



MEIO AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE E AGROECOLOGIA 6

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia 6

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

M514 Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia 6 [recurso eletrônico]
/ Organizadores Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia; v. 6)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-334-7

DOI 10.22533/at.ed.347191604

1. Agroecologia – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente – Pesquisa – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Rodrigues, Tayronne de Almeida. II. Leandro Neto, João. III. Galvão, Dennyura Oliveira. IV. Série.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2019

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.

APRESENTAÇÃO

A obra Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia vem tratar de um conjunto de atitudes, de ideias que são viáveis para a sociedade, em busca da preservação dos recursos naturais.

Em sua origem a espécie humana era nômade, e vivia integrada a natureza, sobreviviam da caça e da colheita. Ao perceber o esgotamento de recursos na região onde habitavam, migravam para outra área, permitindo que houvesse uma reposição natural do que foi destruído. Com a chegada da agricultura o ser humano desenvolveu métodos de irrigação, além da domesticação de animais e também descobriu que a natureza oferecia elementos extraídos e trabalhados que podiam ser transformados em diversos utensílios. As pequenas tribos cresceram, formando cidades, reinos e até mesmo impérios e a intervenção do homem embora pareça benéfica, passou a alterar cada vez mais negativamente o meio ambiente.

No século com XIX as máquinas a vapor movidas a carvão mineral, a Revolução Industrial mudaria para sempre a sociedade humana. A produção em grande volume dos itens de consumo começou a gerar demandas e com isso a extração de recursos naturais foi intensificada. Até a agricultura que antes era destinada a subsistência passou a ter larga escala, com cultivos para a venda em diversos mercados do mundo. Atualmente esse modelo de consumo, produção, extração desenfreada ameaça não apenas a natureza, mas sua própria existência. Percebe-se o esgotamento de recursos essenciais para as diversas atividades humanas e a extinção de animais que antes eram abundantes no planeta. Por estes motivos é necessário que o ser humano adote uma postura mais sustentável.

A ONU desenvolveu o conceito de sustentabilidade como desenvolvimento que responde as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras de satisfazer seus próprios anseios. A sustentabilidade possui quatro vertentes principais: ambiental, econômica, social e cultural, que trata do uso consciente dos recursos naturais, bem como planejamento para sua reposição, bem como no reaproveitamento de matérias primas, no desenvolvimento de métodos mais baratos, na integração de todos os indivíduos na sociedade, proporcionando as condições necessárias para que exerçam sua cidadania e a integração do desenvolvimento tecnológico social, perpetuando dessa maneira as heranças culturais de cada povo. Para que isso ocorra as entidades e governos precisam estar juntos, seja utilizando transportes alternativos, reciclando, incentivando a permacultura, o consumo de alimentos orgânicos ou fomentando o uso de energias renováveis.

No âmbito da Agroecologia apresentam-se conceitos e metodologias para estudar os agroecossistemas, cujo objetivo é permitir a implantação e o desenvolvimento de estilos de agricultura com maior sustentabilidade, como bem tratam os autores desta obra. A agroecologia está preocupada com o equilíbrio da natureza e a produção de alimentos sustentáveis, como também é um organismo vivo com sistemas integrados

entre si: solo, árvores, plantas cultivadas e animais.

Ao publicar esta obra a Atena Editora, mostra seu ato de responsabilidade com o planeta quando incentiva estudos nessa área, com a finalidade das sociedades sustentáveis adotarem a preocupação com o futuro.

Tenham uma excelente leitura!

Tayronne de Almeida Rodrigues

João Leandro Neto

Dennyura Oliveira Galvão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
UM ESTUDO SOBRE OS ESPAÇOS PÚBLICOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA CIDADE DE TERESINA/PI	
Emanuelle de Aragão Arrais Ana Virgínia Alvarenga Andrade Ana Cristina Claudino de Melo Ana Paula Claudino Melo	
DOI 10.22533/at.ed.3471916041	
CAPÍTULO 2	17
RELAÇÃO ENTRE AVIFAUNA E PLANTAS FRUTÍFERAS EM PARQUES LINEARES URBANOS	
Carlos Humberto Biagolini Roberto Wagner Lourenço	
DOI 10.22533/at.ed.3471916042	
CAPÍTULO 3	27
ANÁLISE DA VIABILIDADE DE LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE CONCÓRDIA DO PARÁ - PA DE ACORDO COM AS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES COM AUXÍLIO DA FERRAMENTA SIG	
Ana Larissa Pinto da Silva Ana Beatriz Neves da Silva João Francisco Costa Carneiro Junior Jamer Andrade da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.3471916043	
CAPÍTULO 4	43
AVALIAÇÃO DO EFEITO DO REPROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) VERDE POR CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)	
Amanda Vecila Cheffer de Araujo Lisete Cristine Scienza Alessandro Luiz Alves Soares Vinícius Martins	
DOI 10.22533/at.ed.3471916044	
CAPÍTULO 5	53
AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE CONCRETO NÃO ESTRUTURAL PRODUZIDO COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	
Leticia Martelo Pagoto Simone Cristina Caldato da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3471916045	
CAPÍTULO 6	64
EMPREGO DE TRATAMENTOS QUÍMICOS E FÍSICOS PARA A UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO GERADO EM USINAS TERMELÉTRICAS	
Augusto César Cavalcanti Gomes Andréa de Vasconcelos Ferraz Lucimar Pacheco Gomes da Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.3471916046	

CAPÍTULO 7	73
ENERGIAS ALTERNATIVAS EM EMPREENDIMENTOS COMERCIAIS – EXPERIÊNCIA EM ESTABELECIMENTO NO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL/RS	
Beatriz Stoll Moraes	
Victor Paulo Klöeckner Pires	
Lenilda Alves Oliveira	
Nilcilene de Acis Oliveira	
Viviane da Silva Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3471916047	
CAPÍTULO 8	80
MENSURAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS OLARIAS DA REGIÃO DO SERIDÓ/RN	
Luziana Maria Nunes de Queiroz	
Priscilla Pimentel Diógenes Góis de Araújo	
Juliana da Costa Maia	
DOI 10.22533/at.ed.3471916048	
CAPÍTULO 9	93
MERCADOS INSTITUCIONAIS E A PROMOÇÃO DA AGRICULTURA QUILOMBOLA AGROECOLÓGICA	
Cristiane Coradin	
Naziel de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3471916049	
CAPÍTULO 10	103
OS PARQUES URBANOS COMO ESPAÇOS DE BEM-ESTAR E QUALIDADE DE VIDA NA ATUALIDADE. UMA BREVE ANÁLISE NA CIDADE DE MAUÁ-SP	
Marcela Hiluany	
Leonice Domingos dos Santos Cintra Lima	
DOI 10.22533/at.ed.34719160410	
CAPÍTULO 11	113
PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE MIRASSOL D'OESTE – MT	
Cláudia Lúcia Pinto	
Valcir Rogério Pinto	
Carolina dos Santos	
Elaine Maria Loureiro	
DOI 10.22533/at.ed.34719160411	
CAPÍTULO 12	123
PERCEPÇÃO AMBIENTAL DO COMPLEXO DE COMÉRCIOS, TROCA-TROCA E SHOPPING DA CIDADE, SOBRE A DEGRADAÇÃO DO RIO PARNAÍBA EM TERESINA-PI	
Francisco das Chagas Paiva Silva	
Francielly Lopes da Silva	
Diene Nascimento de Sousa	
Bruna de Freitas Iwata	
DOI 10.22533/at.ed.34719160412	

CAPÍTULO 13	132
ESTUDO DE CASO DA LOGÍSTICA REVERSA NO MUNICÍPIO DE QUINZE DE NOVEMBRO, RIO GRANDE DO SUL	
Caroline Trombetta	
Alexandre Couto Rodrigues	
Clovis Orlando Da Ros	
Rodrigo Ferreira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.34719160413	
CAPÍTULO 14	147
ESTRUTURA FÍSICA E ORGANIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE VACINAÇÃO NO MARANHÃO, BRASIL	
Rejane Christine de Sousa Queiroz	
Amanda Valeria Damasceno dos Santos	
Laine Cortês Albuquerque Castro	
Ricardo Sousa Almeida	
Francelena de Sousa Silva	
Aline Sampieri Tonello	
Erika Bárbara Abreu Fonseca Thomaz	
Maria dos Remédios Freitas Carvalho Branco	
Luiz Augusto Facchini	
DOI 10.22533/at.ed.34719160414	
CAPÍTULO 15	159
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UMA ANÁLISE DA COLETA SELETIVA NOS PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA EM TERESINA, PIAUÍ	
Jéssica Aline Cardoso Gomes	
Francielly Lopes da Silva	
Francisco das Chagas Paiva Silva	
Diene Nascimento de Sousa	
Míriam Araújo de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.34719160415	
CAPÍTULO 16	172
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA QUEIMA DO RESÍDUO DOMICILIAR	
Priscila Bolcchi	
Franciele Silva Martins dos Anjos	
DOI 10.22533/at.ed.34719160416	
CAPÍTULO 17	182
PROCESSO DE FORMALIZAÇÃO DA CACHAÇA DE ALAMBIQUE NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Raquel Nakazato Pinotti	
Adriana Renata Verdi	
Elisangela Marques Jeronimo	
Celina Maria Henrique	
DOI 10.22533/at.ed.34719160417	

CAPÍTULO 18	196
REFUGIO DE VIDA SILVESTRE LAQUIPAMPA: VALORIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PLANES DE INTERVENCIÓN	
Licela Judith Paredes Tafur	
DOI 10.22533/at.ed.34719160418	
CAPÍTULO 19	203
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE INDICES DE GOVERNANÇA ELETRÔNICA NA GESTÃO DO PODER PÚBLICO MUNICIPAL LEGISLATIVO E EXECUTIVO DE PORTO VELHO CAPITAL DO ESTADO DE RONDÔNIA	
João Marcos Machado de França	
Mariluce Paes de Souza	
Theóphilo Alves de Souza Filho	
DOI 10.22533/at.ed.34719160419	
CAPÍTULO 20	222
ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM NO TRATAMENTO DE PACIENTES COM DIAGNÓSTICO DE HANSENÍASE DE UMA UNIDADE DE SAÚDE DE SÃO LUIS – MA	
Kassya Rosete Silva Leitão	
Maria de Fátima Lires Paiva	
Maria Iêda Gomes Vanderlei	
Ortêncyra Moraes Silva	
Thalita Dutra de Abreu	
DOI 10.22533/at.ed.34719160420	
CAPÍTULO 21	229
CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DE SOLOS ATRAVÉS DE CROMATOGRÁFIA DE PFEIFFER EM AGROECOSSISTEMAS	
David Marx Antunes de Melo	
Eduarda Fernandes dos Reis	
Thiago do Nascimento Coaracy	
Alex da Silva Barbosa	
Alexandre Eduardo de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.34719160421	
CAPÍTULO 22	235
DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS CASOS DE INTOXICAÇÃO EXÓGENA NO ESTADO DO MARANHÃO	
Ana Emília F. Castelo Branco	
Fabrício B. Silva	
Jessflan Rafael N. Santos	
Tatiana de Sousa S. Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.34719160422	
CAPÍTULO 23	239
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM SÃO JOSÉ DO RIO PRETO – ESTUDO DE CASO	
Evandro Roberto Tagliaferro	
DOI 10.22533/at.ed.34719160423	

CAPÍTULO 24	254
IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA CERTIFICAÇÃO ORGÂNICA POR CONTROLE SOCIAL NA AGRICULTURA FAMILIAR DE ALAGOAS	
Rafael Navas	
DOI 10.22533/at.ed.34719160424	
CAPÍTULO 25	264
INCORPORAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZIRCÔNIO EM ACETATO DE CELULOSE PARA A VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	
Eupídio Scopel	
Carla da Silva Meireles	
Cleocir José Dalmaschio	
DOI 10.22533/at.ed.34719160425	
CAPÍTULO 26	277
INFLUÊNCIA DO TIPO DE EMBALAGEM NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ALFACE E ALMEIRÃO, DURANTE A COMERCIALIZAÇÃO	
Mariana Araújo de Sena	
Arlete da Silva Bandeira	
Maria Caroline Aguiar Amaral	
Sávio de Oliveira Ribeiro	
Manoel Nelson de Castro Filho	
Caroline Boaventura Nascimento Penha	
Romana Mascarenhas Andrade Gugé	
DOI 10.22533/at.ed.34719160426	
CAPÍTULO 27	283
PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: APONTAMENTOS SOBRE O ICMS ECOLÓGICO COMO INSTRUMENTO DE FOMENTO A POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS NO BRASIL	
Fernando Martinez Hungaro	
Edilene Mayumi Murashita Takenaka	
DOI 10.22533/at.ed.34719160427	
CAPÍTULO 28	296
PERFIL DE USO DE AGROTÓXICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO – ALAGOAS	
Helane Carine de Araújo Oliveira	
Aldenir Feitosa dos Santos	
João Gomes da Costa	
Jessé Marques da Silva Júnior Pavão	
DOI 10.22533/at.ed.34719160428	
CAPÍTULO 29	303
PREPARO DE CANDIDATO A MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA METAIS E SEMIMETAIS EM ÁGUAS: TESTES PRELIMINARES	
Luciana Juncioni de Arauz	
Marcia Liane Buzzo	
Maria de Fátima Henriques Carvalho	
Lidiane Raquel Verola Mataveli	
Paulo Tiglea	
DOI 10.22533/at.ed.34719160429	

CAPÍTULO 30	312
REFLEXÃO SOBRE O PROJETO DE UMA USINA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES - RS	
Maria Soares de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.34719160430	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	316

EMPREGO DE TRATAMENTOS QUÍMICOS E FÍSICOS PARA A UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO GERADO EM USINAS TERMELÉTRICAS

Augusto César Cavalcanti Gomes

Universidade Federal do Vale do São Francisco
Petrolina – PE

Andréa de Vasconcelos Ferraz

Universidade Federal do Vale do São Francisco
Juazeiro – BA

Lucimar Pacheco Gomes da Rocha

Universidade Federal do Vale do São Francisco
Juazeiro – BA

RESUMO: Devido à grande quantidade gerada de cinzas leves provenientes da combustão do carvão, demonstra-se ser necessário dar uma maior aplicabilidade a esse resíduo de baixo valor comercial. O produto residual da combustão do carvão possui óxidos inorgânicos de silício (Si) e alumínio (Al) que podem atuar na estrutura cristalina da zeólita. A cinza de carvão sofreu tratamentos químicos e físicos com o objetivo de potencializar a extração de silício e alumínio desse resíduo. A cinza pura e as cinzas tratadas foram caracterizadas por: fluorescência de raios X (FRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raios X (DRX) e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Através das caracterizações realizadas observou que os tratamentos foram efetivos para a extração de aluminossilicatos da matriz. Os tratamentos não afetaram a morfologia, as fases cristalinas

e nem os grupos funcionais. Sendo assim, a cinza de carvão e seus tratamentos mostraram ser um precursor para a síntese de zeólitas.

PALAVRAS-CHAVE: Cinzas. Carvão. Caracterização. Síntese hidrotérmica. Zeólitas.

ABSTRACT: Due to the large quantity of fly ash produced during the combustion of coal, it has become necessary to give greater applicability to this residue of low commercial value. The residual product of the coal combustion contains inorganic oxides which can act on the crystalline structure of zeolites, namely silicon and aluminum oxide. The coal ash was submitted to physical and chemical treatments with the aim of potentiating the silicon and aluminum extraction from the residue. The pure ash and the treated ashes were characterized by: X-ray fluorescence (XRF), scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD) and Fourier transformation infrared spectroscopy (FTIR). By means of the carried out characterizations it was observed that the treatments were effective for the extraction of aluminosilicates from the matrix. The treatments did not affect the morphology, the crystalline phases and neither the chemical composition of the ashes. Seeing this, the coal ash and its treatments showed to be a precursor for the synthesis of zeolites.

KEYWORDS: Ashes. Coal. Characterization.

1 | INTRODUÇÃO

O carvão mineral é utilizado em usinas termelétricas como fonte na produção de energia elétrica. Entretanto, durante a combustão do carvão resíduos de baixo valor comercial são gerados, em sua maioria cinzas leves. O volume de cinza leve gerado no processo de combustão corresponde a 4 milhões de toneladas/ano. Portanto, estudos sobre sua reutilização são necessários, visto que apenas 30 % dessas cinzas são reutilizadas, por exemplo, na indústria de cerâmica e como adsorventes em efluentes industriais (BUKHARI et al., 2015; IZIDORO et al., 2012; YAO et al., 2014).

Esse resíduo gerado da combustão do carvão é rico em silício e alumínio que aparecem na forma de óxidos e, conseqüentemente, pode ser usado para a formação de estruturas cristalinas, conhecidas como zeólitas. Em vista disso, há uma contribuição com a necessidade de dar um destino adequado ao resíduo gerado, já que quando descartado inadequadamente suas partículas leves e finas são dispersadas e lixiviadas, contaminando fontes de água (TIWARI et al., 2014). Dentro desse contexto, é importante reciclar a cinza de carvão a fim de evitar desequilíbrios ambientais, pois o descarte sem critério desse subproduto gerado pela combustão do carvão causa a dissolução de metais pesados, carreando elementos tóxicos, tais como chumbo, cádmio, arsênio e entre outros (LEE et al., 2017).

Os óxidos inorgânicos são provenientes da fração mineral do carvão precursor e das várias transformações complexas que o carvão sofre durante sua combustão (AHMARUZZAMAN, 2010; TIWARI et al., 2014). É importante verificar se a razão $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ corresponde aos valores desejáveis para a zeólita de interesse, fazendo com que o material usado como matéria-prima seja uma fonte alternativa de silício e alumínio na síntese de diferentes tipos de zeólitas de baixo custo e serem aplicadas como catalisadores ou suportes de catalisadores e adsorventes (BUKHARI et al., 2015; IZIDORO et al., 2012). Além disso, o potencial das cinzas aumenta à medida que passam por tratamentos químicos e físicos, visando a extração de silício e alumínio, causando uma maior abundância desses elementos químicos do que na forma bruta, além de reduzir alguns elementos indesejáveis durante a síntese (HOLLMAN; STEENBRUGGEN; JANSSEN-JURKOVICOVÁ, 1999; JIANG et al., 2014; KORDATOS et al., 2008).

Considerando que o carvão é uma das fontes minerais mais abundantes no mundo, seu uso na geração de eletricidade nas usinas termelétricas em países em desenvolvimento ainda atinge níveis significativos. Nos anos de 2002 a 2012, foi observado que o consumo do carvão cresceu globalmente. Ao considerar essa perspectiva, é importante enfatizar que a produção de energia por usinas termelétricas a carvão representará os 44 % de produção de eletricidade no mundo

até 2030, principalmente, considerando que ano a ano a produção de eletricidade vem aumentando devido à crescente demanda energética residencial e em vários setores comerciais e industriais (AZEVEDO; STRECKER, 2017; BUKHARI et al., 2015; IZIDORO et al., 2012).

Com o objetivo de agregar valor comercial ao resíduo gerado em usinas termelétricas, o objetivo deste trabalho foi realizar diversos tratamentos das cinzas leves de carvão mineral com o propósito de aumentar a extração de silício e alumínio para posterior síntese de zeólitas.

2 | METODOLOGIA

A cinza leve (CP) usada neste trabalho foi proveniente da combustão do carvão para a geração de energia em usinas termelétricas da Companhia Tractebel Energia. A cinza foi submetida a três tipos de tratamentos com o objetivo de potencializar os teores de silício e alumínio. Os tratamentos realizados foram: tratamento com NaOH (CTOH) onde 10 g de cinza leve foi dissolvida em 100 mL de solução de NaOH a $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, em seguida, a mistura foi submetida ao aquecimento de $90 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 horas; tratamento térmico (CTT) onde a cinza foi aquecida em mufla a $700 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 5 horas; e o tratamento com HCl (CTH) onde 80 g de cinza foi dissolvida em 320 mL de solução de HCl a $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ em uma temperatura de $80 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 48 horas.

As cinzas foram caracterizadas por fluorescência de raios X (FRX) usando o equipamento ZSXMini II (Rigaku). Para análise morfológica das cinzas leves de carvão, utilizou-se microscopia eletrônica de varredura (MEV) da marca TESCAN, modelo VEGA 3XMU, operando em 5kV. A metalização da amostra por meio do *sputtering*, durante 30 segundos, em $15 \mu\text{Å}$, foi realizada no equipamento Quorum Q 150R ES. A difração de raios X (DRX) foi realizada no equipamento Rigaku gerador de raios X DMAXB, em 2kV de tensão, usando uma radiação Cu K α e uma varredura de angulação de 10° a 90° . Os resultados desses ângulos e suas atribuições foram obtidos utilizando o banco de dados do International Centre for Diffraction Data (ICDD). Para a identificação dos grupos funcionais presentes nas amostras, espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foi realizada no espectrofotômetro Shimadzu IR Prestige 21. Em cada espectro, foram efetuadas 32 varreduras na região de 4000 a 400 cm^{-1} , com uma resolução de $4,0 \text{ cm}^{-1}$.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a composição das cinzas de carvão utilizadas neste trabalho. Como pode ser observado, os elementos com a maior porcentagem em massa são silício e alumínio e estão presentes na forma de óxidos. Acrescenta-se, ainda, que as cinzas apresentam outros elementos químicos minoritários em sua composição,

tais como zinco, manganês, potássio, titânio, dentre outros. A razão Si/Al presente nas cinzas leves são de fundamental importância, pois caracteriza cada zeólita a ser sintetizada (BIESEKI et al., 2013).

Elementos	Composição (% massa)			
	CP	CTH	CTT	CTOH
Si	48,76 %	57,77 %	53,36 %	46,79 %
Al	16,94 %	15,05 %	16,82 %	19,77 %
Fe	14,79 %	11,07 %	10,14 %	15,38 %
Ca	5,34 %	2,18 %	5,52 %	7,67 %
S	0,50 %	—	0,73 %	0,06 %

Tabela 1 – Composição química das cinzas leves obtidas por FRX.

A presença de cátions, como ferro (Fe) e cálcio (Ca), pode interferir na cristalização da zeólita. Lee et al. (2017) observaram experimentalmente que ao tratar cinzas com soluções ácidas e básicas em concentrações molares superiores a $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, os teores de CaO e Fe_2O_3 na matriz das cinzas diminuiram. Esses óxidos podem competir com o alumínio impedindo a formação de cristais zeolíticos (GUO et al., 2017; LIEBERMAN et al., 2016). Assim, ao reduzir a concentração de cátions no meio reacional, haverá um aumento na concentração de aluminossilicatos que favorecerá a síntese do material zeolítico (CARDOSO; PIRES; FERRET, 2011; KOSHY; SINGH, 2016).

O tratamento ácido (amostra CTH) foi eficiente para a extração de silício. Observou-se que com este tratamento houve uma redução no teor de cálcio, o que é um fator importante, pois o cálcio pode inibir o processo de cristalização da zeólita. Durante o tratamento em meio alcalino (amostra CTOH), por outro lado, foi verificada uma melhor extração do alumínio. A solução ácida também tende a aumentar a área de superfície das cinzas de carvão, o que torna possível aumentar a fonte de silício dissolvido. A presença de ferro foi verificada em todas as amostras, sendo que este elemento pode atuar como um compensador de carga em detrimento de outros compensadores de carga já existentes na matriz da zeólita. Portanto, é importante usar um resíduo cuja matriz mostre o menor teor possível de ferro (MUSYOKA et al., 2013; PENGTHAMKEERATI; SATAPANAJARU; CHULARUENGOAKSORN, 2008; WANG et al., 2008).

Como pode ser observado na Figura 1, a maioria das partículas são de forma esférica com tamanhos variados, corroborando com os dados da FRX, sendo que as partículas esféricas são devido à presença de silício nas amostras. Além disso, a morfologia é composta por aglomerados de esferas ou partículas sem forma definida que pode ser explicado devido ao contato interpartícula ou ao rápido resfriamento (KUTCHKO; KIM, 2006). Nota-se também que os tratamentos não afetaram a morfologia original das partículas, mantendo a sua forma esférica.

A forma esférica das partículas pode estar relacionada com o efeito de resfriamento que faz com que as partículas de cinzas de carvão solidifiquem enquanto

estão suspensas nos gases de combustão. Outro fator, ao qual a morfologia de forma esférica é atribuída, é o alto teor de silício nas cinzas (MUSYOKA, 2013). As partículas esféricas são de tamanhos variados e têm uma superfície lisa. Normalmente, quando o carvão pulverizado é queimado, uma morfologia esférica ou os aglomerados esféricos são predominantes nas cinzas. Às vezes as cinzas não são uniformes, com partículas de tamanhos irregulares, o que pode ser atribuído aos vários estados em que o silício pode estar presente em uma amostra (IZIDORO et al., 2012).

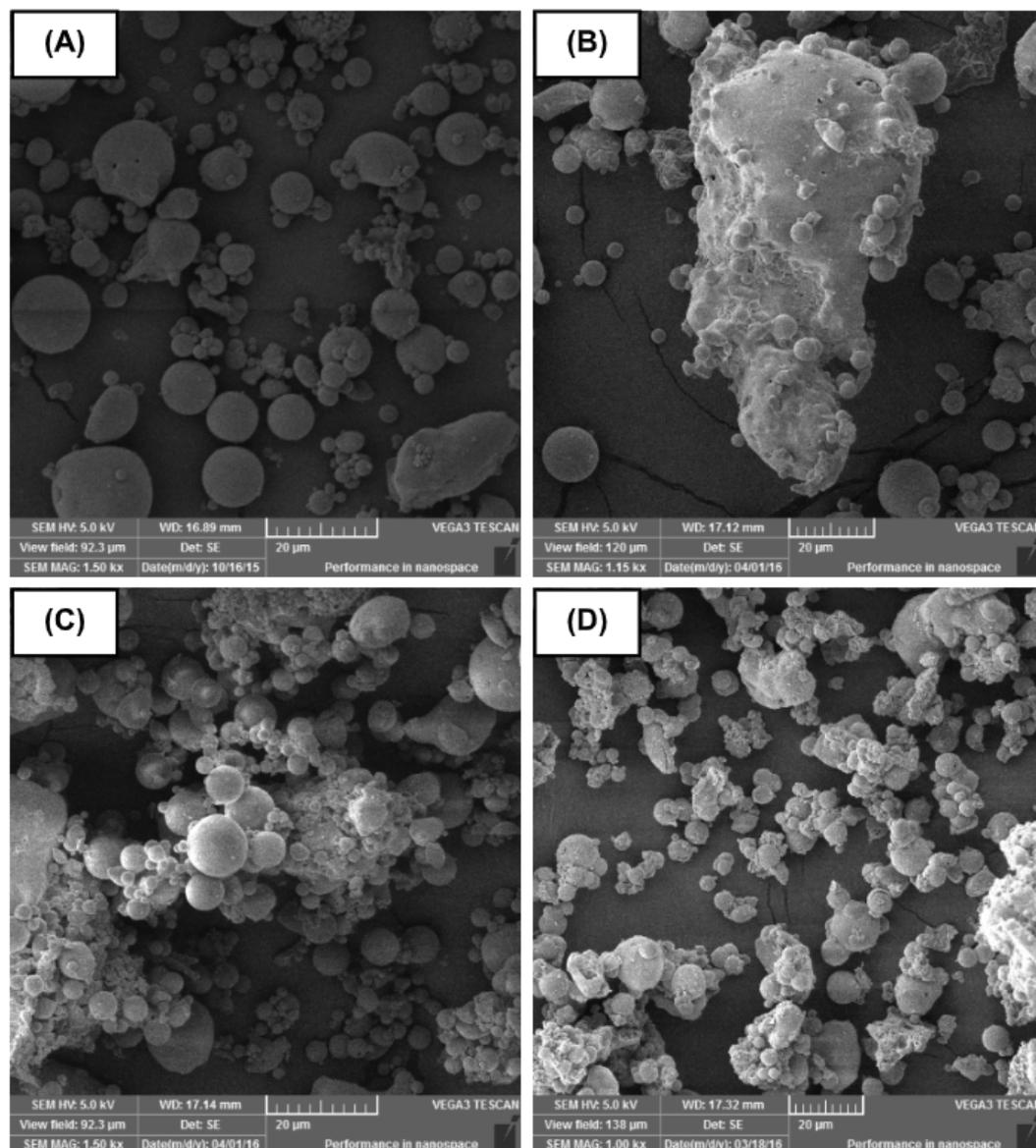


Figura 1 – Micrografias das cinzas leves de carvão e seus tratamentos. (A) cinza pura (CP); (B) cinza tratada com HCl (CTH); (C) cinza submetida a tratamento térmico (CTT); (D) cinza tratada com NaOH (CTOH).

Outros fatores importantes que interferem na morfologia e na presença de elementos químicos na matriz de cinzas são a temperatura e as condições de combustão na fornalha ao qual o carvão é submetido. Além disso, os minerais do carvão são reduzidos a altas temperaturas de combustão e convertidos em gases, sofrendo várias transformações complexas e como consequência dessas transformações, as partículas se apresentam em forma esférica (BLISSETT; ROWSON, 2012).

No difratograma de raios X, apresentado na Figura 2, são mostrados picos das fases cristalinas de minerais tais como quartzo (SiO_2) que aparecem nos valores de 2θ igual a $20,9^\circ$; $26,6^\circ$; $50,1^\circ$ e $67,9^\circ$ e mulita ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) que aparecem em $16,7^\circ$; $26,2^\circ$ e $60,1^\circ$. O quartzo normalmente não se funde durante as reações de combustão e, portanto, vem da fração inorgânica do carvão precursor. A mulita, por outro lado, vem da reação de combustão do carvão (BLISSETT; ROWSON, 2012; FUNGARO; SILVA, 2014). Ambos os minerais contêm elementos de alto interesse para as zeólitas, devido ao seu teor de silício e alumínio (IZIDORO et al., 2012).

Sendo assim, as cinzas de carvão utilizadas nas atividades realizadas mostraram-se capazes de sintetizar zeólitas devido ao silício e ao alumínio em sua composição. Além disso, os tratamentos não afetaram a estrutura cristalina das cinzas, como pode ser evidenciado, pois os difratogramas das cinzas apresentam os mesmos picos característicos.

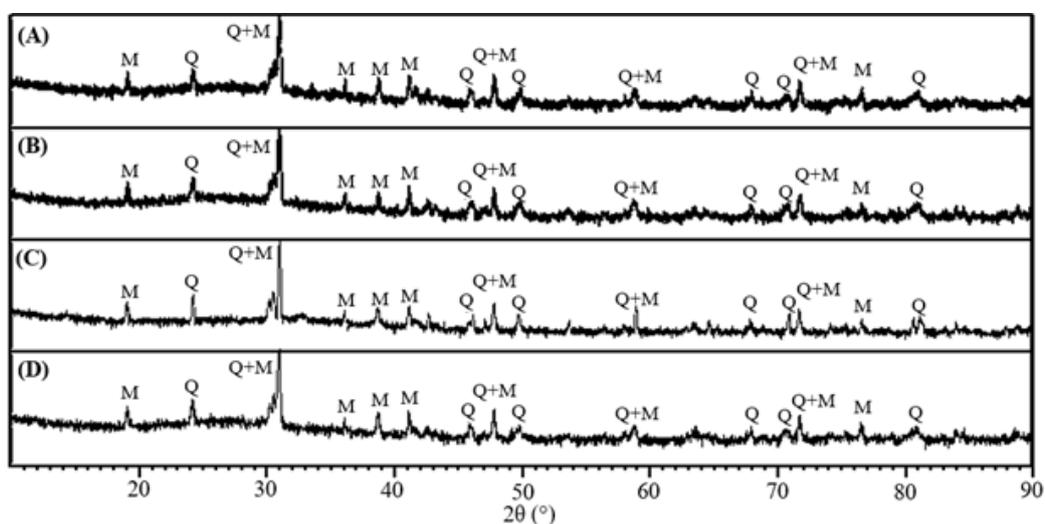


Figura 2 – Difratograma de raios X das amostras: (A) cinza pura (CP); (B) cinza tratada com HCl (CTH); (C) cinza tratada com NaOH (CTOH); (D) cinza submetida a tratamento térmico (CTT). Q indica quartzo e M corresponde a mulita.

A Figura 3 mostra espectros vibracionais na região do infravermelho das cinzas. A larga banda em torno de 3451 cm^{-1} foi atribuída às vibrações das ligações de alongamento de grupos hidroxila de silanóis (Si—OH) e moléculas de água adsorvidas na superfície das cinzas. Na banda próxima a 1639 cm^{-1} é caracterizada por vibrações simétricas e assimétricas, Al(OH) , sugerindo a presença de alumínio hidratado ou material silicato amorfo. Nas bandas próximas a 1078 e 462 cm^{-1} apresentam picos característicos de sílica. Os compostos de quartzo, mulita e sílica amorfa aparecem na larga banda próximo a 1078 cm^{-1} que são devido à sobreposição das bandas destes compostos e essa banda está associada ao alongamento assimétrico das ligações Si—O—T (onde T indica Si ou Al). A banda em 551 cm^{-1} representa mulita (AZEVEDO; STRECKER, 2017; CHENG-YOU; HONG-FA; HUI-FANG, 2012; FUNGARO; BORRELY, 2010; SHEARER et al., 2016).

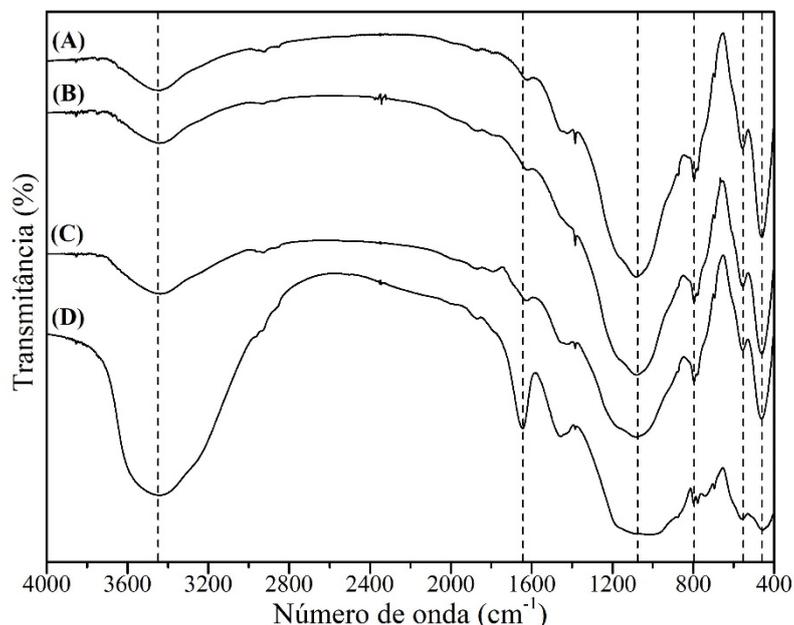


Figura 3 – Espectros no infravermelho das cinzas leves de carvão. (A) cinza pura (CP); (B) cinza submetida a tratamento térmico (CTT); (C) cinza tratada com HCl (CTH); (D) cinza tratada com NaOH (CTOH).

Em aproximadamente 794 cm^{-1} , vibrações de alongamento simétrico de grupos O—T—O (onde T pode ser Si ou Al) são atribuídas ao quartzo e à mulita (ALGOUFI; HAMEED, 2014; CARVALHO et al., 2011; CRIADO; FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ; PALOMO, 2007). Observou-se também que a intensidade das bandas aumentou nos tratamentos, principalmente na amostra CTOH onde o aumento foi evidenciado nas bandas 3451 e 1639 cm^{-1} . Essas bandas aumentaram em intensidade e largura no espectro devido ao aumento na concentração de produtos hidratados, definindo, assim, uma maior presença de grupos funcionais do tipo OH, visto que a amostra CTOH foi submetida a um tratamento hidrotérmico em meio alcalino (FUNGARO; BORRELY, 2010).

4 | CONCLUSÃO

Por meio das caracterizações realizadas, observou-se que as cinzas são compostas principalmente por alumínio e silício. Portanto, as cinzas podem ser utilizadas como matéria-prima para a síntese de zeólitas, pois o silício e alumínio participarão das ligações tetraédricas das zeólitas.

Os tratamentos realizados são eficientes para a extração de silício e alumínio, sem comprometer o arranjo cristalino, a morfologia e os grupos funcionais presentes na cinza pura. O tratamento ácido foi o mais eficiente na extração de silício. O tratamento hidrotérmico em meio alcalino, por outro lado, potencializou a extração de alumínio das cinzas.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à agência de fomento FAPESB pela concessão da bolsa de iniciação científica e pelo apoio financeiro ao projeto. Assim como, a UNIVASF, o IF Sertão Pernambuco e o Laboratório de Raios X da Universidade Federal do Ceará pela disponibilidade de estrutura física e equipamentos para realização das análises.

REFERÊNCIAS

AHMARUZZAMAN, M. A review on the utilization of fly ash. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 36, n. 3, p. 327-363, 2010.

ALGOUFI, Y. T.; HAMEED, B. H. Synthesis of glycerol carbonate by transesterification of glycerol with dimethyl carbonate over K-zeolite derived from coal fly ash. **Fuel Processing Technology**, v. 126, p. 5-11, 2014.

AZEVEDO, A. G. S.; STRECKER, K. Brazilian fly ash based inorganic polymers production using different alkali activator solutions. **Ceramics International**, v. 43, n. 12, p. 9012-9018, 2017.

BIESEKI, L. et al. Síntese de zeólitas utilizando resíduo sílico-aluminoso proveniente do processo de extração do lítio. **Cerâmica**, v. 59, n. 351, p. 466-472, 2013.

BLISSETT, R. S.; ROWSON, N. A. A review of the multi-component utilization of coal fly ash. **Fuel**, v. 97, p. 1-23, 2012.

BUKHARI, S. S. et al. Conversion of coal fly ash to zeolite utilizing microwave and ultrasound energies: a review. **Fuel**, v. 140, p. 250-266, 2015.

CARDOSO, A. M.; PIRES, M. J. R.; FERRET, L. S. Síntese de zeólitas a partir de cinzas de carvão visando uma produção mais limpa e econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL, 3., 2011. Gramado. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2011. p. 1-15.

CARVALHO, T. E. M. et al. Adsorption of indigo carmine from aqueous solution using coal fly ash and zeolite from fly ash. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 289, n. 2, p. 617-626, 2011.

CHENG-YOU, W.; HONG-FA, Y.; HUI-FANG, Z. Extraction of aluminum by pressure acid-leaching method from coal fly ash. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, v. 22, n. 9, p. 2282-2288, 2012.

CRIADO, A.; FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A.; PALOMO, A. Alkali activation of fly ash: effect of the SiO₂/Na₂O ratio: part 1: FTIR study. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 106, n. 1-3, p. 180-191, 2007.

FUNGARO, D. A.; BORRELY, S. I. Síntese e caracterização de material zeolítico de cinzas de carvão modificado por surfactante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 19., 2010. Campos do Jordão. Anais... São Carlos: UFSCar, 2010. p. 4226-4233.

FUNGARO, D. A.; SILVA, M. V. Utilization of water treatment plant sludge and coal fly ash in brick manufacturing. **American Journal of Environmental Protection**, v. 2, p. 83-88, 2014.

GUO, Y. et al. Novel process of alumina extraction from coal fly ash by pre-desilicating - Na₂CO₃ activation - acid leaching technique. **Hydrometallurgy**, v. 169, p. 418-425, 2017.

HOLLMAN, G. G.; STEENBRUGGEN, G.; JANSSEN-JURKOVICOVÁ, M. A two-step process for the

synthesis of zeolites from coal fly ash. **Fuel**, v. 78, n. 10, p. 1225-1230, 1999.

IZIDORO, J. C. et al. Characteristics of Brazilian coal fly ashes and their synthesized zeolites. **Fuel Processing Technology**, v. 97, p. 38-44, 2012.

JIANG, J. et al. Synthesis and characterization of high siliceous ZSM-5 zeolite from acid-treated palygorskite. **Powder Technology**, v. 251, p. 9-14, 2014.

KORDATOS, K. et al. Synthesis of highly siliceous ZSM-5 zeolite using silica from rice husk ash. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 115, n. 1-2, p. 189-196, 2008.

KOSHY, N.; SINGH, D. N. Fly ash zeolites for water treatment applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 2, p. 1460-1472, 2016.

KUTCHKO, B. G.; KIM, A. G. Fly ash characterization by SEM-EDS. **Fuel**, v. 85, n. 17-18, p. 2537-2544, 2006.

LEE, Y. et al. Synthesis of nanoporous materials via recycling coal fly ash and other solid wastes: a mini review. *Chemical Engineering Journal*, v. 317, p. 821-843, 2017.

LIEBERMAN, R. N. et al. Physical and chemical changes in coal fly ash during acidic or neutral wastes treatment and its' effect on the fixation process. **Fuel**, v. 184, p. 69-80, 2016.

MUSYOKA, N. M. et al. Synthesis of zeolites from coal fly ash using mine waters. **Minerals Engineering**, v. 53, p. 9-15, 2013.

PENGTHAMKEERATI, P.; SATAPANAJARU, T.; CHULARUENGOAKSORN, P. Chemical modification of coal fly ash for the removal of phosphate from aqueous solution. **Fuel**, v. 87, n. 12, p. 2469-2476, 2008.

SHEARER, C. R. et al. Alkali-activation potential of biomass-coal co-fired fly ash. **Cement and Concrete Composites**, v. 73, p. 62-74, 2016.

TIWARI, M. et al. Elemental characterization of coal fly ash and bottom ash using in energy dispersive X-ray fluorescence. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 90, p. 53-57, 2014.

WANG, C. et al. Influence of NaOH concentrations on synthesis of pure-form zeolite A from fly ash using two-stage method. **Journal of Hazardous Materials**, v. 155, n. 1-2, p. 58-64, 2008.

YAO, Z. T. et al. A review of the alumina recovery from coal fly ash, with a focus in China. **Fuel**, v. 120, p. 74-85, 2014.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Tayronne de Almeida Rodrigues - Filósofo e Pedagogo, especialista em Docência do Ensino Superior e Graduando em Arquitetura e Urbanismo, pela Faculdade de Juazeiro do Norte-FJN, desenvolve pesquisas na área das ciências ambientais, com ênfase na ética e educação ambiental. É defensor do desenvolvimento sustentável, com relevantes conhecimentos no processo de ensino-aprendizagem. Membro efetivo do GRUNEC - Grupo de Valorização Negra do Cariri. E-mail: tayronnealmeid@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9378-1456>.

João Leandro Neto - Filósofo, especialista em Docência do Ensino Superior e Gestão Escolar, membro efetivo do GRUNEC. Publica trabalhos em eventos científicos com temas relacionados a pesquisa na construção de uma educação valorizada e coletiva. Dedicar-se a pesquisar sobre métodos e comodidades de relação investigativa entre a educação e o processo do aluno investigador na Filosofia, trazendo discussões neste campo. Também é pesquisador da arte italiana, com ligação na Scuola de Lingua e Cultura – Itália. Amante da poesia nordestina com direcionamento as condições históricas do resgate e do fortalecimento da cultura do Cariri. E-mail: joaoleandro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1738-1164>.

Dennyura Oliveira Galvão - Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2016). Atualmente é professora titular da Universidade Regional do Cariri. E-mail: dennyura@bol.com.br LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4808691086584861>.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-334-7

