

ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES MARGINAIS COM USO DE VETIVER: EXPERIMENTO NO RIO CUIABÁ, ESTADO DE MATO GROSSO - BRASIL

Elder de Lucena Madruga, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil,
elmadruga@gmail.com

Fernando Ximenes de Tavares Salomão, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá,
Brasil, ximenes@ufmt.com

Sérgio Luiz Morais Magalhães, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil,
serjao@gmail.com

Bruno Camargo Madruga, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil.

Resumo – A tecnologia denominada *Vetiver Grass Technology* (VGT) ou Sistema Vetiver (SV) é utilizada com eficiência em vários países no controle de processos erosivos e estabilização de taludes. Este trabalho desenvolvido num trecho do rio Cuiabá, localizado no Pantanal Matogrossense objetivou avaliar sua eficácia em um talude na margem do rio meandrante. A pesquisa se desenvolveu desde a produção de touceiras para mudas, plantio, e acompanhamento do desenvolvimento das plantas e dos processos erosivos e de desbarrancamentos. O experimento demonstrou que a tecnologia do Sistema Vetiver é eficaz, de fácil aplicação e de baixo custo. Os resultados mostraram que esse capim se desenvolve tanto em solos arenosos como argilo-arenosos, sem qualquer preparo prévio de tratamentos culturais. É tolerante ao período de submersão durante o período de cheias e eficiente no controle da erosão fluvial e desbarrancamento do rio.

Palavras-Chave – Erosão fluvial, Desbarrancamentos, Estabilização de taludes, Controle de erosão.

Abstract – The *Vetiver Grass Technology* (VGT) or *Vetiver System* (VS) is used efficiently in several countries in erosion control and slope stabilization. This work developed along a stretch of the Cuiabá River, located in the Pantanal Matogrossense, aimed at evaluating its effectiveness of a slope on an embankment of the meandering river. The research was developed from the production of clumps for seedlings, planting, and monitoring the development of the plants and erosive processes and embankment slopes. The experiment showed that the *Vetiver System Technology* is effective, easy to use and it costs low. The results showed that the grass grows well in sandy soils and also in sandy-clay ones, without any previous preparation of cultivation practices. It is tolerant to submergence during floods and effective in controlling fluvial erosion and embankment slope of the river.

Keywords: Fluvial Erosion, Embankment Slope of the River, Slope Stabilisation, Erosion Control

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica formada pelo rio Cuiabá subdivide-se em Alto, Médio e Baixo Cuiabá. O rio tem suas nascentes nas encostas da Serra Azul, município de Rosário Oeste, na junção dos rios Cuiabá da Larga e Cuiabá Bonito. No município de Nobres, mais caudaloso pela afluição do rio Manso, passa a se chamar rio Cuiabá. Com largura média de 150 m, seus principais afluentes são o ribeirão Pari e os rios Manso, São Lourenço e Coxipó.

A bacia hidrográfica do rio Cuiabá inclui o trecho principal do rio Cuiabá e os seus tributários a montante de Porto Cercado, abrangendo cerca de 100.000 km², com comprimento 828 km de curso principal até a foz com o rio Paraguai. A bacia abrange 13 municípios e inclui algumas zonas de proteção ambiental como o Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense, localizado perto da foz do rio Cuiabá; o Parque Nacional Chapada dos Guimarães, localizado no trecho alto da bacia, e uma Área de Proteção Ambiental (APA) que lhe é adjacente. A Figura 1 situa a bacia do rio Cuiabá.



Figura 1. Rio Cuiabá no contexto das bacias hidrográficas brasileiras.

A situação ambiental e hídrica da bacia do rio Cuiabá resulta não apenas da ocupação humana, mas também das próprias características topográficas da região. A qualidade da água no trecho superior da bacia é afetada pela sedimentação e alteração dos padrões de ocupação do solo. Os solos arenosos e a topografia acidentada desta região produzem elevadas taxas de sedimentação, principalmente com a remoção da cobertura florestal das matas ciliares. Ao longo dos seus 828 km de extensão, o Rio possui uma área 16.000 ha de Preservação Permanente (APP), da qual aproximadamente 2.000 ha encontram-se degradadas, com

necessidade de algum tipo de intervenção humana. A bacia do rio Cuiabá alberga cerca de 75% da população do estado de Mato Grosso, Brasil.

A erosão fluvial e desbarrancamentos no rio Cuiabá são problemas conhecidos, e tem causado impactos econômicos, sociais e ambientais relevantes, com prejuízos sociais, culturais, econômicos e ambientais.

Observações locais apontam que tais processos são decorrentes, ou potencializados, pela retirada da mata ciliar, especialmente por tratar-se de um curso de água de conformação meândrica em que a velocidade de corrente é naturalmente mais elevada nos taludes das margens côncavas.

A Figura 2 mostra situação típica observada ao longo do rio Cuiabá, na qual as margens desprotegidas da vegetação são desmoronadas devido à ação da erosão fluvial, assim como pelo embate das ondas formadas pela movimentação de barcos motorizados.



Figura 2. Na parte superior margem protegida com vegetação, à esquerda, e à direita margem desmatada com talude marginal sofrendo processos erosivos e de desbarrancamentos. Fotos inferiores trechos do rio com suas margens em processo ativo de desbarrancamentos (Fotos de abril de 2008 e junho de 2011).

Tais processos se intensificaram em trechos do rio situados em pleno Pantanal Matogrossense, onde se observa a ocupação descontrolada em busca de atrativos de lazer, culminando com a remoção da cobertura vegetal ciliar, para facilitar o acesso ao curso de água, expondo as margens à ação erosiva.

São observadas algumas medidas isoladas, por iniciativa principalmente dos ribeirinhos, visando a proteção dos taludes com uso de concreto, madeira, palha, pneus dentre outros.

Essas medidas, na maioria das vezes, apresentam resultados insatisfatórios, como o mostrado na Figura 3.



Figura 3. Exemplo de métodos de contenção utilizados na tentativa de conter o desbarrancamento com uso de paliçada, concreto e madeira. (Fotos superiores de 30/4/2008 e inferiores de 6/7/2011).

O presente trabalho tem por objetivo apresentar resultados de experimento aplicado em trecho representativo de talude da margem do canal do rio Cuiabá, utilizando-se para o controle da erosão e do desbarrancamento das suas margens a tecnologia do capim Vetiver. Verificou-se a resistência do capim Vetiver à submersão durante períodos de cheias do rio Cuiabá e sua eficácia no controle da erosão fluvial, contando com o apoio financeiro do CNPq por meio de projeto de pesquisa.

Essa tecnologia, conhecida internacionalmente como VGT (Vetiver Grass Technology) ou SV (Sistema Vetiver), vem sendo aplicada, segundo Truong *et al.* (2009), em mais de 100 países para o controle de erosão e estabilização de taludes, especialmente após o ano de 1987 a partir da publicação do manual do Banco Mundial intitulado “*Vetiver grass: a hedge against erosion*” (The Word Bank, 1987). No Brasil ainda é uma técnica pouco conhecida e empregada, conforme constatam Madruga e Salomão (2005).

A técnica, baseada no uso do capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), cria barreiras vivas e filtrantes de alta resistência, através do sistema radicular resistente, profundo e vertical, que pode alcançar mais de 3 metros de profundidade após um ano de plantio. O capim Vetiver constitui-se numa espécie não invasora, ambientalmente amigável, podendo desenvolver-se em amplas condições climáticas e de solo, inclusive em áreas alagáveis. Segundo Truong et al. (2009), quando utilizada na proteção de obras civis seu custo é ao redor de 1/20 dos sistemas de engenharia tradicionais.

Este capim tem como características morfológicas a formação de densas touceiras que podem superar de 2 metros de altura, suportando fluxos de água relativamente profundos, e apresentando sistema de raízes finas, resistentes e compactas, com rápido crescimento vertical, formando barreiras dispersantes dos fluxos d'água, diminuindo a velocidade das águas de percolação, atuando ainda como um filtro muito efetivo dos sedimentos, fazendo do vetiver planta que reúne importantes características para a estabilização geotécnica de taludes (Truong et al 2009).

Em relação as suas características fisiológicas apresenta tolerância a variações climáticas extremas como seca prolongada, inundações, submersão e temperaturas extremas de -15°C a +55°C. Liao (2000) mostrou que o vetiver em três semanas se adapta às condições de zonas úmidas através do desenvolvimento de tecido aerênquima para fornecimento de oxigênio para as raízes. É tolerante a pH desde 3,3 a 12,5, a herbicidas e praguicidas. Possui alta eficiência em absorver nutrientes tais como N e P e metais pesados em águas contaminadas.

Experiências bem sucedidas de controle da erosão fluvial foram testadas e têm sido utilizadas em vários países, por exemplo, Austrália, China, Filipinas, Camboja e Vietnã. Destacam-se ainda os trabalhos de Le Viet Dung et al (2003) e Chengchun Ke et al (2003) que demonstraram o sucesso da aplicação dessa tecnologia em rios como o Youjing, sul da China, e Mekong no Camboja e no Vietnã. Metcalfe et al (2003) realizaram estudos das características hidráulicas de barreiras de vetiver, e Jaspers-Focks e Algera (2010) estudando o uso de barreiras de Vetiver na proteção de margens de rios concluíram ser o método eficaz, ambientalmente seguro, de baixo custo, podendo ser aplicado e mantido pelos próprios ribeirinhos.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A definição de local representativo para a implantação do experimento foi realizada com base em levantamentos feitos em parceria com o Ministério Público de Mato Grosso e Instituto Ação Verde, cujo trabalho resultou na elaboração de um Mapa de Risco ao Desbarrancamento ao longo de um trecho do rio Cuiabá entre as localidades de Barra do Aricá e de Barranco Alto.

O local escolhido situa-se nas coordenadas UTM 603864/8239757, representado na Figura 4, estando a 13 km da cidade de Santo Antônio de Leverger, sendo 13 por estrada asfaltada.



Figura 4. Local do talude marginal do rio Cuiabá onde foi implantado o experimento (imagem obtida do Google Earth em 13 de julho de 2013, Fotos de 3/6/2011).

Trata-se de área desprovida de vegetação ciliar, com taludes arenosos e sujeito a erosão fluvial que, segundo informações de morador local, avança em média 1 metro anualmente.

Com o apoio logístico do Instituto Ação Verde, implantou-se em seu viveiro na margem do rio Cuiabá (município de Santo Antônio de Leverger, coordenadas UTM 604031/8236083) um canteiro do capim Vetiver cujas mudas foram fornecidas pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso, através do viveiro sediado, na cidade de Poconé/MT, implantado nos anos 90. Originalmente as mudas foram fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de Cruz das Almas, Bahia (Figura 5).

Em 21 de janeiro de 2011 produziu-se cerca de 200 mudas, com espaçamento de 50x70 cm, para produção de touceiras. O canteiro foi implantado ao lado do viveiro, em terreno aterrado com material de textura argilo-arenosa, não havendo nenhum tipo de correção ou aplicação de fertilizantes no mesmo (Figura 6).



Figura 5. Mudanças de Vetiver obtidas por viveiro em Poconé, Mato Grosso (Foto de 20/1/2011)



Figura 6. Viveiro com touceiras de vetiver com 10 meses e 10 dias (foto de 24/08/2012).

O experimento com o Vetiver foi implantado na margem esquerda do rio Cuiabá (Figura 4), sem qualquer preparação prévia do terreno para o plantio das mudas, seja por regularização do terreno, retaludamento, correção pH ou aplicação de nutrientes.

As mudas foram produzidas em sacos plásticos (7x12cm) com plantio na área do experimento quando atingiram 4,5 meses de idade.

No dia 3 de junho de 2011, num trecho de 15 metros de comprimento foram plantadas 9 linhas de mudas de Vetiver no comprimento do talude, com espaçamento de 1 metro entre linhas, e 10 mudas por metro linear, com linhas perpendiculares a estas, espaçadas a cada metro, totalizando aproximadamente o uso de 1400 mudas (Figura 7).

Após o plantio procedeu-se a rega das plantas 3 vezes por semana, durante 3 semanas consecutivas, através de motobomba.



Figura 7. Densidade do povoamento no plantio do Sistema Vetiver, em 3 de junho de 2011.

No dia 20 de agosto de 2012, foi realizada uma poda nas touceiras deixando-as em torno de 30cm acima da superfície do terreno, para observar a distribuição das mudas ao longo das linhas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O capim Vetiver demonstrou ser de característica muito rústica, desenvolvendo-se tanto em terrenos argilosos do viveiro como arenosos à margem do rio. Plantado nas condições naturais do terreno, sem qualquer preparo na regularização do mesmo ou adubação, com apenas três regas semanais, por três semanas após o plantio. Considerando-se o período de 6 meses, o capim se desenvolveu lentamente, abaixo da expectativa, como constatado na Figura 8.

A poda realizada em 20 de agosto de 2012 (Figura 9) para melhor observação da distribuição das mudas de Vetiver ao longo das linhas implantadas, o que possibilitou melhor contatar sua fixação no terreno, ainda que sem os tratamentos culturais normalmente aplicados.

Observou-se que as duas primeiras linhas, na parte inferior do talude, foram eliminadas, bem como mudas esparsas ao longo das demais linhas. Concluiu-se que a principal causa foi o pastoreio de Capivaras, muito comum no local, e que as mudas teriam sido eliminadas antes que suas raízes estivessem definitivamente fixadas no terreno. As linhas e mudas suprimidas não foram repostas.



Figura 8. Vista em dois momentos de linhas de vetiver implantadas (foto de 21/12/2011).



Figura 9. Local do experimento após poda (foto de 28/10/2012).

No período chuvoso 2011/2012 o rio Cuiabá com significativa elevação do nível d'água, cobrindo parcialmente a área do experimento, não transbordou, conforme ilustra a Figura 10.

No período de vazante, quando o rio se estabiliza no seu nível mais baixo, após vistoria em campo, constatou-se que houve um crescimento vigoroso das touceiras de Vetiver e que a faixa do talude no qual o experimento está implantado, não foi afetado por processos intensos de erosão e desbarrancamento, a não ser em pontos localizados (Figura 11).



Figura 10. Rio Cuiabá cheio (foto de 23/02/2012).



Figura 11. Touceiras de vetiver em 19 de maio de 2012

Com o início do período chuvoso 2012/2013 as touceiras de Vetiver encontravam-se bem fixadas, mas com desenvolvimento heterogêneo, com touceiras mais vigorosas em algumas porções, e menos em outras, Figura 12.



Figura 12. Experimento no início do período chuvoso de 2012 (foto de 20/11/2012).

No período de cheia de 2012/2013 o rio Cuiabá transbordou. Após as águas baixarem, a vistoria em campo realizada em 17 de maio de 2013, permitiu constatar que as touceiras não foram afetadas mesmo mantendo-se submersas, e tiveram, no geral, um desenvolvimento vigoroso.

Entretanto, a erosão fluvial e o desbarrancamento da porção do talude marginal do rio, tanto a montante quanto a jusante do experimento, foi marcante, como podem ser observados na Figura 13. Observou-se que uma camada de solo de aproximadamente 73 cm foi removida pela erosão fluvial, ficando preservado apenas o pequeno trecho em que o experimento está implantado.

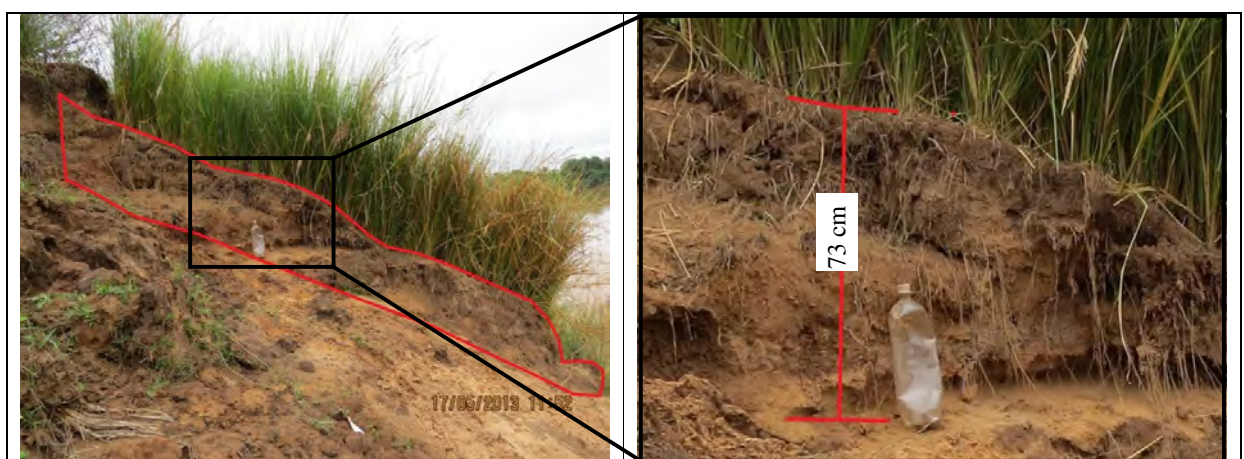


Figura 13. Vista da porção do talude não contemplado pelo experimento evidenciando incisão erosiva em consequência do transbordamento do rio Cuiabá no local (foto de 17/05/2013).

4 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A tecnologia do capim Vetiver, como alternativa à estabilização de margens de rios e diques, tem sido utilizada com sucesso nos últimos anos em vários países, constituindo-se numa esperança de alta eficiência, tolerância ambiental e baixo custo.

O experimento realizado demonstrou que a tecnologia do Sistema Vetiver é de fácil aplicação e de baixo custo. Os resultados mostraram que o capim Vetiver se desenvolve nas condições de solo arenoso do rio Cuiabá, sem qualquer preparo prévio. É tolerante ao período de submersão durante o período de cheias e eficiente no controle da erosão fluvial e desbarrancamento do rio.

O Sistema Vetiver foi eficiente nas condições climáticas do Pantanal Matogrossense de clima Tropical Continental com alternância de estações secas e úmidas, e quentes.

Ressalta-se, assim, a urgência de ações voltadas à adequação do uso do solo e recuperação das áreas degradadas, exigindo intervenções dos órgãos e instituições ligadas a questões ambientais e sociais, ajustadas à natureza desses ambientes e às condições de vida das comunidades ribeirinhas. Para tal, torna-se necessário a realização de estudos específicos preparatórios a essas ações, garantindo a sua eficácia técnica e econômica.

Atualmente já existem no Brasil viveiros com produção comercial de mudas do capim Vetiver. Os resultados do experimento confirmaram a eficiência dessa tecnologia e os baixos custos envolvidos, e motivam a pesquisa e sua aplicação nas condições brasileiras.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo apoio financeiro ao experimento; ao Instituto Ação Verde pelo apoio logístico; à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e ao Ministério Público do Estado de Mato Grosso; e aos Departamentos de Geologia Geral e Engenharia Civil da Universidade Federal de Mato Grosso. Ao professor Dr. Nilton Tocicazu Higa pelo apoio e orientações.

REFERÊNCIAS

- Chengchun Ke; Ziyuan Feng; Xijing Wu; Figen Tu. *Design Principles and Engineering Samples of Applying Vetiver Eco-engineering Technology for Steep Slope and River Bank Satabilisation. Proc. Third Int.Conference on Vetiver, Guangzhou, China, Outubro de 2003.* Disponível em < <http://prvn.rdpb.go.th/files/icv/4-06t.pdf> > Acesso em: 26/04/2010.
- Le Viet Dung, Luu Thai Danh, Truong, P. and Le Thanh Phong, 2003. “*Vetiver system for wave and erosion control in the Mekong delta, Vietnam Proc. Third Int.Conference on Vetiver, Guangzhou, China, Outubro de 2003*”
- Liao, Xindi ,2000. *Studies on plant ecology and system mechanisms of constructed wetland for pig farm in South China. PhD Thesis, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong, China.*
- Madruga, E. de L. e Salomão, F. X. de T., 2005. *Controle de processos erosivos associados à rodovia MT-100, com ênfase da aplicação do sistema Vetiver* In: Congresso Brasileiro de

- Geologia de Engenharia e Ambiental, 11, 2005, Florianópolis, SC. Anais. Florianópolis, SC, 2005, 15p. v. 1. CD-ROM
- Metcalf, O. Truong, P., Smith, R. 2003. *Hydraulic Characteristics of Vetiver Hedges in Deep Flows. Third Int. Conference on Vetiver*, Guangzhou, China, October 2003.
- Jaspers-Focks D.J.; Algera A. *Vetiver Grass for river bank protection*. Delft University of Technology, C.B. van Bossestraat 11, 5612 SC Eindhoven, Netherlands. Disponível em: <http://www.vetiver.com/ICV4pdfs/BA20.pdf> Acesso em: 26/04/2010
- Silva, A; Neves, A.M.A.S.; Neves, R.J., 2008. *Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da erosão marginal do rio Paraguai: Bairro São Miguel em Cáceres/MT-Brasil*. Ver. Geogr. Acadêmica V.2 n.3. 19-27
- Truong, P.; Tan Van, T.; Pinnars, E., 2009. *Aplicaciones del Sistema Vetiver: manual técnico de referencia*. Publicado por The Vetiver Network International. Edição em Espanhol.
- THE WORLD BANK. *Vetiver Grass: The Hedge against Erosion*. Washington, D.C., 1987. 43 p. ISBN 0-8213-1405-X. Disponível em: www.vetiver.com/TVN_greenEng.pdf Acesso em: 30 abr. 2005.
- Tuyusutz, O. 2005. *Jeomorfoloji de Seçme Konular Ders Notlari Ana Sayjase*; Fluvial Systems, Disponível em <<http://www.eies.itu.edu.tr/>> Acesso em: 20 de junho de 2010.