



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

DAIANNE DE ALMEIDA

**PATOLOGIAS EM CONTENÇÕES: ESTUDO DE CASO NA ORLA DO PERPÉTUO
SOCORRO NA CIDADE DE MACAPÁ-AP**

**MACAPÁ-AP
2019**

DAIANNE DE ALMEIDA

**PATOLOGIAS EM CONTENÇÕES: ESTUDO DE CASO NA ORLA DO PERPÉTUO
SOCORRO NA CIDADE DE MACAPÁ-AP**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado ao Colegiado de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP,
como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Luís Henrique Rambo
Co-orientador: Prof. Msc. Adenilson Costa de
Oliveira

MACAPÁ
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá
Elaborado por Cristina Fernandes - CRB2/1569

Almeida, Daianne de.

Patologias em contenções: estudo de caso na orla do Perpétuo Socorro na cidade de Macapá - AP / Daianne de Almeida; Orientador, Luís Henrique Rambo; Co-orientador, Adenilson Costa de Oliveira. – Macapá, 2019.

122 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil.

1. Muro de arrimo. 2. Erosão. 3. Barragens. 4. Concreto armado. I. Rambo, Luís Henrique, orientador. II. Oliveira, Adenilson Costa de, co-orientador. III. Fundação Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

624.18341 A447p
CDD. 22 ed.

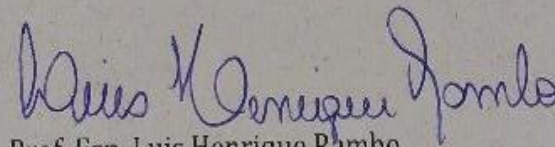
DAIANNE DE ALMEIDA

**PATOLOGIAS EM CONTENÇÕES: ESTUDO DE CASO NA ORLA PERPÉTUO SOCORRO
NA CIDADE DE MACAPÁ-AP**

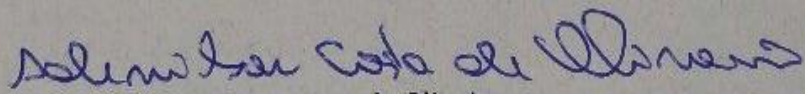
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Amapá (UNIFAP), como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Data de Aprovação: 03 de dezembro de 2019.

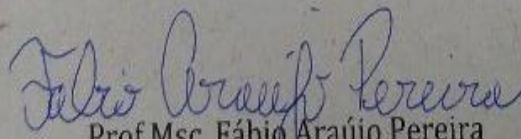
Banca Examinadora :


Prof. Esp. Luis Henrique Rambo

Orientador - UNIFAP


Prof. Msc. Adenilson Costa de Oliveira

Coorientador - Examinador Interno - UNIFAP


Prof Msc. Fábio Araújo Pereira

Examinador Interno - UNIFAP

MACAPÁ
2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, à Deus, inteligência suprema e causa primária de todas as coisas, que me revigorou de fé e forças para construí-lo no tempo e espaço necessários para o aprimoramento de minhas aprendizagens.

À minha mãe e minhas irmãs.

Dedico ainda aos meus amados filhos: Julia Fernanda, Afonso Júnior e Lucas Augusto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus colegas de curso, que durante este trajeto contribuíram para meu aperfeiçoamento, em especial à Jennifer Pinheiro e Fábio Lopes.

Agradeço a todos os professores do Curso de Engenharia Civil, que se dedicam na qualificação dos Engenheiros Civis do Amapá. Em particular, gratidão especial às Engenheiras Gabrielle Curcino, Gisele Almeida, Cristina Baddini, Pâmela Sá e Jennefer Lavor Bentes.

À Ana Cynthia Costa, por disponibilizar, tão gentilmente, suas pesquisas para composição da parte histórica sobre o bairro Perpétuo Socorro.

À equipe da Biblioteca Pública por possibilitar o acesso aos arquivos históricos do Estado do Amapá.

Ao Engenheiro Raimundo Pinheiro pela confiança em ceder livros e informações sobre a área em estudo.

Aos Engenheiros Caio Lobato, Igor Dias e Felipe Lobo por me acompanharem na última disciplina da graduação.

Ao Projeto Minerva, que aumentou minha motivação neste ano, reforçando o quão é importante para o mundo a representatividade feminina em todas as ciências, inclusive na Engenharia Civil.

À ONG Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Macapá, por me inserir numa rede de amigos que se disponibilizam a exercitar o voluntariado, a caridade, em prol da sociedade.

À diretora Patrícia Franca, que me apoiou nos dias difíceis nesta caminhada.

Aos meus orientadores, Professores Henrique Rambo e Adenilson Oliveira, que não mediram esforços nas orientações, e discussões sobre os dados para a conclusão deste trabalho.

Para Adrik Maciel, expresso, em destaque, meu mais expressivo agradecimento: pelas longas conversas antes das provas, pelas dúvidas esclarecidas, pelas inúmeras risadas, viagens, pelos compartilhamentos de arquivos, fotocópias, pelas discussões construtivas e significativas, medições na área de estudo, pela amizade e incentivos em concluir esta pesquisa. Gratidão, Adrik!

E por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a efetivação desta conquista: **MUITO OBRIGADA!**

Qualquer que vem a mim, e ouve as minhas palavras, e as observa, eu vos mostrarei a quem é semelhante. É semelhante ao homem que edificou uma casa, e cavou, e abriu bem fundo, e pôs os alicerces sobre rocha; e, vindo a enchente, bateu com ímpeto a corrente naquela casa e não a pôde abalar, porque estava fundada sobre rocha. Mas o que ouve e não pratica é semelhante ao homem que edificou uma casa sobre terra, sem alicerces, na qual bateu com ímpeto a corrente, e logo caiu; e foi grande a ruína daquela casa.

(Lucas 6:47-49).

RESUMO

Uma obra de contenção está sujeita à vários fatores agressivos: deterioração humana, ações características do ambiente onde está arrimado, dos materiais e da interação destes. O conhecimento destes fatores é caráter obrigatório para a elaboração de estudos de implantação, projetos, monitoramento e manutenção de tais estruturas. Quando a concepção e a execução são realizadas com qualidade, e mesmo assim a estrutura apresenta problemas patológicos, as falhas podem ter causas no uso inadequado da estrutura ou ineficiência do programa de manutenção. É campo da Patologia das Estruturas, identificar as causas patológicas, sinalizar adoção de medidas emergenciais – quando há riscos para pessoas, meio ambiente e para própria estrutura – diagnosticar quais técnicas serão empregadas para eliminar ou minimizar as anomalias e recomendar a possibilidade de recuperação, reforço ou demolição da estrutura. Este trabalho tem como objeto de estudo o muro de contenção edificado na orla do bairro Perpétuo Socorro na cidade de Macapá, que apresenta anomalias desde 2012, e em 2019, exhibe estado de colapso. Diante da complexidade das patologias existentes no muro, realizou-se inspeção preliminar no intuito de investigar os fatores de não-conformidades e patológicos, que corroboraram para a ruína parcial da estrutura de contenção. Utilizou-se *Check-List* fundamentado na literatura de vistoria de barragens e estruturas de concreto armado, mensurando o grau de risco e intensidade das anomalias a partir do *Método GUT*. Os resultados da priorização indicam que as medidas de controle de riscos são urgentes e necessárias. O score máximo ($GUT = 1000$) adverte que devem ser prioritárias ações para restrição ao acesso de pessoas à área de risco e estabilização dos deslocamentos evitando a ampliação de áreas perigosas.

Palavras chave: Patologias, Contenções, Muro de arrimo, Método GUT, Macapá.

ABSTRACT

A retaining structure is subject to several aggressive factors: human deterioration, environment actions where it is retained, materials actions and their interaction. The knowledge of these factors is mandatory for the elaboration of implementation studies, projects, monitoring and maintenance of such structures. When conception and execution are performed with quality, and nevertheless the structure presents pathological problems, the failures may be caused by improper use of the structure or inefficiency of the maintenance program. It is the field of Pathology of Structures, identifying pathological causes, indicating the adoption of emergency measures - when there are risks to people, the environment and the structure itself - to diagnose which techniques will be employed to eliminate or minimize anomalies and recommend the possibility of rehabilitation, reinforcement or demolition of the structure. This paper studies the retaining wall built on the waterfront of the Perpétuo Socorro neighborhood in the city of Macapá, which has had anomalies since 2012, and in 2019, is in a state of collapse. Given the complexity of the existing pathologies in the wall, a preliminary inspection was performed to investigate the nonconformities and pathological factors, which corroborated the partial ruin of the retaining structure. A checklist was used based on the literature of dams inspection and reinforced concrete structures, measuring the degree of risk and intensity of anomalies using the GUT method. The results of the prioritization demonstrate that the risk control measures are urgent and necessary. The maximum score (GUT = 1000) indicates that the priorities of the actions are: access restriction of people to the risk area and stabilization of the displacements to avoid the expansion of dangerous areas.

Keywords: Pathologies, Retainments, Retaining Wall, GUT Method, Macapá.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Nomenclaturas dos elementos para um muro de contenção	23
Figura 2 - Sistema de contenção com pneus sob a ponte Wall Ferraz (Piauí)	23
Figura 3 - Construção de muro de gabião em São José dos Campos	24
Figura 4 – Crib-Wall.....	25
Figura 5 - Muro de gravidade, em concreto, construído na orla do bairro Perpétuo Socorro em Macapá/AP	26
Figura 6 – Construção do muro de arrimo com sistema Bolsacreto – Município de Tartarugalzinho/AP	26
Figura 7 - Cortina de estacas-prancha metálicas utilizadas em contenções de obras subterrâneas no aeroporto de Congonhas (SP).....	27
Figura 8 - Cortina de estacas espaçadas	28
Figura 9 - Execução de muro atirantado.....	29
Figura 10 – Contenção com grelhas atirantadas	29
Figura 11 - Primeira obra de talude de solo reforçado com geossintéticos realizado em 1986 na SP-123	30
Figura 12 - Muro de 9m em solo reforçado nas montanhas de Antioquia, Colômbia.....	31
Figura 13 - Fluxograma para diagnóstico de uma estrutura de concreto armado.....	37
Figura 14 - Patologias mais comuns nas contenções do Rio de Janeiro.....	45
Figura 15 - Estabilidade de muros de arrimo	50
Figura 16 - Foto Aérea da Orla da Cidade de Macapá na década de 50	52
Figura 17 - Mapa de Expansão Urbana da Cidade de Macapá.....	53
Figura 18 – Evolução da supressão nativa na orla do Perpétuo Socorro em 2003, 2010, 2016 e 2019	54
Figura 19 - Distribuição dos grandes grupos de solos no estado do Amapá.....	55
Figura 20 - Chuva acumulada mensal x chuva (Normal Climatológica 61-90).....	56
Figura 21 - Precipitação acumulada com base na Normal (1981-2010)	57
Figura 22 - Normal Climatológica 1981-2010 para Macapá/AP	57
Figura 23 - Notícias sobre o muro de contenção no Perpétuo Socorro	60
Figura 24 - Patologia no muro de contenção em 2012 - Perpétuo Socorro.....	60
Figura 25 - Imagem do muro em 2014 divulgada pela imprensa local	61
Figura 26 - Localização do trecho crítico da contenção	62

Figura 27 - Croqui do muro de contenção na orla do Perpétuo Socorro	63
Figura 28 - Trecho do muro em estudo – Imagem de 2012	64
Figura 29 - Vista frontal do muro com placas pré-moldadas - Orla do Perpétuo Socorro	64
Figura 30 - Boca de lobo obstruído localizado na rua Beira Rio	65
Figura 31 - Boca de lobo obstruída - Rua Beira Rio	65
Figura 32 - Indícios de lançamento de águas residuais no Amazonas	66
Figura 33 - Vista do trecho do muro de contenção - 2019	67
Figura 34 - Placa pré-moldada.....	67
Figura 35 - Armadura de uma das placas pré-moldadas	68
Figura 36 - Armadura exposta de placa pré-moldada.....	68
Figura 37 - Juntas de dilatação aplicadas na calçada.....	69
Figura 38 - Detalhe do barbacã na placa pré-moldada	69
Figura 39 - Realização das sondagens na orla do Araxá	70
Figura 40 - Crianças brincando na área mais crítica da contenção	75
Figura 41 - Tubulação de água pluvial danificada	76
Figura 42 - Árvores plantadas na área destinada à calçada	77
Figura 43 - Presença de lixo no trecho da contenção	77
Figura 44 - Erosão sob a calçada	79
Figura 45 - Patologias na calçada	80
Figura 46 - Localização do desabamento em 08 de setembro de 2018	80
Figura 47 - Localização do desabamento em 09 de novembro de 2019.....	81
Figura 48 - Desgaste do concreto da viga.....	82
Figura 49 - Fissuras na viga.....	83
Figura 50 – Cobrimento insuficiente e corrosão da armadura da viga	84
Figura 51 - Presença de madeira na fase inferior da viga.....	84
Figura 52 - Argamassa para fixar as placas nos pilares.....	86
Figura 53 - Deslocamento dos pré-moldados	86
Figura 54 - Patologias nas placas pré-moldadas.....	87
Figura 55 - Moradores do bairro em passeio pela encosta do rio Amazonas na maré baixa. ..	87
Figura 56 – Desgaste do guarda-corpo	88
Figura 57 - Fissuras no elemento do guarda-corpo	89
Figura 58 - Deterioração da superfície do concreto	89
Figura 59 - Barbacãs instalados nas placas pré-moldadas.....	90

Figura 60 - Barbacã deteriorado	91
Figura 61 - Identificação utilizada para os pilares: da direita para esquerda	92
Figura 62 - Desagregação e exposição de armaduras.....	93
Figura 63 - Desgaste da superfície do concreto.....	93
Figura 64 – Anomalia observada no pilar 1	94
Figura 65 - Corrosão da armadura.....	94
Figura 66 - Desgaste do concreto por erosão	95
Figura 67 - Fissuras e trincas verticais e ferragem exposta.....	95
Figura 68 - Fissuras e trincas horizontais	96
<i>Figura 69 - Fissuras e trincas horizontais nos pilares voltadas para o rio.....</i>	<i>96</i>
Figura 70 - Detalhe das fissuras e trincas horizontais nos pilares.....	97
Figura 71 - Assoreamento e presença de lixo no rio Amazonas	98
Figura 72 - Presença de troncos e árvores tombadas.....	99
Figura 73 - Despejo de águas servidas	99
Figura 74 - Perfil de elevação da orla do Perpétuo Socorro.....	101
Figura 75 - Pontos críticos da contenção - 1	102
Figura 76 - Pontos críticos da contenção - 2	102
Figura 77 - Pontos críticos da contenção - 3	103
Figura 78 - Pontos críticos da contenção - 4	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis do Método GUT	39
Tabela 2 - Critérios para pontuação - Método GUT	40
Tabela 3 - Níveis de gravidade	41
Tabela 4 - Níveis de Urgência	41
Tabela 5 - Níveis de Tendência	41
Tabela 6 - Exemplo de preenchimento para um pilar – Método GUT adaptado.....	42
Tabela 7 - Causas dos acidentes com arrimo.....	42
Tabela 8 - Fatores condicionantes de processos erosivos.....	46
Tabela 9 - Tipos básicos de movimentos de massa	47
Tabela 10 - Classificação das velocidades dos Movimentos de Massa.....	48
Tabela 11 - Legenda para ficha de inspeção.....	72
Tabela 12 - Exemplo da ficha de inspeção visual para anomalias nos elementos do muro	72
Tabela 13 - Níveis de gravidade – Adaptado para muros de arrimo	73
Tabela 14 - Administração - Anomalias e Priorização dos riscos	74
Tabela 15 - Área urbana - Anomalias e Priorização dos riscos.....	75
Tabela 16 - Calçada - Anomalias e Priorização dos riscos.....	78
Tabela 17 - Viga- Anomalias e Priorização dos riscos.....	82
Tabela 18 - Painéis pré-moldados - Anomalias e Priorização dos riscos	85
Tabela 19 – Guarda-corpo - Anomalias e Priorização dos riscos.....	88
Tabela 20 - Drenos - Anomalias e Priorização dos riscos.....	89
Tabela 21 - Pilares - Anomalias e Priorização dos riscos.....	91
Tabela 22 - Área frontal do muro de contenção - Anomalias e Priorização dos riscos.....	97

SUMÁRIO

1. Introdução.....	16
1.1. Importância do estudo.....	16
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Geral	18
1.2.2. Específicos.....	18
1.3. Estrutura do trabalho.....	18
2. Contenções: histórico e tipologia	19
2.1. História das Contenções e da Engenharia Geotécnica.....	19
2.2. Tipologia	22
2.2.1. Muros de gravidade.....	23
2.2.2. Muros de flexão	27
2.2.3. Estruturas ancoradas	28
2.2.4. Estruturas de solo reforçados.....	30
3. Patologia das Estruturas de Contenção	31
3.1. Considerações iniciais.....	31
3.1.1. Conceitos	33
3.1.2. O diagnóstico das patologias	35
3.2. O Método GUT.....	39
3.3. Patologias mais comuns	42
3.3.1. Pesquisas sobre patologias em contenções.....	43
4. Considerações sobre projeto de contenções	45
4.1. Considerações iniciais.....	45
4.2. Movimentos de massas	46
4.2.1. Classificação dos movimentos de massa segundo a NBR 11682	46
4.3. Procedimentos preliminares para estabilização de encostas - NBR 11682	48
5. Caracterização da área em estudo	50
5.1. O bairro Perpétuo Socorro.....	50
5.2. Características do solo na Zona Costeira do Amapá	55
5.3. Condições hidrológicas e climáticas	56
5.4. Vulnerabilidade natural à erosão.....	58
5.5. Influência das marés.....	59
6. Características da contenção na orla do Perpétuo Socorro	59

6.1.	<i>Contextualização</i>	59
6.2.	<i>Dados gerais da estrutura</i>	62
6.3.	<i>Caracterização dos elementos da estrutura</i>	66
6.3.1.	<i>Pilares</i>	66
6.3.2.	<i>Viga</i>	67
6.3.3.	<i>Placas pré-moldadas</i>	67
6.3.4.	<i>Calçada</i>	68
6.3.5.	<i>Drenos</i>	69
6.4.	<i>Sondagens</i>	69
7.	<i>Inspeção no muro de arrimo na orla do Perpétuo Socorro</i>	71
7.1.	<i>Metodologia de inspeção</i>	71
7.2.	<i>Análises e discussões</i>	73
7.2.1.	<i>Administração</i>	74
7.2.2.	<i>Área posterior à contenção</i>	75
7.2.3.	<i>Calçadas</i>	78
7.2.4.	<i>Viga</i>	82
7.2.5.	<i>Placas pré-moldados</i>	85
7.2.6.	<i>Guarda-corpo</i>	88
7.2.7.	<i>Drenos</i>	89
7.2.8.	<i>Pilares</i>	91
7.2.9.	<i>Anomalias às margens do rio Amazonas</i>	97
	<i>Considerações finais</i>	100
	<i>Referências Bibliográficas</i>	106
	<i>Anexo A – Formulários</i>	110
	<i>Anexo B – Relatório Fotográfico</i>	118

1. Introdução

1.1. Importância do estudo

Inúmeros são os casos em que as estruturas deixam de atender às finalidades esperadas, perdendo sua capacidade de uso, funcionalidade e durabilidade. O colapso no conjunto da estrutura, ou de suas partes, pode ter como causa diversos fatores, tais como causas naturais (próprias do material usado na estrutura), ações externas, falhas humanas e circunstâncias excepcionais. Estes fatores causais podem se associar, em conjunto ou em sequência, para iniciar ou potencializar manifestações patológicas na construção.

Esta complexidade de causas e consequências, que corroboram para um desempenho insatisfatório da estrutura, gera a necessidade de se estabelecer uma análise sistemática das anomalias, de modo a reconhecer suas causas patológicas para então proceder com alternativas de recuperação da obra.

Diagnosticar uma estrutura com evidências patológicas, torna-se necessário para a determinação de suas reais condições de conformidade, segurança, conforto, durabilidade e desempenho; avaliando as anomalias existentes, suas causas, providências a serem tomadas para resguardar pessoas e propriedades de acidentes, assim como a definição de métodos a serem adotados para sua recuperação.

Uma análise das patologias consiste em classificar a agressividade ambiental na qual obra está exposta e por meio de inspeção visual, coletar medições, estimar possíveis consequências dos danos, não conformidades e averiguar a necessidade de medidas emergenciais. Estes estudos são essenciais para uma correta recuperação da estrutura, os quais devem anteceder a instrumentação e ensaios laboratoriais ou qualquer intervenção construtiva.

Como se vê, apesar da modernização do ato de construir e das normatizações regulamentadoras, deve-se ter compreensão de que os materiais não são perenes, sofrem ações desgastantes com o tempo, do ambiente ao qual está exposto, precisam de manutenção preventiva, tratamento e podem ser reabilitados.

Torna-se, portanto, fundamental o diagnóstico dos mecanismos patológicos dos elementos que compõe uma estrutura de Engenharia, o qual requer associação entre o trinômio

observação-leitura-reflexão sobre este complexo conjunto de fatores que geram a deterioração de uma estrutura.

O concreto tem papel de destaque no constante aumento de obras de engenharia devido sua alta resistência de compressão, maior durabilidade e disponibilidade no mercado. Quando aliou-se ao aço, na perfeita aderência entre os materiais, o concreto armado, tornou-se o material mais utilizado nas construções. Em contrapartida, também é o destaque em manifestações patológicas.

Quando uma estrutura ou um elemento de concreto apresenta desempenho insatisfatório, segundo Mather (1975) *apud* Brandão (1998), duas situações precisam ser analisadas: (a) as especificações são insuficientes, ou (b) as especificações são corretas, porém não foram executadas. Outra condição mencionada por Ércio Thomaz (1986), é que as normativas que regem sobre estruturas de concreto, precisam ser enriquecidas com orientações mais precisas sobre previsão de patologias a fim de que sejam reduzidas à níveis aceitáveis.

Além dos inconvenientes provocados pela presença de patologias, os custos econômicos para recuperação de estruturas relativamente novas (8 a 10 anos), para atingirem um certo nível de durabilidade e proteção, crescem exponencialmente quanto mais tarde for essa intervenção. (HELENE, 1997)

Neste contexto, a reflexão técnica, sobre os condicionantes que interferem negativamente na estrutura implicando em durabilidade e desempenhos insatisfatórios, é indispensável para decidir quais intervenções são necessárias, e emergenciais, para estender a vida útil da estrutura evitando altos custos de reparação.

Portanto, espera-se que este estudo sirva como suporte técnico para o entendimento das causas que afetam a contenção em concreto armado na Orla do Perpétuo Socorro e assim proceder com a escolha da melhor recuperação da estrutura.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

- Investigar os fatores de não-conformidades e patológicos, que corroboraram para a ruína parcial da estrutura de contenção localizada no bairro do Perpétuo Socorro em Macapá-AP.

1.2.2. Específicos

- Estruturar *Check-List* para inspeção em contenção, fundamentado na literatura de vistoria de barragens e estruturas de concreto armado;
- Aplicar o Método GUT na análise das patologias no muro de contenção e em seu entorno para melhor entendimento do grau de risco e intensidade das anomalias

1.3. Estrutura do trabalho

O capítulo 1 apresenta a relevância dos estudos patológicos de uma estrutura, os objetivos deste trabalho e a sua divisão.

O capítulo 2 contempla o histórico das contenções, da própria Engenharia Geotécnica e a tipologia dos muros de arrimo segundo a NBR 11682:2009.

No capítulo 3, faz-se uma abordagem sobre o campo Patologia das Estruturas, conceitos mais usuais, etapas para diagnosticar patologias, o do Método GUT e apresentação de patologias mais comuns em contenções.

O capítulo 4 realça as considerações obrigatórias, previstas na NBR 11682:2009, para projetos de estabilização de encostas.

O capítulo 5 caracteriza a área do bairro Perpétuo Socorro, apresentando histórico do bairro, aspectos hidrológicos e geológicos da Zona Costeira de Macapá.

No capítulo 6 apresenta-se as características da contenção e seus elementos construtivos.

O capítulo 7 contempla a metodologia aplicada na inspeção visual, a análise preliminar das patologias e não-conformidades, e discussões acerca das patologias de cada elemento da estrutura de contenção.

E por fim, o capítulo 8, apresenta as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

2. Contenções: histórico e tipologia

2.1. História das Contenções e da Engenharia Geotécnica

As obras de contenção no Brasil, conforme Hachich *et al.* (1998), foram motivadas por interesses colonizadores, como a construção de fortes costeiros, e, tiveram seu uso expandido para obras portuárias e de contenções urbanas no século XIX. Com a vinda da Corte Portuguesa, foram aplicadas como estruturas auxiliares na construção obras ferroviárias.

Registros arqueológicos, apresentados por Henriques (2008), ainda indicam construções de muros de arrimo ao longo dos séculos XVIII e XIX na exploração das minas de ouro em Minas Gerais. Neste levantamento foram identificados dezoito muros de contenção ao longo das ‘Minas de Socorro’.

Os muros são formados pela justaposição de blocos de rocha, da matéria prima local, ferro, quartzo ou xisto, de maneira a formar alinhamentos que podem chegar a dezenas de metros de extensão. Não foi encontrada estrutura com adição de argamassa, todas foram feitas pela técnica de ‘junta seca’. (HENRIQUES, 2008)

O mesmo autor ainda cita que os rejeitos das lavras eram confinados em muros de pedra, com funções de barragem.

Historicamente, os muros de arrimo estão entre as mais antigas obras de contenção, onde eram executados, desde 3200 anos a.C., com argila, na Mesopotâmia, atual Iraque. Também remonta desta época o uso de fundações por estacas para a construção de palafitas ou estradas em regiões pantanosas (Velloso & Lopes, 2010). Suas técnicas construtivas eram baseadas no empirismo racional e nas observações de métodos e processos empregados, com êxito, em obras análogas.

Na idade média, a cortina de estacas-prancha já era empregada como proteção de fundações de pontes, e em 1485, segundo (Velloso & Lopes, 2010), o italiano Leon Bathista

Alberti, publica um tratado de construção - *De re aedificatoria* - com algumas especificações referentes às estacas, tais como: a determinação da largura do estaqueamento em função da parede a ser suportada; o comprimento das estacas a partir da altura da parede; e relação entre o diâmetro e o comprimento das estacas.

Na história antiga até o período Pré-clássico da Mecânica dos Solos (1700 a 1776), as técnicas construtivas empíricas convergiram para um número considerável de colapsos de construções devido a combinações de falhas estruturais e/ou fundações deficientes. Preocupados com tantas catástrofes, pesquisadores iniciaram um levantamento das anomalias e suas causas. Destas pesquisas, perceberam que as causas desfavoráveis os colapsos incluíam a determinação equivocada da fundação para as características geológicas do lugar, subdimensionamento destas ou seu assente em camada imprópria. Nesse período, segundo Hachich et al (1998), a experiência acumulada por Sébastien Le Prestre de Vauban, engenheiro militar francês e especialista em fortificações com uso muros de arrimo e contrafortes, começou a ser teorizada. Vários outros nomes tiveram destaque: H. Gautier (1717) com os trabalhos sobre aterros arrimado; B.F. Bélidor (1729) em seu livro “*La Science des Ingénieurs...*” trata teórica e numericamente das pressões de terra e amplia, com respeito a fundações (possíveis ou não) em determinados solos; F. Gadroy (1746) que tratou de pressões sobre muros e superfícies de deslizamentos; J.R. Perronet (1769) apresentou memória pioneira sobre estabilidade de taludes de terra, distinguindo taludes naturais e de aterros e apontando o efeito da água sobre sua instabilidade; Rondelet (1770) fez ensaios com modelos de muros de arrimo maiores que o de Gadroy, medindo vários ângulos de escorregamentos; J. II. Lambert (1772), que racionalizou o projeto de fundações por estacas e sapatas.

Já no século XVIII, a partir do 1776, engenheiros e cientistas começaram a tratar propriedades e comportamentos dos solos de forma mais metódica, inaugurando o período clássico da mecânica dos solos (1776 a 1910), quando as obras construídas começam a seguir os preceitos da engenharia moderna. (Skempton, 1985 *apud* Das & Sobhan, 2007).

Segundo (HACHICH, et al., 1998), o marco inicial, da Mecânica dos Solos Clássica, é o trabalho “*Essai sur une des règles de maximis et minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l’architecture*”, publicado em 1776, pelo engenheiro e físico francês Charles Augustin Coulomb – que apresenta regras de máximos e mínimos aplicadas a estrutura de arrimo – causando enorme impacto na concepção destas estruturas de contenção. Em um dos capítulos desta publicação, acrescenta Barros (2006), Coulomb trata da determinação do empuxo lateral

aplicado pelo solo sobre uma estrutura de arrimo, e esta determinação é o passo mais importante no dimensionamento dessa contenção.

A teoria sobre pressões de terras em muros de arrimo que Coulomb desenvolveu, anotou corretamente que a cunha de escorregamento na superfície deste não era plana mas encurvada, entretanto bastante próxima do plano para este ser usado como simplificação; que o ângulo deste plano com a horizontal não era o de talude natural, mas dependia do coeficiente de atrito do solo (que podia ser reduzido pela umidade); que o solo, além do próprio, também desenvolvia atrito contra o muro, o que dava sobre este um empuxo não horizontal (simplificação) mas inclinado e que esse empuxo podia ser aumentado pela percolação d'água no material arrimado. (HACHICH, et al., 1998)

O trabalho de Coulomb (1776), ainda faz referência aos parâmetros de resistência dos solos (coesão e ângulo de atrito), além de enunciar os princípios básicos da resistência ao cisalhamento destes. Para Bueno & Vilar (2015), a pesquisa de Coulomb abrange análise da estabilidade de taludes, escavações, barragens de terra e aterros e um estudo da estabilidade de muros de arrimo, o que o torna, ainda hoje, tão importante e base principal para o dimensionamento de muros de arrimo.

Os sucessores Coulomb nesses estudos foram principalmente: Prony (1802), que difundiu sua teoria; Français (1820), que estendeu o estudo a solos coesivos sobre muros com tardo inclinado e a taludes de escavações; Navier (1833), que continuou as indagações sobre solos coesivos, principalmente sua estabilidade a longo prazo (com intemperismo); Poncelet (1840), que introduziu o símbolo ϕ para o ângulo (ainda igual ao de talude natural) cuja tangente era até então chamada de coeficiente de atrito e deu especial atenção às fundações do muro (capacidade de carga e profundidade destas, aumentando o empuxo passivo). (HACHICH, et al., 1998)

No final do século XVIII o engenheiro francês Jean Rodolphe Perronet, responsável pela construção das famosas pontes de Neuilly e da Concórdia sobre o Sena, publicou um ensaio “*Sur les pieux et sur les pilots ou pilotis*” no qual se encontram, além de regras práticas sobre comprimento, seção transversal, espaçamento e qualidade das estacas, algumas indicações sobre a resistência à cravação.

O fim da primeira fase do período Clássico da Mecânica dos Solos, segundo Das & Sobhan (2014), coincide com a data da primeira publicação de Willian John Macquorn Rankine (1820-1872), professor de Engenharia Civil da Universidade de Glasgow, na Escócia. Esse

estudo elucidou uma notável teoria sobre empuxo de terra e o equilíbrio de massas de terra. Em 1969, segundo Velloso & Lopes (2010), os pesquisadores Costet e Sanglerat publicam que as primeiras estacas de concreto armado foram utilizadas por Hennebique, em 1897, nas fundações das usinas Babcock-Wilcox.

Inúmeras e notáveis contribuições inspiraram e serviram de instrumento para o desenvolvimento de pesquisas na Engenharia Geotécnica. Segundo Braja Das (DAS & SOBHAN, 2014), as conferências internacionais, tais como a International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Sociedade Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica) – ISSMGE – foram instrumento de intercâmbio de informações relacionadas a estas pesquisas. E com o avanço da informática, inúmeras soluções, para diversos tipos de problemas geotécnicos, foram obtidas utilizando o método de diferenças finitas e elementos finitos, aprimorando esta área da engenharia civil.

2.2. Tipologia

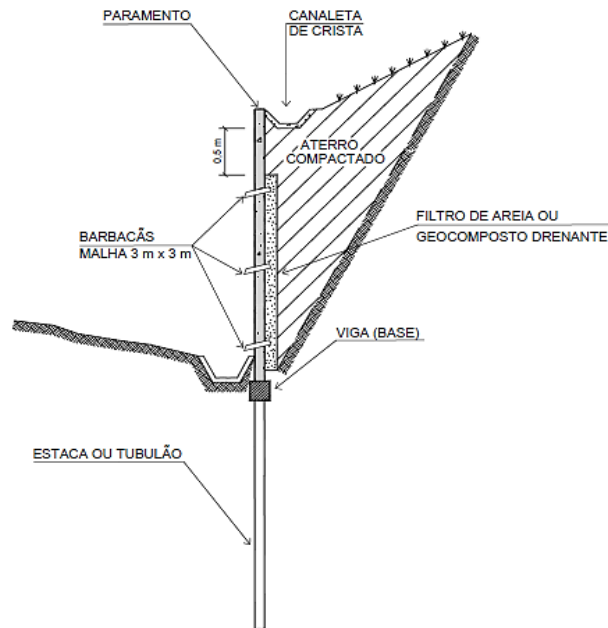
Contenções são obras civis construídas para estabilizar encostas. São edificadas numa fundação rasa ou profunda com paredes verticais, inclinadas ou perfil, em forma de escadas, dispostas contra o maciço formando assim um conjunto solo-estrutura equilibrado.

Gerscovich, (2011) descreve **muros** como estruturas corridas de contenção, de parede vertical ou quase vertical, apoiados sobre fundações diretas ou profundas, podendo ser construídos em alvenaria (tijolos ou pedras) ou em concreto (simples ou armado), ou ainda, de elementos especiais.

A Figura 1 mostra as nomenclaturas usuais para os elementos do muro de flexão.

A NBR 11682:2009 reuniu as estruturas de contenções 4 grandes grupos: Muros de gravidade, Muros de flexão, Estruturas ancoradas e Estruturas de solo reforçado. (ABNT, 2009)

Figura 1 - Nomenclaturas dos elementos para um muro de contenção



Fonte: Naresi¹ (2008)

2.2.1. Muros de gravidade

Formam uma estrutura corrida, monolítica, cuja estabilidade é garantida através do peso próprio da estrutura que se opõe aos empuxos horizontais. Podem ser de concreto simples, ciclópico, gabiões, alvenaria de pedra argamassada ou de pedra seca, tijolos ou elementos especiais.

Figura 2 - Sistema de contenção com pneus sob a ponte Wall Ferraz (Piauí)



Fonte: Portal G1 Piauí², 2019.

¹ Modelos esquemáticos de muros disponíveis em <https://sites.google.com/site/naresi1968/naresi>.

² Matéria disponível em <http://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2016/07/sistema-de-contencao-com-pneus-e-implantado-na-ponte-wall-ferraz.html>

O sistema de contenção com pneus também se configura como muro de gravidade (Figura 2). Segundo entrevista concedida à Agência Brasil³ (EBC), o professor Alberto Sayão, da PUC-RJ, destacou que além dos ganhos ambientais, a utilização de muros com pneus é a construção mais econômica entre os muros de peso.

Figura 3 - Construção de muro de gabião em São José dos Campos



Fonte: Portal da Rádio Piratininga⁴, 2019.

A Figura 3 mostra a execução de um muro de gabião em São José dos Campos (SP). A palavra **gabião** provém do indiano *Gabbioni* = *Gaiolões*. São muros de gravidade construídos pela superposição de "gaiolões" de malhas de arame galvanizado cheios com pedras cujos diâmetros mínimos devem ser superiores à abertura de malha das gaiolas.

³ Link para Matéria sobre muros de contenção com pneus: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/en/node/983850>

⁴ Notícia disponível em <https://www.radiopiratininga.com.br/prefeitura-de-realiza-servicos-para-conter-erosao-na-regiao-leste/>

Figura 4 – Crib-Wall



Fonte: Portal Virtuhab⁵ (UFSC), 2019.

Outro exemplo de muro de gravidade (ou peso) é mostrado na Figura 4. Crib-Wall são muros de arrimo formados de peças pré-moldadas de concreto armado, madeira ou aço, que são montados no local, em forma de "fogueiras" justapostas e interligadas longitudinalmente, cujo espaço interno é preenchido, preferencialmente, com material granular graúdo.

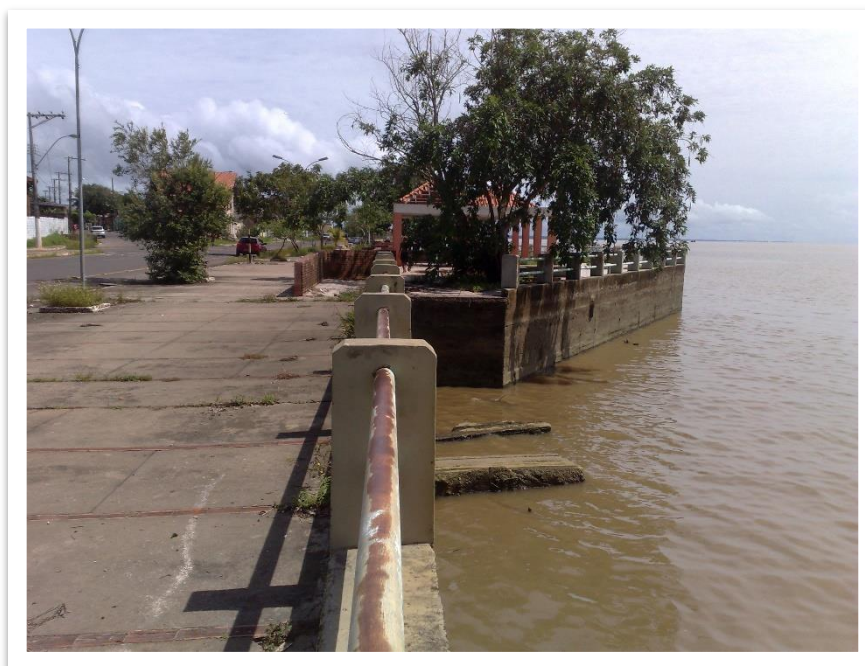
Outras soluções por gravidade são os muros de solo-cimento ensacados, e o sistema Bolsacreto.

Bolsacreto é um sistema construtivo composto por Geofomas Têxteis flexíveis, que são preenchidas com argamassa usinada, por bombeamento, inclusive na presença de água.

O sistema Bolsacreto é empregado pela primeira vez, no estado do Amapá, para conter a erosão na encosta do rio Tartarugalzinho, município de Tartarugalzinho. A previsão de entrega da obra em fevereiro de 2020. (Figura 6)

⁵ Ficha técnica disponível em <http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/crib-walls/>

Figura 5 - Muro de gravidade, em concreto, construído na orla do bairro Perpétuo Socorro em Macapá/AP



Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

Figura 6 – Construção do muro de arrimo com sistema Bolsacreto – Município de Tartarugalzinho/AP



Fonte: Brito⁶, 2019.

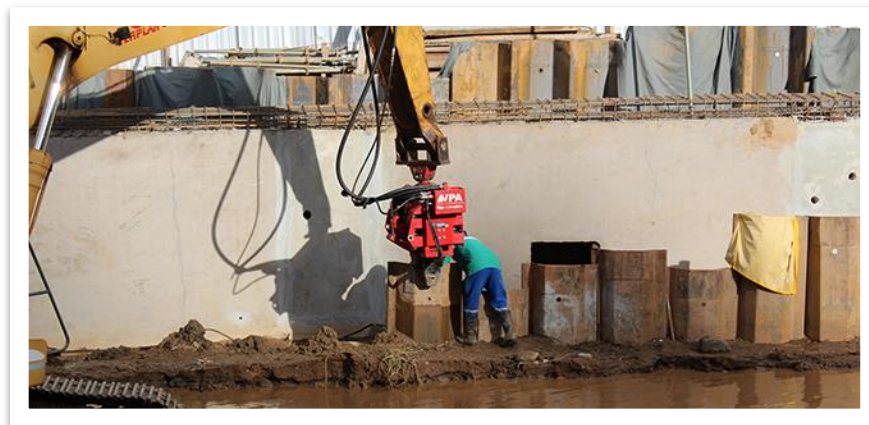
⁶ Imagens disponíveis no perfil LinkedIn do Engenheiro Fernando Brito. A obra está sendo executada às margens do rio Tartarugalzinho, com previsão de entrega em fevereiro de 2020. Disponível em <https://www.linkedin.com/in/engfernandobrito/>

2.2.2. Muros de flexão

São contenções mais esbeltas e resistem aos esforços por flexão, geralmente utilizando parte do peso próprio do maciço arrimado que se apoia sobre sua base para manter o equilíbrio, sem caracterizar uma estrutura monolítica.

As estruturas de contenção flexíveis são definidas pelo Eurocódigo 7, no item 9.1.2.2, como “estruturas relativamente delgadas de aço, betão armado ou de madeira, suportadas por ancoragens, ou por pressões de terra do tipo passivo” que apresentam elevada resistência à flexão. Já seu peso próprio contribui de modo insignificante para a estabilidade da estrutura. (NP, 1997)

Figura 7 - Cortina de estacas-prancha metálicas utilizadas em contenções de obras subterrâneas no aeroporto de Congonhas (SP)



Fonte: Site AECweb⁷, 2019.

As cortinas de estacas (Figuras 7 e 8) também se configuram como estruturas de flexão. Podem ser diferenciadas pelo espaçamento entre estacas: Cortinas de estacas espaçadas, cortina de estacas contíguas (ou tangentes) e cortinas de estacas secantes. A estabilidade da estrutura-solo é garantida a partir de um trecho enterrado denominado *ficha*. Gerscovich *et al.*, (2016), menciona esse tipo de contenção como *cortina em balanço*.

⁷ Notícia disponível em https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/estacasprancha-metalicas-sao-usadas-em-contencoes-de-obras-subterraneas_19303_10_22

Figura 8 - Cortina de estacas espaçadas



Fonte: Perfurac⁸ Engenharia Ltda, 2019

As estacas-pranchas são perfis de aço laminado com seções planas ou em forma de “U” ou “Z”, com encaixes longitudinais, ou de concreto armado com encaixe tipo “macho-fêmea”, que permitem construir paredes contínuas pela justaposição das peças que são encaixadas e cravadas sucessivamente.

As cortinas de estacas espaçadas, devem ser devidamente alinhadas e seu espaçamento, recomendado, não deve ser maior que 150 cm, embora o habitual executado, segundo Meirelles & Martins (2006), não excede 50 cm.

Quanto à impermeabilidade, as estacas espaçadas, não oferecem quaisquer garantias à contenção, neste caso é recomendado o uso de outras técnicas para estabilizar o maciço e o emprego de drenagem profunda com o objetivo de reduzir a pressão hidrostática sobre a cortina.

2.2.3. Estruturas ancoradas

Sua estabilidade é garantida através de tirantes ancorados no terreno ou de estruturas específicas de ancoragens (“mortos”). A estrutura pode ser contínua, em grelha, em placas ou em contrafortes. O dimensionamento deve atender à verificação estrutural das peças

⁸ Portal Perfurac: <http://www.perfurac.com.br/raiz-estacas-moldadas-sp.html>

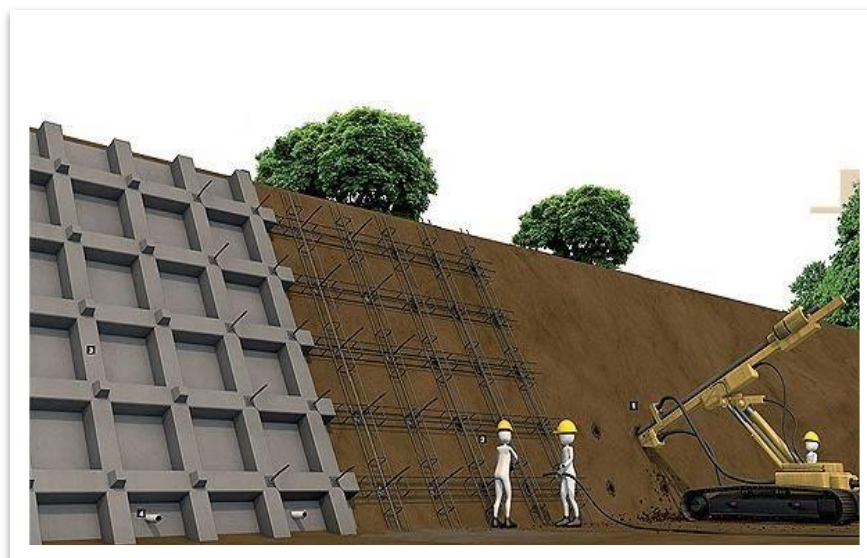
constituintes das estruturas, aos critérios preconizados em normas específicas (para os tirantes injetados no terreno) e aos fatores de segurança indicados para a estabilidade do maciço.

Figura 9 - Execução de muro atirantado



Fonte: Rizzi⁹, 2012.

Figura 10 – Contenção com grelhas atirantadas



Fonte: Naresi¹⁰, 2019.

⁹ Foto de Helimar Levi Rizzi, disponível em <http://viagemnostrilhos.blogspot.com/2012/07/construcao-de-muro-atirantado.html>

¹⁰ Portal Naresi. Disponível em <https://sites.google.com/site/naresi1968/naresi/40-grelhas-atirantadas>

As contenções executadas conforme a Figura 10, são formadas por grelhas de concreto armado atirantadas junto ao maciço. Seus tirantes podem ser compostos por barra única ou cordoalhas. São contenções frequentemente usadas em terrenos com topografia acidentada como estrutura suporte de obras de rodovias, ferrovias ou tubos de adução para barragens.

2.2.4. Estruturas de solo reforçadas

São aquelas cuja estabilidade solo-muro é garantida através do reforço do terreno com elementos introduzidos no seu interior. Os elementos resistentes podem ser grampos, fitas, geossintéticos, colunas de solo-cimento, ou estacas de qualquer tipo que trabalhem juntamente com o terreno.

Figura 11 - Primeira obra de talude de solo reforçado com geossintéticos realizado em 1986 na SP-123



Fonte: Portal Geosynthetic¹¹, 2016

¹¹ Notícia disponível em <https://www.geosynthetic.net.br/primeiro-talude-de-solo-reforcado-com-geossinteticos-brasileiro-completa-30-anos/>

Figura 12 - Muro de 9m em solo reforçado nas montanhas de Antioquia, Colômbia



Fonte: Portal Geosynthetic¹², 2014.

3. Patologia das Estruturas de Contenção

3.1. Considerações iniciais

Desde o momento em que o homem iniciou o processo de construção das estruturas e se deparou com seus colapsos, um acervo científico começou a ser acumulado ao longo do tempo, o qual permitiu o desenvolvimento da tecnologia da construção (que envolve a concepção, cálculo, análise e detalhamento da estrutura), tecnologia de materiais e suas respectivas técnicas construtivas. (RIPPER & SOUZA, 1998)

As tecnologias construtivas que garantem maior qualidade e segurança devem, obrigatoriamente, seguir as recomendações, métodos e parâmetros previstos nas normas brasileiras regulamentadoras, tais como ABNT NBR 6118/2014 “Projeto e execução de obras de concreto armado – Procedimento”; ABNT NBR 12654/92 "Concreto - Controle tecnológico de materiais e componentes - Procedimento"; ABNT NBR 12655/2006: "Concreto – Preparo, controle e recebimento - Procedimentos"; ABNT NBR 14931/2004 “Execução de Estruturas de

¹² Disponível em <https://www.geosynthetic.net.br/estabilizacao-de-solos-colombia/>

Concreto – Procedimento”; ABNT NBR 11682:2009 “Estabilidade de Encostas”; ABNT NBR 6122 “Projeto e Execução de fundações “; ABNT NBR 9062 “Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado”, entre tantas outras. A própria Associação Brasileira de Normas Técnicas indica que na ausência de uma ABNT NBR, normas nacionais ou outras normas sejam seguidas para minorar os problemas relativos ao desempenho insatisfatório das estruturas. (ABNT, 2014)

Uma estrutura de concreto projetada e edificada, segundo os critérios de qualidade, deverá se comportar adequadamente - durante sua construção e serviço - às influências ambientais e outras ações externas, que produzam efeitos nocivos na qual a estrutura está exposta, e às circunstâncias excepcionais que possam corroborar para sua ruína. Atendidos os requisitos mínimos de *capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade*, previstos na NBR 6118, obtém-se um sistema de integrado de qualidade na concepção, no processo construtivo e ao longo da vida útil da solução em concreto adotada. (RIPPER & SOUZA, 1998)

Apesar do grande avanço tecnológico-construtivo de obras e das normativas brasileiras regulamentadoras, houve, na mesma proporção, um aumento de obras com patologias precoces, necessitando de manutenções corretivas generalizadas para prolongar sua vida útil. (RIPPER & SOUZA, 1998). Segundo Andrade & Silva (2005), “o problema não é relativo às patologias em si, pois elas são inevitáveis com o envelhecimento das estruturas, mas à idade em que estão surgindo”.

Sabe-se que a concepção de uma construção durável, segundo Ripper & Souza (1998), implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura, e aos materiais que a compõem, um desempenho satisfatório ao longo de um determinado período. Essas decisões incluem investigações e levantamentos de cunho obrigatório; elaboração de projetos detalhados considerando a agressividade ambiental a qual a estrutura está submetida; escolha criteriosa dos materiais, dos métodos construtivos e de cura, adensamento, fator água/cimento máximos, dentre outras.

Diante desta complexidade de fatores que podem acarretar em danos patológicos numa estrutura, pesquisadores desenvolveram um novo ramo no campo da Engenharia de Construções, designada por *Patologia das Estruturas*. Conforme Ripper & Souza (1998), a Patologia das Estruturas “se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação,

consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas”.

O termo **Patologia** vem do grego *páthos* = doença e *logos*=estudo. Seus conceitos muito se assemelham a padrões da medicina: terapia, profilaxia, sintoma, falha, origem, diagnóstico, correção, recuperação, reforço, reconstrução classificação dos reparos. Outros termos também serão frequentemente citados neste trabalho, tais como desempenho, durabilidade, ambiente, conformidade, vida útil e manutenção.

3.1.1. Conceitos

Vida útil: Em termos da vida útil, a *International Organization for Standardization* (ISO 13823) *apud* Possan & Demoliner (2013), a conceitua “como o período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo”.

A ABNT NBR 6118:2014 entende por *vida útil de projeto*, como o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais. (ABNT, NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, 2014)

Desempenho: Consiste na capacidade da estrutura manter-se em condições plenas de utilização durante sua vida útil, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada. (ABNT, NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, 2014)

Durabilidade: Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto. (ABNT, NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, 2014)

Manutenção: Entende-se por manutenção de uma estrutura, o conjunto de atividades necessárias à garantia de seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra. (RIPPER & SOUZA, 1998)

Ambiente: (do latim *ambiens/ambientis*, com o sentido de envolver algo) é o conjunto das substâncias, circunstâncias ou condições que existe em torno de determinado objeto ou durante a ocorrência de determinada ação. (PRIBERAM, 2019)

A agressividade do meio ambiente: está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas. (ABNT, 2014)

Conformidade: atendimento a um requisito. (ABNT, 2000).

Não-conformidade: Não atendimento de um requisito especificado. (ABNT, 2000)

Terapia: É a ciência que estuda a escolha e administração dos meios de curar as doenças e da natureza dos remédios. *Therapeia* = método de curar, tratar.

Profilaxia: É a ciência que estuda as medidas necessárias à prevenção das enfermidades.

Sintoma: É a manifestação patológica detectável por uma série de métodos e análises.

Falha: É um descuido ou erro, uma atividade imprevista ou acidental que se traduz em um defeito ou danos.

Origem: É a etapa do processo construtivo (planejamento/concepção, projeto, fabricação de materiais etc.) em que ocorreu o problema.

Diagnóstico: É o entendimento do problema (sintoma, mecanismo, causa e origem).

Correção: É a metodologia para a eliminação dos defeitos causados pelos problemas patológicos.

Recuperação: É a correção dos problemas patológicos.

Reforço: Aumento da capacidade de resistência de um elemento, estrutura ou fundação em relação ao projeto original, devido à alteração de utilização, degradação ou falha que reduziram ou não atendem a sua capacidade resistente inicial.

Reconstrução: É o refazimento de um elemento, estrutura ou fundação em razão de, mesmo que este recebesse uma ação corretiva, não atenderia mais a um desempenho mínimo aceitável ou, de um custo dado que a intervenção corretiva seja maior que o custo de sua reconstrução.

3.1.2. O diagnóstico das patologias

Quando se verifica que uma estrutura apresenta problemas patológicos é necessário planejar uma inspeção, minuciosamente detalhada, para avaliar as anomalias existentes, suas causas, providências a serem tomadas e métodos a serem adotados para a recuperação ou reforço.

Dependendo da magnitude e natureza do problema patológico, os procedimentos relacionados para sua inspeção podem implicar em um trabalho simples em alguns casos, como também podem necessitar de um trabalho investigativo complexo. (GRANATO, 2002)

Em termos gerais, Granato (2002) pontua as seguintes etapas para uma inspeção:

- a) Elaboração de uma ficha de antecedentes, da estrutura e do meio ambiente, baseado em documentação existente e visita a obra.
- b) Exame visual geral da estrutura.
- c) Levantamento dos danos.
- d) Seleção das regiões para exame visual mais detalhado e possivelmente da retirada de amostras.
- e) Seleção das técnicas de ensaio, medições, análises mais acuradas, etc.
- f) Seleção de regiões para a realização de ensaios, medições, análises físico-químicas no concreto, nas armaduras e no meio ambiente circundante.
- g) Execução de medições, ensaios, e análises físico-químicos.

A Figura 13 apresenta, em fluxograma, a metodologia genérica para a inspeção de estruturas convencionais, divididas em duas etapas básicas: **inspeção preliminar** e **inspeção detalhada**.

3.1.2.1. Inspeção preliminar

Com base nas informações obtidas através desta etapa, é possível determinar a natureza e origem do problema, como também servir de base para um estudo mais detalhado.

Para esta etapa seja desenvolvida com qualidade, é indispensável a elaboração de fichas e formulários para levantamento preciso de informações, tais como:

- ***Ficha de avaliação de antecedentes da estrutura e do meio.***

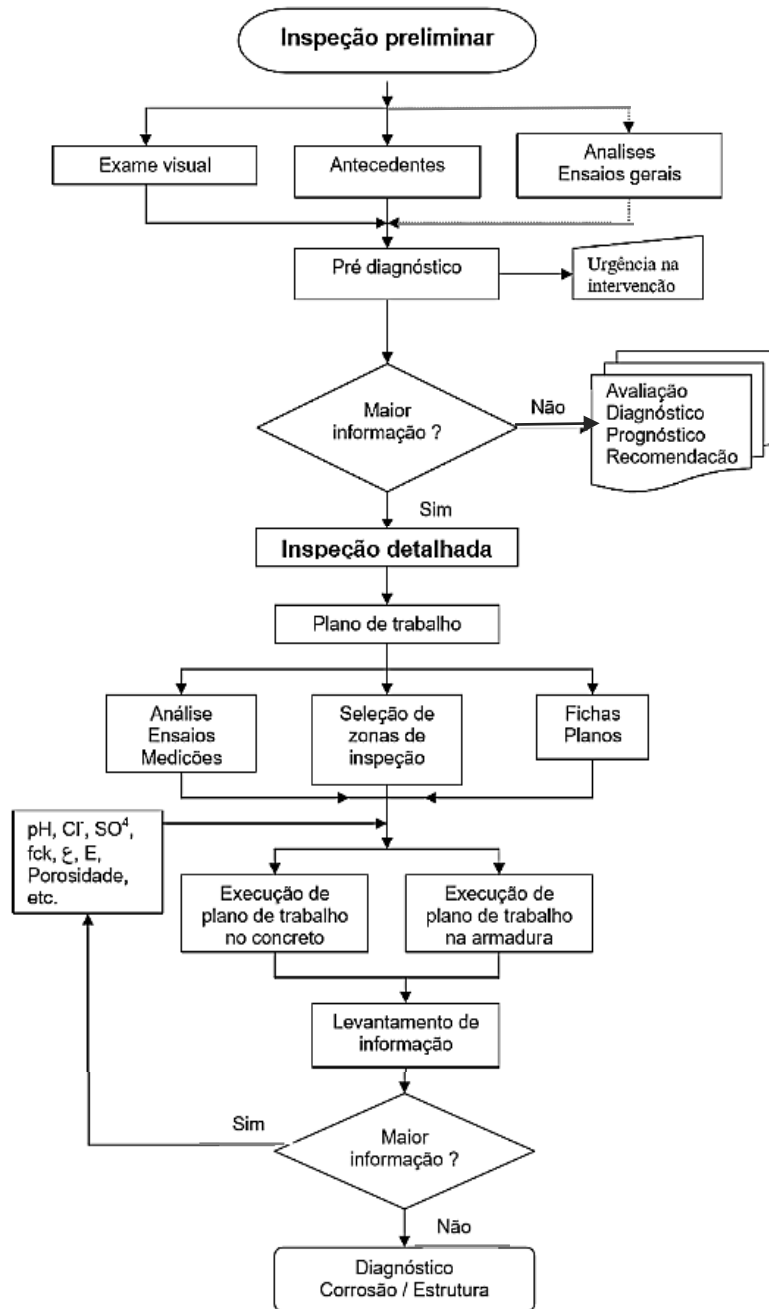
Para os dados referentes à estrutura, Granato (2002) sugere a investigação do maior quantitativo de dados possível, tais como: a idade ou tempo de serviço; natureza e procedência dos materiais constituintes do concreto; dosificação e resistência característica do concreto; qualidade e características de construção; idade de início dos problemas; diagnósticos e reparações anteriores; níveis de tensão de trabalho da estrutura; eventuais mudanças de uso da estrutura, etc.

Quanto ao meio ambiente, devem ser coletadas informações que permitam caracterizar a agressividade a qual a estrutura está exposta. É fundamental assinalar a forma de interação entre o meio e a estrutura afetada, para depois se determinar, e qualificar, a intensidade desta interação, como por exemplo dos seus efeitos sobre a estrutura.

Granato (2002) recomenda que, principalmente as questões referentes ao tipo de atmosfera (urbana, rural, marinha, industrial ou a combinação entre algumas delas), tipos de água (naturais, salobras, doces, subterrâneas, potável, etc.), natureza do solo (natural, aterro, ácido, alcalino, etc.), presença de correntes erráticas (avaliação da existência e possível contaminação) e a presença de agentes químicos (presença de contaminações industriais, esgoto, etc.) devam ser analisados na inspeção preliminar.

Além da ficha, citada anteriormente, que se insere no levantamento documental e histórico da inspeção preliminar, Granato (2002) ainda descreve a próxima etapa: mapeamento das anomalias e indicações das possíveis causas a partir de inspeção visual.

Figura 13 - Fluxograma para diagnóstico de uma estrutura de concreto armado



Fonte: Granato, 2002

- **Exame geral visual da estrutura**

Este processo deve permitir determinar se o problema se apresenta por igual ou apresenta causas localizadas. Deve-se realizar um exame diferenciado dos elementos, com registro fotográfico, anotando os sinais aparentes de corrosão (manchas, extensão, grau de degradação, etc.), fissuras (localização, direção, dimensão, etc.), regiões de desprendimento de

concreto com/sem exposição da armadura, degradação do concreto, assim como qualquer outra anomalia. (GRANATO, 2002)

3.1.2.2. Inspeção detalhada

A partir da inspeção preliminar, pode ser necessária uma inspeção mais criteriosa utilizando instrumentação e ensaios laboratoriais. Granato (2002) recomenda para esta etapa um planejamento criterioso considerando:

- a) Fichas, croquis e planos de levantamento de danos.
- b) Plano de amostras.
- c) Tabela de tipificação dos danos.
- d) Técnicas de ensaio / medição / análises adequadas.
- e) Regiões onde deverão ser realizados ensaios.
- f) Planejamento de materiais e equipamentos para os ensaios
- g) Técnicas e regiões de ensaio, medições e análises.
- h) Plano de utilização de materiais e equipamentos.
- i) Plano de execução da inspeção detalhada.

Na definição dos locais e os tipos de testemunhos que serão retirados da estrutura, deve ser levado em conta o tipo de ensaio que será realizado para cada elemento e/ou materiais e estes devem estar em consonância às normas e manuais brasileiros que regem sobre inspeção, avaliação e diagnósticos de estruturas.

Após a classificação das patologias, indicação de suas causas e origens dos problemas, deve ser estabelecido graus de deterioração da estrutura e de seus elementos.

Um diagnóstico cuidadosamente planejado é composto de uma sucessão de vistorias, ensaios e estudos. Cada etapa complementa a outra, fornecendo subsídios necessários para que as análises sejam feitas corretamente e pormenorizadas. Segundo Mazer (2012) *apud* (BRITO, 2017), a inspeção visual é o primeiro ensaio não destrutivo a ser realizado em qualquer componente, visto que trata de um ensaio simples, de baixo custo operacional e que, de forma direta ou indireta, já faz parte de qualquer vistoria a ser realizado na estrutura.

3.2. O Método GUT

O Método GUT é uma ferramenta gerencial utilizada para priorizar ações levando em consideração a gravidade (G), a urgência (U) e a tendência (T) de um evento ao longo do tempo. Foi desenvolvido por Kepner e Tregoe na década de 1980, a partir da necessidade de resolução de problemas complexos nas indústrias americanas e japonesas. Kepner & Tregoe, (1981) apud Fáveri & Silva (2016).

O nome deste método vem das iniciais das variáveis utilizadas para a priorização de problemas, as quais terão seus pesos multiplicado no final da análise: $GUT = G \times U \times T$.

Para Periard (2011) apud Brito (2017), a principal vantagem de utilizar a Matriz GUT para fins de gerenciamento é que o auxílio oferecido ao gestor possibilita uma avaliação quantitativa dos problemas em estudo, tornando possível a priorização das ações corretivas e preventivas para a solução total ou parcial do problema.

Este método é utilizado para priorizar a tomada de decisão, pois identifica quais complicações devem ser resolvidas. O grande diferencial do Método GUT, em relação aos outros do gênero, é a simplicidade de utilização e a possibilidade de atribuir valores para cada evento de maneira objetiva. Meirelles (2001) apud Fáveri & Silva (2016).

Tabela 1 - Variáveis do Método GUT

Variáveis	Conceitos
Gravidade	Representa o impacto do problema caso ele venha a acontecer. É analisado sobre alguns aspectos, como: tarefas, pessoas, resultados, processos, organizações etc. Verifica-se sempre seus efeitos a médio e longo prazo, caso o problema em questão não seja resolvido.
Urgência	Representa o prazo, o tempo disponível ou necessário para resolver um determinado problema analisado. Quanto maior a urgência, menor será o tempo disponível para resolver esse problema. É recomendado que seja feita a seguinte pergunta: “A resolução deste problema pode esperar ou deve ser realizada imediatamente?”.
Tendência	Representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade de o problema se tornar maior com o passar do tempo. É a avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema. Recomenda-se fazer a seguinte pergunta: “Se eu não resolver esse problema agora, ele vai piorar pouco a pouco ou vai piorar bruscamente?”.

Fonte: Periard (2011) apud Fáveri & Silva (2016)

O primeiro passo é a formulação de uma lista os problemas presentes em determinado ambiente e, na sequência, avaliar os três aspectos com base nas definições apresentadas na Tabela 1. O próximo passo é atribuir pesos, em uma escala crescente de 1 a 5, às características de cada problema, onde peso 5 indica uma situação crítica e 1 para uma mais branda. Ao final, os pesos de cada variável são multiplicados gerando um *score* para cada problema. (FÁVERI & SILVA, 2016)

Para diminuir a subjetividade no momento de atribuir a pontuação, Periard (2011) *apud* Fáveri & Silva (2016), recomenda a utilização dos seguintes critérios:

Tabela 2 - Critérios para pontuação - Método GUT

Peso	Gravidade	Urgência	Tendência
1	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irá piorar rapidamente
2	Muito grave	É urgente	Irá piorar em pouco tempo
3	Grave	O mais rápido possível	Irá piorar
4	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo
5	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar

Fonte: Periard (2011) *apud* Fáveri & Silva (2016)

O Método GUT aplicado para priorização de patologias na construção civil, é amplamente utilizado no meio acadêmico e técnico. Exemplos dessas aplicações podem ser obtidas consultando as pesquisas de Brito (2017), Oliveira *et al.*, (2018), Braga *et al.*, (2019), Gnipper (2010) entre outros.

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – IBAPE – no documento “Norma de inspeção predial Nacional” recomenda que as anomalias e falhas constadas sejam apresentada em ordem de prioridades, disposta em ordem decrescente quanto ao grau de risco e intensidade, apuradas através de metodologias técnicas apropriadas como GUT (metodologia de Gravidade, Urgência e Tendência), FEMEA: (Failure Mode and Effect Analysis: metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha); ou ainda, pela listagem de criticidade decorrente da Inspeção Predial. (IBAPE, 2012)

Gomide, Pujadas e Fagundes Neto, em (2009) propuseram a adequação do Método GUT às inspeções prediais adotando pesos (1 a 10) para as classificações específicas GUT. (FEITOSA, 2018) e (GNIPPER, 2010). (Tabelas 3 a 5)

Gravidade é relacionado com a intensidade das anomalias e falhas.

Tabela 3 - Níveis de gravidade

Grau	Gravidade	Peso
Total	Perda de vidas humanas, do meio ambiente ou do próprio edifício.	10
Alto	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou ao edifício.	8
Média	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou do edifício.	6
Baixa	Pequenos incômodos ou pequenos prejuízos financeiros.	3
Nenhuma	-	1

Fonte: Gomide et al. (2009) *apud* Feitosa (2018)

Urgência é relacionado com o tempo para ocorrer danos.

Tabela 4 - Níveis de Urgência

Grau	Urgência	Peso
Total	Evento em ocorrência	10
Alto	Evento prestes a ocorrer	8
Média	Evento prognosticado para breve	6
Baixa	Evento prognosticado para adiante	3
Nenhuma	Evento imprevisto	1

Fonte: Gomide et al. (2009) *apud* Feitosa (2018)

Tendência é considerado o desenvolvimento que a falha ou anomalia terá num determinado espaço de tempo.

Tabela 5 - Níveis de Tendência

Grau	Tendência	Peso
Total	Evolução imediata	10
Alto	Evolução em curto prazo	8
Média	Evolução em médio prazo	6
Baixa	Evolução em longo prazo	3
Nenhuma	Não vai evoluir	1

Fonte: Gomide et al. (2009) *apud* Feitosa (2018)

A última etapa do Método GUT, consiste em estabelecer um ranking dos problemas para saber quais são as prioridades e definir quais serão (ou devem ser) resolvidos primeiro.

Tabela 6 - Exemplo de preenchimento para um pilar – Método GUT adaptado

Patologia	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT	Prioridade
A	6	3	1	18	3 ^a
B	10	8	3	240	2 ^a
C	3	3	1	9	4 ^a
D	8	10	6	480	1 ^a

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Num caso hipotético, considere que a Tabela 6 apresente patologias mais comuns em pilares. Após a análise pelo Método GUT, obtêm-se que a patologia “B” indica que há um evento crítico prestes a acontecer e que poderá ocasionar em perda de vidas humanas e/ou abalar a edificação significativamente. Logo essa patologia precisa ser sanada rapidamente. Sendo que em seguida devem ser resolvidas as outras anomalias por ordem de prioridades e hierarquização.

3.3. Patologias mais comuns

Em artigo publicado na Revista Estrutura nº72, o professor Costa Nunes, apresentou um artigo baseado em 300 casos de sinistros em muros de arrimo e apresentou as seguintes causas (Tabela 7). (MOLITERNO, 1980)

Tabela 7 - Causas dos acidentes com arrimo

Causa	%
Deficiência de drenagem	33 %
Dimensionamento da base insuficiente	25 %
Insuficiência estrutural	19 %
Falhas de execução durante o aterro	10 %
Falha nos apoios superiores e laterais	05 %
Acidentes no trabalho	05 %
Causas diversas	03 %
Corrosão e congelamento	0 %

Fonte: Moliterno (1980)

Desta pesquisa (Tabela 7) infere-se, que as falhas mais comuns (deficiência de drenagem e dimensionamento da base insuficiente) se enquadram na fase de projeto e execução, totalizando 57% das ocorrências.

A maior causa dos acidentes com arrimo é devido a inexistência ou funcionamento precário do sistema de drenagem, que gera um esforço adicional no muro de arrimo em razão do empuxo provocado pelas águas represadas, situação que se agrava principalmente nas épocas de chuvas, onde se tem uma maior incidência desse tipo de sinistro. Além das águas pluviais, os vazamentos em tubulação hidráulico-sanitária também têm sido um grande gerador de colapso das estruturas de arrimo. (MARCELLI, 2007)

O dimensionamento incorreto das fundações é a segunda maior causa de acidentes com muros de arrimo. Em alguns casos onde ocorreram sinistros foi constatado que o tipo de fundação existente era inadequado para as características do muro e principalmente para as do solo.

Os sinistros decorrentes do dimensionamento estrutural insuficiente também têm sido observados com muita frequência; falhas decorrentes no detalhamento ou quando o projetista não mensura corretamente os empuxos e outras ações que incidem sobre a estrutura.

As atividades relacionadas com movimentações de terra representam alto percentual de acidentes graves. Os acidentes mais comuns, conforme Marcelli (2007), são ocasionados principalmente devido à ruptura parcial do talude durante as escavações, o que tem sido, infelizmente, a principal causa de morte dos operários que trabalham nesse tipo de obra.

3.3.1. Pesquisas sobre patologias em contenções

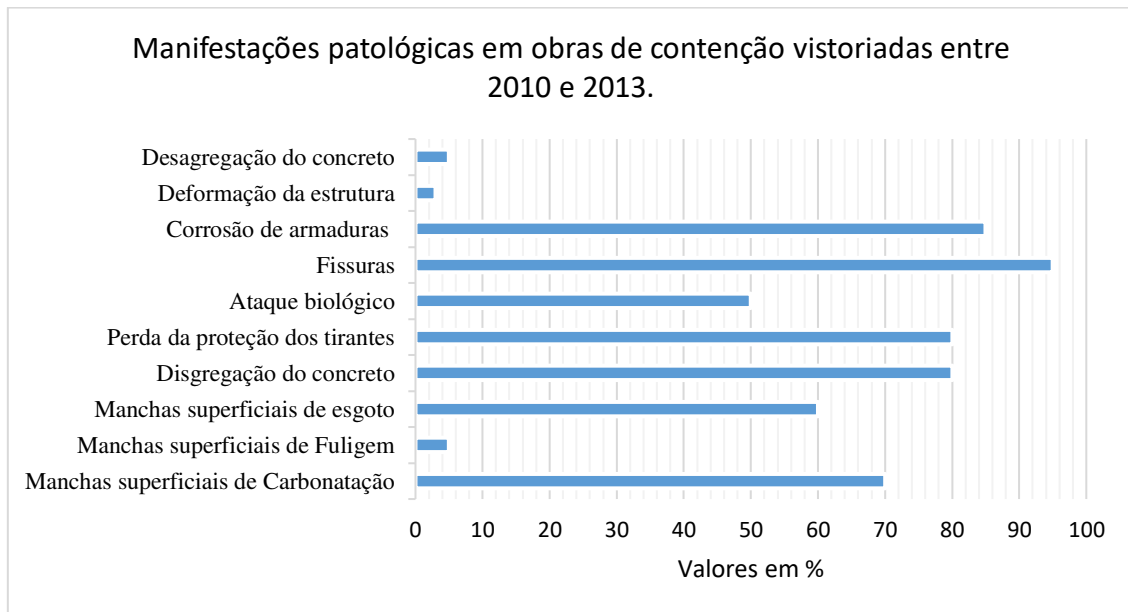
- Coradi, et al. (2018) em pesquisa realizada em um muro de arrimo, em divisas de terrenos, diagnosticaram *não conformidade no dimensionamento da base* da estrutura e no *sistema de drenagem* como a anomalia mais significativa para o mau funcionamento da estrutura.
- Um estudo sobre patologias em cortinas atirantadas, Guimarães (2015) identificou em quase todos seus componentes a *fissuração* como a anomalia mais comum, seguida de *surgência de água* devido ao mau funcionamento do sistema de drenagem.

- Outro estudo realizado por Mikos, et al. (2017) sobre manifestações patológicas em solo grampeado e cortina atirantada em 173 estruturas de contenções em Joinville – SC, foi detectado que 47% do total não possuía nenhuma espécie de sistema de drenagem e apenas 15% apresentavam drenagem superficial e profunda.
- Machado, et al., (2014), apresentaram, em 2014, no VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas um estudo sobre a durabilidade e vida útil de estruturas de contenção na cidade do Rio de Janeiro. Neste trabalho os autores identificaram as manifestações patológicas de maior incidência em mais de 200 obras de construídas em concreto armado (a maior parte delas cortinas ancoradas). Neste levantamento realizado, a manifestação patológica predominante foi a ocorrência de *fissuras* presentes em mais de 90% das contenções. Em segundo lugar *corrosão e exposição de armaduras*, catalogadas em 85% das obras vistoriadas, patologia esta que o autor correlaciona à fissuração. A *disgregação do concreto* que ocorre em cerca de 80% das estruturas vistoriadas é um fenômeno frequentemente observado nas estruturas de concreto armado e possui várias causas, ocorrendo também em conjunto com a fissuração.

O resumo das patologias mais comuns exposto por Machado, et al., (2014), é apresentado na Figura 14.

Diferentemente da maioria das edificações, as obras de contenção localizadas em ambiente marinho ou de água doce, já estão inseridas num ambiente altamente agressivo à estrutura. Neste caso, a ocorrência de patologias é certa e previsível. Portanto todas as medidas devem ser tomadas para evitar falhas no planejamento e execução, assim como deve ser realizado o planejamento dos acompanhamentos e plano de manutenções para cumprimento ao longo da vida útil da contenção.

Figura 14 - Patologias mais comuns nas contenções do Rio de Janeiro



Fonte: Adaptado de Machado, et al., 2014.

4. Considerações sobre projeto de contenções

4.1. Considerações iniciais

Segundo a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, a estabilização de uma encosta é necessária quando se pretende melhorar as características de resistência de um solo, natural ou modificado, intervindo nos condicionantes relativos à natureza dos seus materiais constituintes e nos agentes deflagradores responsáveis pela sua instabilidade. As causas da instabilização podem ser externas (modificações da geometria da encosta, retirada de proteção superficial vegetal ou de solo mais resistente, condições climáticas e solicitações sísmicas) e internas (diminuição da resistência do terreno, variação do nível d'água, erosão interna e liquefação espontânea). As ações de estabilização de encosta são as mudanças em sua geometria, construção de sistemas de drenagem, e/ou reforço do maciço com obras de contenção. (ABGE, 2019)

Estabilizar uma encosta exige do engenheiro uma análise criteriosa do perfil geológico-geotécnico da região, observação do comportamento físico de obras similares, ocorrência de movimentos lentos da encosta, rupturas de canalizações de esgoto e águas pluviais, cargas externas aplicadas sobre o solo, entre outras.

4.2. *Movimentos de massas*

O Brasil, devido suas características climáticas e de relevo, é muito suscetível a Movimento de Massa. Nos centros urbanos, esses movimentos têm se agravado devido à alta incidência de desmatamentos, impermeabilização do solo, cortes em taludes, aterros, modificações na drenagem, intensificados pela intervenção do homem no ambiente natural.

De acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2019), o Movimento de Massa, também conhecido como deslizamento, escorregamento, ruptura de talude, queda de barreiras, entre outros, se refere aos movimentos de descida de solos e rochas sob o efeito da gravidade, geralmente potencializado pela ação da água. Para Denise Gerscovich (GERSCOVICH, 2016), movimento de massa é “qualquer deslocamento de um determinado volume de solo”.

A potencialidade de um maciço desencadear processos erosivos depende de fatores externos e internos.

Tabela 8 - Fatores condicionantes de processos erosivos


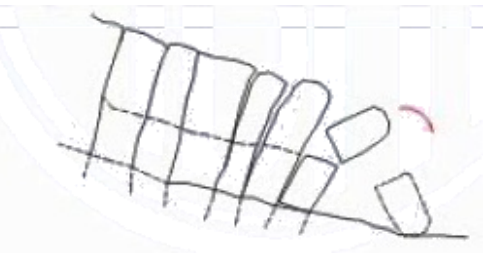

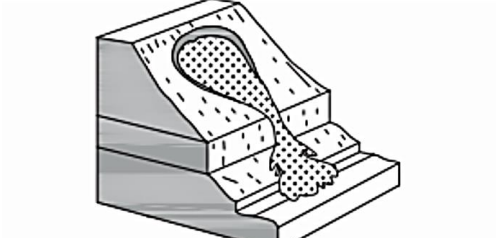
Fatores externos	Potencial de erosividade da chuva. Condições de infiltração. Escoamento superficial; Topografia (declividade e comprimento da encosta)
Fatores internos	Fluxo interno; Tipo de solo - Desagregabilidade - Erodibilidade Características geológicas e geomorfológicas Presença de trincas de origem tectônica Evolução físico-química e mineralógica do solo

Fonte: Gerscovich *et al.*, (2016)

4.2.1. *Classificação dos movimentos de massa segundo a NBR 11682*

A ABNT (2009), em seu anexo B, normatiza a terminologia a ser empregada para análise dos movimentos de massa para os diversos tipos de instabilidades em encostas.

Tabela 9 - Tipos básicos de movimentos de massa

Terminologia dos tipos de movimentos de massas	Figura	Definição
Queda / rolamento		<p>Desprendimento de fragmentos do terreno, de qualquer tamanho, que caem de certa altura, em queda livre ou com qualquer outra trajetória e tipo de movimento.</p>
Tombamento		<p>Movimento de massa em forma de báscula com eixo na base.</p>
Escorregamento		<p>Movimento de massa por deslocamento sobre uma ou mais superfícies.</p>
Escoamento		<p>Movimento de massa com propriedades de fluido, lento ou rápido (corrida).</p>

Fonte: ABNT, 2009.

Quanto a velocidade, os movimentos de massas podem ser classificados de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10 - Classificação das velocidades dos Movimentos de Massa

Nomenclatura	Velocidades
Extremamente rápido	> 3 m/s
Muito rápido	0,3 m/s a 3m/s
Rápido	1,6 m/dia a 0,3m/s
Moderado	1,6 m/mês a 1,6 m/dia
Lento	1,6m/ano a 1,6 m/mês
Muito lento	0,06 m/ano a 1,6 m/ano
Extremamente lento	< 0,06 m/ano

Fonte: Gerscovich et al., (2016)

As identificações dos tipos de movimentos de maciços, das causas possíveis dos escorregamentos, assim como as solicitações envolvidas no projeto de contenção, são determinísticas para se diagnosticar estruturas instabilizadas possibilitando reexaminar os parâmetros adotados no projeto.

De maneira geral, os sistemas de classificações de movimentos de massa buscam correlacionar cada tipo de movimento a um grupo de características, tais como: natureza do material, velocidade e direção do movimento, profundidade e raio de alcance, ambiente geomorfológico e climático, superfície de ruptura, estado de tensões “in situ” e potencial destrutivo.

4.3. Procedimentos preliminares para estabilização de encostas - NBR 11682

A NBR 11682/2009, é a norma regulamentadora para obras que visem a estabilidade de encostas. Ela estabelece procedimentos preliminares obrigatórios para projeto de contenções. São eles:

a) Levantamento dos dados históricos disponíveis e relativos à topografia, geologia e dados geotécnicos locais, além de informações sobre uso e ocupação do solo, deslizamentos e demais características que permitam a visualização da encosta e sua histórica inserção no ambiente;

b) Verificação das restrições legais e ambientais à execução de obras (nas esferas Federal, Estadual e Municipal), assim como das interferências com edificações, dutos, cabos e outros elementos, enterrados ou não.

c) Inspeção detalhada ao local em estudo, por engenheiro civil geotécnico e/ou geólogo de engenharia, após a qual deverá ser emitido um laudo de vistoria com informações

básicas sobre o local, data da vistoria, tipo de ocupação, tipo de vegetação, condições de drenagem, tipo de relevo e natureza da encosta, geometria, existência de obras de contenção (com indicativo do seu estado atual), condições de saturação, indícios de artesianismo, natureza dos solos e outros materiais, possibilidade de movimentação, grau de risco, tipologia de possíveis movimentos, indicação de elementos em risco (vidas e propriedades), tipo provável de superfície de deslizamento ou de outro mecanismo de instabilização e possíveis consequências. Também deverão ser obtidas informações de moradores locais;

d) Avaliação da necessidade de implantação de medidas emergenciais

e) Programação de investigações geotécnicas e de instrumentação geotécnica preliminares para consolidação do laudo de vistoria;

f) Investigações do terreno no intuito de definir seções transversais e longitudinais à encosta que representem, com a maior fidelidade possível, as características topográficas e geológico-geotécnicas do talude em estudo, ressaltando a estratigrafia e as propriedades geomecânicas e permitindo o diagnóstico do mecanismo de instabilização existente;

g) Obtenção de dados cartográficos complementares em mapas e restituições aerofotogramétricas da região em estudo;

h) Levantamento topográfico plani-altimétrico, indicando seções e pontos obrigatórios de interesse geotécnico, bem como a abrangência da área levantada;

i) Informações sobre a pluviometria local e o regime hidráulico de cursos d'água (vazão e velocidade) existentes na encosta em estudo;

j) Geologia e geomorfologia da área, obtidas com base em mapeamentos e trabalhos de amplitude regional, deverão ser complementadas por levantamentos locais de subsuperfície, de modo a determinar as principais características litológicas, estruturais, estratigráficas e hidrogeológicas, relevantes para o local em estudo.

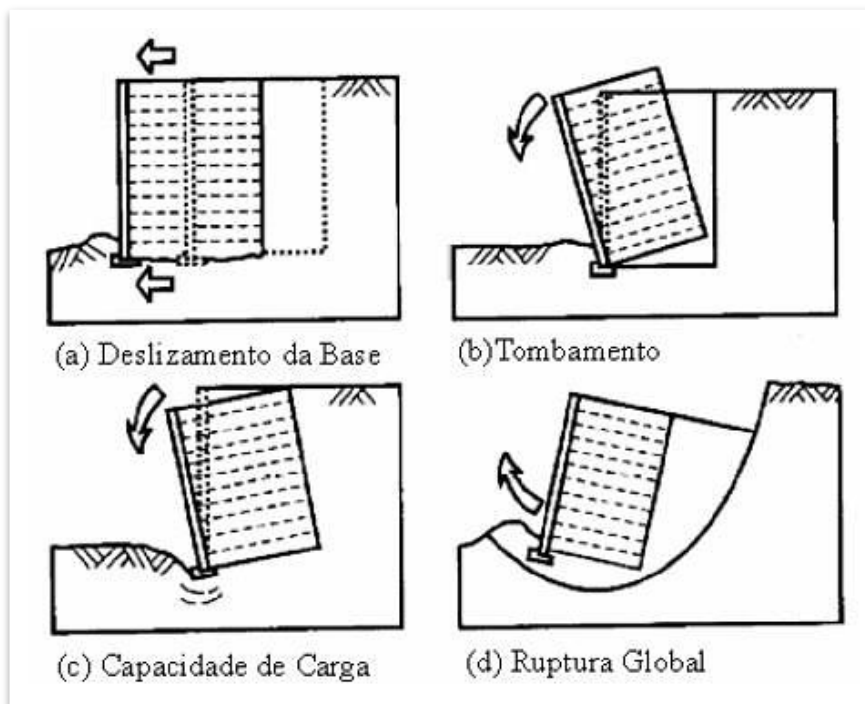
Além dos procedimentos preliminares, a ABNT (2019), abrange também condições de estudos, investigações geológico-geotécnicas de cunho obrigatório, técnicas básicas de execução de obras de estabilização, além de critérios para acompanhamento destas obras, sua manutenção e monitoramento. A normatização destas etapas visa garantir a durabilidade e o bom desempenho das estruturas de contenção.

A verificação da estabilidade de um muro de arrimo, seja qual for sua seção, é uma das análises que devem ser investigadas. Segundo a norma de encostas (ABNT, 2019), as

condições de estabilidade contra o ao tombamento, deslizamento, capacidade de carga e estabilidade global devem ser, obrigatoriamente, averiguadas após um pré-dimensionamento.

Em termos gerais, para uma contenção estável, as forças resistentes devem ser maiores que as forças solicitantes, assim como os momentos resistentes devem ser superiores aos momentos solicitantes.

Figura 15 - Estabilidade de muros de arrimo



Fonte: Gerscovich, 2011.

Pela limitação deste trabalho, estas análises não serão abordadas matematicamente.

5. Caracterização da área em estudo

Neste capítulo, se descreve a área do entorno do muro de contenção localizado na orla do Perpétuo Socorro. Detalha-se sua localização, processo de ocupação da área, atividades econômicas, solo, clima, influência das marés, bem como aspectos referentes à vulnerabilidade à erosão da encosta.

5.1. O bairro Perpétuo Socorro

A cidade de Macapá, capital do estado do Amapá, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui uma população em 2010 de 398.204 habitantes, que

corresponde a 59,5% dos habitantes neste estado, os quais estão dispersos sob uma área de 6407 km², em 28 bairros oficiais, dentre eles o Perpétuo Socorro.

Segundo sinopse do censo de 2010, apresentada pelo IBGE, o bairro Perpétuo Socorro, possuía uma população de 13.087¹³, o que representa 3,29% da população de Macapá. Conhecido historicamente como Igarapé das Mulheres, este bairro se expandiu a partir da Rua Cândido Mendes em direção às margens do rio Amazonas constituindo-se, mais tarde, como o bairro Perpétuo Socorro. De acordo com as pesquisas realizadas por Costa (2015), os primeiros moradores deste bairro construíram casas de madeiras sob áreas úmidas (localmente conhecidas como ressacas) estabelecendo assim o uso e ocupação desordenada destes espaços. Estas palafitas edificadas, em área de várzea, iniciaram o processo de descaracterização parcial e/ou total da encosta macapaense.

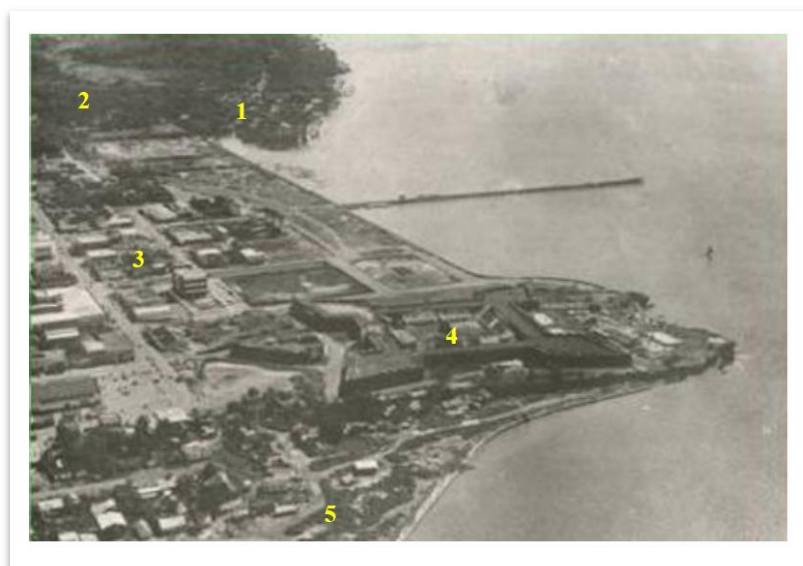
A ocupação irregular, desta área úmida (localmente conhecidas como ressacas), às margens do rio Amazonas, estabelece o uso e ocupação desordenada destes espaços e alterações do meio ambiente por meio de desmatamento, aterramento irregular, concentração de resíduos sólidos no meio ambiente, além de lançamento direto de dejetos e efluentes domésticos nos corpos d'água receptores, desequilibrando o processo de infiltração, intensificando os processos de erosão e o assoreamento do rio.

Ressaca, é uma expressão regional empregada para designar um ecossistema típico da zona costeira do Amapá. São áreas encaixadas em terrenos quaternários que se comportam como reservatórios naturais de água, caracterizando-se como um ecossistema complexo e distinto, sofrendo os efeitos da ação das marés, por meio da rede formada de canais e igarapés e do ciclo sazonal das chuvas. As áreas úmidas existentes no sítio urbano de Macapá estão ligadas a bacia hidrográfica do igarapé da Fortaleza. (Neri, 2004).

Neri (2004), também aponta que as degradações dos ecossistemas de ressacas tiveram princípio na década de 50, quando se instalaram, neste estado, grandes empreendimentos de mineração e de extração/beneficiamento madeireiro, além do início de obras de grandes portes, como a Estrada de Ferro do Amapá (1950), hidrelétrica de Coaracy Nunes (década de 70) e o Porto de Santana (antigo Porto de Macapá, obra iniciada em 1980).

¹³ Disponível em <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/tooltip/tooltip.htm?codigo=160030305000307>

Figura 16 - Foto Aérea da Orla da Cidade de Macapá na década de 50



Legenda: 1-Igarapé das Mulheres, 2-Laguinho, 3-Centro, 4-Fortaleza de São José de Macapá, 5-Santa Inês.

Fonte: Costa, 2015.

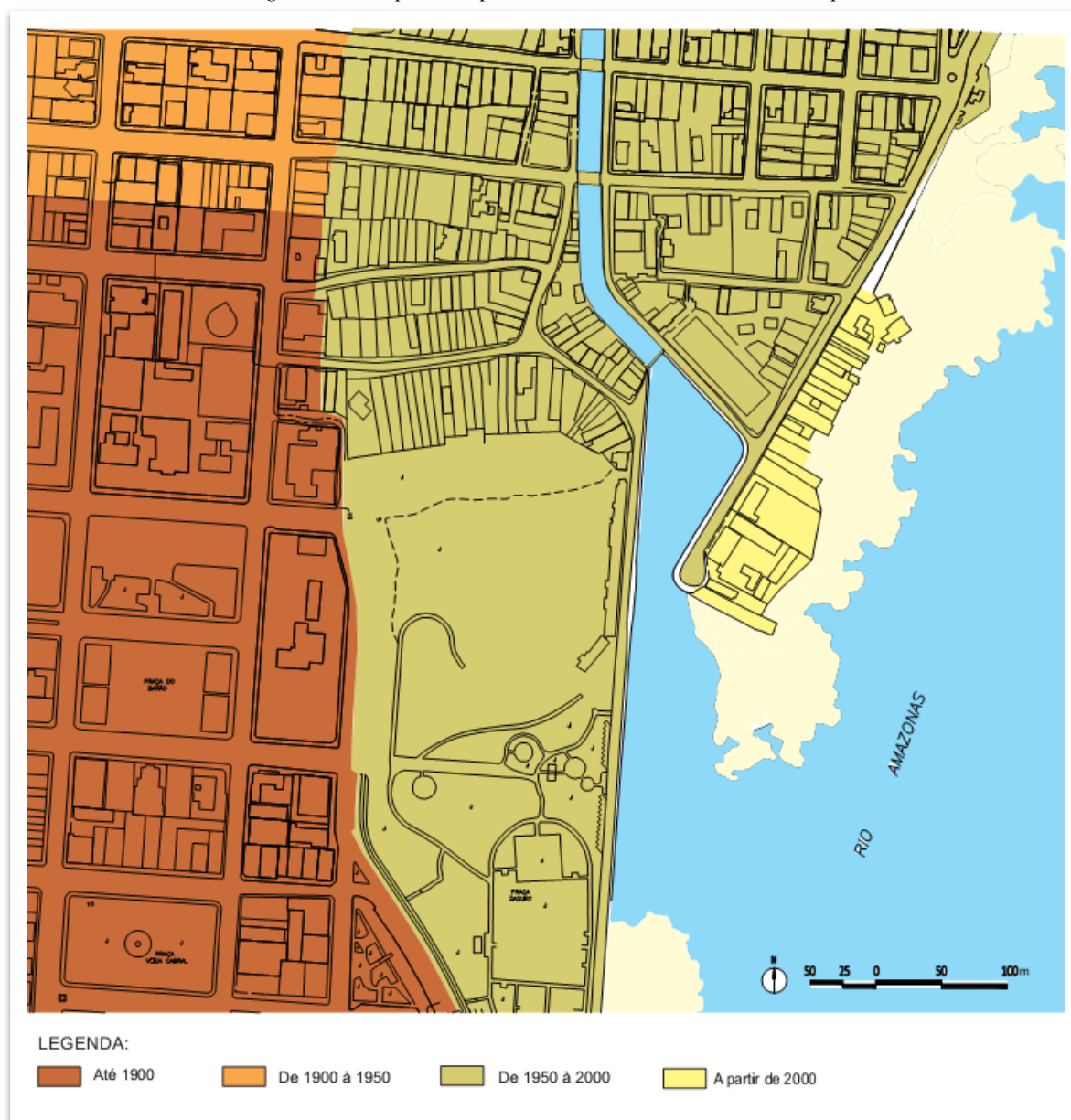
Na Figura 16, obtida pela autora no acervo do Museu Histórico do Amapá Joaquim Caetano da Silva, registra a ocupação da Zona Costeira do Amapá (ZCA) pelos primeiros moradores do bairro Perpétuo Socorro (antigo Igarapé das Mulheres).

A intensificação do uso e ocupações do solo na área central de Macapá levou à execução de obras de aterro em sua zona costeira. Costa (2014), apresenta um mapa de ocupação da área central de Macapá por período histórico. Nele, se pode notar a expansão adentro do rio Amazonas, além da consolidação do bairro Perpétuo Socorro com traçados irregulares.

Segundo Costa (2015), o bairro Perpétuo Socorro recebeu enorme quantidade de aterro no início da sua ocupação, a pedido da população em meados dos anos 50 sendo intensificados a partir de 1982 e somente depois, por imenso apelo dos moradores do bairro se iniciou o processo de pavimentação asfáltica.

A expansão urbana da cidade de Macapá, culminando com a ocupação da área do atual Perpétuo Socorro foi compilada na Figura 17 apresentada por Costa (2015).

Figura 17 - Mapa de Expansão Urbana da Cidade de Macapá



Fonte: Costa, 2015.

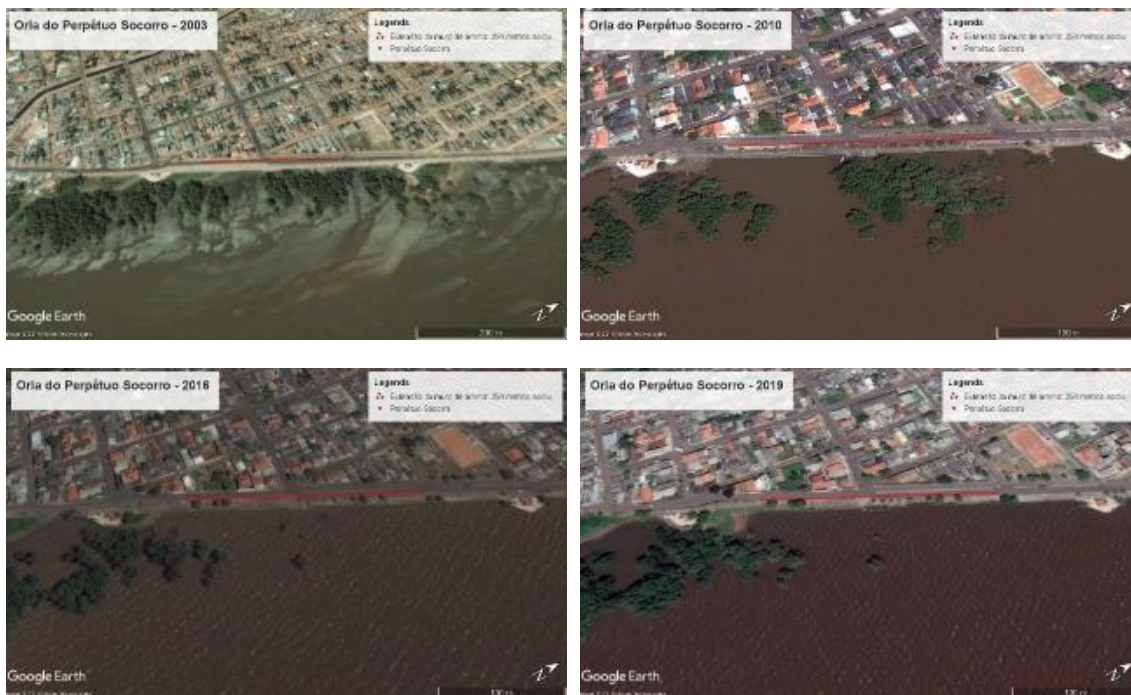
Na Figura 17, é possível identificar, no bairro Perpétuo Socorro, o Igarapé das Mulheres, local destinado a atividades portuárias de pequeno porte, o qual recebe embarcações vindas das ilhas próximas a Macapá, trazendo passageiros e cargas. As atividades econômicas predominantes nas proximidades da encosta é a venda de açaí, pescado (no Mercado do Pescado do Igarapé das Mulheres) e o comércio atacadista e varejista de alimentos. Também há a comercialização de vestuário, apetrechos de pesca e caça; a feira livre municipal; a federação dos pescadores (sede), organizações sociais, fábrica de gelo, comércio de combustível destinado

para o abastecimento das embarcações, além de bares e pequenos restaurantes. (SILVA S. C., 2017)

O avanço do bairro Perpétuo Socorro na Zona Costeira do Amapá (ZCA), culminou em agravantes processos de erosão das margens, retirada de matas ciliares, assoreamento intensivo, além de lançamento direto de dejetos e efluentes domésticos nos corpos d'água receptores. (Takiyama *et al*, 2012)

A descaracterização da orla do Perpétuo Socorro pode ser facilmente observada nas imagens históricas obtidas pelo *Google Earth*. Foram selecionadas imagens do acervo de 2003, 2010, 2016 e 2019 como meio de observação temporal das características da paisagem em frente da contenção instabilizada. (Figura 18)

Figura 18 – Evolução da supressão nativa na orla do Perpétuo Socorro em 2003, 2010, 2016 e 2019



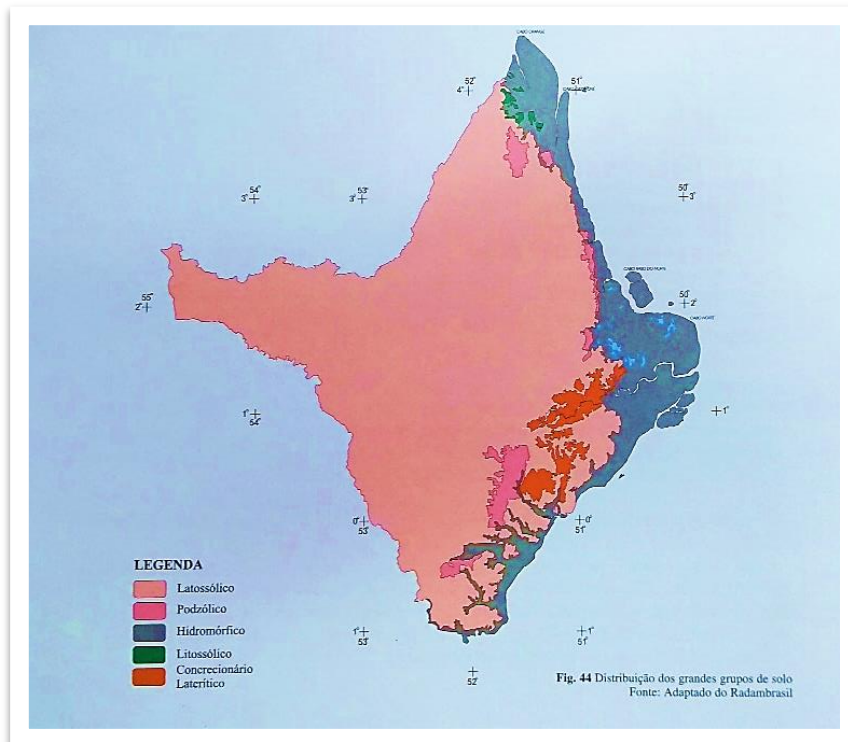
Fonte: Adaptado pela autora de Google Earth, 2019.

Ao longo do tempo se observa (Figura 18) o aumento gradativo a supressão da vegetação nativa na Zona Costeira de Macapá, seja pela ação natural ou antrópica.

5.2. Características do solo na Zona Costeira do Amapá

As pesquisas disponíveis para conhecimento do solo na região da Zona Costeira do Amapá (ZCA), foram obtidas a partir de estudos do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA. Neste estudo, consideraram cinco grupamentos de solo, apresentados na Figura 19. O grupo de maior expressão na ZCA é o *Hidromórfico*.

Figura 19 - Distribuição dos grandes grupos de solos no estado do Amapá



Fonte: IEPA, 2002.

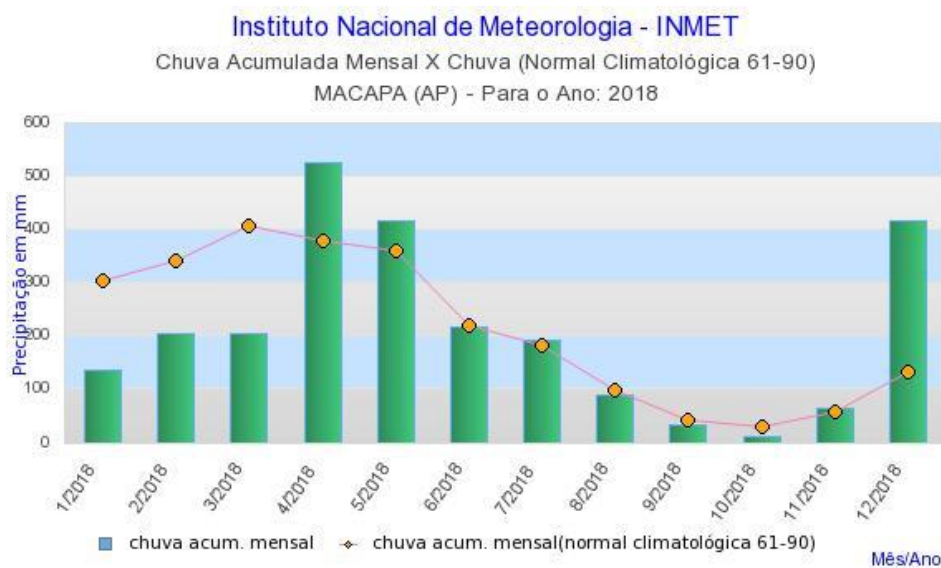
O grupo *hidromórfico* são solos muito jovens, formados a partir dos sedimentos recentes do período Quaternário. São formadores das planícies fluviais e fluviomarinhas da região e compreendem os seguintes subgrupos: Laterita Hidomórfica, Hidromórficos Gleyzados, Hidromórficos Indiscriminados e Indiscriminados do Mangue. Estão ligados a diferentes tipos de ambientes, entre eles os manguezais, áreas deprimidas inundáveis e várzeas ribeirinhas, além de sofrerem fortemente a influência do regime hídrico da região, através do lençol freático, chuvas e marés. (IEPA, 2002)

5.3. Condições hidrológicas e climáticas

As condições hidrológicas de superfície e climáticas abrangem um amplo conjunto de fenômenos naturais. Como atividades hidrodinâmicas de grandes proporções, se destaca o fenômeno da pororoca e da amplitude de marés, que afetam diretamente a Zona Costeira do Amapá. (IEPA, 2002)

Pela localização geográfica, Macapá tem clima tropical quente e úmido, com uma intensidade pluviométrica significativa na maior parte do ano. A Figura 20 apresenta os dados pluviométricos acumulados de 2018, disponibilizados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET¹⁴) para Macapá em comparação com a Normal Climatológica 61-90. E a Figura 21 mostra os dados acumulados ao longo da Normal 1981-2010.

Figura 20 - Chuva acumulada mensal x chuva (Normal Climatológica 61-90)

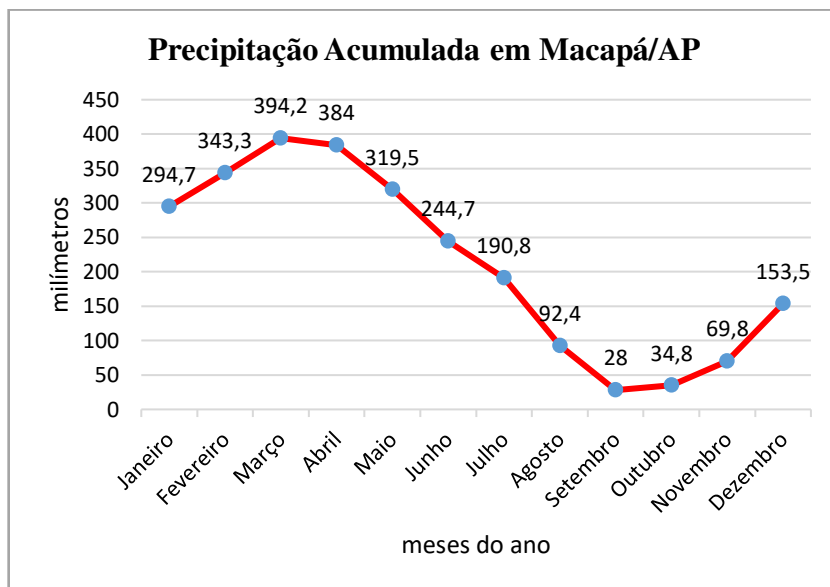


Fonte: INMET, 2019.

Pelas informações obtidas, se observa uma intensidade pluviométrica nos meses de janeiro a junho nos últimos anos, com decaimento da precipitação até dezembro, quando retorna a chover. Pelos padrões climatológicos normais (1981 a 2010), o mês mais seco é setembro com 28 mm/mês e o mais chuvoso, março com 394,2 mm/mês.

¹⁴ Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/>.

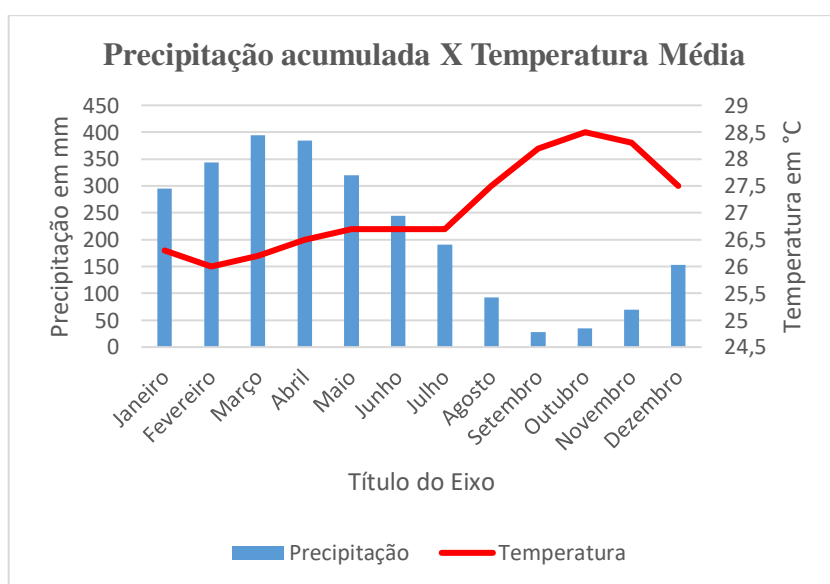
Figura 21 - Precipitação acumulada com base na Normal (1981-2010)



Fonte: Adaptado pela autora de INMET, 2019

Quanto à temperatura, a média observada pelo INMET na Normal Climatológica do Brasil 1981-2010, para o estado do Amapá, indica uma variação entre 26°C a 28°C. Na capital, o mês com temperatura mais amena é fevereiro com 26 °C acumulado na Normal (1981-2010) e o mês mais quente é outubro com média de 28,5°C. A Figura 22 apresenta um comparativo desta Normal referente à Temperatura Média no Bulbo Seco X Precipitação acumulada.

Figura 22 - Normal Climatológica 1981-2010 para Macapá/AP



Fonte: Adaptado pela autora de INMET, 2019.

Levantamentos realizados pelo IEPA, identificaram áreas sujeitas à inundação, baixa drenagem e suscetíveis à seca na Zona Costeira do Amapá. Neste estudo a encosta do bairro Perpétuo Socorro foi classificada como uma área exposta a inundação por marés e, devido sua área estar acomodada em terrenos quaternários, com limitação à drenagem.

O impedimento à drenagem constitui uma condição própria da planície quaternária, maximizada nas suas porções mais deprimidas. Dentre os aspectos que mais contribuem para a potencialização dessa limitação, se destaca a condição física do solo, marcada pelo acúmulo de argila e silte, rebaixamento do relevo e a superficialidade do lençol freático. (IEPA, 2002)

5.4. Vulnerabilidade natural à erosão

Para Torres & El-Robrini (2006), o processo de erosão tem suas causas tanto naturais quanto por ações humanas:

No setor costeiro estuarino, o recuo da linha de costa é causado por fatores de origem natural, relacionados à dinâmica costeira, e por intervenções humanas na zona costeira, principalmente na forma de ocupação inadequada da zona de linha de costa e de obras de engenharia na área urbana de Macapá, que interrompem o fluxo de sedimentos e aumentam o poder erosivo das marés.

Na dinâmica da costeira, as árvores e arbustos de mangue são tombadas pela ação das correntes de marés; outra característica da ação natural é a exposição de uma sequência de paleolama (cuja granulometria é mais fina do que os sedimentos siltosos) dispersa pelo Rio Amazonas, atribuindo assim o caráter lamoso da Zona Costeira do Amapá. (TORRES & EL-ROBRINI, 2006)

Quanto à avaliação da vulnerabilidade natural à erosão, a Zona Costeira do Amapá apresenta níveis de “*vulnerabilidade natural altamente limitante*”, em estudos realizados pelo IEPA (2002). Neste levantamento, constituiu-se um indicador sobre o grau de resistência dos solos, os quais foram agrupados em cinco níveis, a partir de análise integrada de estudos geológicos, geomorfológicos, do solo e da vegetação. Após a mensuração dos dados, foi definido três maiores níveis dessa matriz de vulnerabilidade: estável, moderadamente limitante e altamente limitante. A *vulnerabilidade natural altamente limitante*, inclui os dois intervalos de classe entre os valores 2,3 a 3, os quais correspondem aos limites máximos de vulnerabilidade natural desta região. As áreas desta região são ambientes muito frágeis submetidos a inundações periódicas e permanentes.

5.5. Influência das marés

A exposição por regime de marés representa outra condição de risco das planícies litorâneas desta região, que acontece com intervalos de 12 a 13 horas. Acrescida as particularidades hidrodinâmicas, a orla litorânea, e conseqüentemente a do Perpétuo Socorro, se torna vulnerável a fases de intenso processo erosivo e de acresção lamosa. (IEPA, 2002)

Além da erosão na encosta, o regime de marés aliados aos eventos hidrológicos de alta amplitude influenciam também na dinâmica de inundação nas áreas de ressacas, ocupadas inadequadamente desde os anos 50 em Macapá.

Considerando que a contenção em estudo foi construída no intuito de evitar o avanço da erosão na área costeira, a identificação das amplitudes das marés no rio Amazonas é um fator primordial para a concepção e monitoramento do muro. A previsão de marés do rio Amazonas, disponíveis nos boletins hidrológicos do IEPA (IEPA, 2018), indicam que as marés mais altas (preia-mar) atingiram 4,5 metros de altura no ano de 2018 no local de medição.

Identificou-se, nos boletins hidrológicos, amplitudes elevadas de marés com 4,5 m no rio Amazonas no primeiro semestre de 2018, período com maior concentração de chuva em Macapá. É importante ressaltar que as previsões de marés podem ser alteradas pelas condições de relevo, distâncias entre ponto de coleta e características meteorológicas da região, resultando em discrepâncias entre o previsto e o observado.

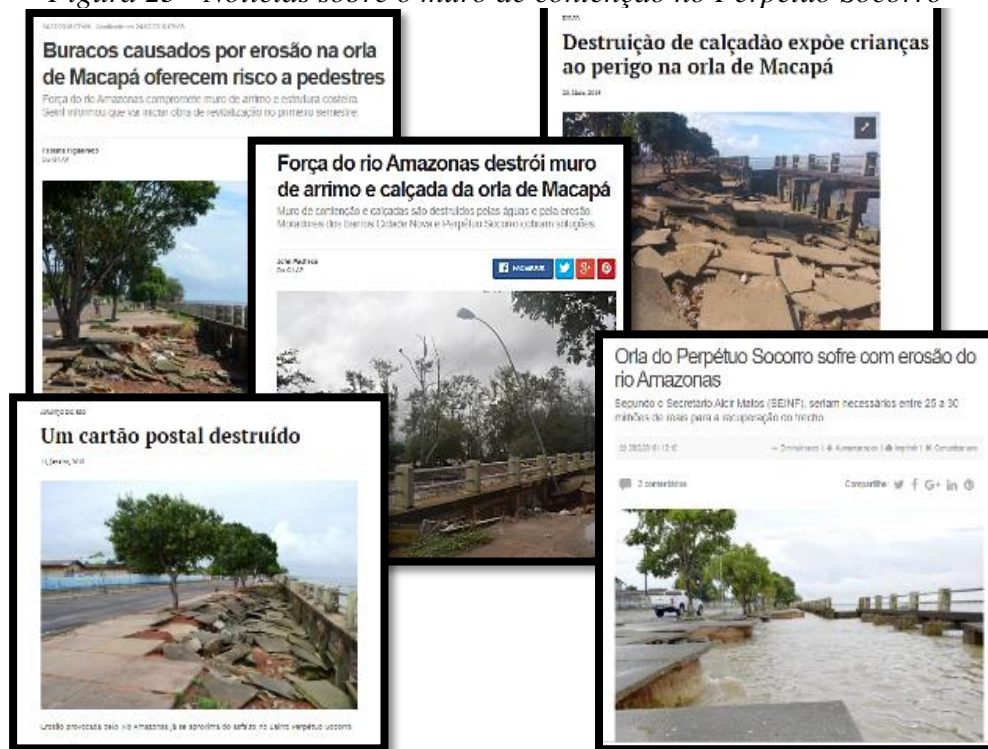
6. Características da contenção na orla do Perpétuo Socorro

6.1. Contextualização

O muro de arrimo na orla do perpétuo Socorro é notícia recorrente nos meios de comunicação locais como uma obra em colapso contínuo (Figura 23). Segundo matéria de 06 de janeiro de 2019, dada a um portal de notícias¹⁵, o representante da Secretaria de infraestrutura do Estado (SEINF) relatou que *todas as soluções construtivas usadas para resolver o problema da erosão foram ineficazes, dada a força do rio Amazonas* e que um novo projeto está sendo preparado para a área.

¹⁵ Entrevista concedida ao portal SalesNafes.com. Disponível em <https://selesnafes.com/2019/01/a-um-metro-do-asfalto/>

Figura 23 - Notícias sobre o muro de contenção no Perpétuo Socorro



Fonte: Adaptado pela autora de Google Notícias, 2019

Imagens obtidas em 2012, pelo Google Earth, já indicava anomalias ao longo da orla (Figura 23). Reportagens de 2014 (Figura 24) já exibiam um cenário mais crítico da estrutura, e ao longo dos anos sem intervenções eficazes, os problemas tomaram maiores proporções. Agora o muro é considerado uma fonte de perigo para a população do bairro.

Figura 24 - Patologia no muro de contenção em 2012 - Perpétuo Socorro



Fonte: Adaptado pela autora de Google Earth, 2019.

Figura 25 - Imagem do muro em 2014 divulgada pela imprensa local



Fonte: Portal G1 Amapá, 2014.

Algumas reportagens indicam que fatores naturais, próprios da região, como as fortes chuvas, marés e a erosão natural, são as causas do dano à estrutura. Afirmação também compartilhada pelos representantes do governo.

Em uma nova entrevista¹⁶ dada em 28 de fevereiro de 2019, o secretário da SEINF relatou que a solução escolhida para a contenção do Perpétuo Socorro, é o sistema Bolsacreto, “que seria usada para fazer a recuperação do trecho que vai do mercado do Perpétuo Socorro até o Canal do Jandiá”.

Neste contexto, esta pesquisa torna-se relevante para o conhecimento das anomalias e não conformidades presentes no muro e em seu entorno. Busca-se obter dados do universo de causas, que favorecem o aparecimento de patologias nas estruturas de contenção em concreto armado na orla do Perpétuo Socorro.

¹⁶ Entrevista concedida ao portal diário do Amapá. Disponível em <https://www.diariodoamapa.com.br/cadernos/cidades/orla-do-perpetuo-socorro-sofre-com-erosao-do-rio-amazonas/>

6.2. Dados gerais da estrutura

A estabilização da encosta do Perpétuo Socorro foi realizada com dois tipos construtivos de muro de contenção: um trecho com muro de gravidade, em concreto, e outro trecho com muro de flexão.

O muro de flexão, com fundações em estacas e paramento em placas pré-moldadas, é o objeto de estudo deste Trabalho (Figura 27).

Para melhor compreender as causas que levaram à deterioração do muro, delimitou-se um trecho para a investigação das anomalias e não conformidades. Optou-se pelo trecho mais crítico da obra de contenção, que fica nas proximidades do cruzamento entre a Avenida Beira Rio e Rua Rio Xingu (Figura 26), no bairro do Perpétuo Socorro.

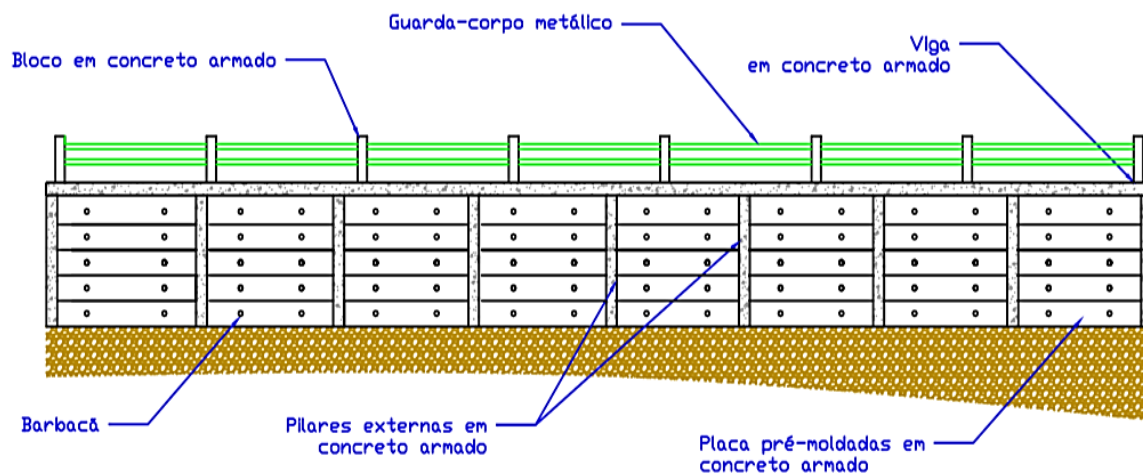
Figura 26 - Localização do trecho crítico da contenção



Fonte: Adaptado pela autora de Google Earth, 2019.

Com o não acesso às documentações e projetos da contenção, tornou-se difícil uma caracterização específica do muro. Para não incorrer em erros, apenas será utilizado os termos “muro com placas pré-moldadas”, “contenção com placas pré-moldadas”, “muro de contenção” ou simplesmente “muro de arrimo” e “contenção”.

Figura 27 - Croqui referente ao trecho do muro de contenção na orla do Perpétuo



Fonte: Produzido pela autora, 2019

Considerou-se a fundação por estacas, após entrevista com Engenheiros da SEINF e da Secretaria Municipal de Obras (SEMOB), onde ambos afirmaram o uso de estacas na fundação do muro de contenção. Ainda segundo os engenheiros, sobre as estacas foi assentado bloco de coroamento, nascendo pilares sobre este.

Entre os vãos, de um pilar a outro, foram fixadas placas pré-moldadas de concreto armado (Figura 27). Na inspeção notou-se a presença de argamassa na colagem do pré-moldado nos pilares. Essas placas de contenção, são as responsáveis por receber as ações de empuxo do reaterro. Estes esforços são transmitidos aos pilares, bloco de coroamento, estacas e por fim ao solo.

Sobre os pilares foram executadas vigas para garantir a distribuição de esforços ao longo da contenção (Figura 27).

Figura 28 - Trecho do muro em estudo – Imagem de 2012



Fonte: Adaptado pela autora de Google Earth, 2019.

O muro com placas pré-moldadas foi edificado em área urbana estruturada, com adensamento alto de construções e populações residentes. Os moradores possuem acesso terrestre direto e fluvial determinado por regime de maré. A orla do bairro possui relevo suavemente ondulado e vegetação arbórea espessada pedominante ao longo da encosta.

Figura 29 - Vista frontal do muro com placas pré-moldadas - Orla do Perpétuo Socorro



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

A orla possui drenagem fluvial construída, porém insuficiente e obstruída (Figura 30 e Figura 31); Segundo a PMM (2006), o lançamento de efluentes, assim como a deposição de

resíduos sólidos, é realizado direto canal que lá existe. Porém contatou-se indícios de que também estão sendo despejados no rio Amazonas (Figura 32).

Figura 30 - Boca de lobo obstruído localizado na rua Beira Rio



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 31 - Boca de lobo obstruída - Rua Beira Rio



Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

Figura 32 - Indícios de lançamento de águas residuais no Amazonas



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Por ausência de projetos e outras documentação da obra, não foi possível obter dados referentes às propriedades dos materiais, traço do cimento para seus elementos, tecnologia de construção utilizada na obra, e nem seu histórico de anomalias e ensaios realizados na estrutura.

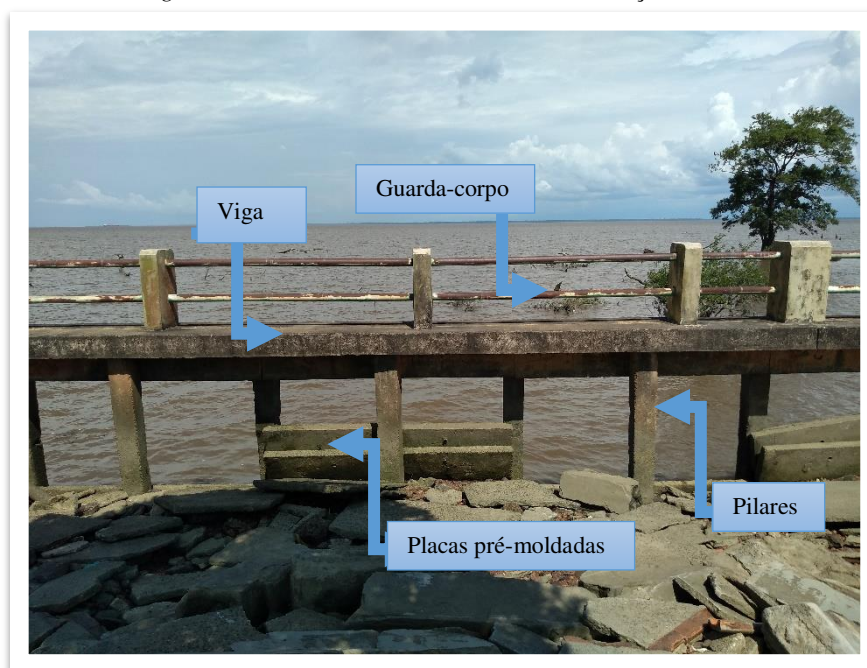
Pelas informações repassadas na SEMOB, não foram executadas manutenções no muro de contenção, somente na calçada e no reaterro.

6.3. Caracterização dos elementos da estrutura

6.3.1. Pilares

O trecho crítico do muro de arrimo é composto por 17 (dezesete) pilares de concreto com seções retangulares distintas. Os pilares estão dispostas em duas fileiras com distâncias diferentes, ou seja não apresentam um padrão de vão. (Figura 33). As armaduras principais, já em exposição, indicam uso de barras de ferro com diâmetro de 10 mm.

Figura 33 - Vista do trecho do muro de contenção - 2019

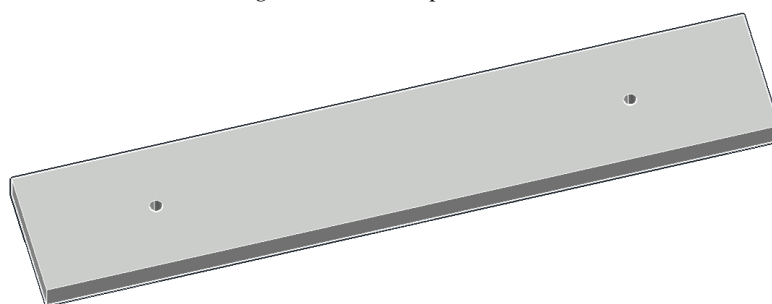


Fonte: Arquivo pessoal, 2019

6.3.2. Viga

Sobre os pilares foi executada uma viga com as seguintes dimensões, em centímetros, 25x87x260. Algumas armaduras expostas indicam uso do diâmetro de 10 mm.

Figura 34 - Placa pré-moldada



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

6.3.3. Placas pré-moldadas

As espessuras das placas variam entre 10 cm e 12 cm, assim como seus comprimentos entre 2,80 a 3,00 e largura de aproximadamente 50 cm. As barras de ferro utilizadas para a

armadura principal divergem entre uma placa e outra, assim como os diâmetros dos estribos e seus espaçamentos. (Figuras 34, 35 e 36)

Figura 35 - Armadura de uma das placas pré-moldadas



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 36 - Armadura exposta de placa pré-moldada

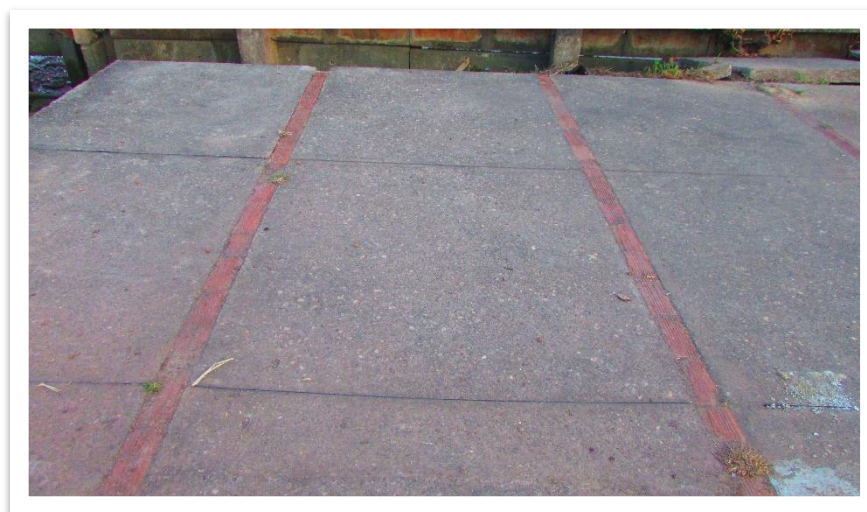


Fonte: Arquivo pessoal, 2019

6.3.4. Calçada

A calçada foi executada com uma camada de concreto com 7 cm de espessura e dimensões 1,4x1,5 (cm) aproximadamente. Para as juntas de dilatação usou-se em duas faces fitas de PVC e nas outras bloco cerâmico.

Figura 37 - Juntas de dilatação aplicadas na calçada



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

6.3.5. Drenos

Para os barbacãs, foram utilizados tubos de P.V.C. com 5 centímetros de diâmetros. Não foram identificadas as canaletas no muro de arrimo. (Figura 38)

Figura 38 - Detalhe do barbacã na placa pré-moldada



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

6.4. Sondagens

Para Gerscovich *et al.* (2016), o grande objetivo das investigações de sondagens é propiciar o reconhecimento da estratigrafia do local, possibilitando a montagem de perfil geotécnico que fará parte das análises de estabilidade.

As sondagens realizadas na orla do Perpétuo Socorro para o projeto da contenção não foram obtidas. Mas, para efeito de aproximação das camadas que compõem o subsolo da Zona Costeira de Macapá, foram cedidos os ensaios de penetração (S.P.T.) realizados na orla do bairro do Araxá onde está sendo erguido um muro de gravidade para contenção da erosão na encosta.

O bairro do Araxá, área sul da cidade, assim como o bairro do Perpétuo Socorro, área norte de Macapá, é banhado pelo rio Amazonas. Suas respectivas orlas pertencem à ZCA. Enfatiza-se que os dados de sondagens servirão, unicamente, para indicar uma aproximação das camadas do solo no bairro Perpétuo Socorro, não devendo estes serem considerados para efeito de cálculo de estabilidade da estrutura, tão pouco de sua resistência e espessuras.

Figura 39 - Realização das sondagens na orla do Araxá



Fonte: Governo do Estado do Amapá, 2011.

Os relatórios de prospecção geotécnica, realizada na Zona Costeira de Macapá (área sul), indicam que até aproximadamente -7 metros, de um Referencial de Nível (RN), as camadas se apresentam com as seguintes características:

- Argila silto arenosa de cor cinza escura muito mole a mole;
- Argila silto arenosa de cor cinza clara mole a muito rija;
- Argila silto arenosa de cor variegada dura.
- Argila silto arenosa com pedregulho de cor variegada dura.

Dois furos, entre os 35 realizados na ZCA (área sul), indicaram baixas resistências nos 9 primeiros metros de sondagem. Estes furos indicaram presença de argila silto arenosa de cor cinza escura muito mole a mole; argila silto arenosa de cor cinza clara muito rija a dura. Com 13 metros abaixo do RN identificou-se também amostras de areia fina e média de cor branca compacta.

7. Inspeção no muro de arrimo na orla do Perpétuo Socorro

7.1. Metodologia de inspeção

Como não há metodologia específica para inspeção de muros de contenção, houve a necessidade em se estruturar um *Check-List* para este estudo de caso. Utilizou-se como documento base, a metodologia utilizada no programa de inspeção das estruturas de barragens de concreto recomendado pela Agência Nacional de Águas – ANA (ANA, 2010). Nesta ficha de inspeção, elenca-se as anomalias mais comuns, previstas para cada elemento/estrutura, e avalia-se, sua magnitude e nível de perigo.

Na metodologia adotada, estão elencadas as anomalias/não conformidades mais comuns para cada elemento do muro de arrimo: pilares, viga, placas pré-moldadas, guarda-corpo, pilares e drenos. Também consta no formulário, ações de responsabilidade da Administração Pública, anomalias possíveis na área urbana (próxima da contenção), para a calçada e nas margens do rio Amazonas. Desta forma tem-se um cenário patológico da obra e o meio onde está arrimada.

Para uma inspeção visual preliminar mais precisa, ainda se contemplou parte da *Ficha de vistoria* recomendada na ABNT NBR 11682:2009 e a “*Ficha de descrição e antecedentes da estrutura*” disponível em (GRANATO, 2002).

Para preenchimento da ficha proposta neste trabalho, deve ser considerada a legenda apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 - Legenda para ficha de inspeção

SITUAÇÃO:
NE – Anomalia Não Existente
EX – Anomalia Existente
PC – Anomalia Permaneceu Constante
AU – Anomalia Aumentou
NI – Este item Não foi Inspeccionado (Justificar)

Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Para as escolhas das situações, devem ser consideradas o número de visitas e o conhecimento próprio ou de terceiros para informar as situações. Por exemplo para a primeira inspeção de uma estrutura, as situações escolhidas devem ser NE, EX e NI. Quando o profissional basear-se em conhecimento próprio ou de terceiros devem ser adotados PC ou AU.

A ficha de inspeção visual proposta para este trabalho engloba todas as estruturas da contenção, a indicação de anomalias possíveis para cada elemento e a situação destas ao longo das inspeções.

Tabela 12 - Exemplo da ficha de inspeção visual para anomalias nos elementos do muro

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
GUARDA-CORPO										
Rachaduras ou trincas no concreto	NE	EX	PC	AU	NI	3	3	3		
Sinais de amassamento devido a choque	NE	EX	PC	AU	NI	6	1	3		
Deterioração do guarda-corpo	NE	EX	PC	AU	NI	3	10	6		

Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Para a determinação do nível de gravidade de uma dada patologia ou não conformidade, para efeito de priorização, foi adotado o método GUT, com os pesos recomendados por Gomide *et al.*, (2009) *apud* Feitosa (2018), com alteração apenas no nome da estrutura conforme Tabela 3.

Tabela 13 - Níveis de gravidade – Adaptado para muros de arrimo

Grau	Gravidade	Peso
Total	Perda de vidas humanas, do meio ambiente ou do próprio muro .	10
Alto	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou ao muro .	8
Média	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou do muro .	6
Baixa	Pequenos incômodos ou pequenos prejuízos financeiros.	3
Nenhuma	-	1

Fonte: Gomide et al. (2009) *apud* Feitosa (2018)

Para as variáveis **Urgência** e **Tendência**, adotou-se as mesmas descrições apresentadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Como a inspeção depende do tipo e magnitude da informação que se quer obter, para este trabalho, realizou-se uma **Inspeção Preliminar** do muro de contenção na orla do Perpétuo Socorro. Os formulários adotados se encontram em anexo.

7.2. Análises e discussões

Simplicidade de realização e de baixo custo, a inspeção visual é considerada o primeiro ensaio não destrutivo utilizado pelo homem e o mais utilizado, preliminarmente, na Patologia das Estruturas. Para qualificar esta etapa, adotou-se o Método GUT, recomendado pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia - IBAPE.

Para evitar a fadiga visual, foram realizadas várias inspeções na orla do Perpétuo Socorro, tanto em períodos de maré cheia, quanto em baixa-mar ao longo do ano.

Os levantamentos das anomalias e seus riscos foi realizada tanto na parte frontal, posterior e nos próprios elementos do muro de arrimo. As anomalias e não conformidades são apresentadas abaixo, seguidas de análises e discussões.

7.2.1. Administração

Tabela 14 - Administração - Anomalias e Priorização dos riscos

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
Falta de documentação sobre a contenção	NE	EX	PC	AU	NI	3	1	1	3	5°
Precariedade de acesso a veículos	NE	EX	PC	AU	NI	1	3	6	18	4°
Precariedade de acesso às pessoas	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3°
Falta ou deficiência e cerca de proteção	NE	EX	PC	AU	NI	10	10	10	1000	1°
Falta ou deficiência de placas de aviso	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	2°
Falta de acompanhamento da administração	NE	EX	PC	AU	NI	10	10	10	1000	1°

Fonte: Produzida pela autora, 2019

O trecho crítico da contenção é uma área propensa a risco e acidentes. Apesar do agravamento da situação deste 2014, não há indícios de qualquer medida paliativa para proteção e isolamento da área, tampouco há a existência de placas para alertar possíveis riscos.

Pela análise GUT, a falta de acompanhamento municipal e a ausência de cercas de proteção apresentam o mesmo grau de prioridade, seguida da ausência de placas de aviso. Essas são primeiras não-conformidades a serem solucionadas para resguardar vidas e o patrimônio público.

A ausência das manutenções e reparações do muro de arrimo não foi citado no formulário, pois se enquadra no item “falta de acompanhamento da administração”.

Apesar da não disponibilidade de informações documentais da obra, esta anomalia não foi considerada essencial para se realizar as correções das outras não-conformidades. Por estar situado na orla do bairro, local de lazer habitual dos moradores, é comum a presença de pessoas neste trecho crítico da contenção. Na Figura 40 apresenta uma situação comum nos finais de tarde: crianças brincando sobre o trecho desmoronado.

Figura 40 - Crianças brincando na área mais crítica da contenção



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

7.2.2. Área posterior à contenção

Tabela 15 - Área urbana - Anomalias e Priorização dos riscos

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
ÁREA POSTERIOR										
Construções irregulares	NE	EX	PC	AU	NI	1	1	1	1	5°
Tubulação de água pluvial quebrada	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1°
Presença de árvores e arbustos	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	3	240	3°
Poluição por lixo e pesticidas	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	2°
Presença de desmatamento	NE	EX	PC	AU	NI	6	1	3	18	4°
Lançamento e concentração de águas servidas	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	3	240	3°

Fonte: Produzida pela autora, 2019

Não foram constatados indícios desmatamento e irregularidades nas construções localizadas na área posterior da contenção.

Apesar de haver sistema de drenagem pluvial, elas encontram-se obstruídas por lixo e danificadas (Figuras 30 e 31). Na área desmoronada (Figura 40), também há uma tubulação, para despejo destas águas no rio Amazonas, que se apresenta danificada (Figura 41)

Figura 41 - Tubulação de água pluvial danificada



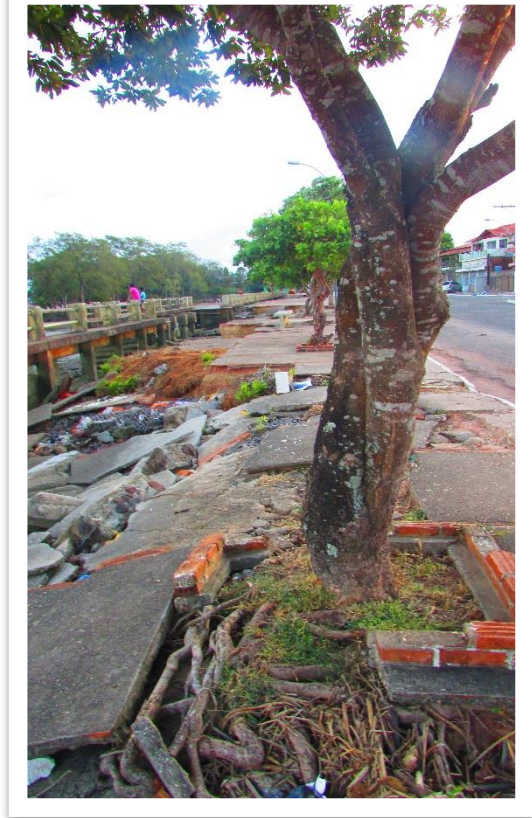
Fonte: Arquivo pessoal, 2019

As árvores presentes no local possuem raízes superficiais e foram plantadas na área destinada à calçada. Visivelmente, as raízes incidem agressivamente sobre o concreto danificando a estrutura (Figura 42).

A presença de lixo é constante em toda a extensão da orla, mas nas áreas onde há afundamento da calçada, há uma concentração maior de resíduos domésticos e comerciais. (Figura 43)

Nas inspeções realizadas, foi observado o lançamento de águas servidas diretamente sobre as vias do entorno da contenção. A Figura 32 mostra indícios de despejo de águas servidas incidindo diretamente sobre o muro e sendo despejadas no rio Amazonas.

Figura 42 - Árvores plantadas na área destinada à calçada



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 43 - Presença de lixo no trecho da contenção



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

A análise GUT (Tabela15), demonstra que as tubulações de águas pluviais quebradas é a principal anomalia geradora de riscos para a população, meio ambiente e estrutura, seguida da poluição por lixo e lançamento de águas servidas. Portanto para a resolução destas desconformidades, é necessário plano de limpeza e manutenção, reparos e uma eficiência na coleta de lixo doméstico e resíduos comerciais, além de ênfase na conscientização da população sobre as consequências da eliminação inadequada de lixo.

7.2.3. Calçadas

Tabela 16 - Calçada - Anomalias e Priorização dos riscos

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
CALÇADA										
Rachaduras na calçada	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Afundamentos ou buracos	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Presença de árvores e arbustos	NE	EX	PC	AU	NI	3	1	8	24	7ª
Tubulações quebradas ou destruídas	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	6	480	3º
Defeitos na drenagem (canaletas)	NE	EX	PC	AU	NI				0	
Defeitos no meio-fio	NE	EX	PC	AU	NI	3	10	3	90	6ª
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	3º
Movimentação da calçada	NE	EX	PC	AU	NI	8	8	8	512	2º
Presença de carros e caminhões	NE	EX	PC	AU	NI	8	6	8	384	4ª
Ausência de acessibilidade	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Indícios de deterioração por raízes	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	6	360	5ª
Obstrução ou entulhos	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	3º

Fonte: Produzida pela autora, 2019

A maior parte das patologias podem ser observadas nas Figuras 40 a 45: rachaduras, afundamentos, buracos, presença de árvores agressivas à estrutura, entulhos, indícios de deterioração por raízes, ausência de acessibilidade, tubulações quebradas. Durante a inspeção, também foram constatados a presença de ratos e sinais de movimentos devido a fuga de finos do reaterro durante as ações das chuvas e marés (Figura 44).

A constatação do agravamento destas anomalias pode ser vista comparando as Figuras 46 e 47. Imagens tiradas com intervalo de mais de um ano mostra que o desabamento da calçada já se encontra próximo ao meio-fio da rua Beira Rio.

Quanto à priorização dos riscos (GUT), as **rachaduras, afundamentos ou buracos** e a **ausência de acessibilidade** são as anomalias que mais interferem na segurança de pessoas, ambiente e estrutura e os que requerem medidas imediatas. Em segundo posição, aparece os **sinais de movimento das placas** devido a erosão, que é um agravante à segurança, principalmente, dos pedestres que por lá transitam (Tabela 16).

Quanto à inspeção nas canaletas, não foi observado indícios de existência destas na execução do muro de arrimo. Um fato agravante, dado a importância do sistema de drenagem para o desempenho da contenção.

Figura 44 - Erosão sob a calçada



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 45 - Patologias na calçada



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 46 - Localização do desabamento em 08 de setembro de 2018



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 47 - Localização do desabamento em 09 de novembro de 2019.



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

As tubulações responsáveis pelo lançamento das águas pluviais encontram-se quebradas e são um agravante do perigo (Figura 41). Além do mau cheiro, danos ao meio ambiente e estrutura, o despejo sobre a área tem atraído ratos e insetos. Como o perímetro está sem proteção e sinalização de aviso, há a exposição de pessoas às doenças veiculadas por esses animais, tais como a leptospirose.

Apesar de não ter sido constatado a presença de carros e caminhões sobre a calçada, é importante ressaltar que o próprio trânsito de veículos na rua Beira Rio, à frente do muro, gera aumento das tensões no solo e, na interação com outros fatores, tais como chuva e maré cheia, pode condicionar o desmoronamento na via, agravando o risco. Logo é urgente a limitação ao acesso a este perímetro.

7.2.4. Viga

Tabela 17 - Viga- Anomalias e Priorização dos riscos

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
Fissuras, rachaduras ou trincas no concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Deterioração da superfície do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Corrosão da armadura	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Amassamento devido a choques	NE	EX	PC	AU	NI	6	1	3	18	3ª
Deformação	NE	EX	PC	AU	NI				0	-
Desgaste do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Desagregação do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	6	480	2º
Carbonatação	NE	EX	PC	AU	NI				0	-
Ferragem exposta	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º

Fonte: Produzida pela autora, 2019

Observou-se na inspeção, desgaste do concreto da viga (Figura 48).

As fissuras observadas na Figura 49, são características de vigas solicitadas à flexão. Outra possibilidade é que as fissuras verticais podem estar sobre os estribos da região, esta hipótese indicaria cobertura insuficiente e possível carbonatação da armadura. Para a determinação mais precisa da causa, recomenda-se a realização de inspeção mais detalhada do elemento.

Figura 48 - Desgaste do concreto da viga



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 49 - Fissuras na viga



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

A adoção de “Anomalia Não Existente (NE)” só deve ser considerada para o trecho objeto deste estudo, pois para outros trechos tais anomalias foram constatadas. Levando em consideração que as patologias são desenvolvidas num processo, uma após a outra, é necessário realizar os reparos necessários para que outras patologias mais agressivas à estrutura não se desenvolvam.

Quanto à deformação e a incidência de carbonatação neste elemento, sugere-se a adoção de ensaios laboratoriais para verificar sua real existência e taxa de evolução. Somente após esses ensaios é que se pode mensurar sua gravidade, urgência e tendência à durabilidade da estrutura.

Pelo Método GUT, as anomalias consideradas agravantes, para a estrutura de contenção, são as **fissuras, corrosão da armadura, ferragem exposta e desgaste do concreto, e deterioração**. É importante frisar que a manutenção do elemento é primordial, visto que a viga está exposta a ações alternadas de molhagem e secagem, fato que aumenta as possibilidades de corrosão da armadura. Outro ponto a ser retomado, é a não-conformidade do cobrimento executado na viga. Sabe-se que estas patologias são desencadeadas uma após a outra e o não cumprimento dos cobrimentos mínimos corrobora para indicar baixa qualidade nos processos construtivos do muro de contenção.

Figura 50 – Cobrimento insuficiente e corrosão da armadura da viga



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

As armaduras expostas, na viga (Figura 50), estão em sua fase inferior, e ao longo de seu comprimento, que indica não-conformidade com técnicas construtivas durante a execução deste elemento. Ainda foi contatado sob este elemento, madeira, provavelmente das fôrmas.

Figura 51 - Presença de madeira na fase inferior da viga



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Antes de iniciar as medidas paliativas, é necessário a realização de uma investigação mais minuciosa, coletando dados das aberturas das fissuras, suas causas, avaliação das condições em que o elemento estrutural se encontra, para então definir o procedimento mais

adequado para sua recuperação, técnica e economicamente. A mesma recomendação é válida para investigação e tratamento das corrosões das armaduras.

7.2.5. Placas pré-moldadas

Tabela 18 - Painéis pré-moldados - Anomalias e Priorização dos riscos

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
PLACAS PRE MOLDADAS										
Fissuras, rachaduras ou trincas no concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3°
Deterioração da superfície do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3°
Desplacamento dos painéis pré-moldados	NE	EX	PC	AU	NI	10	10	10	1000	1°
Corrosão da armadura	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3°
Defeitos nos filtros	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	1	60	5°
Amassamento devido a choque	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	4°
Desagregação do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3°
Desgaste superficial por erosão	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3°
Carbonatação	NE	EX	PC	AU	NI				0	-
Ferragem exposta das placas	NE	EX	PC	AU	NI	10	10	8	800	2°

Fonte: Produzida pela autora, 2019

Sobre as placas pré-moldadas incidiam todos as ações do reaterro, das ações decorrentes das marés e dos impactos de troncos trazidos pela maré. Na execução do muro, as placas foram fixadas nos pilares com a utilização de argamassa (Figura 52)

Somente não foi constatada, na inspeção, a carbonatação, por ausência de materiais para o ensaio. Mas diante do meio agressivo, presença do rio Amazonas e águas servidas e da exposição das armaduras, há um indicativo de que esta patologia esteja presente nas placas.

O **desgaste por erosão** é a patologia mais comum a todas as placas. O atrito decorrente das ações das marés, arrasta partículas sólidas fazendo-as se chocarem com o muro. Desta colisão, ocorre o desgaste superficial do concreto. Patologia frequente em estruturas submetidas a contato com água.

Figura 52 - Argamassa para fixar as placas nos pilares



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Dentre todas as patologias observadas, a que gera maior risco para a estrutura, às pessoas e o meio, é o deslocamento dos painéis, obtendo a maior pontuação no GUT (Tabela 18) entre todas as patologias verificadas nos elementos. Dada a função delas (resistir os esforços do aterro e das ações das marés), sua ausência na estrutura descaracteriza a contenção permitindo o avanço do rio Amazonas para a área urbana.

Figura 53 - Deslocamento dos pré-moldados



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Outro fator que merece atenção imediata é a exposição das ferragens (Figuras 35, 36 e 54), 2ª prioridade em correção. Essa pontuação é principalmente voltada ao risco que essas armaduras podem gerar às pessoas que passeiam sobre as placas da calçada (Figura 40), assim como às margens do Amazonas na baixa-mar (Figura 55).

Figura 54 - Patologias nas placas pré-moldadas



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 55 - Moradores do bairro em passeio pela encosta do rio Amazonas na maré baixa.



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

7.2.6. Guarda-corpo

Tabela 19 – Guarda-corpo - Anomalias e Priorização dos riscos

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
GUARDA-CORPO										
Rachaduras ou trincas no concreto	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	3	180	3º
Amassamento devido a choque	NE	EX	PC	AU	NI	6	1	3	18	4º
Deterioração do guarda-corpo	NE	EX	PC	AU	NI	3	10	6	180	3º
Deterioração da superfície do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	6	480	2º
Ferragem exposta	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Corrosão da armadura	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Carbonatação	NE	EX	PC	AU	NI				0	-

Fonte: Produzida pela autora, 2019

Segundo a Tabela 19, no guarda-corpo, as ocorrências mais agravantes são: a **deterioração dos materiais**, da **superfície do concreto**, **ferragem exposta** e **corrosão da armadura**. Devido à ausência de manutenção e reparos, estas anomalias tendem à uma agressão mais severa na estrutura.

Figura 56 – Desgaste do guarda-corpo



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Ainda foram observadas exposição da armadura nos blocos de concreto e trincas, provavelmente devido à retração hidráulica.

Dado o meio onde está inserido, o guarda-corpo com material metálico, deve receber manutenções corretivas ao longo de sua vida útil.

Figura 57 - Fissuras no elemento do guarda-corpo



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 58 - Deterioração da superfície do concreto



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

7.2.7. Drenos

Tabela 20 - Drenos - Anomalias e Priorização dos riscos

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
DRENOS	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	1°
Obstrução	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	1°
Deterioração nos tubos	NE	EX	PC	AU	NI				0	-
Instalação errada	NE	EX	PC	AU	NI				0	-
Material incompatível para a solução	NE	EX	PC	AU	NI				0	-

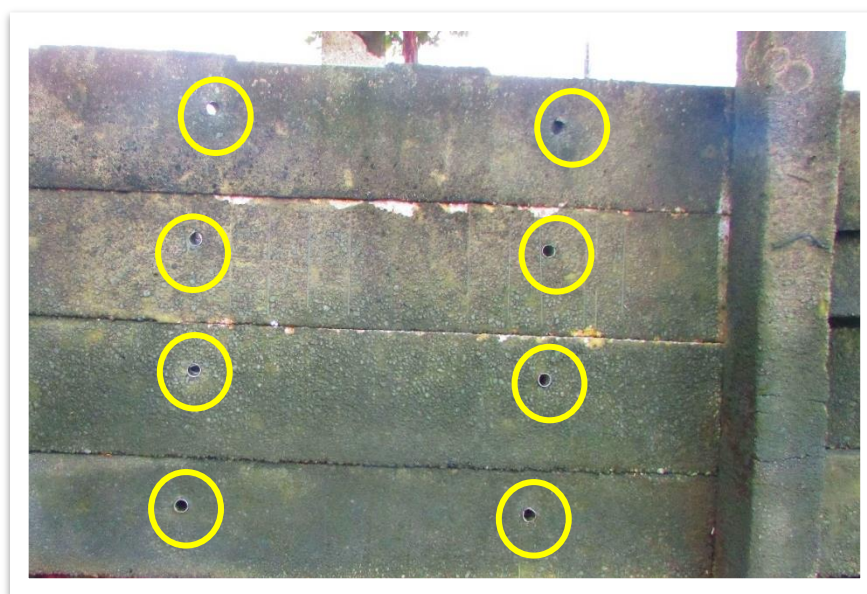
Fonte: Produzida pela autora, 2019

A **obstrução** e a **deterioração dos drenos** são as anomalias que requerem maior atenção para a saúde da estrutura (Tabela 20). Sua limpeza e a desobstrução devem permitir o fluir preferencial da água, preservando o dispositivo da presença de vegetação ou elementos nocivos.

Na ausência dos documentos e projetos, não foi possível verificar se houve instalação errada e se o material é incompatível para a solução de contenção edificada na orla do Perpetuo Socorro.

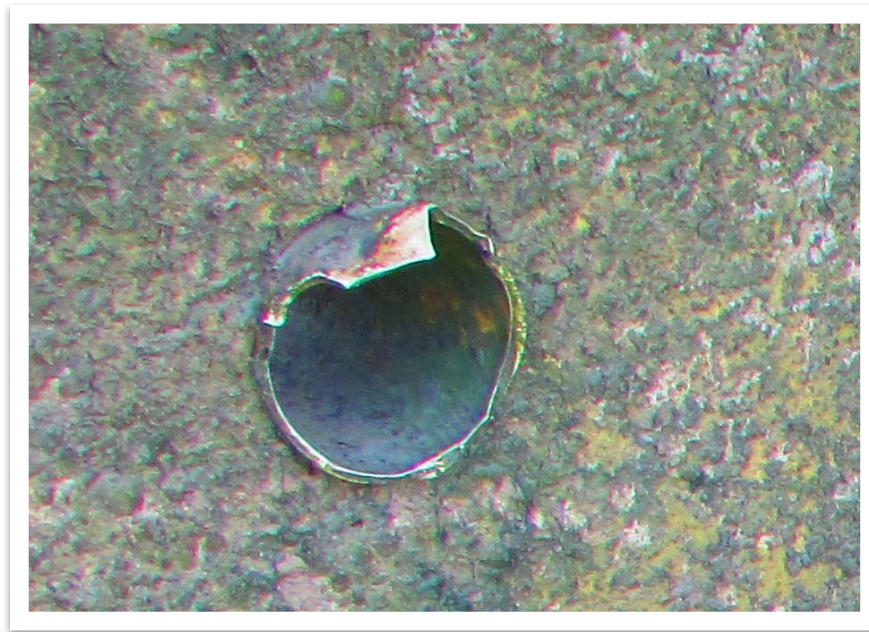
Como não se constatou a construção de canaletas, responsáveis por conduzir as águas que incidem diretamente na superfície do talude, esta análise se resume à verificação dos barbacãs (Figura 59).

Figura 59 - Barbacãs instalados nas placas pré-moldadas



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 60 - Barbacã deteriorado



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

7.2.8. Pilares

Tabela 21 - Pilares - Anomalias e Priorização dos riscos

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO						G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
PILARES											
Rachaduras ou trincas horizontais	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1°	
Rachaduras ou trincas verticais	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1°	
Rachaduras ou trincas longitudinais	NE	EX	PC	AU	NI	8	1	6	48	2ª	
Deterioração da superfície do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1°	
Corrosão da armadura	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1°	
Amassamento devido a choques	NE	EX	PC	AU	NI	6	1	6	36	3°	
Ferragem exposta	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1°	
Carbonatação	NE	EX	PC	AU	NI				0	-	
Desgaste superficial por erosão	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1°	
Recalque	NE	EX	PC	AU	NI	10	1	3	30	4°	

Fonte: Produzida pela autora, 2019

Dentre as patologias identificadas os pilares, as que mais incidem negativamente para a segurança da estrutura, do meio e das pessoas, são as trincas horizontais, verticais, a deterioração do concreto, corrosão da armadura, ferragem exposta e desgaste superficial por erosão. Todas obtiveram o mesmo índice de risco ($GUT = 640$). (Tabela 21)

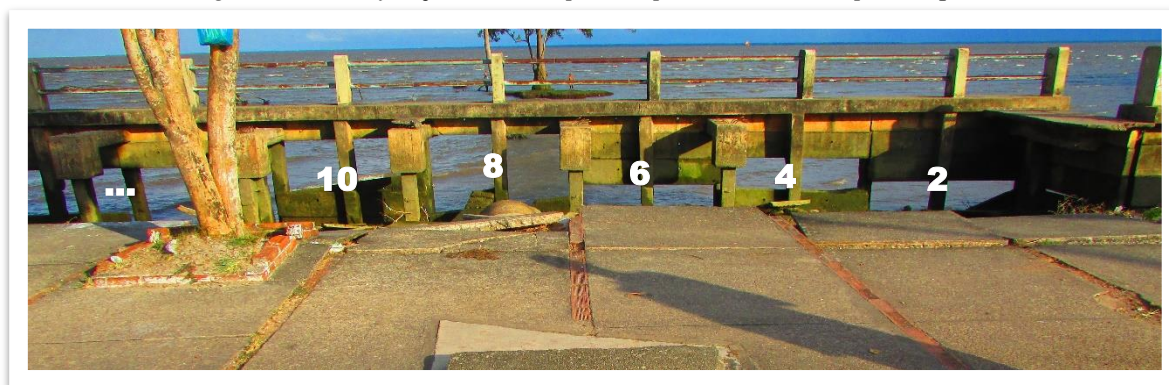
As anomalias indicadas como “Não Existentes”, se limitam à inspeção visual para este trecho do muro de contenção, logo recomenda-se análise detalhada destes elementos com ensaios laboratoriais e de estabilidade para confirmar a existência destas e outras anomalias.

Dado o ambiente úmido a qual esses elementos estão submetidos e a exposição das armaduras, na maioria dos pilares analisados, há indicativos de carbonatação. Para melhor análise e conclusão, é recomendado ensaios laboratoriais para avaliação da existência e profundidade de carbonatação do concreto.

Realizou-se uma inspeção visual em cada um dos 17 pilares do trecho e se constatou que possuem seções diferentes, como apresentado. Outra anomalia comum aos 13 pilares é a exposição e corrosão das armaduras, trincas e fissuras horizontais e verticais, além de deterioração da superfície do concreto por erosão.

Definiu-se para os pilares voltados para reaterro, números pares (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16) e para as voltadas para rio Amazonas, números ímpares (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 e 17). Os registros fotográficos de cada uma estão em anexo neste trabalho. (Figura 61)

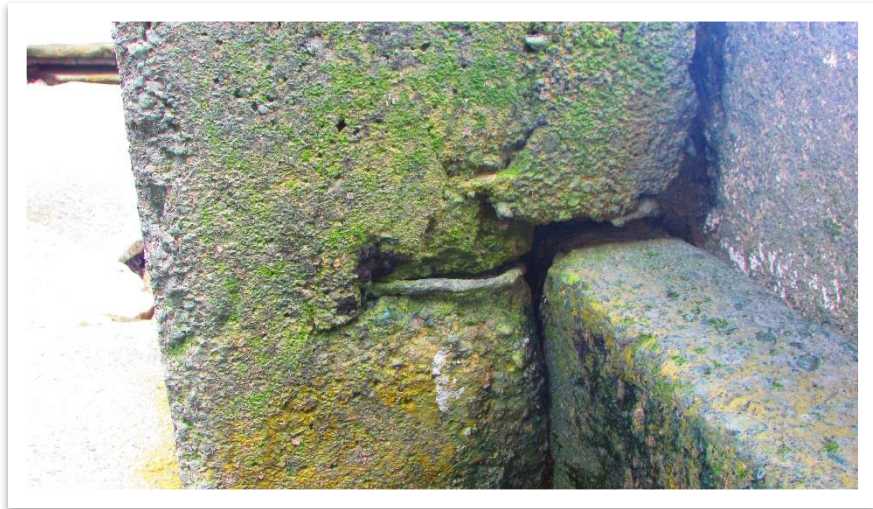
Figura 61 - Identificação utilizada para os pilares: da direita para esquerda



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

As imagens a seguir mostram as anomalias mais comuns ao grupo de pilares analisado.

Figura 62 - Desagregação e exposição de armaduras



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 63 - Desgaste da superfície do concreto



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 64 – Anomalia observada no pilar 1



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 65 - Corrosão da armadura



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 66 - Desgaste do concreto por erosão



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 67 - Fissuras e trincas verticais e ferragem exposta



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 68 - Fissuras e trincas horizontais



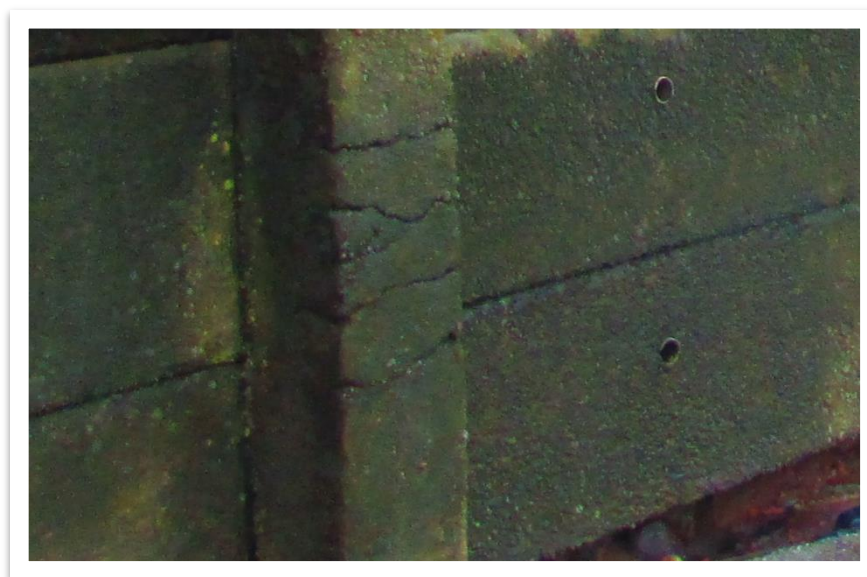
Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 69 - Fissuras e trincas horizontais nos pilares voltadas para o rio



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 70 - Detalhe das fissuras e trincas horizontais nos pilares



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Sabe-se que pilares são elementos que recebem, principalmente, forças normais de compressão e possuem baixa resistência para absorver momentos fletores. (Figura 69 e 70)

Para as anomalias indicadas por "NE" e "NI", aconselha-se uma inspeção mais detalhada e com ensaios especiais e laboratoriais.

7.2.9. Anomalias às margens do rio Amazonas

Tabela 22 - Área frontal do muro de contenção - Anomalias e Priorização dos riscos

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
MARGENS DO RIO AMAZONAS	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	2°
Assoreamento	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1°
Erosão na encosta	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	2°
Presença de lixo	NE	EX	PC	AU	NI	3	1	3	9	3°
Presença de árvores tombadas	NE	EX	PC	AU	NI	3	1	3	9	3°
Presença de troncos e arbustos	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	6	480	2°
Despejo de águas servidas	NE	EX	PC	AU	NI	1	1	3	3	4°
Existência de vegetação aquática excessiva	NE	EX	PC	AU	NI	3	1	3	9	3°
Presença de animais ou peixes mortos	NE	EX	PC	AU	NI	1	1	3	3	4°
Presença de pedras	NE	EX	PC	AU	NI					

Fonte: Produzida pela autora, 2019

As condições ambientais influenciam diretamente na durabilidade da estrutura, e sua análise implica na adoção de concretos e parâmetros específicos para sua proteção. Quando se reconhece a agressividade do meio ambiente, prioriza-se ações para garantir a durabilidade na concepção e execução de obras em concreto armado.

Diante do colapso das placas pré-moldadas e pela ação da água (do rio, servidas e chuvas), o maciço usado no aterro fluiu para o Amazonas provocando seu assoreamento. Partículas do solo usado no reaterro estão presentes na parte frontal da estrutura de contenção. (Figura 71)

Ao comparar as Figuras 46 e 47 (pág.79-80), percebe-se a evolução da erosão na encosta (reaterro), que se agrava na incidência dos períodos de chuva associados ao regime de marés.

Figura 71 - Assoreamento e presença de lixo no rio Amazonas



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

A erosão natural faz parte da dinâmica nas áreas costeiras (tema discutido no item 5.4), portando a presença de árvores e troncos tombados pela ação das marés é uma característica típica desta região (Figura 72). Para evitar o choque dos troncos e árvores, uma barreira para contê-los a alguns metros da estrutura poderia ter evitado o choque destes elementos no muro de contenção.

O despejo de águas servidas e a presença de lixo também foram constatados durante a inspeção.

Pela análise GUT (Tabela 22), as anomalias que incorrem maior risco é a **erosão da encosta**. E como segundo prioridade para solução se tem a **presença de lixo e assoreamento** do rio Amazonas. (Figura 73)

Figura 72 - Presença de troncos e árvores tombadas



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 73 - Despejo de águas servidas



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Faz-se necessário uma análise mais detalhada do tipo de agressão que estas águas causam à estrutura.

Considerações finais

O estudo das patologias de uma obra de contenção com diversos processos de deterioração instalados, além de complexo, é a recomendação inicial para que haja uma intervenção técnica de correção da estrutura, quando constatada sua possibilidade; e uma ferramenta de cadastramento de causas desfavoráveis à durabilidade e desempenho dessas estruturas.

Considerando que a conclusão da obra deu-se após 2001 e que registros já indicavam patologias em 2007, com buracos no encontro da calçada com a viga em 2012, pode-se afirmar que a contenção na orla do Perpétuo Socorro apresentou patologias com pouco tempo de uso; e em 2014, o muro de contenção, já demonstrava colapso estrutural. Com base em notícias e testemunhos da população do bairro, pode-se assegurar que a contenção iniciou sua vida de forma insatisfatória.

O mecanismo utilizado como auxílio para a hierarquização de riscos (GUT), complementou as análises das patologias observadas e mostra-se eficiente para a adoção de estratégias de mitigação das anomalias.

Os resultados da priorização, mostram que as medidas de controle de riscos são urgentes e necessárias. O score máximo ($GUT = 1000$) indicam que a prioridade das ações é a restrição ao acesso de pessoas à área de risco (medidas administrativas) e estabilização dos deslocamentos para evitar ampliação de áreas perigosas (medidas de engenharia).

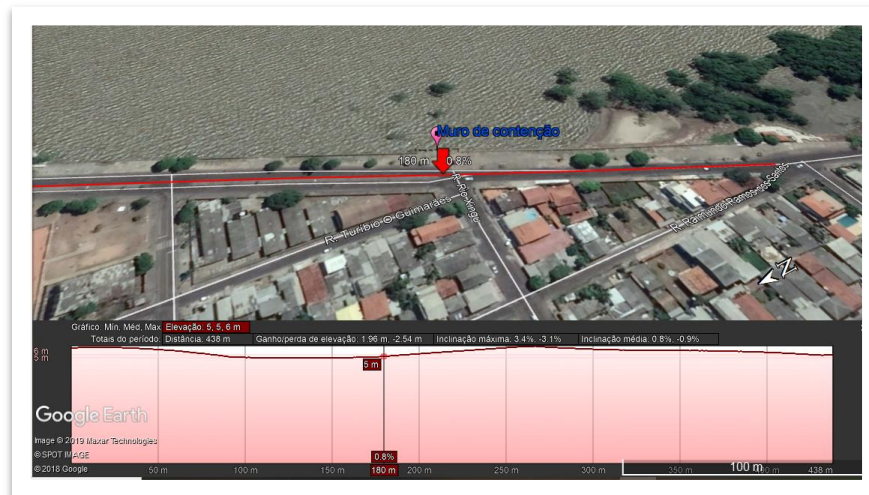
As investigações das causas de cada anomalia, mensuração de suas evoluções, não são objeto de estudo desta pesquisa. Para um perfeito entendimento do comportamento da contenção e de seus elementos, é necessário a instrumentalização com a realização de ensaios especiais e laboratoriais para poder entender como surgiram e se desenvolveram os sintomas patológicos.

Em uma inspeção visual mais ampla, ao longo da rua Beira Rio, constatou-se que os bueiros e bocas de lobo da orla encontram-se assoreados com presença de lixo e entulho, que torna essa anomalia grave na incidência de chuvas.

Analisando o perfil de elevação da orla do Perpétuo Socorro, obtido através das ferramentas do *Google Earth Pro*, que inicia na rua Beira Rio esquina com a Rua Japurá e se

estende até a o cruzamento com a Avenida Gertrudes Saturnino Loureiro, totalizando uma distância de 438 metros, se nota que o trecho mais instável está localizado na área de maior depressão deste caminho. O perfil de elevação é mostrado na Figura 74.

Figura 74 - Perfil de elevação da orla do Perpétuo Socorro



Fonte: Adaptado pela autora de Google Earth, 2019.

Desta análise formulou-se algumas hipóteses para possíveis causas do colapso do trecho da contenção:

- A contenção sofreu forte influência pelo escoamento superficial das chuvas, dada a ausência das canaletas;
- As águas provenientes do escoamento superficial se infiltraram no reaterro aumentando as solicitações internas do maciço sobre as placas pré-fabricadas e subdimensionadas.
- O sistema de drenagem do muro foi insuficiente;
- Como há uma tubulação de drenagem pluvial no reaterro, danificada, pode ter ocorrido vazamento do fluído, desencadeando ou acelerando a erosão do aterro compactado.

Para verificar a consistência destas proposições, foi realizado nova vistoria, para analisar as condições gerais da do muro de arrimo. Cabe lembrar que esta orla foi contemplada com muro de gravidade e muro de flexão.

Constatou-se que outros trechos críticos, da contenção com placas pré-moldadas, também possuem tubulação no reaterro, ou seja, todos possuem as mesmas características do trecho analisado neste trabalho. E assim como na área de estudo, todas as tubulações encontram-se danificadas. (Figuras 75 a 78)

Figura 75 - Pontos críticos da contenção - 1



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 76 - Pontos críticos da contenção - 2



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 77 - Pontos críticos da contenção - 3



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Figura 78 - Pontos críticos da contenção - 4



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Logo, se conclui que as hipóteses sugeridas são relevantes para iniciar um procedimento investigativo mais detalhado sobre as causas do desabamento da contenção construída com placas pré-moldadas na orla do Perpétuo Socorro.

Cabe frisar que quanto mais experiente é o profissional, mais rigorosa será a inspeção, assim como a adoção de medidas emergenciais pode ser pormenorizada.

Espera-se que este trabalho sirva de parâmetros iniciais para uma inspeção mais criteriosa contemplando plano de coleta de amostras, planejamento para técnicas de ensaios, medição e análises adequadas.

Em termos gerais, a complexidade das patologias na estrutura, indica a existência de mais de uma falha durante a concepção, execução e manutenção da contenção. Como há diversas patologias, uma classificação sem dados precisos e sem os documentos da obra pode ser tendenciosa. Sabe-se no entanto, que uma falha na concepção do projeto gera um problema complexo e muito oneroso se comparado à uma falha na execução de uma estrutura; e que na existência de plano de manutenção preventiva se evitaria a necessidade de uma manutenção corretiva generalizada com custos elevados.

É importante frisar, que na construção de uma contenção vários procedimentos preliminares são necessários antes de caracterizar a contenção, os quais incluem levantamento dos dados históricos da topografia, geologia, geotécnicos, uso e ocupação do solo, restrições e interferências com elementos enterrados ou não, tipo de vegetação, condições de drenagem, tipo de relevo e natureza da encosta, entre outros. Logo, atribuir à dinâmica das marés o colapso no muro de contenção, demonstra projeto e/ou execução em não-conformidade com a ABNT NBR 11682:2009.

Sugestões para trabalhos futuros

Por se tratar de uma análise preliminar, as possibilidades investigativas não foram esgotadas. Sugere-se as para trabalhos futuros:

- Desenvolver uma inspeção mais detalhada da contenção na orla do Perpétuo Socorro;
- Análise da estabilidade do muro de arrimo;
- Ensaios para obtenção de dados sobre a resistência do concreto utilizado na contenção (Esclerometria);
- Verificar a incidência de carbonatação, através da realização de ensaios destrutivos e não destrutivos;
- Outros ensaios necessários para se obter dados mais precisos sobre as patologias presentes na contenção.

- Realizar inspeções nos demais trechos críticos da obra de contenção no bairro Perpétuo Socorro para verificar a existência de outras patologias não identificadas neste trabalho.

Referências Bibliográficas

ABGE. **Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. Manual de. Disponível em: <http://www.abge.org.br/site/>. Acesso em 16 de fevereiro de 2019.

ABNT. NBR ISO 9000 - **Sistemas de gestão da qualidade**: Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT. 2000.

ABNT. NBR 6118:2014 - **Projeto de estruturas de concreto** — Procedimento. 2014.

ABNT, A. NBR 11682: **Estabilidade de Encostas**. Rio de Janeiro: ABNT. 2009.

ANA. Agência Nacional de águas. **Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragens**. Brasília: ANA. 2010. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/regulacao/outorga-e-fiscalizacao/barragens/inspecao-de-barragens-1>. Acesso em: 5 out. 2019.

ANDRADE, T.; SILVA, A.J.C. **Considerações sobre durabilidade, patologia e manutenção das estruturas**. Texto foi extraído do livro *Concreto – Ensino, Pesquisa e Realizações* (Ed. Geraldo C. Isaia), publicado pelo Ibracon, em 2005. Disponível em <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2012/04/considerac3a7c3b5es-sobre-durabilidade-patologia-e-manutenc3a7c3a3o-das-estruturas.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2019.

BARROS, P. L. **Obras de Contenção**: Manual Técnico. Jundiaí,SP: Maccaferri. 2006.

BRAGA, I. C.; BRANDÃO, F. S.; RIBEIRO, F. R.; Diógenes, A. G. **Aplicação da Matriz GUT na análise de manifestações patológicas em construções históricas**. Artigo publicado na Revista ALCONPAT. Disponível em: <https://www.revistaalconpat.org/index.php/RA/article/download/400/590>. Acesso em: 16 nov. 2019.

BRANDÃO, A. M. **Qualidade e Durabilidade das estruturas de concreto armado**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas, 1998. Disponível em: http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1998ME_AnaMariadaSilvaBrandao.pdf. Acesso em: 16 nov. 2019.

BRITO, T. F. **Análise de manifestações patológicas na construção civil pelo Método Gut: Estudo de Caso em uma instituição Pública de Ensino Superior**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2017. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2016.2/analise-de-manifestacoes-patologicas-na-construcao-civil-pelo-metodo-gut-estudo-de-caso-em-uma-instituicao-publica-de-ensino-superior.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2019.

BUENO, B. d.; VILAR, O. M. **Apostila Mecânica dos Solos**. Volume 1 - USP. 2015. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/apostila-mecanica-dos-solos-i-usp/4867305/>. Acesso em: 28 jun. 2019.

CEMADEN. **Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais**. Disponível em: Centro <https://www.cemaden.gov.br/deslizamentos/>. Acesso em: 10 out. 2019.

CORADI, C., MARIA, J.; GAZZONI, L.; BUSATTA, L. L. **Avaliação de patologias e terapias em muro de contenção de uma escola situada em Xanxerê -SC.** Artigo publicado no Anuário Pesquisa e Extensão UNOESC Xanxerê. 2018. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/apeux/article/download/16487/9110/>. Acesso em: 16 nov. 2019.

COSTA, A.C.S. **Igarapé das Mulheres: uma proposta de reabilitação urbana.** Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Amapá, 2015. Disponível em https://www.academia.edu/17017477/IGARAP%C3%89_DAS_MULHERES_uma_proposta_de_reabilita%C3%A7%C3%A3o_urbana. Acesso em 01 mai. 2019.

DAS, B. M.; SOBHAN, K. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica.** Tradução da 8ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning. 2014.

FÁVERI, R. d.; SILVA, A. d. **Método de GUT aplicado à gestão de riscos de desastres:** uma ferramenta de auxílio para hierarquização de riscos. Artigo publicado na Revista Ordem Pública e Defesa Social. 2016. Disponível em: <https://rop.emnuvens.com.br/rop/article/view/112/105>. Acesso em: 16 nov. 2019.

FEITOSA, A. A. **Inspeção Predial:** estudo de caso na cidade de Fortaleza/CE. Fortaleza: Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará. 2018. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35717/1/2018_tcc_aafeitosa.pdf. Acesso em: 15 nov. 2019.

GERSCOVICH, D. **Estabilidade de Taludes.** São Paulo: Oficina de Textos. 2ª ed. 2016.

GERSCOVICH, D. M. **Muros de arrimo.** Notas de Aula de Mecânica dos Solos II. Rio de Janeiro, RJ. 2011. Disponível em: <http://www.eng.uerj.br/~denise/cursos/mecsolos2.htm>. Acesso em: 10 nov. 2019.

GERSCOVICH, D.; DANZIGER, B. R.; SARAMAGO, R. **Contenções:** Teoria e aplicações em obras. ISBN 978-85-7975-248-3. São Paulo: Oficina de Textos. 2016.

GNIPPER, S. F. **Diretrizes para formulação do método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais e hidráulicos.** Dissertação de Mestrado. 2010. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257705/1/Gnipper_SergioFrederico_M.pdf. Acesso em: 16 nov. 2019.

GRANATO, J. E. **Patologia das construções.** Notas de aula. 2002. Disponível em: <http://irapuama.dominiotemporario.com/resources/PATOLOGIA%20DAS%20CONSTRU%C3%87%C3%95ES%202002.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.

GUIMARÃES, K. P. **Cortinas atirantadas:** Estudo de patologias e suas causas. Trabalho de Conclusão de Curso, 2015. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/138336>. Acesso em: 17 nov. 2019.

HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G.; CARVALHO, C. S., NIYAMA, S. **Fundações:** teoria e prática. 2ª Edição. São Paulo: Pini. 1998.

HELENE, P. **Vida útil das estruturas de concreto**. Artigo publicado no IV Congresso Iberoamericano de Patologias das Construções, 1997. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/1997/06/Vida-util-do-concreto1997.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.

HENRIQUES, G. **O sítio arqueológico 'Minas de Socorro' as técnicas de mineração do ouro nas Minas Gerais dos Séculos XVIII e XIX**. Artigo. Canindé: Revista do Museu de Arqueologia de Xingó, 25-53. 2008.

IBAPE, I. B. **Norma de inspeção predial Nacional**. 2012. Disponível em: <http://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2012/12/Norma-de-Inspe%C3%A7%C3%A3o-Predial-IBAPE-Nacional.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010**. Disponível em <https://censo2010.ibge.gov.br/> Acesso em: 10 mar. 2019

IEPA. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE**. Macapá: IEPA-ZEE. 2002.

IEPA, I. d. **Boletins Hidrológicos 2018**. Macapá: IEPA. 2018. Disponível em: http://www.iepa.ap.gov.br/meteorologia/boletim2018/boletim_hidro2018.php. Acesso em: 08 nov. 2019.

MACHADO, A. X.; MENDES, L. C. **Durabilidade e vida útil de estruturas de contenção de encosta situadas na cidade do Rio de Janeiro**. Artigo publicado no VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. 2014. Disponível em http://www.abpe.org.br/trabalhos/trab_84.pdf. Acesso em: 17 nov. 2019.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. ISBN 978-85-7266-178-2. São Paulo: PINI. 2007.

MIKOS, A. P.; CAETANO, M. C.; ROEDEL, L.; FARO, V. P. **Estudo das manifestações patológicas em solo grampeado e cortina atirantada**. Artigo. Revista Técnico Científica do CREA-PR. 2017. Disponível em: <http://creapr16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/download/309/191>. Acesso em: 17 nov. 2019.

MOLITERNO, A. **Caderno de Muros de Arrimo**. São Paulo: Edgard Blücher. 1980.

NERI, S.H.A. **A utilização das ferramentas de Geoprocessamento para identificação de comunidades expostas a Hepatite A nas áreas de Ressacas dos Municípios de Macapá e Santana/AP**. Dissertação de mestrado. 2004. Disponível em <http://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/mestrado/2004-1/1763-sara-heloiza-alberto-neri-mestrado/file>. Acesso em 10 mai. 2019.

NP, N. P. **Eurocódigo 7 - Projeto Geotécnico**. 1997. Disponível em: https://www.leca.pt/sites/default/files/euroc%C3%B3digo_1/Eurocodigo%207%20Parte%201.pdf. Acesso em: 16 nov. 2019.

OLIVEIRA, L. K.; CARNEIRO, F. Y.; FERNANDES, A. C.; OLIVEIRA, D. A.; MARINHO, R. D. **Utilização da Matriz de GUT na priorização de manifestações patológicas em sistemas prediais hidráulicos e sanitários.** Artigo. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Maceió: CONTECC. 2018. Disponível em http://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/182_udmgnpdmpesphes.pdf. Acesso em: 15 nov. 2019.

PMM. Prefeitura Municipal de Macapá. **Plano de Intervenção na Orla Fluvial do Município de Macapá.** 2006. Disponível em http://www.iepa.ap.gov.br/metadados/instituicoes/iepa/projetos/orla/documentos/Plano%20de%20Interven%C3%A7%C3%A3o%20da%20Orla%20Estuarina_Macap%C3%A1.pdf. Acesso em: 12 mai. 2019.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C.A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral.** Artigo. Revista Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420 - 1ª edição – Outubro de 2013. Disponível em <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/14/10>. Acesso em: 12 abr. 2019.

PRIBERAM. **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa.** Acesso em 16 de 11 de 2019, disponível em <https://dicionario.priberam.org/>. Acesso em: 16 nov. 2019.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini. 1998.

SILVA, S. C. **Orlas fluviais das cidades de Macapá e Santana: análise da dinâmica urbana.** Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional. Macapá: UNIFAP. 2017. Disponível em: <https://www2.unifap.br/ppgmdr/files/2018/01/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Orlas-Fluviais-das-Cidades-de-Macap%C3%A1-e-Santana.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2019.

TAKIYAMA, L. R. [et al.]. **Projeto zoneamento ecológico econômico urbano das áreas de ressacas de Macapá e Santana, estado do Amapá: relatório técnico final.** Macapá: IEPA, 2012.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Pini. 1986.

TORRES, A. M.; EL-ROBRINI, M. **Erosão e progradação do litoral brasileiro: Amapá.** Ministério do Meio Ambiente. 2006. Disponível em https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/ap_erosao.pdf. Acesso em: 25 fev. 2019

VELLOSO, D. d.; LOPES, F. R. (2010). **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, profundas.** São Paulo: Oficina de Textos. 2010.

Anexo A – Formulários

FORMULÁRIO 1

FICHA DE DESCRIÇÃO E ANTECEDENTES DA ESTRUTURA

1. Dados gerais da estrutura	
<p>1.1. <i>Tipo de Estrutura</i></p> <p><input type="checkbox"/> Edificação</p> <p><input type="checkbox"/> Indústria</p> <p><input type="checkbox"/> Ponte</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Muro de Contenção</p> <p><input type="checkbox"/> Tanque de Armazenamento</p> <p><input type="checkbox"/> Outro _____</p>	<p style="text-align: right;"><i>Descrição básica dos componentes</i></p> <p>Muro edificado com placas pré-moldadas</p> <p>intertravadas entre pilares e fundação</p> <p>em estacas</p>
<p>1.2 <i>Data de construção da estrutura:</i> <u>Informação não obtida</u></p>	
<p>1.3 <i>Local de construção:</i> <u>Orla do Bairro Perpétuo Socorro - Macapá/AP</u></p>	
<p>1.4 <i>Uso geral da estrutura</i> <u>Contenção do avanço do rio Amazonas em área urbana</u></p>	
<p>1.5 <i>Croquis da geometria, coordenadas, orientação e direção do vento indicando o meio de exposição</i></p>	
<p>O muro de contenção com placas pré-moldadas, foi construído às margens do Rio Amazonas. Está diretamente exposto às agressividades da água deste rio, das águas pluviais e dos despejos de efluentes domésticos ao longo da estrutura. Localização: proximidades do cruzamento entre a Avenida Beira Rio e Rua Rio Xingu, no bairro do Perétuo Socorro. As coordenadas de localização do trecho mais crítico são: 0°02'40.6"N 51°02'41.0"W As imagens foram anexadas no corpo do trabalho.</p>	
2. Dados específicos da estrutura	
2.1 <i>Propriedades dos materiais</i>	
Tipo de cimento: <u>sem informações</u>	Tipo de Água: <u>sem informações</u>
Natureza dos agregados: <u>sem informações</u>	
2.2 <i>Projeto de concreto</i>	
Resistência característica à compressão: <u>sem informações</u>	
Dosagem de cimento: <u>sem informações</u>	Dosagem de agregado: <u>sem informações</u>
Relação água/cimento: <u>sem informações</u>	Uso de aditivos: <u>sem informações</u>

2.3 <i>Propriedades dos materiais</i>	
Na obra :	<u>sem informações</u> Pré-fabricado : <u>sem informações</u>
Concreto reforçado :	<u>informações não obtidas</u> Protendido: <u>sem protensão</u>
Tecnologia de fabricação em obra:	<u>informações não obtidas</u>
Método de compactação:	<u>informações não obtidas</u>
Método de cura:	<u>informações não obtidas</u>
3. Histórico de Vida em Serviço da Estrutura	
3.1 <i>Data início de utilização:</i>	<u>entre 2001 a 2004</u>
3.2 <i>Resistência do concreto à compressão na obra:</i>	<u>informações não obtidas</u>
3.3 <i>Anomalias observadas durante a construção</i>	<u>informações não obtidas</u>
<hr/>	
3.4 <i>Anomalias anteriormente detectadas</i>	<u>Imagens do Google Earth de 2012 mostram início de fuga de finos do retroaterro.</u>
<hr/>	
3.5 <i>Ensaio e manutenção</i>	
Resultados da prova de carga:	<u>informações não obtidas</u>
Inspeções rotineiras	<u>informações não obtidas</u>
Ensaio específicos	<u>informações não obtidas</u>
Tipos de manutenção:	<u>Pequenas manutenções na calçada e no reaterro</u>
<hr/>	
4. Reparações	
<u>informações não obtidas</u>	
<hr/>	
<hr/>	
<hr/>	
<hr/>	
5. Informação adicional	
<u>sem informações adicionais</u>	
<hr/>	
<hr/>	
<hr/>	
Data: 18/11/2019	Elaborado por: DAIANNE DE ALMEIDA

FORMULÁRIO 2

FICHA DE INSPEÇÃO VISUAL

DADOS GERAIS - CONDIÇÃO ATUAL

Estrutura: Muro de arrimo na orla do Perpétuo Socorro	
Localização: Rua Beira Rio S/N	
Coordenadas: 0°02'40.6"N 51°02'41.0"W	
Município: MACAPÁ	Estado AP
Vistoriado por: DAIANNE DE ALMEIDA	
Data da vistoria: 09/11/2019	
Horário: 16:50	

MATERIAL E EXECUÇÃO: O muro de arrimo possui guarda corpo, fundação em estacas, vigas de coroamento e paramento com placas pré-moldadas retangulares encaixadas entre as estacas. As placas pré-moldadas são as responsáveis por receber os esforços provenientes do reaterro

ASPECTOS LOCAIS

TIPOS DE OCUPAÇÃO/DENSIDADE

Favela	<input type="checkbox"/>		
Área urbana estruturada	<input checked="" type="checkbox"/>		
Área não ocupada	<input type="checkbox"/>		
Estrada	<input type="checkbox"/>		
Outras:	_____		

<input type="checkbox"/>	Alta
<input checked="" type="checkbox"/>	Média
<input type="checkbox"/>	Baixa

DRENAGEM / CONDIÇÕES

Natural	<input type="checkbox"/>		
Construída	<input checked="" type="checkbox"/>		
Inexistente	<input type="checkbox"/>		

<input type="checkbox"/>	Satisfatória
<input checked="" type="checkbox"/>	Insuficiente
<input checked="" type="checkbox"/>	Obstruída
<input checked="" type="checkbox"/>	Danificada

VEGETAÇÃO/ CONDIÇÕES

Arbórea	<input checked="" type="checkbox"/>		
Arbusto	<input type="checkbox"/>		
Rasteira	<input type="checkbox"/>		
Nenhuma	<input type="checkbox"/>		

<input type="checkbox"/>	Alta
<input checked="" type="checkbox"/>	Média
<input type="checkbox"/>	Esparsa

RELEVO / PERFIL DE ENCOSTAS

Escarpado	<input type="checkbox"/>		
Montanhoso	<input type="checkbox"/>		
Ondulado	<input type="checkbox"/>		
Suave	<input checked="" type="checkbox"/>		

<input type="checkbox"/>	Côncavo
<input type="checkbox"/>	Convexo
<input checked="" type="checkbox"/>	Retilíneo

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

BLOCO DE COROAMENTO

MATERIAL		SEÇÃO	
Concreto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	circular
Metálica	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	retangular
Madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Outra (especificar): _____

MEDIDAS (cm)

25	Alltura
87	Comp.
4500	Larg.
10	Bitola da armadura principal

PLACAS PRÉ-MOLDADAS																																																										
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> *Obs.: Foram identificadas painéis com seções, bitolas da armadura principal e estribos diferentes. </div>	MATERIAL Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/>	SEÇÃO Quadrada <input checked="" type="checkbox"/> Retangular <input type="checkbox"/> Outra (especificar): _____																																																								
	MEDIDAS (cm) <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 40px; text-align: center;">12</td><td>Espessura</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2,95</td><td>Comp.</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">50</td><td>Larg.</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">10*</td><td>Bitola da armadura</td></tr> </table>	12	Espessura	2,95	Comp.	50	Larg.	10*	Bitola da armadura																																																	
12	Espessura																																																									
2,95	Comp.																																																									
50	Larg.																																																									
10*	Bitola da armadura																																																									
GUARDA-CORPO																																																										
	MATERIAL Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Metálica <input checked="" type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/>																																																									
CALÇADA																																																										
	MATERIAL Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/>	JUNTA DE DILATAÇÃO Fitas em pvc <input checked="" type="checkbox"/> Epoxi <input type="checkbox"/> Outra (especificar): _ tijolo cerâmico																																																								
	MEDIDAS (cm) <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 40px; text-align: center;">7</td><td>Espessura</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1,4</td><td>Comp.</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1,53</td><td>Larg.</td></tr> </table>	7	Espessura	1,4	Comp.	1,53	Larg.																																																			
7	Espessura																																																									
1,4	Comp.																																																									
1,53	Larg.																																																									
DRENOS (BARBACÁ)																																																										
	MATERIAL PVC <input checked="" type="checkbox"/> Outro (especificar) <input type="checkbox"/>	MEDIDAS <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 40px; text-align: center;">5</td><td>∅ cm</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">10</td><td>Comp.</td></tr> </table>	5	∅ cm	10	Comp.																																																				
5	∅ cm																																																									
10	Comp.																																																									
DRENOS (CANALETA)																																																										
dispositivo Inexistente	MATERIAL PVC <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Outro (especificar) <input type="checkbox"/>	MEDIDAS <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 40px; height: 20px;"></td><td>largura</td></tr> <tr><td style="width: 40px; height: 20px;"></td><td>Comp.</td></tr> </table>		largura		Comp.																																																				
	largura																																																									
	Comp.																																																									
PILARES (P)																																																										
	MATERIAL Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/>	SEÇÃO circular <input type="checkbox"/> retangular <input checked="" type="checkbox"/> Outra (especificar): _____																																																								
	MEDIDAS (cm)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 30%;">Comprimento</th> <th style="width: 20%;">largura</th> <th style="width: 20%;">altura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>PILAR 1</td><td rowspan="17" style="vertical-align: middle;">2,58</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 2</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 3</td><td>26</td><td>24</td></tr> <tr><td>PILAR 4</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 5</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 6</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 7</td><td>25</td><td>24,5</td></tr> <tr><td>PILAR 8</td><td>26</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 9</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 10</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 11</td><td>24</td><td>24</td></tr> <tr><td>PILAR 12</td><td>25</td><td>23</td></tr> <tr><td>PILAR 13</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 14</td><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 15</td><td>24,5</td><td>24</td></tr> <tr><td>PILAR 16</td><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>PILAR 17</td><td>24</td><td>25</td></tr> </tbody> </table>		Comprimento	largura	altura	PILAR 1	2,58	24	25	PILAR 2	24	25	PILAR 3	26	24	PILAR 4	24	25	PILAR 5	24	25	PILAR 6	24	25	PILAR 7	25	24,5	PILAR 8	26	25	PILAR 9	24	25	PILAR 10	24	25	PILAR 11	24	24	PILAR 12	25	23	PILAR 13	24	25	PILAR 14	25	25	PILAR 15	24,5	24	PILAR 16	25	25	PILAR 17	24	25
	Comprimento	largura	altura																																																							
PILAR 1	2,58	24	25																																																							
PILAR 2		24	25																																																							
PILAR 3		26	24																																																							
PILAR 4		24	25																																																							
PILAR 5		24	25																																																							
PILAR 6		24	25																																																							
PILAR 7		25	24,5																																																							
PILAR 8		26	25																																																							
PILAR 9		24	25																																																							
PILAR 10		24	25																																																							
PILAR 11		24	24																																																							
PILAR 12		25	23																																																							
PILAR 13		24	25																																																							
PILAR 14		25	25																																																							
PILAR 15		24,5	24																																																							
PILAR 16		25	25																																																							
PILAR 17		24	25																																																							

LEGENDAS										
SITUAÇÃO										
NE – Anomalia Não Existente										
EX – Anomalia Existente										
PC – Anomalia Permaneceu Constante										
AU – Anomalia Aumentou										
NI – Este item Não foi Inspeccionado (Justificar)										
Gravidade										
Grau	Gravidade									Peso
Total	Perda de vidas humanas, do meio ambiente ou do próprio muro.									10
Alto	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou ao muro.									8
Média	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou do muro.									6
Baixa	Pequenos incômodos ou pequenos prejuízos financeiros.									3
Nenhuma	-									1
Urgência										
Grau	Urgência									Peso
Total	Evento em ocorrência									10
Alto	Evento prestes a ocorrer									8
Média	Evento prognosticado para breve									6
Baixa	Evento prognosticado para adiante									3
Nenhuma	Evento imprevisto									1
Tendência										
Grau	Tendência									Peso
Total	Evolução imediata									10
Alto	Evolução em curto prazo									8
Média	Evolução em médio prazo									6
Baixa	Evolução em longo prazo									3
Nenhuma	Não vai evoluir									1
ANOMALIAS/ NÃO CONFORMIDADES										
INFRAESTRUTURA OPERACIONAL										
	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
Falta de documentação sobre a contenção	NE	EX	PC	AU	NI	3	1	1	3	4º
Precariedade de acesso a veículos	NE	EX	PC	AU	NI	1	3	6	18	3º
Precariedade de acesso à pessoas	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	2º
Falta ou deficiência e cerca de proteção	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Falta ou deficiência de placas de aviso	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Falta de acompanhamento da administração municipal	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Comentários:										
<i>Notas inseridas na estrutura do trabalho</i>										

ANOMALIAS/ NÃO CONFORMIDADES										
LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
ÁREA POSTERIOR À CONTENÇÃO										
Construções irregulares	NE	EX	PC	AU	NI	1	1	1	1	6º
Tubulação de água pluvial quebrada	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	2º
Erosão na encosta	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Presença de árvores e arbustos	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	3	240	4º
Sinais de assoreamento	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	2º
Poluição por lixo e pesticidas	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	3º
Presença de desmatamento	NE	EX	PC	AU	NI	8	1	3	24	5º
Lançamento e concentração de águas servidas	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	3	240	4º
Comentários:										
<i>Notas inseridas na estrutura do trabalho</i>										
LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
CALÇADA										
Rachaduras na calçada	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Afundamentos ou buracos	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Presença de árvores e arbustos	NE	EX	PC	AU	NI	3	1	8	24	7ª
Tubulações quebradas ou destruídas	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	6	480	3º
Defeitos na drenagem (canaletas)	NE	EX	PC	AU	NI				0	8ª
Defeitos no meio-fio	NE	EX	PC	AU	NI	3	10	3	90	6ª
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	3º
sinais de movimento	NE	EX	PC	AU	NI	8	8	8	512	2º
Presença de carros e caminhões	NE	EX	PC	AU	NI	8	6	8	384	4ª
Ausência de acessibilidade	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º
Indícios de deterioração por raízes	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	6	360	5ª
Obstrução ou entulhos	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	3º
Comentários:										
<i>O projeto não contemplou a construção de canaletas para drenagem pluvial</i>										
LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
VIGA										
Fissuras, rachaduras ou rincas no concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Deterioração da superfície do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	2º
Corrosão da armadura	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Sinais de amassamento devido a choques	NE	EX	PC	AU	NI	6	1	3	18	3ª
Deformação	NE	EX	PC	AU	NI				0	
Desgaste do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Desagregação do concreto	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Carbonatação	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Ferragem exposta	NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	1º
Comentários:										
<i>Visualmente, a deformação não foi observada. Para as outras, é necessário ensaios laboratoriais para estimar a tendência de evolução exata destas anomalias. Em favor da segurança, adotou-se curto prazo.</i>										

ANOMALIAS/ NÃO CONFORMIDADES										
LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA										
PAINÉIS PRE MOLDADOS										
SITUAÇÃO										
G U T GUT PRIORIZAÇÃO										
Fissuras, rachaduras ou trincas no concreto										
NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3º	
Deterioração da superfície do concreto										
NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3º	
Deslocamento dos painéis pré-moldados										
NE	EX	PC	AU	NI	10	10	10	1000	1º	
Sinais de corrosão da armadura										
NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3º	
Defeitos nos filtros										
NE	EX	PC	AU	NI	6	10	1	60	5º	
Sinais de amassamento devido a choque										
NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	4º	
Desagregação do concreto										
NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3º	
Carbonatação										
NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	3º	
Ferragem exposta das placas										
NE	EX	PC	AU	NI	10	10	8	800	2º	
Comentários:										
<i>Notas inseridas na estrutura do trabalho</i>										
LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA										
GUARDA CORPO										
SITUAÇÃO										
G U T GUT PRIORIZAÇÃO										
Rachaduras ou trincas no concreto										
NE	EX	PC	AU	NI	3	3	3	27	1º	
Sinais de amassamento devido a choque										
NE	EX	PC	AU	NI	6	1	3	18	3º	
deterioração do guarda corpo										
NE	EX	PC	AU	NI	3	10	6	180	1º	
Comentários:										
<i>Deterioração próprio dos materiais e devido a ausência de manutenção.</i>										
LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA										
PILARES										
SITUAÇÃO										
G U T GUT PRIORIZAÇÃO										
Rachaduras ou trincas horizontais										
NE	EX	PC	AU	NI				0	-	
Rachaduras ou trincas verticais										
NE	EX	PC	AU	NI				0	-	
Rachaduras ou trincas longitudinais										
NE	EX	PC	AU	NI				0	-	
Deterioração da superfície do concreto										
NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	2º	
Sinais de corrosão da armadura										
NE	EX	PC	AU	NI	8	10	10	800	1º	
Sinais de amassamento devido a choques										
NE	EX	PC	AU	NI	6	1	6	36	3º	
Ferragem exposta										
NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	2º	
sinais de abrasão										
NE	EX	PC	AU	NI	8	10	8	640	2º	
Recalque										
NE	EX	PC	AU	NI	10	1	3	30	4º	
Comentários:										
<i>As anomalias descritas como "Não Existe", significam que na inspeção visual não foi observada. Para tanto é recomendado análise detalhada desses elemento com ensaios laboratoriais.</i>										
LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA										
DRENOS										
SITUAÇÃO										
G U T GUT PRIORIZAÇÃO										
Obstrução										
NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	1º	
Deterioração nos tubos										
NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	1º	
Colmatação										
NE	EX	PC	AU	NI	6	10	8	480	1º	
Instalação errada										
NE	EX	PC	AU	NI				0	-	
Material incompatível para a solução										
NE	EX	PC	AU	NI				0	-	
Comentários:										
<i>Para verificar se a instalação foi incompatível ou executada incorretamente, é necessário o projeto do muro de contenção.</i>										

ANOMALIAS/ NÃO CONFORMIDADES										
LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA										
MARGENS DO RIO AMAZONAS	SITUAÇÃO					G	U	T	GUT	PRIORIZAÇÃO
Assoreamento	NE	<input checked="" type="checkbox"/>	PC	<input checked="" type="checkbox"/>	NI	6	10	8	480	2º
Presença de lixo	NE	<input checked="" type="checkbox"/>	PC	<input checked="" type="checkbox"/>	NI	8	10	8	640	1º
Presença de árvores tombadas	NE	<input checked="" type="checkbox"/>	PC	<input checked="" type="checkbox"/>	NI	3	1	3	9	3º
Presença de troncos e arbustos	NE	<input checked="" type="checkbox"/>	PC	<input checked="" type="checkbox"/>	NI	3	1	3	9	3º
Despejo de esgoto	NE	<input checked="" type="checkbox"/>	PC	<input checked="" type="checkbox"/>	NI	8	10	6	480	2º
Existência de vegetação aquática excessiva	<input checked="" type="checkbox"/>	EX	PC	<input checked="" type="checkbox"/>	NI	1	1	3	3	4º
Presença de animais ou peixes mortos	<input checked="" type="checkbox"/>	EX	PC	<input checked="" type="checkbox"/>	NI	3	1	3	9	3º
Presença de pedras	NE	<input checked="" type="checkbox"/>	PC	<input checked="" type="checkbox"/>	NI	1	1	3	3	4º
Comentários:										
<i>Notas inseridas na estrutura do trabalho</i>										

NECESSIDADES DE PROVIDÊNCIAS URGENTES	
<input type="checkbox"/>	Não
<input checked="" type="checkbox"/>	Sim (especificar)
<p>CONSEQUÊNCIAS</p> <p>Danos a bens particulares <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Danos a bens publicos <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Riscos para terceiros <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Sem consequências <input type="checkbox"/></p>	
<p>NÚMERO DE ELEMENTOS EM RISCO</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> vidas <input type="checkbox"/> menor que 10</p> <p><input type="checkbox"/> entre 30 e 10</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> maior que 30</p> <p><input type="checkbox"/> moradias</p> <p><input type="checkbox"/> hospital/escola</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> edificação/estrutura</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> estradas/ruas</p> <p><input type="checkbox"/> outros (especificar):</p>	
DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO (informações complementares)	
<i>Diante da inspeção realizada, faz-se necessário a instalação de placas de aviso e sinalização de advertência , além do isolamento das áreas críticas do muro de arrimo para evitar acidentes.</i>	
ANEXOS	
<input checked="" type="checkbox"/>	Fotos
<input checked="" type="checkbox"/>	Croqui

Anexo B – Relatório Fotográfico

Figura B1 - Área comercial no canal do Igarapé das Mulheres - 2007



Fonte: Pinheiro¹⁷, 2007.

Figura B2 - Canal do bairro Perpétuo Socorro – 2007



Fonte: Pinheiro, 2007.

¹⁷ Imagens (B1 a B10) registradas em maio de 2007, e cedidas pelo Engenheiro Civil Raimundo Pinheiro.

Figura B3 – Centro comercial próximo ao Mercado do Peixe – bairro do Perpétuo Socorro 2007



Fonte: Pinheiro, 2007.

Figura B4 – Ações das raízes sobre as calçadas – orla do Perpétuo Socorro 2007



Fonte: Pinheiro, 2007.

Figura B5 – Elementos do muro de contenção desprendidos da estrutura - – orla do Perpétuo Socorro 2007



Fonte: Pinheiro, 2007.

Figura B6 - Área comercial no canal do Igarapé das Mulheres – orla do Perpétuo Socorro 2007



Fonte: Pinheiro, 2007.

Figura B7 – Erosão do reaterro e desabamento da calçada na orla do Perpétuo Socorro - 2007



Fonte: Pinheiro, 2007.

Figura B8 – Erosão do reaterro e desabamento da calçada na orla do Perpétuo Socorro (2) - 2007



Fonte: Pinheiro, 2007.

Figura B9 – Desplacamento dos pré-moldados na orla do Perpétuo Socorro - 2007



Fonte: Pinheiro, 2007.

Figura B10 – Cenário de colapso nos elementos do muro de contenção - 2007



Fonte: Pinheiro, 2007.

Figura B11 – Ação da água do rio Amazonas - orla do Perpétuo Socorro em fevereiro de 2019



Fonte: Arquivo Pessoal¹⁸, 2019

Figura B12 – Área de estudo em orla do Perpétuo Socorro em fevereiro de 2019



Fonte: Arquivo Pessoal, 2019

¹⁸ Imagens (B11 a B15) registradas em fevereiro de 2019, na maré cheia, pela autora.

Figura B14 – Presença de troncos trazidos pela maré (2) – fevereiro de. 2019



Fonte: Arquivo Pessoal, 2019

Figura B15 – Detalhe da ação das marés no muro de contenção – fevereiro de. 2019



Fonte: Arquivo Pessoal, 2019