DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/26

Aplicação de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) na Estabilização de Encostas Urbanas

Bianca Santos Bispo dos Anjos
Engenheira Civil, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Brasil, bsbanjos.egc@uesc.br

Camille Maria Lino dos Santos Gentil, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Brasil, cmlsgentil.egc@uesc.br

Joel Pereira Felipe
Docente, Arquiteto e Urbanista, Afiliação, Universidade Federal do Sul da Bahia, Itabuna, Brasil, joel.felipe@cja.ufsb.edu.br

Cleverson Alves de Lima
Docente, Engenheiro Civil, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Brasil, clalima@uesc.br

RESUMO: As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) são alternativas para a estabilização de encostas urbanas com custos reduzidos e desempenho significativo. Desta forma, visando propor intervenções sustentáveis e economicamente viáveis para áreas urbanas vulneráveis em Ilhéus-BA, buscou-se integrar uma metodologia de aplicação SBN. Para isso, foi realizado levantamento topográfico RTK, ensaios de sondagem a percussão (SPT) e modelagem numérica no software Rocsience Slide. O diagnóstico revelou um Fator de Segurança (FS) inicial de 1,298, caracterizando uma estabilidade marginal insuficiente. Os principais aspectos analisados envolveram a sinergia entre técnicas de bioengenharia, destacando-se o Capim-Vetiver para reforço radicular profundo, paliçadas e SuperAdobe para contenção mecânica, além de geomantas MacMat R3 e biomantas de fibra de coco para proteção superficial e controle do efeito splash. Com base na convergência entre dados de campo e literatura técnica, conclui-se que a implementação deste protótipo evidencia a eficácia das SBN como alternativa tecnicamente robusta e de baixo impacto ambiental frente à infraestrutura cinza convencional. A integração dessas soluções assegura a estabilidade física e o controle hidrodinâmico, promovendo simultaneamente a justiça climática e a requalificação social do território através da criação de espaços comunitários resilientes.

PALAVRAS-CHAVE: Soluções Baseadas na Natureza, Estabilidade de encostas, Capim-Vetiver, Resiliência urbana, Bioengenharia.

ABSTRACT: Nature-Based Solutions (NBS) are alternatives for stabilizing urban slopes with reduced costs and significant performance. Therefore, aiming to propose sustainable and economically viable interventions for vulnerable urban areas in Ilhéus-BA, this study sought to integrate an NBS application methodology. To this end, RTK topographic surveying, Standard Penetration Test (SPT), and numerical modeling in Rocscience Slide software were carried out. The diagnosis revealed an initial Factor of Safety (FS) of 1.298, characterizing insufficient marginal stability. The main aspects analyzed involved the synergy between bioengineering techniques, highlighting Vetiver grass for deep root reinforcement, palisades and SuperAdobe for mechanical containment, as well as MacMat R3 geomats and coconut fiber biomats for surface protection and splash effect control. Based on the convergence between field data and technical literature, it is concluded that the implementation of this prototype demonstrates the effectiveness of SBN (Structured Biological Networks) as a technically robust and low-environmental-impact alternative to conventional grey infrastructure. The integration of these solutions ensures physical stability and hydrodynamic control, simultaneously promoting climate justice and the social requalification of the territory through the creation of resilient community spaces.

KEYWORDS: Nature-Based Solutions, Slope Stability, Vetiver Grass, Urban Resilience, Bioengineering.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada e a carência de políticas eficazes no Brasil impulsionaram a ocupação de áreas ambientalmente frágeis, como encostas e margens de cursos d'água, por populações marginalizadas. Segundo o Ministério das Cidades (BRASIL, 2024), desastres associados a extremos climáticos têm se intensificado nessas regiões, agravados pela impermeabilização do solo e ausência de drenagem. Diante da inviabilidade financeira e dos impactos das soluções de "infraestrutura cinza" tradicionais, as Soluções Baseadas na Natureza (SBN) emergem como alternativas sustentáveis e socialmente justas.

As SBNs são definidas pela IUCN (2016, p. 2) como "ações destinadas a proteger, gerenciar e restaurar de maneira sustentável os ecossistemas naturais ou modificados, para enfrentar os desafios da sociedade". Na engenharia urbana, manifestam-se através de técnicas de bioengenharia de solos, revegetação e manejo sustentável de águas pluviais que mimetizam processos ecológicos.

Dessa forma, as SBN enfrentam simultaneamente as crises ambiental e social, fortalecendo a resiliência urbana e a justiça climática nas periferias. Neste cenário, o presente trabalho objetiva analisar a estabilidade de encostas através da aplicação de SBN em um trecho da Ladeira do Alto do Coqueiro, em Ilhéus-BA. A área, representativa de territórios vulneráveis brasileiros, possui histórico de instabilidade e expressiva inclinação. Neste cenário, o presente trabalho objetiva diagnosticar a estabilidade atual de um trecho da Ladeira do Alto do Coqueiro, em Ilhéus-BA, e propor um conjunto integrado de SBN, fundamentado em literatura técnica, identificando os parâmetros geomecânicos de cada solução que permitirão, em etapa futura, a modelagem numérica comparativa do FS.

2 METODOLOGIA

A metodologia fundamentou-se em uma abordagem integrada de diagnóstico e modelagem, estruturada na caracterização física e geotécnica da encosta para a posterior implementação do protótipo SBN.

2.1 Caracterização da área de estudo

A caracterização preliminar da área de estudo baseou-se em dados secundários do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR), integrando bases cartográficas da CONDER (2010). A partir desses insumos, utilizou-se o Modelo Digital do Terreno (MDT) e mapas hipsométricos e de declividade para a compreensão geomorfológica da encosta e identificação de áreas suscetíveis à instabilidade.

A área selecionada localiza-se na Ladeira do Coqueiro, bairro Alto do Coqueiro, em Ilhéus-BA. Embora o setor tenha sido classificado pelo PMRR com Grau de Risco R2, optou-se por intervir em um segmento de risco moderado. Essa escolha estratégica visa validar a eficácia técnica das SBN em condições controláveis como um protótipo, antes da aplicação em setores de risco crítico.

A caracterização detalhada foi consolidada por meio de vistorias técnicas guiadas pelo Eng. Geotécnico Hélio Machado Baptista. As inspeções de campo revelaram fatores críticos de instabilidade, como processos de erosão superficial, fissuras no solo e ausência de sistemas de drenagem pluvial adequados. O adensamento de construções em áreas de elevada declividade, somado à exposição do solo, confirmou a necessidade de intervenções que atuassem tanto na contenção mecânica quanto no controle do fluxo hídrico superficial e profundo.

2.1.1 Levantamento Topográfico e Ensaio de Sondagem a Percussão (SPT)

O método utilizado foi o Levantamento Planialtimétrico Cadastral com tecnologia de posicionamento por RTK (Real Time Kinematic). O levantamento detalhado foi realizado para mapear as variações altimétricas e as declividades críticas da face do talude. A utilização de equipamentos de precisão foi georreferenciado ao Sistema Geodésico Brasileiro, adotando como referência o Datum SIRGAS2000, Fuso 39w, o que permitiu a definição dos perfis transversais, dados essenciais para o zoneamento das intervenções. Este mapeamento fundamentou o posicionamento estratégico das paliçadas, além de servir como geometria de entrada para a modelagem numérica de estabilidade.

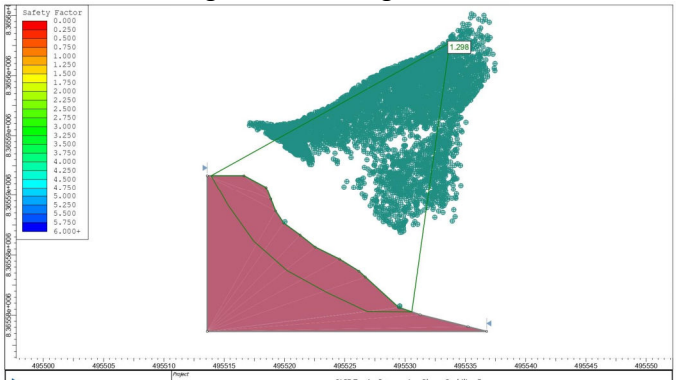
Para a caracterização estratigráfica e geotécnica do subsolo, executou-se um furo de sondagem a percussão, conforme as diretrizes da NBR 6484/2020. O ensaio identificou uma camada predominante de argila siltosa, com índices de resistência à penetração variando entre consistência média a mole nas camadas superficiais. Estes parâmetros de resistência e o perfil de solo obtidos foram determinantes para alimentar a análise computacional e justificar a necessidade de reforço profundo via sistema radicular do Vetiver.

3 RESULTADOS

3.1 Análise Computacional Numérica e Protótipo SBN

Para a realização da primeira etapa da modelagem numérica de estabilidade da encosta, a definição do perfil estratigráfico e a determinação das propriedades físicas do maciço foram fundamentadas nos resultados obtidos diretamente em campo. Os dados do boletim de sondagem evidenciaram um perfil caracterizado por sua homogeneidade textural, no qual a sondagem identificou 9 camadas sucessivas compostas predominantemente por solos argilosos, variando entre argila pouco siltosa, argila pura e argila siltosa com consistências que progridem de mole a rija ao longo da profundidade. Visando simplificar a primeira modelagem geométrica para o cálculo analítico inicial, contornando as transições suaves de consistência e mantendo a segurança técnica preconizada pelas normas regulamentadoras como a NBR 6484/2020, optou-se pela adoção de valores médios representativos para uma camada única equivalente. Desse modo, os parâmetros geotécnicos adotados para a matriz de solo no estado natural foram: peso unitário de 18 kN/m³, critério de ruptura de Mohr-Coulomb, coesão de 10 kPa e ângulo de atrito interno de 28°.

Figura 1: Análise geotécnica



Fonte: Autoria própria

Nesta primeira análise, correspondente ao cenário atual sem intervenções, o modelo acusou um FS de 1,298. Este valor indica uma condição de estabilidade marginal, insuficiente para garantir a segurança da população local diante de eventos pluviométricos intensos, conforme os critérios da NBR 11682/2009.

Os resultados das etapas de diagnóstico permitiram a caracterização quantitativa da encosta, servindo de base para a simulação no software e a posterior escolha da combinação de soluções SBN.

Tabela 1: Resultados da caracterização

PARÂMETRO	RESULTADO	FONTE
Classificação de solo	Argila siltosa	Sollos Engenharia
Grau de risco	Risco moderado - R2	PMRR
Fator de segurança	1,298	Rocscience Slide

A modelagem computacional permitiu avaliar esse desempenho crítico e projetar a eficácia das intervenções com SBN para elevar o FS. As soluções propostas priorizaram técnicas de bioengenharia, como a revegetação com Capim-Vetiver, o uso de paliçadas, Superadobe e sistemas de drenagem superficial sustentável. Somado a isso, a aplicação da Geomanta Macmat R3 e da Biomanta de Fibra de Coco foi fundamental para garantir a proteção contra o impacto direto das chuvas (efeito *splash*) e o carreamento de finos. Enquanto a biomanta atua na proteção imediata e no fornecimento de matéria orgânica, a geomanta Macmat R3 oferece uma matriz tridimensional permanente que serve como suporte mecânico para o ancoramento das raízes do Vetiver e das espécies nativas.

Além disso, os resultados da análise numérica serviram como base para a definição de zonas críticas que necessitam de reforço adicional, bem como para a escolha de soluções que promovessem não apenas a estabilidade física da encosta, mas também benefícios ecológicos e sociais para a comunidade local. A integração entre os resultados de campo e a modelagem computacional reforçou a viabilidade técnica das intervenções com SBN, evidenciando seu potencial como alternativa sustentável e de baixo impacto para a mitigação de riscos geotécnicos urbanos.

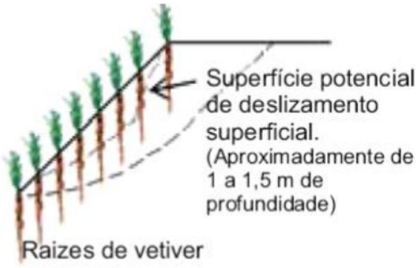
3.1.1 Uso do Capim Vetiver

O uso do Capim-Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) constitui a estratégia central de bioengenharia de solos deste projeto, atuando como um sistema de reforço biológico profundo. Diferente de gramíneas convencionais, o Vetiver foi selecionado por suas propriedades morfológicas únicas, que o tornam uma ferramenta altamente eficaz na estabilização de taludes e recuperação de áreas degradadas (PEREIRA et al., 2006).

A principal característica do Vetiver é o seu sistema radicular fasciculado, que não cresce horizontalmente, mas sim verticalmente, podendo atingir profundidades superiores a 3 metros (MADRUGA et al., 2007). Segundo Madruga et al. (2007), as raízes possuem uma resistência média à tração de aproximadamente 85,1 ±31,2 MPa, o que equivale a cerca de um sexto da resistência do aço macio. Essa resistência permite que as raízes atuem como "microestacas" ou "grampos vivos", que atravessam a camada superficial de solo instável e ancoram-se em camadas mais profundas e resistentes, aumentando a resistência ao cisalhamento do maciço em até 40% (PEREIRA et al., 2006).

Ainda de acordo com a pesquisa de Madruga et al. (2007), a planta é capaz de sobreviver em solos com variações extremas de pH (de 3,3 a 12,5), solos contaminados por metais pesados e condições de saturação hídrica prolongada ou seca severa. Essa rusticidade é fundamental para área de intervenção, garantindo que a barreira biológica permaneça ativa mesmo em períodos de estiagem ou em solos degradados pela lixiviação.

Figura 2: Efeito do Sistema Vetiver na estabilidade do talude.



Fonte: (MADRUGA et al., 2007).

Além do reforço profundo, o mecanismo de atuação do Vetiver abrange o controle hidrodinâmico na face da encosta. Quando plantadas em fileiras densas e seguindo as curvas de nível, as touceiras formam barreiras físicas que reduzem drasticamente a velocidade do escoamento superficial, dissipando a energia cinética das águas pluviais. Esse arranjo promove a dissipação da energia cinética das águas pluviais e a retenção de sedimentos, formando gradualmente terraços naturais que suavizam a declividade do terreno. Ao mesmo tempo, o sistema radicular aumenta a porosidade do solo, facilitando a infiltração e reduzindo a pressão neutra superficial, o que mitiga a formação de ravinas e sulcos erosivos (SKRZYSZOWSKI; CAVALCANTI NETO, 2021).

Assim, o Vetiver se consolida neste protótipo como uma solução de baixo custo e alta eficiência, que combina o grampeamento biológico do solo com a proteção hidrológica superficial, tornando-se mais resistente e eficaz com o passar dos anos, ao contrário das estruturas de concreto que sofrem desgaste temporal.

3.1.2 Paliçadas de contenção erosiva

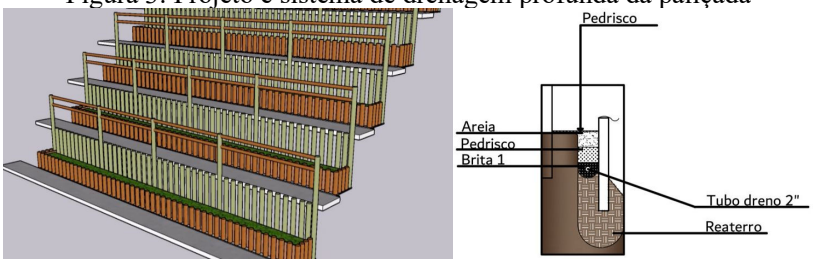
A paliçada, é definida como uma estrutura de bioengenharia composta por estacas ou pilares, no contexto de SBN, preferencialmente de materiais naturais e renováveis como bambu ou eucalipto tratado dispostos de forma linear e estratégica ao longo de encostas ou margens de corpos d'água. No contexto de áreas degradadas, a paliçada é uma técnica de baixo custo e alta eficiência para a estabilização de ravinas e voçorocas, atuando na redução da declividade efetiva do terreno (TEIXEIRA; GUIMARÃES, 2012).

A função mecânica primordial desta técnica é a segmentação do comprimento de rampa. Ao dividir uma encosta longa em patamares sucessivos, a paliçada interrompe o fluxo contínuo do escoamento superficial e retém o solo transportado. De acordo com Teixeira e Guimarães (2012), essas estruturas funcionam como "barragens de retenção" que diminuem a energia cinética da enxurrada e favorecem a deposição de sedimentos a montante. Para o solo do Alto do Coqueiro, identificado como argila siltosa, essa retenção é vital para impedir que o material superficial solto seja carreado durante eventos pluviométricos intensos.

Além da estabilização física, a paliçada foi dimensionada para atuar como um sistema de drenagem profunda de interface. Teixeira e Guimarães (2012) ressaltam que a falha de muitas contenções ocorre devido ao acúmulo de pressão hidrostática. Para mitigar esse risco, a face interna da estrutura foi forrada com manta geotêxtil (Bidim) e um colchão drenante composto por pedrisco, areia e brita. No núcleo, o dreno corrugado perfurado capta as águas de infiltração, mantendo o solo seco e preservando os parâmetros de resistência ao cisalhamento do maciço.

A geometria em patamares gerada pela instalação possibilita a criação de terraços nivelados, que neste projeto foram destinados a hortas comunitárias. Essa abordagem multifuncional transforma a percepção da encosta, que deixa de ser vista apenas como um local de risco e passa a ser um espaço de convivência e produção de alimentos.

Figura 3: Projeto e sistema de drenagem profunda da paliçada



Fonte: Autoria própria

Dessa forma, a paliçada se firma neste protótipo como uma solução estrutural de baixo impacto e alta multifuncionalidade, que combina a contenção mecânica imediata com a gestão inteligente de fluxos hídricos. Ao atuar como uma barragem de retenção, ela não apenas estabiliza o solo superficial através da segmentação da rampa, mas também previne falhas por pressões neutras por meio de seu sistema de sub-drenagem de interface. Ao contrário dos muros de concreto que isolam o terreno, a paliçada cria patamares permeáveis que promovem a resiliência da encosta e a apropriação comunitária via hortas urbanas, garantindo que a proteção geotécnica caminhe junto com a requalificação social do território.

3.1.3 Superadobe

O superadobe, técnica desenvolvida pelo arquiteto Nader Khalili, consiste em um sistema de terra ensacada reforçada, utilizado neste projeto para a construção de muros de contenção e delimitação de patamares na base da encosta. A técnica fundamenta-se na utilização de sacos de polipropileno de alta resistência, preenchidos com solo local úmido e compactados *in loco*, formando estruturas monolíticas de alta inércia (NAKAGAWA, 2017).

Diferente dos muros de gravidade convencionais em concreto, o superadobe utiliza o próprio peso próprio do solo compactado para resistir aos esforços de empuxo. Durante a execução, entre cada fiada de sacos, são dispostos fios de arame farpado que funcionam como um elemento de travamento e resistência à tração, impedindo o deslizamento entre as camadas. A compactação manual ou mecânica de cada camada garante que a estrutura adquira uma densidade elevada, tornando-a capaz de suportar as pressões laterais do solo da encosta de forma eficaz e duradoura.

Figura 4: Execução de Superadobe



Fonte: Autoria própria

A escolha do Superadobe como SBN justifica-se pela sua extrema sustentabilidade e baixo custo. Segundo Nakagawa (2017), esta ecotécnica elimina a necessidade de grandes quantidades de cimento, aço e madeira para fôrmas, reduzindo drasticamente a pegada de carbono da obra. Além disso, a utilização do solo proveniente da própria escavação do local minimiza a necessidade de transporte de materiais e o descarte de resíduos, promovendo a economia circular no canteiro de obras.

No contexto do estudo, o muro de superadobe não cumpre apenas uma função estrutural, mas também de ordenamento urbano e social. Após a conclusão, a estrutura pode ser revestida com reboco de terra ou cal, permitindo o plantio de espécies vegetais em suas frestas ou em jardineiras integradas. Essa abordagem transforma uma barreira física em um elemento de requalificação urbana, incentivando a apropriação do espaço pela comunidade e garantindo que a contenção seja harmoniosa com o ecossistema local. No projeto, a área foi dotada de um mobiliário urbano estratégico, projetado com design funcional em formato de banco e planejado para receber uma estátua de Jorge Amado. Esta intervenção ressignifica o espaço, convertendo uma barreira física de proteção em um ponto de convivência e marco turístico para a cidade de Ilhéus.

3.1.4 Utilização de geomanta e biomantas

A geomanta MacMat R3 é um geossintético de alta performance, projetado para o controle de erosão superficial e reforço da face do talude. Segundo as especificações técnicas e reforçado por Sales (2017), geossintéticos tridimensionais possuem um índice de vazios superior a 90%, o que é fundamental para o confinamento das partículas de solo e para permitir que a vegetação cresça através da manta, criando um microambiente térmico favorável.

O uso de geomantas flexíveis é crucial em taludes de alta declividade, pois elas aumentam a rugosidade superficial, reduzindo a velocidade do escoamento e impedindo a formação de sulcos erosivos. No contexto das SBNs, ela atua como um reforço híbrido, a malha garante a estabilidade imediata da camada superficial, enquanto a matriz de filamentos permite o ancoramento das raízes do Vetiver.

As biomantas antierosivas foram selecionadas como o componente biodegradável de proteção temporária. Segundo Alves (2023), a biomanta de fibra de coco destaca-se na bioengenharia de solos por sua alta resistência mecânica em comparação a outras fibras naturais e por sua excelente capacidade de retenção de água, fator vital para o clima de Ilhéus.

O principal mecanismo é a dissipação da energia cinética hídrica, combatendo o efeito *splash*. Ao formar uma barreira contínua, a biomanta impede a desagregação das partículas e o transporte de sedimentos. Alves (2023) ressalta que as fibras de coco demoram mais para se decompor do que a palha agrícola, oferecendo uma proteção que dura entre 12 a 24 meses, tempo suficiente para que o sistema radicular do Vetiver se estabeleça.

Figura 5: Geomanta e biomanta sendo instaladas



Fonte: Autoria própria

3.2 Parametrização das SBN para Modelagem Numérica

Com base nos dados de campo e nos valores consolidados pela literatura técnica, as soluções SBN selecionadas foram parametrizadas para incorporação no Rocscience Slide, permitindo a simulação do comportamento mecânico de cada intervenção e a projeção do Fator de Segurança resultante. A Tabela 2 sintetiza os principais parâmetros adotados.

Tabela 2: Parametrização das SBN para modelagem numérica

TÉCNICA SBN	MODELO DE SIMULAÇÃO	PARÂMETRO PRINCIPAL	VALOR ADOTADO	FONTE
Superadobe	Muro de arrimo gravitacional	Peso específico do solo compactado	20 kN/m^3	Solo local compactado
Paliçada	Micro-pilhas	Resistência nominal ao cisalhamento	20 kn/estaca	Cálculo teórico
Capim-Vetiver	Solo grampeado passivo	Capacidade de tração individual	10 kN	Resistência à tração da raiz
Capim-Vetiver	Ligação solo-raiz	Tensão de aderência	3 kN	Literatura de bioengenharia
Capim-Vetiver	Placa superficial	Capacidade da placa	0 kN	Sem placa rígida

Para a base da encosta, o Superadobe pode ser inserido no modelo como muro de arrimo gravitacional, com peso específico de 20 kN/m³, para contrabalançar o empuxo ativo do maciço e prevenir movimentos rotacionais. As paliçadas de eucalipto podem ser modeladas como micro-pilhas com resistência nominal ao cisalhamento de 20 kN por estaca, valor conservador em relação à capacidade teórica de 30,8 kN, adotado por considerar que em argila mole a falha tende a ocorrer pela pressão lateral do solo antes da ruptura do material. Sua inserção no modelo também implicará alteração da geometria do talude, com a criação de patamares que reduzem o comprimento efetivo da rampa e redistribuem favoravelmente as tensões internas, modificando as superfícies críticas de ruptura. O Capim-Vetiver pode ser simulado como solo grampeado passivo, com capacidade de tração de 10 kN por touceira, aderência solo-raiz de 3 kN/m e placa superficial nula, representando o estado de maturação após 9 meses com raízes a 2,5 m de profundidade, mobilizando o reforço de forma distribuída ao longo do maciço.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da integração entre os dados obtidos em campo e os parâmetros consolidados pela literatura técnica, este trabalho estruturou-se em duas frentes complementares: o diagnóstico geotécnico da encosta e a parametrização das Soluções Baseadas na Natureza propostas para sua estabilização.

O diagnóstico revelou um Fator de Segurança inicial de 1,298, valor que caracteriza estabilidade marginal insuficiente frente aos critérios da NBR 11682/2009, particularmente sob eventos pluviométricos intensos. O perfil estratigráfico, composto predominantemente por argila siltosa de consistência média a mole nas camadas superficiais, evidenciou a necessidade de intervenções que atuassem simultaneamente no reforço profundo, na contenção mecânica e no controle do fluxo hídrico superficial e subsuperficial.

Para responder a essas demandas de forma técnica e economicamente viável, o protótipo SBN proposto integra soluções parametrizadas para incorporação no Rocscience Slide. O SuperAdobe, modelado como muro de arrimo gravitacional, oferece contenção passiva na base da encosta. As paliçadas de eucalipto, inseridas como micro-pilhas alteram favoravelmente a geometria do talude por meio do terraceamento, redistribuindo as tensões internas e reduzindo o comprimento efetivo da rampa. O Capim-Vetiver, simulado como sistema de solo grampeado passivo atua como reforço biológico distribuído, mobilizando incrementos progressivos de resistência ao cisalhamento no maciço. A sinergia entre essas técnicas atua de forma multiescalar, enquanto as biomantas e a geomanta MacMat R3 garantem a proteção hidrológica superficial imediata, criando o berçário necessário para o estabelecimento do Vetiver, as paliçadas e o SuperAdobe respondem mecanicamente às solicitações estruturais de curto prazo.

A convergência entre os dados de campo e os parâmetros identificados na literatura reforça a viabilidade técnica do protótipo proposto. Como etapa subsequente desta pesquisa, a modelagem numérica comparativa no Rocscience Slide, incorporando os parâmetros definidos, permitirá quantificar o ganho efetivo no FS e validar as SBN como alternativa robusta, sustentável e de baixo impacto ambiental à infraestrutura cinza convencional, transformando um cenário de risco em um modelo de resiliência urbana e justiça climática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MADRUGA, E. L.; SCHELE, E. L. & SALOMÃO, F. X. T. (2007). Uso do capim vetiver (sistema vetiver) na estabilização de taludes de rodovias, proteção de drenagens e de áreas marginais. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Material%20Did%C3%A1tico/CBPRG%20-%202019/PESQUISA%20VETIVER.pdf>. Acesso em Janeiro de 2026.

PEREIRA, A. R; GALVÃO, T. C. B; SIMÕES, G. F; LUCENA, L. A. B; OLIVEIRA, D. A. O; COELHO, A. T. Uso do vetiver na estabilização de taludes e encostas. Boletim Técnico. Belo Horizonte-MG: Editora FAPI Ltda. 2006.

SKRZYSZOWSKI, Vinicius dos Santos; CAVALCANTI NETO, Sebastião. Estudo do potencial do capim vetiver (Chrysopogon Zizanioides (L.) Roberty) com ênfase à bioengenharia de solos. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 32593-32612, mar. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 31 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *N*BR 6484: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020..

SALES, Thiago José Moreira. Estudo da aplicação de geossintético no controle de erosão. 2017. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

ALVES, Genilson Gomes. *Utilização da biomanta de fibra de coco como técnica de bioengenharia para o controle de erosão em taludes*. 2023. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.

TEIXEIRA, Natália Campos; GUIMARÃES, Carla Daniele de Carvalho. Métodos de contenção e estabilização de processos erosivos avançados e voçorocas no Brasil. *Saberes Interdisciplinares*, São João del-Rei, MG, n. 10, p. 73-92, jul./dez. 2012.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Periferias. *Programa Periferia Viva: Adaptação Climática e Soluções Baseadas na Natureza*. Brasília: Ministério das Cidades, 2024.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO. *Soluções Baseadas na Natureza para a Adaptação Climática: Guia Prático para Cidades*. Curitiba: Fundação Grupo Boticário, 2021.

IUCN. *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Suíça: IUCN, 2016.

CONDER. Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. *Base Cartográfica Digital de Ilhéus*. Salvador: CONDER, 2010.