



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-429-0 DOI 10.22533/at.ed.290192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS	
Aline Pereira Gaspar Karen Niccoli Ramirez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO	
Natalia da Rocha Pinto Elfride Anrain Lindner	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>31</b>
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO <sub>2</sub> E ADIÇÃO DE MORINGA	
Maria Marcyara Silva Souza Francisco Wellington Martins da Silva Antônia Mayara dos Santos Mendes Quezia Barboza Rodrigues Juan Carlos Alvarado Alcócer	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO	
Igor José Langer Luis Eduardo Palomino Bolivar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO	
Thaís Freitas Barbosa Victor Menezes Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>60</b>
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR	
Rafaela Paes de Souza Barbosa Gustavo Forastiere Simoneli Maria Magdalena Ribas Döll Mayra Alves Donato	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>73</b>
VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Ana Carolina Silva de Oliveira Lima Ana Cláudia Pimentel de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>77</b>
POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO ( <i>NICOTIANA TABACUM</i> ) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA	
Magda Regina Santiago Lígia Maria Salvo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>85</b>
CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO	
Carla Vieira Pontes Talita Gantus de Oliveira Vitor Pereira Faro Roberta Bomfim Boszczowski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>95</b>
AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
Alison de Souza Norberto Rafaella de Moura Medeiros Maria Odete Holanda Mariano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>104</b>
AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Leonardo de Lima Moura Claudio Fernando Mahler	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250611</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>117</b>
UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU	
Millena Gabriela Gualberto de Souza Nandeyara de Oliveira Costa Glaucio Luciano de Araujo Marcela Moreira Couto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250612</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>126</b>
BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS	
Daniela Cristiano Rufino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250613</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>138</b>
PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Francieli Fernandes	
Charles Souza da Silva	
Juniele Gonçalves Amador	
Charles Nunes de Lima	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>146</b>
PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC	
Bruna Weinhardt da Silveira	
Leila Cardoso	
Olaf Graupmann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>150</b>
MODELAGEM DE BIORRETORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL	
Guilherme Guimaraes Ascendino	
Juan Canellas Bosch Neto	
Laura de Oliveira Martins Torres	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>166</b>
O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Gustavo Destefani Picheli	
Luiz Carlos Vieira Guedes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>183</b>
ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO	
Douglas Mito Cerezoli	
Leonardo Vinhaga	
Camila Ricci	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250618</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>195</b>
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
Daniel Marcos de Lima e Silva	
Maísa de Castro Silva	
Marcelo Ferreira Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250619</b>	

<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>211</b>
USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE	
Jéssica Beatriz Dantas Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento Thayse Farias de Barros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>222</b>
CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS	
José Waltrudes Castanheira Pereira Márcio Cataldi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250621</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>238</b>
AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA	
Maxwell Sousa Costa Anderson da Silva Rocha Lucas Paglioni Pataro Faria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250622</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>252</b>
ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016	
Amanda Souza da Silva Rejane Félix Pereira Umberto Sampaio Madeiro Junior Guilherme Geremias Prata Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>258</b>
INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS	
Nandeyara de Oliveira Costa Millena Gabriela Gualberto de Souza Glaucio Luciano de Araújo Marcela Moreira Couto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>270</b>
UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL	
Olaf Graupmann Susan Hatschbach Graupmann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>273</b>
PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA	
Ana Luiza Enders Nunes Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250626</b>	

<b>CAPÍTULO 27 .....</b>	<b>279</b>
REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS	
<p>Marcos Túlio Fernandes  Jouséberon Miguel da Silva  Henrique Lopes Jardim  Alaor Afonso Ramos Soares  Glaucimar Lima Dutra</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28 .....</b>	<b>289</b>
NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMUNICAÇÕES SEM FIO	
<p>Matheus Emanuel Tavares Sousa  Humberto Dionísio de Andrade  Samanta Mesquita de Holanda  Idalmir de Souza Queiroz Júnior</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29 .....</b>	<b>296</b>
RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS	
<p>Milson dos Santos Barbosa  Isabela Nascimento Souza  Juliana Lisboa Santana  Isabelle Maria Duarte Gonzaga  Lays Carvalho de Almeida  Aline Resende Dória  Luma Mirely Souza Brandão  Débora da Silva Vilar  Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250629</b>	
<b>CAPÍTULO 30 .....</b>	<b>307</b>
CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
<p>Zeferino José Alencar Bezerra  Emerson Acácio Feitosa Santos  João Gomes da Costa  Thiago José Matos Rocha  Aldenir Feitosa dos Santos  Jessé Marques da Silva Júnior Pavão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31 .....</b>	<b>323</b>
A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO	
<p>Maria Lia Scalli Fonseca  Felipe de Lucas Barbosa  José Otavio Baldinato</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250631</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>341</b>

## PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE $\text{TiO}_2$ E ADIÇÃO DE MORINGA

### **Maria Marcyara Silva Souza**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias  
Aratuba – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/3693924262332011>  
[m.yarasilva@yahoo.com.br](mailto:m.yarasilva@yahoo.com.br)

### **Francisco Wellington Martins da Silva**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias  
Redenção – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/3948538701008343>  
[martinswellington29@yahoo.com.br](mailto:martinswellington29@yahoo.com.br)

### **Antônia Mayara dos Santos Mendes**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias  
Pacoti – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/5874719583374607>  
[antoniamayara@yahoo.com.br](mailto:antoniamayara@yahoo.com.br)

### **Quezia Barboza Rodrigues**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias  
Maranguape – Ceará  
[quezinha\\_rodrigues@hotmail.com](mailto:quezinha_rodrigues@hotmail.com)

### **Juan Carlos Alvarado Alcócer**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias  
Redenção – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/8172187725052094>  
[jcalcocer@unilab.edu.br](mailto:jcalcocer@unilab.edu.br)

**RESUMO:** A escassez de água a cada dia torna-se evidente na sociedade. Usar a água de modo consciente faz-se necessário para que situações extremas possam ser evitadas. O presente artigo tem como objetivo a purificação de água de efluentes de pias e ralos de banheiro, por meio de três processos: A filtração biológica, fotocatálise de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) e a adição de moringa (*Moringa oleifera*) para o reuso doméstico. A água utilizada para lavar louças/roupas e em banhos em uma residência de Redenção/CE foi capitada e realocada para um filtro biológico onde foram retidos alguns materiais macroscópicos em suspensão (arroz, verduras e outros); Em um segundo estágio adicionou-se, na água filtrada,  $\text{TiO}_2$  para a retenção de alguns metais contidos por meio do processo fotocatalítico; Em terceiro momento, nas amostras coletadas, foram adicionada sementes trituradas de moringa. No decorrer do processo de purificação amostras de água foram submetidas à análise laboratorial. Os

dados foram demonstrados no decorrer do trabalho onde sugerem que a cada estágio a água tornava-se mais propícia ao reuso. Este trabalho contribuirá consideravelmente para que as residências da cidade de Redenção/CE possam se apropriar da técnica de purificação apresentada para reutilizar a água de modo sustentável e econômico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Filtro biológico, processo fotocatalítico, dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), moringa, água.

## PURIFICATION OF DOMESTIC WATER USING PROCESSES OF BIOLOGICAL FILTER, PHOTOCATALYSIS OF TiO<sub>2</sub> AND ADDITION OF MORINGA

**ABSTRACT:** The scarcity of water each day becomes evident in society. Using water consciously is necessary so that extreme situations can be avoided. The present article has the objective of purifying water from effluent from sinks and bathroom drains, through three processes: Biological filtration, photocatalysis of titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and addition of moringa (*Moringa oleifera*) for domestic reuse. The water used for washing dishes and baths in a Redenção / CE residence was capped and relocated to a biological filter where some suspended macroscopic materials (rice, vegetables and others) were retained; In a second stage TiO<sub>2</sub> was added in the filtered water for the retention of some metals contained by the photocatalytic process; Thirdly, in the collected samples, moringa crushed seeds were added. During the purification process water samples were submitted to laboratory analysis. The data were demonstrated in the course of the work where they suggest that at each stage the water became more propitious to reuse. This work will contribute considerably to the residences of the city of Redenção / CE, to be able to appropriate the purification technique presented to reuse water in a sustainable and economical way.

**KEYWORDS:** Biological filter, photocatalytic process, titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>), moringa, water.

## INTRODUÇÃO

A água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta, portanto, falar da relevância da água, em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e recursos naturais. Água é fonte de vida.

O Brasil é o país com maior percentual de água doce disponível do mundo, mas atualmente a escassez é uma realidade, devido há alguns fatores como: a má distribuição regional; a poluição causada pelas as ações antropogênicas; a falta de políticas públicas voltadas para conservação dos recursos hídricos e políticas de saneamento básico. Diante dessa problemática novos métodos precisam ser feitos para a purificação e o reuso da água.

Segundo VIERA et al. (2002), a contaminação da água é ocasionada por resíduos comerciais, hospitalares, industriais e domésticos. E isso é um motivo não só de desequilíbrio a biodiversidade, mas também de ameaça à estrutura econômica, social e cultural da sociedade. O desenvolvimento econômico de uma região está diretamente relacionado ao uso consciente da água.

CERQUEIRA et al., (2008, p.12), afirmam que

As águas de qualidade inferior, como as águas residuais, particularmente as domésticas devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos, como a agricultura; assim, uma nova tática de consumo está se desenvolvendo em todo o mundo visando conservar a sua disponibilidade e qualidade: “o reuso de água”. Aproximadamente 500.000 há de terras agrícolas, em cerca de 15 países, estão sendo irrigado com águas residuais domésticas, entre eles Israel que detêm um dos mais ambiciosos programas de reutilização de águas, sendo que 70% das águas residuais do país são reutilizadas para a irrigação de 19.000 ha.

Diante dessa problemática a purificação da água doméstica através do filtro biológico, da fotocatalise do  $TiO_2$  e adição de moringa é uma alternativa eficaz, acessível e econômica para a população de Redenção/CE.

A água pode ser tratada a partir de diferentes enfoques. No presente artigo, optou-se por tratar a água a partir de três processos: a filtração natural, a utilização do dióxido de titânio por atividade fotocatalítica e finalização por meio do emprego das sementes trituradas de moringa. A decisão de abordar a problemática da água emana com meios e alternativas viáveis para evitar a escassez da água e manter sua preservação, evitando desperdícios. As tecnologias para tratamento de água devem proporcionar às pessoas que habitam em regiões carentes de água potável, a possibilidade de sua clarificação, de maneira fácil, autossustentável e a baixo custo.

Assim, a partir dos processos e contexto descritos, o projeto proposto tem como objetivo minimizar impactos ambientais decorrentes do desperdício de água e reutilizar a água que é descartada em pias e ralos de banheiros após um tratamento, em atividades caseiras básicas, como por exemplo, lavagem de roupas, automóveis, calçadas, jardinagem e até mesmo para cozer alimentos.

Por isso, a purificação/tratamento da água pelas etapas descritas tenta garantir uma maior potabilidade de água.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O processo da filtração natural baseia-se por meio de leitos de areia surgiram a partir da observação da pureza e limpidez das águas subterrâneas e da atribuição dessas características à sua passagem pelos poros naturais (AZEVEDO NETTO, 1987).

O uso de pré-filtros precedendo a filtração lenta deu origem à tecnologia de filtração em múltiplas etapas e tornou este processo uma das tecnologias mais

viáveis, principalmente para pequenas comunidades rurais; assim, novas técnicas de pré-tratamento, como sedimentação simples, usando coagulantes naturais adotadas em conjunto com a filtração lenta, podem flexibilizar ainda mais o emprego desta tecnologia.

O dióxido de titânio ou titânia ( $\text{TiO}_2$ ) é considerado de importância estratégica e está sendo exaustivamente estudado nas últimas cinco décadas, por ser um dos fotocatalisadores mais eficazes para oxidação à temperatura ambiente que muitos produtos orgânicos perigosos e também como um composto atraente para conversão de energia solar. É particularmente utilizado para o tratamento de água não potável funcionando como um filtro que bloqueia a passagens de quaisquer contaminantes. Quando em contato com água e exposto ao Sol ele reage com os hidrogênios não potáveis dessa amostra. E, dessa reação ele produz até 1,53 mm de hidrogênio por litro de água. Desempenhando um papel mais eficaz que outros catalisadores como os de platina. É um fotocatalizador acessível e de baixo custo.

A ação fotocatalítica do  $\text{TiO}_2$  pode ser aplicada em diversos campos como purificação do ar, da água, como fungicida, bactericida, vermicida e como agente esterilizador. A atividade fotocatalítica do  $\text{TiO}_2$ , nos últimos anos, tem-se tornado cada vez mais atrativa a nível industrial, quando comparada com as técnicas tradicionais usadas para o tratamento de águas e para a despoluição do ar (FELTRIN, 2013).

A moringa (*Moringa oleifera*) é conhecida pelo seu potencial de purificação, provida da Índia e distribuídas em diversos países (DUKE, 1987). Suas sementes são utilizadas para o tratamento químico da água, clarificando e purificando (MORTON, 1991; GALLÃO, et.al. 2006). Atualmente vários estudos são realizados sobre o uso de sementes trituradas de moringa (*Moringa oleifera*) para o tratamento de água a um custo de apenas uma fração do tratamento químico convencional que constituem uma alternativa muito importante. Em relação à remoção de bactérias, reduções na ordem de 90-99% têm sido relatadas na literatura (MUYIBE; EVISON, 1995). Sendo utilizada na região do semiárido do Brasil para o uso doméstico e considerada por alguns autores um excelente microbicida.

Em recentes pesquisas realizadas, Amagloh e Benang (2009) afirmam que as sementes de *Moringa oleifera* contem proteínas com baixo peso molecular e quando seu pó é dissolvido em água adquirem carga positivas que atraem partículas negativamente carregadas tais como, argilas e siltes, formando flocos densos que sedimentam. Os autores afirmam ainda, que o coagulante à base de sementes de moringa, por ser de origem natural, possui significativa vantagem, quando comparado ao coagulante químico, sulfato de alumínio.

AMARAL et al. (2006) realizaram experimentos utilizando extratos de sementes de moringa (*Moringa oleifera*) adicionados à água a ser desinfetada por radiação solar em garrafas PET e concluíram que mesmo para valores elevados de turbidez, da ordem de 200 a 250 NTU, foi obtida total inativação de E. coli após 12 h de exposição ao sol.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho montou-se um filtro biológico em uma Residência da cidade de Redenção/CE. Os materiais utilizados foram:

- 2 garrafas pet de 20 L;
- 4 esponjas biodegradáveis;
- 1/2 m de pano;
- 1/2 lata de brita grossa;
- 1/2 lata de brita média;
- 1/2 lata de brita fina;
- 1/2 lata de areia grossa;
- 1/2 lata de areia fina;
- 500g de carvão;
- 3 m de cordão;
- 15 L de água;

Inicialmente foram lavadas a areia, a brita e o carvão, de modo que substâncias contidas no material fossem retidas e não interferissem no resultado final. Nos dois garraões pets de 20 L foram colocados a areia, a brita e o carvão dispostos em camadas alternadas de acordo com o esquema ilustrativo abaixo:

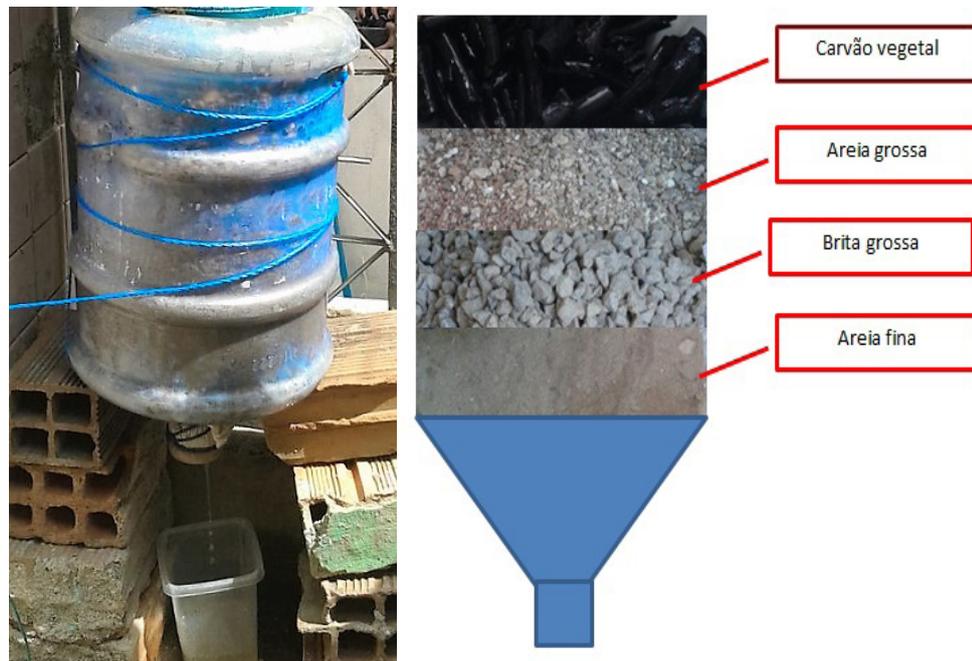


FIGURA 1: Esquema ilustrativo do filtro biológico

FONTE: Próprios Autores

Com essa técnica a água pode ser filtrada e materiais em suspensão foram

retidos no decorrer da filtração.

Inicialmente coletou-se uma amostra de água da torneira na qual foi submetida à análise laboratorial para verificar compostos contido. Fez-se necessário a análise químicas (pH, toxicidade), biológicas (presença de bactérias) e físicas (cor, cheiro, etc.). Foi coletada água de pias e de ralos de banheiros e utilizada na lavagem de roupas e outros onde foi realocada para o filtro biológico no qual foram retidos muitos materiais macroscópicos, ao término da filtração uma amostra de água foi enviada para análise laboratorial.

Na segunda etapa a água retirada do filtro foi encaminhada para um outro recipiente exposto ao sol armazenado em uma garrafa PET 500 mL para um processo fotocatalítico, por meio da adição do  $\text{TiO}_2$ . Após a água ficar exposta ao Sol por 30 minutos no recipiente adicionou-se 0,3g de  $\text{TiO}_2$ . A partir das amostras foram feitas as análises de condutividade que indicaram metais e sais presentes na água e de pH que determinou-se a acidez e basicidade.

Na terceira etapa foram adicionados as sementes trituradas de moringa após 2 dias da reação fotocatalítica na amostra de água dos efluentes. O pó foi utilizado para facilitar a retenção de metais (ferro) e controlar a acidez da água. Uma quarta amostra foi colhida para análise para verificação final.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar a qualidade da água, inicialmente tinham-se intenção de realizar os seguintes testes: condutividade, turbidez e pH das amostras coletas de efluentes do chuveiro e água de pia de uma residência da cidade de Redenção/CE. No entanto não foi possível a análise de turbidez, pois os equipamentos disponibilizados no Laboratório de Química Geral - Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN)/Unilab- não estavam calibrados. E, as análises microbiológicas não foram realizadas por isso não se pode obter exatidão sobre a ingestão da água adquirida pelos processos de filtração e purificação. Dessa maneira os resultados feitos se restringiram aos testes de pH e condutividade das amostras de água extraídas.

O primeiro procedimento de análise foi o pH que é o potencial hidrogeniônico de uma substância indicando sua acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. O valor varia de 1 a 15 definindo os números menores que 7- substâncias ácidas e acima de 7-substâncias básicas. Os valores iguais a 7 indicam neutralidades dos teores ácidos e básicos. A água de qualidade deve está mais próxima de 7. Após a calibração do equipamento e utilizada as soluções tampão de  $\text{pH}=7,00$  e  $\text{pH}=4,0$ .

Constataram-se os seguintes resultados para as análises das primeiras seis amostras:

AMOSTRAS	PROCEDÊNCIA DA ÁGUA	DESIGNAÇÃO	pH	TEMPERATURA °C
1	PIA	Tratada	5,5	22,7
2		Suja	5,5	23,3
3		Filtrada	6,2	23,3
4	CHUVEIRO	Tratada	6,4	23,6
5		Suja	6,8	28,8
6		Filtrada	6,7	23,1

TABELA 1: Análises iniciais da água colhida da torneira e chuveiro

FONTE: Dados do Laboratório de Química Geral - Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN) - Unilab

Com base nos resultados pode-se verificar que os valores são todos ácidos. Mas as amostras filtradas pelo processo biológico indicam uma proximidade do valor ideal para consumo, ou seja, com  $\text{pH} = 7$ .

Para analisar a qualidade da água foram feitos também o teste de condutividade nas. A condutividade elétrica da água representa a facilidade ou dificuldade do fluxo de corrente elétrica por meio de metais dissolvidos na água e representa em sua maioria os sólidos dissolvidos, dos quais se destacam dois tipos: compostos iônicos e compostos catiônicos. Os compostos orgânicos e inorgânicos contribuem ou interferem na condutividade, de acordo com sua concentração na amostra, e a correta representação da temperatura possui um fator preponderante na medição correta da condutividade elétrica. Os valores de condutividade elétrica da água são utilizados há décadas como indicativos da qualidade da água.

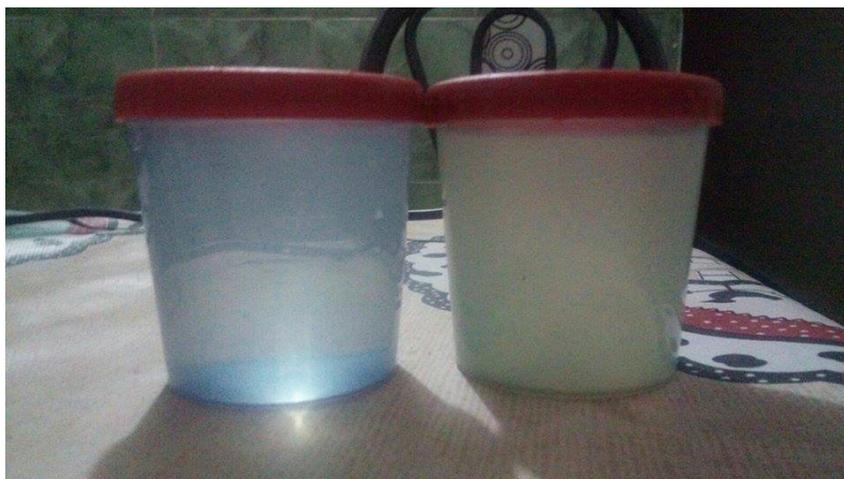


FIGURA 2: Amostra de água retiradas do efluente pia e água após a filtração do filtro biológico

FONTE: Próprios autores

Após a calibração do equipamento em  $146,9 \text{ uS/cm}^2$  em uma constante de  $0,82$  a célula utilizada foi  $0,1$  a  $10$ . Constataram-se os seguintes resultados para as primeiras seis amostras.

AMOSTRAS	PROCEDÊNCIA DA ÁGUA	DESIGNAÇÃO	Condutividade Elétrica (uS/cm <sup>2</sup> )	TEMPERATURA °C
1	PIA	Tratada	276,5	25
2		Suja	309,8	25,5
3		Filtrada	301,7	25,5
4	CHUVEIRO	Tratada	274,3	25,6
5		Suja	317,5	24,5
6		Filtrada	309,9	24,9

TABELA 2: Análises iniciais da água colhida da torneira e chuveiro

FONTE: Dados do Laboratório de Química Geral - Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN) - Unilab

A condutividade elétrica indica em seus valores a carga mineral presente na água, a geologia local ou regional. Assim, em formações predominantemente de granito, ou arenitos, a condutividade elétrica é extremamente baixa. Esse tipo de formação geológica não possui sais em sua formação. De forma totalmente contrária, solos de elevada concentração de argilas, os valores de condutividade são bastante altos.

A interferência e necessidade da correção da temperatura é um dos pontos mais críticos da medição da condutividade, sua configuração equivocada pode trazer erros bastante elevados, visto que em condições ambientais normais, a cada grau de temperatura, o erro da medição pode atingir 2% em águas superficiais, e até 6% em águas de condutividade muito baixa, perto da concentração de águas puras.

Como exemplo, o Rio Negro e Solimões, onde em estudos recentes foram verificados valores de 10 uS/cm<sup>2</sup> e 30 uS/cm<sup>2</sup> naquelas águas, comprovando que na Floresta Amazônica, o teor de sais nestas águas é bastante baixo. Já em águas de rios do Nordeste e do Sul do país, em razão da geologia local, as condutividades elétricas verificadas naquelas regiões atingem ou superam a marca dos 400 uS/cm<sup>2</sup>.

Nas amostras filtradas pelo processo biológico verificou-se que o nível de condutividade diminuiu evidenciando a redução dos metais dissolvidos. Além disso, os níveis apresentaram em torno de 0-800 mostrando que a água utilizada nas residências da cidade de Redenção/CE provém de rios de água doce.

Após a aquisição das amostras foram feitas três análises da água provida do efluente da água do chuveiro após o banho. E, da quantidade de 500 mL foram realizada três etapas: Filtração biológica, adição do dióxido de titânio por meio fotocatalítico e por fim a moringa. Com base nas análises, obteve-se os seguintes resultados.

ETAPAS	pH	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (uS/cm <sup>2</sup> )	TEMPERATURA °C
1 - Filtragem no filtro biológico	6,7	309,9	24,9
2 - Fotocatálise com dióxido de titânio na água	6,3	300,7	35,5
3 - Adição da sementes de moringa (após 10 minutos)	3,3	217,6	25,5

<b>4 - Adição da sementes de moringa (após 4 horas)</b>	5,3	210,6	25,6
---	-----	-------	------

TABELA 3: Comparação da amostra da água do chuveiro nos processos de purificação da água  
 FONTE: Dados do Laboratório de Química Geral - Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN) - Unilab

Após a filtração verificou-se a que alguns metais dissolvidos na água variaram seu percentual em relação ao inicial. No entanto o percentual de sais, metais argilosos e outros aumentaram, mas foram menores que os das amostras sujas. Supõe-se que devido aos materiais utilizados para a montagem do filtro biológico.

Com a adição do  $TiO_2$ , após o processo fotocatalítico, por meio da análise laboratorial constatou-se a presença do metais Magnésio e Cálcio. O teor de metais, de modo geral, teve uma redução, devido à reação do dióxido de titânio com os hidrogênios “poluídos” que ainda estavam presentes na água e os “purifica” por ação da temperatura. Os metais se reduziram consideravelmente.

Com a finalização do processo (após a adição da Moringa na água retirada do chuveiro) a água estava visivelmente límpida e inodora. A utilização de duas sementes trituradas de moringa fez com que a cor da água ficasse um pouco escura (verde-escuro). Nos primeiros 10 minutos fez-se uma análise do teor ácido o qual aumentou consideravelmente. Mas os metais diminuíram ainda mais.

Ainda na amostra de água com moringa foi realizada outra análise no mesmo dia com 3 horas da adição do pó das sementes, verificou-se que o teor de acidez e a condutividade elétrica diminuíram.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises e comparações, verificou-se no processo de purificação da água que a cada etapa ela tornava-se cada vez mais propícia ao consumo/reuso doméstico, sem a presença de metais nocivos à saúde humana. Diante dos métodos realizados pode se obter alguns resultados fazendo-se uma comparação periódica das análises para verificar a qualidade da água colhida dos efluentes (pia e chuveiro) e uma possível reutilização para atividades domésticas variadas.

A necessidade de desenvolvermos tecnologias de modo a contribuir para a sustentabilidade com o desenvolvimento é de suma importância uma vez que, devem-se criar meios e condições para evitar situações extremas em relação falta d'água.

A economia hídrica é um fator importante para a sustentabilidade e para a conservação da biodiversidade do planeta. É necessário que o uso desse recurso não comprometa a sua qualidade. O reuso é uma maneira de conservar de forma sustentável. O método de purificar a água de uso doméstico pode trazer muitos benefícios ao meio ambiente, aos seres vivos e as futuras gerações.

## REFERÊNCIA

- AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. **Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification.** *African Journal of Agriculture Research*. v.4, n.1, p.119-123, 2009.
- CERQUEIRA, L. L. et al. **Desenvolvimento de heliconia psittacorum e gladiolus hortulanus irrigados com águas residuárias tratadas.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 6, 2008, p. 606 – 613.
- DUKE, J. A. **Moringaceae:** horseradish-tree, drumstick-tree, sohnja, moringa, murunga-kai, mulungay. In: BENGE, M. D. (Ed.) *Moringa a multipurpose tree that purifies water.* Boston, Science and Technology for Environment and Natural Resources, p.19-28, 1987
- KALOGO, Y.; M'BASSINGUIÈ SÈKA, A.; VERSTRAETE, W. **Enhancing the start-up of a UASB reactor treating domestic wastewater by adding a water extract Moringa oleifera seeds.** *Applied Microbiology Biotechnology*, v.55, p.644-651, 2001.
- MORTON, J. **The horseradish tree, Moringa pterygosperma (Moringaceae) – a boon to arid lands?** *Economy Botany*, v.45, n.3, p.318-333, 1991.
- MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. **Moringa oleifera seeds for softening hard water.** *Water Research*, v.29, n.12, p.1099-1104, 1995a.
- VIERA, S. V. et al. **Valorização do uso da água no trecho da Bacia do Rio Tubarão ( Rio Braço do Norte) nos municípios de São Ludegero e Braço do Norte – Sul de Santa Catarina.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (COBRAC), 2002, Florianópolis. Anais. Florianópolis, UFSC, 2002.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-429-0

