

RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCA COM TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.13.22.VI-001>

Letícia Andressa Richter (*), Juliana Ferreira Soares
Universidade Franciscana (UFN), leticiarichter@gmail.com.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi aplicar e avaliar técnicas de bioengenharia no controle e estabilização do talude de uma voçoroca no município de Santa Maria/RS. Para a recuperação da voçoroca foi realizado o isolamento da área do entorno e aplicadas as seguintes técnicas de bioengenharia: biomanta, cordão vegetado com capim vetiver no entorno do talude e revegetação do talude com gramíneas e leguminosas. O desempenho das técnicas foi monitorado e avaliado semanalmente em visitas *in loco* por um período de cinco meses. O isolamento com estacas de ferro não foi suficiente para evitar a entrada de animais (bovinos) na voçoroca. O capim vetiver apresentou um crescimento radicular de 0,20 m, a parte aérea cresceu em torno de 0,30 m, demonstrando resistência ao estresse hídrico e frio. A vegetação de cobertura do talude e a biomanta protegeram o solo contra o efeito “splash” da chuva. Apesar das adversidades encontradas e dos eventos pluviométricos intensos, o talude da voçoroca se manteve estável e sem novos focos de erosão. Sendo assim, pode-se afirmar que as técnicas de bioengenharia aplicadas foram eficientes no controle e estabilização de taludes.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão hídrica, degradação do solo, recuperação ambiental, capim vetiver, biomanta.

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é o tipo de degradação do solo mais conhecida no Brasil, e é observada tanto em áreas rurais e como em áreas urbanas. Caracterizada pelo efeito da chuva no solo, a erosão é o principal agente na redução da produtividade agrícola, devido ao transporte de partículas de solo, matéria orgânica e nutrientes, empobrecendo o solo e contribuindo para a contaminação e assoreamento dos recursos hídricos. A voçoroca é o estágio mais avançado do processo erosivo, onde ocorre perda significativa de massa de solo. Este processo ocorre devido à falta de proteção vegetal e manejo inadequado das áreas agricultáveis (BERTONI e LOMBARDI, 2012; PIRES e SOUZA, 2006; DURLO e SUTILI, 2005).

A degradação dos solos causa impactos de ordem social, econômica e ambiental (HERNANI et al., 2002). Para a recuperação de uma área degradada é necessário adotar um conjunto de ações, como as técnicas de bioengenharia. A bioengenharia utiliza materiais vivos e inertes, como plantas, estacas vivas e biomantas (OLIVEIRA et al., 2012). Para Holanda et al. (2009), o uso de biomanta, associado com retentores de sedimentos e vegetação de desenvolvimento rápido, reduziu os efeitos de solapamento na base do talude do Rio São Francisco, controlando o desmoronamento do solo e aumentando a resistência ao cisalhamento do solo. De acordo os autores, a bioengenharia de solos é uma das formas mais eficazes na contenção da erosão, pois promove a estabilização do talude sem a necessidade de cálculos estruturais complexos.

A utilização de vegetação como técnica de bioengenharia é aplicada para estabilizar taludes e controlar a erosão, uma vez que suas raízes aumentam a resistência ao cisalhamento do solo (BARBOSA e LIMA, 2013). Para a escolha da vegetação, deve-se considerar as características edáficas e climáticas do local, fatores ecológicos, reprodutivos e aptidão biotécnica (DURLO E SUTILI, 2005). O capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) é tradicionalmente utilizado na recuperação de áreas degradadas por possuir um sistema radicular desenvolvido e profundo, podendo alcançar 5 metros. Os cordões de vetiver auxiliam na redução do escoamento superficial, retenção de sedimento e estabilização de taludes (CHAVES e ANDRADE, 2013). A revegetação do talude é utilizada para proteger e controlar o impacto da gota da chuva no solo, contribuindo na estruturação do solo. Para aumentar a eficiência utiliza-se o consórcio de gramíneas e leguminosas devido à rapidez de crescimento e recobrimento do solo (COUTO et al., 2010).

As biomantas são utilizadas em taludes a fim de oferecer proteção contra os efeitos dos agentes erosivos. As biomantas são compostas por fibras biodegradáveis e fibras sintéticas. As fibras são costuradas industrialmente, promovendo a cobertura do solo exposto e reduzindo o impacto da água da chuva no solo. Para Holanda et al. (2009), o uso de biomanta contribuiu para a estabilização do talude e mostrou eficiência no controle do processo erosivo. De acordo com os resultados obtidos no estudo de Bezerra et al. (2011), as biomantas garantiram uma proteção inicial contra o efeito *splash* (impacto da gota da chuva com o solo), escoamento superficial e remoção de partículas. Na parcela com solo exposto o escoamento superficial foi de 297,16 L/m², enquanto na parcela com biomanta e gramíneas foi de 128,81 L/m². No controle de sedimentos, a biomanta com gramíneas atingiu 1.312,92 g/m² e no solo exposto chegou a 19.778,13 g/m².

De acordo com Hernani et al. (2002), a perda da camada superficial anual no Brasil é estimada em 750 milhões de toneladas de solo em áreas de lavoura e de 70 milhões de toneladas nas áreas de pastagem. Neste sentido, a utilização de biomantas e revegetação apresentam-se como potenciais alternativas para o controle destes problemas. As técnicas de bioengenharia apresentam diversos benefícios em relação a técnicas tradicionais, tais como: a utilização de materiais locais e naturais, compatibilidade ambiental, facilidade em trabalhar em lugares de difícil acesso, menor requerimento de maquinário pesado e melhor relação custo-benefício (COUTO et al., 2010).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi aplicar e avaliar técnicas de bioengenharia no controle e estabilização do talude de uma voçoroca no município de Santa Maria/RS. As técnicas utilizadas foram: capim vetiver, biomanta e revegetação com espécies de cobertura.

METODOLOGIA

A área de estudo está localizada no município de Santa Maria/RS, na localidade de São Valentim, nas coordenadas 29°44'3.65" S e 53°53'48.61" O. De acordo com o Atlas Climático do Rio Grande do Sul (WREGGE et al., 2011), a temperatura média de Santa Maria é 20,7 °C e a precipitação média anual de 1589,3 mm. O clima da região conforme a classificação de Köppen é Cfa, caracterizado como subtropical úmido, com verões quentes, sem estação seca definida. A temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C. O Regime pluviométrico é isoigro, ou seja, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (MORENO, 1961). O solo da área pertence a unidade de mapeamento São Pedro, classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2006; VELASQUEZ e RIGHES, 2019).

A metodologia para a recuperação da voçoroca constituiu-se na aplicação de técnicas de bioengenharia. A primeira ação adotada foi o isolamento da área degradada, com o objetivo de evitar o fluxo de animais e máquinas no local (Figura 1A). Para o isolamento foi utilizado estacas de ferro, próprias para cercamento temporário com três fios. Desde modo, o isolamento impede a intensificação dos caminhos já existentes bem como a formação de novos caminhos que ao longo do tempo poderiam se tornar em novos sulcos. A segunda ação foi o plantio do capim vetiver no entorno da voçoroca (Figura 1B), a fim de reduzir a velocidade do escoamento superficial da água e estabilizar o talude, uma vez que esta espécie apresenta sistema radicular profundo. O plantio foi realizado em covas de aproximadamente 0,10 x 0,10 m, com distanciamento entre plantas de 0,50 m. No entorno da voçoroca foram plantados 80 mudas de capim vetiver, o restante foi plantado em áreas com rebaixamento de solo.

Visando aumentar a estabilidade do talude e facilitar o semeio das plantas de cobertura e a aplicação da biomanta, realizou-se a conformação do talude para diminuir sua inclinação (Figura 1C). Com o talude conformado, as sementes de aveia preta e nabo forrageiro foram semeadas a lanço de maneira heterogênea e o feijão guandu foi semeado aleatoriamente em covas de aproximadamente 2 cm de profundidade (Figura 1D). As plantas de cobertura foram escolhidas considerando a época do plantio. No inverno foram semeados o feijão guandu (*Cajanus cajan*), utilizado como adubação verde, tolerante a seca, frio, plantio em época de chuva, se desenvolve em solos frágeis e bem drenados, e apresenta sistema radicular profundo, podendo melhorar áreas instáveis; a aveia preta (*Avena strigosa*), é utilizada como adubo verde e também para revegetar rapidamente áreas desnudas, suporta diferentes climas; o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), comumente cultivado na agricultura como adubo verde e cobertura vegetal, apresenta alta produção de massa verde durante a época mais fria do ano, cobrindo o solo durante o período de chuvas, se desenvolve em solos fracos e tolera a geada. Para a vegetação do talude germinar foi realizado a rega 3 vezes por semana durante 3 semanas. Na primavera foi semeado feijão guandu (*Cajanus cajan*).

Para finalizar, foi aplicada biomanta de palha agrícola no sentido da declividade do talude (Figura 1D). A biomanta utilizada foi a Tela Biotêxtil® 400UP (Deflor Bioengenharia). A biomanta tem a funcionalidade de proteger as superfícies expostas dos taludes, evitando a erosão superficial. Após a sua instalação, ela faz o sombreamento e proteção do solo. É fabricada de materiais biodegradáveis, auxilia na conservação da umidade do solo e favorece a infiltração da água. Para a fixação da biomanta utilizou-se grampos de metal com comprimento em torno de 0,15 a 0,20 m, feitos com arame para atilho. Para garantir uma fixação eficiente, colocou-se grampos a cada 0,30 m nas extremidades e sobreposições, no restante foi utilizado um distanciamento maior, conforme a necessidade.

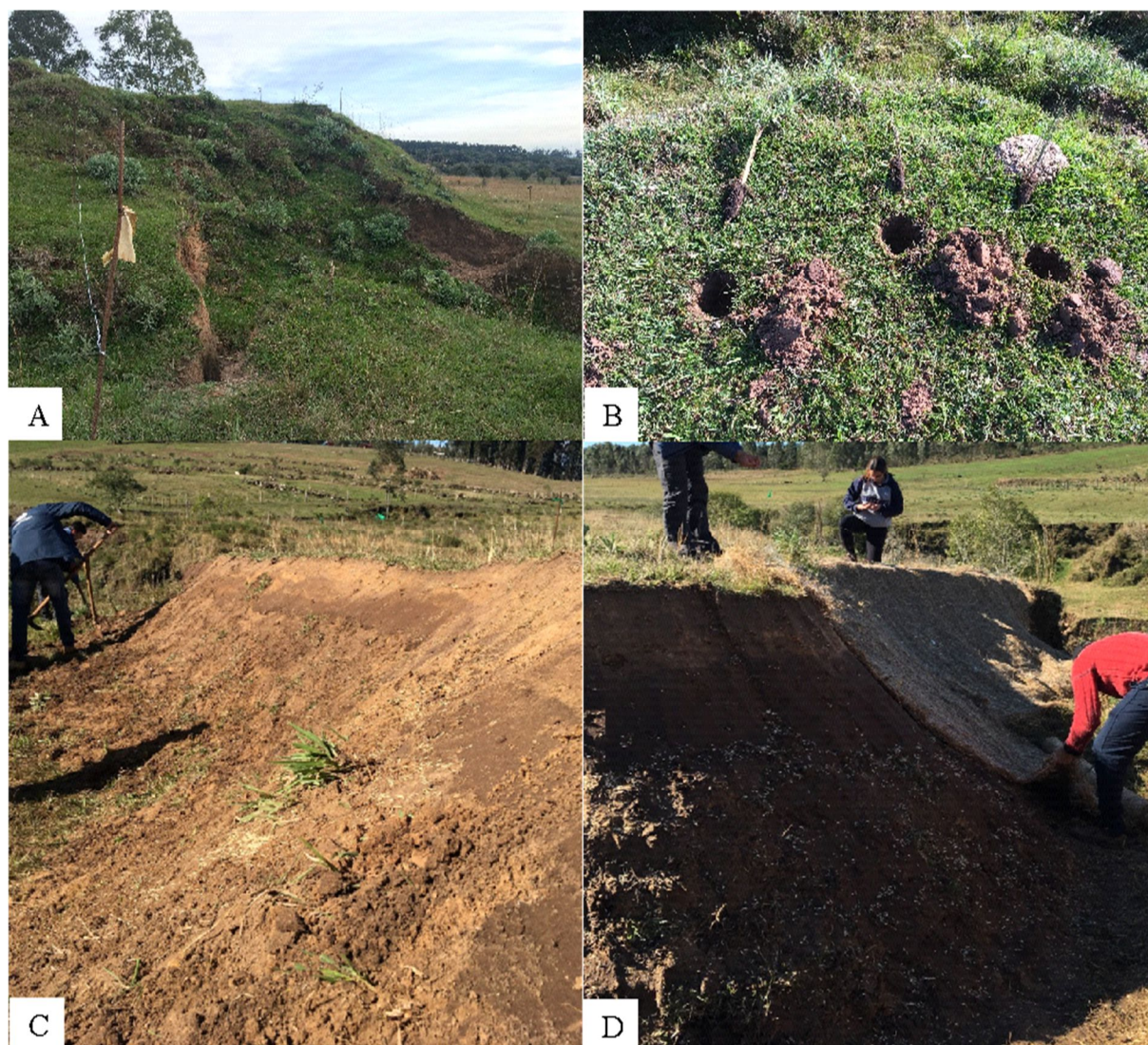


Figura 1: Aplicação das técnicas de bioengenharia. Fonte: Autor do trabalho.

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a partir do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP). A estação utilizada foi a Estação Meteorológica de Santa Maria (29°42' S, 53°42' O e 95 m de altitude), pertencente ao INMET, distante da área aproximadamente 8 Km.

A área foi monitorada semanalmente, durante 5 meses, para avaliar qualitativamente as técnicas de bioengenharia utilizadas. Durante as visitas realizadas, a evolução de cada técnica foi registrada por meio de fotografia. Após cada monitoramento, com o auxílio das imagens, foi redigido um relatório descritivo da situação da área de estudo.

RESULTADOS

De acordo com os resultados do monitoramento qualitativo das técnicas de bioengenharia, o vetiver apresentou menor crescimento nos meses de junho, julho e agosto, início do inverno na região sul do Brasil, demonstrando resistência da planta ao clima frio. O desenvolvimento máximo do vetiver se dá em condições de maior exposição solar, por ser uma planta do tipo C4. Nas plantas com fisiologia C4, ocorre uma forte redução da atividade fotossintética, quando em temperaturas inferiores a 15 °C, sendo um dos principais agentes causadores da estacionalidade de produção (SILVA, 1995). De modo geral, as plantas do tipo C4, desempenham maior capacidade de realizar processos fotossintéticos em ambientes com temperatura elevadas, fazendo com que a planta fixe mais CO₂ por unidade de água perdida. Logo, esse tipo de planta perde menos água durante a fixação do CO₂ e a fotossíntese.

Na figura 2A, pode-se observar o desenvolvimento aéreo do capim vetiver. No primeiro mês as folhas secaram devido ao clima da região e a falta de chuva (Figura 2B). No início da primavera, quando o frio mais intenso havia passado, o capim começou a apresentar sinais de brotamento. No dia 13 de novembro, a parte aérea apresentava entorno de 0,30 m (Figura 2C). No último monitoramento, no dia 20 de novembro, constatou-se que o gado havia invadido a voçoroca e comido os

capins vetiver (Figura 2D). Conforme mostra a figura 3A, as raízes do vetiver cresceram, aproximadamente, 0,20 m nos 5 meses de monitoramento. Na figura 3B é possível visualizar 3 perfilhos, modo este de reprodução do capim vetiver. De acordo com o estudo de Barbosa e Lima (2013), o capim vetiver melhorou os parâmetros de resistência do solo, com consequente elevação do fator de segurança de taludes e aumento da resistência ao cisalhamento.

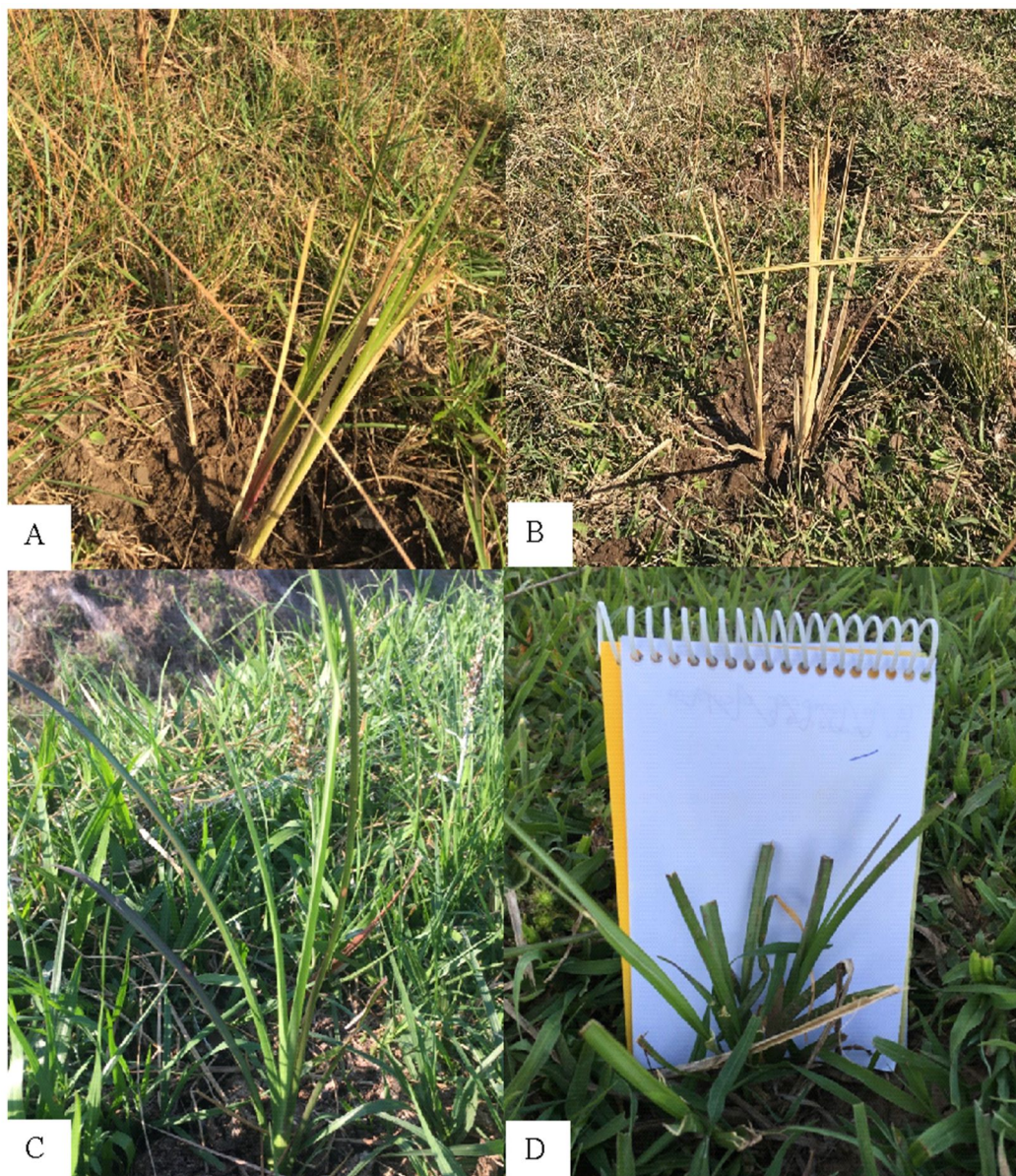


Figura 2: Desenvolvimento da parte aérea do capim vetiver. Fonte: Autor do trabalho.

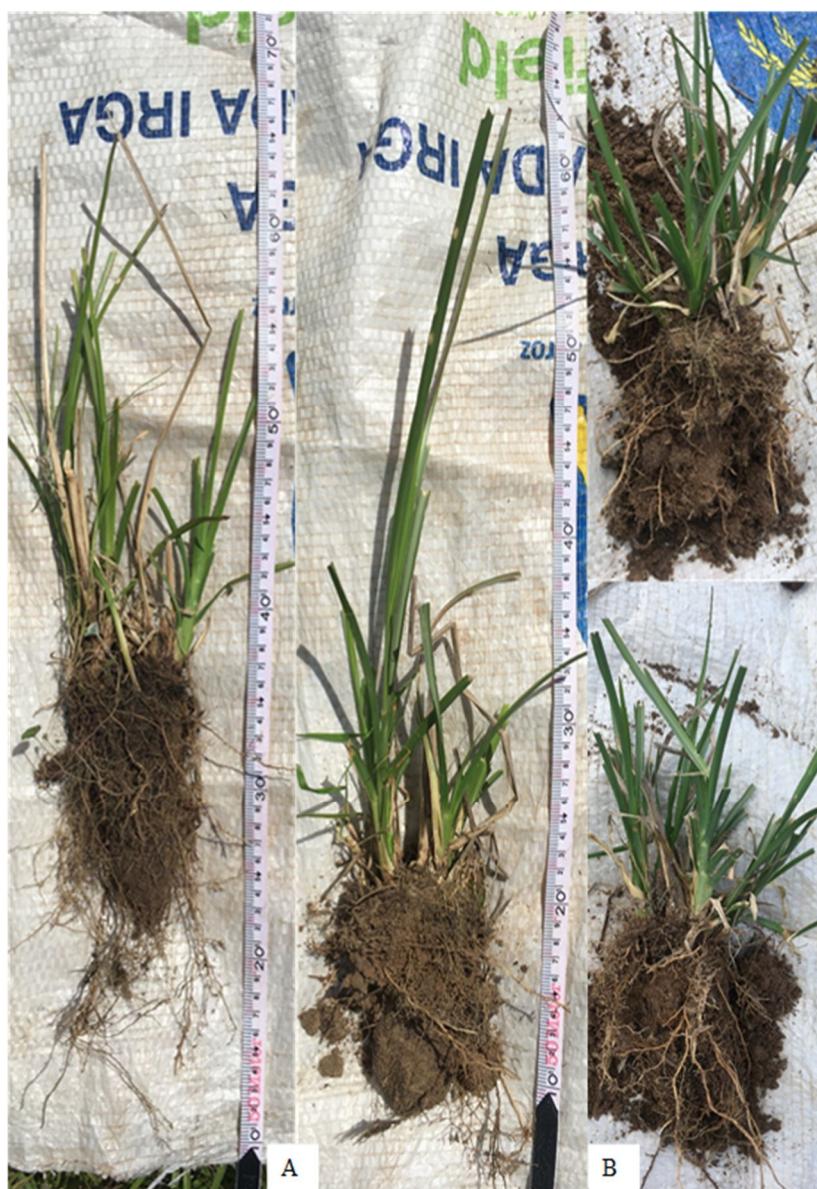


Figura 3. Raízes do vetiver. Fonte: Autor do trabalho.

Os resultados obtidos ao longo do período de monitoramento das técnicas de bioengenharia mostraram a importância das técnicas e elementos utilizados. A biomanta de palha agrícola 400UP amorteceu o impacto da chuva sobre o talude e forneceu sombra, garantindo a umidade do solo. As plantas com área foliar maior, como o nabo forrageiro e o feijão guandu encontraram dificuldade para passar pela malha (Figura 4A), já a aveia, por ter folhas mais estreitas, encontrou maior facilidade para passar pela malha (Figura 4B). A longevidade da biomanta é de 12 a 30 meses. Ao final do monitoramento, a malha de polipropileno não apresentou sinais de degradação, apenas nos locais úmidos a palha da biomanta mostrou sinais de degradação. A biomanta garante a proteção inicial do solo, assim como a redução de escoamento superficial e a redução de produção de sedimentos (BEZERRA et al., 2011).



Figura 4: Malha de polipropileno biodegradável. Fonte: Autor do trabalho.

No tocante à vegetação escolhida para o talude, a aveia preta apresentou um desenvolvimento superior comparado com as outras culturas, desenvolveu-se mais rápido e teve mais facilidade para passar pela malha da biomanta. Aos 22 dias após a sementeira, a área da voçoroca foi invadida pelo gado, a vegetação foi comida rente ao chão. No total foram 8 invasões, em todas a vegetação serviu de alimento para os animais. Além disso, os animais danificaram a malha de polipropileno e pisotearam o talude provocando deformidades no solo.

Na figura 5 é possível observar como era a voçoroca e como ficou após a aplicação das técnicas de bioengenharia. Devido a voçoroca estar em área de pecuária, o cercamento com estacas de ferro não foi suficiente para evitar que o gado entrasse na voçoroca. Para ser mais eficaz e garantir que nenhum animal entrasse na área isolada, a melhor opção seria uma cerca com tramas e palanques com quatro fios.

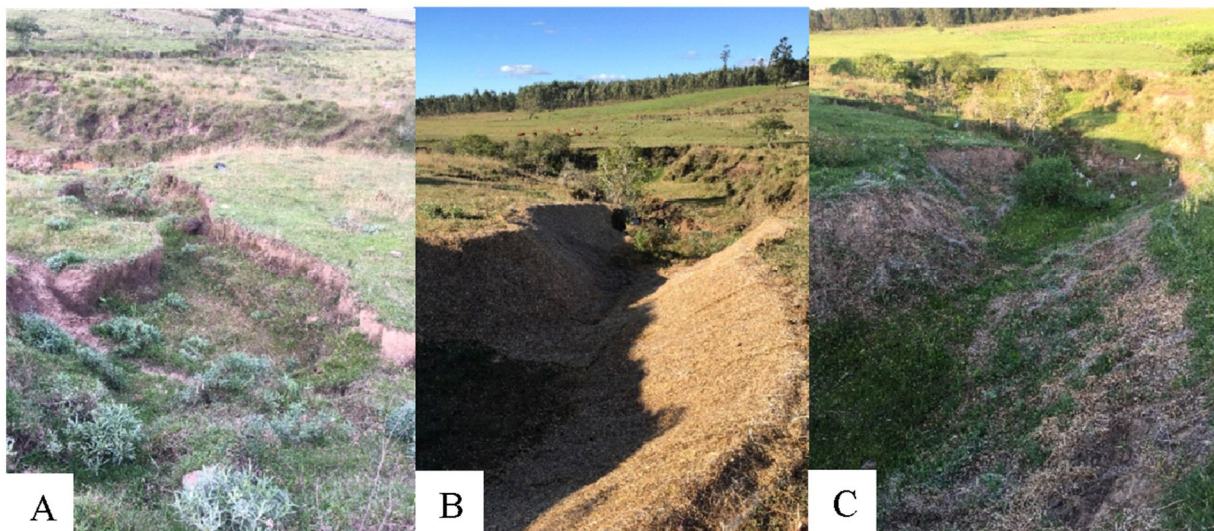


Figura 5: Aplicação de técnicas de bioengenharia em voçoroca. Voçoroca (A) antes e (B) após a aplicação das técnicas de bioengenharia, e (C) voçoroca após o último monitoramento. Fonte: Autor do trabalho.

Durante o período de monitoramento foi registrado um total de 936,9 mm de chuva. Observou-se que após o plantio do capim vetiver no mês de junho, houve uma chuva de 20,3 mm. O recomendado para o capim se estabelecer é plantá-lo em períodos chuvosos. Com isso, a vegetação sofreu estresse hídrico, pois houve pouca precipitação após o plantio, afetando o desenvolvimento da planta. As demais técnicas foram implementadas no início de agosto. Neste mês, a precipitação total foi de 91,3 mm. Para a vegetação do talude germinar foi realizada a rega 3 vezes por semana durante 3 semanas. No mês de outubro choveu 460,3 mm, no entanto, não foi verificado nenhum foco de processos erosivos novos ou de danificação no talude por consequência da chuva.

CONCLUSÃO

A metodologia utilizada no projeto foi considerada satisfatória, atendendo o objetivo proposto. O monitoramento semanal permitiu acompanhar o desenvolvimento da cobertura vegetal e o processo de biodegradação da biomanta. A biomanta protegeu inicialmente o solo contra o efeito “splash”, auxiliando na redução do escoamento superficial. A vegetação do talude, juntamente com a biomanta, protegeram o solo exposto.

Durante o período de monitoramento a voçoroca foi invadida algumas vezes pelo gado. O isolamento não foi suficiente para impedir a entrada dos animais na voçoroca. Considerando as adversidades encontradas e os eventos pluviométricos ocorridos na região, o talude se manteve em ótimo estado, não havendo novos focos de erosão. Deste modo, as técnicas de bioengenharia se mostraram eficazes na recuperação da área degradada, auxiliando na contenção da erosão e na estabilização de taludes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, M. C. R.; LIMA, H.; M. de. **Resistência ao cisalhamento de solos e taludes vegetados com capim vetiver**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 1, p.113-120, 2013. ISSN 1806-9657.
2. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. ed. 8. São Paulo: Ícone, 2012.
3. BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; RODRIGUES, S. C. **Aplicação de geotêxteis biodegradáveis na redução do escoamento superficial e controle da erosão superficial, Uberlândia, MG**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 12, n. 2, 2011.
4. CHAVES, T. de A.; ANDRADE, A. G. **Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*): Produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas**. Niterói: Programa Rio Rural, 2013.
5. COUTO, L. et al. **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil**. Viçosa-MG: Centro Brasileiro para Conservação da Natureza e Desenvolvimento Sustentável (CBCN), 2010. 118.p.
6. DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia – Manejo biotécnico de cursos de água**. Santa Maria: EST, 2005.
7. EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2006. 306p.
8. HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L. de; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C. de; CASTRO FILHO, C. de; LANDERS, J. N. **A erosão e seu impacto**. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 5, p. 47–60.
9. HOLANDA, F. S. R.; BANDEIRA, A. A.; ROCHA, I. P. da; ARAÚJO FILHO, R. N. de; RIBEIRO, L. F.; ENNES, M. A. **Controle da erosão em margens de cursos d'água: das soluções empíricas à técnica da bioengenharia de solos**. Revista Ra'ega, v. 17, n. 1, p. 93-101, 2009.
10. MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia. 1961. 61 p.
11. OLIVEIRA, C. M. M. de; PORTOCARRERO, H.; CAMPOS, T. M. P. de; ANDRADE, A. G. de; PROTÁSIO, F. N. M.; ESCOBAR, F. **Análise de estabilidade de um talude de corte submetido a técnicas de bioengenharia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 16., 2012, Recife. Anais. Recife: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Universidade Católica de Pernambuco, 2012.
12. PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. de. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 216p.
13. SILVA, S. C. da. **Condições edafo-climáticas para a produção de *Panicum sp.*** In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.129-146.
14. VELASQUEZ, R. P.; RIGHES, A. A. **Controle de voçoroca em argissolo vermelho em São Valentim-RS**. *Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas*, v. 20, n. 1, p. 53-69, 2019.
15. WREGGE, M. et al. **Atlas climático do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2011.