

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)

# ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e  
tecnológicas e aspectos ambientais 2



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)

# ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e  
tecnológicas e aspectos ambientais 2



**Atena**  
Editora

Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Armando Dias Duarte

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 2 / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0384-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.845221108>

1. Engenharia civil. I. Duarte, Armando Dias (Organizador). II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “*Engenharia civil: Demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 2*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Os trabalhos desenvolvidos foram realizados em instituições de ensino, pesquisa e extensão localizadas no Brasil. Nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia nas áreas de: materiais da construção civil, análise de estruturas por meio de métodos numéricos, recursos hídricos e gestão. A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos (as), mestres (as) e todos (as) aqueles (as) que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os (as) novos (as) pesquisadores (as) e os (as) que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulguem seus resultados obtidos.

Armando Dias Duarte




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA EM BAIRRO DE ELEVADO FLUXO DE VEÍCULOS – ESTUDO DE CASO**


Eduardo Antonio Maia Lins  
Daniele de Castro Pessoa de Melo  
Diogo Henrique Fernandes da Paz  
Sérgio Carvalho de Paiva  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Fábio Correia de Oliveira  
Rosana Gondim de Oliveira  
Fabio Machado Cavalcanti  
Maria Clara Pestana Calsa  
Fernando Arthur Nogueira Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211081>

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA RODOVIA PERNAMBUCANA**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Adriana da Silva Baltar Maia Lins  
Daniele de Castro Pessoa de Melo  
Diogo Henrique Fernandes da Paz  
Sérgio Carvalho de Paiva  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Fábio Correia de Oliveira  
Rosana Gondim de Oliveira  
Fabio Machado Cavalcanti  
Maria Clara Pestana Calsa  
Fernando Arthur Nogueira Silva


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211082>

### **CAPÍTULO 3..... 24**

#### **ANÁLISE AMBIENTAL DOS IMPACTOS NEGATIVOS GERADOS POR CEMITÉRIO – ESTUDO DE CASO**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Adriana da Silva Baltar Maia Lins  
Daniele de Castro Pessoa de Melo  
Diogo Henrique Fernandes da Paz  
Sérgio Carvalho de Paiva  
Adriane Mendes Vieira Mota


Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Fábio Correia de Oliveira  
Rosana Gondim de Oliveira  
Andréa Cristina Baltar Barros  
Fabio Machado Cavalcanti  
Fernando Artur Nogueira Silva  
Maria Clara Pestana Calsa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211083>

**CAPÍTULO 4..... 36**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICO DO CONCRETO LEVE COM ARGILA EXPANDIDA E ADIÇÃO DA CINZA DO COCO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO**


João Paulo Monteiro Carvalho  
Simone de França Cardoso  
Wilson Linhares dos Santos  
Mércia Maria Pinheiro Gambarra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211084>

**CAPÍTULO 5..... 49**

**EFFECT OF BASALT POWDER AND METAKAOLIN FILLERS ON ASPHALT MASTIC BEHAVIOR**


Ana Luiza Rezende Rodrigues  
Rodrigo Pires Leandro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211085>

**CAPÍTULO 6..... 63**

**MASSA CERÂMICA À BASE DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA IMPRESSÃO 3D POR EXTRUSÃO**


Márcia Silva de Araújo  
Gabriel Elias Toledo Ferreira  
José Alberto Cerri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211086>

**CAPÍTULO 7..... 77**

**VALORIZATION OF SLATE WASTE TO PRODUCE MATERIALS CERAMICS AND COMPOSITES**

Luciana Boaventura Palhares  
Douglas Filipe Galvão  
Tayna E. B. Lucena  
Sthefany B. P. da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211087>

**CAPÍTULO 8..... 90**


**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE PAVERS**

## PRODUZIDOS COM O USO DE SÍLICA ATIVA

Martônio José Marques Francelino

Fred Rodrigues Barbosa

João Manoel de F. Mota


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211088>

### **CAPÍTULO 9..... 103**

#### **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSA PRODUZIDO COM AGLOMERANTE ÁLCALI-ATIVADO À BASE DE RCV E CINZAS**

Otacisio Gomes Teixeira

Mateus Ribeiro Caetano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211089>


### **CAPÍTULO 10..... 113**

#### **ASPECTO HISTÓRICO DO PROJETO DO RESERVATÓRIO DO RIO ARICANDUVA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO SOB O ASPECTO HIDROLÓGICO**

Ariston da Silva Melo Júnior

Claudia de Oliveira Lozada

João Jorge Pereira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110810>

### **CAPÍTULO 11..... 125**

#### **ANÁLISE ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÕES DAS ÁREAS RIBEIRINHAS PÓS DESASTRE: UM OLHAR PARA O BANCO DA VITÓRIA, ILHÉUS-BA**

Igor Ângelo Lobão de Souza

Joandre Neres de Jesus

Vanessa Neri de Souza

Kaique Ourives Silva

Ozana Almeida Lessa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110811>

### **CAPÍTULO 12..... 138**

#### **ESTUDO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DA PRAIA DO BAIRRO NOVO, OLINDA, PERNAMBUCO**

Eduardo Antonio Maia Lins

Daniele de Castro Pessoa de Melo

Diogo Henrique Fernandes da Paz

Sérgio Carvalho de Paiva

Adriane Mendes Vieira Mota

Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha

Luiz Oliveira da Costa Filho

Fábio José de Araújo Pedrosa

Fábio Correia de Oliveira


Rosana Gondim de Oliveira

Fabio Machado Cavalcanti

Maria Clara Pestana Calsa

Fernando Arthur Nogueira Silva

Hugo Vinicius Arruda de Sales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110812>

**CAPÍTULO 13..... 155**

**TAIPA DE PILÃO: UMA TÉCNICA CONSTRUTIVA COM TERRA**

Kauan de Jesus Oliveira

Júlio Coura Diniz

Erick Roberto Campos

Sayonara Espinoza Silva

Samuel Velasques Fernandes de Noronha

João Victor Rech Ruiz da Silva

Muriellen Cristina Cavalheiro da Frota Monteiro

Rafael Luis da Silva

Alex Gomes Pereira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110813>

**CAPÍTULO 14..... 165**

**ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS DE VIGAS EM CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DO SOFTWARE ANSYS**

Henrique Cardoso Koch

Bruna Manica Lazzari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110814>


**CAPÍTULO 15..... 214**

**ANÁLISE NUMÉRICA DE ATERRO TESTE SOBRE SOLO ARGILOSO MUITO MOLE REFORÇADO COM COLUNAS DE BRITA**

Pedro Gomes dos Santos Pereira

Bruno Teixeira Lima

Marcus Peigas Pacheco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110815>


**CAPÍTULO 16..... 225**

**ANÁLISE ESTRUTURAL ELÁSTICA LINEAR DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO POR DIFERENTES MODELOS DE CÁLCULO: UM ESTUDO DE CASO**

Ray Calazans dos Santos Silva

Luan Reginato


José Anchieta Damasceno Fernandes Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110816>

**CAPÍTULO 17..... 241**

**GERENCIAMENTO, CONTROLE E APLICAÇÃO DO MÉTODO - *LEAN CONSTRUCTION* NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Diego Ramos de Melo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110817>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 255**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 256**

## ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICO DO CONCRETO LEVE COM ARGILA EXPANDIDA E ADIÇÃO DA CINZA DO COCO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO

*Data de aceite: 01/08/2022*

*Data de submissão: 09/06/2022*

### **João Paulo Monteiro Carvalho**

Instituto Federal do Ceará  
Sobral-CE

<http://lattes.cnpq.br/8422617084980377>

### **Simone de França Cardoso**

Faculdade Luciano Feijão  
Sobral-CE

<http://lattes.cnpq.br/133254399653159>

### **Wilson Linhares dos Santos**

Estácio de Sergipe  
Aracaju-SE

<http://lattes.cnpq.br/5081094478451532>

### **Mércia Maria Pinheiro Gambarra**

Universidade Federal de Sergipe  
São cristovão-SE

<http://lattes.cnpq.br/1163924309071699>

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo utilizar cocos descartados no meio ambiente provenientes da atividade agrícola e da sua comercialização in natura e transformar em matéria-prima capaz de substituir percentuais dos agregados miúdos em concretos, a fim de avaliar seu desempenho. Os cocos foram colhidos no município de Barra dos coqueiros/ Sergipe, queimados, peneirados, para que sua granulometria fosse semelhante à da areia (2,36 – 0,74 mm). Em seguida, foram produzidos concretos leves com argila expandida, com

traço de 1:2,40:1,84:0,55 (cimento: areia: argila expandida: água) com percentuais de 0, 10, 20 % de substituição de cinza do coco ao agregado miúdo. Os blocos de concreto leve com argila expandida e cinza de coco em seus respectivos percentuais foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão e os resultados submetidos à análise estatística. O pó da cinza do coco calcinado a 700°C e 800°C foi caracterizado por Difração de Raios X (DRX) bem como a areia, a argila, a argila expandida, e a fibra coco in natura à fim de comparar com material já utilizado (areia), e verificar a possibilidade de utilização desses materiais na produção do concreto. Foram feitos procedimentos de extinção da matéria orgânica (calcinação) e verificação da granulometria com a cinza do coco para a fabricação dos corpos de prova. Os resultados mostraram que a cinza do coco é fonte promissora de sílica, elemento esse fundamental para a produção do concreto, podendo assim ser utilizada para a fabricação de concreto leve com argila expandida em substituição de percentual de agregado miúdo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coco, agregado miúdo, concreto.

### PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS OF LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH EXPANDED CLAY AND ADDITION OF COCONUT ASH TO REPLACE THE FINE AGGREGATE

**ABSTRACT:** The present work aims to use coconuts discarded in the environment from agricultural activity and their marketing in natura and transform into raw material capable of

replacing percentages of fine aggregates in concrete, in order to evaluate their performance. The coconuts were collected in the municipality of Barra dos Coqueiros/Sergipe, burned, sieved, so that their granulometry was similar to that of sand (2.36 – 0.74 mm). Then, lightweight concretes were produced with expanded clay, with a trace of 1:2,40:1,84:0,55 (cement: sand: expanded clay: water) with percentages of 0, 10, 20% of ash replacement from coconut to fine aggregate. The lightweight concrete blocks with expanded clay and coconut ash in their respective percentages were submitted to compressive strength tests and the results were submitted to statistical analysis. The coconut ash powder calcined at 700°C and 800°C was characterized by X-Ray Diffraction (XRD) as well as sand, clay, expanded clay, and in natura coconut fiber in order to compare with material already used (sand), and verify the possibility of using these materials in the production of concrete. Procedures were carried out to extinguish the organic matter (calcination) and check the granulometry with the coconut for the manufacture of the specimens. The results showed that coconut ash is a promising source of silica, which is a fundamental element for the production of concrete, and can thus be used for the manufacture of lightweight concrete with expanded clay to replace the percentage of fine aggregate.

**KEYWORDS:** Oyster shells, mortar, aggregate.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, tem-se observado um aumento expressivo em pesquisas voltadas para a utilização de resíduos industriais na construção civil e o seu reaproveitamento tem trazido benefícios econômicos e, principalmente, ambientais.

Um dos resíduos estudados é o do coco, que é gerado pelo seu processamento e produção de derivados, como óleos, leites, materiais de beleza, e pelo consumo de sua água industrializada ou consumida em praias e outras regiões, que são descartados no meio ambiente sem nenhum tratamento que minimize os impactos ambientais, como a produção de metano, oriundo de sua decomposição e poluição de terrenos, rios e lagoas através do chorume.

A utilização do coco in natura em praias, outros ambientes, ou na indústria que são descartados sem nenhum tratamento junto com outros resíduos, apresentam valores elevados, de acordo com o IBGE (2018), o consumo de água de coco no Brasil ultrapassou os 360 milhões de litros. Números expressivos de descarte de sua casca, porém os números são ainda maiores quando levado em consideração o mercado informal principalmente no Nordeste, que continua sendo o maior produtor, com 81,3% da área e 71,2% da produção nacional, Brainer e Ximenes (2020).

Ainda Segundo Brainer e Ximenes (2020), o Brasil é o quinto maior produtor mundial de coco, com a participação de 4,5% da produção total, estimada para 63,6 milhões de toneladas em 2020, elevando assim o potencial de utilização do coco para diversas atividades. Essa grande quantidade de coco sendo consumida gera muitos resíduos, pequena parte desse resíduo é reaproveitada para reciclagem, biomassa dentre outros,

porém, grande parte desse resíduo é descartada no meio ambiente e sem tratamento, gerando assim, problemas sem solução para o meio ambiente.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi produzido com o intuito de apresentar uma modelagem de corpos de prova de um concreto leve com argila expandida e cinza de coco em substituição do agregado miúdo, observar a sua resistência aos 7 e 28 dias de cura bem como caracterizar a sua matéria prima e observar a viabilidade de sua aplicação para produção do concreto beneficiando o meio ambiente.

### 2.1 Preparação da Cinza do Coco

Os cocos usados nesse trabalho foram coletados no município de Barra dos Coqueiros, no estado de Sergipe, Brasil, cuja latitude e longitude corresponde a **10°55'13.6"S 37°01'30.4"W** conforme a Figura 1, próximo ao Residencial Damha e à Av. José de Campos.

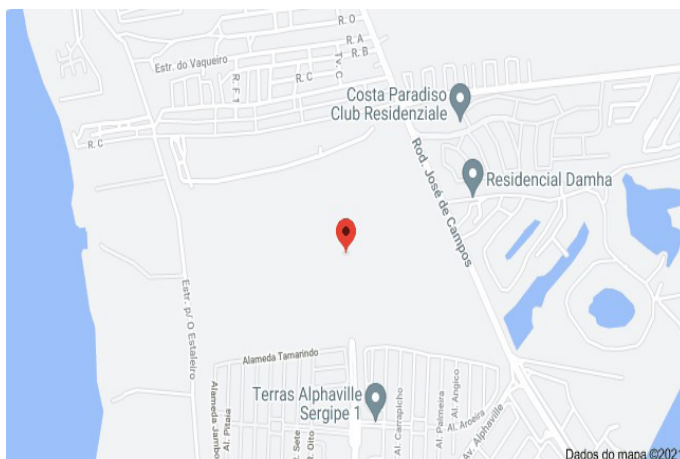


Figura 1 - Mapa, fazenda de coco.

Fonte: Google Maps (2020)

Após serem coletados, os cocos foram calcinados, as cinzas armazenadas para o peneiramento sobre uma mesa vibratória em peneiras com malha de 28, 8 e 16 para conseguir a granulometria desejada (2,36 – 0,74 mm), conforme a NBR 248(2003), em seguida, armazenadas para a produção dos corpos de prova.

### 2.2 Análise Química

O percentual de elementos constituintes na cinza do coco foi encontrado através da técnica de Espectroscopia de Fluorescência de Raios X por dispersão de comprimento de onda (WDXRF) através de medidas semiquantitativas. As medidas foram realizadas

em vácuo, em um equipamento da marca BRUKER, modelo S8 Tiger 4KW, no modo *Full Detection*, no Laboratório de Caracterização/DCEM/UFS. As amostras encontravam – se em forma de pó e devido a isso se fez necessário o uso de uma membrana polimérica para a leitura da técnica (Figura 2 – aparelho de difração por raio X).

### 2.3 Análise Estrutural

As caracterizações cristalográficas das amostras foram obtidas utilizando o difratômetro de raios X da marca Brucker D8 Advance. As amostras foram analisadas com comprimento de onda  $K = 1,54056 \text{ \AA}$ , no Laboratório de Caracterização Estrutural do NUPEG/UFS. As condições estabelecidas para obtenção dos difratogramas foram: radiação  $\text{CuK}_\alpha$  obtida em 30 kV (com corrente de filamento em 15 mA), intervalo de medição de  $20^\circ < 2\theta < 80^\circ$ , varredura com passo angular  $0,02^\circ$ , e tempo de contagem por passo de  $5^\circ/\text{min}$  (Figura 2 – aparelho de difração por raio X).

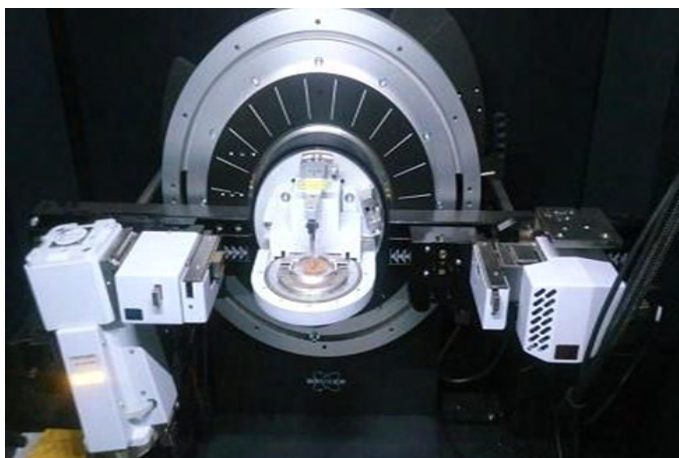


Figura 2 – DRX (DIFRAÇÃO POR RAIOS X)

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

### 2.4 Fabricação dos Corpos de Prova

Foram produzidos 18 corpos de prova cilíndricos em três composições diferentes, três para o ensaio de resistência à compressão de 7 e 28 dias, com teor de cinza zero, três para o ensaio de resistência à compressão de 7 e 28 dias com o teor de 10% da cinza e três para ensaio de compressão de 7 e 28 dias com o teor de cinza de 20%, os corpos de prova foram produzidos mantendo o traço de 1:2,4:1,8:0,55 onde a areia foi aos poucos substituída pela cinza do coco. Para a produção foi utilizado cimento Portland CP II F-32, água, areia lavada, argila expandida com a referência de granulometria de 15069 (indicada para concreto estrutural) e cinza de coco.



A mistura dos constituintes feita em betoneira, foram dispostas em moldes, com uma fina camada de óleo lubrificante para facilitar a desmoldagem, seguindo a NBR 5738 (2015), permanecendo por 24 horas nestes, a fim de atingirem cura suficiente para a desmoldagem. Em seguida, os corpos de prova foram postos em recipientes cheios de água para a cura úmida, permanecendo submersos por 7 e 28 dias.

## 2.5 Resistência à Compressão

A resistência mecânica dos corpos de prova produzidos foi realizada após um período de 7 e 28 dias. Os corpos de prova foram submetidos a carga vertical até o seu rompimento, no Laboratório de Ensaio Mecânicos da empresa POLIMIX, com a prensa seguindo a norma ASTM C 109 e NBR 5739(2007) conforme a Figura 3.



Figura 3 - Ensaio de compressão dos blocos de argamassas

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

## 3 | RESULTADOS E DISCURSÕES

### 3.1 Análise Química por Difração de Raios X

#### *Difração de matéria prima e Análise Química*

Para a difração e análise de matéria prima (Figura 2 – aparelho de difração por raio X) nomeamos as amostras em:

AR – Argila

AE- Argila expandida

Ar- Areia

F700- fibra calcinada a 700 graus

F800- fibra calcinada a 800graus

IN- fibra in natura

A técnica de difratometria de raios X (DRX) foi utilizada para a determinação das fases cristalinas das cinco amostras, denominadas por AR, AE, Ar, F700, F800 e fibra de coco seco IN. O equipamento utilizou a radiação  $K_{\alpha 1}$  do cobre (Cu) com comprimento de onda ( $\lambda$ ) igual a 1,5418 Å, em modo de varredura contínua com incremento de 0,02° no intervalo de 5 a 60°.

As amostras com diâmetro de 2  $\mu\text{m}$  foram inicialmente colocadas em um suporte de acrílico próprio para a difração, e em seguida colocada dentro da máquina (Figura 9). Para esse tipo de análise, a máquina foi calibrada para a potência máxima de 40x40 seguindo o procedimento padrão em modo de varredura contínua com incremento de 0,02° no intervalo de 5 a 60°.

Os padrões de difração das matérias-primas e a porcentagem de cada fase cristalina presente nas amostras foi estimada a partir da intensidade relativa de seus picos principais através do programa de análise Match! versão Demo, de acordo com o banco de dados da ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*), sendo os valores apresentados na Tabela 1.

Minerais (%)	Argila	Argila expandida	Areia
Quartzo	59,2	84,1	93,1
Caulinita	5,8		
Muscovita	12,1		
Feldspato	6,8		5,7
Hematita	6,1		
Calcita	3,2	5,1	
Silicato de magnésio/óxido de alumínio e magnésio		9,2	

Tabela 1 - Quantificação em Porcentagem dos elementos caracterizados

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

### *Para a Argila (AR)*

A Argila é o nome dado a um sedimento formado por partículas de dimensões abaixo de 4 micrômetros de diâmetro (SANTOS,2016). Em particular, essa amostra de argila é constituída, predominantemente, por quartzo, caulinita, muscovita, feldspato, calcita e hematita, comuns em grande parte da crosta terrestre, sendo predominante a presença de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), com percentuais de 59,2% como observado no difratograma abaixo, outras substâncias encontradas na amostra como a caulinita (5,8%), muscovita (12,1%), feldspato (6,8%), calcita (3,2%) e hematita (6,1%) possuem percentuais bem abaixo do encontrado para o quartzo (Figura 4 - Gráfico de difração por raio x da argila). Na amostra

temos um percentual relevante de sílica, quando comparado com a areia.

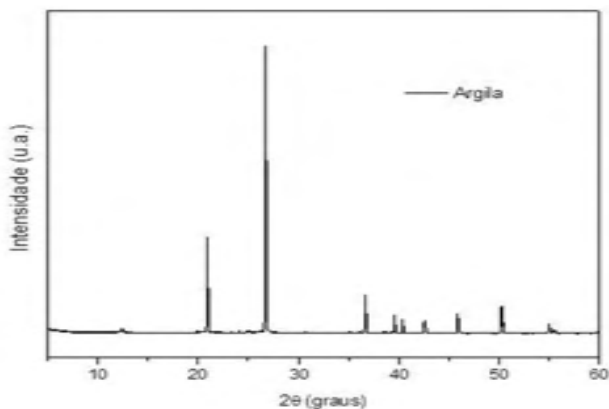


Figura 4- Padrão de Difração da Argila

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

#### *Para a Argila Expandida (AE)*

A argila expandida apresentou em sua composição majoritariamente quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) com percentual de 84,1%, uma pequena quantidade de silicato de magnésio ( $\text{Mg}(\text{SiO}_4)$ ) em um percentual de 5,1%, e óxido de alumínio e magnésio ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) com percentual de 9,2%. Observa-se ainda nesse difratograma, uma elevação da linha de base entre, aproximadamente, 15 e 36° indicando a presença de fases amorfas na referida argila, (Figura 5 - Gráfico de difração por raio x da argila expandida). Essa amostra tem percentual de  $\text{SiO}_2$ (sílica) muito próximo do percentual de sílica da areia.

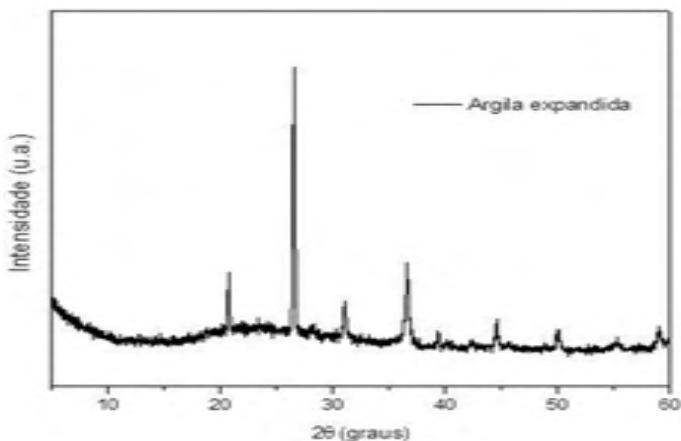


Figura 5- Padrão de Difração da Argila expandida

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

### *Para a Areia (Ar)*

A areia é composta por uma grande quantidade de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) com percentual de 93,7%, e uma pequena quantidade de feldspato ((K, Na Ca) (Si, Al) $_4$  O $_8$ ), como já previsto por se tratar o quartzo do mineral mais abundante da crosta terrestre e o feldspato de constituintes de rochas que formam cerca de 60% da crosta terrestre. Como observado nesse difratograma, (Figura 6 - Gráfico de difração por raio x da areia). A porcentagem de  $\text{SiO}_2$  (Sílica) contida nessa amostra, será parâmetro para a porcentagem das cinzas de coco.

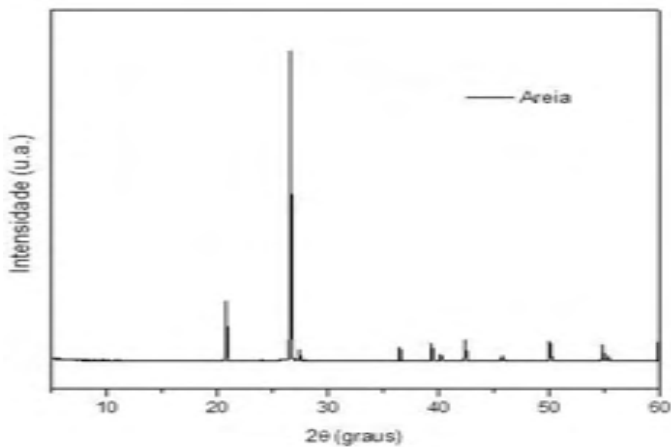


Figura 6- Padrão de Difração da Areia

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

### *Para a Fibra de coco calcinada a 800°(F800)*

Na Fibra de coco calcinada a 800 °C, há uma grande quantidade de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) com percentual acima de 55% os níveis de cálcio, magnésio, potássio e enxofre são encontrados, mas em pequenas quantidades com percentuais bem menores que o da sílica na amostra, como observado no difratograma abaixo apresentando na Figura 7 (Gráfico de difração por raio x da cinza do coco calcinada a 800°C) ainda fases amorfas na referida amostra. Essa amostra tem valores relevantes de  $\text{SiO}_2$  quando comparados com o percentual da areia.

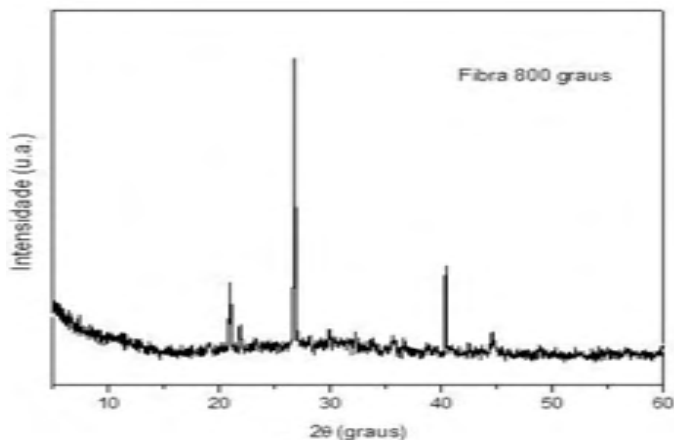


Figura 7 - Padrão de Difração da F800.

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

*Para a Fibra de coco calcinada a 700°(F700)*

Na fibra calcinada a 700 °C, observa-se em maior quantidade a sílica (SiO<sub>2</sub>) com percentuais de 55% e o cálcio (Ca) com percentuais de 23%, típicos dessas substâncias.

Apresentando ainda de acordo com o seu difratograma, mostrado na Figura 8 (Gráfico de difração por raio x da cinza do coco calcinada a 700° c), fases amorfas nessa amostra. Essa amostra apresenta assim como a amostra de 800° percentual relevante de SiO<sub>2</sub>, quando comparado com o percentual da areia.

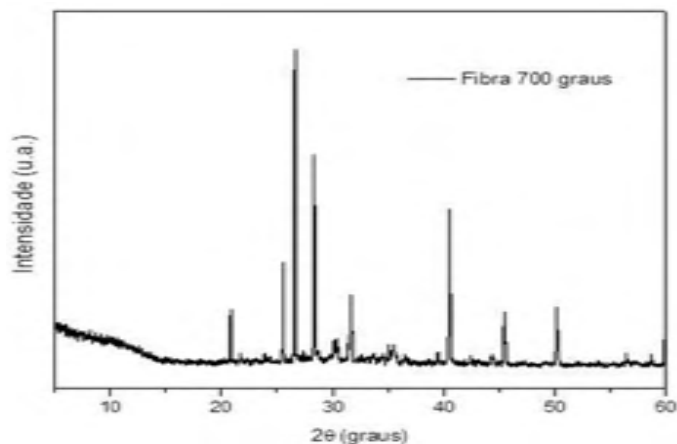


Figura 8 - Padrão de Difração da F700

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

### Para a Fibra de coco In Natura (IN)

Na fibra calcinada não calcinada, observa-se em menor quantidade a sílica ( $\text{SiO}_2$ ) com percentuais inferiores a 55% e o cálcio (Ca) com percentuais maiores a 23%. Apresenta ainda de acordo com o seu difratograma (Figura 9 - Gráfico de difração por raio x da fibra de coco in natura), fases amorfas, como já era previsto nessa amostra por se tratar de uma substância com sílica que tem sua formação em condições normais. Essa amostra não apresenta porcentagem de  $\text{SiO}_2$ (sílica) relevante para a sua utilização em substituição do agregado miúdo.

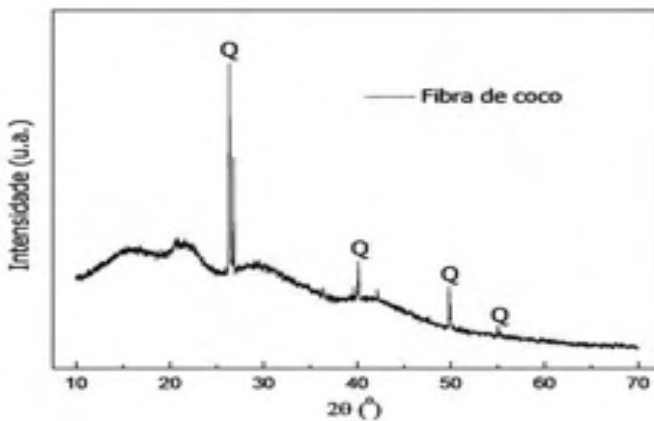


Figura 9 - Padrão de Difração da IN

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

A fibra de coco natural IN apresentou uma quantidade de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) com percentuais abaixo de 55% de acordo com o difratograma. Para a produção do concreto estrutural não seria o mais aconselhável entre as três amostras analisadas (IN, F700, F800), por apresentar percentual relativo de  $\text{SiO}_2$ , visto que em comparação a outros agregados a porcentagem de sílica fica bem abaixo do esperado. Porém sua aplicação pode ser explorada na produção de concretos não estruturais. A fibra de coco F700 apresentou percentual de  $\text{SiO}_2$  de 55%, o que é fundamental para a produção do concreto. A sílica é um componente importante na produção do concreto, pois reage com a pasta de cimento para formar silicato de cálcio hidratado (CSH), oferecendo maior resistência, reduzindo o vazamento de água e aumentando o vínculo entre a pasta de cimento e os demais agregados, além de que graças ao seu efeito pozolânico (reação com  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), este elemento contribui para a melhoria da força e da rigidez do concreto, podendo ser aproveitada na redução do teor de cimento da mistura, restringindo o total de calor de hidratação, podendo melhorar o desempenho do concreto em termos de resistência

química (BAUER, 2019), podendo assim ser a F700 utilizada na composição do concreto estrutural em substituição parcial ao agregado miúdo, ou como aditivo do agregado miúdo, por apresentar parâmetros significativos da presença da sílica SiO<sub>2</sub>. A fibra de coco F800 apresentou percentual de sílica maior que 55% com valores aproximados aos das amostras já utilizadas e aqui analisadas, (Ar,AE,AR) sendo viável o seu emprego na produção do concreto estrutural como aditivo ou em substituição a agregados miúdos. O estudo das propriedades da fibra de coco para a utilização na produção de concreto evidencia que em relação a presença de sílica, há parâmetros significativos para a sua utilização desde a fibra IN que pode ser empregada para a produção de concretos para pavimento ou guias de ruas até a fibra calcinada a 700° e 800° que podem ter a mesma empregabilidade da fibra IN ou podem ser empregadas na produção de concreto estrutural.

### 3.2 Resistência à compressão

Foi utilizado para o processo de produção do concreto o método de dosagem adotando para isso o cálculo do traço da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) para uma resistência normal do cimento aos 28 dias de 20 Mpa (fck mínimo para concreto estrutural). O traço calculado foi o de 1:2,40:1,84:0,55 (cimento:areia:argila expandida:água).

A resistência à compressão foi testada no laboratório de ensaios mecânicos da POLIMIX (Aracaju –SE) para os corpos de prova C0, C10 e C20 respectivos à sua porcentagem de cinza substituída no concreto.

Todas as amostras foram realizadas em triplicatas. Os resultados obtidos através do ensaio mecânico, foram apresentados como média e desvio padrão, aplicados a uma análise estatística com intervalo de confiança de 95% determinados em planilhas eletrônicas produzidas no Excel 2013. Como mostra a tabela 2.

Tipo de Concreto	Cimento (kg)	Areia (kg)	Coco (kg)	Argila expandida (kg)	Água (ml)	Cura molhada após 7 dias (fck) Kgf/cm <sup>2</sup>	Cura molhada após 28 dias (fck) Kgf/cm <sup>2</sup>
0% cinzas	1	2,4	0	1,84	0,55	37,48 ± 2,7	43,39 ± 0,9
10% cinzas	1	2,16	0,24	1,84	0,55	24,26 ± 0,9	26,94 ± 2,2
20% cinzas	1	1,92	0,48	1,84	0,55	27,64 ± 0,8	33,67 ± 0,5

Tabela 2 - Quantidades de matéria/resultados(fck)

Fonte: Autor da pesquisa (2020)

## 4 | CONCLUSÃO

Com isso, conclui-se que a cinza do coco em substituição ao agregado miúdo no concreto leve com argila expandida pode ser usada para a produção de um novo concreto mais econômico, visto que a argila expandida pode ser produzida no Brasil, e o coco de fácil acesso e a sua queima pode ser utilizada para a produção de cimento, produção de energia elétrica, dentre outras alternativas, e mais ecológico quando se retira do ambiente toneladas de cascas.

A caracterização e análise da matéria prima, dá um parâmetro de que é possível utilizar a cinza do coco para a produção do concreto, quando observado que a cinza do coco apresenta um teor de sílica bastante elevado, quando comparado à quantidade de sílica presente na areia, também caracterizada nesse trabalho. Já a caracterização da argila expandida confirma a sua eficácia, visto que, já é um produto que vem sendo bastante utilizado na indústria da construção civil.

A resistência à compressão mostra que a resistência dos corpos de provas está acima do mínimo para ser considerado concreto estrutural segundo a ABCP aos 7 e principalmente aos 28 dias de cura molhada, quando foi observado um elevado fck do concreto produzido.

A análise estatística dos dados das amostras que foram submetidas ao ensaio de compressão dos corpos de prova mostra um intervalo de valores com 95% de confiança, resistência compatível com o estabelecido pela norma para ser considerado concreto estrutural.

Desse modo, conclui-se que há um promissor material para ser utilizado na construção civil, a resistência verificada está acima da resistência indicada nas normas técnicas, conotando que o material estudado pode ser utilizado na indústria da construção civil.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 5738/2015** – Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 5739/2007**– Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 248/2003** - Agregados - Determinação da composição granulométrica.

Associação Brasileira de Cimento Portland, "**Guia Básico de Utilização Cimento Portland**," 2012.

American Society for Testing and Materials "Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (C 109)," *ASTM Int.*, pp. 29–31, 2009.



BAUER, L. A. **“Materiais de Construção”**, 6ª edição -Rio de Janeiro, 2019. LTC;

BRAINER M. S. DE C. P., XIMENES L. F. **“PRODUÇÃO DE COCO – SOERGUIMENTO DAS ÁREAS TRADICIONAIS DO NORDESTE”**, Caderno setorial ETENE-BNB. Agosto 2020.

IBGE. **Tabela 6705 - Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais, segundo as classes de atividades e os produtos** - Prodlist Indústria 2018. Pesquisa Industrial Anual - Produto. Brasília: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6705>>. Acesso em: 22 07. 2021.

SANTOS, do P. C. **ESTUDO DE VARIÁVEIS DE PROCESSO E DA CINÉTICA DE SINTERIZAÇÃO DE MATERIAIS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS**, Tese de doutorado UFS-São Cristóvão, Sergipe,2016

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidez 1, 2, 5, 6, 7, 8, 33

Agregado miúdo 36, 45, 46, 47, 97, 105, 107, 112

Álcali-ativado 103, 109, 110, 111

Análise por elementos finitos 165, 186

ANSYS 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 180, 184, 185, 186

Argamassa 65, 88, 94, 97, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112

Asphalt mastic 49, 50, 51, 55, 61, 62

Asphalt mixture 49, 50, 51, 52, 53, 60

### B

Benefícios 10, 11, 37, 93, 94, 163, 248

Binder 49, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 76, 103, 104, 112

### C

Cerâmica vermelha 65, 75, 103, 104, 105, 111, 112

Characterization 53, 54, 76, 77, 79, 81, 83, 85, 89

Civil construction 2, 77, 79, 80, 86, 87, 103, 104, 155, 156, 241

Coco 36, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Concreto 28, 36, 38, 39, 45, 46, 47, 65, 76, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 98, 101, 102, 104, 113, 121, 126, 131, 137, 159, 162, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 190, 195, 207, 208, 210, 211, 213, 216, 218, 220, 221, 223, 225, 232, 233, 234, 239, 240

Construção civil 1, 7, 8, 37, 47, 63, 65, 75, 89, 103, 104, 105, 111, 137, 155, 163, 165, 241, 242, 243, 245, 249, 251, 252, 253, 254

Contaminação 2, 6, 10, 24, 25, 26, 32, 34, 152

### D

Danos 10, 13, 15, 18, 24, 125, 130, 134, 136, 137

Densidade 17, 115, 117, 121, 128, 138, 139, 140, 152

### E

Enchente 125, 127, 128, 129, 131, 133, 134, 135

Estrada 10, 21, 135

## **F**

Filler 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 84, 93, 95

## **G**

Gerenciamento de riscos 125

## **H**

Hidráulica 113, 124

Hidrologia 23, 113

## **I**

Impactos 1, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 37, 104, 125, 127, 130, 135, 138, 140

Impressão 3D 63, 65, 66, 68, 74

Inundação 113, 130, 135

## **J**

Jazigos 25, 27, 28, 29

## **L**

Litoral 6, 138, 153

## **M**

Manufatura aditiva 63

Massa cerâmica 63, 73

Matriz 10, 11, 12, 13, 22, 24, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 65, 97, 159

Meio ambiente 2, 11, 14, 19, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 103, 137, 139, 152, 153, 163

## **N**

New materials 77

## **P**

Patologia da construção 125

Pavimento intertravado 90, 91, 92, 96, 102

Piscinão 113

Polição 2, 6, 14, 22, 24, 25, 26, 28, 32, 34, 37, 145

População 10, 13, 14, 15, 17, 21, 25, 26, 33, 35, 118, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 152, 153

Precipitação 1, 2, 3, 4, 116, 129

Pressão 24, 27, 32, 68, 138, 152, 234

Processing 77, 78, 79, 80, 88, 89

## **R**

RCC 63, 65

Resíduo de construção civil 63

Resistência à compressão 36, 39, 46, 47, 63, 65, 69, 70, 71, 90, 92, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 161

Riscos 15, 17, 24, 25, 30, 32, 33, 125, 127, 128, 136

## **S**

Saúde 5, 8, 17, 24, 25, 26, 29, 30, 34

Sílica ativa 90, 93, 95, 96, 97, 99, 101

Slate waste 77, 80, 82, 83, 84, 87, 89

Soluções construtivas 63, 155

Sustentabilidade 102, 103, 137, 152, 163, 255

## **T**

Taipa de pilão 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164

## **V**

Variáveis 10, 12, 48, 165, 166, 169, 172, 174


Vigas em concreto armado 165, 168, 174


# ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e  
tecnológicas e aspectos ambientais 2

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

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

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



  
Atena  
Editora


Ano 2022


# ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e  
tecnológicas e aspectos ambientais 2

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

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

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



  
Atena  
Editora

Ano 2022