21
1,00	16	23,77	25,27	6,37	7,42
0,50	32	14,25	32,18	26,05	19,83
0,25	60	9,07	9,45	27,22	47,42
0,125	115	7,18	2,71	17,33	17,42
0,062	250	1,99	0,66	1,35	0,85
0,025	500	0,44	0,11	0,26	0,55
Fundo		0,87	0,29	1,32	0,43

A análise granulométrica da UCD3 demonstra que o sedimento do rio Urussanga neste trecho é composto de 80,4% de areia, sendo que 42,5% se constituem de areia grossa. Diferente das amostras obtidas na UCD1 e UCD2, localizadas a montante, o sedimento obtido na UCD3 é composto por material mais fino e necessita de estudos complementares para sua caracterização, caso se deseje realizar a deposição subaquática do material. Na UCD4 que caracteriza o baixo rio Urussanga, na localidade de Urussanga Velha, o material é composto por 95,2% de areia, sendo que 65,7% se constituem de areia média a muito fina. Desta forma, o sedimento nesta área mais baixa do rio necessita de estudos complementares para fins de caracterização. A Figura 3 mostra a distribuição granulométrica nas estações amostrais localizadas ao longo do canal do rio Urussanga.



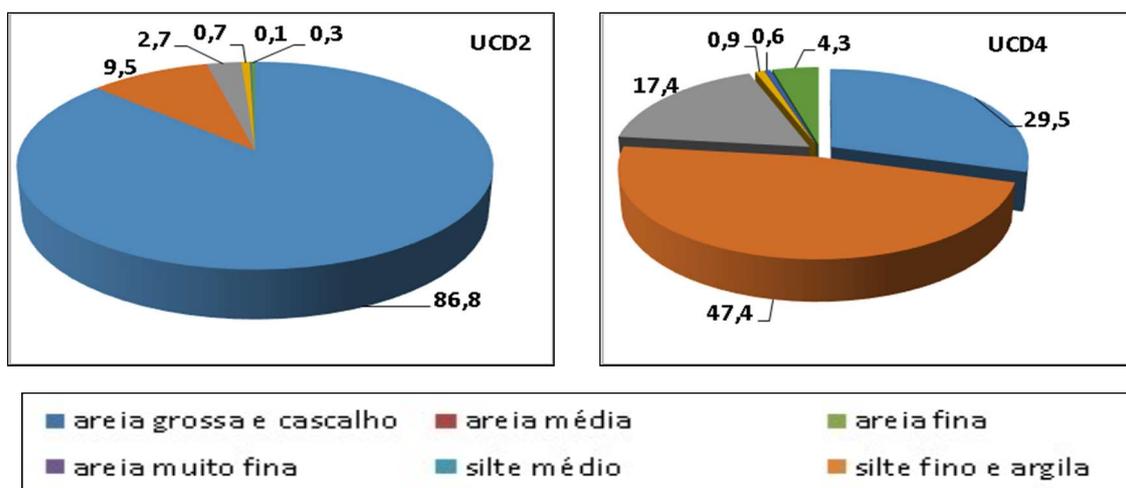


Figura 3. Distribuição granulométrica do sedimento nas Unidades de Caracterização de Dragagem (UCD) no canal principal do rio Urussanga, SC.

A caracterização físico-química e ecotoxicológica do sedimento do rio Urussanga foi realizada no material coletado nas quatro estações amostrais. No instante da coleta foram avaliadas algumas características da água intersticial do sedimento referente ao último ponto de amostragem simples da região amostral.

Os resultados apontaram valores de pH variando entre 5,01 a 6,13; potencial de oxi-redução entre -218,6 a 425,8 mV; oxigênio dissolvido entre 1,4 e 5,7 mg.L<sup>-1</sup> e salinidade entre 0,1 a 0,6 partes por mil. Os trechos compreendidos pela UCD1 e UCD2 registraram ambiente com maior potencial de oxidação. A medida de salinidade do trecho compreendido entre UCD1 e UCD3 caracteriza água doce; enquanto que na UCD4 (baixo rio Urussanga) é de condição estuarina (superior a 5‰). Desta forma, na UCD4 os resultados dos ensaios físico-químicos foram comparados aos limites fixados para sedimento de água salobra. A Tabela 3 apresenta as características físico-químicas do sedimento nas quatro UCDs do rio Urussanga.

Tabela 3. Características físico-químicas do sedimento do rio Urussanga.

Indicadores de Qualidade	Estação Amostral			
	UCD1 (mg.kg <sup>-1</sup> )	UCD2 (mg.kg <sup>-1</sup> )	UCD3 (mg.kg <sup>-1</sup> )	UCD4 (mg.kg <sup>-1</sup> )
Alumínio	2,82	2,25	2,26	3,46
Ferro	39,83	33,70	38,64	36,81
Arsênio	6,0	3,8	2,7	4,3
Cádmio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo	9,0	5,0	6,0	7,0
Cobre	16	12	12	11
Cromo	35	35	38	34
Manganês	38	37	42	17
Merúrio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel	4,2	4,1	4,7	2,6
Zinco	19	14	9	19
Nitrogênio	3500	800	500	600
Fósforo	nd	nd	nd	2700

Indicadores de Qualidade	Estação Amostral			
	UCD1 (mg.kg <sup>-1</sup> )	UCD2 (mg.kg <sup>-1</sup> )	UCD3 (mg.kg <sup>-1</sup> )	UCD4 (mg.kg <sup>-1</sup> )
Matéria Orgânica	58000	11000	36000	7200
Carbono Orgânico	34000	6000	21000	42000

Comparando-se os resultados obtidos com os valores fixados pela resolução CONAMA n°. 454/2012 que avalia a possibilidade de deposição subaquática do sedimento, verifica-se que o trecho inicial do rio Urussanga (UCD1) apresenta concentração de arsênio acima do limite estabelecido para sedimento de água doce nível 1 (limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota); e abaixo do estabelecido pelo nível 2 que representa o limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota.

Na amostra do trecho intermediário UCD3 (município de Morro da Fumaça), a concentração de cromo no sedimento acusou 38 mg.kg<sup>-1</sup> quando o limite estabelecido para Nível 1 (água doce) é de 37,3 mg.kg<sup>-1</sup>. Em todo o canal do rio, os demais indicadores de qualidade incluindo os HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) se encontram abaixo dos limites estabelecidos como Nível 1.

No que se refere à concentração de matéria orgânica e nutrientes observou-se concentração acima do valor de alerta para fósforo na amostra da UCD4, que representa as condições do sedimento no estuário do rio Urussanga. O valor de alerta é o valor acima do qual representa possibilidade de causar prejuízos ao ambiente na área de disposição. Segundo o CONAMA n° 454/2012, ficam excluídos de comparação com a presente caracterização, os valores oriundos de ambientes naturalmente enriquecidos por matéria orgânica e nutrientes, como manguezais. Neste caso, ressalta-se que esta amostra representa o estuário do rio Urussanga, ambiente naturalmente enriquecido por matéria orgânica e nutriente.

Neste sentido, o art. 4º esclarece que a determinação da concentração de matéria orgânica e de nutrientes serve para subsidiar o acompanhamento do processo de eutrofização em áreas de disposição sujeitas a esse processo, sendo que os valores de alerta estabelecidos na Tabela IV da Resolução CONAMA não são utilizados para classificação do material a ser dragado, mas tão somente como fator contribuinte para o gerenciamento da área de disposição.

As amostras de sedimento também foram submetidas ao ensaio de ecotoxicidade aguda utilizando como bioindicador *Daphnia magna*. O CONAMA estabelece que a caracterização ecotoxicológica deve ser realizada em complementação à caracterização física e química, com a finalidade de avaliar os impactos potenciais à vida aquática, no local proposto para a disposição do material dragado. A análise foi realizada no elutriato do sedimento. Para a interpretação dos resultados, os ensaios ecotoxicológicos deverão ser acompanhados da determinação de nitrogênio, na fração aquosa, bem como dos dados referentes ao pH, temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido.

Os resultados apontam um Fator de Toxicidade (FT) de 3 para a estação UCD1; 2 para as estações UCD2 e UCD3; e 12 para a estação UCD4. Este último provavelmente deve estar relacionado à biodisponibilidade dos contaminantes

residuais no sedimento ocorrer em função dos processos de oxi-redução (Eh), variação no pH, presença de organismos aquáticos e por fatores físico-químicos. Dentre os fatores físicos a granulometria encontrada nesse ponto pode ter colaborado para a maior disponibilidade de contaminantes e a consequente toxicidade do sedimento. O fato dos metais chegarem aos sedimentos adsorvidos no material em suspensão não significa necessariamente a sua imobilização.

#### 4. CONCLUSÕES

Os processos dinâmicos de adsorção e dessorção no sedimento são influenciados pelas mudanças físicas e químicas, podendo ser mobilizados e voltar à coluna de água. Na cabeceira do rio Urussanga, logo após receber a descarga dos seus primeiros afluentes, rio Maior e rio Carvão, em declividades maiores, o leito é constituído predominantemente por seixos e cascalhos, resultado da alta energia potencial hídrica que carrega partículas de granulometria maiores. À medida que o rio amadurece, os relevos vão ficando mais planos e a energia potencial menor, a granulometria do material depositado no fundo é cada vez mais fina, como no caso UCD4. Ao atingir a região costeira, no seu estuário, a baixa energia hidrodinâmica faz com que haja a presença de material muito fino. Com a energia das ondas, a tendência do material é se dispersar e atingir grandes profundidades mar adentro. A mistura entre a água doce e salgada gera processos químicos de sedimentação, que são a floculação em partículas maiores, e a coagulação para coloides.

Como os estuários são formações costeiras que permitem a sedimentação de material muito fino, esta relação com a erosão permite a acumulação deste material. Essa acumulação de material fino tem implicações significativas com relação à retenção de poluentes, devido à elevada superfície específica apresentada por este material. Os sedimentos mais finos em suspensão têm a superfície altamente reativa, que é capaz de imobilizar e interagir com as superfícies de outras partículas e de substâncias dissolvidas.

O sedimento do rio Urussanga foi caracterizado conforme determina a Resolução CONAMA n°. 454/2012 que determina 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. Desta forma, o material a ser removido nos trechos compreendido entre UCD1 e UCD2, por constituírem-se de areia com granulometria mais grossa não necessitariam maiores detalhamentos do estudo para sua avaliação, uma vez que a interação deste material com o ambiente é reduzida.

O material removido no trecho intermediário (UCD3) e baixo rio Urussanga (UCD4) inspiram mais cuidados caso se tenha a opção de depositá-los em água, uma vez que estes apresentam toxicidade aos organismos aquáticos, conforme resultados dos ensaios ecotoxicológicos.

Os demais indicadores de qualidade do sedimento do rio Urussanga, incluindo os resultados dos HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) nas

quatro amostras se encontram abaixo dos limites estabelecidos como Nível 1, que representa o limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota. A única exceção está relacionada à amostra UCD3, trecho amostral localizado no município de Morro da Fumaça, cuja concentração de cromo no sedimento acusou 38 mg.kg<sup>-1</sup> quando o limite estabelecido para Nível 1 (água doce) é de 37,3 mg.kg<sup>-1</sup>.

Para deposição do sedimento em solo os resultados das quatro UCDs foram menores que os valores de prevenção estabelecidos pela resolução do CONAMA n°. 420/2009 que representa o limite de determinada substância para que o solo seja capaz de sustentar suas funções.

## 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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12713**: Ecotoxicologia aquática: toxicidade aguda: método de ensaio com *Daphnia* spp. (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro, ABNT: 2009.

BEVILACQUA, J. E. **Estudos Sobre a Caracterização e a Estabilidade de amostras de Sedimento do Rio Tietê, SP**. 1996. 171 f. Tese (Doutorado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46133/tde-13012017-122443/en.php>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

BRASIL. Resolução n° 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 n° 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.

CASTILHOS, Z. C. et al. **Metodologia para o monitoramento da qualidade das águas da Bacia Carbonífera Sul Catarinense: ferramenta para gestão em poluição ambiental**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 116 p. (Série Gestão e Planejamento Ambiental, 13). Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/294/1/sgpa-13.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

CCME. CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENTAL. **Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) Summary Table**. 2002. Disponível em: <[http://www.ccme.ca/en/resources/canadian\\_environmental\\_quality\\_guidelines/](http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/)>. Acesso em: 26 jun. 2017.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o Projeto de Desassoreamento do Rio Urussanga**. Criciúma: IPAT/UNESC, 2014. 526 f.

WETZEL, R. G. **Limnology**. 2. ed. San Diego: Elsevier, 1983. 783 p.

RESTREPO, J. J. B. **Avaliação de elementos-traço em amostras de sedimento marinho ao longo do litoral catarinense**. 2017. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89915?show=full>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

**ABSTRACT:** In the process to the dredging of the river Urussanga - SC., was carried out to characterize the sediment in line with Resolution CONAMA. 454/2012, determining thus the actions necessary for its final disposal. In this context, the material to be removed in the upper reaches, made up of more coarse sand require no further elaboration of the determination, since the interaction of this material with the environment is reduced. In turn, the sediment removed the intermediate section and the lower Rio Urussanga inspire additional care if it has the option to deposit them in water, as these present toxicity to aquatic biota. For knowledge and need for other strategies, we proceeded to the chemical characterization of the material with the aim of identifying the best alternative for final disposal. The material to be dredged was sampled using dredge Ekman-Birge. The results were compared with Table III of CONAMA Resolution nº 454/2012 aiming to determine if the material is compatible with the provision in water (submerged) and CONAMA Resolution nº 420/2009 to evaluate the possibility of disposal at landfills. Other indicators of environmental quality, including the results of PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) are positioned below the limits established as Level 1. The only exception is related to the sample obtained in the sample segment located in

the Morro da Fumaça municipality, whose chromium concentration sediment accused 38 mg.kg<sup>-1</sup>, when the limit for Level 1 (freshwater) is 37.3 mg.kg<sup>-1</sup>.  
**KEYWORDS:** Sediment, Underwater Deposition, CONAMA n° 454/2012.

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



9 788593 243394