

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - DECA
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

KAMYL A DOS SANTOS ROCHA

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONTENÇÕES DE SOLO
REFORÇADO: UM ESTUDO DE CASO EM VIADUTOS DA REGIÃO
METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA - PB

JOÃO PESSOA – PB

2024

KAMYL A DOS SANTOS ROCHA

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONTENÇÕES DE SOLO
REFORÇADO: UM ESTUDO DE CASO EM VIADUTOS DA REGIÃO METROPOLITANA
DE JOÃO PESSOA - PB

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Civil da Universidade Federal
da Paraíba como parte dos requisitos necessá-
rios para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.*

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lopes Soares

JOÃO PESSOA – PB

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

R672a Rocha, Kamyla Dos Santos.

Análise das manifestações patológicas em contenções de solo reforçado: um estudo de caso em viadutos da região metropolitana de João Pessoa - PB / Kamyla Dos Santos Rocha. - João Pessoa, 2024.
77 f. : il.

Orientação: Fábio Lopes Soares.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Contenção. 2. Patologia. 3. Recuperação. 4. Terra armada. I. Soares, Fábio Lopes. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

KAMYLA DOS SANTOS ROCHA

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONTENÇÕES DE SOLO REFORÇADO: UM ESTUDO DE CASO EM VIADUTOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA-PB

Trabalho de Conclusão de Curso em 23/10/2024 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Fábio Lopes Soares

Prof. Dr. Fábio Lopes Soares

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA

Clóvis Dias

Prof. Dr. Clóvis Dias

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA

Isabelle Yruska de L.G. Braga

Prof. Dra. Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA

Dedico este trabalho aos meus pais, Lucivaldo Rocha e Graça Rocha, que, sob muito Sol, foram os pilares que me sustentaram, permitindo que eu chegasse até aqui na sombra. Sem eles, nada disso teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que possibilitou cada passo desta jornada, não apenas durante meus anos como universitária, mas em todos os momentos da minha vida, sendo o maior mestre que alguém poderia ter.

Aos meus pais, Lucivaldo Rocha e Graça Rocha, e à minha irmã, Fernanda Rocha, sou eternamente grata pelo amor e apoio incondicional. Vocês são o alicerce que sustenta meus sonhos e a motivação que me impulsiona a seguir em frente.

Ao meu esposo, Dimas Júnior, agradeço por seu encorajamento constante e por priorizar meus estudos como se fossem os seus. Graças ao seu apoio essa caminhada se tornou ainda mais significativa.

Aos meus amigos de longa data, Calvin Nunes, Jessika Santos, Maria Antônia, que mesmo distante sempre estiveram me incentivando, sou grata. A nossa amizade é um presente valioso. Aos amigos que a universidade me presenteou, em especial a Jaidna Almeida, Fábio Souza e Robert Araújo, agradeço por estarem sempre ao meu lado, compartilhando desafios e conquistas. Juntos, tornamos essa jornada mais leve e memorável.

Um agradecimento especial ao meu professor orientador, Prof. Dr. Fábio Lopes, por ser um professor excepcional e por me auxiliar neste projeto, mesmo em um tempo tão breve. Sua sabedoria e dedicação foram cruciais.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Civil da UFPB, com uma menção especial aos docentes da banca, Isabelle Yruska e Clóvis Dias. Sou imensamente grata pela oportunidade de aprender com vocês ao longo do curso e pelo privilégio de tê-los presentes na defesa deste trabalho. É importante ressaltar a minha admiração por suas trajetórias e contribuições na área, que servem de inspiração para todos nós.

Por fim, agradeço de coração a todos os membros da minha família, que sempre estiveram ao meu lado ao longo de toda a minha formação. Cada um de vocês ocupa um lugar especial em meu coração, e sou eternamente grata pelo apoio e amor incondicional que sempre me ofereceram. Muito obrigada a todos!

"A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original"

(Albert Einstein)

RESUMO

Contenções com solo reforçado são amplamente utilizadas na engenharia civil, sendo essenciais para a segurança e funcionalidade de obras como viadutos. A execução cuidadosa dessas estruturas é fundamental para minimizar a ocorrência de manifestações patológicas, que, se não tratadas, podem resultar em danos significativos e altos custos de reparo. Este estudo analisa seis viadutos na Região Metropolitana de João Pessoa, dos quais cinco já estão concluídos e em operação há alguns anos e um se encontra ainda em fase de construção. O objetivo é identificar os problemas nas estruturas existentes, como fissuras, corrosão das armaduras, falhas construtivas, e avaliar as medidas corretivas e preventivas adotadas na obra em andamento, visando evitar a reincidência dessas patologias. A pesquisa inclui inspeções visuais, análise de documentação técnica e conversas com profissionais envolvidos na obra em andamento, permitindo uma compreensão abrangente das condições das estruturas. Os resultados indicam que a recuperação ágil das patologias é importante não apenas para evitar intervenções onerosas, mas também para garantir a segurança dos usuários e a integridade das infraestruturas. A falta de manutenção adequada pode levar a consequências graves, incluindo riscos à mobilidade urbana e à vida humana. Por fim, são apresentadas recomendações para melhorar a conservação, o desempenho e a vida útil dos muros de solo reforçado, ressaltando a importância de uma gestão proativa na manutenção dessas obras. A implementação de um plano de monitoramento contínuo e a capacitação de equipes técnicas são sugeridas como medidas essenciais para assegurar a eficácia das contenções e promover a durabilidade das estruturas a longo prazo.

Palavras-chave: Contenção, Patologia, Recuperação, Terra Armada.

ABSTRACT

Reinforced soil structures are widely used in civil engineering and are essential for the safety and functionality of works such as viaducts. Careful execution of these structures is fundamental to minimize the occurrence of pathological manifestations, which, if left untreated, can result in significant damage and high repair costs. This study analyzes six viaducts in the Metropolitan Region of João Pessoa, of which five have been completed and in operation for several years, and one is still under construction. The aim is to identify issues in the existing structures, such as cracks, corrosion of reinforcements, and construction flaws, and to evaluate the corrective and preventive measures adopted in the ongoing work to avoid the recurrence of these pathologies. The research includes visual inspections, analysis of technical documentation, and discussions with professionals involved in the ongoing construction, allowing for a comprehensive understanding of the conditions of the structures. The results indicate that prompt recovery of pathologies is important not only to avoid costly interventions but also to ensure user safety and the integrity of the infrastructures. Inadequate maintenance can lead to serious consequences, including risks to urban mobility and human life. Finally, recommendations are presented to improve the conservation, performance, and lifespan of reinforced soil walls, emphasizing the importance of proactive management in maintaining these works. The implementation of a continuous monitoring plan and the training of technical teams are suggested as essential measures to ensure the effectiveness of the reinforcements and promote the long-term durability of the structures.

Keywords: Containment, Pathology, Recovery, Reinforced Earth.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivos Específicos	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	CONTEXTO HISTÓRICO	19
2.2	SOLO REFORÇADO	22
2.2.1	Fundação	23
2.2.2	Material de aterro	24
2.2.3	Elementos de reforço	25
2.2.3.1	Reforços metálicos	26
2.2.3.2	Geossintéticos	27
2.2.4	Faceamento	30
2.3	VANTAGENS	33
2.4	DESVANTAGENS	33
2.5	VIDA ÚTIL E DURABILIDADE	34
2.6	PATOLOGIAS	35
2.6.1	CORROSÃO DE ARMADURAS	35
2.6.2	FISSURAS	36
2.6.3	INFILTRAÇÃO, MANCHAS E EFLORESCÊNCIAS	36
2.7	MANUTENÇÃO	37
3	METODOLOGIA	39
3.1	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	39
3.1.1	Viaduto 1 - Major Ciraulo (Bayeux)	40
3.1.2	Viaduto 2 - Água Fria (João Pessoa)	42
3.1.3	Viadutos (Cabedelo): 3 - Intermares, 4 - Portal do Poço, 5 - Poço e 6 - Camboinha	43
3.2	LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS	45
3.3	LEVANTAMENTO GEOMÉTRICO	45
3.4	DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS	46
4	RESULTADOS	47

4.1	VIADUTO 1 - BAYEUX	47
4.1.1	Painéis danificados	47
4.1.2	Corrosão de armaduras	48
4.1.3	Manchas	49
4.1.4	Vegetação	51
4.1.5	Falhas construtivas	51
4.2	VIADUTO 2 - ÁGUA FRIA	53
4.2.1	Painéis danificados	53
4.2.2	Corrosão de armaduras	54
4.2.3	Falhas construtivas	55
4.2.4	Medidas preventivas	56
4.3	VIADUTO 3 - INTERMARES	58
4.3.1	Painéis danificados	58
4.3.2	Falhas construtivas	59
4.4	VIADUTO 4 - PORTAL DO POÇO	60
4.4.1	Painéis danificados	60
4.4.2	Manchas	60
4.4.3	Vegetação	61
4.4.4	Falhas construtivas	62
4.5	VIADUTO 5 - POÇO	63
4.5.1	Painéis reconstruídos	63
4.5.2	Vegetação	64
4.5.3	Falhas construtivas	64
4.6	VIADUTO 6 - CAMBOINHA	65
4.6.1	Painéis danificados	65
4.6.2	Corrosão de armaduras	66
4.6.3	Vegetação	67
4.7	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS ANÁLISES	68
4.8	PLANO DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO PARA ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SOLO REFORÇADO	69
5	CONCLUSÕES	72
	REFERÊNCIAS	73
	ANEXOS	75

Anexo A – Fluxograma do plano de gestão de manutenção para estruturas de contenção de solo reforçado	76
Anexo B – Classificação da condição do viaduto	77
Anexo C – Ficha de inspeção rotineira de viadutos	78
Anexo D – Levantamento fotográfico	79

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Demonstração da estabilização de areia com agulhas de pinheiro, inspirando a técnica Terre Armée de Henry Vidal	20
Figura 2 – Reforço com uma única armadura lisa	21
Figura 3 – Primeira estrutura de solo reforçado nos Pirenéus com painéis em U	21
Figura 4 – Primeira estrutura em terra armada no Brasil - 1976	21
Figura 5 – Implantação da soleira	24
Figura 6 – Detalhamento da soleira	24
Figura 7 – Esquema de um maciço terra armada	27
Figura 8 – Fitas metálicas utilizadas na construção do viaduto de Água Fria	27
Figura 9 – Microfotografias de geotêxteis com diferentes estruturas: (A) tecido multifilamento; (B) tecido monofilamento; (c) não tecido agulhado; (d) não tecido termoligado	28
Figura 10 – Tipos de geogrelhas: (a) extrudada unidirecional; (b) extrudada bidirecional; (c) Soldadas; (d) Tecidas	29
Figura 11 – Muro de contenção de solo reforçado com face envelopada, revestida com vegetação	30
Figura 12 – Vista do maciço de terra armada, mostrando o posicionamento das armaduras e suas conexões com os painéis	31
Figura 13 – Componentes de um sistema de solo reforçado com terra armada	32
Figura 14 – Detalhe de um tipo de painel pré-moldado utilizado em aterros	32
Figura 15 – Localização da Região Metropolitana de João Pessoa	39
Figura 16 – Localização dos seis viadutos estudados na Região Metropolitana de João Pessoa	40
Figura 17 – Viaduto 1, Bayeux - Major Ciraulo	41
Figura 18 – Configuração estrutural - Viaduto 1 - Bayeux	41
Figura 19 – Processo construtivo - Viaduto 2 - João Pessoa - Água Fria	42
Figura 20 – Viaduto 2 - Água Fria	43
Figura 21 – Viaduto 3 - Intermares	43
Figura 22 – Viaduto 4 - Portal do Poço	43
Figura 23 – Viaduto 5 - Poço	44
Figura 24 – Viaduto 6 - Camboinha	44

Figura 25 – Viaduto 3 - Intermares	44
Figura 26 – Viaduto 4 - Portal do Poço	44
Figura 27 – Viaduto 5 - Poço	45
Figura 28 – Viaduto 6 - Camboinha	45
Figura 29 – Drone Dji Phantom 3	46
Figura 30 – Painéis pré-moldados danificados	47
Figura 31 – Corrosão de armaduras nos painéis pré-moldados	48
Figura 32 – Painéis pré-moldados apresentando manchas de diferentes tonalidades, resultantes da ação da água nas superfícies	49
Figura 33 – Manchas causadas pelo fogo devido à queima de materiais nas proximidades da contenção	50
Figura 34 – Manchas na parte inferior do viaduto, indicativas da ascensão de água por capilaridade	50
Figura 35 – Crescimento de vegetação nas juntas entre os painéis	51
Figura 36 – Desaprumo dos painéis no muro	52
Figura 37 – Painéis desnivelados na estrutura do viaduto	52
Figura 38 – Falhas na ligação entre as paredes frontais e longitudinais do muro	53
Figura 39 – Painéis pré-moldados danificados	54
Figura 40 – Sinais de corrosão nas armaduras dos painéis	55
Figura 41 – Desnível entre painéis do muro	55
Figura 42 – Falhas na ligação entre as paredes frontais e longitudinais do muro	56
Figura 43 – Impermeabilização interna dos painéis	57
Figura 44 – Aplicação da manta de drenagem Bidim	57
Figura 45 – Painéis pré-moldados danificados	59
Figura 46 – Desnível entre painéis do muro	59
Figura 47 – Painéis pré-moldados danificados	60
Figura 48 – Manchas semelhantes a ferrugem nos painéis pré-moldados do viaduto	61
Figura 49 – Presença de vegetação em pontos isolados	61
Figura 50 – Placas desaprumadas	62
Figura 51 – Placas desniveladas	62
Figura 52 – Painéis reconstruídos	63
Figura 53 – Presença de vegetação	64
Figura 54 – Falha na ligação entre as paredes frontais e longitudinais do muro	65

Figura 55 – Painéis danificados	66
Figura 56 – Corrosão das armaduras	66
Figura 57 – Presença de vegetação	67
Figura 58 – Presença de vegetação	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ensaio s mínimos para caracterização do material do aterro	25
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
MSE	Mechanically Stabilized Earth
NBR	Norma Brasileira
OAE	Obras de Arte Especiais

1 INTRODUÇÃO

A estabilização de um talude na engenharia civil é um aspecto fundamental para garantir a segurança e a funcionalidade de diversas obras, uma vez que o solo é um componente presente na maioria das construções. Essa estabilização se torna necessária em situações onde o terreno apresenta condições desfavoráveis, como inclinações acentuadas ou solo com baixa resistência, que podem levar a deslizamentos e outros tipos de instabilidade. A relevância da estabilização se reflete na necessidade de assegurar a integridade estrutural das edificações, protegendo não apenas as obras em si, mas também as pessoas que delas dependem.

A escolha do método de estabilização, por sua vez, é influenciada por diversos fatores. Entre eles, destacam-se a disponibilidade e o custo dos materiais, as dificuldades construtivas específicas do local, a metodologia de cada técnica e a necessidade de espaços maiores para determinados métodos. É fundamental que o engenheiro avalie essas variáveis para selecionar a solução mais adequada, equilibrando aspectos técnicos e econômicos, de modo a garantir a eficácia e a segurança das estruturas.

Dentro desse contexto, o solo reforçado, conforme definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR 16920-1:2021 (ABNT, 2021), é uma técnica que utiliza elementos estruturais para melhorar as propriedades mecânicas do solo, aumentando sua capacidade de suporte e resistência a tensões. Essa abordagem é amplamente aplicada em obras de contenção, como muros de arrimo, proporcionando uma solução eficiente e sustentável para estabilizar terrenos e minimizar riscos associados a deslizamentos.

A utilização de contenções de solo reforçado é uma prática comum em todo o mundo, devido à sua versatilidade e eficácia. Esses sistemas apresentam alternativas técnico-econômicas variadas, capazes de suportar cargas significativas e viáveis para construção em alturas elevadas. Essa ampla aplicação e eficácia tornam o tema deste trabalho de conclusão de curso relevante, considerando a extensa utilização do método em diversas obras de infraestrutura.

Historicamente, diversas infraestruturas enfrentaram falhas, resultando em sérios danos materiais e riscos à vida humana. Muitos acidentes ocorrem devido à falta de monitoramento e manutenção periódica por parte dos órgãos responsáveis, o que reforça a necessidade de uma abordagem proativa na identificação e solução para as manifestações patológicas. A implementação de soluções sustentáveis e a conformidade com normas técnicas, como a NBR 16920-1:2021, não apenas garantem a segurança das estruturas, mas também promovem práticas de engenharia que respeitam o meio ambiente e a sociedade.

Diante da importância das técnicas de contenção de solo reforçado, é fundamental realizar uma análise detalhada das condições atuais dessas estruturas. A identificação de manifestações patológicas e danos estruturais contribui para a segurança e funcionalidade das obras, além de aprimorar as práticas de engenharia civil na região. Assim, este trabalho propôs investigar e avaliar as condições dos viadutos já construídos e em construção, na Região Metropolitana de João Pessoa, no estado da Paraíba.

O estudo focou na identificação de manifestações patológicas e danos estruturais nas contenções de solo reforçado nos cinco viadutos construídos, além de avaliar as medidas paliativas adotadas no viaduto em construção. Todos os viadutos estão localizados na Região Metropolitana de João Pessoa, sendo um viaduto localizado na rodovia federal BR-101 e os demais em trechos da rodovia federal BR-230. A escolha desses viadutos se justifica pela relevância na infraestrutura de transporte da região e pela representatividade das técnicas de contenção aplicadas. As observações realizadas permitiram diagnosticar problemas existentes e recomendar ações para garantir a funcionalidade, segurança e durabilidade dessas estruturas, além de identificar as medidas preventivas que estão sendo implementadas na obra em andamento.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Analisar as manifestações patológicas em estruturas de contenção de solo reforçado nos viadutos da Região Metropolitana de João Pessoa, visando identificar problemas existentes e propor medidas corretivas e preventivas para garantir a segurança e a durabilidade dessas obras.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar inspeções visuais e análises técnicas para identificar e classificar as manifestações patológicas presentes nos cinco viadutos já concluídos e no viaduto que se encontra em execução;
- Avaliar as condições e os procedimentos adotados na obra do viaduto em construção, visando prevenir a ocorrência de patologias;
- Propor um plano de gestão de manutenção para as estruturas de contenção, com foco em estratégias de monitoramento contínuo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

As estruturas de contenção são componentes indispensáveis de uma grande variedade de obras e projetos de engenharia, como pontes, rodovias, píeres, ferrovias, prédios em geral, usinas, barragens e outros. Essas estruturas desempenham um papel importante na segurança e na funcionalidade de infraestruturas ao redor do mundo. Sua principal função é suportar o empuxo de terra, garantindo a estabilidade de um talude, permitindo a utilização do espaço à sua frente ou na parte superior do aterro.

Durante muitos anos, as únicas opções disponíveis eram as estruturas de contenção "tradicionais" feitas de concreto armado ou ciclópico, atirantadas ou não. No entanto, à medida que a altura do solo a ser contida aumenta ou quando as fundações são menos competentes, os custos dessas estruturas aumentam consideravelmente (Ehrlich; Becker, 2020).

Para lidar com essas dificuldades, foram criados diversos tipos de estruturas de contenção, dentre eles a técnica de solo mecanicamente estabilizado - *Mechanically Stabilized Earth (MSE)*, que, devido às suas vantagens, como uma solução mais econômica e de fácil execução quando comparada à estruturas tradicionalmente empregadas, está se tornando cada vez mais popular em projetos de engenharia civil. Essa técnica começou a substituir gradualmente as soluções mais usuais, conquistando cada vez mais espaço no mercado (Terra Armada, 2024).

Ehrlich e Becker (2020) afirmam também que o processo de "armar a terra" é uma técnica utilizada desde as civilizações mais antigas, com evidências encontradas em construções do Império Inca, na Mesopotâmia e na China. Eles destacam também que essa técnica não é exclusivamente humana, uma vez que animais como o João de Barro empregam elementos vegetais, como galhos e palha, para aumentar a estabilidade de suas próprias estruturas de solo.

Apesar de sua longa história, o conceito moderno de solo reforçado para estruturas de contenção foi desenvolvido apenas na década de 60, na França, pelo engenheiro e arquiteto Henry Vidal. Durante suas observações, Vidal percebeu como a estabilidade de um pequeno monte de areia mudava significativamente quando era reforçado com agulhas de pinheiro (Reinforced Earth, 2024), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Demonstração da estabilização de areia com agulhas de pinheiro, inspirando a técnica *Terre Armée* de Henry Vidal



Fonte: Reinforced Earth, 2024

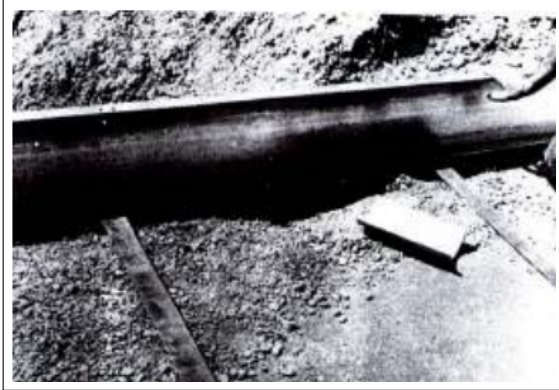
Em 1963, Henry Vidal introduziu uma técnica de estabilização mecânica de solos utilizando inclusões metálicas, patenteada de *Terre Armée*, francês para "Terra Armada". Essa inovação não apenas revolucionou as práticas de contenção de solo, mas também levou à fundação da empresa de mesmo nome, que continua a oferecer esses serviços até os dias atuais (Reinforced Earth, 2024).

De acordo com Silva (2012), a disseminação da tecnologia de solo reforçado pelo mundo trouxe ao Reino Unido, a partir da década de 70, a experimentação com geossintéticos, que são materiais compostos de fibras poliméricas. Esses insumos, pertencentes a um dos grupos mais recentes de materiais de construção, têm sido amplamente empregados em obras de diversos portes, com destaque para a construção pesada. A introdução dos geossintéticos possibilitou o teste de diferentes tipos de aterros, pois sua resistência à corrosão permite a utilização de solos de qualidade inferior, oferecendo assim vantagens significativas em comparação aos reforços metálicos. Além disso, o aumento dos preços do aço tem impulsionado a demanda por essas alternativas de reforço, tornando os geossintéticos uma opção cada vez mais atrativa no mercado da construção.

Outras inovações ocorreram ao longo do tempo, como a utilização de painéis de concreto pré-fabricado em 1971, substituindo os painéis metálicos em formato de "U". Além disso, em 1975, houve uma transição de armaduras lisas para armaduras nervuradas, o que aumentou o atrito entre o solo e o reforço, melhorando a transferência de esforços (Silva, 2012).

A Figura 2 ilustra o design das armaduras lisas, enquanto a Figura 3 apresenta os painéis metálicos em “U”.

Figura 2 – Reforço com uma única armadura lisa



Fonte: LCPC-SETRA, 1979

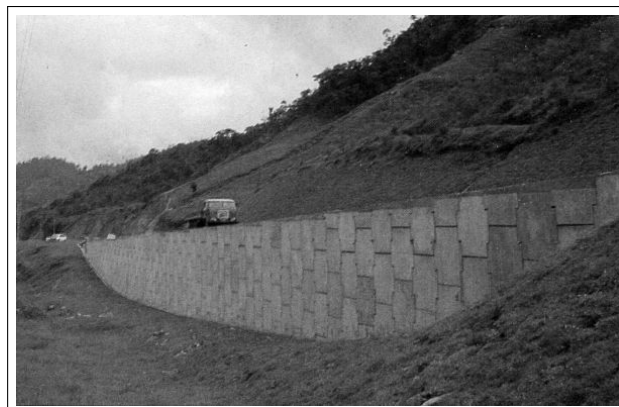
Figura 3 – Primeira estrutura de solo reforçado nos Pirenéus com painéis em U



Fonte: Terra Armada, 2024

O Brasil já adotava aplicações empíricas de geossintéticos para estabilização de maciços de terra desde a década de 1970 (Ehrlich; Becker, 2020). Segundo Terra Armada (2024), em abril de 1976, foi concluída a primeira estrutura em Terra Armada no Brasil e na América Latina. Como ilustrado na Figura 4, trata-se de um muro com cerca de 300 m² de área de paramento vertical e altura máxima de 6 metros, construído para conter um trecho de 80 metros à meia-encosta, localizado no km 54 da Rodovia Federal BR-470/SC, nas proximidades da cidade de Rio do Sul, em Santa Catarina.

Figura 4 – Primeira estrutura em terra armada no Brasil - 1976



Fonte: Terra Armada, 2024

Apesar de haver registros da aplicação da técnica desde 1976, conforme ilustrado na Figura 4, a normatização dessa prática no Brasil ocorreu apenas dez anos depois, em 1986, quando a ABNT publicou a NBR 9286:1986 (ABNT₂, 1986), essa norma permaneceu em vigor

até outubro de 2014. Com o cancelamento da NBR 9286, a ABNT introduziu, em 2016, a NBR 19286:2016 (ABNT₃, 2016). No entanto, essa norma também foi cancelada em janeiro de 2021, sendo substituída pela NBR 16920-1:2021 (ABNT, 2021), que atualmente serve como a principal diretriz para a execução de serviços relacionados a estruturas de solo reforçado no Brasil.

Hoje em dia, essa técnica tem sido amplamente empregada na construção de muros de arrimo e encontros de viadutos, especialmente em áreas urbanas, onde há a limitação de espaço para a construção de taludes dos aterros e a necessidade de uma aparência adequada para as rampas de acesso, que seja fácil de manter, minimizando a deterioração visual ao longo do tempo, restringem o emprego de soluções convencionais (Vitório, 2002).

2.2 SOLO REFORÇADO

De acordo com Ehrlich e Becker (2020), a combinação de solo e reforços resulta em um material composto com características mecânicas aprimoradas. O solo, quando devidamente compactado, geralmente demonstra boa resistência à compressão e ao cisalhamento. No entanto, sua capacidade de resistir à tração é frequentemente baixa ou inexistente. Esse cenário é semelhante ao observado em concreto armado, onde a adição de armaduras metálicas resolve a fragilidade à tração do concreto. Da mesma forma, a inclusão de elementos de reforço no solo não apenas melhora a resistência à tração, mas também contribui para a estabilidade geral da estrutura.

A NBR 16920-1:2021 (ABNT, 2021) define o termo "solo reforçado" como sendo a técnica de incorporar reforços resistentes à tração em maciços de terra, resultando em um material compósito com melhores características mecânicas. Este sistema é composto por três principais componentes: o solo, os elementos de reforço, também conhecidos como inclusões, e os elementos de face ou parâmetro. Os reforços podem ser feitos de materiais metálicos ou geossintéticos, dependendo das necessidades específicas do projeto.

A adição de reforços, seja de metal ou de geossintético, proporciona aos muros e taludes de solo reforçado a resistência interna e a estabilidade geral exigidas para suportar cargas e limitar movimentos indesejados, como deslocamentos.

Além disso, o uso de solo reforçado pode aumentar a durabilidade das estruturas, reduzindo a necessidade de manutenção frequente. Os sistemas de solo reforçado também são altamente versáteis, sendo aplicáveis em diversas situações, como taludes, muros de contenção e

fundações, adaptando-se às exigências específicas de cada projeto e ao tipo de solo encontrado no local. Essa abordagem tem se tornado cada vez mais popular na engenharia civil e na construção devido à sua eficiência e eficácia na melhoria da estabilidade de estruturas em terrenos desafiadores (ABNT, 2021).

2.2.1 Fundação

A NBR 1692011:2021 (ABNT, 2021) estabelece diretrizes fundamentais para o projeto de fundações, destacando a importância de se determinar a tensão admissível no terreno de fundação. A inspeção e a liberação desse terreno devem ser realizadas por um profissional habilitado em Engenharia Geotécnica, garantindo que as características do solo sejam adequadamente avaliadas. Essa abordagem é essencial para assegurar a segurança e o desempenho da obra, uma vez que as propriedades do solo influenciam diretamente as escolhas de projeto e execução.

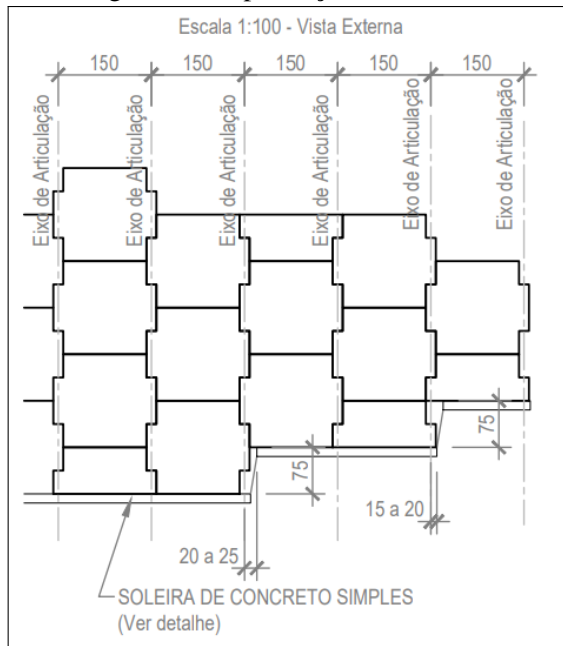
A escolha do sistema construtivo deve considerar os recalques de fundação estimados, dado que cada tipo de fundação possui diferentes capacidades de absorver deformações. No caso de solos que não oferecem suporte adequado para fundações diretas, como argilas moles, é necessário adotar medidas complementares, como a troca ou melhoria de solos, ou a implementação de fundações profundas. Essas intervenções são fundamentais para aumentar a segurança estrutural e minimizar o risco de falhas durante a vida útil da edificação.

Dentro desse contexto, Barbosa e Vitória (2019) ressaltam que a fundação direta, frequentemente referida como soleira, é a mais utilizada em terrenos adequados. Essa fundação deve ser apoiada em solos resistentes e com bom grau de compactação, sendo composta por uma base retangular de concreto ao longo do muro. No entanto, em situações onde a capacidade de suporte do solo é insuficiente, a adoção de fundações profundas, como estacas, torna-se imprescindível. Assim, a análise criteriosa das condições do solo é fundamental para a escolha do tipo de fundação que garantirá a estabilidade e segurança da edificação.

As Figuras 5 e 6 são do projeto da obra do viaduto de Água Fria¹, um dos pontos de estudo de caso desta pesquisa. A Figura 5 ilustra a vista externa da implantação da soleira, enquanto a Figura 6 ilustra o detalhamento da soleira.

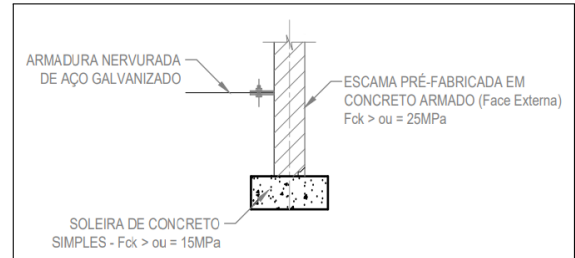
¹ Ver seção 3.1 - Delimitação da área de estudo

Figura 5 – Implantação da soleira



Fonte: DNIT, 2017

Figura 6 – Detalhamento da soleira



Fonte: DNIT, 2017

2.2.2 Material de aterro

O material de preenchimento é composto por solos cuidadosamente selecionados para a execução, podendo ser utilizado de jazida próxima, desde que atenda as condições mínimas especificadas em projetos (Maparagem, 2017).

De acordo com a NBR 16920-1:2021 (ABNT, 2021), o material a ser utilizado no aterro de estruturas em solo reforçado deve ser livre de turfas, argilas orgânicas moles ou qualquer outro material que possa comprometer o desempenho esperado do projeto. Para garantir a adequação do material, são realizados ensaios específicos que permitem sua caracterização.

A correta seleção e caracterização dos materiais de aterro são essenciais para garantir o desempenho e a durabilidade das estruturas em solo reforçado. O projetista deve assegurar que os materiais utilizados estejam em conformidade com os parâmetros estabelecidos na norma, de forma a evitar problemas futuros, como recalques diferenciais ou falhas estruturais. Além disso, o controle de qualidade durante a execução da obra é fundamental para que os resultados dos ensaios sejam devidamente aplicados.

Os ensaios mínimos necessários para essa avaliação estão detalhados na Tabela 1, conforme a NBR 16920-1:2021:

Tabela 1 – Ensaios mínimos para caracterização do material do aterro

Ensaio	Norma de referência	Frequência mínima
Limites de plasticidade e de liquidez	ABNT NBR 7180 ABNT NBR 6459	Um conjunto inicial de ensaios em no mínimo três amostras para caracterização de jazida e sempre que houver uma mudança tátil visual de material do aterro
Granulometria	ABNT NBR 7181	
Massa específica dos grãos	ABNT NBR 6458	
Umidade natural	ABNT NBR 6457	
Ensaio de compactação	ABNT NBR 7182	
Expansão	ABNT NBR 9895	De acordo com as especificações técnicas do projeto
Ensaios para obtenção de parâmetros de resistência ao cisalhamento	De acordo com as especificações técnicas do projeto (ver recomendações do Anexo A, na norma)	De acordo com as especificações técnicas do projeto (ver recomendações do Anexo A, na norma)

Fonte: ABNT, 2021

A NBR 16920-1:2021 ressalta ainda que, em caso de conhecimento do local da jazida, os ensaios da Tabela 1 devem ser realizados antes do projeto. No caso de desconhecimento do local da jazida, os parâmetros geotécnicos devem ser confirmados durante a execução da obra. O projetista deve selecionar o tipo de ensaio adequado para determinar a resistência e a expansão do solo, levando em consideração que os ensaios variam conforme o tipo de solo presente e devem seguir as imposições da norma.

2.2.3 Elementos de reforço

Conforme Silva (2012), as principais funções dos reforços em um maciço de terra armada incluem a mobilização por atrito de tensões tangenciais ao longo da superfície e a resistência aos esforços de tração. É essencial que os materiais utilizados apresentem características adequadas, como alta resistência à tração, ductilidade, durabilidade e um excelente coeficiente de atrito com o solo. Os reforços devem atender a certos requisitos, que incluem (Silva, 2012):

- Boa resistência à tração;
- Ruptura do tipo não frágil e pouca fluência;
- Baixa deformabilidade às cargas de serviço;
- Bom coeficiente de atrito com o solo;
- Flexibilidade para adaptação às ondulações nas superfícies dos aterros compactados;
- Facilidade de implementação, boa durabilidade e economia.

Os elementos de reforço podem ser classificados em inextensíveis, que apresentam

baixa deformabilidade, e extensíveis, que são mais deformáveis. Os reforços inextensíveis são geralmente de material metálico, enquanto os extensíveis são compostos por materiais poliméricos. Essa distinção é fundamental para entender o comportamento estrutural e a aplicação de cada tipo de reforço em diferentes contextos (Silva, 2012).

Ehrlich e Becker (2020) complementam essa discussão ao enfatizar que, nas últimas décadas, uma ampla gama de geossintéticos foi desenvolvida para o fortalecimento de solos, classificada em duas categorias principais: geotêxteis e geogrelhas. Eles destacam a diversidade de tipos de reforço disponíveis para contenção de solos, incluindo opções como reforços metálicos, geogrelhas e geotêxteis, que proporcionam uma abordagem flexível e eficaz para atender às necessidades específicas de cada projeto. Os geotêxteis, em particular, são versáteis, desempenhando não apenas funções de reforço, mas também de drenagem, filtração e separação.

A NBR 16920-1:2021 (ABNT, 2021) estabelece que os elementos de reforço podem ser do tipo metálico, como tiras e malhas, ou geossintético, como geotêxteis e geogrelhas. Outros tipos de reforços podem ser utilizados, desde que apresentem comportamento de tensão x deformação, resistência à tração e vida útil compatíveis com as solicitações do projeto. É essencial que o projeto especifique as características mínimas requeridas para cada tipo de reforço, e que o executor verifique a conformidade com essas propriedades por meio da certificação do fabricante ou de ensaios comprobatórios, assegurando, assim, a eficácia e a durabilidade da obra.

A seguir, serão apresentados os distintos tipos de reforço utilizados para a contenção de solos.

2.2.3.1 Reforços metálicos

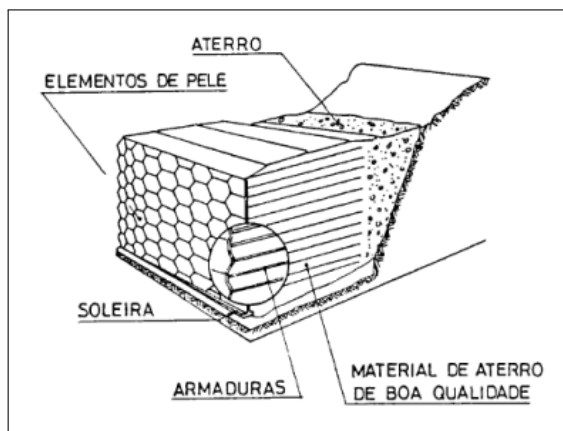
Conforme citado anteriormente, os reforços pioneiros da era moderna foram as tiras de aço utilizadas no sistema Terra Armada, cujas dimensões dessas tiras variam de acordo com as exigências específicas de cada obra. É fundamental que a espessura do aço inclua um valor adicional, conhecido como espessura de sacrifício, para compensar a corrosão ao longo do tempo. De acordo com a norma NBR 16920-1:2021 (ABNT, 2021), essa espessura deve ser determinada com base na vida útil da estrutura e no grau de agressividade do ambiente em que será instalada. Contudo, essa necessidade de espessura adicional pode encarecer a obra (Ehrlich; Becker, 2020).

A Figura 7 apresenta um esquema detalhado da constituição de um muro de terra armada. Este diagrama destaca os componentes essenciais, como as armaduras, a soleira de concreto simples, que proporciona a base estrutural, e os dispositivos de fixação das armaduras,

conhecidos como elementos de pele ou painéis, que garantem a estabilidade dos elementos de face do paramento. Além disso, são evidenciadas as juntas horizontais entre os painéis, que permitem a movimentação controlada, e as juntas verticais filtrantes, fundamentais para a drenagem adequada da água, prevenindo assim a acumulação de pressões hidrostáticas e contribuindo para a durabilidade da estrutura (Félix, 1991).

A Figura 8 ilustra o tipo de reforço que será empregado na estrutura do viaduto de Água Fria, além de exemplificar como são as fitas metálicas.

Figura 7 – Esquema de um maciço terra armada



Fonte: Félix, 1991

Figura 8 – Fitas metálicas utilizadas na construção do viaduto de Água Fria



Fonte: Autora, 2024

2.2.3.2 Geossintéticos

Os principais tipos de geossintéticos aplicados como elementos de reforços de solo são os geotêxteis tecidos e não tecidos, geogrelhas e geotiras.

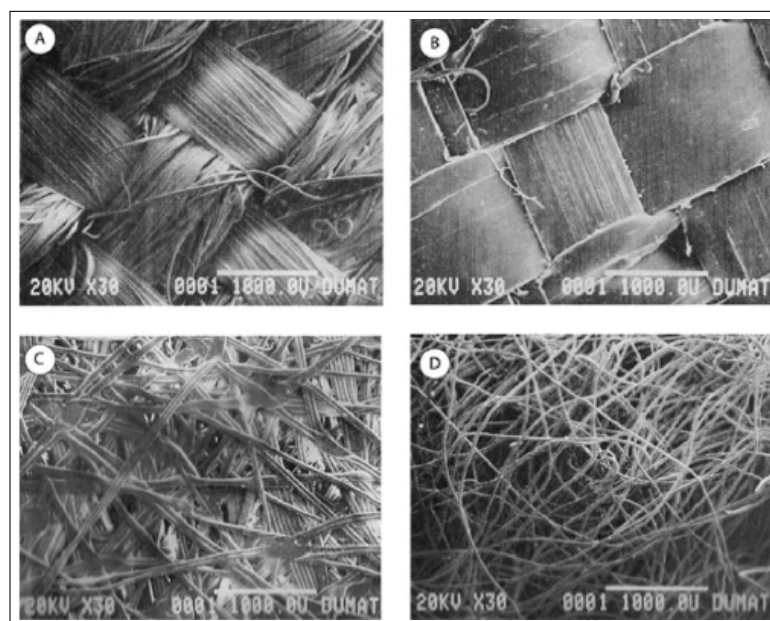
De acordo com Ehrlich e Becker (2020) os geotêxteis tecidos são produzidos por meio de processos convencionais de tecelagem. Os polímeros básicos são aquecidos até derreter e, em seguida, forçados a passar por um extrusor, que os molda em filamentos. Esses filamentos podem ter diferentes formas, como cilíndricos ou laminetes, dependendo dos furos do extrusor. Após o resfriamento, os filamentos são tecidos em duas direções: a direção longitudinal, conhecida como urdidura, e a direção transversal, chamada de trama. O entrelaçamento das fibras pode ser feito com filamentos únicos ou múltiplos, assim como com laminetes, garantindo a resistência e a funcionalidade desejadas para os geotêxteis.

Os geotêxteis não tecidos são fabricados com os mesmos tipos de filamentos utilizados nos geotêxteis tecidos, mas, neste caso, os filamentos são cortados em pedaços contínuos e dispostos de maneira aleatória sobre uma esteira rolante, sobrepondo-se uns aos outros. A grama-

tura do produto final é determinada pela taxa de lançamento dos filamentos, e a ligação entre eles é consolidada por processos térmicos, resinagem com produtos químicos ou agulhagem, em que pequenas agulhas com barbatanas entrelaçam os filamentos. Após essa consolidação, o geotêxtil pode ser prensado para facilitar o armazenamento em rolos de menor diâmetro, tornando-o mais fácil de transportar. Além disso, os geotêxteis não tecidos apresentam uma complexidade estrutural significativa e características físicas e mecânicas mais isotrópicas em comparação com os geotêxteis tecidos, o que os torna adequados para diversas aplicações (Ehrlich; Becker, 2020).

A Figura 9 ilustra as diferenças nas estruturas dos geotêxteis tecidos (A e B) e não tecidos (C e D).

Figura 9 – Microfotografias de geotêxteis com diferentes estruturas: (A) *tecido multifilamento*; (B) *tecido monofilamento*; (c) *não tecido agulhado*; (d) *não tecido termoligado*

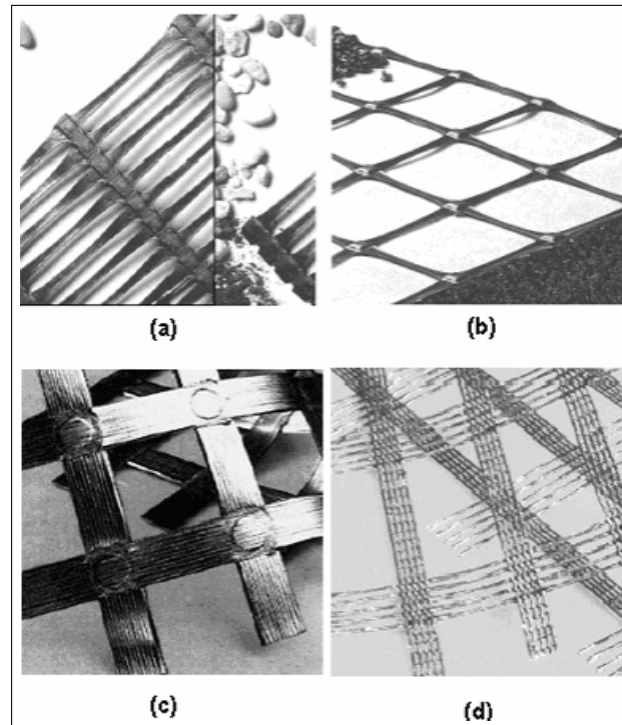


Fonte: Ehrlich; Becker, 2020

As geogrelhas são estruturas planas em formato de grelha, como mostrado na Figura 10. Semelhantes aos geotêxteis, elas são disponibilizadas em rolos com dimensões específicas de largura e comprimento. Existem dois tipos principais de geogrelhas: unidimensionais, que possuem alta resistência à tração em uma única direção, e bidimensionais, que oferecem resistência elevada em duas direções ortogonais. A escolha do tipo de geogrelha também depende do polímero utilizado em sua fabricação, já que as propriedades finais variam conforme a composição química e a estrutura do material. Os polímeros mais comuns na produção de geogrelhas incluem polietileno de alta densidade (PEAD), poliéster (PET) e álcool polivinílico (PVA). Essas geogrelhas são caracterizadas por sua baixa deformabilidade e elevada resistência

à tração, tornando-as ideais para diversas aplicações em engenharia civil e geotécnica (Ehrlich; Becker, 2020).

Figura 10 – Tipos de geogrelhas: (a) extrudada unidirecional; (b) extrudada bidirecional; (c) Soldadas; (d) Tecidas



Fonte: Ehrlich; Becker, 2020

A geotira é um produto polimérico em forma de tiras flexíveis, projetado para atuar como reforço. Geralmente fabricada a partir de feixes de filamentos sintéticos, a geotira é revestida com um material protetor que aumenta sua durabilidade e resistência. Essa combinação de propriedades permite que a geotira desempenhe um papel fundamental na estabilização de solos e estruturas, contribuindo para a eficácia de projetos de engenharia civil e geotécnica (ABNT, 2021).

Ehrlich e Becker (2020) abordam em seu livro que a maioria dos geossintéticos é composta por polímeros sintéticos, cujas estruturas moleculares se assemelham a um conjunto de cadeias de moléculas repetitivas chamadas monômeros. Os polímeros mais utilizados na produção de geossintéticos incluem poliéster (PET), polipropileno (PP), polietileno (PE) e álcool polivinílico (PVA). Esses materiais apresentam longas cadeias moleculares organizadas em regiões cristalinas, onde as cadeias estão alinhadas, e em regiões amorfas, onde estão entrelaçadas de maneira aleatória. Essa combinação estrutural é obtida por meio de processos químicos de polimerização, conferindo aos geossintéticos suas propriedades específicas e versatilidade em

aplicações diversas.

2.2.4 Faceamento

A escolha do faceamento varia em função do tipo de reforço empregado, uma vez que as características de comportamento e interação entre o reforço e o maciço de contenção variam conforme o tipo de reforço utilizado.

Para solos reforçados com geossintéticos como geotêxteis tecidos, geotêxteis não tecidos e geogrelhas, Ruiz *et al.* (2018, *apud* ROCHA *et al.*, 2018) afirma que a face do parâmetro frontal pode ser executada com total independência estrutural do maciço de contenção. Isso possibilita uma ampla variedade de opções de faceamento, como revestimento vegetal, concreto projetado, painéis pré-fabricados, blocos segmentais ou muros autoportantes de alvenaria ou pedra. Essa flexibilidade se deve ao fato de que os geossintéticos atuam como elementos de reforço que distribuem tensões e melhoram as propriedades do solo, permitindo que o faceamento funcione de maneira autônoma.

No caso do muro de solo reforçado com geossintéticos, uma alternativa de um sistema de faceamento é a denominada face envelopada, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Muro de contenção de solo reforçado com face envelopada, revestida com vegetação



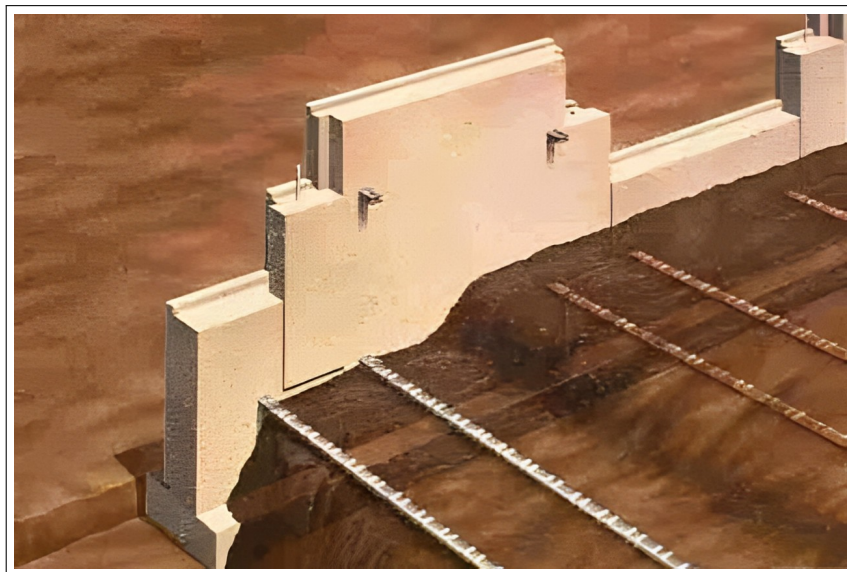
Fonte: Neto; Hayashida; Pereira, 2013

De acordo com Neto *et al.* (2013), essa técnica envolve a utilização de sacarias preenchidas com solo local, envolvidas por geossintéticos que atuam como ancoragem para o reforço da face do muro. O projeto considera camadas com um espaçamento de 40 cm entre

os geossintéticos de reforço. Como alternativas para o revestimento da face, é possível utilizar vegetação ou concreto projetado, garantindo tanto funcionalidade quanto estética à estrutura.

Por outro lado, quando se utiliza tiras metálicas ou poliéster, por exemplo, a dinâmica é diferente. Segundo Barbosa e Vitório (2019), nos painéis são previstos pontos de suspensão para içar materiais em obra, além de pontos para a ligação da placa com a armadura de tração, como as tiras. Esse sistema de contenção depende da interação direta entre as tiras e o maciço de contenção. Vitório (2002) ressalta que a aderência da armadura ao solo é fundamental para garantir a estabilidade das placas pré-moldadas encaixadas entre si, constituindo maciços auto-equilibrados. Assim, essa solução exige a execução de um aterro rigorosamente controlado, tornando impossível a execução do faceamento de forma totalmente independente, uma vez que a estabilidade do sistema está interligada à conexão estrutural entre as tiras e o faceamento, conforme mostrado na Figura 12.

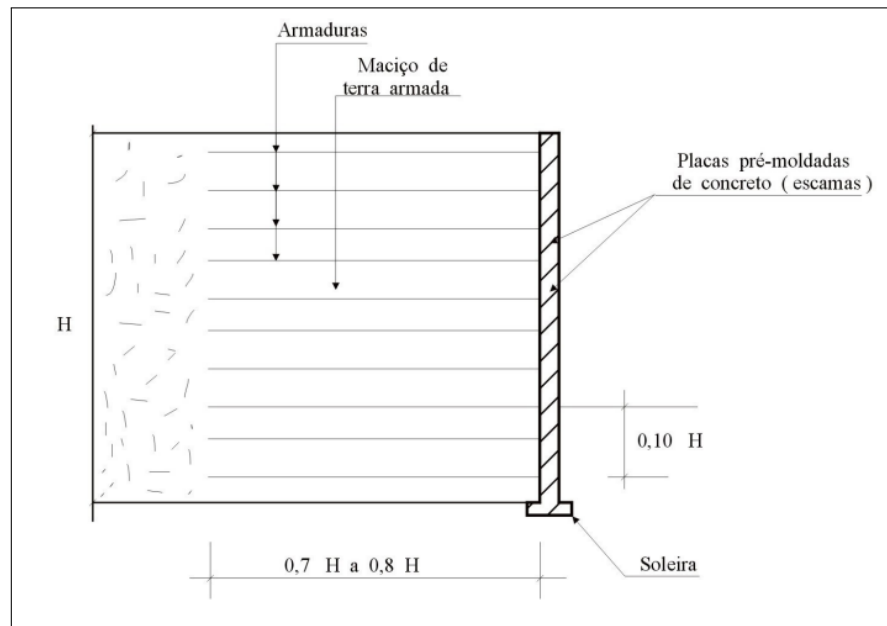
Figura 12 – Vista do maciço de terra armada, mostrando o posicionamento das armaduras e suas conexões com os painéis



Fonte: Terra Armada, 2024

Barbosa e Vitório (2019) ilustram os componentes de um sistema de solo reforçado com terra armada, conforme mostrado na Figura 13.

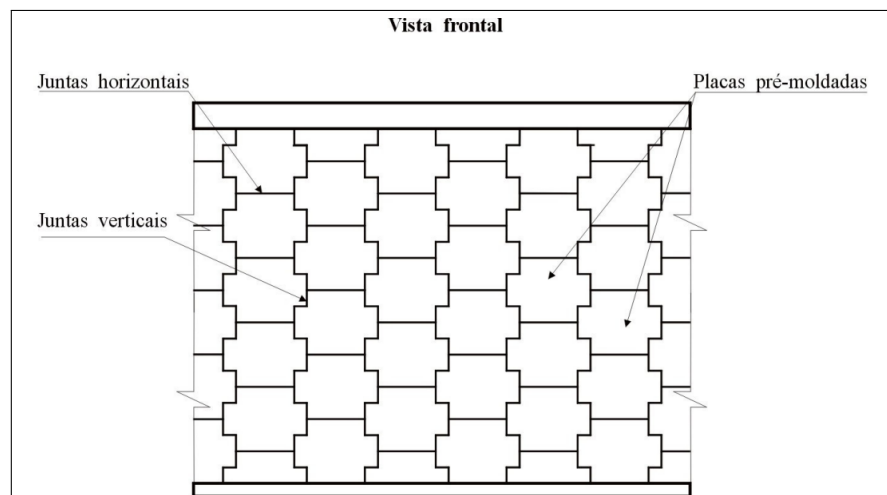
Figura 13 – Componentes de um sistema de solo reforçado com terra armada



Fonte: Barbosa; Vítório, 2019

Para garantir a estabilidade do sistema e uma aparência estética agradável, utilizam-se blocos de elementos pré-fabricados. Esses elementos podem ser painéis de concreto pré-moldado, unidades de alvenaria modular ou estruturas metálicas. Os painéis estão disponíveis em formatos quadrados, retangulares, cruciformes e outras formas poligonais, abrangendo toda a altura da parede. Além disso, os blocos podem apresentar uma ampla gama de texturas, cores e acabamentos, permitindo uma personalização estética significativa (Maparagem, 2017). A Figura 14 mostra um exemplo de um tipo de painel pré-moldado.

Figura 14 – Detalhe de um tipo de painel pré-moldado utilizado em aterros



Fonte: Barbosa; Vítório, 2019

2.3 VANTAGENS

Autores como Vidal (1969), Félix (1991) e Maparagem (2013) destacam as vantagens do uso dos muros de solo reforçado na engenharia civil, que resultam de seu processo construtivo e comportamento. Segundo Vidal (1969), o solo reforçado é um material pesado, similar ao concreto, que proporciona soluções eficientes para estruturas como aterros e barragens, permitindo alturas elevadas e ocupando menos espaço. Essa característica torna sua utilização especialmente vantajosa em áreas urbanas, reduzindo a movimentação de terra e a faixa de domínio necessária.

Félix (1991) enfatiza a resistência significativa do solo reforçado, que pode ser projetado para suportar altas pressões e resistir a diversos carregamentos estáticos e dinâmicos, em contraste com a terra comum, que não possui a mesma capacidade. A flexibilidade é outra característica importante, pois a estrutura granular permite que deformações na fundação não gerem fissuras, possibilitando que as partículas deslizem ao longo dos elementos de reforço e mantenham a estabilidade sob novas cargas.

Maparagem (2013) ressalta a simplicidade na construção como uma vantagem marcante. As estruturas de solo reforçado são rápidas de montar e não requerem equipamentos pesados ou habilidades especializadas. O assentamento e a compactação são necessários apenas para limitar o assentamento vertical, facilitando o processo construtivo.

Além disso, o uso de solo reforçado resulta em economia significativa em comparação ao concreto, conforme destacado por Vidal (1969). A disposição dos elementos de reforço, calculada para otimizar a resistência das forças na estrutura, torna-a mais econômica que outros tipos de muros de contenção. A eliminação de cofragens e outros procedimentos complexos também contribui para a redução de custos.

Por fim, Maparagem (2013) destaca a facilidade de montagem e a viabilidade técnica para estruturas acima de 25 metros como fatores que tornam o solo reforçado uma opção atraente. A redução na área de preparação e na necessidade de espaço para construção, juntamente com a flexibilidade dos paramentos e a facilidade de tratamento estético, complementam as vantagens desse método, tornando-o uma escolha ideal em projetos de contenção e suporte.

2.4 DESVANTAGENS

Embora os muros de solo reforçado apresentem várias vantagens, também existem desvantagens a serem consideradas. De acordo com Silva (2012) um dos principais desafios é a

necessidade de espaço amplo atrás da estrutura, o que é essencial para garantir uma espessura suficiente do muro que assegure a estabilidade interna e externa. Além disso, é imprescindível o uso de aterros granulares selecionados e um rigoroso controle da compactação, o que pode complicar o processo construtivo e aumentar os custos. A manutenção regular também se torna crítica para evitar a infiltração de água sob o terrapleno, bem como para prevenir a deterioração dos elementos da face e a corrosão das armaduras.

Outro aspecto a ser destacado é a complexidade do projeto. É necessário um planejamento cuidadoso para evitar a corrosão do aço dos elementos de reforço inextensíveis e a degradação dos reforços extensíveis no solo. Essa situação exige uma partilha de responsabilidades entre os fornecedores de materiais e aterros, além de uma maior participação de especialistas geotécnicos, como engenheiros estruturais. A integração dessas múltiplas áreas de conhecimento pode tornar o processo mais oneroso e desafiador (Silva, 2012).

Além disso, Silva (2012) aborda que existem situações específicas em que os muros de solo reforçado não devem ser utilizados. Isso inclui ângulos salientes do muro com abertura inferior a 70° , áreas onde outras obras além da drenagem são previstas, e situações em que as armaduras estão sujeitas à ação de águas contaminadas. Também é importante considerar o risco de infraescavações na base do solo reforçado, que podem ser provocadas por ação fluvial ou marítima. Essas limitações devem ser cuidadosamente avaliadas no contexto do projeto para garantir a segurança e a durabilidade da estrutura.

2.5 VIDA ÚTIL E DURABILIDADE

A NBR 16920-1:2021 (ABNT, 2021) define a "vida útil" das estruturas de contenção de solo reforçado como o período em que essas obras desempenham suas funções projetadas, mantendo os níveis de desempenho especificados, considerando também a manutenção regular. Para garantir essa durabilidade, é essencial adotar um conjunto de decisões e procedimentos durante as etapas de projeto, execução e manutenção, conforme ressalta Barbosa e Vítório (2019). Esse enfoque é fundamental, pois o desempenho das estruturas ao longo do tempo é influenciado diretamente por essas escolhas.

Além disso, as condições ambientais adversas enfrentadas por muros e taludes de solo reforçado destacam a importância de um cuidado especial com as fundações. Vítório (2014) enfatiza que essas estruturas muitas vezes estão expostas a situações para as quais não foram projetadas, o que demanda um monitoramento constante e práticas de manutenção eficientes. A

estrutura deve ser capaz de suportar não apenas as cargas estáticas, mas também as dinâmicas que podem surgir ao longo do tempo.

Um fator crítico para a longevidade das estruturas é a implementação de sistemas de drenagem adequados. Vitório (2002) menciona que a falta de um dimensionamento apropriado das seções de vazão pode resultar em problemas significativos, comprometendo a durabilidade da obra. Portanto, um planejamento hidrológico detalhado é essencial para prevenir a deterioração das estruturas e garantir que mantenham sua integridade ao longo de sua vida útil.

Vale destacar que, mesmo que as obras de contenção de solo reforçado geralmente apresentem uma grande durabilidade, isso não significa que sejam isentas de desgaste. Vitório (2002) afirma que as estruturas começam a deteriorar-se assim que entram em operação, dando início a um ciclo de vida que requer atenção contínua. Essa deterioração pode ser influenciada por diversos fatores, como condições de uso e cuidados de conservação, que são determinantes para a segurança e funcionalidade da estrutura.

Dessa forma, a manutenção regular e adequada é a chave para maximizar a vida útil das contenções de solo reforçado. A realidade mostra que, com um bom planejamento e execução, é possível garantir um desempenho satisfatório ao longo do tempo, minimizando custos e evitando falhas. Assim, a durabilidade dessas estruturas depende de um compromisso constante com a preservação e a gestão eficaz, permitindo que cumpram suas funções de maneira segura e eficiente.

2.6 PATOLOGIAS

2.6.1 CORROSÃO DE ARMADURAS

Gentil (1996) define corrosão como a deterioração de materiais, especialmente metálicos, resultante da ação química ou eletroquímica do ambiente, frequentemente em combinação com esforços mecânicos. Essa deterioração é caracterizada por interações físico-químicas entre o material e seu meio operacional, levando a alterações indesejáveis, como desgaste, variações químicas e modificações estruturais, que comprometem a adequação do material para o seu uso pretendido.

Nesse contexto, Barbosa e Vitório (2019) afirmam que a corrosão da armadura causa sérios danos às estruturas, manifestando-se por diversas patologias, como manchas superficiais, expansão, fissuração, destacamento do cobrimento, redução das seções e perda de aderência das armaduras. Esses problemas não apenas afetam a integridade estrutural, mas também podem, em

casos extremos, levar ao colapso da construção.

2.6.2 FISSURAS

Thomaz (2020) distingue entre fissuras, trincas e rachaduras, afirmando que não existem valores absolutos que definam essas ocorrências. De maneira geral, fissuras são aberturas que variam de capilares até aproximadamente 0,5 mm; trincas apresentam aberturas entre 2 mm e 3 mm; e rachaduras têm aberturas superiores a 3 mm. Essa classificação é fundamental para entender a gravidade e as implicações de cada tipo de anomalia.

Os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura, tanto sazonais quanto diárias, o que resulta em alterações dimensionais nos materiais de construção, provocando dilatação ou contração. Essas movimentações, frequentemente restringidas pelos vínculos estruturais, geram tensões internas nos materiais, o que pode levar ao aparecimento de fissuras (Thomaz, 2020).

Entre os diversos problemas patológicos que afetam construções as trincas são especialmente relevantes. Thomaz (2020) aponta três aspectos principais que as tornam preocupantes: primeiro, elas podem indicar um estado potencialmente perigoso para a estrutura; segundo, sua presença compromete o desempenho da obra, impactando características como estanqueidade, durabilidade e isolamento acústico; e, por fim, as trincas geram um constrangimento psicológico significativo para os usuários, que frequentemente se sentem inseguros quanto à integridade da estrutura.

2.6.3 INFILTRAÇÃO, MANCHAS E EFLORESCÊNCIAS

Barbosa e Vitória (2012) destacam que muitas manifestações patológicas nas estruturas são decorrentes da infiltração de água. Em contenções de terra armada, esse problema pode ter consequências severas, pois altera as condições de compactação do aterro, provocando deformações e recalques no maciço. Além disso, a infiltração diminui a aderência entre as armaduras e o aterro, afetando também as juntas entre as escamas pré-moldadas, o que pode resultar em manchas e no surgimento de vegetação indesejada.

Um fenômeno comum associado à infiltração é a eflorescência, que ocorre pelo depósito de sais na superfície de alvenarias ou materiais cimentícios, frequentemente resultado da lixiviação de compostos hidratados. Essa situação é particularmente prevalente em contenções de terra armada, mas pode ser prevenida através de uma drenagem eficiente (Barbosa; Vitória,

2019).

De acordo com Maparagem (2017), para diminuir esses problemas, é essencial que sejam implementados dispositivos que aumentem a eficiência da drenagem. Esses dispositivos devem ser projetados para escoar a água sem transportar finos, garantindo assim a estabilidade da obra e prevenindo danos estruturais.

2.7 MANUTENÇÃO

A manutenção de estruturas de contenção de solo reforçado é essencial para garantir a durabilidade e a segurança dessas obras. Barbosa e Vitório (2019) destacam que, assim como outros sistemas construtivos, essas contenções estão suscetíveis a desgastes e manifestações patológicas que podem comprometer seu desempenho estrutural e reduzir sua vida útil. A presença dessas estruturas em áreas urbanas de intenso tráfego, especialmente nos aterros de acesso a viadutos, torna a manutenção preventiva ainda mais importante para evitar acidentes graves, os quais podem ser prevenidos por meio de inspeções regulares e intervenções adequadas.

Um plano de manutenção efetivo é fundamental para assegurar a integridade das contenções de solo reforçado. Esse plano deve incluir inspeções periódicas que possibilitem a identificação precoce de problemas, permitindo ações que vão desde simples serviços de limpeza até a recuperação ou reforço da estrutura. As manutenções devem ser realizadas de forma sistemática para garantir que as condições das estruturas sejam monitoradas e mantidas ao longo do tempo.

A falta de uma cultura de manutenção, especialmente a preventiva, é um desafio significativo no Brasil, como aponta Vitório (2002). Muitas rodovias e suas respectivas estruturas não contam com sistemas adequados de gestão e inspeção, resultando em desperdício de recursos públicos e em riscos para os usuários. O descaso com a manutenção não apenas compromete a segurança e a funcionalidade das estruturas, mas também gera custos desnecessários que poderiam ser evitados com políticas de conservação adequadas. Portanto, é fundamental promover uma mudança significativa na abordagem em relação à gestão dessas obras, priorizando a manutenção preventiva para garantir sua longevidade e eficácia.

A manutenção de um viaduto com aterro em solo reforçado pode ser realizada seguindo algumas etapas e práticas específicas:

- **Inspeções regulares:** A realização de inspeções periódicas é fundamental para detectar desgastes, fissuras e outros problemas antes que se agravem. Barbosa e Vitório (2019)

ênfatizam a importância de um plano de manutenção que inclua essas inspeções para garantir a segurança e a funcionalidade das estruturas.

- **Eficiência do sistema de drenagem:** A manutenção do sistema de drenagem deve ser uma prioridade. Vitório (2002) aponta que um sistema de drenagem eficiente é essencial para evitar infiltrações que possam comprometer a estabilidade do solo e, consequentemente, a estrutura.
- **Controle da vegetação:** Controlar a vegetação ao redor do viaduto é vital para evitar que raízes e plantas causem danos ao aterro. Vitório (2019) destaca que a manutenção das condições ambientais é necessária para preservar a durabilidade das obras.
- **Reparos imediatos:** Ao identificar danos, deve-se realizar reparos o mais rápido possível para evitar custos maiores no futuro. Segundo Barbosa e Vitório (2019), uma abordagem preventiva é sempre mais econômica e eficaz.
- **Documentação e registro:** É importante manter um registro detalhado de todas as inspeções e manutenções. Vitório (2002) ressalta que essa documentação é de fundamental importância para o monitoramento contínuo da condição da estrutura.

3 METODOLOGIA

3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo escolhido foi a Região Metropolitana de João Pessoa, situada no estado da Paraíba, como mostra a Figura 15. Abrange uma área total de 2.793,549 km² e apresenta uma população estimada em 1.331.885 habitantes. Localizada na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa e na Região Geográfica Imediata de João Pessoa, essa metrópole é um importante polo econômico e cultural do Nordeste brasileiro.

De acordo com a Lei Complementar Estadual 93/2009, a Região Metropolitana de João Pessoa é composta por 12 municípios: Alhandra; Bayeux; Caaporã; Cabedelo; Conde; Cruz do Espírito Santo; João Pessoa; Lucena; Mamanguape; Pedras de Fogo; Pitimbu; Rio Tinto e Santa Rita. Essa configuração municipal reflete a dinâmica urbana e a interdependência econômica entre as cidades, facilitando o fluxo de pessoas e recursos.

Figura 15 – Localização da Região Metropolitana de João Pessoa



Fonte: Google Maps, adaptado pela autora, 2024

Este estudo de caso concentra-se na análise das manifestações patológicas presentes nos muros de contenção de solo reforçado de seis viadutos, sendo um viaduto localizado na rodovia federal BR-101 e os demais em trechos da rodovia federal BR-230, na Região Metropolitana de João Pessoa, especificamente em viadutos localizados nos municípios de Bayeux, João Pessoa e Cabedelo.

Para fins de identificação, os viadutos foram denominados da seguinte forma: Viaduto 1, situado no município de Bayeux; Viaduto 2, localizado no município de João Pessoa; e

Viadutos 3, 4, 5 e 6, todos localizados no município de Cabedelo. As localizações geográficas de cada viaduto são apresentadas na Figura 16.

Figura 16 – Localização dos seis viadutos estudados na Região Metropolitana de João Pessoa



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora, 2024

Embora haja mais viadutos na Região Metropolitana de João Pessoa, apenas os selecionados são relevantes para este estudo em específico, uma vez que possuem muros de contenção de aterro com solo reforçado. Outros viadutos na região também utilizam solo reforçado, mas optou-se por não incluí-los na análise pois suas contenções são executadas com taludes revestidos de vegetação, o que difere do foco da pesquisa. Além disso, alguns viadutos da área pesquisada utilizam contenções tradicionais, como muros de arrimo, que não se enquadram nos critérios específicos deste trabalho. Assim, a seleção dos viadutos analisados permite uma investigação mais aprofundada sobre as técnicas de contenção de solo reforçado e suas manifestações patológicas.

3.1.1 Viaduto 1 - Major Ciraulo (Bayeux)

Localizado no município de Bayeux, nas proximidades do quilômetro 82,7 da BR-101 - Rodovia Translitorânea, o viaduto é oficialmente denominado "Viaduto Major Ciraulo" de acordo com a Lei nº 12.451 (2011). Construído em 2010, sendo o mais antigo entre os viadutos analisados nesse estudo, o viaduto passou por diversas obras de manutenção ao longo dos anos, com a mais recente ocorrendo em 2022, quando o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) realizou intervenções que incluíram a substituição das juntas de dilatação. A

Figura 17 mostra o registro feito com auxílio do drone, desse viaduto.

Figura 17 – Viaduto 1, Bayeux - Major Ciraulo



Fonte: Autora, 2024

A contenção do aterro deste viaduto foi realizada por meio de painéis pré-moldados, conforme ilustrado na Figura 17, e o solo foi reforçado com barras metálicas. O viaduto apresenta uma extensão total de aproximadamente 560 metros, largura de cerca de 24 metros e altura de aproximadamente 7 metros.

A superestrutura é composta por um tabuleiro em vigas pré-moldadas, enquanto sua mesoestrutura é formada por pilares com viga de contraventamento, ambos em concreto armado. Essa configuração estrutural pode ser visualizada na Figura 18.

Figura 18 – Configuração estrutural - Viaduto 1 - Bayeux



Fonte: Autora, 2024

3.1.2 Viaduto 2 - Água Fria (João Pessoa)

Localizado no município de João Pessoa, no bairro de Água Fria, nas proximidades do quilômetro 12 da BR-230, o viaduto encontra-se em processo construtivo, conforme mostrado na Figura 19, registrada com auxílio de drone. As obras tiveram início em dezembro de 2023, com previsão de conclusão para dezembro de 2024.

Figura 19 – Processo construtivo - Viaduto 2 - João Pessoa - Água Fria



Fonte: Autora, 2024

A expectativa é que esta obra contribua para a redução dos constantes congestionamentos na região, facilitando o deslocamento dos usuários entre os bairros de Água Fria e Cristo Redentor, sem a necessidade de acessar a BR-230.

A contenção do aterro deste viaduto foi realizada por meio de painéis pré-moldados, e o solo foi reforçado com tiras metálicas. O viaduto apresenta uma extensão total de aproximadamente 560 metros, largura de cerca de 26 metros e altura de aproximadamente 10 metros.

A superestrutura é composta por um tabuleiro em vigas pré-moldadas, enquanto sua mesoestrutura é formada por pilares ligados por travessa no topo, ambos em concreto armado. Essa configuração estrutural pode ser visualizada na Figura 20.

Figura 20 – Viaduto 2 - Água Fria



Fonte: Autora, 2024

3.1.3 Viadutos (Cabedelo): 3 - Intermares, 4 - Portal do Poço, 5 - Poço e 6 - Camboinha

Localizados no Município de Cabedelo, os viadutos situam-se nos bairros de Intermares (Viaduto 3), Poço (Viadutos 4 e 5) e Camboinha (Viaduto 6), os viadutos estão apresentados nas Figuras 21 a 24, feitas com auxílio de drone. Estão localizados entre os quilômetros 3 e 10 da BR-230.

Os viadutos 3, 4 e 5 foram construídos em 2019, enquanto o viaduto 6 foi construído em 2021, sendo o mais recente dentro os viadutos já construídos estudados nesse trabalho. Todos os viadutos apresentam uma extensão total de aproximadamente 1 quilômetro, largura de 26 metros e altura média de aproximadamente 8 metros.

Figura 21 – Viaduto 3 - Intermares



Figura 22 – Viaduto 4 - Portal do Poço



Fonte: Autora, 2024

Figura 23 – Viaduto 5 - Poço



Figura 24 – Viaduto 6 - Camboinha



Fonte: Autora, 2024

A contenção do aterro foi realizada utilizando painéis pré-moldados, como evidenciado nas Figuras 21 a 24, e o solo foi reforçado com fitas metálicas.

Todos os quatro viadutos possuem a superestrutura por um tabuleiro em vigas pré-moldadas, enquanto sua mesoestrutura é formada por pilares ligados por travessa no topo, ambos em concreto armado. Essa configuração estrutural pode ser visualizada nas Figuras 25 a 28.

Figura 25 – Viaduto 3 - Intermares



Figura 26 – Viaduto 4 - Portal do Poço

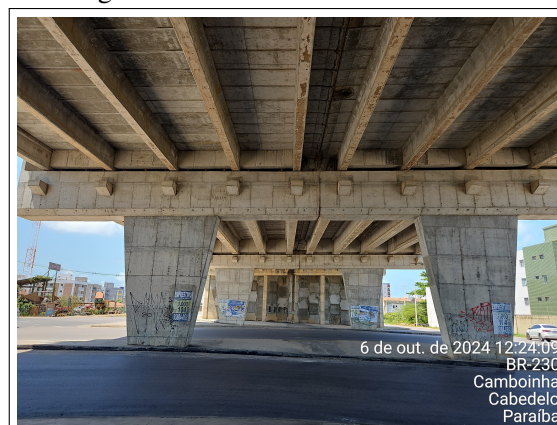


Fonte: Autora, 2024

Figura 27 – Viaduto 5 - Poço



Figura 28 – Viaduto 6 - Camboinha



Fonte: Autora, 2024

3.2 LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS

O levantamento das manifestações patológicas foi realizado por meio de inspeções visuais, que ocorreram ao longo de quatro dias, dos quais dois foram destinados a acompanhando da evolução da obra do viaduto 2 e os demais para análise dos outros viadutos. Durante essas inspeções, foram registrados diversos tipos de patologias, como fissuras, corrosão das armaduras, danos nos elementos pré-moldados. Cada tipo de patologia foi documentado com fotografias, as quais foram organizadas por viaduto, facilitando a análise posterior.

As inspeções foram conduzidas com uma abordagem sistemática, onde cada viaduto foi avaliado em etapas, garantindo que nenhum detalhe fosse negligenciado. Além das observações visuais, foram realizadas anotações sobre as condições do ambiente ao redor, que poderiam influenciar as patologias, como a presença de vegetação.

3.3 LEVANTAMENTO GEOMÉTRICO

As medições das dimensões das estruturas foram realizadas *in loco*, utilizando uma trena a laser, o que possibilitou a obtenção de dados com maior precisão sobre as alturas das contenções. Essa técnica é eficiente para ambientes externos, onde medidas exatas são relevantes para as análises.

Além das medições diretas, foram utilizadas imagens do Google Earth para complementar o levantamento geométrico, permitindo uma dimensão aproximada da extensão dos viadutos, bem como visão mais ampla do contexto em que os viadutos estão inseridos. Para complementar a análise visual e obter uma visão detalhada das condições gerais das estruturas,

foram capturadas imagens panorâmicas com o uso de um Drone Dji Phantom 3, conforme ilustrado na Figura 29. Essa tecnologia permitiu a observação de detalhes das contenções e dos arredores dos viadutos de ângulos e altitudes que não seriam possíveis de alcançar apenas com inspeções presenciais.

Figura 29 – Drone Dji Phantom 3



Fonte: Autora, 2024

3.4 DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS

Após a coleta de dados, procedeu-se à identificação das possíveis causas das avarias observadas. Essa etapa foi realizada com base em uma revisão da literatura técnica disponível, que abrange estudos anteriores e normas relevantes, como a NBR 16920-1:2021, que trata de muros em solo reforçado.

Foram elaborados relatórios descritivos para cada viaduto, destacando as patologias identificadas, suas possíveis causas e o histórico de manutenção. No caso do viaduto 2, ainda em construção, o relatório inclui observações sobre as medidas preventivas em implementação e as patologias já identificadas. O diagnóstico levou em consideração fatores como a qualidade dos materiais utilizados, as condições climáticas da região e as características de construção dos viadutos. A partir desse diagnóstico, foram propostas recomendações para intervenções corretivas e preventivas, visando melhorar a segurança e a durabilidade das estruturas.

4 RESULTADOS

A identificação das manifestações patológicas e dos danos estruturais foi realizada por meio de observações visuais, uma abordagem que, embora útil, limitou a profundidade da análise dos problemas presentes nos elementos pré-moldados, nas armaduras e nos aterros. Essa limitação deve-se à dificuldade em avaliar internamente as estruturas e em detectar danos que não são imediatamente visíveis.

4.1 VIADUTO 1 - BAYEUX

4.1.1 Painéis danificados

Em determinados trechos das contenções, observa-se que os painéis pré-fabricados apresentam arestas quebradas, ilustrado na Figura 30. Esses danos podem ter sido causados por impactos, movimentação inadequada durante a instalação ou até mesmo por falhas no processo de fabricação.

Figura 30 – Painéis pré-moldados danificados



Fonte: Autora, 2024

Tal comprometimento pode afetar a integridade estrutural dos muros de contenção, resultando em uma diminuição de sua capacidade de suporte e estabilidade. A identificação precoce dessas falhas é essencial pois, se não tratadas adequadamente, podem levar a problemas mais graves, como colapsos parciais.

4.1.2 Corrosão de armaduras

Foram identificados sinais de corrosão nas armaduras em alguns painéis de concreto pré-moldados, como mostrado na Figura 31. Essa patologia é preocupante pois a corrosão das armaduras compromete a durabilidade e a segurança das estruturas. O desgaste das barras de aço, que ocorre devido à exposição a umidade, agentes químicos e cloretos, pode levar a sérias consequências para a integridade estrutural dos painéis.

Figura 31 – Corrosão de armaduras nos painéis pré-moldados



Fonte: Autora, 2024

Os efeitos da corrosão podem ser bastante severos, incluindo a redução da capacidade de carga dos painéis e o surgimento de fissuras e deformações. A expansão do aço corroído gera

tensões internas, comprometendo tanto a estética quanto a funcionalidade da estrutura. Se não tratada, essa condição pode resultar em falhas estruturais, representando riscos à segurança dos usuários e à integridade da obra.

4.1.3 Manchas

Na superfície dos painéis pré-moldados, foram observadas diversas manchas, resultantes de diferentes causas, como infiltração e a queima de materiais. Essas manchas indicam a presença de problemas que podem afetar a durabilidade e a estética das estruturas. Na Figura 32, é possível notar as variações nas tonalidades das peças, que são consequência da ação da água sobre suas superfícies. A infiltração de água, além de gerar manchas, pode comprometer a integridade do concreto, favorecendo processos de corrosão nas armaduras e a degradação do material ao longo do tempo.

Figura 32 – Painéis pré-moldados apresentando manchas de diferentes tonalidades, resultantes da ação da água nas superfícies



Fonte: Autora, 2024

Adicionalmente, manchas originadas do mau uso do viaduto foram identificadas, sendo particularmente evidentes as marcas deixadas pelo fogo, resultantes da queima de materiais nas proximidades da contenção. Como ilustrado na Figura 33, essas marcas não apenas afetam a aparência dos painéis, mas também podem ter implicações estruturais. O calor intenso pode alterar as propriedades do concreto, reduzindo sua resistência e aumentando a suscetibilidade a fissuras e outros danos.

Figura 33 – Manchas causadas pelo fogo devido à queima de materiais nas proximidades da contenção



Fonte: Autora, 2024

Além das manchas observadas nas superfícies dos painéis pré-moldados, também foram identificadas manchas na parte inferior do viaduto, mostrada na Figura 34, que podem ser indícios de ascensão de água por capilaridade.

Figura 34 – Manchas na parte inferior do viaduto, indicativas da ascensão de água por capilaridade



Fonte: Autora, 2024

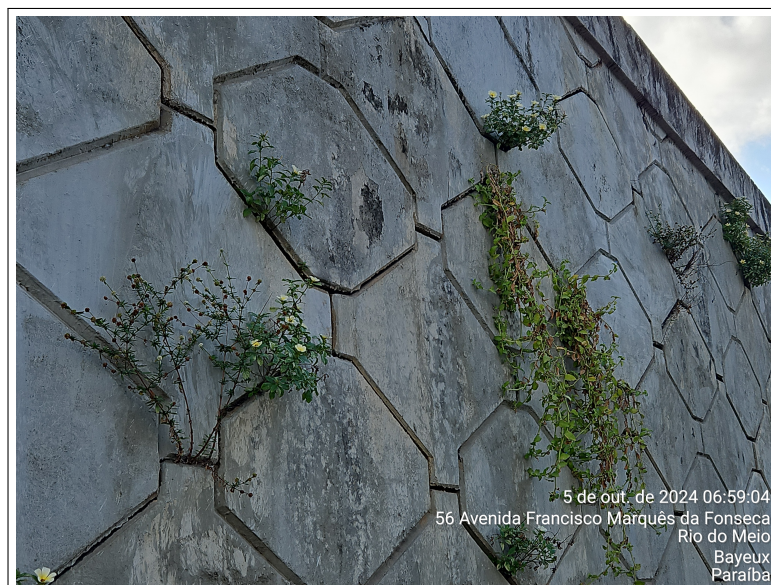
A ascensão capilar ocorre quando a umidade do solo é absorvida pelo material, subindo pelas porosidades do concreto e resultando em manchas visíveis na estrutura. A presença dessas manchas é um indicativo de problemas relacionados à impermeabilização e à

drenagem inadequada nas fundações do viaduto. Esse fenômeno pode comprometer não apenas a estética, mas também a durabilidade do concreto, uma vez que a umidade pode levar à corrosão das armaduras internas e à degradação do material ao longo do tempo.

4.1.4 Vegetação

A presença de vegetação nas juntas entre os painéis, exposta na Figura 35, é um dos problemas mais frequentes e significativos que contribuem para as manifestações patológicas nas estruturas de solo reforçado.

Figura 35 – Crescimento de vegetação nas juntas entre os painéis



Fonte: Autora, 2024

Essa vegetação pode comprometer a integridade das juntas, dificultando a drenagem adequada e favorecendo a retenção de umidade, o que, por sua vez, pode levar ao aparecimento de fissuras e outras avarias estruturais.

4.1.5 Falhas construtivas

A análise visual dos viadutos revelou diversas falhas construtivas, especialmente no que diz respeito ao desaprumo dos painéis ao longo de toda a extensão dos muros, conforme ilustrado na Figura 36.

Figura 36 – Desaprumo dos painéis no muro



Fonte: Autora, 2024

Foram identificados também painéis desnivelados, mostrado na Figura 37, em diversas áreas da estrutura, o que indica um problema significativo na uniformidade da construção. Essa desuniformidade pode ser atribuída a uma série de fatores, incluindo falhas na execução da obra, movimentações no solo ou falta de apoio adequado nas fundações.

Figura 37 – Painéis desnivelados na estrutura do viaduto



Fonte: Autora, 2024

Os painéis desnivelados comprometem a estética da estrutura, mas, mais importante, podem afetar sua funcionalidade e segurança, uma vez que podem gerar tensões indesejadas nas

conexões e nas armaduras internas.

Além disso, foram identificadas falhas nas conexões entre os painéis frontais e longitudinais, como mostrado na Figura 38.

Figura 38 – Falhas na ligação entre as paredes frontais e longitudinais do muro



Fonte: Autora, 2024

A identificação dessas falhas construtivas é importante para a elaboração de estratégias de correção e manutenção, assegurando que a segurança e a funcionalidade das obras sejam preservadas a longo prazo.

4.2 VIADUTO 2 - ÁGUA FRIA

O Viaduto 2, atualmente em fase de construção e com previsão de conclusão em dezembro/2024, apresenta algumas questões que merecem destaque, que serão tratadas a seguir.

4.2.1 Painéis danificados

Durante a inspeção, foram identificados painéis quebrados, conforme ilustrado na Figura 39.

Figura 39 – Painéis pré-moldados danificados



Fonte: Autora, 2024

Em conversa com o engenheiro fiscal da obra, foi mencionado que esses painéis danificados serão substituídos. No entanto, considerando a complexidade da substituição dos painéis, especialmente aqueles localizados em áreas mais baixas, uma alternativa viável pode ser a realização de reparos. Contudo, é importante ressaltar que, a longo prazo, essa abordagem pode apresentar desafios, uma vez que o material utilizado nos remendos pode não ter as mesmas propriedades e durabilidade dos painéis originais, o que pode afetar a integridade estrutural da obra.

4.2.2 Corrosão de armaduras

Algumas áreas dos painéis já apresentam sinais de corrosão, como mostrado na Figura 40.

Figura 40 – Sinais de corrosão nas armaduras dos painéis



Fonte: Autora, 2024

4.2.3 Falhas construtivas

Foram identificados painéis desnivelados, como mostra a Figura 41, o que pode indicar problemas na instalação e afetar a distribuição de carga na estrutura.

Figura 41 – Desnível entre painéis do muro



Fonte: Autora, 2024

Também foram observadas falhas na ligação entre as paredes frontais e longitudinais do muro, mostrado na Figura 42. Este tipo de falha pode afetar a estabilidade geral da estrutura

se não for corrigido adequadamente.

Figura 42 – Falhas na ligação entre as paredes frontais e longitudinais do muro



Fonte: Autora, 2024

4.2.4 Medidas preventivas

Foram observadas a implementação de medidas preventivas visando reduzir potenciais problemas estruturais. Uma das ações significativas é a impermeabilização interna dos painéis, conforme mostrado na Figura 43. Essa impermeabilização é importante pois ajuda a impedir a infiltração de água que pode levar a danos e deterioração dos materiais ao longo do tempo.

Figura 43 – Impermeabilização interna dos painéis



Fonte: Autora, 2024

Além disso, foi notada a aplicação da manta de drenagem Bidim, ilustrada na Figura 44. Essa manta atua como um filtro, impedindo a passagem de partículas sólidas, como areia e terra, permitindo que a água seja escoada de forma eficaz enquanto minimiza o risco de entupimentos.

Figura 44 – Aplicação da manta de drenagem Bidim



Fonte: Autora, 2024

A instalação da manta de drenagem é um passo importante para garantir a durabilidade da estrutura, pois a drenagem adequada é fundamental para evitar acúmulos de água que possam comprometer a estabilidade do viaduto.

Essas medidas preventivas são essenciais não apenas para a segurança imediata da obra, mas também para garantir a integridade a longo prazo da estrutura, diminuindo os riscos associados a infiltrações e danos estruturais. A aplicação dessas soluções evidencia a preocupação dos responsáveis pela obra em assegurar um projeto de maior resistência e durabilidade.

4.3 VIADUTO 3 - INTERMARES

A análise das condições de manutenção do viaduto revela resultados positivos em relação à integridade estrutural da obra. Primeiramente, não foi observada a presença de vegetação nas juntas dos painéis de contenção, o que indica que as medidas de controle adotadas estão sendo eficazes. Essa ausência de vegetação é essencial pois previne problemas de drenagem que poderiam comprometer a estrutura.

Além disso, a avaliação não identificou sinais de corrosão nos painéis de contenção. Isso sugere que as estratégias de proteção e manutenção implementadas têm sido eficazes na preservação dos materiais, contribuindo para a durabilidade e segurança da estrutura ao longo do tempo.

Ademais, foram identificados a presença dos problemas listados a seguir.

4.3.1 Painéis danificados

Durante a inspeção, foram identificados painéis quebrados, conforme ilustrado na Figura 45.

Figura 45 – Painéis pré-moldados danificados

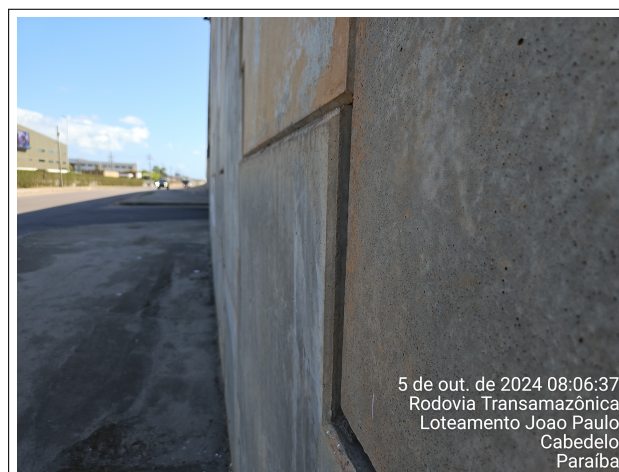


Fonte: Autora, 2024

4.3.2 Falhas construtivas

Também foram evidenciados a presença de painéis desnivelados, mostrado na Figura 46, na qual observa-se um desnível entre os painéis de contenção. Embora esse desnível não seja amplamente evidenciado na imagem, ele se manifesta em diversos trechos ao longo do muro deste viaduto.

Figura 46 – Desnível entre painéis do muro



Fonte: Autora, 2024

4.4 VIADUTO 4 - PORTAL DO POÇO

4.4.1 Painéis danificados

Durante a inspeção, foram identificados painéis danificados, conforme mostrado na Figura 47, na estrutura do muro de contenção do viaduto.

Figura 47 – Painéis pré-moldados danificados



Fonte: Autora, 2024

4.4.2 Manchas

Observou-se também a presença de manchas indicando ferrugem nos painéis pré-moldados, conforme ilustrado na Figura 48. Essas manchas podem ser indicativas de corrosão, que ocorre quando a armadura de aço presente no concreto é exposta à umidade e ao oxigênio, levando à formação de óxido de ferro. Essa corrosão não se limita apenas às superfícies visíveis, podendo afetar as bordas e as áreas de junção dos painéis. As bordas são particularmente vulneráveis, pois são frequentemente áreas de alta tensão e estresse, onde microfissuras podem se desenvolver e permitir a infiltração de água.

Figura 48 – Manchas semelhantes a ferrugem nos painéis pré-moldados do viaduto



Fonte: Autora, 2024

A presença de ferrugem nas bordas dos painéis não só compromete a estética da estrutura, mas também pode afetar sua integridade estrutural ao reduzir a capacidade de carga e aumentar o risco de falhas a longo prazo.

4.4.3 Vegetação

Foi detectada a presença de vegetação em pontos isolados ao longo da estrutura, como mostrado na Figura 49.

Figura 49 – Presença de vegetação em pontos isolados



Fonte: Autora, 2024

4.4.4 Falhas construtivas

Foram identificadas falhas construtivas que incluem placas desaprumadas. Essas placas apresentam um desvio da verticalidade, conforme mostrado na Figura 50.

Figura 50 – Placas desaprumadas



Fonte: Autora, 2024

E também placas desniveladas, nas quais a diferença de altura entre as placas pode causar tensões adicionais na estrutura. A Figura 51 ilustra os desníveis observados.

Figura 51 – Placas desniveladas



Fonte: Autora, 2024

4.5 VIADUTO 5 - POÇO

No viaduto 5, não foram identificados sinais de corrosão nas armaduras ou manchas nos painéis pré-moldados do muro de contenção.

4.5.1 Painéis reconstruídos

Durante a análise do viaduto 5, foram encontrados painéis que passaram por um processo de reconstrução, como ilustrado na Figura 52. Esse procedimento de reparo é essencial para a manutenção da integridade estrutural pois visa restaurar as condições adequadas dos painéis que poderiam ter sido comprometidas.

Figura 52 – Painéis reconstruídos



Fonte: Autora, 2024

Neste processo, uma espuma especial foi aplicada nas juntas entre os painéis. Essa espuma tem a função de atuar como um limitador de profundidade e vedações.

Além disso, o uso dessa espuma ajuda a criar uma barreira protetora, permitindo

que as estruturas suportem melhor as variações climáticas e as tensões decorrentes do uso. Essa abordagem não apenas minimiza os riscos de danos, mas também demonstra um compromisso com práticas de manutenção proativa, assegurando que os painéis se mantenham em boas condições e contribuam para a estabilidade geral do viaduto.

4.5.2 Vegetação

A presença de vegetação foi identificada, embora em pontos isolados, como mostrado na Figura 53.

Figura 53 – Presença de vegetação



Fonte: Autora, 2024

4.5.3 Falhas construtivas

Foi identificada uma falha na ligação entre as paredes frontais e longitudinais do muro, conforme demonstrado na Figura 54. Essa falha se manifesta através de um espaçamento irregular entre as arestas das paredes, evidenciando uma descontinuidade na estrutura.

Figura 54 – Falha na ligação entre as paredes frontais e longitudinais do muro



Fonte: Autora, 2024

4.6 VIADUTO 6 - CAMBOINHA

Não foram identificadas manchas significativas ou falhas construtivas evidentes no viaduto 6.

4.6.1 Painéis danificados

No viaduto 6, foram identificados painéis danificados, como demonstrado na Figura 55.

Figura 55 – Painéis danificados



Fonte: Autora, 2024

4.6.2 Corrosão de armaduras

A corrosão das armaduras foram observadas nos painéis deste viaduto, conforme evidenciado na Figura 56.

Figura 56 – Corrosão das armaduras

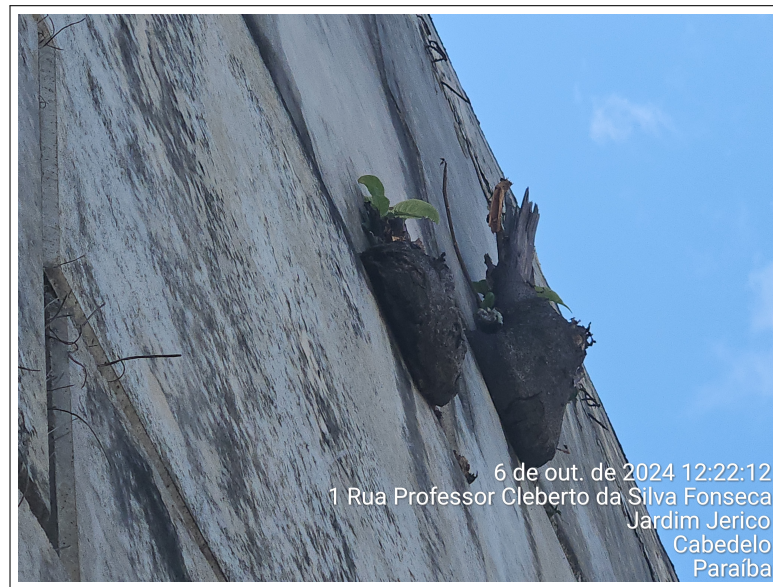


Fonte: Autora, 2024

4.6.3 Vegetação

Durante a inspeção, notou-se a presença de vegetação e galhos secos nas juntas dos painéis ao longo de todo o muro do viaduto, conforme ilustrado na Figura 57.

Figura 57 – Presença de vegetação



Fonte: Autora, 2024

No entanto, uma pesquisa no Google Maps revelou que, em 2021, a situação da vegetação nesse muro era significativamente pior, como mostra a Figura 58.

Figura 58 – Presença de vegetação



Fonte: Google Maps, 2021

Essa comparação indica que estão sendo realizadas manutenções rotineiras para controlar o crescimento da vegetação e evitar problemas maiores.

4.7 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS ANÁLISES

Com base nas observações realizadas durante as vistorias, foi possível identificar uma série de questões comuns nos viadutos analisados, que revelam a necessidade de manutenção mais efetiva nas estruturas de contenção. A vegetação nas juntas dos painéis foi uma das manifestações patológicas recorrentes, apresentando crescimento significativo, especialmente em períodos chuvosos. Esse crescimento não apenas indica a falta de controle na manutenção, mas também representa um risco crescente para a integridade estrutural das contenções, já que as raízes podem comprometer a estabilidade dos painéis de concreto.

Além disso, foram identificadas manchas que indicam infiltração de água nos painéis pré-moldados. Essa infiltração, possivelmente intensificada por falhas nos sistemas de drenagem superficial, pode contribuir ainda mais para o desenvolvimento da vegetação nas juntas, criando um ciclo prejudicial. A presença de água acumulada pode indicar que os dispositivos de captação, como calhas e drenagens, não estão funcionando adequadamente, o que necessita de atenção.

Outra questão observada foi o desaprumo e o desnivelamento dos muros de contenção. Esse problema pode resultar da falta de controle rigoroso no nivelamento durante a construção ou ainda ser consequência de recalques diferenciais da fundação, especialmente se as contenções estiverem apoiadas em solos com características diversas. Esse fator pode comprometer a estabilidade das estruturas, exigindo intervenções corretivas.

A falta de intervenções rápidas e eficazes nas patologias identificadas pode ter impactos financeiros significativos, resultando em custos elevados para reparos futuros. Estruturas danificadas exigem uma abordagem mais intensiva e dispendiosa para restaurar sua integridade, podendo envolver desde a substituição de painéis até a reestruturação de sistemas de drenagem. Além dos custos diretos de reparo, há também a consideração de custos indiretos, como a interrupção do tráfego, impactos na mobilidade urbana e possíveis acidentes que poderiam ser evitados com uma manutenção adequada. A manutenção preventiva, por sua vez, tende a ser muito mais econômica em comparação a intervenções corretivas, que podem ser significativamente mais onerosas e complexas.

Além dos custos financeiros, a segurança é uma preocupação primordial. Estruturas danificadas não apenas colocam em risco a integridade das obras, mas também a vida das

pessoas que utilizam essas vias. Falhas estruturais podem levar a deslizamentos, colapsos ou outros incidentes que comprometem a segurança dos usuários e a funcionalidade das infraestruturas. A demora em lidar com as patologias identificadas pode resultar em problemas evitáveis, enfatizando a necessidade de uma gestão proativa.

Diante dessas evidências, recomenda-se a implementação de um plano de gestão de manutenção e monitoramento contínuo, que deve incluir as ações propostas no próximo tópico deste trabalho, objetivando reduzir os riscos e assegurar a segurança e a durabilidade das obras.

4.8 PLANO DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO PARA ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SOLO REFORÇADO

O plano de gestão de manutenção para as estruturas de contenção deve ser estruturado em várias etapas, visando a preservação e a segurança dessas estruturas ao longo prazo. Desse modo, para melhor exemplificar o plano descrito a seguir, foi criado um fluxograma que se encontra no ANEXO A, o qual apresenta de maneira visual as etapas de implementação do plano de gestão de manutenção.

As principais diretrizes propostas são:

- **Diagnóstico inicial:** Realizar uma avaliação detalhada das condições atuais de todos os muros de contenção, identificando patologias, infiltrações, e quaisquer outros problemas estruturais. Essa análise inicial fornecerá uma base sólida para orientar as ações preventivas e corretivas futuras. Em conformidade com as diretrizes da NBR-9452/2023, que trata da inspeção de Obras de Arte Especiais (OAE), foi desenvolvida uma ficha de inspeção rotineira específica para os muros de contenção, juntamente com um espaço para o registro fotográfico das condições observadas durante as inspeções, permitindo o monitoramento da evolução dos problemas ao longo do tempo. Com base nessa norma, também foi criado um quadro de notas de classificação no qual cada patologia identificada recebe uma pontuação de 1 a 5, sendo 1 - crítico e 5 - excelente, com a menor nota atribuída representando a avaliação final do estado do muro e determinando o tipo e a urgência da intervenção necessária. Dessa forma, também será possível verificar se o cronograma de inspeções está sendo eficaz. As fichas de inspeção, o quadro de classificação e o levantamento fotográfico estão disponíveis nos ANEXOS B, C e D.
- **Definição de cronograma de inspeções:** Estabelecer um cronograma regular de inspeções das OAE, com base nas diretrizes da NBR-9452/2023 (ABNT, 2023). As inspeções

devem ser programadas de maneira periódica, a exemplo trimestralmente, com revisões mais intensivas após períodos de chuvas fortes ou eventos significativos, como acidentes, garantindo que quaisquer problemas emergentes sejam prontamente identificados;

- **Registro de dados:** Implementar um sistema de registro e monitoramento das condições das estruturas. Os dados coletados durante as inspeções devem ser organizados de forma a permitir a análise de tendências e a avaliação da eficácia das intervenções, possibilitando a identificação de padrões que possam indicar problemas futuros;
- **Intervenções preventivas:** Basear as intervenções em ações preventivas, como limpeza regular das juntas e monitoramento da vegetação. As ações devem incluir a remoção de plantas daninhas e a aplicação de produtos de controle de vegetação, visando diminuir os riscos de infiltração e danos estruturais;
- **Projetos de recuperação:** Desenvolver projetos de recuperação para áreas que apresentem danos significativos. Essas intervenções devem incluir a reabilitação de muros, correção de drenagens e reforço estrutural conforme necessário, assegurando que as estruturas voltem a operar em condições ideais;
- **Treinamento e capacitação:** Promover treinamentos para as equipes responsáveis pela manutenção, garantindo que tenham conhecimento sobre as melhores práticas e os protocolos de segurança. A capacitação contínua é fundamental para a eficácia das ações de manutenção;
- **Avaliação de custos e recursos:** Realizar uma análise de custos para cada tipo de intervenção, assegurando que o orçamento destinado à manutenção seja adequado para atender às necessidades identificadas durante as inspeções. Uma gestão financeira eficiente garantirá a viabilidade das ações propostas;
- **Comunicação com a comunidade:** Estabelecer um canal de comunicação com a comunidade local para relatar problemas e sugerir melhorias. A participação da população é essencial para a identificação de problemas e para a conscientização sobre a importância da manutenção;
- **Revisão periódica do plano:** Revisar e atualizar o plano de gestão de manutenção a cada dois anos, incorporando novas informações e ajustando as estratégias conforme necessário. Essa flexibilidade permitirá que o plano se adapte a novas realidades e desafios;
- **Melhorias estéticas e funcionais:** Incluir ações de melhoria estética nas estruturas de contenção. Transformar muros cinzentos e manchados em paisagens vibrantes por meio de pinturas e murais criados por artistas locais pode não apenas melhorar a satisfação

da comunidade, mas também ajudar a transformar esses espaços em pontos de convivência. Essa abordagem não apenas embeleza a área, mas também pode contribuir para a conscientização sobre a importância da conservação das infraestruturas.

Esse plano de gestão visa garantir que as estruturas de contenção permaneçam seguras e funcionais, prevenindo problemas que poderiam resultar em custos elevados e riscos à segurança pública. A implementação eficaz dessas diretrizes poderá prolongar a vida útil das obras e contribuir para a estabilidade e segurança das infraestruturas, bem como promover um ambiente urbano mais seguro e agradável.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho cumpriu com os objetivos propostos, oferecendo uma análise detalhada das condições das estruturas de contenção nos viadutos estudados. Por meio de inspeções sistemáticas, foram identificadas patologias e falhas construtivas, evidenciando a importância da manutenção regular e do monitoramento dessas estruturas para garantir a segurança pública e a durabilidade dessas infraestruturas.

A importância deste estudo consiste não apenas na identificação de problemas, mas também na proposta de um plano de gestão de manutenção que visa prevenir danos futuros e aumentar a durabilidade das contenções. Com a implementação dessas diretrizes, é possível diminuir os riscos associados a infiltrações, falhas estruturais e outras manifestações patológicas que, se não tratadas, poderiam levar a consequências mais graves.

Os resultados obtidos ao longo das vistorias revelaram não apenas a existência de patologias, mas também o impacto das intervenções já realizadas, como a melhoria nas condições de vegetação e o reparo nas arestas dos painéis pré moldados em alguns viadutos. Essas descobertas demonstram que, com um planejamento adequado e a implementação de medidas corretivas, é possível reverter danos e prolongar a vida útil das estruturas. Além disso, os dados levantados oferecem uma base sólida para futuras ações de manutenção, contribuindo para a segurança e a integridade das infraestruturas viárias.

Para aprimorar este trabalho, futuras pesquisas poderiam incluir a realização de um monitoramento contínuo das estruturas de contenção, utilizando tecnologias modernas como sensores para detecção de infiltrações e deformação e sistemas de monitoramento remoto. Isso permitirá uma avaliação em tempo real das condições dos muros de contenção e a detecção precoce de problemas, facilitando intervenções mais rápidas e eficazes. A implementação de um plano de gestão de manutenção, conforme proposto, também é essencial para garantir que as práticas de manutenção sejam sistemáticas e bem documentadas.

Por fim, os benefícios deste estudo se estendem à sociedade como um todo, uma vez que a manutenção adequada das estruturas de contenção contribui para a segurança viária e a proteção de áreas adjacentes. Além disso, a preservação da infraestrutura viária é fundamental para a eficiência do transporte e a mobilidade urbana, fatores que impactam diretamente na qualidade de vida da população. Ao promover um ambiente urbano seguro e bem conservado, este trabalho fortalece a confiança da comunidade nas instituições responsáveis pela gestão e manutenção das infraestruturas.

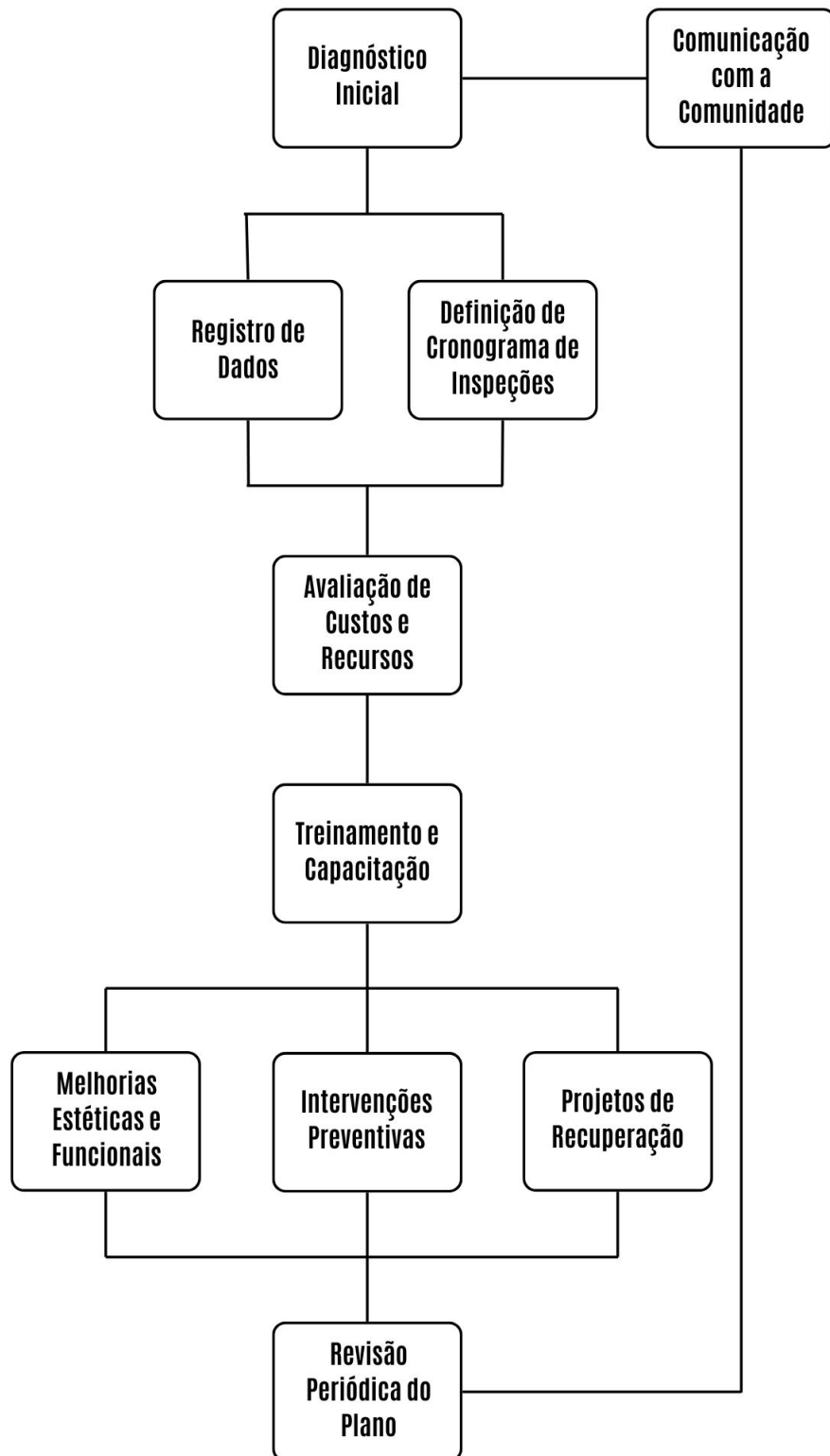
REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9286**: Terra armada. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 19286**: Muros em solos mecanicamente estabilizados - especificação. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16920-1**: Muros e taludes em solos reforçados. parte 1: Solos reforçados em aterros. Rio de Janeiro, 2021. 45 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452**: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2023. 71 p.
- BARBOSA, D. J. da C.; VITÓRIO, J. A. P. Análise das manifestações patológicas em contenções de terra armada de viadutos da região metropolitana do Recife-pe. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 4, n. 1, p. 16, 2019.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 2017**: Projeto executivo dos muros em terra armada - oae 593. João Pessoa, 2017.
- EHRlich, M.; BECKER, L. **Muros e Taludes de solo reforçado: projeto e execução**. [S.l.]: Oficina de Textos, 2020. v. 2º Edição.
- FÉLIX, C. M. da S. **COMPORTAMENTO DOS MUROS DE TERRA ARMADA**. Dissertação de Mestrado — Universidade do Porto, 1991.
- GENTIL, V. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1996. v. 3º Edição.
- LCPC-SETRA. **Les Ouvrages en Terre Armée**. Recommandations et règles de l'art, Ministère des Transports, France.: [s.n.], 1979.
- MAPARAGEM, A. S. Estudo da interação solo-fitas poliméricas para uso em terra armada em solos problemáticos em Áreas agrícolas e de mineração artesanal (garimpo). **INEGI/FEUP**, p. 22, 2017.
- NETO, J. O. A.; HAYASHIDA, E. M.; PEREIRA, V. R. G. Levantamento e comparação dos custos de diferentes soluções de estruturas de contenção em aterro. **Cobrae 2013**, v. 1, n. 2, p. 1–15, 2013.
- REINFORCED EARTH. **Our History**. 2024. Disponível em: <<https://reinforcedearth.com/who-we-are/our-history/>>. Acesso em: 22 de setembro de 2024.
- ROCHA, B. F. de M.; MASSIMINO, B. de M. Solos reforçados com geossintéticos: Obras de contenções de aterros de pontes e viadutos. **UNOESTE**, p. 11, 2018.
- SILVA, N. H. d. **Muros de terra armada - Verificação de segurança**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- TERRA ARMADA. **Terra Armada - Apresentação**. 2024. Disponível em: <<https://www.terraarmada.com.br/sobre/apresentacao/>>. Acesso em: 22 de setembro de 2024.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios**: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. v. 2º Edição.

- VIDAL, H. The principle of reinforced earth. **Highway research record**, n. 282, p. 16, 1969.
- VITÓRIO, A. **Pontes Rodoviárias**. [S.l.]: CREA-PB, 2002. v. 1º Edição.
- VITÓRIO, J. A. P. Reforço de fundações de pontes e viadutos rodoviários. **IBRACON**, p. 40, 2014.

ANEXOS

Anexo A – Fluxograma do plano de gestão de manutenção para estruturas de contenção de solo reforçado



Anexo B – Classificação da condição do viaduto

Nota de classificação	Condição	Descrição
5	Excelente	Nenhuma manifestação patológica identificada. A estrutura apresenta-se em ótimas condições, sem defeitos visíveis ou sinais de degradação. Não há necessidade de intervenção no momento.
4	Boa	A estrutura apresenta poucas manifestações patológicas de baixa gravidade, como pequenas fissuras ou desgastes superficiais. Não afeta a integridade estrutural, mas exige monitoramento periódico.
3	Regular	A estrutura mostra sinais moderados de degradação, como manchas de infiltração, fissuras maiores ou início de corrosão em elementos metálicos. Embora não haja risco imediato, recomenda-se uma intervenção preventiva a médio prazo.
2	Ruim	Manifestações patológicas significativas, como fissuras profundas, infiltrações recorrentes, desagregação de materiais ou corrosão avançada. A integridade da estrutura está comprometida, e a intervenção é necessária no curto prazo.
1	Crítica	A estrutura apresenta falhas críticas, como grandes fissuras, desagregação de materiais, comprometimento da estabilidade ou perda de funcionalidade. Risco de colapso ou falha estrutural, requerendo intervenção imediata.

Fonte: NBR 9452/2023, adaptado pela autora, 2024

Anexo C – Ficha de inspeção rotineira de viadutos

Data última inspeção: Data da inspeção: Código da OAE: Jurisdição:		Foto do viaduto
1 - Localização		
Rodovia ou município: Sentido:	Localização (km ou endereço):	
2 – Descrição da obra		
Comprimento total: Largura total: Altura máxima:	Tipo de reforço: Tipo de painel:	
3 – Análise das patologias		
Situação dos painéis		
Integridade das juntas entre os painéis:	Classificação:	
Paredes alinhadas corretamente:	Classificação:	
Inclinação nas paredes:	Classificação:	
Drenagem adequada:	Classificação:	
Painéis quebrados ou danificados	Classificação:	
Fissuras ou trincas	Classificação:	
Manchas decorrente de infiltrações	Classificação:	
Manchas decorrente de ascensão por capilaridade	Classificação:	
Manchas decorrente de queimadas	Classificação:	
Corrosão nos elementos metálicos	Classificação:	
Ferrugem visível	Classificação:	
Deterioração	Classificação:	
Integridade das juntas	Classificação:	
Adequação das amarrações e ligações	Classificação:	
Vegetação	Classificação:	
Desnível nos painéis	Classificação:	
Desalinhamento entre os painéis	Classificação:	
Acessibilidade e Segurança		
Facilidade de acesso ao muro:	Classificação:	
Existência de sinalização em caso de condições inseguras:	Sim () Não ()	
NOTA FINAL		

*A nota final deve ser a menor nota atribuída.

Anexo D – Levantamento fotográfico

Descrição:	Descrição:
Descrição:	Descrição:
Descrição:	Descrição:
Descrição:	Descrição: