



**Elói Martins Senhoras  
(Organizador)**

**A Gestão  
Ambiental  
e Sustentável  
na Amazônia**

 **Atena**  
Editora

Ano 2019

Elói Martins Senhoras  
(Organizador)

# A Gestão Ambiental e Sustentável na Amazônia

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Rafael Sandrini Filho  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª 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 Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
G393	A gestão ambiental e sustentável na Amazônia [recurso eletrônico] / Organizador Elói Martins Senhoras. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-710-9 DOI 10.22533/at.ed.109191510  1. Amazônia – Condições ambientais. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Senhoras, Elói Martins. II. Série.  CDD 363.7
<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

A Amazônia trata-se de uma ecorregião transnacional conformada em sua definição pelo recorte geográfico da Bacia Hidrográfica Amazônica, sendo caracterizada por uma rica biodiversidade e uma ampla complexidade sociocultural e de ecossistemas, cujo delineamento espacial é circunscrito a territórios de 9 estados nacionais.

Diante da ampla riqueza e complexidade imanente a esta extensa região transnacional, a Amazônia passa a ser estudada em suas partes, o que a transforma em uma série de Amazonas sob os prismas físicos, naturais, culturais e políticos, resultando assim em uma pluralidade de terminologias e nomenclaturas para explorar esta região.

Tomando como referência o estado do Pará na Amazônia Oriental e o estado de Rondônia na Amazônia Ocidental, a presente obra, “A Gestão Ambiental e Sustentável na Amazônia”, trata-se de uma coletânea multidisciplinar de artigos escritos por um grupo seletivo de pesquisadores com distintas expertises, os quais exploram temáticas específicas da região amazônica sob o eixo articulador do olhar das Ciências Ambientais.

Fundamentando-se em uma natureza exploratória, descritiva e explicativa quanto aos fins e em uma natureza quali-quantitativa quanto aos meios, o presente livro foi estruturado com o objetivo central de analisar a problemática ambiental no contexto brasileiro, a Amazônia Legal, por meio de 8 estudos.

No primeiro capítulo, “A capacidade adaptativa na zona costeira amazônica”, os autores analisam a capacidade adaptativa dos municípios à erosão costeira no estado do Pará, por meio da análise de três variáveis - estruturas de contenção, instrumentos de planejamento urbano e articulação institucional – demonstrando que entre 31 municípios da zona costeira, apenas 2 possuem alta capacidade adaptativa, 8 possuem média capacidade e 21 possuem baixa capacidade adaptativa.

No segundo capítulo, “Composição taxonômica de macrocrustáceos decápodos capturados na pesca artesanal com puçá de arrasto em uma área estuarina amazônica”, o objetivo exploratório de determinar as categorias de macrocrustáceos no estuário de Guajará-Mirim, no município de Colares-PA, demonstrou que as espécies que predominam em número são *Farfantepenaeus subtilis* (classificada como dominante) e *Macrobrachium amazonicum* (abundante), sendo a primeira o foco da pesca de arrasto.

No terceiro capítulo, “Dinâmica das propriedades químicas da liteira em um plantio de *Virola surimanensis* e floresta sucessional na Amazônia Oriental”, a pesquisa findou comparar, ainda na região dos tabuleiros costeiros, as propriedades químicas em diferentes condições, demonstrando os nutrientes apresentam valores superiores em floresta sucessional em razão da diversidade florística e estrutural das espécies, a despeito de alguns outros nutrientes apresentarem valores superiores no

plântio.

No quarto capítulo, “Síntese e caracterização de Zeólita 4A dopada com Ba<sup>2+</sup> a partir de rejeitos de caulim da Amazônia”, os pesquisadores, comprometidos com uma gestão sustentável de resíduos de mineração, demonstram, por meio de uma rica análise laboratorial, a viabilidade do aproveitamento de rejeitos de caulim como fonte para a síntese e produção de adsorventes denominados como zeólitas, os quais são promissores materiais que podem ser aplicados para o desenvolvimento de tecnologias de alta eficiência.

No quinto capítulo, “Utilização do *topsoil* para restauração florestal de áreas degradadas pela mineração de bauxita: fatores a serem considerados”, o objetivo desta pesquisa de revisão bibliográfica foi discutir a importância do solo superficial e os principais fatores que vem afetando a sua qualidade no processo de transferência da floresta para áreas degradadas pela mineração de bauxita, tais como sua origem, método de retirada da floresta, tempo de estocagem e preparo do terreno para recepção do material orgânico.

No sexto capítulo, “Avaliação dos impactos ambientais da expansão urbana no igarapé Santa Bárbara em Igarapé-Miri/Pará”, os autores analisam sob o prisma urbano a relação entre as atividades antrópicas e a degradação ambiental em uma cidade amazônica, demonstrando que a ocupação desordenada da área ao entorno do igarapé e o silêncio administrativo do poder público na ordenação e gestão de questões urbanísticas representam os principais fatores de impacto na degradação ambiental.

No sétimo capítulo, “Gestão de resíduos: estudo de caso em diferentes canteiros de obras em Porto Velho (RO)”, a pesquisa versou sobre a gestão de resíduos de construção civil no contexto urbano, demonstrando que na capital de um estado relativamente novo, a despeito das dificuldades identificadas, existe uma satisfatória gestão dos resíduos em diferentes canteiros de obras na cidade.

No oitavo capítulo, “Turismo, planejamento e resíduos sólidos na Área de Proteção Ambiental Algodoal/Maiandeuá – Pará”, os autores verificaram o uso turístico e a produção dos resíduos sólidos durante a alta temporada na Área de Proteção Ambiental (APA) identificada, demonstrando que ela necessita de infraestrutura adequada para a coleta e deposição dos resíduos sólidos e melhorias na gestão da coleta de resíduos produzidos pela comunidade e pelos comerciantes locais.

Com base em um trabalho coletivo, o presente livro projeta o esforço de pesquisa de um grupo diverso de profissionais oriundos de instituições públicas do estado do Pará e de Rondônia, demonstrando assim que o estado da arte sobre a Gestão Ambiental e Sustentável na Amazônia se produz de modo local a partir de cientistas, homens e mulheres, localmente envolvidos com as realidades desta região.

Em razão das discussões levantadas e dos resultados apresentados após um marcante rigor metodológico e analítico, o presente livro caracteriza-se como uma obra multidisciplinar amplamente recomendada para estudantes em cursos de graduação e

pós-graduação ou mesmo para o público não especializado nas Ciências Ambientais, por justamente trazer de modo didático e linguagem acessível novos conhecimentos sobre a realidade amazônica no Brasil.

Aproveite a obra e ótima leitura!

Elói Martins Senhoras



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A CAPACIDADE ADAPTATIVA NA ZONA COSTEIRA AMAZÔNICA	
Ádanna de Souza Andrade	
Valter Vinícius Pereira Brandão	
Milena Marília Nogueira de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1091915101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>21</b>
COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA DE MACROCRUSTÁCEOS DECÁPODAS CAPTURADOS NA PESCA ARTESANAL COM PUÇÁ DE ARRASTO EM UMA ÁREA ESTUARINA AMAZONICA	
Thyanne Cristine Caetano de Carvalho	
Alex Ribeiro dos Reis	
Glauber David Almeida Palheta	
Nuno Filipe Alves Correia de Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1091915102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>33</b>
DINÂMICA DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DA LITEIRA EM UM PLANTIO DE <i>Virola surimanensis</i> E FLORESTA SUCESSIONAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL	
Beatriz Cordeiro Costa	
Patrícia Mie Suzuki	
Walmer Bruno Rocha Martins	
Welton dos Santos Barros	
Mario Lima dos Santos	
Vanda Maria Sales de Andrade	
Francisco de Assis Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1091915103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>43</b>
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE ZEÓLITA 4A DOPADA COM Ba <sup>2+</sup> A PARTIR DE REJEITOS DE CAULIM DA AMAZONIA	
Emanuelle Bentes da Silva	
Amanda Kesley Cardozo Cancio	
Nayara Aparecida Fonseca Couto	
Gisele de Aguiar Lima	
Kassia Lene Lima Marinho	
Bruno Apolo Miranda Figueira	
Ana Áurea Barreto Maia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1091915104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
UTILIZAÇÃO DO <i>TOPSOIL</i> PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA: FATORES A SEREM CONSIDERADOS	
Walmer Bruno Rocha Martins	
Beatriz Cordeiro Costa	
Helio Brito dos Santos Junior	
Mario Lima dos Santos	
Richard Pinheiro Rodrigues	
Francisco de Assis Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1091915105</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA EXPANSÃO URBANA NO IGARAPÉ SANTA BÁRBARA EM IGARAPÉ-MIRI/PARÁ	
Sebastião da Cunha Lopes	
Tatiane Alves Lobato	
Felipe Pinheiro Lopes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1091915106</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>71</b>
GESTÃO DE RESÍDUOS: ESTUDO DE CASO EM DIFERENTES CANTEIROS DE OBRAS EM PORTO VELHO (RO)	
Diego Henrique de Almeida	
Júlia Fonteles Lorenzetti	
Ianca Nayara Ramos Silva	
Saiuri Natori Brasil	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1091915107</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>82</b>
TURISMO, PLANEJAMENTO E RESÍDUOS SÓLIDOS NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ALGODOAL/MAIANDEUA – PARÁ	
Ana Paula Melo de Moraes	
Fabrício Lemos de Siqueira Mendes	
Helena Doris de Almeida Barbosa	
Juliana Azevedo Hamoy	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1091915108</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>95</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>96</b>

## SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE ZEÓLITA 4A DOPADA COM $Ba^{2+}$ A PARTIR DE REJEITOS DE CAULIM DA AMAZONIA

### **Emanuelle Bentes da Silva**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Pós Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida, Santarém-PA.

### **Amanda Kesley Cardozo Cancio**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas, Santarém-PA.

### **Nayara Aparecida Fonseca Couto**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Santarém-PA.

### **Gisele de Aguiar Lima**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Pós Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida, Santarém-PA.

### **Kassia Lene Lima Marinho**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Pós Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida, Santarém-PA.

### **Bruno Apolo Miranda Figueira**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Pós Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida, Santarém-PA.

### **Ana Áurea Barreto Maia**

Universidade Federal do Pará, Belem-PA

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo avaliar a síntese de zeólita 4A, utilizando rejeitos de caulim como material de partida de baixo custo. Os cristais de zeólita 4A foram preparados por tratamento hidrotérmico acompanhado por troca catiônica com íons

$Ba^{2+}$  (BaA). O desenvolvimento do processo de síntese foi monitorado por difração de raios-X, espectroscopia de infravermelho (FTIR), Microscopia Eletrônica de Varredura com análise semi-quantitativa por EDS (MEV-EDS) e Análise Termal (TG-DSC). Os resultados demonstraram que a zeólita 4A foi obtida de forma pura com elevado grau de cristalinidade, média do tamanho de cristalito (equação de Scherrer) em torno de 48,32 nm para a zeólita 4A, que aumentou para 65 nm após troca com  $Ba^{2+}$ . Bandas diagnósticas de espectroscopia de IV foram evidenciadas na faixa de 700-400  $cm^{-1}$  para ambos os materiais. A morfologia do produto Zeólita A mostrou-se um aglomerado de formas cúbicas, o que é característico desse material e a morfologia do produto Zeólita BaA mostrou uma mudança de morfologia, onde a forma cúbica se mistura com a forma de aglomerados esféricos. O comportamento termal da Zeólita A se mostrou constante até a temperatura de 600 °C, havendo apenas variações nas intensidades dos picos em função da temperatura e a 800 °C o padrão de difração apresentado pelo material continuava sendo de zeólita A mas com ausência de alguns picos e a de BaA se mostrou constante apenas a temperatura de 100 °C, em 200 °C comportou-se com características de material amorfo e com alguns picos de pouca intensidade. Os resultados mostraram-se favoráveis quanto a



inserção do cátion  $Ba^{2+}$  na estrutura da zeólita 4A com troca iônica.

**PALAVRAS-CHAVE:** caulim, zeólita 4A, troca iônica, bário.

## SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ZEOLITE 4A EXCHANGED WITH $Ba^{2+}$ IONS FROM KAOLIN RESIDUES (AMAZON REGION)

**ABSTRACT:** This work aims to obtain zeolite 4A doped with  $Ba^{2+}$  ions, using kaolin as a low cost starting material. Firstly, the zeolite was prepared by hydrothermal treatment (zeolite A) with the  $Na^{+}$  ions exchanged with  $Ba^{2+}$  (BaA) by ion exchange. The synthesis process was monitored by X-ray diffraction, infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy with semi quantitative analysis by EDS (MEV-EDS) and thermal analysis (TG-DSC). The results showed that the zeolite 4A was obtained without impurity with crystallite average size (Scherrer equation) around 48,32 nm, which changed to 65 nm after ion exchange with  $Ba^{2+}$ . Diagnostic bands of IV spectroscopy were evidenced in the range of de 700-400  $cm^{-1}$  for both materials. The A zeolite product morphology showed an agglomerated of cubic forms, which is characteristic of this material and the BaA zeolite product morphology showed a morphology change, in which the cubic form mixes with the form of spherical agglomerates. The thermal behaviour of BaA was around 200  $C^{\circ}$ . The results were favourable regarding the insertion of the cation  $Ba^{2+}$  in the 4A zeolite structure with ionic exchange.

**KEYWORDS:** Kaolin, 4A zeolite, ionic exchange, barium.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é detentor de um território com extensão continental e de notável diversidade geológica, proporcionando assim à existência de jazidas de vários minérios, conquistando uma posição de destaque no cenário global, tanto em reservas quanto em produção mineral. A mineração é um dos pilares da sustentação econômica do Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o Brasil é o sexto maior produtor de Caulim, com aproximadamente 2.05 milhões de toneladas em 2011 e aproximadamente 1.8 milhão de toneladas em 2014, devido o decréscimo da demanda mundial, cerca de 4,5% de todo caulim produzido no mundo é brasileiro<sup>1</sup>. As reservas lavráveis brasileiras medidas de caulim em 2014 foram de 7.056 ( $10^6$ t), são reservas de altíssima qualidade (alvura e pureza) para o uso na indústria, principalmente indústria de papeis especiais<sup>2</sup>.

A matéria-prima Caulim é rica em silício-aluminatos e pode ser utilizada como fonte para a síntese e produção de adsorventes denominados de zeólita. Devido às suas propriedades físico-químicas e morfológicas, as zeólitas são materiais promissores que podem ser aplicados para o desenvolvimento de tecnologias de alta eficiência. As zeólitas são aluminossilicatos hidratados cristalinos de metais alcalinos e alcalinos terrosos, sua estrutura está baseada em infinitas redes tetraédricas tridimensionais

de  $(\text{SiO}_4)^{-4}$  e  $(\text{AlO}_4)^{-5}$  unidos pelas vértices de oxigênio. As redes formam grandes quantidades de espaços vazios e abertos, sendo que essas peculiaridades são precursoras das diversas propriedades especiais das zeólitas. As cargas negativas das estruturas tetraédricas podem ser explicadas através da substituição de  $\text{Si}^{+4}$  e  $\text{Al}^{+3}$ , o que gera propriedades singulares e uma capacidade elevada de troca iônica seletiva, isso ocorre porque os poros e os canais permitem o acesso dos cátions<sup>3</sup>.

A síntese de zeólitas em formas adequadas para aplicações industriais é de grande importância, em virtude de suas propriedades físico-químicas que vem sendo aperfeiçoadas ao longo dos últimos 30 anos. Por esse motivo, existe uma grande diversidade de estudos para obtê-las nas mais diferentes rotas e fontes. Um bom exemplo é a síntese de zeólita a partir de caulim natural, que foi iniciada ainda de 1970 pela relação hidrotérmica de caulim com solução de hidróxido de sódio<sup>4</sup>. O caulim é um dos materiais mais versáteis e com a razão molar de Si/Al (1:1) requerida para a obtenção de vários tipos de zeólitas<sup>5</sup>. A natureza dos parâmetros para a síntese das zeólitas consideradas peneiras moleculares podem variar, o que confere um alto grau de flexibilidade na sua produção. As características das zeólitas podem ser planejadas na síntese, como diâmetro e o volume dos poros<sup>6</sup>. É importante ressaltar que a síntese de materiais mesoestruturados à base de silício, é geralmente formada por meio de três ingredientes com quantidades rigorosamente apropriadas: um solvente, uma fonte de silício que será responsável pela construção da parede do material mesoporoso e um direcionador estrutural, que define a estrutura dos poros e controla o seu diâmetro<sup>5-6</sup>.

No presente trabalho, um caulim natural foi utilizado para a obtenção de zeólitas, proporcionando através de uma rota modificada a obtenção de zeólita do tipo 4A (NaA) passando pelo processo de metacaulinização, que é um dos processos primordiais para a síntese desse tipo de zeólita que é produzida a partir de fontes naturais. Algumas das principais propriedades da zeólita 4A são, entre outras, as capacidades de troca iônica e de retenção de água pelos canais, purificação de gases, catálise, sua capacidade de adsorção de íons e moléculas, lhe confere grande importância em áreas específicas da indústria. Sua diversidade nas propriedades especiais se dá principalmente por suas estruturas possuírem cristalinidade estável e por possuírem grandes volumes de poros. A zeólita A, devido a sua capacidade de troca iônica, foi dopada com o cátion de compensação  $\text{Ba}^{2+}$  com o intuito de aumentar suas propriedades e especificações<sup>7</sup>.

## MATERIAL E MÉTODOS

### a) Rota Sintética

Inicialmente, utilizou-se uma amostra de rejeitos de caulim, codificada como Kao-E, para ser tratada termicamente a 700°C por 2h, com intuito de se obter uma fase amorfa, conhecida como metacaulim (Kao-E700). O forno utilizado foi da marca

JUNG modelo JF000612. Posteriormente, em torno de 6,09 g de KaO-E700 foi imerso em 22 mL de solução de NaOH (5,5 mol.L<sup>-1</sup>), com adição de 18 mL de água, que foram tratadas hidrotermalmente a 110°C por 4 h. O produto final foi lavado com água deionizada e codificada como Zeo-A-E.

A síntese de Zeólita A dopada com Ba<sup>2+</sup> (Zeólita BaA) foi feita através dos estudos de Ma et al. (2014), que utilizou um processo de troca iônica para obtenção desta estrutura<sup>8</sup>. Assim, uma massa de 1 g de Zeo-A-E foi adicionada a uma solução com razão S/L de 1/25 de BaCl<sub>2</sub>, que ficou por 24 horas com temperatura de 60°C. O produto final foi lavado, secado e codificado Zeo-ABA-E.

## b) Caracterização

Para a identificação mineralógica dos materiais de partida, foi utilizado o Difrátômetro de raios X (DRX), modelo de bancada D2Phaser da marca BRUCKER. O equipamento possui um goniômetro de varredura vertical e um tubo de cobre (CuKα= 1.5406 Å) de 400 W, com uma geometria de Bragg-Brentano no modo contínuo, velocidade de varredura de 0,25°C/min, possuindo um sistema com um detector rápido do modelo LynxEye. A tensão foi de 30 kV e 10 mA, respectivamente. Os espectros na região do infravermelho foram obtidos em um espectrofotômetro com transformada de Fourier da BRUCKER (modelo Vertex 70). As amostras (cerca de 0,0015g cada) foram misturadas e maceradas com 0,2 g de brometo de potássio (KBr) e 15 mg de cada amostra. As análises por TG-DSC foram feitas através do equipamento com modelo STA 449 F5 Júpiter, com analisador térmico simultâneo da marca NETZSCH, com forno cilíndrico vertical, conversor digital acoplado a um microcomputador e um fluxo de N<sub>2</sub>. As características morfológicas foram analisadas através de microscópio eletrônica de varredura da marca TESCAN, modelo VEGA 3, com corrente do feixe de elétrons de 80-90 μA com ampliações de até 20μ. E as análises de EDS para identificar as proporções relativas de Si/Al e a inserção de Ba<sup>2+</sup> na estrutura do material Zeo-ABa-E, foram realizadas pelo equipamento de marca OXFORD INSTRUMENTS, modelo X-MAX-80.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta o padrão de DRX da amostra Kao-E em que é possível observar uma composição mineralógica formada principalmente por argilominerais como caulinita (PDF 01-080-0886) que possui picos característicos em 12,37° (2θ) (001) e 24,90° (2θ) (002) e muscovita (PDF 00-006-0263), o que permite o seu emprego na síntese de zeólita 4A. Também se identificou os minerais quartzo (PDF 00-001-0649) em menores intensidades. Esta mineralogia está de acordo com aquela descrita por Vollman et al. e Maia et al., que já estudaram fontes naturais como materiais de partida para sínteses de novos materiais 5,9.



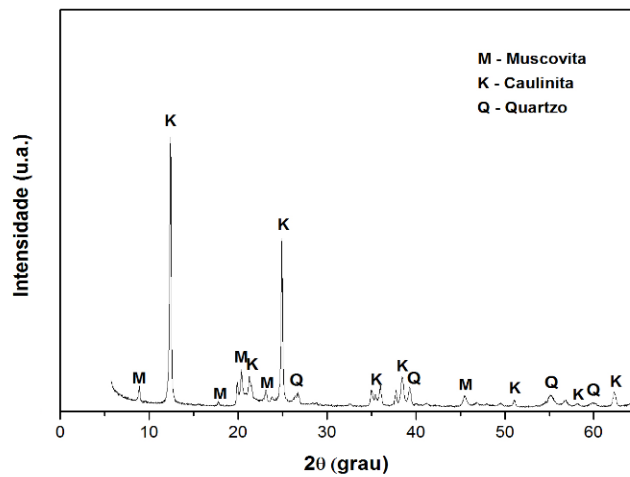


Figura 1 – Padrão de difração de raios X da amostra Kao-E.

A difratometria de raios X também foi utilizada para caracterizar os produtos obtidos nos processos de síntese. Para a amostra Zeo-A-E (Figura 2), verificou-se a formação da zeólita 4A (PDF 01-073-2340) com elevado grau de ordem estrutural, picos bem definidos e mais intensos em  $7,18^\circ$ ,  $10,16^\circ$ ,  $16,09^\circ$ ,  $23,97^\circ$ ,  $27,09^\circ$  e  $29,92^\circ$  ( $2\theta$ ) são correlacionados respectivamente aos planos cristalográficos (200), (220), (222), (420), (622), (642) e (644) com os seguintes parâmetros de cela unitária:  $a = b = c = 24,619 \text{ \AA}$ ,  $V = 14905,10 \text{ \AA}^3$ . O tamanho de cristalito calculado pela equação de Scherrer foi de  $48,32 \text{ nm}$ . No difratograma para a zeólita 4A, notou-se picos que se mantiveram evidentes e puderam ser atribuídos a presença de muscovita e quartzo. Para a Zeo-ABa-E, que corresponde a amostra contendo zeólita 4A trocada com o cátion bário ( $\text{Ba}^{2+}$ ) (PDF 01-089-8015), há a presença dos mesmos picos da sua matriz, porém houve uma redução na intensidade dos picos característicos e desaparecimento de outros, também observou-se mudanças nas distâncias dos mesmos, o que pode ser esperado devido a inserção do cátion  $\text{Ba}^{2+}$  na estrutura da zeólita 4A. Os parâmetros de cela unitária foram:  $a = b = c = 24,55 \text{ \AA}$ ,  $V = 14801,41 \text{ \AA}^3$ , o tamanho do cristalito foi de  $65,36 \text{ \mu m}$ , esses resultados mostraram que houve um decaimento nos seus parâmetros de cela unitária e volume, mas ao contrário disso, houve um aumento no tamanho de cristalito.

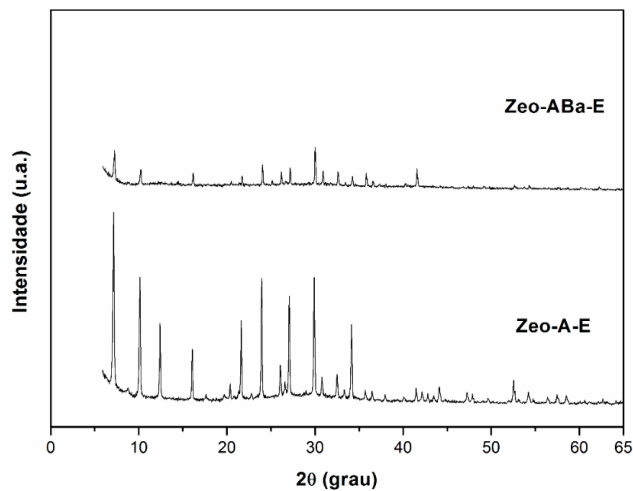


Figura 2 – Difratoograma padrão da Zeo-A-E e Zeo-ABa-E.

Na Figura 3, apresenta-se os espectros de infravermelho das amostras Zeo-A-E e Zeo-ABa-E.

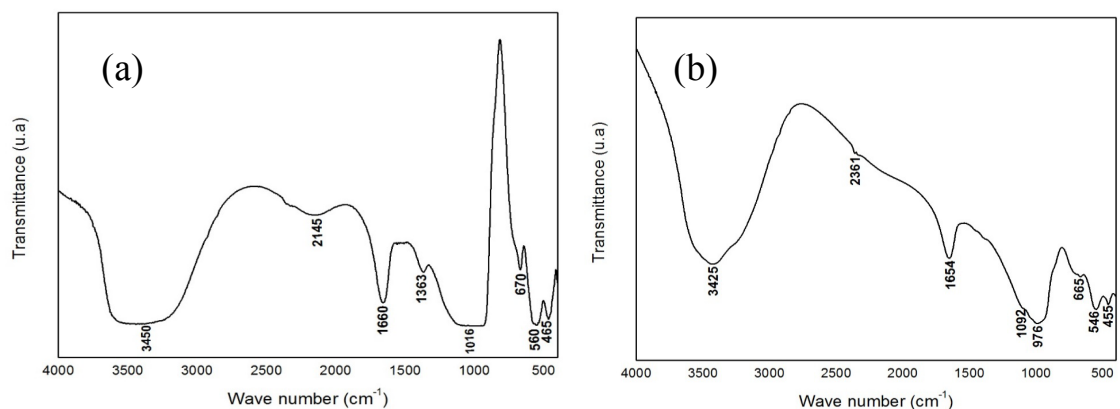


Figura 3 – Espectros de IV de Zeo-A-E (a) e dopada com Ba<sup>2+</sup> (b).

Para a amostra de Zeo-A-E (Figura 3a), observa-se as bandas da zeólita 4A (amostra Zeo-A-E), que são de vibrações fundamentais dos tetraedros TO<sub>4</sub> (T = Si/Al) na faixa de 1200 cm<sup>-1</sup> a 400 cm<sup>-1</sup>. As vibrações que estão localizadas a 1016 cm<sup>-1</sup> são de ligações Si-O-Al do tetraedro T-O<sub>4</sub> (T=Si, Al). As bandas principais da estrutura zeolítica estão em 670, 560 e 465 cm<sup>-1</sup> que indicaram a cristalização da zeólita. A banda em 670 cm<sup>-1</sup> são de estiramentos simétricos típicos das vibrações internas primárias T-O (Si, Al), enquanto próximo a 560 cm<sup>-1</sup> são modos de vibrações dos anéis duplos de quatro tetraedros (D4R) que é predominante na unidade de construção secundária (SBU-Secondary Building Units) na estrutura da zeólita A. A banda em 465 cm<sup>-1</sup>, refere-se as vibrações internas de flexão da ligação T-O<sub>4</sub><sup>9-11</sup>. A amostra dopada com ions Ba<sup>2+</sup> (Zeo-ABa-E), Figura 3b, identificou-se um notável deslocamentos das bandas IV descritas anteriormente, o que sugere que os ions Ba<sup>2+</sup> interferem no arcabouço da estrutura.

Na Figura 4 se apresenta os resultados de caracterização morfológica de Zeo-A-E e Zeo-ABa-E. Conforme pode ser notado, há uma notável morfologia cúbica para

zeolite A (Figura 4a) com distribuição de maneira uniforme, o que é característico desse material zeolítico. Para a amostra Zeo-ABa-E (Figura 4b), observa-se uma discreta mudança da morfologia, onde as formas cúbicas começam a se assemelhar com uma morfologia esférica. A análise química qualitativa de uma região da zeólita, obtida através de microanálise por Energia Dispersiva (EDS), comprovaram a presença de ions  $Ba^{2+}$  na amostra dopada com este metal, sugerindo que houve troca iônico dentro dos tuneis deste material.

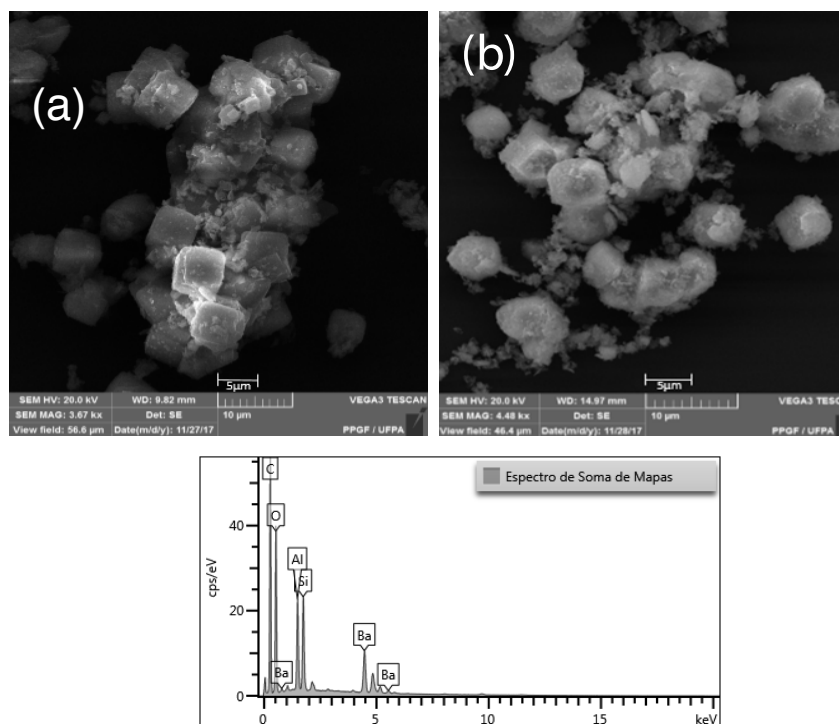


Figura 4: Fotomicrografia por MEV de Zeo-A-E (a) e Zeo-ABa-E (b) com EDS.

5. O comportamento termal de Zeo-ABA-E obtido por DSC-TG é mostrado na Figura

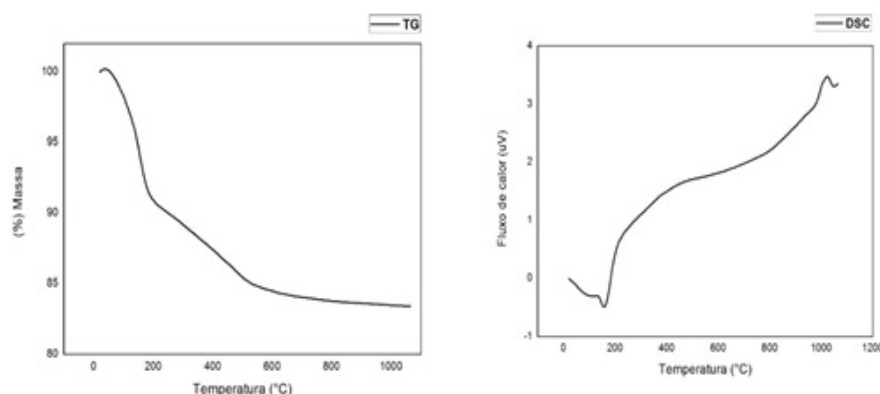


Figura 5 – Curvas TG e DSC da amostra Zeo-ABA-E.

Inicialmente, pode-se observar para a análise termogravimétrica (TG) uma perda de massa que começou em aproximadamente 70 °C e foi quase completa em aproximadamente 530 °C, notou-se uma perda de massa completa no aquecimento



a 1100 °C. As curvas DSC no gráfico mostraram uma deflexão que se inicia aproximadamente a 70 °C e se estende a 140 °C que pode ser atribuído a vaporização de água, um pico exotérmico é evidente na região de 1000°C que pode ser identificado e definido como uma transição de fase em materiais zeolíticos. O produto formado depende do cátion de compensação, nesse caso o Ba<sup>2+</sup> que está inserido na estrutura da zeólita 4A<sup>12</sup>.

## CONCLUSÕES

O caulim natural mostrou-se uma excelente matéria prima para a produção de zeólita A através de síntese hidrotermal e em zeolite A dopada com íons Ba<sup>2+</sup>. A presença deste metal mostrou que ele provavelmente influenciou de forma incisiva no comportamento térmico do material, que se decompôs a temperatura próxima a 200 °C. Também foi possível perceber uma discreta mudança de morfologia na amostra dopada com ions Ba<sup>2+</sup>, que mudou de cubica na matriz zeolítica para levemente esférica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro da Capes (No. 88881.160695) e CNPQ (Universal n. 420169).

## REFERÊNCIAS

1. INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Informações sobre economia mineral Brasileira. Brasília: SHIS QL, 2015. 25p.
2. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Sumário mineral. Brasília: DNPM, 2016. 135p.
3. BORTOLATTO, L. B. Síntese e caracterização de zeólita Y com fontes alternativas de silício e alumínio. 2014. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014.
4. GOUGAZEEH, M.; BUHL, J.-CH. Synthesis and characterization of zeolite A by hydrothermal transformation of natural Jordanian kaolin. JAAUBAS, vol. 15, p. 35-42. 2014.
5. VOLLMANN, K. Obtenção de zeólita 4A a partir de caulim proveniente da região do Juazeirinho (Paraíba) e aplicação na remoção de arsênio de soluções aquosas. 2016. 138f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2016.
6. MASCARENHAS, A. J. S.; OLIVEIRA, E. C.; PASTORE, H. O. Peneiras Moleculares: selecionando as moléculas por seu tamanho. Química Nova na escola, Cadernos Temáticos. Edição especial. 2001.
7. IZIDORO, J. C. Síntese e caracterização de zeólita pura obtida a partir de cinzas volantes de carvão. 2013. 148f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear- Materiais) – Instituto

de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

8. MA, Y.; ALSHAMERI, A.; QIU, X.; ZHOU, C.; LI, D. Synthesis and characterization of 13X zeolite from low-grade natural kaolin. *Advanced Powder Technology*, vol. 25, p.495-499. 2014.

9. MAIA, A. A. B.; SALDANHA, E.; ANGÉLICA, R. S.; SOUZA, C. A. G.; NEVES, R. F. Utilização de rejeito de caulim da Amazônia na síntese de zeólita A. *Cerâmica*, vol. 53, p. 319-324. 2007.

10. WANG, J-Q.; HUANG, Y-X.; PAN, Y. Hydrothermal synthesis of high zeolite A from natural kaolin without calcination. *Microporous and Mesoporous Materials*, vol. 199, p. 50-56. 2014.

11. TOUNSI, H.; MSEDDEI, S.; DJEMEL, S. Preparation of Na-LTA zeolite from Tunisian sand and aluminium scrap. *Physics Procedia*, vol. 2, p. 1065-1074. 2009.

12. MOREIRA, J.C. Síntese e caracterização da zeólita 5A por troca iônica a partir de um resíduo da indústria de papel. 2013. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro tecnológico, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**ELÓI MARTINS SENHORAS** Professor associado e pesquisador do Departamento de Relações Internacionais (DRI), do Programa de Especialização em Segurança Pública e Cidadania (MJ/UFRR), do Programa de MBA em Gestão de Cooperativas (OCB-RR/UFRR), do Programa de Mestrado em Geografia (PPG-GEO), do Programa de Mestrado em Sociedade e Fronteiras (PPG-SOF), do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional da Amazônia (PPG-DRA) e do Programa de Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT) da Universidade Federal de Roraima (UFRR). Graduado em Economia. Graduado em Política. Especialista pós-graduado em Administração - Gestão e Estratégia de Empresas. Especialista pós-graduado em Gestão Pública. Mestre em Relações Internacionais. Mestre em Geografia - Geoeconomia e Geopolítica. Doutor em Ciências. *Post-Doc* em Ciências Jurídicas. *Visiting scholar* na Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), na University of Texas at Austin, na Universidad de Buenos Aires, na Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México e na National Defense University. *Visiting researcher* na Escola de Administração Fazendária (ESAF), na Universidad de Belgrano (UB), na University of British Columbia e na University of California, Los Angeles. Professor do quadro de Elaboradores e Revisores do Banco Nacional de Itens (BNI) do Exame Nacional de Desempenho (ENADE) e avaliador do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (BASIS) do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP/MEC). Professor orientador do Programa Agentes Locais de Inovação (ALI) do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE/RR) e pesquisador do Centro de Estudos em Geopolítica e Relações Internacionais (CENEGRI). Organizador das coleções de livros Relações Internacionais e Comunicação & Políticas Públicas pela Editora da Universidade Federal de Roraima (UFRR), bem como colunista do Jornal Roraima em Foco. Membro do conselho editorial da Atena Editora.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Águas Estuarinas 25, 26, 28, 30

Amazônia 1, 5, 19, 21, 23, 28, 29, 31, 33, 35, 38, 39, 40, 41, 51, 52, 55, 58, 60, 63, 95

Amazônia Oriental 19, 33, 40

Área de Estudo 5, 8, 85

Área de Proteção Ambiental 82, 84, 93

Articulação Institucional 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 15

### C

Camarão 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31

Canteiro de Obras 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79

Capacidade Adaptativa 1, 3, 4, 5, 7, 8, 13, 14, 15

Cidade 64, 71

CONAMA 71, 72, 74, 75, 78, 79, 80

Consórcio 8, 10, 19

Construção Civil 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81

### D

Degradação Ambiental 6, 61, 63, 83, 96

Diversidade 15, 21, 27, 33, 36, 37, 39, 44, 45, 57, 84, 93

### E

Ecosistema 26, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 52, 56, 57, 61, 65, 68, 69, 93

Ecosistema Florestal 39, 57

Educação Ambiental 61, 68, 69, 93

Estruturas de Contenção 1, 7, 8, 12, 15

Estuário Amazônico 26, 28

Exposição 3, 4, 90, 92

### F

Floresta 33, 35, 38, 39, 41, 42, 52, 54, 55, 57, 58

Floresta Sucessional 33, 38, 39

### G

Gestão de Resíduos 71, 73, 79, 80

### I

Igarapé 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 85

Impactos Ambientais 52, 61, 83, 84, 93

## L

Linha de Costa 2

Liteira 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40

LITEIRA 33

Lixo 27, 63, 67, 82, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Local 1, 3, 4, 5, 15, 16, 20, 23, 27, 29, 30, 38, 53, 61, 62, 63, 66, 68, 69, 75, 76, 79, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94

## M

Macrocrustáceos 21, 22, 24, 25, 32

Mineração 44, 50, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59

Moradores 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 87, 88, 89, 90

Município 1, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 18, 21, 22, 26, 30, 31, 35, 38, 39, 56, 57, 61, 63, 64, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 85, 86, 89, 93

## P

Pará 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 40, 43, 52, 53, 55, 57, 60, 61, 62, 82, 83, 85, 86, 92, 93

Pesca Artesanal 21, 22, 25, 27, 28

Planejamento 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 58, 74, 77, 82, 84, 85, 92, 93, 94

Planejamento Urbano 1, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 17

Política Nacional de Resíduos Sólidos 72, 80

População Local 61, 69, 86, 91, 92

Propriedades Químicas 33, 39

PROPRIEDADES QUÍMICAS 33

## R

Recuperação de Áreas Degradadas 55

Região 2, 6, 8, 14, 19, 20, 27, 28, 31, 33, 35, 36, 46, 49, 50, 65, 68, 85, 86, 87

Resíduos da Construção Civil 71, 72, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81

Resíduos Sólidos 67, 72, 77, 80, 82, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92

Risco 3, 7, 9, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 62, 63, 68

Rondônia 71, 73, 80

## S

Sensibilidade 3, 4

Siri 21, 25, 28, 31

Sistema de Informação Geográfica 1, 7, 9, 14, 15

Solo 7, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 92

Solo Superficial 52, 53, 54, 55, 56, 58

Sucessão Florestal 57



## **T**

Topsoil 41, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

Turismo 2, 82, 83, 84, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94

## **U**

Unidade de Conservação 60, 82

Urbanização 7, 18, 61, 62, 63, 64

## **V**

Vulnerabilidade 1, 2, 3, 4, 5, 15, 16, 17, 18, 19

## **Z**

Zona Costeira 1, 3, 5, 6, 10, 11, 15, 17, 18, 20

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-710-9



9 788572 477109