

ESTUDO SOBRE VOÇOROCAS E ALTERNATIVAS DE CONTENÇÃO EM MANAUS

ESTUDIO SOBRE CÁRCAVAS Y ALTERNATIVAS DE CONTENCIÓN EN MANAUS

A STUDY ON GULLIES AND CONTAINMENT ALTERNATIVES IN MANAUS

Jussara Socorro Cury Maciel¹; Raissa Brasil Carvalho²; Leilane Jovina do Nascimento Braga³

1. Serviço Geológico do Brasil - CPRM

2. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM

3. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM

PALAVRAS-CHAVE

Encostas; Áreas de Risco; Alternativas de contenção.

PALABRAS CLAVE

Pendientes; Áreas de riesgo; Alternativas de contención.

KEY WORDS

Slopes; Risk areas; Containment alternatives

RESUMO

Na cidade de Manaus, as áreas de encostas são ocupadas por uma população que não dispõe de recursos para proteger essas áreas dos eventuais problemas causados pela própria ocupação, tais como águas servidas, drenagem, contenções de encosta e afastamentos para arruamentos. Em geral, estas ocupações são promovidas de forma simplificada pela própria população. O risco geológico está relacionado às ocupações vulneráveis aos processos naturais ou provocado que causem impactos a esta população sujeita a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Dentre os riscos geológicos suscetíveis, este estudo destaca as voçorocas, que seria um processo erosivo de escavação na direção da drenagem da área, que podem gerar colapsos do terreno, com desabamentos e escorregamentos. Assim, este estudo contempla visita às áreas e pesquisa bibliográfica em artigos acadêmicos e relatórios técnicos a cerca dos temas voçorocas e formas construtivas de contenção, de posse das informações, identificar alternativas de contenção de encosta para os processos erosivos em estágio limite para intervenção como forma de proteger as áreas ocupadas, resultando em um documento referencial para futuros estudos sobre o assunto.

RESUMEN

En la ciudad de Manaus, las áreas de laderas están ocupadas por una población que no tiene los recursos para proteger estas áreas de posibles problemas causados por la propia ocupación, como aguas residuales, drenaje, contención de laderas y limpieza de caminos. Por lo general, estas ocupaciones son promovidas de forma simplificada por la propia población. El riesgo geológico está relacionado con ocupaciones vulnerables a procesos naturales o provocados que causen impactos a esta población sujeta a daños a la integridad física, pérdidas materiales y patrimoniales. Dentro de los peligros geológicos susceptibles, este estudio destaca las cárcavas, que sería un proceso erosivo de excavación en la dirección de drenaje de la zona, que puede generar derrumbes, con deslizamientos y deslizamientos. Así, este estudio incluye visitas a las áreas e investigación bibliográfica en artículos académicos e informes técnicos sobre cárcavas y formas constructivas de contención, en posesión de la información, identificando alternativas de contención de taludes para procesos erosivos en etapa límite de intervención como forma de para proteger las áreas ocupadas, resultando un documento de referencia para futuros estudios sobre el tema.

ABSTRACT

In Manaus City, the hillside areas are occupied by a population that does not have the resources to protect these areas from possible problems caused by the occupation itself, such as wastewater, drainage, hillside containment and road clearances. In general, these occupations are promoted in a simplified way by the population itself. The geological risk is related to occupations that are vulnerable to natural or provoked processes that cause impacts to this population subject to damage to physical integrity, material and property losses. Among the susceptible geological hazards, this study highlights the gullies, which would be an erosive process of excavation in the direction of the drainage of the area, which can generate land collapses, with landslides and landslides. Thus, this study includes visits to the areas and bibliographic research in academic articles and technical reports about gullies and constructive forms of containment, in possession of the information, identifying alternatives for slope containment for erosive processes in limit stage for intervention as a way of protect the occupied areas, resulting in a reference document for future studies on the subject.

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Manaus assim como outras cidades populosas conta com déficit de projetos habitacionais para população de baixa renda. Considerando que os lotes planos e bem localizados possuem alto valor econômico, a população carente tem buscado lotes periféricos, em áreas acidentadas, e próximos à cursos d'água. Essas localidades normalmente estão nas Áreas de Proteção Permanente (APP) e não deveriam ser habitadas, pois estão suscetíveis a processos de instabilidade de encostas ou enchentes severas no período de chuvas.

O risco geológico/hidrológico está diretamente relacionado às áreas habitadas passíveis de atingimento por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso, onde os residentes estão sujeitos a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Segundo Mapeamento das áreas de risco geológico da zona urbana de Manaus - AM do Serviço Geológico do Brasil – SGB, as

zonas da cidade que possuem mais localidades em risco geológico são as Zonas Leste com 22.113 e Zona Norte com 17.954 áreas de risco mapeadas, seguidas da Zona Sul com 5.244, Zona Oeste com 3.012, Zona Centro-Oeste com 2.830 e Zona Centro-Sul com 1.418 pontos de risco. Vale destacar que as Zonas Leste e Norte são as áreas mais populosas da cidade de Manaus.

Dentre as áreas de risco geológico mapeadas, este estudo destaca as voçorocas, que conforme Vieira (2008), a voçoroca é resultado do processo erosivo, desencadeado pelos fatores controladores, sendo definida como uma incisão que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais, fundo plano, secção transversal em U e profundidade superior a 1,5 m, apresentando largura e comprimento superiores a 3m.

Dos fatores controladores de processos erosivos como voçoroca, pode-se focar na drenagem e no caso das áreas de risco, ausência de um correto direcionamento das águas de servidas e de chuvas. Oliveira *et al* (1994) relatam que as voçorocas podem atingir o lençol freático e que estão ligados à dissecação do relevo decorrente da ação integrada entre processos geomorfológicos como escoamento de fluxos d'água superficiais, subsuperficiais e movimentos de massa nas áreas de encosta.

Partindo desta premissa, a metodologia utilizada neste estudo foi pesquisa bibliográfica em artigos acadêmicos e relatórios técnicos, visita às áreas de risco e de posse dos dados, relacionar alternativas de contenção de encosta para os processos erosivos em estágio limite para intervenção como forma de proteger as áreas ocupadas, contudo ressalta-se que o modelo ideal seria a não ocupação de áreas de risco geológico ou hidrológico.

2 VOÇOROCAS EM MANAUS

A cidade de Manaus é mais populosa do Amazonas e da Amazônia, com uma população estimada de 2.130.264 habitantes (IBGE, 2017), com área municipal de 11.401,092 km² (avaliada em 2016). Situa-se entre os meridianos de 59°50' e 60°10' oeste e os paralelos de 02°57' e 03°10' sul e está assentada sobre um baixo planalto que se desenvolve a margem esquerda do Rio Negro, na confluência deste com o Rio Solimões, a partir da qual se forma o Rio Amazonas.

Segundo Vieira (2008), Manaus apresenta como principal característica os interflúvios tabulares (platôs) os quais terminam em encostas côncavas, convexas a retilíneas. Já Andretta *et al* 2012, dividiram a zona urbana de Manaus, quanto à suscetibilidade a problemas geotécnicos e a riscos geológicos, em “terras altas e firmes” e outro de “terras baixas e alagadiças”, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação Zona Urbana de Manaus.

Terras altas e firmes	Solos derivados de arenitos e argilitos da Formação Alter do Chão e constitui um relevo definido por colinas de topos planos (Tabuleiro), que constituem os interflúvios que separam os vales de igarapés que dissecam as superfícies das camadas expostas. Variam de 30 a 130m;
Terras baixas e alagadiças	Áreas de várzea ou planícies de inundação da rede de drenagem natural (rios, igarapés permanentes e cursos d’água intermitentes), fundo de vales e baixios com altitude menor que 30 metros.

Fonte: Adaptado de Andretta *et al* 2012.

As voçorocas se caracterizam principalmente pela queda em bloco e pelo afloramento do lençol freático e/ou surgência de água (Vieira, 2008). Voçoroca como depressão originada pela ação do escoamento concentrado da água, com dimensões que variam de 1 a 12 m de profundidade e com largura que pode ultrapassar 30 m (Lozet e Mathieu, 2002).

Segundo Guerra (2001), voçoroca pode ser compreendida como escavação ou rasgão de solo ou rocha decomposta, ocasionado pela erosão do lençol do escoamento superficial. São características erosivas relativamente permanentes nas encostas, possuindo paredes laterais íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os eventos chuvosos (Coutinho, 2009).

O processo de desenvolvimento se dá nos diferentes seguimentos das encostas das voçorocas, onde atuam diferentes processos de erosão, ocorrendo pequenos deslizamentos rotacionais, o que acabará gerando um fluxo de movimento de massa, mesmo após o período chuvoso. Existem fatores que atuam na intensidade da erosão como a erosividade do agente e a erodibilidade do solo (Cardoso, 2010).

Segundo Salomão *et al* 2012, há uma classe que é considerada de alta suscetibilidade, onde há aquífero freático situado a pequena profundidade ou aflorante, apresentando elevado gradiente hidráulico em solos hidromórficos e/ou com erodibilidade muito alta, situados, em geral, em áreas de nascentes, fundos de vales, e de cabeceira de cursos d’água. Áreas muito favoráveis à instalação de fenômenos de piping, onde as voçorocas se desenvolvem logo após a destruição da cobertura vegetal natural, independente das formas de ocupação. Em Manaus, a perda da vegetação ocorre do platô em direção ao fundo de Vale e a consequência disso é o surgimento de fluxos superficiais mais intensos, capazes de provocar o surgimento de voçorocas (Vieira, 2008).

Conforme Almeida Filho *et al* 2018, a ação do piping provoca a remoção de partículas do interior do solo, formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo d’água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos e escorregamentos que alargam e criam ramificações.

Outras feições podem ser observadas nas áreas com voçorocamento, não apenas no seu interior, mas também no terreno circundante, em tamanhos que vão de pequenas a grandes, podendo participar diretamente na evolução das voçorocas. Entre essas feições destacam-se: alcovas de regressão, pedestais, escamamentos, marmitas, costelas e dutos (Vieira, 2008).

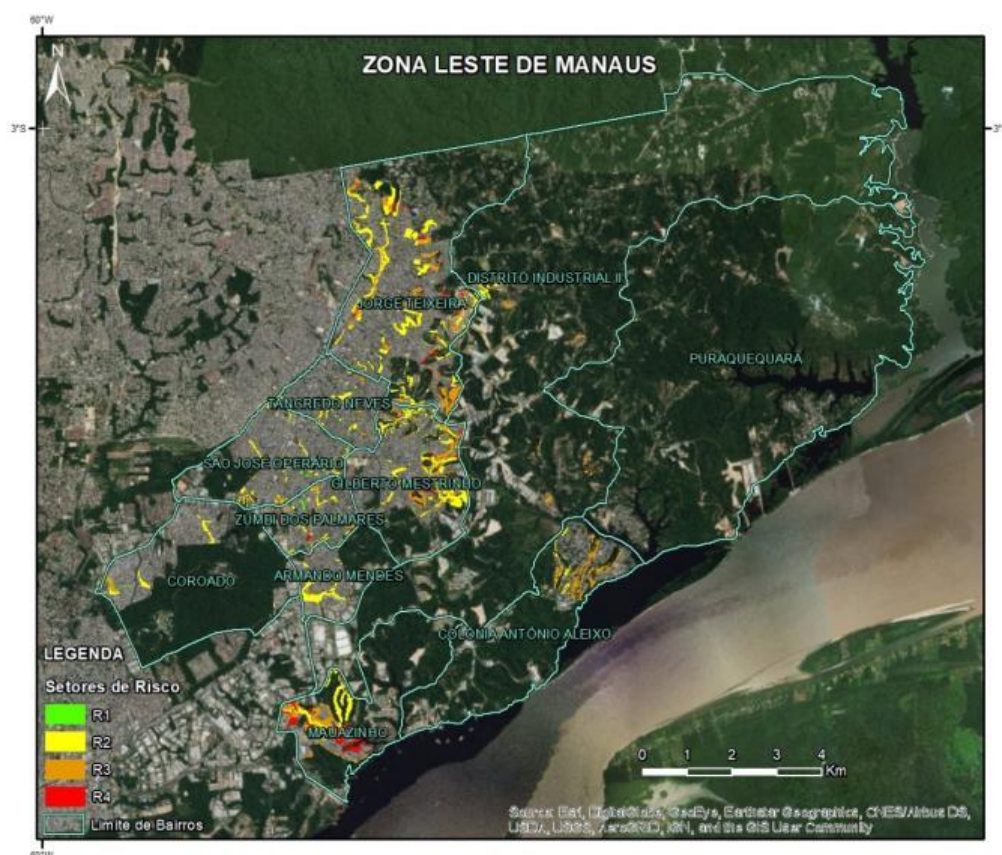
Existem alguns fatores condicionantes ao surgimento das voçorocas, definindo uma maior propensão ao surgimento e desenvolvimento do voçorocamento em algumas regiões. Dentre os fatores responsáveis, pode-se destacar aqueles relacionados a produção do espaço como equipamentos urbanos na forma de tubulação e canaletas inadequada sem acompanhar o relevo (do interflúvio ao fundo do vale) bastante comuns nas ocupações irregulares sejam recentes ou antigas (Vidal, 2015).

Esta pesquisa tomou por base o mapeamento de risco realizado pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, realizado em 2019. De acordo com o mapeamento, a Zona Leste é formada pelos bairros Armando Mendes, Colônia Antônio Aleixo, Coroadó, Distrito Industrial II, Gilberto Mestrinho, Jorge Teixeira, Mauazinho, Puraquequara, São José Operário, Tancredo Neves e Zumbi (Figura 1).

O mapeamento mostra que na Zona Leste, um dos bairros mais problemáticos é o Jorge Teixeira, onde foram identificados 147 setores de risco geológico, sendo 72 setores classificados como Risco Médio (R2), 49 setores como Risco Alto (R3) e 26 setores como Risco muito alto (R4). Tais setores envolvem aproximadamente 6.313 imóveis, portanto é possível estimar 22.726 pessoas estejam vivendo em área de risco. Conforme a legenda (Figura 1), a classificação do grau de risco pode ser verificada no Quadro 2.

Segundo Cardoso 2009, a perda de sedimentos devido à precipitação é a principal causa para o surgimento e o crescimento de uma voçoroca, quanto maior o volume de chuvas em uma área, maior a sua propensão ao surgimento desse tipo de erosão. Outro fator hidrológico importante é a taxa de infiltração do solo, regiões onde essa taxa é baixa são mais propensas ao escoamento superficial, causando assim um deslocamento de um grande volume de sedimentos, e consequentemente a ação do voçorocamento.

Figura 1 - Áreas de Risco Zona Leste de Manaus.



Fonte: CPRM, 2019.

Quadro 2 – Classificação dos graus de risco a movimentos de massa. Fonte: CPRM, 2019.

R2	Risco Médio	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos. Média frequência de ocorrência.
R3	Risco Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos. Média frequência de ocorrência e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade.
R4	Risco Muito Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos. Alta frequência de ocorrência e envolvendo moradias com alta vulnerabilidade.

A Zona Leste se destaca pela existência de platôs que terminam em encostas de grande declividade, curtas e com predominância da forma convexa (Vieira, 2008). Conforme Vidal *et al* 2015, verifica-se maior densidade de drenagem, isto significa que, possivelmente esta área da cidade apresenta maior erosividade, que pode ser visualizado na geomorfologia, na forma de vales (em V ou

em U), com diferentes níveis de dissecação, que por vezes afloram o lençol freático na forma de canais fluviais.

Para a pesquisa foram selecionadas três formações de voçorocas, com imagens coletadas via Google Earth Pro e visita in loco, situadas no Bairro Jorge Teixeira, onde é possível observar que os processos erosivos ocorrem no final dos arruamentos. Além do intemperismo físico, as ações antrópicas devidos aos processos de ocupação irregular nestas encostas e as tubulações que desaguam dentro do vale são fatores agravantes que colaboram com o crescimento das incisões, aceleram o aumento das voçorocas e o transporte de sedimentos.

A voçoroca localizada no final do arruamento da Avenida Itaúba, principal avenida do Bairro Jorge Teixeira, está em área classificada como risco alto (R3) e risco muito alto (R4). Em 2013 os imóveis que estavam situados em áreas de risco muito alto, foram retirados.

Conforme imagem via Google Earth Pro (figura 3), é possível observar que o processo erosivo continua ativo. Segundo Vidal (2015), as incisões erosivas surgem e evoluem no final de avenidas secundárias perpendiculares aos principais eixos viários destes bairros, no segmento médio e/ou inferior de vertentes convexas, nas quais há expressiva convergência de fluxo de água pluviais.

Em relação à voçoroca localizada na Rua Jucá (figura 4), é possível perceber que com o passar do tempo, durante o processo erosivo, houve uma obra de aterramento e atualmente há uma pequena intervenção de contenção. Apesar da presença de vegetação no entorno, indicando possível estabilidade, o local foi mapeado como área de risco alto (R3) pela CPRM.

Figura 2 - Mapeamento das áreas de Risco dos pontos da pesquisa.



Fonte: CPRM, 2019 (Adaptado).

Figura 3 - Voçoroca localizada no final da Avenida Itaúba, 2021.



Fonte: Google Earth e acervo pessoal.

Figura 4 - Rua Jucá, Bairro Jorge Teixeira, Zona Leste de Manaus.



Fonte: Google Earth e Acervo Pessoal, 2021.

3 ALTERNATIVAS DE CONTENÇÃO

Conforme Salomão *et al* (2012), os elementos que compõem o meio físico, tais como rocha, relevo e solo interagem mutuamente com o clima e a vegetação, de forma equilibrada a recompor as condições naturais, desde que não haja intervenção da ação humana. Contudo, com a ação antrópica, a intensificação dos fenômenos envolvidos altera o funcionamento equilibrado do ambiente natural podendo provocar impactos em prejuízo do próprio homem.

Na cidade de Manaus, assim como outros centros urbanos, as áreas de encostas ou suscetíveis a inundação são ocupadas por uma população que não dispõe de recursos para proteger essas áreas dos eventuais problemas causados pela própria ocupação, tais como rede de esgoto, drenagem, contenções de encosta e afastamentos para arruamentos. Em geral, estas ocupações são realizadas de forma simplificada pela própria população.

Ainda Salomão *et al* (2012), a ausência de planejamento, infraestrutura adequada e crescimento populacional levaram à ocupação irrestrita e desordenada do uso e ocupação do solo urbano. Feições erosivas, decorrentes da má gestão do uso do solo e da falta de planejamento urbano, provocam degradação ambiental, pela produção de sedimentos que vão assorear os cursos d'água e, conseqüentemente, levar a ocorrência de enchentes, em períodos chuvosos. Quando evoluem rapidamente comprometem a infra-estrutura urbana, atingindo moradias, obstruindo ruas, avenidas e rodovias.

Considerando que as áreas de encosta ainda são ocupadas e que os problemas erosivos podem ser agravados, prejudicando as moradias e as pessoas, intervenções estruturais podem ser providenciadas para evitar maiores danos. Neste sentido, esta pesquisa identificou algumas alternativas de contenções, a saber:

3.1 Crib Wall

O crib wall é uma estrutura de contenção feita com módulos montados por meio da sobreposição de peças de concreto, metal ou madeira. Os módulos são preenchidos por brita ou terra, criando uma estrutura que exerce a contenção por meio de gravidade. São usados em taludes cortados ou aterros, geralmente em obras rodoviárias (Neiva *et al* 2014; Lima, 2020).

Devido a sua construção, tais muros são naturalmente bem drenados e sensíveis a movimentações e recalques, podendo ser executados em estradas e regiões de serras. É considerada uma alternativa

de baixo custo, pois são pré-fabricadas e podendo ser utilizados aterro, pedra ou brita facilitando a drenagens e a vegetação natural ou artificial. (Freitas *et al* 2018).

3.2 Gabião

São estruturas construídas pela superposição de gaiolas prismáticas de arame galvanizado cheias de pedras com diâmetro mínimo superior à abertura da malha da gaiola. Suas principais características são a flexibilidade (acomodam-se bem a recalques diferenciais) e a permeabilidade. O preenchimento com pedras é feito mecanicamente no local, após a disposição da gaiola (Neiva *et al* 2014).

A montagem do gabião pode ser usada em encostas com declives acentuados e fornecem uma forte parede de retenção para proteção contra a erosão do solo. Oferecem certa proteção superficial e estrutural, semelhantes à gaiolas cheias de pedras, britas ou seixo que são empilhadas na face do talude, facilitando a drenagem.

3.3 Estacas prancha

Aquelas do tipo cortinas de estacas justapostas caracterizam-se por serem estruturas pré-fabricadas em concreto armado, utilizadas para conter um maciço terroso, a fim de eliminar os riscos de ruptura de solo após escavações que forem necessárias para execução de obras de engenharia. Estas estruturas têm como finalidade resistir a empuxos de terra e/ou água, com cargas estruturais e/ou acidentais. Fazem-se necessárias quando há diferença de cota entre duas faces de relevo (Baruffi *et al* 2013).

São estacas, geralmente do tipo metálicas, cravadas com equipamento Bate-Estacas uma ao lado da outra formando uma espécie de cortina, com rápida construção e utilizadas em obras provisórias como ensecadeiras de barragens e contenção de talude.

3.4 Parede diafragma

Consiste de um muro vertical de 30cm a 120cm, constituído por painéis ou lamelas adjacentes, absorvendo empuxos horizontais, cargas axiais e momentos fletores. As pré-moldadas constituem basicamente, de painéis pré-moldados (em usina ou no canteiro) em concreto armado ou protendido (Lima *et al* 2020).

Esta técnica pode ser utilizada qualquer tipo de obra como estrutura de contenção para talude e barragens em geral, impedindo a infiltração da água do subsolo, sua desvantagem e custo relativamente elevado em relação às outras técnicas em razão da necessidade de equipamentos de grande porte, não podendo ser utilizado em qualquer canteiro de obra.

3.5 Muro de contraforte

Os muros de contrafortes possuem elementos verticais de maior porte (contrafortes ou gigantes) espaçados de alguns metros, e destinados a suportar os esforços de flexão pelo engastamento na fundação. Nesse caso, a parede do muro constitui-se de lajes verticais apoiadas nesses contrafortes. Como nos muros de flexão, o equilíbrio é alcançado pelo peso do maciço de solo sobre a base do muro (sapata corrida ou laje de fundação). A diferença entre esse tipo de muro e o muro de flexão é essencialmente estrutural. (Neiva *et al* 2014).

São, basicamente, muros de flexão com adição de elementos verticais que suportam esforços de flexão através do engastamento na fundação. Então, esses contrafortes apoiam o paramento do muro e são fixados na fundação (Lima 2020). Parede estrutural de concreto armado e com vigas inclinadas ou paredes transversais que ficam expostas. Solução geralmente adotada para contenção de talude por ser uma obra de custo baixo.

3.6 Solo Grampeado

É um método de reforço “in situ” para estabilização de taludes que podem ser naturais ou escavados. Ele é constituído a partir da introdução de inclusões passivas (hastes semi-flexíveis) no solo e, em sua maioria, por uma proteção da face do talude (Ehrlich, 2002).

O grampeamento de solos é uma técnica usada para estabilizar taludes e consiste na inserção de grampos no solo e no uso da argamassa para criar um atrito entre o solo e as barras de aço (Abreu *et al* 2017).


4 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS

Conhecendo as características das voçorocas e os tipos de contenção que poderiam ser implantadas nos locais de encosta, atentando ainda para necessidade de redes de drenagem, o Quadro 3 apresenta as vantagens e desvantagens sobre cada método construtivo.

Quadro 3 – Resumo analítico dos sistemas de contenção pesquisados.

Tipo de contenção	Vantagem	Necessidades	Ilustração

Crib Wall	Sistema em módulo, podem ser preenchidas, adaptáveis às encostas da cidade de Manaus.	Para conter a drenagem necessidade de fazer de forma escalonada e com complementação de aterro.	
Gabião	Ajustado ao local, instalação escalonada. Pode adaptar rede de drenagem. O peso da estrutura pode garantir estabilidade para o conjunto.	Ausência de pedreiras na cidade e dificuldade para liberação de extração do material.	
Estacas prancha	Solução econômica dada a facilidade de construção, pelo fato de não exigir grande área para instalação nem pessoas e tecnologia especializadas.	Estudos no local em suas vizinhanças, pois o equipamento causa vibrações.	
Parede diafragma	São consideradas mais eficientes em relação ao empuxo do solo ou hidráulicos.	Não são apartáveis em áreas pequenas, pois seus equipamentos são de grande porte.	
Muro de contraforte.	Com contrafortes pode ser feito mais rápido, e suporta melhor as cargas de um aterro atrás do muro.	Técnica deve ser associada ao direcionamento da drenagem. Custo elevado em grandes alturas.	

Solo Grampeado	O uso de grampos melhora a estabilidade das encostas, no alcance de solos mais estáveis.	Técnica deve ser associada ao direcionamento da drenagem e uso de geossintéticos	
----------------	--	--	---

A Figura 5 ilustra um conjunto de obras realizadas em Manaus, mais precisamente em uma área de orla adaptada para a implantação do Parque Rio Negro. Na parte superior ao parque há moradias antigas do bairro, as encostas foram tratadas distintamente, onde cada parte recebeu um tipo de contenção (gabião em pedra, parede grampeada, muros escalonados) e que atenderam a necessidade de contenção e direcionamento da drenagem dos arruamentos da parte superior, antes que estimulasse um processo de voçoroca no local.

Figura 5 - Tipos de contenções utilizadas no Parque Rio Negro em Manaus. A) Muros escalonados; B) Parede Grampeada; C) Muros de Gabião



Fonte: Autoras.

5 CONCLUSÃO

Considerando a pesquisa realizada sobre as voçorocas, além da constatação nas localidades, a principal intercorrência que deve ser contida nessas áreas seria o direcionamento desprotegido das águas servidas e drenagem de arruamentos e moradias. Muitos tipos de contenção oferecem sistemas que protegem as encostas, neste estudo, foi analisado seis tipos. No caso de Manaus, pela ausência de pedreiras, o tipo gabião não seria mais indicado e as estacas do tipo prancha pela vibração, também não seriam as ideais para as áreas que já possuem fraturas. Já as técnicas de muro de contraforte e parede diafragma, possuem alto custo com material e equipamentos de grande porte, onde grandes desníveis podem dificultar o uso. Assim, pela facilidade na adaptação ao tipo de solo e condições locais, Crib Wall e Solo Grampeado seriam as melhores alternativas.

REFERÊNCIAS

- ANDRETTA, E.R.; LADEIRA, L.F.B.; LUZARDO, R.; MARMOS J.L.; SOUZA, A.G.H. Mapeamento das Áreas de Risco Geológico da Zona Urbana de Manaus (AM) Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 93p.
- ABREU, R. V. S; BORGES, L. H.F; OLIVEIRA, H. C. P; PLAZ, F. S; ÁVILA, J. P. O uso de solos grampeados para a estabilização de Taludes. In: II Jornada de Iniciação Científica do III Seminário Científico FACIG. Disponível <http://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php>.
- BARUFFI, D; POLESE, M. A; VANIN, V; THOMÉ, A. Dimensionamento de Estacas Prancha Atirantadas para Estruturas de CONTENÇÃO. In: XXV Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – CRICTE 2013. Passo Fundo – RS.
- CARDOSO, RAFAEL SAID BHERING; PIRES, LUCAS VALENTE. Voçorocas: processos de formação, prevenção e medidas corretivas. Acesso em, v. 21, 2010.
- CPRM. Mapeamento das áreas de risco geológico da zona urbana de Manaus (AM). Relatório Técnico, 2019. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22021.2>
- COUTINHO, Antonione de Souza. Impactos Causados por Voçorocas em Áreas Urbanas: Manaus (am). XVIII Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA, 2009.
- DO CRUZEIRO, Morro; LAGOA, Santa–MG. Análise de Voçorocas e o Processo de Ocupação: Caso Vale dos Sonhos.
- EHRlich, Maurício. MINI CURSO DE SOLO GRAMPEADO. COPPE/UFRJ. Salvador Universidade Federal da Bahia, Politécnica. 2002.
- FREITAS, P. S; SANTOS, P. R; PINTO, E. M; ESTEVES, I. C. A. Movimentos de massa: a solução por meio dos muros de contenção. Rev. Cient. de Ciências Apl. da FAIP – ISSN: 2525-8028 v. 5, n. 10, nov. 2018. Disponível em: http://faip.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/zSVPHrhoDm0uDFQ_2019-10-23-15-8-9.pdf
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa Nacional de População por Município. Manaus: IBGE, CENSO 2010. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_amazonas.pdf
- LIMA, W. O. Comparação entre sistemas de contenção de subsolo: parede diafragma e estacas justapostas. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São Carlos. 2020.
- LOZET, J. e MATHIEU, C. (2002). Dictionnaire de Science du Sol. Quatrième édition.Paris: Tec &Doc.

- NEIVA, E. S; FARIA, F. E; NOGUEIRA, G. T; JORGE, R. P. Estruturas de contenção, escavações e escoramentos. Dissertação apresentado à Tópicos Especiais em Mecânica dos Solos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. 2014.
- OLIVEIRA, MARCELO A. T DE; NETTO, ANA L. C; AVELAR, ANDRÉ DE S. Morfométrica de Encostas e desenvolvimento de boçorocas no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. In: Geociências. São Paulo: UNESP, 1994. p. 9-23.
- SALOMÃO, F. X. T; CANIEL, K; RODRIGUES, S. P. Exemplo de aplicação da geologia de engenharia no controle preventivo e corretivo dos processos erosivos. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, v. 2, n. 2, p.39-56, 2012.
- VIDAL, KAROLINY FELIX; MACEDO, OLIVALDO PATRICIO DA COSTA; MOLINARI, DEIVISON CARVALHO. Uso de geotecnologias aplicadas à delimitação de áreas de risco a voçorocamento em Manaus (AM). Caderno de Geografia, v. 25, n. 43, p. 192-205, 2015.
- VIEIRA, A. F. G. Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais. (Tese de Doutorado). Florianópolis: UFSC/Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.