

**PRESERVAÇÃO DO SOLO POR MEIO DA BIOENGENHARIA:
ESTRATÉGIAS PARA O COMBATE À EROSÃO**

Ludmila de Oliveira SANTOS¹; Fernanda Izabele Nascimento dos SANTOS²; Breno Alcântara SILVA³; Tatiana Tavares RODRIGUEZ⁴

Resumo – O artigo aborda a importância da bioengenharia no combate à erosão, utilizando técnicas baseadas em elementos naturais, como vegetação e materiais biodegradáveis. O estudo destaca os impactos da erosão, e a necessidade de adotar medidas sustentáveis para minimizar os danos ambientais. A bioengenharia é apresentada como uma alternativa viável e ecológica para a contenção de solos, recuperação de áreas degradadas e redução de impactos erosivos. O artigo explora diferentes técnicas, incluindo barreiras vegetais, biomantas, reflorestamento estratégico e o uso de espécies específicas de leguminosas e gramíneas, que auxiliam na retenção do solo e no equilíbrio ecológico. Além de descrever os mecanismos de erosão hídrica e eólica, o artigo enfatiza a relevância da escolha adequada da vegetação para garantir a eficácia das soluções de bioengenharia. A seleção incorreta pode comprometer a estabilidade do solo e até intensificar os processos erosivos. Por fim, o estudo conclui que as técnicas de bioengenharia são alternativas promissoras para a conservação do solo e da água, além de oferecerem benefícios econômicos e ambientais. Recomenda-se o incentivo à pesquisa e à implementação dessas práticas para garantir um desenvolvimento sustentável e a proteção dos recursos naturais.

Abstract – The article addresses the importance of bioengineering in combating erosion, using techniques based on natural elements, such as vegetation and biodegradable materials. The study highlights the impacts of erosion and the need to adopt sustainable measures to minimize environmental damage. Bioengineering is presented as a viable and ecological alternative for soil retention, recovery of degraded areas and reduction of erosion impacts. The article explores different techniques, including plant barriers, biomats, strategic reforestation and the use of specific species of legumes and grasses, which help to retain soil and maintain ecological balance. In addition to describing the mechanisms of water and wind erosion, the article emphasizes the importance of choosing the right vegetation to ensure the effectiveness of bioengineering solutions. Incorrect selection can compromise soil stability and even intensify erosion processes. Finally, the study concludes that bioengineering techniques are promising alternatives for soil and water conservation, in addition to offering economic and environmental benefits. It is recommended that research and implementation of these practices be encouraged to ensure sustainable development and the protection of natural resources.

Palavras-Chave – Bioengenharia; erosão do solo; engenharia natural

¹ Estudante, Instituto Federal do Norte Minas Gerais - Campus Pirapora, (38) 98865-1227, ldos1@aluno.ifnmg.edu.br
² Estudante, Instituto Federal do Norte Minas Gerais - Campus Pirapora, (38) 99892-0578, finds@aluno.ifnmg.edu.br
³ Docente, Instituto Federal do Norte Minas Gerais - Campus Pirapora, (33) 99105-9123, breno.silva@ifnmg.edu.br
⁴ Docente, Universidade Federal de Juiz de Fora - Campus Juiz de Fora, (32) 99922-1076, tatiana.rodriguez@ufjf.br

1. INTRODUÇÃO

A bioengenharia tem se destacado como uma alternativa sustentável e eficaz no combate à erosão, promovendo a estabilização de solos por meio do uso de técnicas baseadas em elementos naturais, como vegetação e materiais biodegradáveis. Essa abordagem alia princípios da engenharia civil e ambiental ao uso de recursos biológicos para reforçar encostas, margens de rios e taludes, reduzindo o impacto da erosão hídrica e eólica. Além de ser uma solução economicamente viável, a bioengenharia contribui para a preservação ambiental, melhorando a infiltração da água, promovendo a revegetação e restaurando ecossistemas degradados.

As técnicas de bioengenharia incluem o uso de barreiras vegetais, biomantas, enrocamentos verdes e reflorestamento estratégico, que auxiliam na contenção de solos e na recuperação de áreas degradadas. Essas soluções não apenas oferecem estabilidade estrutural, mas também favorecem a biodiversidade local e promovem um equilíbrio ecológico mais sustentável.

Com a crescente necessidade de soluções que minimizem os impactos ambientais causados pela ação antrópica e pelas mudanças climáticas, a bioengenharia se apresenta como uma abordagem inovadora e essencial para a conservação do solo e da água. Seu uso vem sendo amplamente estudado e aplicado em diversas regiões do mundo, mostrando-se uma alternativa promissora para garantir a proteção dos recursos naturais e a sustentabilidade dos ecossistemas.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1. Erosão

A erosão é um dos principais desafios ambientais enfrentados em diversas regiões ao redor do mundo. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2017) trata-se do “processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento”. Esse processo afeta os solos e as rochas, sendo a água um dos principais agentes.

A ação da chuva, juntamente com os movimentos dos lagos, rios, córregos e mares, transporta as partículas do solo, promovendo sua erosão. Como consequência, há a remoção da camada superficial do solo, a redução da penetração das raízes e a diminuição do armazenamento de água, afetando a biodiversidade e a fertilidade da terra. Além disso, o aumento de assoreamento em rios, lagos, reservatórios e açudes, podem provocar grandes enchentes e contribuir para a poluição dos corpos hídricos (Guerra; Jorge, 2013).

Silva et al. (2018), explicam que a erosão pluvial pode ocorrer por duas formas, o escoamento superficial (*runoff*) e o impacto das gotas d'água (*splash*). O efeito de *splash* tem início com a queda das gotas de chuva no solo, provocando a desagregação de partículas, ficando expostas ao escoamento superficial. A intensidade desse processo varia conforme as propriedades do solo, como sua coesão e resistência ao cisalhamento.

Para Wild (1993) apud Guerra e Jorge (2013), a erosão do solo está diretamente ligada às atividades humanas, em especial os desmatamentos impulsionados pelo crescimento da população mundial e pela expansão agrícola e pecuária. A retirada dessa vegetação para esses fins deixa o solo exposto e vulnerável à degradação.

Wild (1993) apud Guerra e Jorge (2013), explica ainda que entre os principais fatores que agravam a erosão estão: o desmatamento, a agricultura e pecuária sem adoção de medidas conservacionistas, o cultivo em encostas íngremes sem adoção de práticas conservacionistas, a compactação do solo causada por trilhas de animais e pessoas, a construção de rodovias sem cuidados especiais e a mineração, que deixa áreas desprotegidas e sem recuperação ambiental.

Silva (1995), classifica erosão em dois tipos. A primeira é a erosão geológica ou natural, que ocorre sem interferência humana em uma intensidade sempre menor à formação dos solos. A segunda é a erosão acelerada, causada pela ação antrópica, caracterizada por seu rápido avanço e grandes impactos negativos num período de tempo muito curto.

A erosão pode ocorrer de diferentes formas, podem ser erosão hídrica, eólica, pela ação das ondas em margens de represa e áreas costeiras, transporte de sedimentos por geleiras e processos de decomposição e intemperização física, resultantes das variações de temperatura e umidade (Silva, 1995).

A erosão eólica é o processo de transporte ou deslocamento das partículas do solo devido a ação do vento, podendo ocorrer por rolamentos sobre a superfície ou transporte aéreo. No caso da erosão hídrica, existem três principais formas de degradação do solo. A erosão laminar caracteriza-se pela remoção uniforme das partículas superficiais do solo. A erosão em sulcos (Figura 1) ocorre quando a água se acumula em áreas específicas, formando canais estreitos, drenos ou escoadouros, que aprofundam com o tempo podendo comprometer o manejo do solo. Já a erosão em voçorocas, mostrada na Figura 2, corresponde ao deslocamento de grandes volumes de solo, criando sulcos profundos e extensos (Silva, 1995).



Figura 1. Terreno com sulcos por erosão.



Figura 2. Voçoroca em Valparaíso (SP).

2.2. Bioengenharia

A bioengenharia de solos é uma técnica que tem ganhado crescente destaque devido à sua eficácia no combate à erosão e na estabilização de taludes, além de ser reconhecida como um método sustentável. Segundo Lewis (2000), a bioengenharia emprega materiais vegetais vivos e técnicas flexíveis, visando à redução de impactos ambientais.

Guidicini e Nieble (1983) ressaltam que a cobertura vegetal tem se destacado por sua capacidade de mitigar e prevenir movimentos de massa, desde os de grandes proporções até os mais lentos. Complementando essa perspectiva, Manhago (2008) afirma que, considerando o objetivo de recobrimento de taludes, as espécies de leguminosas e gramíneas são as mais indicadas devido ao seu rápido crescimento e desenvolvimento.

Além disso, as gramíneas, caracterizadas por suas raízes finas e ramificadas, formam uma rede que envolve e estabiliza os agregados do solo, além de minimizar os impactos causados pelas gotas de chuva. Essa estrutura radicular impede que os agregados sejam carregados pela enxurrada, evitando, assim, a erosão superficial e a degradação do terreno. Por outro lado, as leguminosas contribuem para o aumento da fertilidade do solo, uma vez que possuem elevada capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico (N₂), disponibilizando-o para outras plantas. Ademais, por apresentarem um sistema radicular profundo, essas espécies conseguem extrair nutrientes de camadas mais profundas do solo, liberando-os gradativamente por meio da decomposição da biomassa (Lima; Damato; Souza, 2014).

Na Tabela 1 e Tabela 2, são apresentadas as principais espécies de leguminosas e gramíneas, elaboradas por Manhago (2008).

Tabela 1. Espécies de leguminosas.

Espécies de Leguminosas	
Nome Científico	Nome Comum
<i>Arachis pintoii</i>	Grama amendoim
<i>Canavalia ensiformes</i>	Feijão-de-porco
<i>Centrosema pubescens</i>	Centrosema
<i>Colopogonium mucoloides</i>	Colopogonio
<i>Heliantus annuus</i>	Girassol forrageiro
<i>Dolichos lablab</i>	Lab-lab
<i>Indigofera hirsuta</i>	Anileira
<i>Macrotyloma axillare</i>	Java
<i>Medicago sativa</i>	Alfafa
<i>Melelotus sp</i>	Trevo-doce
<i>Mucuna aterrima</i>	Mucuna-preta
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Puerária
<i>Sesbania virgata</i>	Sesbânia
<i>Trifolium repens</i>	Trevo branco

Tabela 2. Espécies de gramíneas.

Espécies de Gramíneas	
Nome Científico	Nome Comum
<i>Avena strigosa</i>	Aveia preta
<i>Brachiaria brizantha</i>	Brachiaria
<i>Chloris gayana</i>	Capim-de-rhodes
<i>Cymbopogon citratus</i>	Capim-cidreira
<i>Cynodon dactylon</i>	Capim-bermuda
<i>Digitaria decumbens</i>	Capim-pangola
<i>Eragrostis curvula</i>	Capim-chorão
<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém
<i>Melinis repens</i>	Capim favorito
<i>Panicum milaceum</i>	Painço
<i>Paspalum dilatatum</i>	Grama comprida
<i>Paspalum notatum</i>	Grama-forquilha
<i>Setaria esphacelata</i>	Setária kuzungula
<i>Stonatanaphurm sacundatum</i>	Grama-de-jardim
<i>Vetiveria zizanooides</i>	Vetiver

2.3. Aplicação da Bioengenharia no controle da erosão

As técnicas de bioengenharia de solos, quando comparadas às soluções geotécnicas tradicionais, possuem custo de implantação e manutenção muito inferiores, se mostrando uma tecnologia economicamente viável e sustentável. A diversidade das espécies vegetais com características vegetais favoráveis, aliada à presença de microrganismos úteis e bioinsumos, bem como a disponibilidade de materiais reaproveitáveis, faz do Brasil um ótimo cenário para a aplicação das técnicas de bioengenharia. As condições climáticas do país favorecem o crescimento dessas vegetações durante todo o ano em grande parte do território, reforçando seu potencial para recuperação de áreas degradadas (Loureiro; Guerra, 2023).

Pereira (s.d.), destaca que a escolha da vegetação para proteção e recuperação ambiental deve considerar diversos fatores. Entre os principais, estão os fatores edáficos, que envolvem a adaptação das espécies às condições do solo da área ser recuperada, sendo essencial realizar um estudo prévio do solo. Além disso, as condições climáticas e fatores ambientais desempenham um papel fundamental na eficiência e segurança da recuperação. Os fatores climáticos incluem análises de aspectos como precipitação, ocorrência de geadas, variações de temperaturas e entre outros, enquanto os fatores ambientais estão relacionados à rapidez e segurança da recuperação, considerando os objetivos do projeto e as exigências legais.

A escolha inadequada da vegetação implantada pode comprometer a estabilidade do solo e favorecer o surgimento de erosões. Entre os impactos negativos estão a redução da umidade do solo, instabilidades causadas pela ação do vento sobre árvores, danos estruturais devido o crescimento das raízes, desagregação do solo por raízes superficiais e finas, além da erosão provocada por plantas altas de folhas largas, que aumentam o impacto das gotas d'água ao atingirem o solo (Pereira, s.d.).

A seleção e implementação correta da vegetação são essenciais para obter sucesso no controle de erosão, e estabilizar áreas instáveis. Entre os benefícios, destacam-se a redução no

transporte de sedimentos, da erosão por impacto das gotas de chuva (*splash*) e escoamento superficial (*runoff*). Espécies com folhas curtas e espessas, combinadas com raízes profundas, são as mais eficientes no controle da erosão, oferecendo maior resistência e reforço ao solo, enquanto as plantas rasteiras garantem uma cobertura mais eficiente da superfície, minimizando a degradação (Pereira, s.d.).

3. CONCLUSÕES

As técnicas de bioengenharia têm se mostrado soluções eficazes e sustentáveis para o controle da erosão e recuperação de áreas degradadas. A utilização de materiais como vegetações e estruturas naturais, auxiliam na estabilização de solo, na redução de processos erosivos, na recuperação ambiental e no aumento da biodiversidade. Além disso, essas soluções apresentam vantagens econômicas e ecológicas em comparação aos outros métodos, minimizando impactos ambientais e reduzindo os custos de manutenção.

Dessa maneira, a aplicação dessa técnica se mostra uma ótima opção para a conservação do solo, para ampliar sua eficácia, é essencial investir em pesquisas e incentivo para implementação dessas soluções. Assim, a bioengenharia pode contribuir significativamente para um desenvolvimento equilibrado, conciliando a proteção ambiental com as necessidades da sociedade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – *Campus* Pirapora pelo apoio fornecido e ao Profº Me. Breno Alcântara Silva, por sua dedicação.

REFERÊNCIAS

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. *Conservação do solo*. 10. ed. São Paulo: Ícone, 2017.

GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira (org.). *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos M.. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1983. 194 p.

LIMA, Ana Paula Leite de; DAMATO, José; SOUZA, Caetano Marciano de. *Avaliação de um consórcio gramínea-leguminosa na revegetação de um talude e sua influência na temperatura e umidade do solo*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró – Rn, v. 9, n. 1, p. 249-253, maio 2014. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7337652.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

LEWIS, Lisa. *Soil Bioengineering An Alternative for Roadside Management: a practical guide*. San Dimas, California: United States Department Of Agriculture, 2000. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/t-d/pubs/pdf/00771801.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

LOUREIRO, Hugo Alves Soares; GUERRA, Antonio José Teixeira (org.). *Erosão em áreas tropicais*. Rio de Janeiro: Interciência, 2023. 270 p.

MANHAGO, Simone Rossi. *Técnicas de revegetação de Talude de Aterro Sanitário*. 2008. 27 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Florestas Curso de Engenharia Florestal, Seropédica, 2008. Disponível em: <<http://bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/8683?show=full>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

PEREIRA, Aloisio Rodrigues. *Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão*. S.l: Deflor. 88 p. Disponível em: <<http://deflor.com.br/wp-content/uploads/2021/10/LivroSEAD.pdf#page=2.07>>. Acesso em: 28 mar. 2025.

SILVA, Amanda Christine Gallucci; ARENAS, Flávia Cristina; LUZ, Cristhyano Cavali da; PASSINI, Larissa de Brum. *Influência dos parâmetros de suscetibilidade à erosão nos passivos ambientais rodoviários limítrofes à BR-116/MG*. Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 8760-8776, jan. 2021. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n1-594>. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23616>>. Acesso em: 23 mar. 2025.

SILVA, Maria Sonia Lopes da. (Petrolina). Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Estudos da erosão*. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1995. 22 p. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/33890161.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2025.