

Controle de Erosão Basal em Falésias do Litoral Sul do Rio Grande do Norte utilizando Geossintéticos

Marcio Avelino de Medeiros

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, avelino.marcio@yahoo.com.br

Fagner Alexandre Nunes de França

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, fagneranfranca@gmail.com

Olavo Francisco Santos Júnior

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, olavo_santosjr@yahoo.com.br

Oswaldo de Freitas Neto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, osvaldoecivil@gmail.com

RESUMO: O Estado do Rio Grande do Norte é reconhecido pelo seu extenso litoral e as diversas atividades econômicas desenvolvidas nessa região, com grande destaque ao turismo. Natal, a capital do Estado, localiza-se no litoral leste e, a partir dela, são definidos o litoral norte e o sul. O litoral sul do Rio Grande do Norte é caracterizado por uma paisagem que compreende praias arenosas interrompidas por falésias e arrecifes de arenitos. As falésias podem ser definidas como cortes abruptos do relevo, ocasionados pelo avanço do oceano em direção ao continente. Nesse ambiente, as falésias ganham bastante destaque devido ao aspecto turístico, formando paisagens amplamente exploradas por esse tipo de atividade. Usualmente produzida pelo embate das ondas, a erosão de base apresenta uma grande importância no processo de recuo das falésias. Definida como erosão basal, é promovida pelo choque das ondas na base das falésias, conduzindo à remoção de sedimentos e a abertura de espaços que diminuem a estabilidade do maciço. Por fim, conduz à desestabilização da falésia e o consequente deslizamento de solo, tanto no topo como em meia encosta. Após o movimento de massa, o sedimento acumulado no pé da falésia reduz sua velocidade de recuo, até que seja removido e o processo se reinicia. A erosão basal representa, portanto, um dos processos de instabilização mais importantes nas falésias em que o regime de marés conduz ao embate direto das ondas. Diversas alternativas podem ser empregadas para mitigar o processo de erosão basal e, conseqüentemente, o recuo das falésias. Entre elas, o emprego de geossintéticos pode assumir um importante papel na proteção da base das falésias, principalmente se utilizados como geofôrma linear nas incisões basais. Este trabalho apresenta uma revisão da literatura de casos de obra em que esse tipo de solução foi adotado para controle de erosão costeira. Destaca-se que esta pesquisa encontra-se em andamento com o propósito de verificar a viabilidade técnica para utilização de geofôrmas lineares produzidas com geotêxteis não tecidos na redução da velocidade de ocorrência das erosões basais nas falésias do litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão Costeira, Deslizamentos, Falésias, Geofôrma linear, Geossintéticos

1 INTRODUÇÃO

A região costeira do Estado do Rio Grande do Norte (RN) compreende uma superfície de aproximadamente 11.888 km² e possui uma extensão de cerca de 410 km. A paisagem dessa região compreende dunas fixas e móveis, áreas vegetadas, áreas urbanizadas e as falésias, que nesse caso provêm da Formação Barreiras. Em termos turísticos, o litoral oriental do Rio Grande do Norte é subdividido em relação à localização referente à sua capital, Natal (norte e sul). Segundo Scudelari *et al* (2005), “a paisagem do Litoral Sul potiguar é caracterizada, basicamente, por praias arenosas interrompidas por falésias e arrecifes de arenitos, paralelos e próximos à praia”.

A Formação Barreiras ocorre como uma superfície aplainada, denominada de tabuleiros, com o topo suavemente inclinado em direção ao Oceano Atlântico e frequentemente sob a forma de escarpas (falésias), definindo a linha de costa (Araújo, 2006). Jatobá e Lins (1998) definem as falésias como escarpas abruptas situadas nas áreas costeiras, cuja base está submetida à ação erosiva das ondas.

As falésias podem ser do tipo ativas, quando há embate direto das ondas sob a falésia, ou inativas, quando a deposição sedimentar já não mais permite o embate direto das ondas em sua base. As falésias do tipo inativas costumam estar cobertas de vegetação. As Figuras 1 e 2 apresentam exemplos de falésia inativa e ativa, respectivamente.



Figura 1. Exemplo de falésia inativa.
Fonte: adaptado de Canindé Soares.



Figura 2. Exemplo de falésia ativa.
Fonte: adaptado de Canindé Soares.

Segundo o Projeto Orla (2006), desenvolvido pelo Ministério de Meio Ambiente, a orla marítima para falésias deve atender os limites de 50 m na área terrestre, contados a partir da borda da falésia (Figura 3).

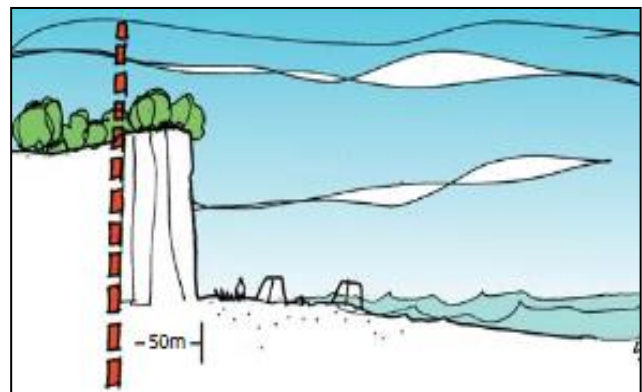


Figura 3. Delimitação da Orla em Falésias.
Fonte: adaptado de Projeto Orla (2006)

O Rio Grande do Norte é caracterizado por praias arenosas, dunas e falésias, que constituem paisagens de rara beleza, atraindo diversos empreendimentos e muitos turistas para visitação. Em algumas regiões, como na Praia de Pipa, empreendimentos estão localizados muito próximos da crista de falésias, como mostra a Figura 4.

Além disso, em outras praias, como em Tabatinga, os chapadões formam mirantes naturais que são utilizados pelos visitantes para apreciar a paisagem única, que permite a visualização do mar de cima, como é o caso da Baía dos Golfinhos, no litoral sul do Rio Grande do Norte.



Figura 4. Edificações no topo de falésia em Pipa (RN).
Fonte: Ronaldo Diniz

O regime de marés impõe o embate de ondas direto sobre o pé das falésias em muitos trechos do litoral sul. Isso promove o carreamento de sedimentos dessa área, conduzindo à formação de incisões na base das falésias. O aumento das incisões basais conduz a uma redução na estabilidade da falésia (Silva et al., 2016), levando, comumente, à ocorrência de movimentos de massa. A velocidade de ocorrência tem uma redução devido ao acúmulo de sedimentos no pé da falésia, até que as ondas atinjam novamente o pé da encosta. Esse processo é o grande responsável pelo recuo das falésias.

O principal risco associado à ocupação nas proximidades da crista das falésias se deve ao fato de que elas são susceptíveis a movimentos de massa, que podem provocar perdas materiais e humanas. Esses movimentos, quando iniciados pela incisão basal, tendem a provocar deslocamentos de grandes massas de solo. Portanto, o controle da erosão basal representa uma solução imprescindível para o uso e ocupação do local.

Outros trechos do litoral sul, por sua vez, encontram-se protegidos por recifes de arenitos, reduzindo naturalmente o processo erosivo no pé das falésias. Isso é exemplificado na Figura 4, em que se percebe a presença de rochas que funcionam como um dissipador de energia natural. É possível observar que nos pontos em que há essa proteção natural da base das falésias, o avanço do mar é menor.

Diversas soluções podem ser utilizadas com o propósito de minimizar o processo erosivo na base das falésias. Soluções estruturais rígidas,

como enrocamento, não conseguem se acomodar tão bem no solo quando submetidas a impactos diretos e promovem o carreamento de sedimentos sobre os quais estão assentadas. Isso conduz, muitas vezes, ao rolamento de blocos e à perda da proteção.

Assim, soluções flexíveis podem ser consideradas mais adequadas ao local. Carrol, Rodencal e Collin (1992) demonstram que a flexibilidade dos geotêxteis aplicados em controle de erosão destaca-se como uma grande vantagem no seu desempenho. Isso ocorre porque eles podem minimizar a ocorrência de solapamento ou arraste do dissipador, como ocorre no enrocamento.

No caso da erosão basal em falésias, especialmente, percebe-se que esse processo erosivo está intimamente relacionado com a dinâmica das ondas e o regime de marés. Segundo Santos Jr. et al (2005), "os processos que induzem o recuo da linha de costa em direção ao continente estão associados à erosão na base das falésias e a ocorrência de movimentos de massas no topo e na meia encosta".

Os movimentos de massa mais expressivos e danosos em termos de volumes são os deslizamentos. A Figura 5 apresenta um esquema da evolução do processo de deslizamento de massas provocado pela erosão basal em falésias. A Figura 6, por sua vez, exemplifica a diferença entre os trechos com a presença de arenitos e aqueles em que o embate de ondas acontece de forma direta em falésia localizada na praia de Tabatinga. As erosões basais são encontradas nos locais de choque direto das ondas.

Outros fatores podem conduzir aos movimentos de massa nas falésias, como erosão superficial no topo causada, ou agravada, pelo escoamento das chuvas. Porém, sua verificação não faz parte do escopo desta pesquisa.

De acordo com a ISO 10318-1/15, o geossintético é um produto que possui pelo menos um dos seus componentes como sendo polímero (sintético ou natural) e se encontra na forma de uma folha, uma tira, ou uma estrutura tridimensional, utilizado em contato com o solo e/ou outros materiais de aplicação em engenharia geotécnica ou civil. A ISO 10318-1, por sua vez, define geotêxteis como materiais

têxtiis planares, permeáveis, poliméricos (natural ou sintético), que podem ser não tecido, de malha ou tecidos.

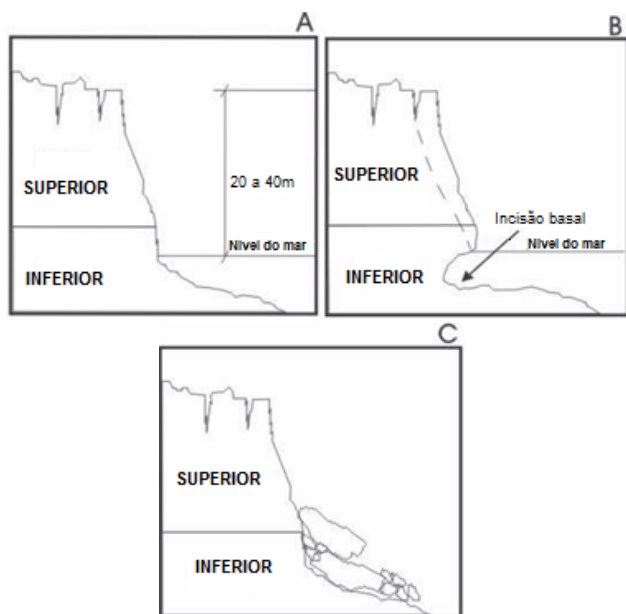


Figura 5. Esquema da evolução do processo de deslizamento provocado pela erosão basal de falésias: (A) antes do aparecimento da incisão basal; (B) após o aparecimento da incisão basal; (C) após o deslizamento. Fonte: adaptado de Santos Jr. *et al* (2005).



Figura 6. Movimento de massa em falésia localizada na praia de Tabatinga/RN. Fonte: próprio autor.

Vários tipos de dissipadores de energia podem ser confeccionados para proteção costeira utilizando geossintéticos e podem assumir diferentes formatos. A Sociedade Internacional de Geossintéticos (*International Geosynthetic Society*), define geofôrma como uma estrutura tridimensional, permeável, em forma de saco, preenchida com solo, resíduo, entre outros materiais. Os dissipadores de energia do tipo geofôrmas fabricadas em geotêxtis são amplamente utilizadas na restauração de praias e proteção costeira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Apresenta-se, neste item, casos de aplicação de geossintéticos para a mitigação de processos erosivos em regiões costeiras. Procurou-se abordar situações em que geotêxtis foram empregados para a construção de geofôrmas.

2.1 Shin e Oh (2007)

Shin & Oh (2007) estudaram a utilização de tubos geotêxtis (geofôrma) submersos como dissipadores de energia na praia de Young-Jin, costa leste da Coreia do Sul. Foi verificado o acúmulo de areia no recife artificial formado pelo geossintético (Figura 7). Além disso, foi possível verificar a formação de uma camada de algas marinhas na geofôrma (Figura 8).

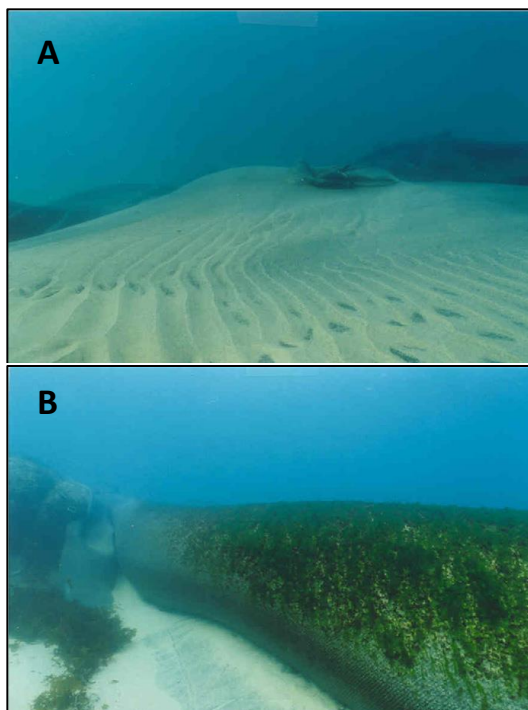


Figura 7. Acúmulo de sedimentos devido à disposição de geofôrma linear de geotêxtil (A) e de vegetação subaquática em geofôrma linear submersa (B). Fonte: Shin e Oh (2007).

2.2 Alvarez, Rubio e Ricalde (2007)

Alvarez, Rubio e Ricalde (2007) também analisaram a utilização de tubos geotêxtis para dissipação de energia devida ao impacto das ondas em Yucatan, México. O estudo concluiu que os tubos geotêxtis que se apresentam em estruturas lineares paralelas demonstraram serem uma alternativa eficaz e ecológica para a

estabilização da costa. Além disso, oferecem uma estrutura eficaz quando as modificações nos quebra-mares instalados (em virtude da dinâmica costeira) são necessárias e precisam ser executadas em menor tempo e a menores custos. A Figura 9 apresenta um exemplo de instalação de geofôrma (na figura, em inglês *geotextile tube*) em uma praia para redução de processos erosivos na região de quebra de ondas (em inglês *wave breaking*), onde foi criada uma zona de redução de energia das ondas (em inglês *wave energy reduction zone*).

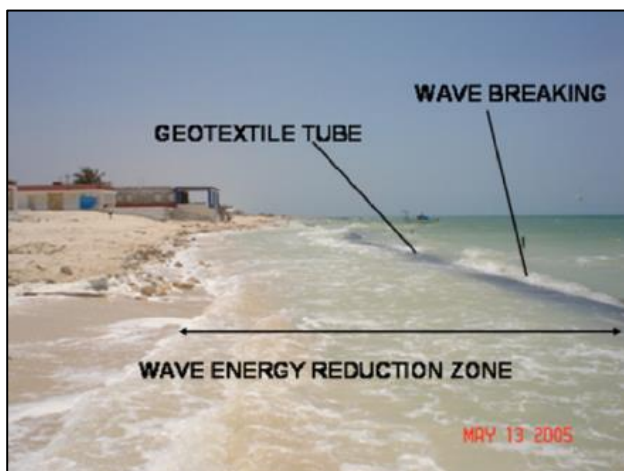


Figura 9. Exemplo de tubo geotêxtil instalado em praia
Fonte: Alvarez, Rubio e Ricalde (2007).

2.3 Souza (2008)

Souza (2008) realizou um estudo dos benefícios uso de dissipadores do tipo *bagwall* (saco geossintético preenchido com material granular ou concreto) no litoral do estado de Alagoas, Nordeste do Brasil. Foram apontadas como principais desvantagens do uso de enrocamento o aumento do processo erosivo (solapamento) na base da estrutura, conforme ilustra a Figura 10, com fotografia tirada na Praia de Ponta Verde, em Maceió. Isso cria um efeito desarmônico com a natureza e dificulta o acesso à praia (necessidade de implantação de escadas), uma vez que estão dispostas as pedras em toda a faixa de areia. O *bagwall*, por sua vez, permite a acessibilidade dos banhistas à praia, dependendo do formato e da disposição.

2.4 Saathoff, Oumeraci e Restall (2007)

Saathoff, Oumeraci e Restall (2007) estudaram experiências do uso de geoformas

(no inglês *geocontainers*) na Austrália e na Alemanha. O estudo afirma que as geofôrmas são melhores integradas a paisagem (Figura 11), além de que podem se acomodar ou reposicionarem-se em caso de solapamento, sem comprometer substancialmente a dissipação de energia ainda com o seu deslocamento.



Figura 10. Controle de erosão com enrocamento.
Fonte: Souza (2008)



Figura 8. Utilização de geofôrmas na Praia de Stockton, Austrália.

Fonte: Saathoff, Oumeraci e Restall (2007)

2.5 Koerner & Koerner (2006)

Koerner & Koerner (2006) emitiram uma nota técnica a partir de um estudo realizado com quatro tipos de geotêxteis preenchidos com material com granulometrias variadas e submetidos ao “ensaio com bolsas suspensas de geotêxtil” (em inglês chamado *hanging bag test*). O estudo observou que as taxas de fluxo de água no tubo geotêxtil são diretamente proporcionais à permeabilidade do solo contido. Outra observação importante é que, como dificuldade no que diz respeito à concepção de tubos geotêxteis, destaca-se a correspondência

do tecido apropriado com o material preenchido específico do lugar. Cada solo vai apresentar diferentes desafios a este respeito. O estudo concluiu, também, como aspecto importante do uso de tubos geotêxteis como estratégia de proteção costeira o fato de estes fornecerem confinamento ao material granular enquanto permitem a passagem da água.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O risco de deslizamentos ocorridos devidos à perda de estabilidade provocada pelos processos erosivos na base das falésias são um fator relevante, em vista da crescente ocupação da orla com falésias ao longo do Litoral Sul do Rio Grande do Norte.

A dinâmica costeira demonstra que as falésias ativas estão em constante processo de erosão, sendo um deles a erosão basal provocada pelo embate direto das ondas em falésias sem proteção por rochas.

Os estudos apresentados demonstram uma performance eficiente das geofôrmas como dissipadores de energia, destacando-se a vantagem de se reposicionar (por ser flexível) em caso de deslocamentos. Além disso, conseguem, em alguns casos, se adequar melhor à paisagem que soluções convencionais, como o enrocamento. Dessa forma, considera-se completamente plausível a utilização dessa tecnologia para mitigação dos processos de erosão basal nas falésias do litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia Civil e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

REFERÊNCIAS

- Alvarez, I. E., Ramiro, R., Hebert, R. Beach restoration with geotextile tubes as submerged breakwaters in Yucatan, Mexico. *Geotextiles and Geomembranes*, n. 25. 2007. p. 233-241.
- Araújo, V. D. Caracterização geológica tridimensional e monitoramento de dunas no litoral oriental do Rio

- Grande do Norte. 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica; Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- Carrol, R. G., Rodencal Jr., J., Collin, J. G. *Geosynthetics in Erosion Control – The Principles. Geotextiles and Geomembranes*, n. 11. 1992. p. 523-534.
- Jatobá, L. Lins, R. C. *Introdução à geomorfologia*. Recife, Bagaço, 1998.
- Koerner, G. R., Koerner, R. M. Geotextile tube assessment using hanging bag test. *Geotextiles and Geomembranes*, n. 24. 2006. p. 129-137.
- Ministério de Meio Ambiente (MMA). Projeto orla: fundamentos para gestão integrada / Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. – Brasília: MMA, 2006. 74 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008111238.pdf> Acesso em 9 maio 2017.
- Saathoff, F., Oumeraci, H., Restall, S. Australian and German experiences on the use of geotextile containers. *Geotextiles and Geomembranes*, n. 25. 2007. p. 251-263.
- Santos Jr., O. F. et al. Avaliação de Processos Erosivos de Falésias em Pirangi do Norte, Parnamirim – RN. In: IV Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas (anais), 2005, Salvador.
- Scudelari, A. C. et al. Estudo dos processos erosivos instalados na praia de Pipa - RN. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, Itajaí, v. 9, n. 1, p. 31-37, jun. 2005. ISSN 1983-9057. Disponível em: <<http://siaiap32.univali.br/seer/index.php/bjast/article/view/572>>. Acesso em: 9 maio 2017.
- Shin, E. C. & Oh, Y. I. Coastal erosion prevention by geotextile tube technology. *Geotextiles and Geomembranes*, n. 25. 2007. p. 264-277.
- Souza, M. A. L. Revista da Gestão Costeira Integrada. Environmental Benefits from the use of “Bagwall” Energy Disipators in Coastline Erosion Control in the State of Alagoas. p. 139-148 (2008).