

RANÁVALO DE ARAÚJO LEAL
MAURÍCIO RENATO PINA MOREIRA

OS DESAFIOS PARA O GERENCIAMENTO DE ENCOSTAS DA CIDADE DO RECIFE JUNTO AOS REFLEXOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

UM ESTUDO APLICADO À 3ª REGIÃO
POLÍTICO-ADMINISTRATIVA – RPA 3

RANÁVALO DE ARAÚJO LEAL
MAURÍCIO RENATO PINA MOREIRA

OS DESAFIOS PARA O GERENCIAMENTO DE ENCOSTAS DA CIDADE DO RECIFE JUNTO AOS REFLEXOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

UM ESTUDO APLICADO À 3ª REGIÃO
POLÍTICO-ADMINISTRATIVA – RPA 3



AMPLLA
EDITORA



2023 - Editora Amplla

Copyright da Edição © Editora Amplla

Copyright do Texto © Os autores

Editor Chefe: Leonardo Pereira Tavares

Design da Capa: Editora Amplla

Diagramação: Higor Brito

Revisão: Ranávalo de Araújo Leal

Os desafios para o gerenciamento de encostas da cidade do Recife junto aos reflexos das mudanças climáticas: um estudo aplicado à 3ª região político-administrativa – RPA 3 está licenciado sob CC BY 4.0.



Esta licença exige que as reutilizações deem crédito aos criadores. Ele permite que os reutilizadores distribuam, remixem, adaptem e construam o material em qualquer meio ou formato, mesmo para fins comerciais.

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, não representando a posição oficial da Editora Amplla. É permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores. Todos os direitos para esta edição foram cedidos à Editora Amplla.

ISBN: 978-65-5381-096-9

DOI: 10.51859/amplla.dge969.1123-0

Editora Amplla

Campina Grande – PB – Brasil

contato@ampllaeditora.com.br

www.ampllaeditora.com.br



2023

CONSELHO EDITORIAL

Andréa Cátia Leal Badaró – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Andréia Monique Lermen – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Antoniele Silvana de Melo Souza – Universidade Estadual do Ceará
Aryane de Azevedo Pinheiro – Universidade Federal do Ceará
Bergson Rodrigo Siqueira de Melo – Universidade Estadual do Ceará
Bruna Beatriz da Rocha – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Bruno Ferreira – Universidade Federal da Bahia
Caio Augusto Martins Aires – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Caio César Costa Santos – Universidade Federal de Sergipe
Carina Alexandra Rondini – Universidade Estadual Paulista
Carla Caroline Alves Carvalho – Universidade Federal de Campina Grande
Carlos Augusto Trojaner – Prefeitura de Venâncio Aires
Carolina Carbonell Demori – Universidade Federal de Pelotas
Cícero Batista do Nascimento Filho – Universidade Federal do Ceará
Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Dandara Scarlet Sousa Gomes Bacelar – Universidade Federal do Piauí
Daniela de Freitas Lima – Universidade Federal de Campina Grande
Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira – Universidade Estadual da Paraíba
Denise Barguil Nepomuceno – Universidade Federal de Minas Gerais
Diogo Lopes de Oliveira – Universidade Federal de Campina Grande
Dylan Ávila Alves – Instituto Federal Goiano
Edson Lourenço da Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Elane da Silva Barbosa – Universidade Estadual do Ceará
Érica Rios de Carvalho – Universidade Católica do Salvador
Fernanda Beatriz Pereira Cavalcanti – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Fredson Pereira da Silva – Universidade Estadual do Ceará
Gabriel Gomes de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Gilberto de Melo Junior – Instituto Federal do Pará
Givanildo de Oliveira Santos – Instituto Brasileiro de Educação e Cultura
Higor Costa de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Isabel Fontgalland – Universidade Federal de Campina Grande
Isane Vera Karsburg – Universidade do Estado de Mato Grosso
Israel Gondres Torné – Universidade do Estado do Amazonas
Ivo Batista Conde – Universidade Estadual do Ceará
Jaqueline Rocha Borges dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Jessica Wanderley Souza do Nascimento – Instituto de Especialização do Amazonas
João Henriques de Sousa Júnior – Universidade Federal de Santa Catarina
João Manoel Da Silva – Universidade Federal de Alagoas
João Vitor Andrade – Universidade de São Paulo
Joilson Silva de Sousa – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
José Cândido Rodrigues Neto – Universidade Estadual da Paraíba
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Josenita Luiz da Silva – Faculdade Frassinetti do Recife
Josiney Farias de Araújo – Universidade Federal do Pará
Karina de Araújo Dias – SME/Prefeitura Municipal de Florianópolis
Katia Fernanda Alves Moreira – Universidade Federal de Rondônia
Laís Portugal Rios da Costa Pereira – Universidade Federal de São Carlos
Láíze Lantyer Luz – Universidade Católica do Salvador
Lindon Johnson Pontes Portela – Universidade Federal do Oeste do Pará
Luana Maria Rosário Martins – Universidade Federal da Bahia
Lucas Araújo Ferreira – Universidade Federal do Pará
Lucas Capita Quarto – Universidade Federal do Oeste do Pará
Lúcia Magnólia Albuquerque Soares de Camargo – Unifacisa Centro Universitário
Luciana de Jesus Botelho Sodrê dos Santos – Universidade Estadual do Maranhão
Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Luiza Catarina Sobreira de Souza – Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central
Manoel Mariano Neto da Silva – Universidade Federal de Campina Grande
Marcelo Alves Pereira Eufrazio – Centro Universitário Unifacisa
Marcelo Williams Oliveira de Souza – Universidade Federal do Pará
Marcos Pereira dos Santos – Faculdade Rachel de Queiroz
Marcus Vinicius Peralva Santos – Universidade Federal da Bahia
Marina Magalhães de Moraes – Universidade Federal do Amazonas
Mário César de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia
Michele Antunes – Universidade Feevale
Milena Roberta Freire da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Nadja Maria Mourão – Universidade do Estado de Minas Gerais
Natan Galves Santana – Universidade Paranaense
Nathalia Bezerra da Silva Ferreira – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Neide Kazue Sakugawa Shinohara – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Neudson Johnson Martinho – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso
Patrícia Appelt – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Paula Milena Melo Casais – Universidade Federal da Bahia
Paulo Henrique Matos de Jesus – Universidade Federal do Maranhão
Rafael Rodrigues Gomides – Faculdade de Quatro Marcos
Reângela Cíntia Rodrigues de Oliveira Lima – Universidade Federal do Ceará
Rebeca Freitas Ivanicska – Universidade Federal de Lavras
Renan Gustavo Pacheco Soares – Autarquia do Ensino Superior de Garanhuns
Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Ricardo Leoni Gonçalves Bastos – Universidade Federal do Ceará
Rodrigo da Rosa Pereira – Universidade Federal do Rio Grande
Rubia Katia Azevedo Montenegro – Universidade Estadual Vale do Acaraú
Sabrynna Brito Oliveira – Universidade Federal de Minas Gerais
Samuel Miranda Mattos – Universidade Estadual do Ceará
Shirley Santos Nascimento – Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia
Silvana Carloto Andres – Universidade Federal de Santa Maria
Silvio de Almeida Junior – Universidade de Franca
Tatiana Paschoalette R. Bachur – Universidade Estadual do Ceará | Centro Universitário Christus
Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Thayla Amorim Santino – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Virgínia Maia de Araújo Oliveira – Instituto Federal da Paraíba
Virginia Tomaz Machado – Faculdade Santa Maria de Cajazeiras
Walmir Fernandes Pereira – Miami University of Science and Technology
Wanessa Dunga de Assis – Universidade Federal de Campina Grande
Wellington Alves Silva – Universidade Estadual de Roraima
Yáscara Maia Araújo de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Yasmin da Silva Santos – Fundação Oswaldo Cruz
Yuciara Barbosa Costa Ferreira – Universidade Federal de Campina Grande



2023 - Editora Amplla

Copyright da Edição © Editora Amplla

Copyright do Texto © Os autores

Editor Chefe: Leonardo Pereira Tavares

Design da Capa: Editora Amplla

Diagramação: Higor Brito

Revisão: Ranávalo de Araújo Leal

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Leal, Ranávalo de Araújo

Os desafios para o gerenciamento de encostas da cidade do Recife junto aos reflexos das mudanças climáticas [livro eletrônico]: um estudo aplicado à 3ª região político-administrativa - RPA 3 / Ranávalo de Araújo Leal, Maurício Renato Pina Moreira. -- Campina Grande : Editora Amplla, 2023.

65 p.

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5381-096-9

1. Gerenciamento de encostas. 2. Encostas (Mecânica do solo). 3. Encostas da Cidade do Recife. 4. Mudanças climáticas. I. Moreira, Maurício Renato Pina. II. Título.

CDD-551

Sueli Costa - Bibliotecária - CRB-8/5213
(SC Assessoria Editorial, SP, Brasil)

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia : Encostas 551

Editora Amplla

Campina Grande - PB - Brasil
contato@ampllaeditora.com.br
www.ampllaeditora.com.br



2023

AGRADECIMENTOS

A Ranavalo José Leal Martins, Assistente Técnico de Engenharia da Gerência de Obras em Encostas da Autarquia de Urbanização do Recife, por ser o principal incentivador e colaborador de todo o processo para a construção desta obra.

A Paulo Roberto Farias de Brito, Gerente Geral de Obras e Encostas; Cleômidas Gomes Cordeiro, Engenheiro Civil; Synval Velho Barreto Gonçalves dos Santos (*in memorian*), Técnico de Engenharia, todos da Gerência de Obras em Encostas da Autarquia de Urbanização do Recife, por todo apoio e orientação.

A Erick Andrade de Mendonça, Chefe de Divisão de Engenharia da Regional Noroeste; Vera Lucia Farias de Brito, Chefe de Divisão de Engenharia da Regional Nordeste; Mairenita Barreto de Carvalho, Coordenadora Social do Programa Parceria, todos da Secretaria de Defesa Civil do Recife, por todo apoio e orientação.

PREFÁCIO

A presente obra apresenta uma ampla reflexão sobre o gerenciamento de encostas na cidade do Recife aplicado aos reflexos das mudanças climáticas previstos no último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU. Em aplicação a este estudo, fora escolhida a 3ª Região Política-Administrativa do Recife, região esta que dispõe em sua maior parte a presença de morros ocupados. A técnica e abordagem proposta a este trabalho se dá primeiramente com uma concepção geral físicas e geográficas da cidade do Recife, para o então embasamento teórico sobre gerenciamento de encostas, formando respaldo teórico para a determinada pesquisa e suas reflexões. A abordagem sobre esta temática rege-se pela atualidade, já que ainda é uma intensa problemática muito presente no Recife e, juntamente com isto, pelo fato de em um histórico recente, já ter sido registrados os eventuais reflexos negativos das mudanças climáticas na região estudada. Como resultado do estudo, é disposta uma reflexão crítica, baseada em fatos e dados, sobre esta problemática de modo que este tema seja mais difundido em meios acadêmicos e profissionais, ressaltando a urgência desta discussão.

LISTA DE SIGLAS

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

APAC: Agência Pernambucana de Águas e Clima

AR6: Six Assessment Report (Sexto Relatório de Avaliação)

COHAB: Conjuntos Habitacionais da Companhia Estadual de Habitação Popular

COMPESA: Companhia Pernambucana de Saneamento

CONDEPE/FIDEM: Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco

CPRM: Serviço Geológico do Brasil

EMLURB: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana

GEE: Gases do Efeito Estufa

ha: Hectare

Hab./ha: Habitantes por Hectare

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISRDN: Década Internacional de Redução de Riscos

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

km²: Quilômetro Quadrado

kPa: Quilo Pascal

Met Office: Serviço Meteorológico do Reino Unido

mm: Milímetro

mm²: Milímetro Quadrado

RMR: Região Metropolitana do Recife

PNDC: Política Nacional de Defesa Civil

RPA: Região Político-Administrativa

ppm: Partes Por Milhão

URB-RECIFE: Autarquia de Urbanização do Recife

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	10
1.1. JUSTIFICATIVA	11
1.2. OBJETIVOS	11
1.2.1. OBJETIVO GERAL	11
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. CARACTERÍSTICAS DA CIDADE DO RECIFE	12
2.1.1. ASPECTOS GEOGRÁFICOS E POLÍTICOS	12
2.1.2. GEOLOGIA	14
2.1.2.1. EMBASAMENTO CRISTALINO	15
2.1.2.2. BACIAS SEDIMENTARES	15
2.1.2.3. FORMAÇÃO BARREIRAS	16
2.1.3. RELEVO	17
2.1.4. SOLOS	18
2.1.5. HIDROGRAFIA	19
2.1.6. COBERTURA VEGETAL	19
2.2. REVISÃO DO TEMA	21
2.2.1. MEIO FÍSICO DOS MORROS OCUPADOS DO RECIFE	21
2.2.2. GEOTÉCNICA DOS MORROS DO RECIFE	21
2.2.3. PADRÃO URBANÍSTICO DE OCUPAÇÃO DOS MORROS DO RECIFE	22
2.2.4. RISCOS GEOLÓGICOS	26
2.2.4.1. SUSCEPTIBILIDADE	28
2.2.4.2. PROCESSOS QUE CAUSAM ACIDENTES	31
2.2.5. GERENCIAMENTO DE DESASTRES E RISCOS	32
2.2.6. AQUECIMENTO GLOBAL	34
CAPÍTULO III - METODOLOGIA	36
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
3.2. DESLIZAMENTOS NA ÁREA DE ESTUDO	37
3.3. GERENCIAMENTO DE RISCOS E INTERVENÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO	40
3.4. CHUVAS: EVENTO POTENCIALIZADOR DE DESLIZAMENTOS	43
3.4.1. CORRELAÇÃO ENTRE CHUVAS E DESLIZAMENTOS	43
3.5. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS REFLEXOS EM ÁREAS DE ENCOSTAS	44
3.5.1. PREVISÕES DO IPCC À REGIÃO	44
3.5.2. EFEITOS EXTREMOS APLICADOS NA ÁREA DE ESTUDO	47
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	55
APÊNDICE	62
SOBRE OS AUTORES	65

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

DOI: 10.51859/AMPLLA.DGE969.1123-1

O gerenciamento de encostas na cidade do Recife sempre foi um grande e aplicado desafio para os líderes políticos e estudiosos do meio. Segundo as ponderações de Gusmão Filho (1995), uma região de morros ocupados que correspondem a 15% de toda a área de encostas da cidade, aproximadamente 33 km². Parcela da cidade esta que é ocupada por aproximadamente 1/3 dos habitantes do município, em sua totalidade, uma grande parcela da população carente recifense.

A região de morros do Recife apresenta-se com os desafios de gerenciamento ao combate dos riscos geológicos e seus agentes desencadeadores. Desafios estes que se aplicam ao combate aos deslizamentos das encostas em períodos chuvosos.

Deslizamentos desencadeados pela ação das águas no relevo, erosões e movimentos de massa potencializados pelos eventos climáticos extremos, como por exemplo o alto nível de intensidade pluviométrica em curto espaço de tempo, que ocasionam desestabilizações tanto na estrutura da encosta quanto, mais importante, coloca em risco a integridade humana que ali se permaneceu ao longo do tempo.

O desafio deste gerenciamento visando mitigar os efeitos que esta região propicia, conforme os fatores de susceptibilidade, se torna mais árduo com as novas previsões climáticas do Instituto Intergovernamental Sobre o Clima (IPCC) em seu novo Relatório de Avaliação (AR6) lançado em 2021 onde dispõe que a cidade do Recife está entres as 20 cidades mais afetadas pelas mudanças climáticas e que isto trará reflexos negativos em toda a cidade, inclusive para as encostas e aqueles que as ocupam.

1.1. JUSTIFICATIVA

A motivação da escolha deste estudo é primeiramente sintetizar aspectos de informação sobre a região de morros da cidade do Recife de forma que qualquer um tenha a oportunidade de entender sobre os aspectos deste tipo de formação.

Em segundo ponto, reforçar os conceitos nesta área de engenharia que por muitas vezes é pouco lembrada em estudos acadêmicos, e engajar a questão de importância do conhecimento do gerenciamento de riscos relacionado a encostas, ainda mais por ser um assunto amplamente atual e próximo a nossa realidade, já que Recife é circundada por morros.

E por último, alertar sobre as previsões negativas das questões climáticas em nosso planeta e nossa região, mostrando os desafios que elas podem gerar no gerenciamento ao combate ao risco sobre as encostas do Recife.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Explanar conceitos geológicos e geotécnicos sobre as formações que compõem a região de morros do Recife, bem como introduzir os riscos que essa região é susceptível e como pode se conceber o gerenciamento em combate aos riscos conforme os reflexos das mudanças climáticas globais.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explanar as características físicas de formação da região de morros do Recife;
- Dispor aspectos geotécnicos e urbanos da região de morros do Recife;
- Reforçar métodos de gerenciamento dos riscos às encostas do Recife;
- Analisar os desafios ao gerenciamento de encostas da RPA 3 da cidade do Recife junto aos reflexos das mudanças climáticas globais;
- Propor uma alternativa hábil de otimização do gerenciamento de encostas em contexto atual, tendo em vista as mudanças climáticas e o aumento de eventos climáticos extremos.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

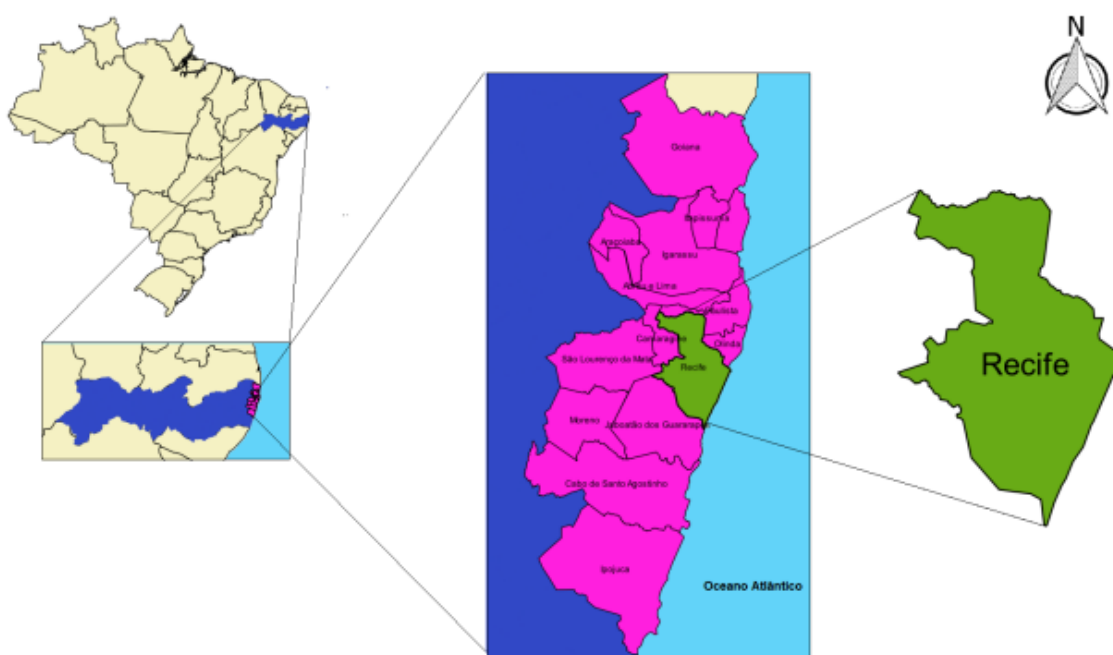
DOI: 10.51859/AMPLLA.DGE969.1123-2

2.1. CARACTERÍSTICAS DA CIDADE DO RECIFE

2.1.1. ASPECTOS GEOGRÁFICOS E POLÍTICOS

Segundo a CPRM (2014), o município do Recife, localiza-se no litoral do estado de Pernambuco, Brasil, Figura 1, Latitude 08°03'14"S e Longitude 34°52'51"E, e é a capital do estado. Possuindo uma área aproximada a 218km² e uma altitude de 4 metros.

Figura 1: Localização da cidade do Recife



Fonte: OLIVEIRA, 2018.

Possui uma população estimada de 1.661.017 habitantes e apresenta uma densidade demográfica média de 7.039,64 Hab./km². IBGE (2021).

De acordo com Vasconcelos *et al* (2000), a cidade do Recife, disposta por 94 bairros, representado no Anexo A, é coordenada por limites e divisões política-

administrativas, Anexo B, que gerenciam de forma ordenada o censo demográfico, sistema de informações, legislações urbanísticas e a fiscalização em diversos órgãos que geram o bem-estar social da cidade.

Determinadas divisões ao longo do tempo, passaram por mudanças, física-territorial ou política-administrativa, com a proposta de melhorar a evolução da cidade. Sucessivas mudanças ocorreram desde 1949, por decretos e leis, como pode-se ver no Quadro 1.

Quadro 1 - Retrospecto de divisões político-administrativas da cidade do Recife

Objeto	Data	Regimento
Decreto nº 342	Julho de 1949	Definiu que Recife seria o único distrito, dividido em 4 (quatro) Subdistritos e 15 Zonas Administrativas.
Decreto nº 444	1 de junho de 1953	Definiu que Recife fosse dividido em 5 (cinco) Distritos.
Decreto nº 9.497	27 de agosto de 1969	Criado no município, 6 (seis) Distritos de Fiscalização de Obras e Posturas.
Decreto nº 13.893/87	1987	Instituiu-se uma divisão no município 12 (doze) RPA's - Regiões Político-Administrativas, apenas para pesquisa Censitária.
Lei nº 15.547/91	1991	Determinada no Plano Diretor da Cidade do Recife (PDCR) em seu artigo 15, definiu que a cidade ficaria dividida em 29 unidade urbanas que se convergiam em urbanização e padrões socioeconômicos semelhantes. E, os atuais 94 (noventa e quatro) bairros da cidade junto as 12 RPA's instituídas anteriormente foram oficializadas.
Lei nº 16.293/97	1997	Em reformulação de execução e avaliação permanente das políticas e do planejamento governamental, as RPA's foram agregadas em 6 (seis) unidades (RPA 01 - Centro; RPA 02 -Norte; RPA 03 - Noroeste; RPA 04 - Oeste; RPA 05 - Sudoeste; RPA 06 - Sul) e ainda subdivididas em 3 (três) microrregiões cada.


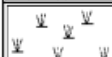
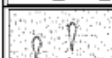

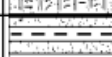
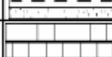
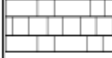


Fonte: AUTOR (2021)

2.1.2.GEOLOGIA

De acordo com Vasconcelos *et al* (2000), a cidade do Recife situa-se geologicamente em um substrato, como pode-se ver no Quadro 2, constituído por rochas cristalinas e sedimentares subdivididas da seguinte forma:

- Domínio de rochas cristalinas de idade Pré-Cambriana;
- Domínio das bacias sedimentares da margem continental, de idade Cretácea;
- Domínio dos sedimentos de cobertura.

Quadro 2: Quadro estratigráfico do município do Recife

IDADES	SECÇÃO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	LITOLOGIAS
HOLOCENO		Aluviões	areias quartzosas acinzentadas, intercaladas com argilas
		Terraço Marinho Holocênico	areias quartzosas brancas, com conchas
		Mangues	argilas/siltos cinza-escuro, com matéria orgânica
PLEISTOCENO		Terraço Marinho Pleistocênico	areias quartzosas brancas com matéria orgânica (cor de café) na base
PLIOCENO / PLEISTOCENO		Formação Barreiras	areias feldspáticas avermelhadas intercaladas a argilas variegadas: areias
CRETÁCEO SUPERIOR		Formação Gramame	calcarenitos e calcários dolomíticos creme/cinza
		Formação Beberibe	areias quartzosas cremes e esbranquiçadas e siltos/argilitos cinza, fossilíferos
CRETÁCEO INFERIOR		Formação Cabo	arcólios conclomeráticos esverdeados intercalados a argilitos verdes/vermelhos
PRÉ-CAMBRIANO		Embasamento Cristalino	gnais graníticos e cataclastos

Fonte: OLIVEIRA, 2018.

Segundo Pfaltzgraff (2007), a região está inserida entre os terrenos Rio Capibaribe ao norte e Pernambuco-Alagoas ao sul, separados pelo Lineamento Pernambuco, que se determina com uma extensa feição tectônica que corta o estado de leste a oeste. No Anexo C, podemos ver o mapa geológico da cidade.

2.1.2.1. EMBASAMENTO CRISTALINO

O município obtém um Embasamento Cristalino constituído por rochas graníticas, gnáissicas e cataclásticas, com uma idade pré-cambriana. (ALHEIROS *et al.*, 1990a).

Há dois grandes complexos representados na própria RMR, tendo o Lineamento Pernambuco como demarcação dos limites entre eles. A norte, obtém-se o Complexo Gnáissico-Migmatítico, constituído por ortognaisses de composição granítica a tonalítica, que por vezes migmatizados, variando-se em monzoníticas e dioríticas. Apresenta uma idade paleoproterozóica. Já ao sul do lineamento, apresenta-se o Complexo Belém de São Francisco, constituído por ortognaisses e migmatitos com resíduos associados de rochas supracrustais. Duas unidades bastantes intemperizadas, apresentam coberturas de solos residuais, a primeira concebendo uma espessura de até 5 metros e a segunda variando de 6 a 8 metros. (PFALTZGRAFF, 2007)

2.1.2.2. BACIAS SEDIMENTARES

Descontinuamente, o aparecimento das rochas sedimentares ocorre ao longo da parte leste do município, compondo duas bacias sedimentares com origens distintas, denominadas Bacia Pernambuco-Paraíba, ao norte da região, e Bacia Cabo, ao sul. Separadas pela zona de falha indo de leste a oeste no estado, que é o Lineamento Pernambuco. (VASCONCELOS *et al.*, 2000).

Segundo Alheiros (1998), a formação da Bacia Cabo tem em sua constituição sedimentos conglomeráticos e lacustres, reflexos da movimentação tectônica que separou a África da América do Sul, no Cretáceo.

Vasconcelos *et al.* (2000) cita que a unidade geológica desta bacia que aflora no Recife, é denominada Formação Cabo, representada por camadas de arenitos feldspáticos de cor creme a um esverdeamento leve, intercalando argilitos verdes a vermelhos. Formando, pelas sucessivas ações tectônicas, um sistema de leques aluviais.

Durante o período geológico superior, a ação fluvial a ocasionou que então deposita-se a Formação Beberibe, na parte norte do município, formando então a Bacia Pernambuco-Paraíba. E na mesma época geológica, com a transgressão constante em direção do continente por parte do mar, sedimentos da Formação

Gramame sobrepõe a maioria dos sedimentos continentais da Formação Beberibe que como já citado, tinha origem fluvial. (GUSMÃO FILHO, 1998).

Segundo Pfaltzgraff (2007), a Formação Beberibe tem uma composição sequencial de basal mais arenosa, representados por arenitos de granulação variada, intercalados com siltitos e folhelhos.

Já a Formação Gramame é composta por calcarenitos e calcários dolomíticos, de cor creme (OLIVEIRA, 2018). E capeada pela Formação Barreiras. (VASCONCELOS *et al.*, 2000).

2.1.2.3. FORMAÇÃO BARREIRAS

De acordo com Alheiros *et al.* (1900a), é a unidade geológica de maior extensão na cidade do Recife, ocupando uma área de aproximadamente 90 km², cerca de 40% da área do Recife, que se estende do bairro de Casa Amarela a Dois Irmãos até o limite oeste encontrando-se com o município de Camaragibe e tendo representação em algumas partes na região sudoeste da cidade nos bairros de Dois Carneiros, Ibura e Jordão. Uma unidade associada a eventos cenozoicos do final do Terciário.

Com composição formada por sedimentos de variadas granulometrias, obtém intercalações em areias e argilas com horizontes de seixos sub-horizontais, direcionadas no sentido ao mar de forma sutil na disposição de elevados tabuleiros. (GUSMÃO FILHO, 1998).

Tais sedimentos de origem continental reflexo de processo fluviais, fazem contato em sua base com o embasamento pré-cambriano no oeste da cidade, e com a Formação Beberibe ao norte, onde sua formação é mais abundante. (VASCONCELOS *et al.*, 2000).

Segundo as considerações de Bigarella & Andrade (1964), pela concepção de uma diferença de erosões observadas em perfis realizados pelo Recife, realizaram uma subdivisão na formação argilo-arenosa: Formação Guararapes e Formação Riacho Morno.

Gusmão Filho (1995) reforça que essas duas formações litológicas são bastante distintas na Formação Barreiras. A Formação Riacho morno, obtém uma textura mais argilosa, com uma frequência maior nos morros da zona norte da cidade. Já a Formação Guararapes, é composta por sedimentos mais arenosos e presentes na zona sudoeste do município. A primeira formação por ter uma

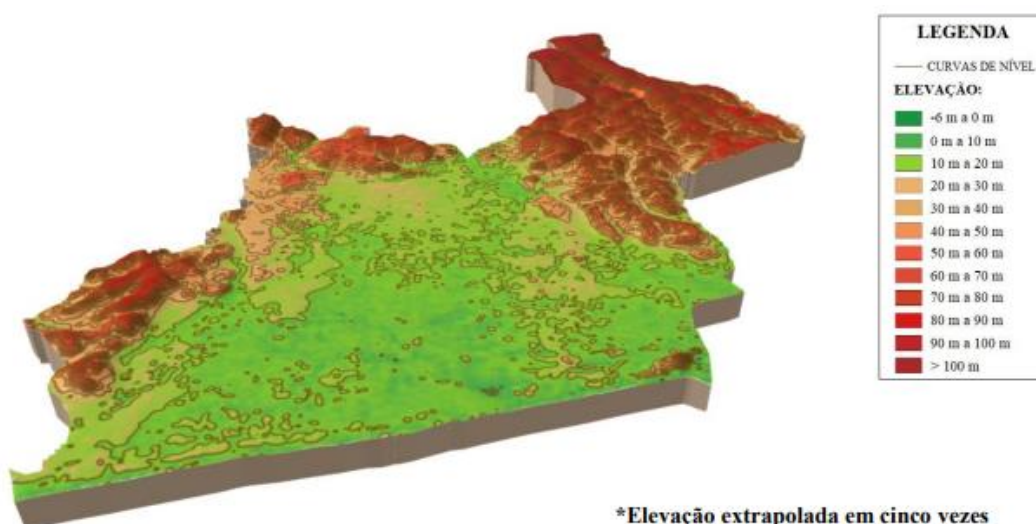
ocorrência maior em materiais argilosos, tem uma susceptibilidade maior ao risco de deslizamentos, diferentemente da Formação Guararapes, que por ter mais sedimentos arenosos, resulta uma maior tendência a fenômenos erosivos nos morros.

2.1.3.RELEVO

Bandeira (2010) em seus estudos, explana que geomorfologicamente a RMR está bem definida por três componentes bem definidos: Planície, Tabuleiros e os Morros. Que representam a planície fluviomarinha inserida em volta de morros cristalinos e tabuleiros formados por rochas sedimentares.

Vasconcelos *et al.* (2000) dispõe que o município do Recife se envolve em uma vasta planície costeira, circundada por morros isolados, transgredindo a tabuleiros em direção norte da cidade. Como pode-se ver na Figura 2.

Figura 2: Representação gráfica do relevo da cidade do Recife.



Fonte: OLIVEIRA, 2018

De acordo com Pfaltzgraff (2007), a planície é formada pelos segmentos Planície Costeira e Planície Flúvio Lacustre se estendendo por todo o litoral. Segundo Oliveira (2018) que as cotas nesta unidade variam entre o nível do mar a 10 metros, com valores inferiores apenas encontrados nos trechos dos rios.

Os morros encontrados em sua maior parte na região norte, oeste e sul da cidade, apresentam altitudes de até 100 metros, como podemos visualizar no Anexo F. As áreas dos tabuleiros são presentes nas intermediações noroeste e sudoeste do município, dispondo de superfícies aparentemente planas no topo. (BANDEIRA,

2010). Eles são formados por sedimentos da Formação Barreiras com cotas médias entre 20 e 100 metros. (PFALTZGRAFF, 2007).

2.1.4. SOLOS

De acordo com Shinzato (in CPRM, 2003), Recife apresenta a ocorrência das seguintes classes de solo: Argissolos, Latossolos, Gleissolos Háplicos, Neossolos. Demonstradas no Anexo D.

Segundo Pfaltzgraff (2007), as denominações dos respectivos solos podem se dar por:

- a) Argissolos: Denominação composta por solos minerais não hidromórficos, compostos por argilas que apresentam baixa atividade. Se dispõe de maneira profunda, com sequência de horizontes A, F, Bt e C, ou A, Bt, e C, e são bem drenados. Em sua distribuição pelo município, observa-se sua presença ao norte, noroeste e oeste cobrindo embasamentos cristalinos, Formações Cabo e Barreiras.
- b) Latossolos: Solos minerais, não hidromórficos, apresentando um horizonte B Latossólico. Se apresentam em fase elevada de intemperização sendo bastante evoluídos por isso. Profundos (espessura > 2 metros), alta permeabilidade e com boa drenagem. Dispõe de horizontes A, Bw e C, dispendo-se sobre embasamentos cristalinos e a Formação Barreiras, concentra-se nas porções norte, noroeste e oeste da cidade.
- c) Gleiossolos Háplicos: Poucos evoluídos, trata-se de solos de certa forma recentes, originados a partir dos sedimentos quaternários. Muito comuns nas várzeas dos rios da cidade. Se concebem mais na região centro-oeste do município.
- d) Neossolos: Compreendido com solos minerais com pouca evolução, caracterizado pela ausência do horizonte B. São rasos, na maioria das situações, assentados diretamente sobre a rocha matriz, associados a existência de rochas. Desenvolvidos também com os recentes depósitos fluviais ou de cordões arenosos costeiros. Também apresentam uma localização disposta no centro-oeste do Recife.

2.1.5. HIDROGRAFIA

De acordo com a ANEEL (Moreira in CPRM, 2003), a RMR se insere na classificação de uma região hidrográfica denominada sub-bacia 39.

Segundo Vasconcelos *et al.* (2000), Recife se dispõe com uma sistemática natural de drenagem envolvendo bacias hidrográficas denominadas “Estuário Comum do Recife”, composto pelas bacias dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejipló. Importantes bacias da RMR, como pode-se ver no Anexo E.

Ainda pelo raciocínio de Vasconcelos *et al.* (2000), explana-se que a macrodrenagem geral da cidade é formada por 66 canais que integram a rede de drenagem das citadas bacias, além das linhas gerais de drenagem natural. Tal rede concebe-se aproximadamente 92km. E complementa que as redes de canais que retalham o município se difundem entre as bacias dos três principais rios:

- a) Bacia do Rio Capibaribe: Sendo a que compõe a região central da cidade, obtém 24 canais com cerca de 30km de extensão.
- b) Bacia do Rio Beberibe: Situado a norte do município, concebe 16 canais com aproximadamente 20km.
- c) Bacia do Rio Tejipló: Bacia está dividida por 3 sub-bacias, Tejipló, Jordão e Jiquiá.
 - Tejipló: Situado na porção centro-oeste e sul da cidade, possui 5 canais que juntos medem uma média de 7km;
 - Jordão: Localizado na região sul, obtém 4 canais com uma extensão total aproximada a 16km;
 - Jiquiá: Drena o resto da porção central do município, obtendo 17 canais com uma extensão total em trono de 19km.

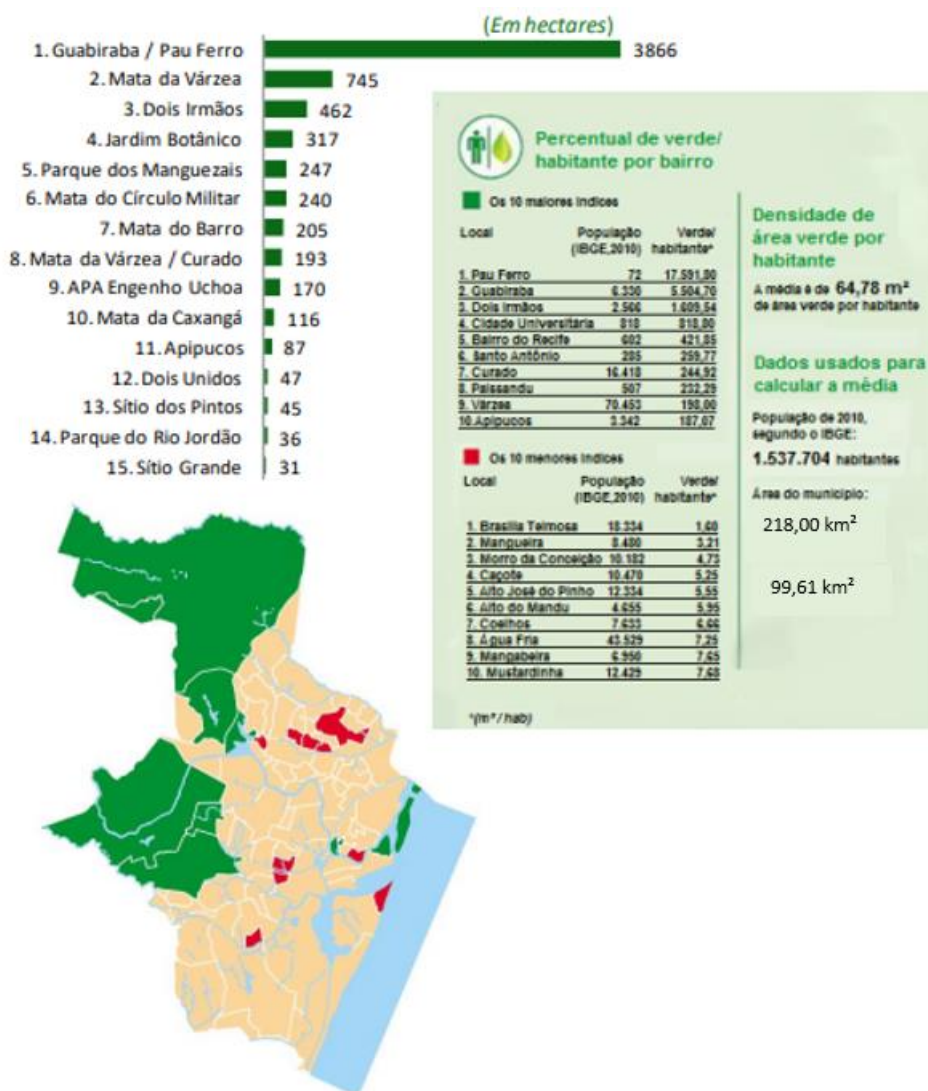
2.1.6. COBERTURA VEGETAL

De toda vegetação nativa que cobria a RMR no início do século XX, resta muito pouco comparado com a atualidade. Além dos resquícios de Mata Atlântica, podem ser encontradas resíduos, em fase de recuperação, da mata nativa (capoeira, capoeirinha), além da vegetação higrófila e a do mangue. (FIDEM, 1979).

A dominância deste aspecto na cidade do Recife se dá pela Mata Atlântica, se dispondo em áreas isoladas junto a áreas urbanas, protegidas por leis de preservação ambiental. Um grande exemplo é a Mata de Dois Irmãos, região norte da cidade, com 389 ha. (BANDEIRA, 2010).

Segundo Carvalho (2012), a cidade do Recife tem um recobrimento vegetal aproximado a 45% de toda sua área, Figura 3, sendo 99,61% de árvores, gramas e arbustos, porém há uma má distribuição deste quesito entre todos os bairros do município.

Figura 3: Mapeamento de áreas verdes na cidade do Recife.



Fonte: OLIVEIRA, 2018.

A parte mais expressiva da cobertura vegetal da cidade do Recife está situada na RPA 3 – Zona Norte, onde a localidade mais arborizada do município é o bairro da Guabiraba, com aproximadamente 75% de sua área recoberta por vegetação. Já a região menos arborizada se dá na região sul da cidade, no bairro de Brasília Teimosa, com apenas 1,89% de área verde. (OLIVEIRA, 2018).

2.2. REVISÃO DO TEMA

2.2.1. MEIO FÍSICO DOS MORROS OCUPADOS DO RECIFE

De acordo com Gusmão Filho (1995), as encostas ocupadas em mais de 200 localidades da cidade do Recife, após levantamento de campo, dispõem os seguintes valores médios: 39 metros de altura, 29% de declividade e uma extensão de 314 metros. A maioria destas encostas se apresentam com curvas de nível côncavas (35,1%) ou sinuosas (41,5%) e o perfil das encostas também côncavo. Em 60 pontos críticos, a maioria dos morros são de tipologia plana na forma, uma declividade subvertical e com pelo menos 2 metros de altura. Se apresentam com uma cobertura vegetal do tipo gramínea, árvores frutíferas de todos os portes, substituindo a primitiva Mata Atlântica, servindo como um fator contra o processo erosivo. Ou não apresentam nenhuma cobertura vegetal mesmo proveniente do desmatamento para favorecer a ocupação humana.

2.2.2. GEOTÉCNICA DOS MORROS DO RECIFE

Estudos geotécnicos começaram a serem feitos nos inícios dos anos 80, motivados pela grande ocorrência dos deslizamentos de encostas de Recife, estendendo-se a algumas outras situações da Região Metropolitana. Os resultados revelam aspectos de suma importância para o entendimento do comportamento físico das encostas. (GUSMÃO FILHO, 1995).

Resultados esses que explanaram:

- As camadas de argila siltosa, no âmbito de plasticidade, obtém índices altos, entre 30 e 40%;
- Sua umidade média natural é 23%;
- Situado nas faixas inativas e normais, o mineral argílico mais presente é a caulinita. Dispondo de pressões de pré-adensamento entre 150 e 260 kPa. Tal pré-adensamento podendo ser atribuído a ressecamentos, erosões superficiais e a variação do nível d'água no maciço;
- O saturamento das encostas acontece com as chuvas do inverno, fazendo com que no interior do maciço dos morros aumente a pressão neutra, significando o início de movimentação lenta pra baixo. Aspectos de suma importância para a análise de estabilidade das encostas;

- E se constatou a presença de argilas com propriedades expansivas que provocaram danos a edificações executadas em alvenaria após a primeira chuva. Localidades como o morro do Buriti, no bairro da Macaxeira, e na COHAB.

2.2.3. PADRÃO URBANÍSTICO DE OCUPAÇÃO DOS MORROS DO RECIFE

O início da ocupação das encostas do Recife começa por volta dos anos 40, com o retrospecto de grandes enchentes que afetou de maneira bastante incisiva a planície, o Poder Público junto com a Liga Social Contra os Mocambos, determinou a extinção de maneira parcial dos mocambos na região central da cidade, ocasionando uma diminuição de quase cinco mil habitações. Afetando de maneira muito acentuada a população de baixa renda da cidade, a qual utilizava tais edificações, que por essa motivação teve a necessidade de migração para outra região do município que apresentasse baixo valor imobiliário, áreas urbanas desocupadas, seja pública ou privadas. Foi então, que de maneira espontânea e desorganizada, houve a transferência sistemática dessa parte da população expropriada para os morros da zona norte do Recife, com foco nos bairros de Casa Amarela, Beberibe e Água Fria. Em 1964, a implementação de Vilas e COHAB motivado pela criação do Banco Nacional de Habitação, começou um ciclo de construções de edificações populares em conjuntos, que ocuparam o topo de alguns morros, de maneira planejada. Porém, nesta área, este foco de construção em novas áreas desocupadas, proporcionou também uma nova invasão nas encostas adjacentes por parte da população com menos condições financeiras. (BANDEIRA, 2010).

As encostas ocupadas da cidade do Recife se dispõem à metade da área de morros no município e a 15% da área dele, com uma área aproximadamente de 33km². (GUSMÃO FILHO, 1995).

Meira (2008) embasa que para a implementação dessas moradias em encostas, o morro sofre cortes verticalizados para gerar um terreno mais amplo visando o ganho de área à construção. Porém, esta ação de cortes gera um desequilíbrio interno do maciço e propõe um terreno sem cobertura vegetal, deixando a superfície exposta a efeitos erosivos que possam facilitar processos de movimento de massas, colocando em risco a integridade humana e das edificações que ali se apresentam.

Segundo Alheiros *et al.* (2003), as ocupações nos morros seguem modelos de ocupações, que são determinados pelos desenhos urbanos. Podem ser:

- a) Ocupações espontâneas: A expansão das edificações é direcionada pelos caminhos naturais ou pelos primeiros acessos construídos, como mostra a Figura 4.

Figura 4: Ocupação espontânea no Córrego da Areia, em Nova descoberta, Recife - PE.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2022.

- b) Ocupações planejadas: Primeiramente é definida a rede viária e então feito o parcelamento dos lotes, Figura 5.

Figura 5: Ocupação planejada em Rosa Selvagem, Camaragibe - PE.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2022.

Os modelos de ocupações podem ser aos estilos de ocupações em: malha ortogonal, radial, patamares e em topos planos. Definidos:

- c) Ocupação em malha ortogonal: Um padrão proposto em ocupações planejadas, onde as quadras com suas vias formam uma malha ortogonal, como mostra a Figura 6, sobre o morro sem considerar as características topográficas do terreno, estabelecendo amplos movimentos de terra.

Figura 6: Alto Santo Antônio, Camaragibe- PE.



Fonte: ALHEIROS *et al.*, 2003.

- d) Ocupação radial: Sendo então o padrão de ocupação mais comum nas ocupações espontâneas, os acessos principais cortam o morro perpendicularmente às curvas de nível, formando então uma irradiação, como retrata a Figura 7, de caminhos secundários desde o topo. Frequentemente adotado em morros de altas declividades, onde seus acessos se dão por escadarias.
- e) Ocupação em patamares: Se apresenta tanto em ocupações planejadas, por parte do governo, como em ocupações espontâneas por parte da população. Os acessos principais acompanham de forma paralela as curvas de nível, Figura 8, configurando três diferentes tipos de acessos: entre a edificação e a crista da encosta, entre a edificação e a base da encosta e entre as edificações.

Figura 7: Ocupação em Cajueiro, Recife - PE.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2022.

Figura 8: Ocupação espontânea no Córrego da Areia, em Nova descoberta, Recife - PE.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2022.

- f) Ocupação em topos planos: A partir do nivelamento na parte superior dos morros, forma-se um grande terreno plano onde se há o desenvolvimento primário da malha viária e após este estágio, os demais elementos urbanos como lotes e redes de infraestrutura. Uma ocupação planejada. Predomina núcleos habitacionais, como mostra a Figura 9, implantados pelo setor público. Este tipo de ocupação desencadeia uma

desestabilização no equilíbrio natural do meio ambiente, alterando a mecânica do solo, interferindo as bacias de drenagem e extinguindo a cobertura vegetal. E com as encostas não ocupadas ao redor do grande platô, junto a proximidade à infraestrutura feita pelo serviço público, a susceptibilidade à invasão por parte da população mais carente, aumenta. Esta ocupação espontânea e não planejada junto a que foi planejada, ocasiona um agravamento maior na instabilidade do maciço.

Figura 9: Conjunto Habitacional Curado IV, Jaboatão dos Guararapes - PE.



Fonte: ALHEIROS *et al.*, 2003.

E de acordo com o estudo de Gusmão Filho (1995), os parâmetros setorizados de modelos de ocupação na cidade se dão por:

- Zona Norte: Desordenada por população de baixa renda, com predominâncias de invasões;
- Zona Oeste: Conjuntos Habitacionais, ocupação informal consolidada e algumas invasões;
- Zona Sul: Conjuntos habitacionais da COHAB nos topos planos e invasões nas encostas.

2.2.4. RISCOS GEOLÓGICOS

De acordo com Alheiros *et al.* (2003), a definição de risco pode ser descrita como uma possibilidade de danos sociais e materiais através de um episódio de acidente.

Segundo Augusto Filho (1998), o risco pode ser o atual e o potencial. Na primeira ocasião, o risco tem a definição de já instalado em áreas ocupadas, explanando locais pontuais que deve haver intervenções estruturais e não estruturais visando a diminuição do risco. Já se tratando do risco potencial, pode ser caracterizado como situações suscetíveis para o desencadeamento de novas ocorrências de risco, embora as áreas possam ainda não estarem ocupadas.

Para Alheiros (1998), dispondo o conhecimento dos riscos, deve-se haver uma gestão de gerenciamento visando a mitigação dos efeitos que eles podem ocasionar, e essa gestão tem seis vertentes: A análise dos riscos, ponderação das opções de ação, escolha técnica junto a um projeto, interação e abertura à discussão com a comunidade, a implementação da prática da mitigação e monitoramento da área em que se enquadra o estudo.

Em estudo sobre o gerenciamento de encostas do Recife, Gusmão Filho (1995) dispõe que a análise de riscos das encostas do Recife explica que as maiores contribuições para os riscos geológicos em encostas da cidade são os fatores ambientais (55,4% dos casos), fatores topográficos (44,1% dos casos) e fatores de cunho geológico (0,5% dos casos). Na maior parte dos casos, a própria ação humana na área, propõe a ocasião, como por exemplo:

- Remoção da cobertura vegetal;
- Cortes horizontais ou íngremes para o assentamento da casa ou o ganho de terreno, desestabilizando a mecânica do maciço;
- Péssimas locações de casas e fossas localizadas na crista do talude;
- Obstrução com lixo na drenagem natural e a falta de um direcionamento das águas pluviais;
- Lixo acumulado sobre o talude.

Alheiros *et al.* (2003), afirma, em estudo aos riscos de deslizamentos, que para a existência deles é necessário a existência de ocupação no espaço. Processos geológicos naturais só concebem risco na ocasião em que a população ocupa os pontos em que os riscos acontecem.

2.2.4.1. SUSCEPTIBILIDADE

De acordo com Sobreira (2004) e Alheiros (2004), susceptibilidade é a possibilidade de ocorrência de um evento destrutivo ocasionado por um evento geológico.

Para Mopt (1992), a susceptibilidade é definida como a potencialidade de um evento causar alterações no meio físico, sem considerar as consequências para as atividades humanas.

Segundo Pfaltzgraff (2007), há dois tipos de susceptibilidades relacionados ao deslizamento, a natural e a induzida. A primeira está diretamente ligada a processos geológicos sobre questões de morfometria, propriedades geológicas, pedológicas, disposições geomorfológicas das encostas, e das acomodações espaciais das bacias hidrográficas. Já a induzida, é a questão da probabilidade de ocorrência de eventos geológicos de acordo com a interação antrópica. E os fatores que as influenciam são divididos em endógenos e exógenos.

De acordo com Alheiros *et al.* (2003), os fatores de susceptibilidade ao risco geológico de deslizamento se dão por geológicos, morfológicos, climáticos, hidrológicos e antrópicos. Conforme mostra o Quadro 3:

- a) Geológicos: Diretamente ligados as questões aos atributos dos materiais e aos processos que acontecem sobre eles. Em linhas gerais, o terreno será susceptível a um evento, de deslizamento ou erosão, de acordo com suas características estruturais, texturais ou litológicas.
- b) Morfológicos: A forma de relevo da encosta manifesta a condição de equilíbrio que ela apresenta. A condição de equilíbrio dependerá dos processos exógenos de equilíbrio e os tipos de materiais dispostos no local sob a condição climática. As encostas que apresentam maior susceptibilidade ao deslizamento são as altas, extensas, de perfis côncavos, de baixa sinuosidade e alta declividade.
- c) Climáticos: Temperatura e umidade são desencadeadores potenciais do intemperismo químico. E de ponto de vista geológico, por esses fatores, ocorre a argilização de componentes presentes nos maciços formados por quartzo e feldspato, que é como os depósitos arenosos da Formação Barreiras são principalmente formados. E este fenômeno potencializa a ocorrência de deslizamentos.

Junto a isso, se apresenta a questão das chuvas que caem ao longo da estação invernal, que podem tanto causar erosão da encosta com o escoamento quanto podem desestabilizar o maciço internamente com a infiltração e saturação do solo, proporcionando o deslizamento.

Gusmão *et al.* (1987), a partir do monitoramento aos morros da cidade de Olinda, que se apresentam com o mesmo tipo de formação dos morros do Recife, identificou uma relação entre instabilidade das encostas e precipitações, baseados às coletas dos níveis piezométricos.

$$R = P_{ac} \times I_i$$

Onde:

R é a relação entre a precipitação e os níveis piezométricos;

P_{ac} a precipitação acumulada (mm);

I_i a intensidade da chuva concentrada (mm).

Com o parâmetro de $R = 60.000\text{mm}^2$ é o limite para a ocorrência de deslizamentos, representando o nível máximo d'água suportado em condições de estabilidade.

Logo, quando chuvas acumuladas (soma das precipitações desde o início do inverno) atingem 600mm, basta uma chuva de 100mm para desestabilizar as encostas e desencadear movimentos de massa em grande escala.

- d) Hidrológico: Quanto maior for o volume da rede drenante e o agrupamento das linhas d'água, a região se torna mais susceptível ao risco geológico. Isto abrangendo tanto as águas superficiais, causando os processos de erosão, e as águas de infiltração, penetrando nos solos, saturando espaços vazios, estendendo mananciais e desestabilizando internamente a encosta potencializando o risco de deslizamento.
- e) Antrópicos: Na composição de formação do risco, o papel humano tem grande influência. Os riscos não se devem às questões naturais do ambiente, mas principalmente como e da forma que essas áreas são ocupadas, como cortes, aterros mal adensados, lançamentos das águas servidas e o acúmulo de lixo na região e frequência da alta densidade populacional.

Para Varnes (1984), em seus estudos voltados a susceptibilidades de riscos geológicos e de deslizamentos, se assume quatro vertentes principais:

- Diante das mesmas condições climáticas, hidrogeológicas, geomorfológicas e geológicas do passado, os deslizamentos irão acontecer;
- Fatores físicos identificáveis controlam as principais condições desencadeadoras dos deslizamentos;
- O grau de perigo poderá ser avaliado;
- Poderá ser identificado os tipos de ruptura dos deslizamentos das encostas.

Quadro 3: Quadro de fatores de susceptibilidade

Fatores de Suscetibilidade	Geológicos	Litologia Textura Estrutura Pré-adensamento
	Morfológicos	Altura da encosta Forma da encosta (<i>perfil</i>) Extensão da encosta Declividade da encosta Sinuosidade da encosta
	Climáticos	Chuva acumulada Chuva concentrada Umidade Temperatura
	Hidrológicos	Densidade da rede de drenagem Concentração das linhas d'água Altura do nível freático
	Antrópicos	Densidade populacional Frequência de cortes e aterros Taxa de solo exposto Focos de lançamento de águas servidas Número de fossas nas encostas Focos de lançamento de lixo

Fonte: ALHEIROS, 2003.

2.2.4.2. PROCESSOS QUE CAUSAM ACIDENTES

Segundo Alheiros *et al.* (2003), os fatores que ocasionam acidentes em encostas é a ação da água no relevo, erosões e os movimentos de massa.

- a) Ação da água no relevo: Com a ocupação antrópica na região de morros, houve-se a descaracterização do meio, com cortes, aterros e retirada da cobertura vegetal, o relevo dispôs de outro aspecto. Logo, a água que escorria suavemente sobre a encosta, com essas mudanças, teve-se um grande aumento do escoamento em sua energia potencial. Com o talude desprovido de proteção natural e com uma geomorfologia modificada, ele passa a absorver muito mais água para o subsolo, saturando o maciço, potencializando a ocorrência de erosões, rupturas e deslizamentos.
- b) Erosões: A erosão é um fenômeno resultante da remoção e transportação do solo ou outros materiais friáveis instigados pela ação de um fluido. Águas do escoamento superficial no talude, podem ocasionar uma alta taxa de erosão em função da duração e intensidades das chuvas na região. Se os terrenos forem arenosos, sem cobertura vegetal, podem potencializar ainda mais a ocorrência deste risco, acarretando grandes remoções de sedimentos, ocasionando avarias ao meio natural e social.
- c) Movimentos de massa: Processos gravitacionais que diante de desestabilizações de terrenos inclinados, como as encostas, movimentam sedimentos, blocos de rocha, solos ou sedimentos. Podem ter magnitudes pequenas como o exemplo dos rastejos, ou catastróficos como corrida de lama ou areia, rolamentos de rochas ou deslizamentos de solos e sedimentos. A questão do rolamento de rochas se dá pela instabilidade da geomorfológica da rocha que se desintegra e vai criando falhas ao ponto de deixá-las dispersas no meio em que estão assentadas, ocasionando o desastre. Diferentemente das outras ocasiões que são instabilidades ocasionada pelo fluxo d'água desestabilizando o maciço ao ponto do deslizamento gravitacional ou o assoreamento superficial como os rastejos ou as corridas. Com uma ressalva para os deslizamentos de solos, que para a ocorrência de sua instabilidade, fatores como a carga externa nas encostas, o peso próprio e a resistência do solo, se juntam com o fator do fluxo d'água.

2.2.5. GERENCIAMENTO DE DESASTRES E RISCOS

Segundo a PNDC (2007), a diminuição das ocorrências de desastres é alcançada pelas seguintes etapas:

- Prevenção de desastres;
- Preparação para desastres e emergências;
- Repostas aos desastres;
- Reconstrução.

Bandeira (2010) reforça que o gerenciamento de desastres se concebe em três fases ou etapas:

- a) Antes: Momento que antecipa a catástrofe, desenvolvido pelas etapas de prevenção e preparação, onde são concebidas ações para mitigar o impacto dos desastres, tendo como exemplo as análises de riscos, execução de projetos de engenharia, práticas de políticas públicas e a educação ambiental na comunidade.
- b) Durante: É o próprio desastre. Fase esta que é representada pelas ações emergências de resposta ao evento que visa o salvamento e auxílio às vítimas, e a restauração do cenário do desastre.
- c) Depois: Como última fase, são as medidas de reconstrução de médio e longo prazo visando restabelecer as funcionalidades básicas da comunidade como os serviços essenciais, além de serem feitas avaliações técnicas das áreas mais afetadas, sua avaliação de danos e reconstrução das casas afetadas.

De acordo com estudo de Alheiros *et al.* (2003), propondo gerar a possibilidade de condição de estabilidade, as soluções estruturadoras só são viabilizadas quando as encostas são tratadas como um todo, englobando serviços de retaludamento, proteções superficiais, sistema de drenagem, obras de contenções, como por exemplo os muros de arrimo, Figura 10. No entanto, é de suma importância uma visita prévia de inspeção para a identificação de particularidades de cada localidade que irá ter a intervenção, pois não há uma homogeneidade de todos os casos existentes. Cada situação poderá ter uma intervenção diferente umas das outras, sejam obras sem estruturas de contenção, como representada na Figura 11, ou com estruturas de contenção, ou até mesmo obras de proteção para massa movimentadas, como pode-se ver no Quadro 4 a seguir:

Quadro 4: Quadro de fatores de susceptibilidade

Grupos	Subgrupos		Tipos de Obras
Obras sem estrutura de contenção	Retaludamento	Cortes	Taludes contínuo e escalonado
		Aterro compactado	Carga de fase de talude (<i>muro de terra</i>)
	Proteção superficial	Materiais naturais	Gramíneas
			Grama armada com geossintético
			Vegetação arbórea (<i>mata</i>)
			Selagem de fendas com solo argiloso
		Materiais artificiais	Canaleta de borda, de pé e de descida (<i>ver caps. 10 e 13</i>)
			Cimentado
			Geomanta e gramíneas
			Geocélula e solo compactado
			Tela argamassada
			Pano de pedra ou lajota
			Alvenaria armada
			Asfalto ou polietileno
			Lonas sintéticas (<i>pre e outros materiais</i>)
Obras com estrutura de contenção	Estabilização de blocos	Retenção	Tela metálica e tirante
		Remoção	Desmonte
	Muro de arrimo	Solo cimento	Solo cimento ensacado (<i>sacos de fibra têxtil ou geossintética</i>)
		Pedra rachão	Pedra seca (<i>sem rejunte</i>)
			Alvenaria de pedra (<i>com rejunte</i>)
		Concreto	Concreto armado
			Concreto ciclópico
		Gabião	Gabião-caixa
	Outras soluções de contenção	Bloco de concreto articulado	Bloco de concreto articulado (<i>pré-moldado encaixado sem rejunte</i>)
		Solo-pneu	Solo-pneu
		Terra armada	Placa pré-moldada de concreto, ancoragem metálica ou geossintética
		Micro-ancoragem	Placa e montante de concreto, ancoragem metálica ou geossintética
		Solo compactado e reforçado	Geossintético
			Paramento de pré-moldado
Obras de proteção para massas movimentadas	Contenção de massas movimentadas	Materiais naturais	Barreira vegetal
		Materiais artificiais	Muro de espera

Fonte: ALHEIROS, 2003.

Figura 10: Processo de execução de um muro de arrimo



Fonte: AUTOR, 2020.

Figura 11: Defesa civil do Recife colocando lona em encosta



Fonte: ANDRÉA REGO BARROS/PCR, 2020.

Na RMR, há dois grandes exemplos de gestão contra problemas relacionados a tais riscos geológicos que são o Programa Viva o Morro, criado pela CONDEPE/FIDEM, e a Operação Inverno, desenvolvida pela prefeitura do Recife. Programas estes que seguem as diretrizes recomendadas pela ISRDN, 2005, que visam a redução e erradicação dos riscos por meios de mapeamentos de riscos, medidas estruturais (obras de engenharia), medidas não estruturais (ações paliativas de médio a longo prazo) e elaboração de planos municipais de redução de risco. A implementação destes programas teve uma efetividade positiva, apresentando resultado de redução do número de vítimas e das avarias econômicas ocasionadas por deslizamentos de encostas desde 2001. (PFALTZGRAFF, 2007).

2.2.6. AQUECIMENTO GLOBAL

De acordo o estudo de Oliveira (2008), a definição de aquecimento global é um exemplo de um fenômeno específico denominado de “Mudanças Climáticas” e se refere a crescente de temperatura da Terra de 1°C nos últimos 100 anos.

Segundo o estudo de Marchioreto-Muniz (2010), a definição de efeito estufa se dispõe como o fato que mantém nosso planeta com a temperatura média regulada de 14°C, pois sem ele, a temperatura média global seria de -19°C. Determinado fenômeno mantém o equilíbrio entre a energia refletida e recebida do sol, descontando o albedo. Sem este efeito não teria possibilidade de vida na Terra, pela da ausência de equilíbrio nas temperaturas do globo. No entanto com o acúmulo de

GEE, absorve a grande parte da energia refletida, causando um aumento cadenciado da temperatura global, desencadeando as mudanças climáticas.

Pelos estudos do IPCC (2021), as mudanças climáticas podem ser definidas como uma variabilidade climática média, natural ou influenciadas pela ação antrópica, que se estende por um determinado período.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

DOI: 10.51859/AMPLLA.DGE969.1123-3

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa compreende-se na região Norte-Noroeste do município do Recife. Localizada na região de morros da 3ª Região Política-Administrativa da cidade e dividida por três microrregiões, compreende os bairros, do Alto do Mandu, Apipucos, Casa Amarela, Dois Irmãos, Sítio dos Pintos, Alto José Bonifácio, Alto José do Pinho, Mangabeira, Morro da Conceição, Vasco da Gama, Brejo de Beberibe, Córrego do Jenipapo, Guabiraba, Macaxeira, Nova Descoberta, Passarinho, Pau Ferro.

De acordo com o censo da Prefeitura da Cidade do Recife, realizado em 2021, possui uma área de aproximadamente de 7009ha com uma população de 230.104 habitantes e uma densidade média de 2470,35Hab/ha. Sendo o bairro mais populoso o de Nova Descoberta, conforme apresenta a Tabela 1:

Tabela 1: Censo populacional e territorial dos bairros inseridos na região de morros da RPA-3

RPA	Microrregião	Bairro	Área Territorial (ha)	População Residente (Habitantes)	Domicílios (nº)	Densidade Demográfica (Habitante/ha)
3	3.1	Alto do Mandu	25	4655	1351	186,20
3	3.1	Apipucos	134	3342	991	24,94
3	3.1	Casa Amarela	188	29180	9296	155,21
3	3.1	Dois Irmãos	585	2566	737	4,39
3	3.1	Sítio dos Pintos	180	7276	2132	40,42
3	3.2	Alto José Bonifácio	57	12462	3570	218,63
3	3.2	Alto José do Pinho	41	12334	3510	300,83
3	3.2	Mangabeira	29	6950	2116	239,66
3	3.2	Morro da Conceição	38	10182	2955	267,95
3	3.2	Vasco da Gama	160	31025	9113	193,91
3	3.3	Brejo da Guabiraba	75	11362	3426	151,49

RPA	Microrregião	Bairro	Área Territorial (ha)	População Residente (Habitantes)	Domicílios (nº)	Densidade Demográfica (Habitante/ha)
3	3.3	Brejo de Beberibe	64	8292	2459	129,56
3	3.3	Córrego do Jenipapo	61	9246	2732	151,57
3	3.3	Guabiraba	4617	6330	1779	1,37
3	3.3	Macaxeira	125	20313	5807	162,50
3	3.3	Nova Descoberta	180	34212	9958	190,07
3	3.3	Passarinho	406	20305	5792	50,01
3	3.3	Pau Ferro	44	72	16	1,64

Fonte: AUTOR, 2021.

3.2. DESLIZAMENTOS NA ÁREA DE ESTUDO

O município do Recife tem um vasto histórico de ocorrências de deslizamentos de encostas relacionados a ocasiões de eventos pluviométricos extremos. Como pode-se ver na Figura 12.

Figura 12: Deslizamento de barreira no Brejo da Guabiraba em agosto de 2021



Fonte: BRUNO CAMPOS/JC, 2021.

Esta problemática foi se tornando mais grave a partir da década de 1980, época que foram registrados múltiplos escorregamentos na zona norte da cidade. Entre os anos de 1993 e 1996, onde foram registrados 757 deslizamentos de encostas, causando em média 50 mortes de por ano. (GUSMÃO, 1997).

Ocasão de catástrofe essa que desencadeia na cidade em períodos chuvosos e é potencializada pela alta taxa de ocupação inadequada na área de morros do

Recife que por si induz um acréscimo de carga no maciço e modifica a geomorfologia do ambiente, como podemos ver na Figura 13. A falta de urbanização destes espaços, a falta de intervenções estruturais definitivas, (por muitas vezes só há as intervenções não estruturais como aplicação de lonas plásticas e geomantes, que pela estrutura do material e pelas condições intempéricas da cidade, possuem um prazo de utilização útil frágil) e a falta de engajamento na educação básica de convivência em tal espaços também agregam como fatores de potencialização. Todos esses fatores provocam certa desestabilidade e assim o aumento da susceptibilidade de deslizamentos nestas áreas.

Figura 13: Morros do Recife.



Fonte: DIEGO NIGRO/JC, 2015.

Um grande marco neste retrospecto triste de acidentes de deslizamentos se deu no ano de 1996, onde um evento pluviométrico extremo de 139,4mm em 12 horas provocou uma catástrofe na localidade do Córrego do Boleiro, bairro de Nova Descoberta, Zona norte do Recife, ocasionando 12 óbitos e vários feridos. A Figura 14 mostra o resultado da ocorrência. A alta intensidade da chuva provocou desestabilizações físicas mútuas nas encostas da localidade, saturando-as, ocasionado o evento de deslizamento que proporcionou um rompimento de um tubo da COMPESA, levando o fator de segurança de estabilidade a zero. Um talude de 20 metros destruiu 10 casas.

No início do ano 2000 também houve um marco envolvendo calamidades de instabilidades de encostas junto ao regime extremo climático, onde se concebeu a maior média pluviométrica diária, 185,9mm em 24 horas, desde o ano de 1970, proporcionando vários deslizamentos e danos ambientais e sociais.

Figura 14: Vista aérea do acidente do córrego do boleiro em 1996.



Fonte: ALHEIROS, 1998.

O caso mais recente, registrado em 2021, foi um deslizamento ocorrido no Brejo da Guabiraba, Figura 15, após a forte precipitação de chuva ocorrida na cidade. O evento, além de ocasionar o deslizamento de uma encosta e provocar alagamentos na região, atingiu 6 casas, destruindo totalmente 3, deixando 3 pessoas feridas e um total de 20 pessoas, 6 famílias, desabrigadas, de acordo com o levantamento de dados do G1 Pernambuco.

No ano de 2019, a Defesa Civil do Recife executou em torno de 35 mil vistorias a pontos de riscos susceptíveis a deslizamentos, onde ao todo 11.852 pontos tiveram a intervenção da colocação de lonas plásticas. Menos que a metade dos pontos vistoriados. E a Prefeitura da Cidade do Recife realiza intervenções sociais às famílias que residem em locais de risco em encostas que foram vítimas das avarias ocasionadas pelas chuvas, com a implementação do auxílio moradia.

Figura 15: Destroços do acidente no Brejo da Guabiraba, 2021.



Fonte: CINTHIA FERREIRA/JC, 2021.

3.3. GERENCIAMENTO DE RISCOS E INTERVENÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO

Propondo a intervenção adequada nestas áreas de riscos, a Prefeitura da Cidade do Recife juntamente com órgãos como a URB-Recife, EMLURB e a Defesa Civil, atuam em conjunto para anular, de forma paliativa ou definitiva, todos os fatores de susceptibilidade em pontos potenciais ao risco.

Na referida RPA-3, existem duas bases da Defesa Civil do Recife, denominadas de Regionais. No caso, a Regional Noroeste localizada no bairro do Vasco da Gama, e a Regional Nordeste, localizada no bairro da Guabiraba. As bases fazem o trabalho de mapeamento, monitoramento e prática de medidas intervencionistas paliativas, como a colocação de lonas plásticas e geomantas, de todos os pontos de riscos referentes as localidades de seu domínio, e pratica o Programa Parceria, Figura 16. A Tabela 2 apresenta dados importantes do gerenciamento das referidas bases da RPA-3.

O Programa Parceria dispõe como o trabalho conjunto entre a Defesa Civil e a comunidade com intervenções estruturais definitivas. A Defesa Civil realiza a vistoria, executa o projeto de intervenção de contenção, orça o custo do material a ser utilizado e dispõe para a comunidade que entra com a mão de obra, no entanto, o processo executivo é fiscalizado do início ao fim pelo corpo de técnicos e engenheiros da Defesa Civil, Figura 17. Geralmente, tais obras se concebem de porte

pequeno, taludes pequenos, onde realiza-se contenções de alvenaria dobrada de tijolos com concreto armado, Figura 18.

Tabela 2: Levantamento de dados de gerenciamento das bases da Defesa Civil do Recife na RPA-3

Base	Nº localidades gerenciadas	Nº Pontos de riscos monitorados (média)	Localidades com mais ocorrências
Regional Noroeste	54	7300	Bairro do Vasco da Gama e o Buriti.
Regional Nordeste	37	1500	Córrego da Areia, Sítio São Braz, Sítio dos Pintos, Córrego da Fortuna.

Fonte: AUTOR, 2022.

Figura 16: Programa Parceria pela Regional Noroeste.



Fonte: DEFESA CIVIL, 2021.

Figura 17: Fiscalização do Programa Parceria no Córrego Jardim Primavera, Regional Nordeste.



Fonte: DEFESA CIVIL, 2021.

Figura 18: Obra concluída do Programa Parceria no Córrego Jardim Primavera, Regional Nordeste.



Fonte: DEFESA CIVIL, 2021.

Para obras de grande porte, a URB-Recife entra com o trabalho de fiscalização de execução de obras, Figura 18, de estabilização de encostas licitadas pela Prefeitura da Cidade do Recife. Fiscaliza a qualidade de execução e agilidade da obra, feitas por construtoras ganhadoras de licitações, também, quando necessário, a equipe de engenharia da autarquia propõe intervenções ou mudanças no projeto. Caso este ocorre quando o que se apresenta no projeto já não é o que se apresenta

em campo, pois a comunidade modificou o meio com novas construções de moradias.

Figura 19: Obra Rua Subida do Nazareno, Córrego da Areia, Nova Descoberta.



Fonte: AUTOR, 2021.

E a Emlurb intervém com o objetivo de limpeza de todas as obras já executadas após o período de 5 anos, pois, quando a obra é entregue e inaugurada, a responsabilidade de manutenção ou correção é da empresa construtora pelo período de 5 anos.

3.4. CHUVAS: EVENTO POTENCIALIZADOR DE DESLIZAMENTOS

3.4.1. CORRELAÇÃO ENTRE CHUVAS E DESLIZAMENTOS

Conhecido com um dos fatores potencializadores ao acontecimento dos deslizamentos, a chuva, correlacionada a este tipo de ocorrência, vem sendo estudada desde a segunda metade do século XX por vários autores, tanto nacionais e internacionais.

Segundo Pfaltzgraff (2007), a sistemática mecânica dos escorregamentos de encostas impulsionadas pelas chuvas pode ser considerada uma ação progressiva ou instantânea.

A ocorrência progressiva das chuvas, por se tratar de chuvas menos intensas e constantes que infiltra no solo do morro com mais sucesso e aumenta o peso

específico do solo ao ponto de deixar o maciço completamente saturado, o fazendo perder a resistência à coesão e de compressão e cisalhamento, impulsionando a deflagração dos deslizamentos.

Já o que se pode compreender sobre a ação instantânea, é a concepção de uma chuva com alta precipitação, forte intensidade em um curto período, aumentando então drasticamente o nível d'água no morro, ocasionando erosões e subpressões em descontinuidades.

Vários trabalhos científicos neste campo foram realizados, mas dentre a RMR, Gusmão Filho e Alheiros foram pioneiros em pesquisas para criação de uma metodologia de concepção prática e empírica dispondo a correlação entre os deslizamentos e os níveis piezométricos da cidade. Gusmão Filho (1998) determinou, com base de estudo no sítio histórico de Olinda, um valor base de 600mm de chuva para a saturação do solo onde se deflagaria o deslizamento da encosta. A formação geológica presente nas encostas da cidade de Olinda é diretamente correlacionada às encostas da cidade do Recife, inclusive na área de estudo, por isso os valores podem se aplicar à comparação. Já Alheiros (1998) utilizou-se de valores de chuvas médias anuais tendo as séries históricas descontínuas correlacionando com os graus de susceptibilidade, considerando então a chuva com um fator deflagrador e não um parâmetro aos cálculos de susceptibilidade, pois então a chuva irá apenas ser a ocasião que irá definir o momento de rompimento do equilíbrio de resistência do solo.

Podemos afirmar que esta correlação está baseada entre a precipitação e o número de ocorrências associados ou a escorregamentos em uma área específica, em certo período.

3.5. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS REFLEXOS EM ÁREAS DE ENCOSTAS

3.5.1. PREVISÕES DO IPCC À REGIÃO

Segundo o IPCC, estima-se que atividades antropogênicas, aquelas causadas pelo homem, aumentaram a temperatura média do planeta em pelo menos 1,07°C desde o final do século 18, época do início da Revolução industrial. Atividades essas que passaram a ser causas dominantes nas alterações do clima de toda a Terra. O aumento de temperatura fora proporcionado pela constante crescente queima de combustíveis fósseis e pelo desmatamento em grandes florestas do mundo, como

por exemplo a Amazônia, no Brasil. Isto desencadeia o acúmulo de GEE em nossa atmosfera.

As grandes concentrações de N₂O (óxido nitroso), CH₄ (metano) e o CO₂ (gás carbônico) na nossa atmosfera, provenientes da influência humana, dificultam o processo de efeito estufa em nosso planeta. Efeito esse que é um fenômeno natural favorecendo que a temperatura na Terra seja adequada para a existência de vida no planeta. Mas com o acúmulo de gases, a baixa atmosfera fica mais densa impedindo que o calor adquirindo pela radiação solar seja repelida ao espaço e assim aumentando a temperatura média do globo, causando então severas mudanças climáticas.

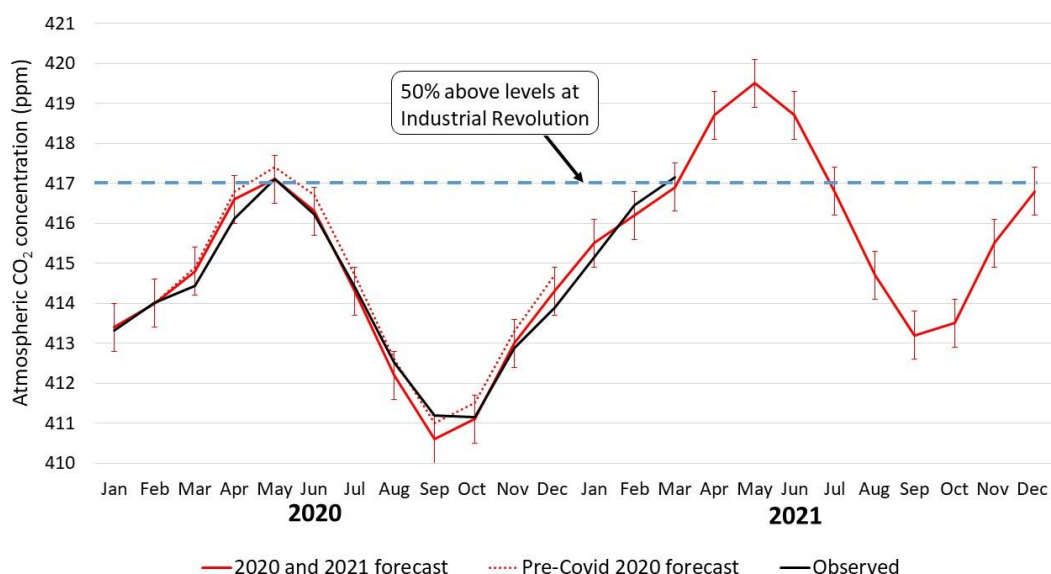
O aquecimento global gera impactos profundos como a extinção de espécies da fauna e flora, intensidade em fenômenos meteorológicos, a desregulagem em precipitações de chuvas, aumento do nível do mar.

Algumas consequências provenientes do acúmulo de emissões de gases do passado, já tornaram eventos irreversíveis em algumas regiões do planeta por este fenômeno. Derretimento das geleiras do Ártico, aumento do nível do mar engolindo cidades costeiras, aquecimento gradativo dos oceanos, são apenas algumas das consequências.

Em março de 2021, o Observatório de Mauna Loa, no Havaí, registrou 417,14ppm de CO₂, média essa que foi maior 50% que os níveis da era pré-industrial, que giravam em base de 278ppm.

O Met Office, com base nesses registros demonstraram a diferença de médias e ainda estimaram novos registros de emissão de dióxido de carbono (CO₂), como visto nas figuras 20 e 21 abaixo:

Figura 20: Gráfico comparativo de médias da emissão de dióxido de carbono (CO₂)



Fonte: REVISTA GALILEU, 2021.

Figura 21: Gráfico de médias móveis e estimativas de emissão e dióxido de carbono (CO₂)



Fonte: REVISTA GALILEU, 2021.

Com base nesta problemática, o Sexto Relatório de Avaliação do IPCC, AR6, projetou reflexos climáticos desagradáveis ao nosso planeta. Em seu principal enfoque, cientistas afirmam que entre 2030 e 2050 a temperatura da Terra irá aumentar 1,5°C a 2,0°C caso o cenário atual continue a ser desfavorável em relação a emissão de gases em nossa atmosfera.

As previsões, segundo o AR6 para a região nordeste do continente sul-americano, como representa a Quadro 5, que enquadra a área de estudo em questão em toda sua totalidade, é o aumento de ocorrências de fortes precipitações em curto

espaço de tempo e inundações pluviais, embora a região tenha uma diminuição nos valores do seu regime pluviométrico, e o aumento significativo do nível do mar na área norte do atlântico chegando a uma previsão de 1,20m.

Quadro 5: Quadro representando a previsão dos eventos climáticos na América do Sul (IPCC, 2021)

Region	Climatic Impact-Driver																		
	Heat and Cold				Wet and Dry					Wind			Snow and Ice				Coastal & Oceanic		
	Mean air temperature	Extreme heat	Cold spell	Frost	Mean precipitation	River flood	Heavy precipitation and pluvial flood	Landslide	Aridity	Hydrological drought	Agricultural and ecological drought	Fire weather	Mean wind speed	Severe wind storm	Tropical cyclone	Sand and dust storm	Snow, glacier and ice sheet	Permafrost	Lake, river and sea ice
Southern Central America (SCA)	●	●	●	●											2				
Northwestern South America (NWS)	●	●	●	●											2				
Northern South America (NSA)	●	●	●	●											2				
South American Monsoon (SAM)	●	●	●	●		1													
Northeastern South America (NES)	●	●	●	●															
Southwestern South America (SWS)	●	●	●	●															
Southeastern South America (SES)	●	●	●	●															
Southern South America (SSA)	●	●	●	●															

CHAVES	
■	Alta confiança de diminuição
■	Confiança média de diminuição
■	Baixa confiança na direção da mudança
■	Confiança média de aumento
■	Alta confiança de aumento
■	Não é amplamente relevante

Fonte: AR6 – IPCC, 2021.

3.5.2. EFEITOS EXTREMOS APLICADOS NA ÁREA DE ESTUDO

Os efeitos na região, pelo IPCC, aplicados à área de estudo se apresentam com alta gravidade, pois concebe-se efeitos climáticos extremos junto com todas as variantes de susceptibilidade envolvidas no meio, potencializando desastres geológicos colocando em risco toda a população que ali ocupa os espaços por necessidade.

O aumento do nível do mar impulsiona o aumento do nível d'água geral da cidade e consequentemente dos morros da cidade do Recife, aumentando o nível de saturação do solo proporcionando a perda de coesão e de resistência mecânica, e com os aspectos de fortes precipitações pluviométricas em curto espaço de tempo juntamente com inundações, só irá potencializar a ocorrência dos deslizamentos.

Em históricos do seu regime pluviométrico, a cidade do Recife apresenta dados de índices pluviométricos históricos que geraram grandes acidentes geológicos e memoráveis cheias. Os maiores índices pluviométricos do Recife apresentam-se no seu período de inverno, que começa oficialmente no mês de março e termina no mês de agosto, período em que a Defesa Civil abre as atividades da Operação Inverno. No entanto, em um retrospecto “recente”, se dava atípico eventos extremos de precipitação na cidade (acima de 100mm), ainda mais em curto espaço de tempo.

Segundo dados coletados da APAC (2022) em sua base de dados online, de um posto pluviométrico dentro da área de estudo trabalhada, na RPA-3, em um período de 20 anos, notou-se e comprovou-se dois fatores ditos pelo AR-6 do IPCC.

Primeiro que os índices do regime pluviométrico de meses invernosos da cidade, na maior parte dos anos em análise, vêm ficando abaixo da média móvel do período em estudo, como retrata o Anexo G e os gráficos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do Apêndice A, que representam os dados do referido anexo.

E segundo que precipitações extremas, que aconteciam de formas esporádicas e isoladas estão se tornando mais frequentes, e em precipitações extremas maiores de 100mm em menos 24 horas ou menos no período de inverno, como podemos ver na Tabela 3. Algumas dessas aferições até ultrapassam 1/4 do esperado para o regime mensal, não acompanham um regime de chuvas mais distribuídas durante o mês. Isto potencializa a susceptibilidade de poderosos acidentes geológicos colocando a vida de pessoas em risco, além de todo caos urbano gerado.

Tabela 3: Médias pluviométricas extremas coletadas do Posto Alto da Brasileira (Recife) da APAC.

Ano	Data	Período (h)	Registro (mm)	Acumulado mensal (mm)	Parcial de 24h para o acumulado (%)
2002	08/jun	24	115,9	481,9	24%
2005	23/mai	24	103,9	509,7	20%
2008	22/abr	24	100,4	373,9	27%
2010	18/jun	24	124	482	26%
2011	17/jul	24	129,9	462	28%
2014	09/set	24	115	339,1	34%
2016	16/abr	24	115,2	314,6	37%
2016	17/abr	24	112,9	314,6	36%

Ano	Data	Período (h)	Registro (mm)	Acumulado mensal (mm)	Parcial de 24h para o acumulado (%)
2016	10/mai	24	112,4	364,8	31%
2019	14/jun	24	135,3	405,4	33%
2019	24/jul	24	122,3	484,5	25%
2021	11/abr	24	127,5	324,7	39%
2021	14/abr	24	130,2	429,3	30%

Fonte: APAC, 2022.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E CONCLUSÕES

DOI: 10.51859/AMPLLA.DGE969.1123-4

Concebeu-se que a área de morros do Recife é uma área muito susceptível ao desastre geológico por fatores naturais e antrópicos e porventura disso, ocasiona extremas calamidades a esta parcela da população, que corresponde a 1/3 da população total do município.

E, as previsões climáticas dispostas pelos estudos aplicados do IPCC, com seu novo AR6, mostra que a ocasiões climáticas extremas já estão sendo vistas e sentidas na área de estudo, região de morros da RPA-3, a maior região de morros da cidade do Recife. Desregulagem nos regimes pluviométricos, precipitações extremas em curtos espaços de tempo, e consequentemente o aumento do nível do mar e do nível d'água da cidade.

Com essas mudanças climáticas extremas pode-se desencadear ainda mais drasticamente deslizamentos de encostas que ainda não sofreram nenhum tipo de intervenção estrutural de contenção por parte da Prefeitura da Cidade do Recife e seus órgãos executores e fiscalizadores. Uma grande parcela da população que ainda habita 8800 pontos potenciais de riscos em 91 localidades desta área, com ressalva para as localidades do Vasco da Gama, Buriti, Córrego da Areia, Sítio São Braz, Sítio dos Pintos e Córrego da Fortuna, poderá sofrer consequências, até mesmo mortais, dos eventos climáticos extremos previstos a região se não houver desde já intervenções pragmáticas definitivas e/ou mitigadores ao meio físico e ao aspecto climático.

A Prefeitura da Cidade do Recife terá que dispor de campanhas contra o aquecimento global, promovendo e incentivando laboratórios climáticos para uma fiscalização mais acentuada de extremas precipitações em qualquer período do ano, um plano de gerenciamento mais pragmático e progressivo para extinguir os riscos nas encostas da região, com instrução didática às comunidades, reurbanização e principalmente as intervenções estruturais, seja por parte da prefeitura ou de

programas como o Parceria promovido pela Defesa Civil do Recife, ao ponto que se elimine todos os pontos de risco da região estudada e assim garanta o bem estar da população ali ocupante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHEIROS, M. M. et al. Carta geotécnica da cidade do Recife: Subárea Geologia/Geologia de Engenharia – relatório final. 1990a. Relatório - Convênio FINEP/FNDCT/LSI-UFPE, 1990a.

ALHEIROS, Margareth Mascarenhas. Riscos de escorregamentos na região metropolitana do Recife. 1998. 135 p. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998.

ALHEIROS, M. M. SOUZA, M. A. A., BITOUN, J., MEDEIROS, S. M. G. M., AMORIM JÚNIOR, W. M. A. (2003). Manual de Ocupação do Morros da Região Metropolitana do Recife – Fundação de Desenvolvimento Municipal (FIDEM), Recife - PE, 2003.

ALHEIROS, M. M. Risco Geológico. Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2004.

AUGUSTO FILHO, O. Access to methods in landsline risk mapping by applying GIS techonologies and their possible use for insurance policies. Coop. Progm. São Paulo: IPT/USGS/CNPq., 1998. 29p.

BANDEIRA, A. P. N. Parâmetros técnicos para gerenciamento de áreas de riscos de escorregamentos de encostas na região metropolitana do Recife. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Recife - PE. 2010.

BIGARELLA, J. J. e ANDRADE, G. O. (1964). Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozoicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). UR -ICT. Arquivos, 2. Recife.

CARVALHO, C. Ciência e meio ambiente. Caderno: Cidades. Jornal do comércio. Recife, 18/03/2012. Disponível em: <http://jconlinedigital.ne10.uol.com.br/assinantes/restrito/>. Acesso em 11/10/2021.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Sistema de Informações Geoambientais da Região Metropolitana do Recife. Recife - PE, 2003.

FIDEM – Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. Mapeamento Temático da Cobertura Vegetal. Recife, 1979. Escala:1:100.000.

GUSMÃO FILHO, J.A. 1987. Controle de erosão nos morros do Recife. Ln: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4º, Marília, SP, ABGE. Anais, p.313-329.

GUSMÃO FILHO, J.A. 1995. A EXPERIÊNCIA EM ENCOSTAS OCUPADAS DO RECIFE: INTEGRAÇÃO TÉCNICA, INSTITUCIONAL E COMUNITÁRIA. Rev. IG. São Paulo, Volume Especial 1995.

GUSMÃO FILHO, J.A. 1997. “Chuva e Deslizamentos nas Encostas Ocupadas”. In: Workshop: A meteorologia e os Recursos Hídricos Aplicados à Defesa Civil – Recife – PE.

GUSMÃO FILHO, J. A. Fundações do conhecimento geológico à prática de engenharia. Ed. Universitária da UFPE, Recife, 1998.

G1 Pernambuco, 2021. Barreira desliza e atinge casas no Recife. Bombeiros socorrem moradores. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2021/08/10/barreira-desliza-e-atinge-casas-no-recife-bombeiros-socorrem-moradores.ghml>. Acesso em 13/11/2021.

<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso em 25/05/2022.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). Cidades e Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em 23/10/2021.

IPCC. Climate change 2021: IPCC Six Assessment; a report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S.l.: s.n.], 2021. 70p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.ipcc.ch%2Freport%2Far6%2Fwg1%2Fdownloads%2Freport%2FIPCC_AR6_WGI_Chapter_12.pdf&clen=11092397&chunk=true. Acesso em 20/09/2021.

MARCHIORETO-MUNIZ, R. 2010. Aquecimento Global: uma investigação sobre as representações sociais e concepções de alunos da escola básica. Mestrado (Dissertação), Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2010.

MEIRA, F. F. D. A. (2008). “Estudos do Processo Erosivo em Encostas Ocupadas”. Tese de Doutorado. UFPE. CTG. Engenharia Civil. Recife – PE.

MOPT, 1992. Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental: 4. Aeropuertos. Spain, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 1992.

OLIVEIRA, S. M. B. Base científica para a compreensão do aquecimento global. In: Veiga, José Eli da; Aquecimento Global: Frias Contendas. São Paulo: Editora Senac, 2008.

OLIVEIRA, M. S. de. Influência geológico-geotécnica na escolha dos tipos de fundações do bairro de Boa Viagem / Recife e elaboração de banco de dados de medições de recalques em edifícios. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco, Recife - PE, 2018.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. Mapa de Susceptibilidade a deslizamentos da região metropolitana de Recife. Tese de Doutorado em Geociências pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2007.

PNDC - Política Nacional de Defesa Civil (2007). Ministério de Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil, Brasília, 2007.

Revista Galileu, 2021. Atmosfera sobre Oceano Pacífico bateu recorde de CO2 em março. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2021/04/atmosfera-sobre-oceano-pacifico-bateu-recorde-de-co2-em-marco.html>. Acesso em 28/10/2021.

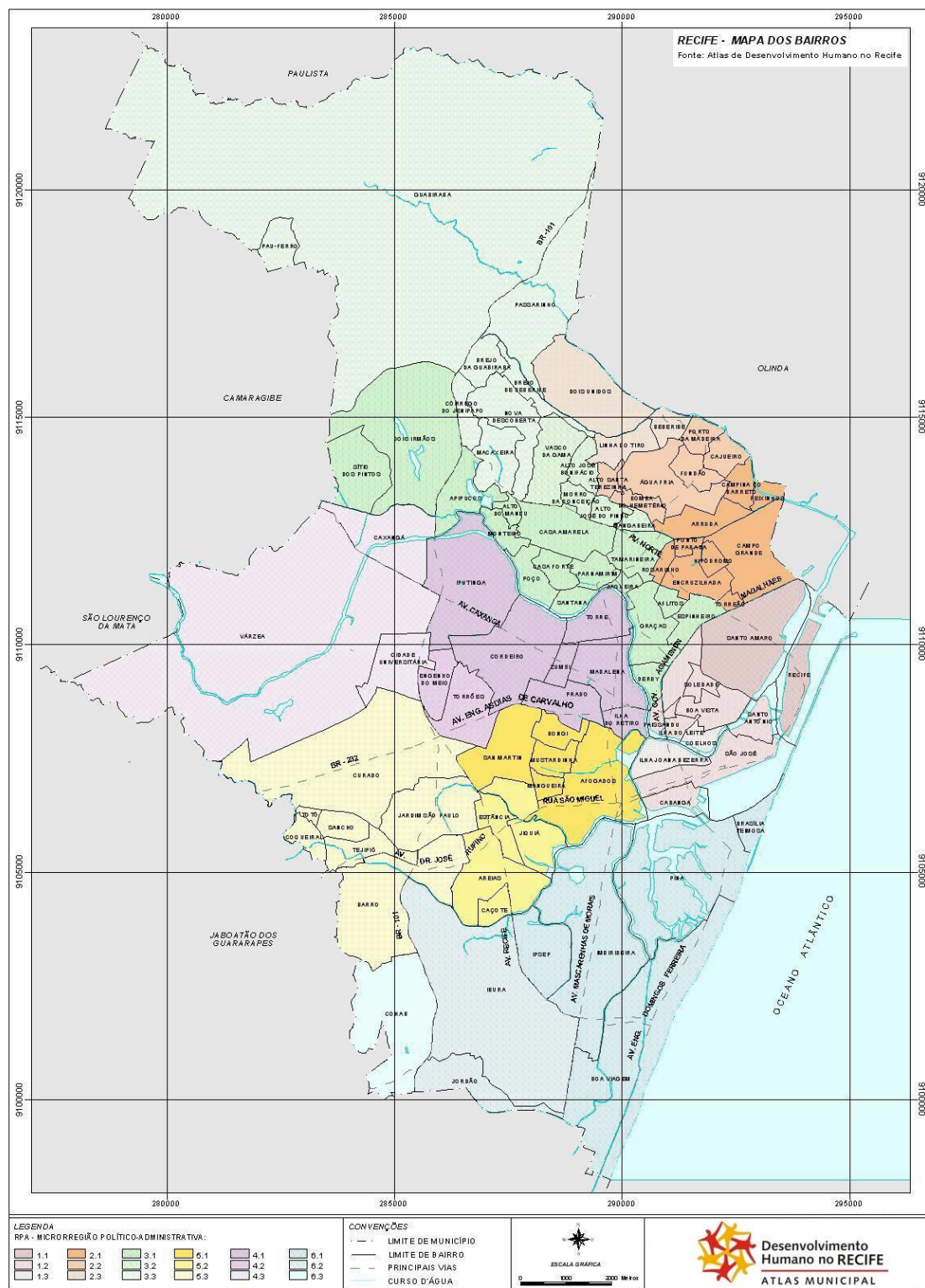
SOBREIRA, F. G. Cartas Geotécnicas em áreas sujeitas a escorregamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 5, 2004, São Carlos. São Paulo: ABGE, 2004. V. 1.

VARNES, D. J. Landsline hazard zonation: a review of principales and pratice. Paris: UNESCO, 1984. 63P.

VASCONCELOS A. et al, Atlas ambiental do Recife, Recife: Prefeitura da Cidade do Recife/Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente, 2000.

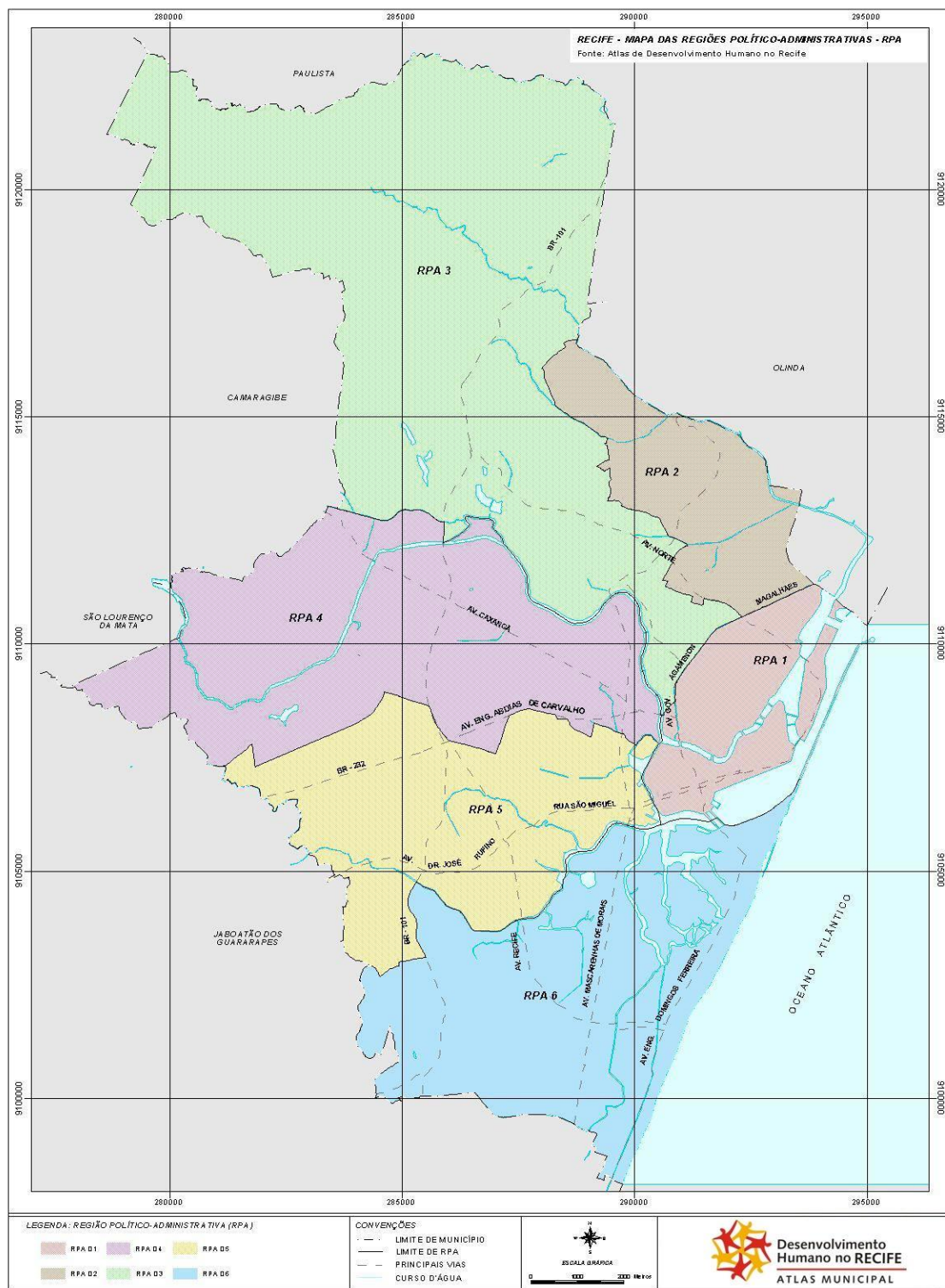
ANEXOS

Anexo A – Mapa dos bairros da cidade do Recife



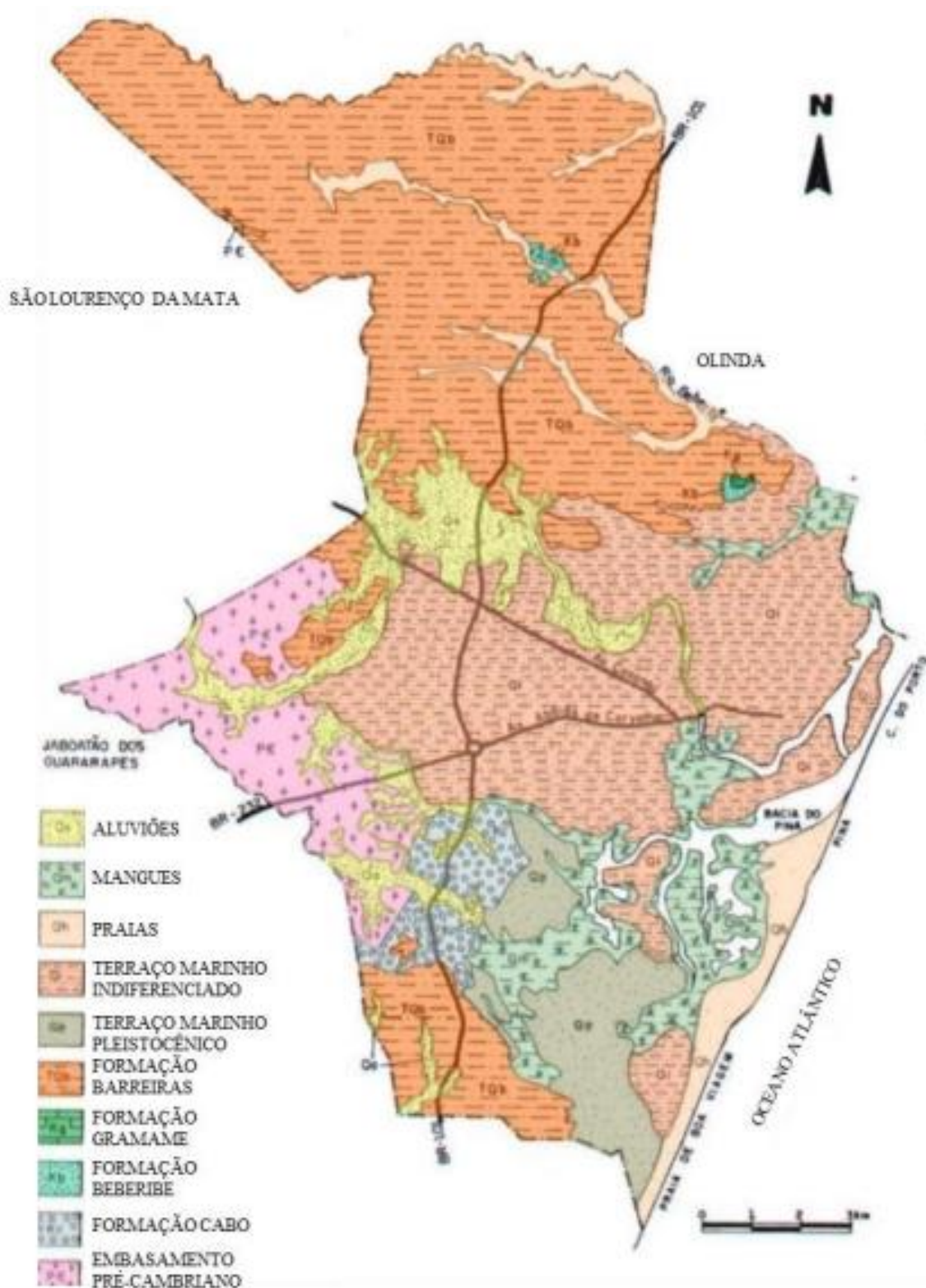
Fonte: PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, 2021.

Anexo B – Mapeamento das regiões político-administrativo do Recife



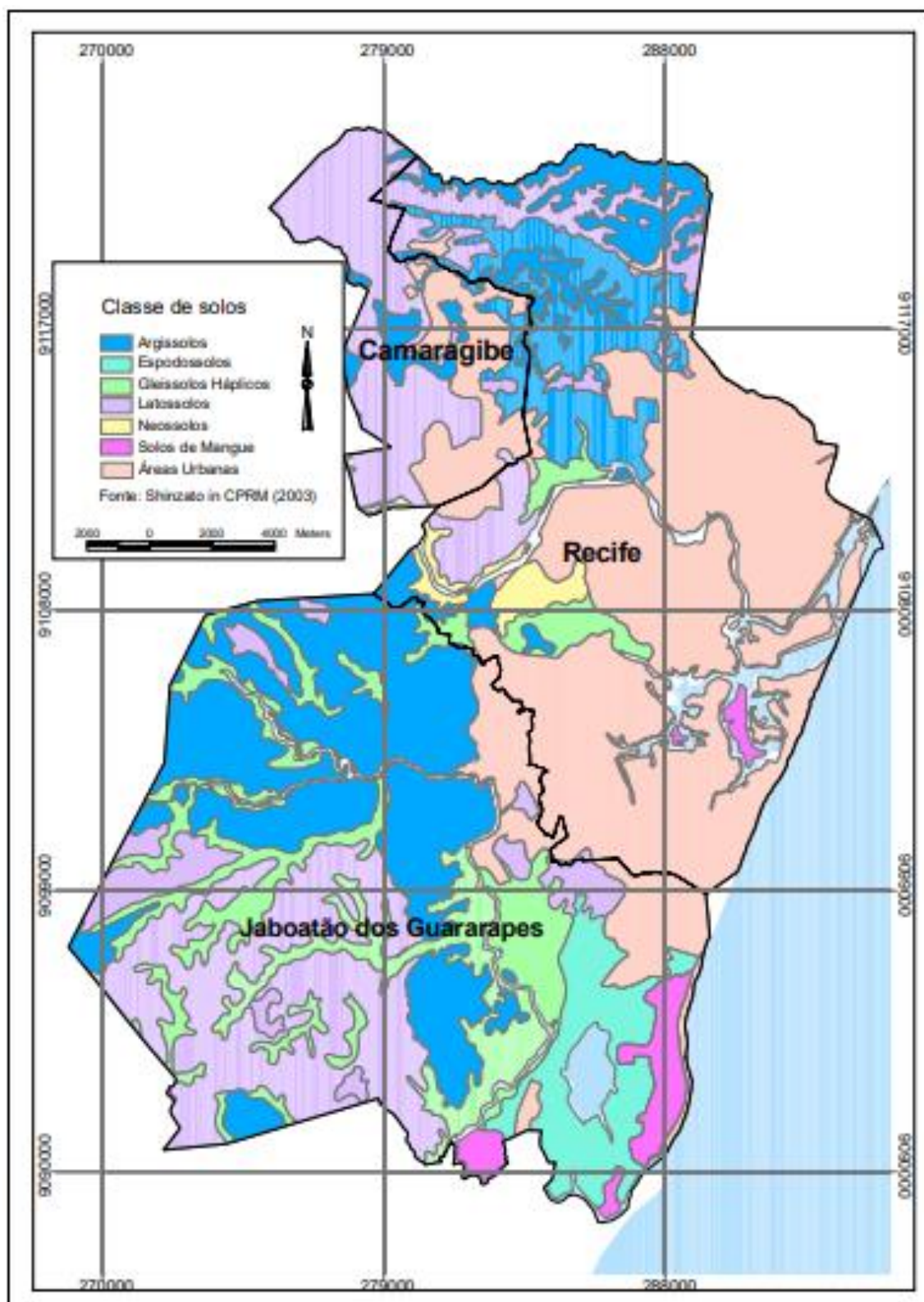
Fonte: PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, 2021.

Anexo C – Mapa geológico da cidade do Recife



Fonte: ALHEIROS ET AL., 1990a.

Anexo D – Mapa de solos do SiBCS dos bairros de Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes



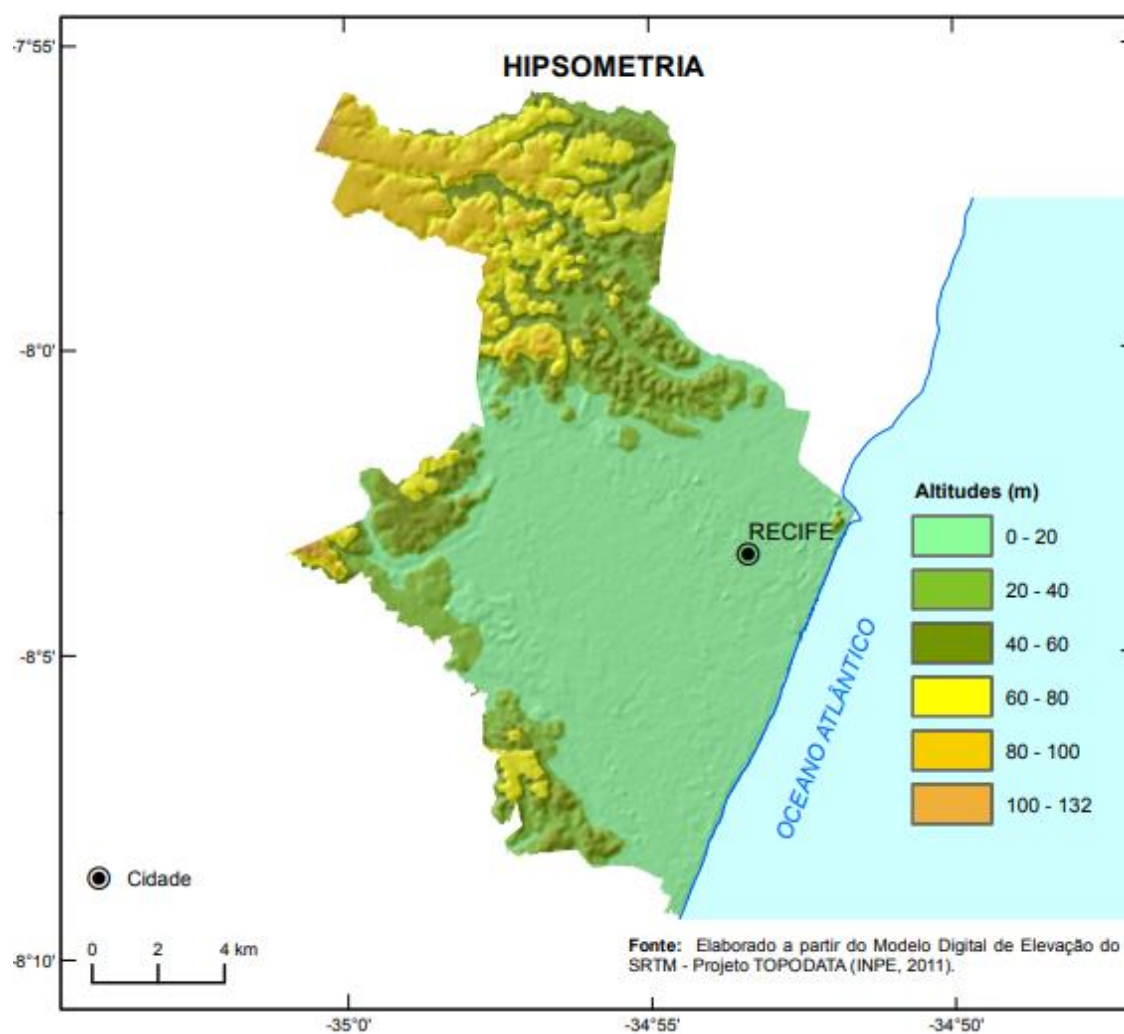
Fonte: BANDEIRA, 2010.

Anexo E – Bacias hidrográficas da Região Metropolitana do Recife



Fonte: PFALTZGRAFF, 2007.

Anexo F – Carta de Hipsometria da cidade do Recife



Fonte: CPRM, 2015.

Anexo G – Médias mensais de precipitações coletadas do Posto Pluviométrico Alto da Brasileira (Recife) da APAC durante o período 2001-2021

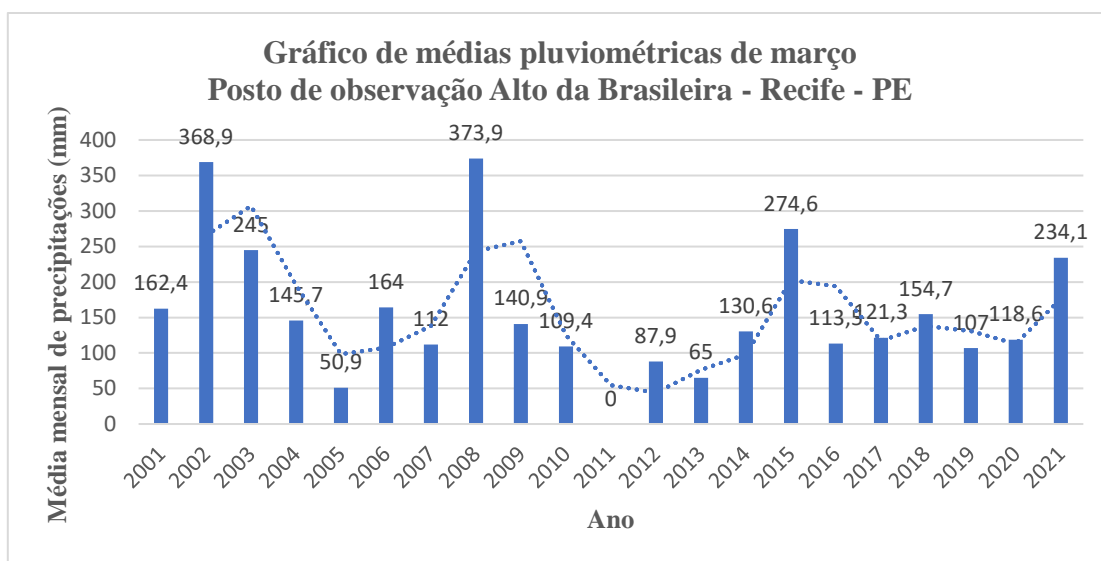
Ano	Precipitações mensais (mm)											
	Meses											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2001	53,7	16,2	162,4	279,8	43,3	360,6	346,6	185,3	121,6	125	9,4	8,3
2002	202,3	191,7	368,9	125,1	233,4	481,9	282,7	132,9	31	49,4	67,6	17,7
2003	35,1	113,4	245	125,6	208,9	446,1	236,2	154,7	115,1	77,9	14,3	25,5
2004	302,4	165,5	145,7	242,3	333,5	581,1	447,7	148,2	84	37,8	14,5	16,3
2005	6,6	66,3	50,9	114,5	509,7	621,8	112	305,7	17,4	39,3	6,5	143,3
2006	10,8	15,2	164	259,6	289,7	393,9	232,1	114,4	90,6	8,6	57,8	108,5
2007	66,9	146,8	112	339,1	214,2	344	237	238,9	137,9	28,2	22,8	27,8
2008	73,5	32	373,9	163,3	341	435,5	297,1	304,3	62,2	38,5	15,8	21,4
2009	93,7	308,7	140,9	285,6	299	267,5	362,7	190,9	57,3	3,7	27,8	55,6
2010	149,6	36,4	109,4	183,7	122,5	482	139,4	132,6	76,9	41,6	16	66,1
2011	132,4	5,6	-	149,2	444,9	243,1	462,7	188,6	31,7	24,4	93,6	16,8
2012	216,3	110,5	87,9	57,9	103,1	349,1	311,7	157	9	39,4	10,4	29,4
2013	124	35,1	65	4,5	202,5	400,5	476,9	196,4	161,3	56	67,3	158,4
2014	161,5	99,7	130,6	210,1	282,4	310,2	185,2	149,5	339,1	145,5	55,8	74,1
2015	50	53,8	274,6	41,2	217	391,7	488,2	68,7	45	20,7	9,8	45,2
2016	85,9	10,3	113,5	314,6	364,8	140,8	115,3	64,3	42,3	11,2	8,3	27,6
2017	12,9	25	121,3	222	252,4	339,6	357,4	100,2	63,3	54,3	10,2	31,8
2018	112,9	126,1	154,7	483,7	132,4	114,7	97,3	62	38,1	5,1	46,5	33,6
2019	75,9	41,9	107	214,3	197,1	405,4	484,5	149,3	85,7	58,6	4,7	19,7
2020	31,8	70,1	118,6	251,8	99,4	277,4	213,2	56,2	36,5	24,4	31,9	23
2021	57,5	97	234,1	324,7	429,3	185,8	223	203	45,4	20,3	28,8	117,9

Fonte: APAC, 2022.

APÊNDICE

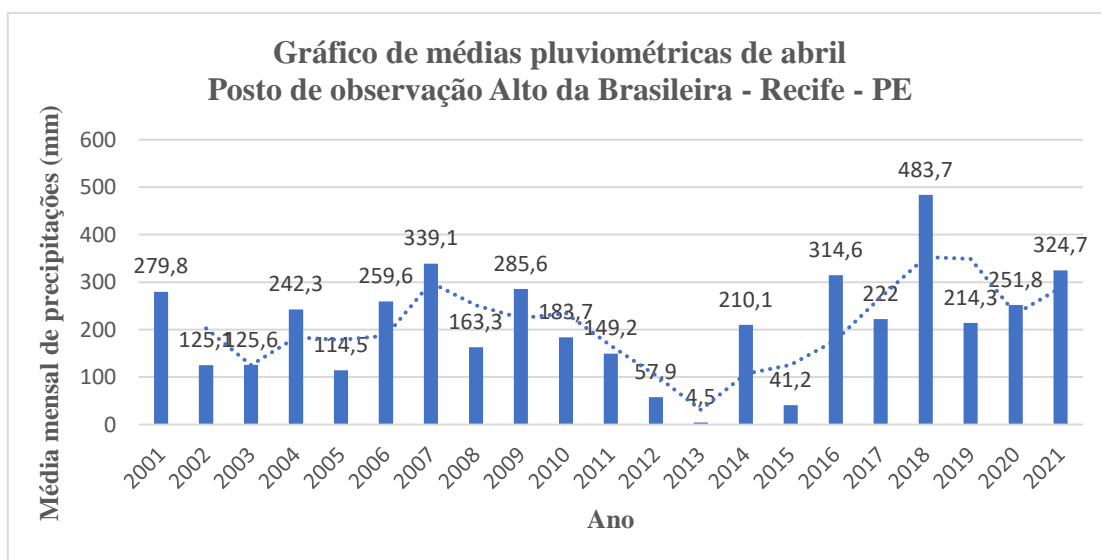
Apêndice A – Gráficos de médias pluviométricas do período de inverno da cidade do Recife coletadas do Posto Pluviométrico Alto da Brasileira (Recife) da APAC durante o período 2001-2021

Gráfico 1: Médias pluviométricas do mês de março.



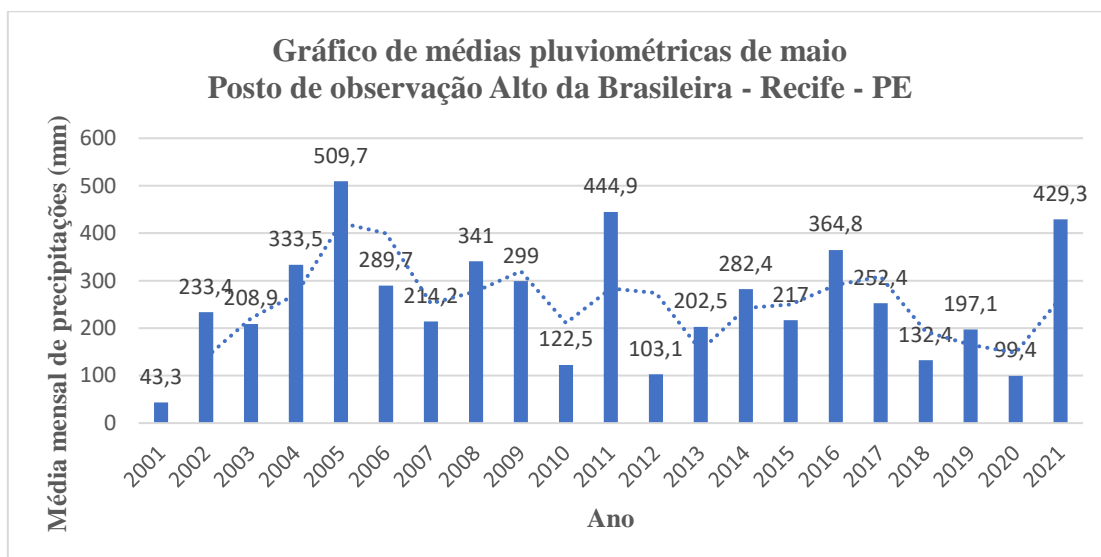
Fonte: AUTOR, 2022.

Gráfico 2: Médias pluviométricas do mês de abril.



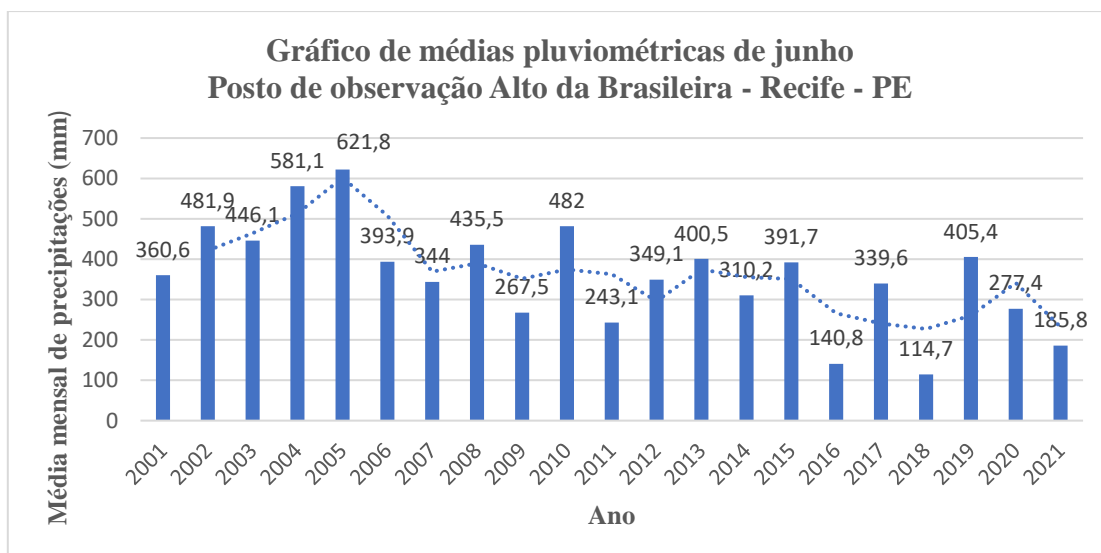
Fonte: AUTOR, 2022.

Gráfico 3: Médias pluviométricas do mês de maio.



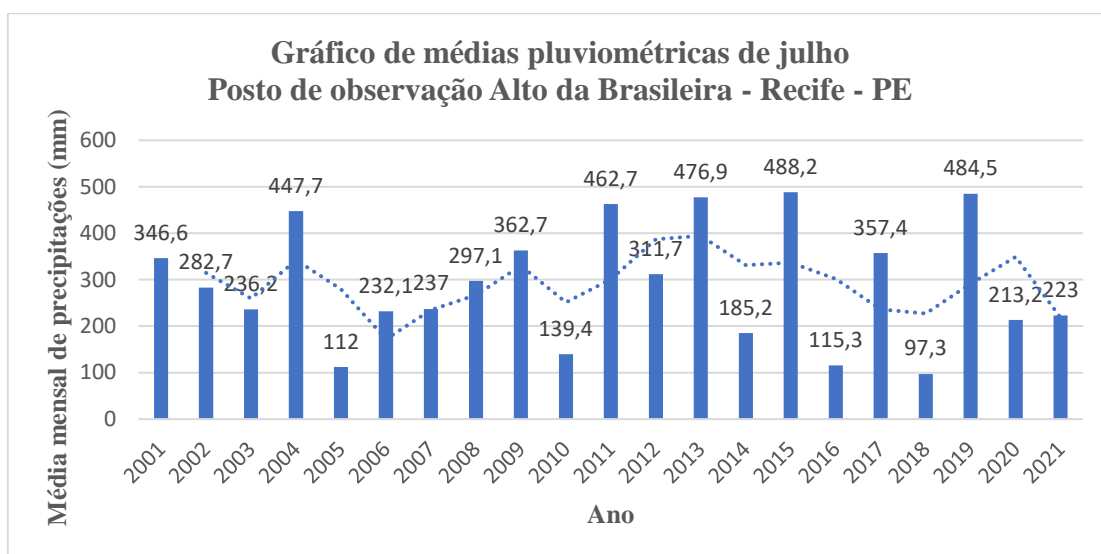
Fonte: AUTOR, 2022.

Gráfico 4: Médias pluviométricas do mês de junho.



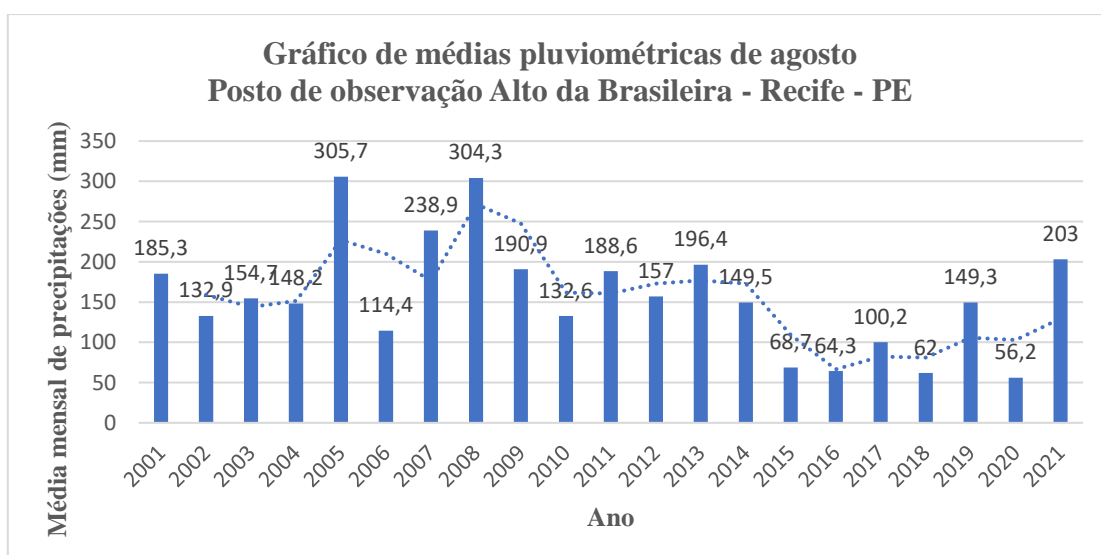
Fonte: AUTOR, 2022.

Gráfico 5: Médias pluviométricas do mês de julho.



Fonte: AUTOR, 2022.

Gráfico 6: Médias pluviométricas do mês de agosto.



Fonte: AUTOR, 2022.

SOBRE OS AUTORES



Ranávalo de Araújo Leal

Engenheiro Civil pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP) (2022); Técnico em Edificações pelo Centro de Ensino Grau Técnico (GRAUTEC) (2019). Atualmente mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais (PPGDPA) pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP).



Maurício Renato Pina Moreira

Possui Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Área de Transporte e Gestão das Infraestruturas Urbanas (2021), Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (1993), Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (1974). Foi Professor da Universidade Federal de Pernambuco de 01/03/1975 a 19/08/2019,

quando se aposentou como Adjunto 4. É Professor Adjunto da Universidade Católica de Pernambuco desde agosto de 2019. É Membro Titular da Academia Nacional de Engenharia e da Academia Pernambucana de Engenharia. Tem vasta experiência na área de Engenharia Civil, atuando principalmente nos seguintes temas: transportes urbanos, trânsito, mobilidade urbana, pavimentação e logística de transportes.

