

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
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

CAPÍTULO 1

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

Data de aceite: 01/08/2022

Eduardo Antonio Maia Lins

Universidade Católica de Pernambuco –
UNICAP / Instituto Federal de Pernambuco –
IFPE – Campus Recife

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

RESUMO: A composição química de um evento de chuva é resultado do conjunto de diversos fatores, pois os processos atmosféricos são dinâmicos e complexos. Assim, a precipitação ácida pode ocorrer como deposição seca ou úmida, não sendo o fenômeno limitado pela presença de chuva. No Brasil, o fenômeno da chuva ácida ocorre sobre as maiores

metrópoles do país, porém, com o aumento do parque industrial brasileiro e da frota de veículos (fontes antropogênicas dos óxidos de nitrogênio e de enxofre), o fenômeno ocorre em todas as regiões que recebem ventos de áreas industriais e de grandes metrópoles nacionais. O presente trabalho visou contribuir com os órgãos ambientais através das análises sobre a chuva ácida, com seus possíveis impactos, tendo como estudo de caso, a incidência no bairro da Boa Vista, localizado na cidade do Recife-PE. Foram usados para coletar a água da chuva, recipientes esterilizados antes de cada coleta. Os recipientes foram colocados em pontos estratégicos da Universidade Católica de Pernambuco ou próximo de telhados com calhas para que a qualidade da água coletada não fosse influenciada com a introdução de particulados como folhas e pedras de pequeno porte. A coleta foi realizada somente no início da precipitação, não ficando exposta à deposição seca. Os resultados apontaram que o pH das amostras coletadas se encontra, em média, acima de 7, contudo essa média dos fatores de neutralidade não está diretamente associado a ocorrência da acidez nas chuvas, uma vez que das amostras analisadas, 30,18% delas resultaram no pH levemente ácido, abaixo de 7. Foram também constatados concentrações de cálcio, sódio e potássio nas águas precipitadas com concentrações média de 11,29 mg/L de Ca^{+2} , 3,05 mg/L de Na^+ e 0,19 mg/L de K^+ , respectivamente. Notou-se uma alteração significativa entre a água da chuva ideal e a observada na prática, onde essa diferença possivelmente está relacionada a construção civil e alto fluxo de veículos presentes

na cidade de Recife mais especificamente no bairro da Boa Vista.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação, Contaminação, Poluição, Acidez.

ABSTRACT: The chemical composition of a rainfall event is the result of a set of several factors, as atmospheric processes are dynamic and complex. Thus, acid precipitation can occur as dry or wet deposition, and the phenomenon is not limited by the presence of rain. In Brazil, the phenomenon of acid rain occurs over the largest metropolises in the country, however, with the increase in the Brazilian industrial park and in the vehicle fleet (anthropogenic sources of nitrogen and sulfur oxides), the phenomenon occurs in all regions that receive winds from industrial areas and large national metropolises. The present work aimed to contribute to environmental agencies through the analysis of acid rain, with its possible impacts, having as a case study, the incidence in the neighborhood of Boa Vista, located in the city of Recife-PE. Sterilized containers were used to collect rainwater before each collection. The containers were placed at strategic points at the Universidade Católica de Pernambuco or near roofs with gutters so that the quality of the water collected was not influenced by the introduction of particulates such as leaves and small stones. The collection was carried out only at the beginning of the precipitation, not being exposed to dry deposition. The results showed that the pH of the collected samples is, on average, above 7, however this average of the neutrality factors is not directly associated with the occurrence of acidity in the rains, since of the analyzed samples, 30.18% of them resulted at slightly acidic pH, below 7. Calcium, sodium and potassium concentrations were also observed in the precipitated water with average concentrations of 11.29 mg/L of Ca²⁺, 3.05 mg/L of Na⁺ and 0.19 mg /L of K⁺, respectively. There was a significant change between the ideal rainwater and that observed in practice, where this difference is possibly related to civil construction and the high flow of vehicles present in the city of Recife, more specifically in the neighborhood of Boa Vista.

KEYWORDS: Precipitation, Contamination, Pollution, Acidity.

INTRODUÇÃO

A chuva ácida, no sentido mais amplo, pode ser traduzida como uma devolução da poluição que o homem cria sobre a superfície terrestre. Em longo prazo, seus efeitos constituem um importante indicador das condições de degradação do meio ambiente, estando, portanto, ligada à qualidade do ar sobre as áreas fortemente urbanizadas. Esta chuva dita ácida, também pode ser neve ou neblina, traz consigo tudo o que é nocivo, os agentes químicos, resíduos industriais, que tanto prejudica o ar atmosférico quanto os seres vivos e infraestruturas (NERY et al., 2013). Dessa forma, o impacto para a fauna ou a flora que a acidez da chuva traz na poluição de lagos e rios, nos climas quentes e nos frios, acarreta em destruição de alguns habitats dos animais (LETRIA et al., 2011).

A composição química de um evento de chuva é resultado do conjunto de diversos fatores, pois os processos atmosféricos são dinâmicos e complexos. Assim, a precipitação ácida pode ocorrer como deposição seca ou úmida, não sendo o fenômeno limitado pela presença de chuva. As fontes de poluentes podem ser tanto naturais quanto devidas à ação

humana que podem ser classificadas como estacionárias e móveis (SOUZA et al., 2016).

Como o pH das chuvas ácidas é menor que 5,6, inferior ao das chuvas convencionais, além da queda do pH dos locais em que se depositam, os locais onde se precipitam sofrem as consequências da ação acidificante da água que provoca corrosões em superfícies metálicas, dissolução de rochas calcárias, problemas respiratórios e alérgicos para os que vivem sob os efeitos de partículas ainda em suspensão na atmosfera (ZAMBONI et al., 2012).

No Brasil, o fenômeno da chuva ácida ocorre sobre as maiores metrópoles do país, porém, com o aumento do parque industrial brasileiro e da frota de veículos (fontes antropogênicas dos óxidos de nitrogênio e de enxofre), o fenômeno ocorre em todas as regiões que recebem ventos de áreas industriais e de grandes metrópoles nacionais. Porém os estudos brasileiros são praticamente pontuais conforme estudos de Souza et al., (2006), e, Santos e Gastmans, (2016). Estes autores detectaram a presença de chuva ácida, respectivamente, nos municípios de Ilha Grande e Rio Claro (SP), relacionando a alteração do pH e da condutividade ao crescente nível industrial e a emissão veicular. Assim, pensando-se nesses centros urbanos com grandes fontes de poluentes atmosféricos, que podem ser transportados para regiões distantes, seguido de remoção por precipitação atmosférica, não existem dados envolvendo os possíveis efeitos na Região Metropolitana do Recife.

O presente trabalho visou contribuir com os órgãos ambientais através das análises sobre a chuva ácida, com seus possíveis impactos, tendo como estudo de caso, a incidência no bairro da Boa Vista, localizado na cidade do Recife-PE.

METODOLOGIA

Região de Estudo

Para fins deste estudo, o bairro da Boa Vista, localizado na cidade do Recife, foi escolhido por sugerir características básicas de locais que podem ser responsáveis por uma chuva ácida, como o alto fluxo de veículos. A Boa Vista, onde moram cerca de 15 mil pessoas e transitam mais de 400 mil veículos, pode ser chamada de trajeto inevitável para quem circula pelo Recife.

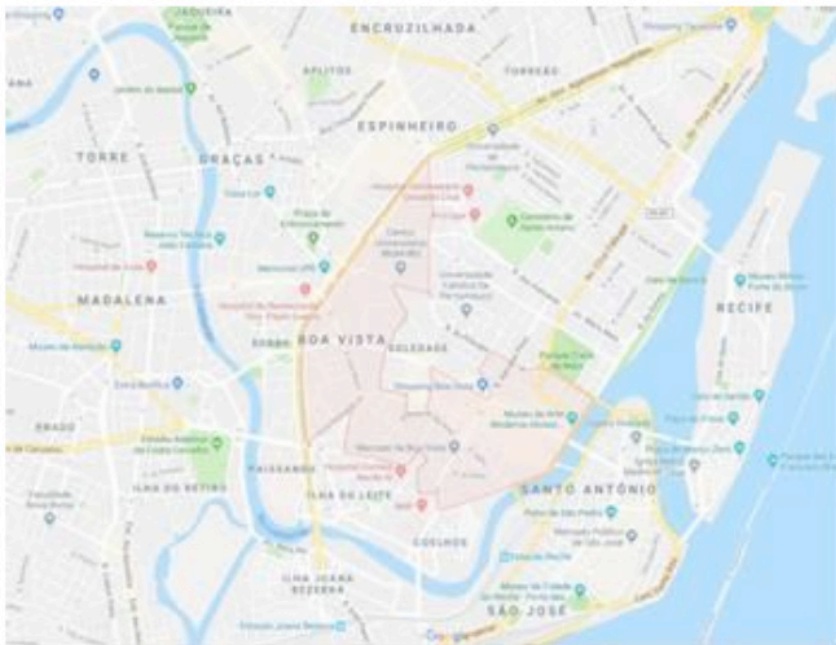


Figura 1- Localização do bairro da Boa vista, Recife-PE

Fonte: Googlemaps (2022).

Materiais e Métodos

a) Escolha dos Pontos de Coleta

Utilizou-se um método de observação da área do bairro da Boa Vista a fim de escolher o melhor posicionamento para os pontos de coleta da água da chuva. Essa observação consistiu numa análise envolvendo a massa de veículos, pessoas que circulam a área e o tipo de edificação, que possam ser afetadas pelos efeitos dos fenômenos a serem estudados.

b) Amostragem da Água da Chuva

Foram usados para coletar a água da chuva, recipientes esterilizados antes de cada coleta. Os recipientes foram colocados em pontos estratégicos da Universidade Católica de Pernambuco, sendo a superfície do local totalmente aberta, não tendo qualquer tipo de vegetação como árvores, ou próximo de telhados com calhas para que a qualidade da água coletada não fosse influenciada com a introdução de particulados como folhas e pedras de pequeno porte. A coleta foi realizada somente no início da precipitação, não ficando exposta à deposição seca.

c) Análise Físico-Química da Água

As análises realizadas foram caracterizadas de acordo com a Associação Americana de Saúde Pública - APHA, AWWA, WEF, 2012. Metodologia padrão para exame de água e águas residuais. Foram analisados os seguintes parâmetros para analisar as coletas das águas da chuva: pH, dureza total, sulfato, condutividade elétrica, turbidez, sódio, potássio, cálcio, magnésio e cloreto. Realizaram-se 53 coletas da água da chuva e análises físico-químicas em diferentes dias dos meses de setembro 2017 a maio 2018, análises feitas em triplicata totalizando 1590 determinações, no bairro da Boa Vista, baseado no Standard Methods, metodologia altamente assegurada pela IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como se pode constatar na análise da Figura 2, para o intervalo de Setembro de 2017 a Junho de 2018, os resultados apontaram que o pH das amostras coletadas se encontra, em média, acima de 7, contudo essa média dos fatores de neutralidade não está diretamente associado a ocorrência da acidez nas chuvas, uma vez que das amostras analisadas, 30,18% delas resultaram no pH levemente ácido, abaixo de 7.

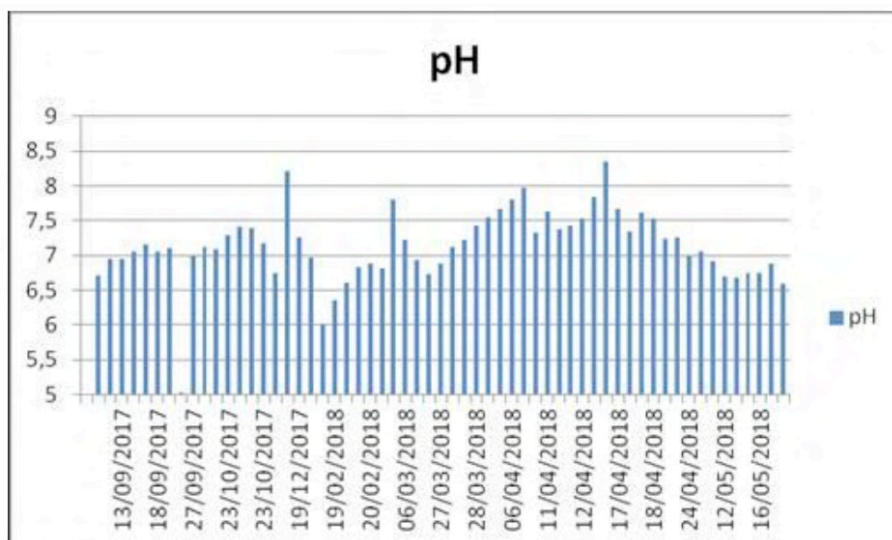


Figura 2 - Histograma dos valores de pH para as amostras de águas de chuva coletadas na região da Boa Vista, Recife-PE, entre setembro/2017 a junho/2018.

Para o intervalo do dia 18/09-27/09, o pH atingiu valores próximos a 5 (ácido), denotando interferência de poluentes na sua característica original. Pode-se sugerir que a velocidade com a qual os ventos percorrem a região ora analisada pode estar com alto

percentual de gases emitidos por veículos automotores resultando na acidez da chuva. A água da chuva nesse período está levemente ácida, mesmo contendo cerca 62,71% das amostras alcalinas. Sugere-se que essa acidez encontrada nas amostras coletas de chuvas no bairro da Boa Vista pode vir a trazer um efeito negativo para as edificações e ao ambiente.

De acordo com a Tabela 1, verificou-se que a condutividade elétrica da água de chuva está um pouco elevada, isso pode ser justificado pelos compostos iônicos e catódicos dissolvidos que interferiram na alta concentração elétrica das amostras, de tal forma que, as partículas advindas do litoral apresentam concentrações de cloretos e sódio, também o cálcio e magnésio foram facilmente notados na água da chuva. A alta presença de magnésio (em até 26,05 mg/L e média de 3,09 mg/L) pode ser um indicativo de processos antropogênicos. Notou-se que a água da chuva nesse período não possuiu as características de uma água destilada, apresentando a média das condutividades analisadas de 67,02 μS e alcançando um patamar máximo de até 281,20 μS , concentrações bem acima das obtidas por Santos e Gastmans, (2016) nas águas de chuva de Rio Claro/SP.

	Cond.EI (μS)	DT (mg/L)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Turbidez (UT)
Mínimo	7,10	2,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Médio	67,02	22,05	11,29	3,09	13,08	0,18	3,05	0,19	1,27
Máximo	281,20	86,00	146,30	26,05	185,00	4,25	27,06	3,05	35,00

Tabela 1 - Resultados das análises da água da chuva no intervalo de Setembro 2017 à Junho de 2018.

Fonte: Autores 2018.

Observou-se que as concentrações dos poluentes primários da chuva ácida os quais foram analisados, sendo a formação do enxofre (nesse caso em forma de sulfato) com concentrações máxima de 4,25 mg/L de SO_4^{-2} , indicando a possível contaminação atmosférica e causando mudanças nas características físico e químicas das chuvas. Portanto, a presença de quantidades relativamente mais altas de íons sulfato em águas de chuva nos centros urbanos é indicativo da influência das emissões veiculares que podem ser justificados pelo aumento da frota veicular que é o principal causador de problemas de poluição atmosférica em grandes centros urbanos, pois tantos veículos a gasolina quanto a álcool são emissores de SO_2 , importante precursor dos constituintes da chuva ácida.

A Turbidez encontrou-se em sua normalidade na maioria das amostras, porém aquelas que apresentaram uma margem acima de zero pode ser justificada pela aproximação dos materiais particulados característicos de regiões com grande fluxo de veículos.

Foram também constatados na Figura 3, concentrações de cálcio, sódio e potássio nas águas precipitadas com concentrações média de 11,29 mg/L de Ca^{+2} , 3,05 mg/L de Na^+ e 0,19 mg/L de K^+ , respectivamente. Santos e Gastmans (2016) obtiveram valores menores de SO_4^{-2} ($0,80 \pm 0,38 \text{ mg L}^{-1}$), Ca^{+2} ($0,68 \pm 0,43 \text{ mg L}^{-1}$), Na^+ ($0,13 \pm 0,13 \text{ mg L}^{-1}$), K^+ ($0,42 \pm 0,67 \text{ mg L}^{-1}$) na água da chuva. OLIVEIRA (2015) e DOURADO (2016) também mostraram em seus trabalhos sobre o material particulado na região do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes, a importante participação desses cátions na concentração do MP_{10} , sendo associados a emissões naturais e a atividade de cerâmica.

Na Figura 3 é apresentado um histograma que descreve os valores mínimo, médio e máximo dos resultados encontrados nas caracterizações de alguns metais presentes nas águas das chuvas no período de Setembro 2017 a Junho 2018.

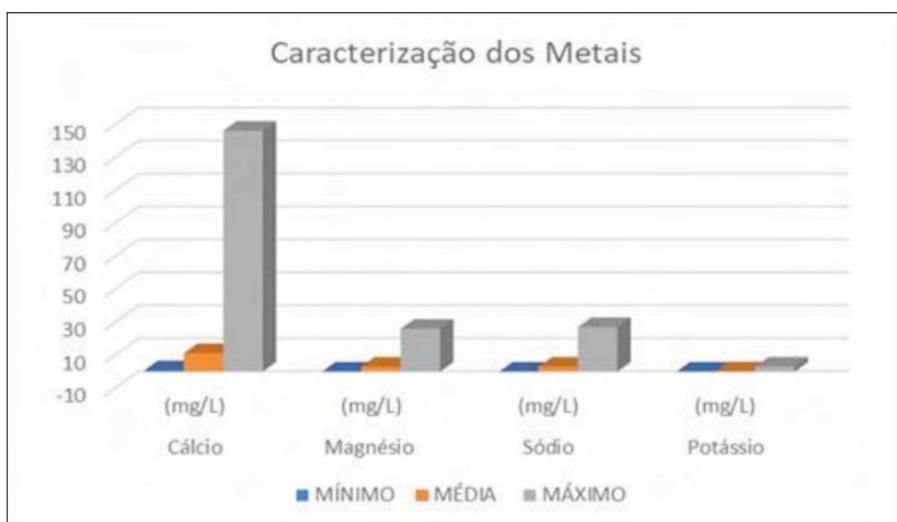


Figura 3 - Histograma dos valores mínimo, máximo e média das amostras de águas de chuva coletadas na região da Boa vista, Recife-PE, entre setembro/2017 à Junho/2018.

Observou-se também que dentre os metais analisados há uma maior predominância do íon cálcio em virtude da presença da construção civil onde se realizou o estudo, indicando que pode haver particulados do calcário que ao entrarem em contato com a água da chuva são solubilizados. Pode-se concluir que quando essas chuvas são consideradas ácidas degradam os materiais que são compostos de carbonato de cálcio dissolvendo-os, embora existam diferentes tipos de pedras utilizadas na construção dos edifícios e esculturas, as que são consideradas mais vulneráveis aos ataques a acidez das chuvas são compostas de calcário.

CONCLUSÕES

- Os resultados iniciais apontam que o pH resultante das coletas encontradas nas amostras ficou, em média, acima de 7, porém essa média dos fatores de neutralidade não está diretamente associado com ocorrência da acidez nas chuvas, uma vez que das amostras analisadas, 30,18% delas, resultaram no pH levemente ácido;
- O cálcio e magnésio facilmente notados na água de chuva podem estar relacionados provenientes de processos naturais e antropogênicos. Quanto aos processos naturais, a cidade do Recife, por exemplo, por estar próximo ao mar pode ser a fonte de magnésio e cloretos, alterando a condutividade. Já as edificações podem ser responsáveis pela fonte de cálcio na água da chuva;
- Notou-se uma alteração significativa na água da chuva ideal e a observada na prática, essa diferença possivelmente está relacionada a construção civil e alto fluxo de veículos presentes na cidade de Recife mais especificamente no bairro da Boa Vista;
- Observaram-se concentrações dos poluentes primários da chuva ácida na forma de sulfato, indicando futura possibilidade real de chuvas ácidas. Outras análises, como Amônia e Chumbo deverão ser realizadas para análises mais aprofundadas.

REFERÊNCIAS

1. APHA AWWA WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22ª ed. Washington: Associação Americana de Saúde Pública, APHA. 2012. 1360 pp.
2. DOURADO, T. A. 2016. **Avaliação do Teor de Metais em Material Particulado MP2,5 e MP10 nas cidades de Goiânia – GO e Rio Claro – SP empregando a Técnica de Fluorescência de Raios X Dispersiva em Energia (EDXRF)**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Dissertação de Mestrado, 108 p.
3. LETRIA, J. J.; ALBUQUERQUE, T.; **O alfabeto da Natureza**, Oficina dos Livros e Sociedade Editorial, Ltda. 1ª edição, julho de 2011.
4. NERY, J.T; CARFAN, A. C., **Glossário de Termos Técnicos em Meteorologia e Climatologia**. Jundiaí, Paco Editorial. 416p, 2013.
5. OLIVEIRA, M. 2015. **Caracterização Mineralógica e Química das Fontes de Poeira e sua Influência na Atmosfera da Região do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (SP)**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Tese de Doutorado, 144 p.
6. SANTOS, V & GASTMANS, D. Composição Química da Água de Chuva em Rio Claro (SP). **Revista do Instituto Geológico**, v. 37, p. 45-60, 2016.

7. SOUZA, G.; SILVA, R. A.; OLIVEIRA JUNIOR, J. M.; MENDONÇA, N. M. **Chuva Ácida: Estudo de Caso Na Região Metropolitana de Belém/PA**. V Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia, Vol 4. 2016.

8. SOUZA, P. A.; MELLO, W. Z.; MALDONADO, J.; EVANGELISTA, H. Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 471-476, 2006.

9. ZAMBONI, G.; CAMARGO COSTA, F.; ZAMPIN, I. C. Consciência ambiental: Conceitos e aplicação inter-áreas de química e geografia com textos sobre chuva ácida. **Revistas UNISEPE**, v. 5, p. 1-12, 2012.

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 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 





Atena
Editora


Ano 2022


ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 




Atena
Editora

Ano 2022