

Avaliação e Proposta de Novas Obras de Engenharia Natural para Estabilização de Taludes Fluviais do Rio Taquari no Município de Estrela, RS

Evaluation and Proposal of New Works of Natural Engineering for Stabilization of River Slopes of the Taquari River in Estrela, RS

Evaluación e Propuesta de Nuevos Trabajos de Ingeniería Natural para la Estabilización de las Laderas del Río Taquari en Estrela, RS

Tadeu de Paula¹

Emerson Luís Musskopf²

RESUMO: O Parque da Lagoa, localizado no baixo curso do Rio Taquari, tem sido um sítio experimental para aplicação de modelos biotécnicos, que visam estabilizar e revegetar taludes fluviais susceptíveis aos processos erosivos. O presente trabalho busca avaliar atributos geotécnicos, ecológicos, econômicos e estéticos de técnicas de engenharia natural implantadas na área do parque no ano de 2010. A partir do diagnóstico destas intervenções biotécnicas, é proposto um projeto de revegetação e estabilização de taludes fluviais com uso das técnicas de bioengenharia, visando mitigar a erosão e ausência de vegetação ciliar que coloca em risco o rompimento da Lagoa Maria Dresch. No decorrer dos anos os modelos biotécnicos aplicados na área do parque adquiriram maturidade ao estabelecer uma vegetação, garantindo estabilidade e proteção às margens do rio. A proposta técnica sugere o uso do material dragado do canal de navegação do rio para remodelagem dos taludes fluviais e a aplicação das técnicas de enrocamento, esteira viva e banquetas vegetadas, por serem soluções viáveis com baixo custo e menor impacto ambiental valorizando fatores ecológicos e paisagísticos. A engenharia natural se apresenta como uma alternativa ambientalmente sustentável e os resultados comprovaram sua eficiência como facilitadora para desenvolvimento da vegetação ciliar, e como ferramenta para correção e diminuição dos processos erosivos ao longo dos cursos d'água.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia natural. Bioengenharia. Erosão. Rio Taquari.

ABSTRACT: *The Lagoa Park, located in the lower course of the Taquari River has been an experimental site for the application of biotechnical models that aim to stabilize and revegetate river slopes susceptible to erosive processes. This paper aims to evaluate geotechnical, ecological, economic and aesthetic attributes of natural engineering techniques implemented in the park area in 2010. Based on the diagnosis of these biotechnical interventions, a revegetation and stabilization*

¹ Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), Vila Tabaí, s/n°, Zona Rural, CEP 95.863-000, Tabáí, RS. tadeudepaulageologo@gmail.com.

² Secretaria de Meio Ambiente do Município de Estrela, Rodovia RS-130, Km 80, nº 5272, CEP 95.940-000, Arroio do Meio, RS. emersonmusskopf@gmail.com.

project for river slopes is here proposed, using bioengineering techniques to mitigate the erosive processes and the absence of ciliary vegetation that could lead to the disruption of the Maria Dresch Lagoon. Over the years, the biotechnical models utilized in the park area have matured, having established a vegetative cover that ensured the stability and protection of the river banks. The technical proposal suggests the use of dredged material from the river navigation channel for remodeling the river slopes and the application of rip-rap, brush mattress and brush layer techniques, as they are viable solutions with low cost and lower environmental impact valuing ecological factors. and landscaped. Natural engineering has shown itself to be an environmentally sustainable alternative, whose results prove its efficiency as a facilitator for riparian vegetation development, and as a tool for correction and reduction of erosive processes along watercourses.

KEY WORDS: *Natural engineering. Bioengineering. Erosion. Taquari River.*

RESUMEN: *El Parque Lagoa, localizado en el curso bajo del río Taquari ha sido el área experimental para la aplicación de modelos biotécnicos que apuntan a estabilizar y reforestar las laderas de los ríos susceptibles a procesos erosivos. Este trabajo tiene como objetivo evaluar los atributos geotécnicos, ecológicos, económicos y estéticos de las técnicas de ingeniería natural implementadas en el área del parque en 2010. Con base en el diagnóstico de estas intervenciones biotecnológicas, se propone un proyecto de reforestación y estabilización de las laderas de los ríos utilizando técnicas de bioingeniería para mitigar la erosión y la ausencia de la vegetación de ribera que pone en peligro la barrera de la laguna Maria Dresch. Con el curso de los años, los modelos biotécnicos aplicados en el área del parque han adquirido madurez al establecer una vegetación que garantiza la estabilidad y la protección de las orillas del río. La propuesta técnica sugiere el uso de material dragado del canal de navegación del río para la remodelación de las laderas del río y la aplicación de técnicas de relleno de rocas, esterillas vivas y “banquetas” con vegetación, ya que son soluciones viables con bajo costo y menor impacto ambiental, valorando factores ecológicos y paisajísticos. La ingeniería natural se presenta como una alternativa ambientalmente sostenible y los resultados demostraron su eficiencia como un facilitador para el desarrollo de la vegetación de ribera, y como una herramienta para la corrección y reducción de procesos erosivos a lo largo de los cursos de agua.*

PALABRAS-CLAVE: *Ingeniería natural. Bioingeniería. Erosion. Río Taquari.*

INTRODUÇÃO

Nos últimos 40 anos, as faixas marginais do baixo curso do Rio Taquari vêm sofrendo com sucessivas intervenções antrópicas. As matas ciliares situadas nas Áreas de Preservação Permanente – APPs (BRASIL, 2012) foram sendo suprimidas pela expansão dos núcleos urbanos e das atividades agrícolas para o cultivo de terras próximas às margens. Estas modificações no meio ambiente deflagram diversos impactos ambientais negativos, e o maior impacto neste decurso do rio é a erosão marginal acelerada e a disseminação de focos erosivos potencializados pelas mudanças na dinâmica fluvial (correntes e ondas) após a construção de uma barragem eclusa, e pelas forças de origem externas (precipitação, enchentes e inundações) que acabam provocando instabilidade dos taludes fluviais, perda de faixas de terras agricultáveis e inundações de povoados.

A erosão natural é um processo que atua de forma lenta, mas contínua, sobre a superfície terrestre, sendo um dos aspectos mais importantes dos cursos d'água (DURLO;

SUTILI, 2014; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). A água é um agente do processo erosivo estando intrinsecamente relacionada à estabilidade de taludes fluviais (SUTILI, 2007). Fontes (2002) descreve que a morfologia dos canais depende do equilíbrio entre erosão e deposição. Em qualquer eventual desequilíbrio o canal fluvial sofrerá um reajustamento de suas variáveis morfológicas com objetivo de alcançar uma nova forma estável, compatível com as novas condições.

A estabilização de taludes fluviais no controle dos processos erosivos deve utilizar técnicas com soluções simples que promovam melhorias ecológicas, econômicas e estéticas, modificando o mínimo as condições naturais preexistentes no local da intervenção (DURLO; SUTILI, 2014). A “engenharia natural”, conhecida também por “bioengenharia de solos” é uma técnica adotada para solucionar problemas de instabilidade, e utiliza-se dos conhecimentos biológicos das plantas que conferem propriedades biotécnicas desejáveis para o uso nas intervenções, podendo ser utilizadas isoladamente ou combinadas com estruturas inertes, como rochas, madeiras, concretos, polímeros e mantas confeccionadas com fibras vegetais (COPPIN; RICHARDS, 2007; DURLO; SUTILI, 2014; GRAY; SOTIR, 1996; SUTILI, 2007). De acordo com Schiechl e Stern (1996), a técnica proporciona aumento da estabilidade do talude pelo estabelecimento de uma matriz solo-raiz e a proteção das margens contra a erosão causada pelo fluxo da água. A redução dos processos erosivos ou ancoramento superficial de massas de solo em obras de estabilização de taludes está diretamente associada à arquitetura e à densidade de comprimento radicular das espécies e do tipo de planta utilizada (MAFFRA *et al.*, 2017). A utilização de plantas garante capacidade de regeneração das partes danificadas e, além disso, a sua eficiência técnica é crescente com o tempo demonstrando resistência ao cisalhamento dos solos, ao contrário da engenharia civil que necessita de manutenções/substituições com o passar dos anos (LI; EDDLEMAN, 2002; MAFFRA *et al.*, 2017; SOUSA; SUTILI, 2017).

Na engenharia natural, os requisitos para elaboração de projetos são os mesmos utilizados em obras tradicionais de engenharia civil, sendo que a principal diferença se encontra nas informações relativas à vegetação, ou seja, as plantas são um fator determinante para o desempenho em nível de qualidade das obras (DURLO; SUTILI, 2014; MAFFRA; SUTILI, 2017). Em frequentes situações a engenharia natural substitui a engenharia civil, porém os materiais vivos geralmente possuem limites biológicos, técnicos e temporais de aplicação e, por questões de segurança, muitas vezes são utilizados apenas como complemento útil e necessário aos métodos convencionais da engenharia tradicional (MAFFRA; SUTILI, 2017; SOUSA; SUTILI, 2017).

As técnicas de engenharia natural no Brasil são recentes e ainda carecem de conhecimentos das propriedades biotécnicas das plantas (SUTILI, 2007). No Estado do Rio

Grande do Sul, destacam-se os estudos de Barro (2011), Denardi *et al.* (2013), Dewes *et al.* (2018), Dewes, Souza e Sutili (2018), Durlo e Sutili (2014), Kettenhuber, Dewes e Sutili (2017), Machado, Magistrali e Araldi (2017), Rauch, Sutili e Hörbinger (2014), Rosa e Durlo (2009), Sutili (2007), Sutili *et al.* (2018) e Sutili, Durlo e Bressan (2004), que descrevem aplicação das técnicas de engenharia natural e avaliam potencial biotécnico de espécies ripárias locais promissoras para estabilização de taludes fluviais e revegetação das margens dos cursos de água.

No Brasil, estudos apontam que as obras de engenharia natural têm custo de execução 50% inferior, em comparação às obras de engenharia tradicional, pelo fato de utilizar materiais naturais normalmente disponíveis próximos dos locais de intervenção e menor exigência de equipamentos pesados e complexos (SOUSA, 2019).

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho ambiental das intervenções executadas pelo município de Estrela, RS, no ano de 2010, e descritas no trabalho de Barro (2011), na margem esquerda do Rio Taquari, no Parque da Lagoa, para estabilização e revegetação de taludes e áreas marginais, onde foram aplicados modelos biotécnicos que recuperaram parcialmente o ambiente. Partindo do diagnóstico destas intervenções, tendo como critério de seleção os modelos que demonstrem serem adequados e viáveis, sob as condições locais, propor-se-á a elaboração de um projeto de revegetação e estabilização de taludes fluviais com uso das técnicas de engenharia natural, visando mitigar os processos erosivos atuantes que colocam em risco o rompimento da Lagoa Maria Dresch.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

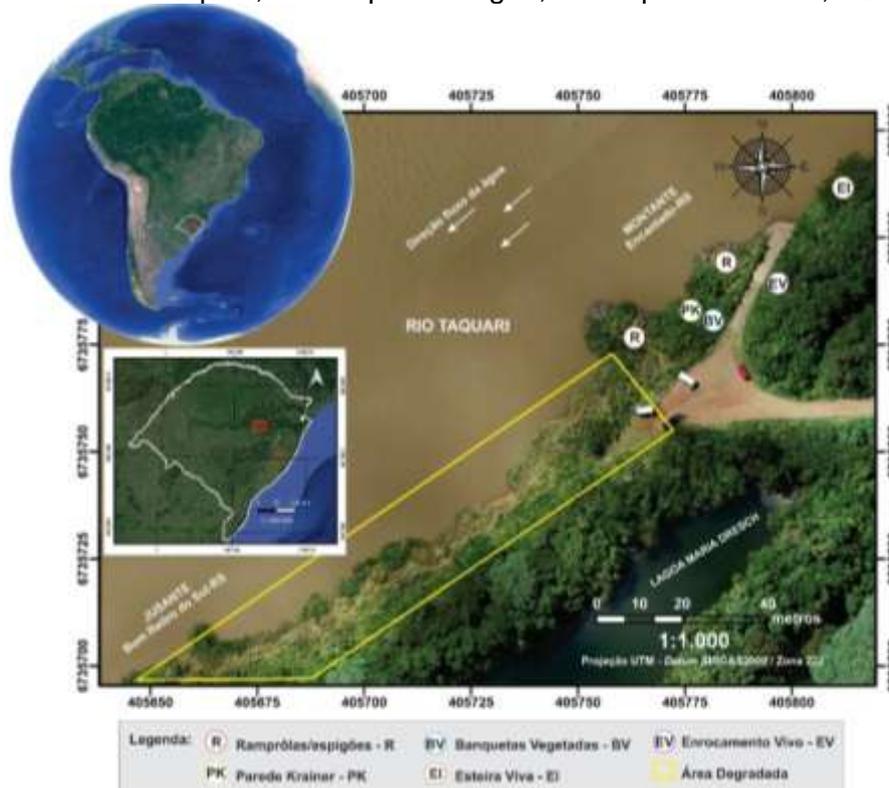
A área está localizada na zona urbana do Município de Estrela, RS, na margem esquerda do Rio Taquari, no Parque da Lagoa, uma unidade de conservação municipal com área superficial de 1,98 hectares (ESTRELA, 2010), nas coordenadas geográficas (Datum SIRGAS 2000) Lat. -29°30'15.230" Long. -51°58'20.130".

As obras que recuperaram as margens do parque com uso de técnicas de engenharia natural abrangem uma área marginal de 40 metros de extensão a montante, com área total de 1.154 metros quadrados. A área-alvo do projeto de recuperação ambiental situa-se a jusante dos locais onde foram realizadas as intervenções anteriores. Trata-se de uma faixa de área marginal formada por taludes fluviais com 120 metros de comprimento, perfazendo uma área total de 1.723 metros quadrados (Figura 1).

O Rio Taquari pertence à Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, localizada na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, que abrange uma área de 26.491,82 quilômetros quadrados (FERRI; TOGNI, 2012; RIO GRANDE DO SUL, 2019). Os trechos do rio Taquari-Antas são subdivididos conforme relevo: baixo, médio e alto curso. A área de estudo situa-

se situada na porção baixa do rio, formada pelas planícies aluviais (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Frequentemente, a região é atingida pelas enchentes e inundações que ocorrem entre os meses de julho a outubro, em virtude da grande área de drenagem (FERRI; TOGNI, 2012; KUREK, 2012).

Figura 1 – Localização da área de estudo na margem do rio Taquari, no Parque da Lagoa, município de Estrela, RS



Fonte: elaborado por De Paula, em Estrela (2019).

A geologia local é constituída por depósitos aluvionares (Q4a), formados de areia grossa a fina, cascalho e sedimento siltico-argiloso, em calhas de rio e planícies de inundação (BRASIL, 2006).

O clima regional é subtropical do tipo “Cfa 2”, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por temperaturas anuais médias entre 18 – 22 C°, com precipitação média anual de 1.347 milímetros (MORENO, 1961).

A vegetação do Município de Estrela está inserida na Região Fitogeográfica da Floresta Estacional Decidual (TEIXEIRA *et al.*, 1986). No Parque da Lagoa, a vegetação nativa remanescente da área caracteriza-se como estágio secundário inicial e médio de regeneração (ESTRELA, 2010).

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido em duas fases distintas: a primeira fase avaliou o desempenho ambiental de cinco técnicas de engenharia natural (banquetas vegetadas, esteira viva, enrocamento vivo, parede krainer e ramprôlas) construídas no ano de 2010 pelo Município de Estrela e descritas no trabalho de Barro (2011), na área do Parque da Lagoa.

As metodologias utilizadas para avaliação das intervenções existentes no parque foram: saídas a campo para avaliar a situação atual das estruturas, consulta ao acervo histórico do Município de Estrela, uso de fotografias, relatórios técnicos internos e registros de enchentes e inundações dos acervos da Secretária Municipal de Meio Ambiente e informações compiladas de trabalhos acadêmicos.

A segunda fase consistiu na elaboração do projeto de recuperação e estabilização de taludes fluviais, que visa a possibilidade de implementação das técnicas de engenharia natural associadas à recomposição da vegetação ripária do local. Previamente foi necessário compreender a fenomenologia e as relações que são responsáveis pelos processos erosivos desencadeados no trecho degradado. Foram realizadas coleta de dados de campo identificando os focos de erosão, altura e declividade dos taludes fluviais, batimetria e o uso de imagens aéreas captadas por drone, possibilitando assim uma melhor visualização e identificação dos pontos críticos que deverão sofrer a adequação ambiental.

Reunidas as informações de campo, as intervenções foram dimensionadas com base no sucesso das técnicas de engenharia natural implantadas anteriormente no parque, verificando a exequibilidade e os riscos associados.

As técnicas selecionadas foram devidamente detalhadas ao nível de procedimentos construtivos com elaboração de mapa de localização, planta e perfil em escala de representação adequada, caracterização e quantificação de materiais inertes necessários para execução de cada técnica e a indicação das espécies vegetais a serem utilizadas no projeto.

DESENVOLVIMENTO

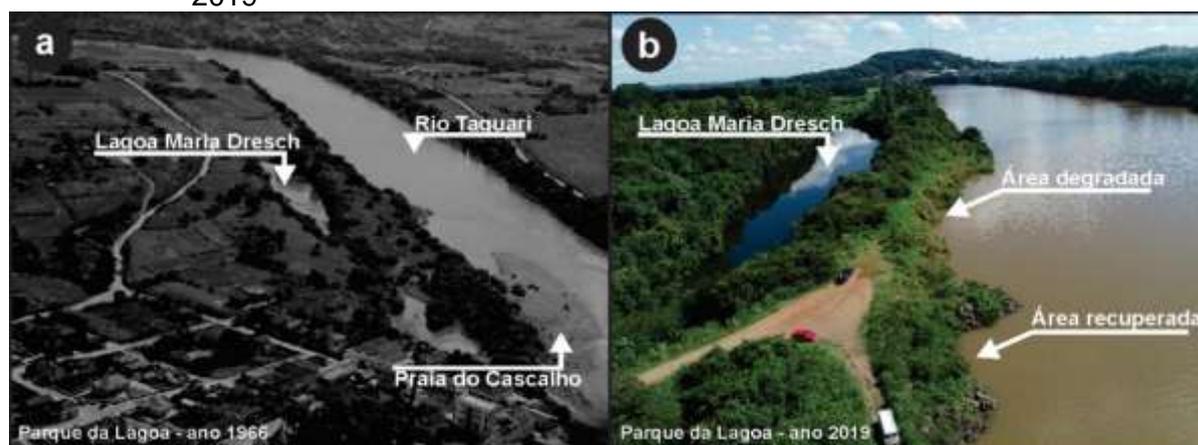
Obras de Engenharia Natural no Parque da Lagoa

O atual Parque da Lagoa na década de 1950 era conhecido popularmente pelo nome “Praia do Cascalho”, uma área destinada ao lazer para os moradores de Estrela (Figura 2a). Com a construção da barragem eclusa no município de Bom Retiro do Sul, 20 quilômetros a jusante da área, por volta do ano de 1977 entrando em funcionamento, o local foi

submergido pelas águas do rio e o ponto de atração turística passou a ser usufruído de forma inadequada pela população que potencializou a geração de fenômenos erosivos típicos destes ambientes ripários (BARRO, 2011).

O baixo curso do Rio Taquari teve seu comportamento morfodinâmico e hidrosedimentológico alterado pela construção da barragem, gerando impactos ambientais que estimulam erosão marginal e a geração de novas áreas sujeitas à inundação (BARRO, 2011). A elevação do nível da água do rio pelo represamento da barragem desempenhou um papel deflagrador na área do parque, contribuindo diretamente na dinâmica de deslizamentos e solapamentos dos taludes fluviais susceptíveis aos processos erosivos. Alguns moradores locais relatam que nas últimas três décadas o Rio Taquari avançou cerca de 40 metros de margem, erodindo uma área superior a 6.000,00 metros quadrados do Parque da Lagoa (BARRO, 2011) (Figura 2b).

Figura 2- a) vista aérea na área do Parque da Lagoa no ano de 1966
b) vista aérea captada com drone na área do Parque da Lagoa no ano de 2019



Fonte: a) Estrela (2019) e b) autoria: De Paula, em Estrela (2019).

Diante dos graves problemas de erosão que vinham ocorrendo no parque, no ano de 2010 a Secretária Municipal de Meio Ambiente de Estrela desenvolveu um projeto com obras de recuperação visando a revegetação e estabilização de áreas marginais do Rio Taquari, aplicando diversos modelos baseados em técnicas de engenharia natural (BARRO, 2011; BARROS, 2017).

Na área do Parque da Lagoa foram instalados uma parede vegetada de madeira (parede krainer), banquetas vegetadas, esteira viva e enrocamento vivo com intuito de estabilizar e revegetar os taludes fluviais, além disto, também foram construídas ramprôlas/espigões com objetivo de intervir no fluxo do canal. Barro (2011) descreve com detalhes a metodologia das técnicas de engenharia natural adotadas no parque.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação do Desempenho das Obras de Engenharia Natural no Parque da Lagoa

Avaliando desempenho geotécnico dos cinco modelos biotécnicos adotados na área do parque no ano de 2010, apenas a técnica da parede krainer obteve resultado insatisfatório, pois devido à baixa resistência da estrutura a erosão causada pelo fluxo e ação da água, não suportando um evento de inundação no ano de 2012, sendo parcialmente danificada (Figura 3a). Observações de campo realizadas pelos técnicos da Secretária Municipal de Meio Ambiente, constataram a ocorrência de fluxo de água transcorrendo a 90° em relação ao eixo do rio durante o período de rebaixamento do nível de inundação, sendo um motivo que pode ter contribuído para que estrutura da parede krainer fosse danificada.

Apesar da parede krainer não ter resistência à ação da água, as espécies vegetativas plantadas adjuntas às estruturas obtiveram desempenho de regular a satisfatório devido à capacidade de regenerar as partes danificadas, garantindo aumento da estabilidade do talude ao longo do tempo pelo estabelecimento de matriz solo-raiz, sem necessidade de novas intervenções no local, além disto, o enrocamento com rochas, implantado na base do talude, absorve o impacto das ondas sobre a face do mesmo, evitando o solapamento (Figura 3b).

Figura 3 – a) estrutura da parede krainer danificada após a inundação no ano de 2012; b) situação no ano de 2019, com desenvolvimento de vegetação ripária ao longo do tempo adquirindo estabilidade e resistência ao talude apesar dos danos causados na estrutura de madeira



Fonte: a) Estrela (2019) e b) autoria: De Paula, em Estrela (2019).

As técnicas de banquetas vegetadas, enrocamento vivo e esteira viva estabeleceram um desempenho geotécnico e ecológico de maneira geral satisfatório, e ambas as técnicas

garantiram a resistência, a proteção e a estabilidade aos fatores naturais que ocorreram ao longo destes últimos nove anos na área. As estruturas e a vegetação resistiram às condições extremas de submersão por períodos relativamente longos, com resistência aos fluxos de água, reforço radicular e alta capacidade de recobrimento rápido das áreas (Figura 4a-b). As plantas asseguraram um adensamento ao longo da face do talude, obtendo um sistema de amortecimento do impacto direto da chuva, do vento e mesmo do escoamento superficial, diminuindo desta forma a erosividade de tais agentes, além disto, promoveu a criação de habitat para animais aquáticos e terrestres, podendo ser recomendada para novas obras de intervenção na área do parque.

Figura 4 – a) esteira viva

b) enrocamento vivo no ano de 2019



Fonte: De Paula, em Estrela (2019).

As duas ramprôlas instaladas às margens do Rio Taquari obtiveram resultados satisfatórios, ou seja, garantiram proteção hidráulica na margem tratada, impedindo que as ondas geradas pelos ventos atinjam diretamente a base do talude, provocando solapamento (Figura 5a).

As ramprôlas afastam o fluxo da corrente de água da margem, direcionando para o centro do canal, a jusante da estrutura, diminuindo a ação da turbulência e da velocidade da água no processo de erosão, e cria uma zona de deposição de sedimentos à jusante (Figura 5b).

Cerca de 80% dos blocos de rochas dispostos na estrutura das ramprôlas tem diâmetros superiores a um metro (BARRO, 2011), e em várias ocasiões as mesmas foram submergidas e nenhum bloco foi movido.

Em relação à função estética das obras de engenharia natural, todas as técnicas apresentaram resultados satisfatórios, evoluindo de uma forma equilibrada, inserindo-se harmoniosamente no espaço natural e integrando nos processos de planejamento e gestão do território. Um desempenho irregular a insatisfatório que vem comprometendo a função estética das intervenções é a falta de controle do vandalismo, a prática de pesca e a pastagem de animais na área do parque.

Figura 5 – **a)** efeito das ramprôlas durante elevação do nível de água do rio em um evento de inundação no ano de 2011, o fluxo é desviado para o centro do canal protegendo as margens a jusante; **b)** acúmulo de sedimentos ao longo da margem à jusante das ramprôlas, somente visível durante abertura das comportas da barragem eclusa para manutenção no ano de 2010



Fonte: Estrela (2019).

Avaliando o desempenho econômico das estruturas, a parede kramer foi a única que obteve resultados que tendem a ser insatisfatórios, por ser uma técnica que necessita com o passar do tempo a realização de tarefas de manutenção na estrutura (substituição de madeira), aumentando os custos de conservação.

Quanto às técnicas de esteira viva, banquetas vegetadas, enrocamento vivo e ramprôlas, estas não necessitaram de tarefas de manutenção específicas pelo surgimento de danos na estrutura, apenas foram realizadas podas e cortes seletivos na vegetação para manter a elasticidade da obra e evitar um irregular crescimento das plantas, com menores custos de manutenção.

No geral, a esteira viva, banquetas vegetadas e o enrocamento vivo obtiveram um ótimo desempenho. Suas configurações e os materiais utilizados garantiram a integridade e o estabelecimento de uma vegetação capaz de estabilizar e resistir aos eventos extremos ocorridos no local, aliadas a menores custos de manutenção, mostrando-se mais eficientes e com elevado potencial de aplicabilidade para novas intervenções.

O baixo desempenho do modelo parede kramer foi atribuído à dificuldade da estrutura em não resistir à dinâmica natural do rio, levando a perda da estrutura durante evento de inundação. Além disso, a técnica na fase de instalação e manutenção periódica da estrutura apresenta custo superior às demais, portanto não sendo recomendável para novas intervenções (BARRO, 2011). O Quadro 1 sintetiza o desempenho ambiental dos atributos avaliados para as técnicas de engenharia natural aplicadas na área do Parque da Lagoa.

Quadro 1 – Síntese do desempenho ambiental das técnicas de engenharia natural existentes na área do Parque da Lagoa, Estrela, RS

Atributos avaliados:		Desempenho ambiental				
		Parede krainer	Banquetas vegetadas	Enrocamento vivo	Esteira viva	Ramprôlas
Função geotécnica	Resistência da estrutura a erosão causada pelo fluxo e ação da água	I	S	S	S	S
	Proteção e aumento da estabilidade do talude pelo estabelecimento de matriz solo-raiz	S	S	S	S	-
	Redução da velocidade do fluxo ao longo das margens	S	-	-	S	S
Função ecológica	Resistência das plantas a submersão	S	S	S	S	-
	Condição de espécies vivas	R	S	S	S	-
	Propagação vegetativa	S	S	R	S	-
	Criação de habitat para animais aquáticos e terrestres	S	S	S	S	S
Função estética	Melhoria dos aspectos visuais da paisagem	S	S	S	S	S
	Controle de vandalismo	R a I	R a I	R a I	R a I	I
Função econômica	Manutenção das estruturas	Tende a I	R	S	S	S
	Deterioração do material	Tende a I	S	S	S	S
	Viabilidade econômica	I	R	R	S	R

Obs: **S** – Satisfatório; **R** – Regular; **I** – Insatisfatório.

Fonte: os próprios autores.

Proposta de Revegetação e Estabilização de Taludes Fluviais com uso das Técnicas de Engenharia Natural

A área-alvo de recuperação está situada à jusante do local onde foram realizadas as intervenções descritas no estudo de Barro (2011). A degradação desta área marginal pela erosão coloca em risco de rompimento a Lagoa Maria Dresch, um antigo paleomeandro do rio, considerado importante para o ecossistema local. Caso não sejam tomadas medidas drásticas de manejo e controle, a lagoa poderá desaparecer, tornando-se parte do Rio Taquari (Figura 6).

Os processos erosivos têm se agravado nos períodos do ano em que ocorrem precipitações intensas por vários dias que elevam o nível da água do Rio Taquari, causando

enchentes e inundações. A elevação dos níveis da água do rio condiciona a saturação do solo e o aumento da poropressão que proporciona acréscimo de peso ao talude fluvial. No momento em que ocorre o rebaixamento rápido do nível da água há uma remoção da pressão de confinamento lateral e redução da resistência ao cisalhamento dos materiais que constituem o talude, devido à presença de poropressão, uma vez que essas pressões não se dissipam simultaneamente aos rebaixamentos dos níveis de água do rio, e como consequência destes fatores ocorre os movimentos de massa.

Figura 6 – Vista aérea da margem degradada alvo da proposta de recuperação ambiental com uso de técnicas de engenharia natural



Fonte: De Paula, em Estrela (2019).

Os contínuos desconfinamentos da base do talude combinado com a ocorrência de movimentos de massa gerou um talude fluvial com inclinações verticais (superiores a 70°) e altura média de 8 metros, numa extensão de 120 metros de margem. Essas condições geométricas de inclinações e altura não possibilitam que a vegetação autóctone se reestabeleça naturalmente.

Para elaboração do projeto de estabilização fluvial e obter um correto dimensionamento das estruturas constituintes da solução de engenharia natural adotada, buscou-se o aporte de informações específicas dispostas na literatura regional e local, conforme descrito no Quadro 2. A proposta de estabilização e revegetação do talude fluvial com uso das técnicas de engenharia natural na área marginal degradada deverão seguir as fases descritas a seguir.

Quadro 2 – Parâmetros qualitativos obtidos em trabalhos desenvolvidos na região

Dados regionais para seção do rio Taquari no trecho Lajeado/Estrela, RS		
Vazão média diária	7.000m³/s	Oliveira <i>et al.</i> (2018)
Nível do leito normal	Cota 13,00m	Administração das Hidrovias do Sul (2007)
Nível do leito de inundação	Cota 19,00m	Polis (2008)
Nível do leito máximo de inundação	Cota 26,95m	Kurek (2012)
Meses do ano com maior frequência de inundações	julho, agosto, setembro e outubro	
Dados locais do rio Taquari no Parque da Lagoa - Estrela, RS		
Seção transversal do rio	225m	Barro (2011)
Profundidade média	6,00m	
Inclinação média do leito	20,00cm por km (0,02%)	
Velocidade média do rio	3,74m/s	
Dimensão Limite de Transporte (DLT)	$\varnothing \leq 1,00m$ (blocos de rocha) no nível máximo de inundação (cota 26,95m)	

Fonte: os próprios autores.

Fase I - Isolamento do local. Antes do início das obras propriamente ditas, se fará o isolamento das áreas que receberão as intervenções de modo a evitar que continuem recebendo a interferência de pessoas que visitam o local, dando dessa forma condições melhores para o desenvolvimento da vegetação instalada.

Fase II – Remodelagem do talude. A remodelagem do talude fluvial é um trabalho preparatório que pretende melhorar as condições de estabilidade, reduzindo a inclinação média deste, remodelando para uma geometria de 2:1 (H: V) com inclinação próxima de 30°, pois permitirá o melhor desenvolvimento das plantas, de acordo com estudo de Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group (2001). Entretanto, devido à proximidade da lagoa e o rio manterem-se ao longo de uma faixa a cerca de 20 metros, levantou-se a hipótese de eventual colapso do maciço do solo durante as escavações ou cortes do terreno, causado pela sobrecarga e efeitos de vibração durante as operações com máquinas pesadas, vindo acarretar na imprevisível ruptura da lagoa.

Em virtude desta hipótese, sugere-se como alternativa para remodelagem das margens, visando melhores condições para o desenvolvimento das plantas, o uso de material dragado do canal de navegação do Rio Taquari. Segundo Huber (2013), a dragagem de manutenção é deficitária no trecho entre o Porto de Estrela – Estrela, RS e a Barragem Eclusa - Bom Retiro do Sul, RS, sendo um empecilho para o desenvolvimento da região. A dragagem do Rio Taquari é necessária para manter o canal de navegação apto para transporte hidroviário. Atualmente a profundidade baixa não permite que as embarcações funcionem com rotas regulares, com risco de encalhamento e utilização abaixo da capacidade das embarcações (HUBER, 2013).

Com auxílio das embarcações, o material dragado constituído, abundantemente, por seixos de cascalho, com granulometria variada, serão dispersos ao longo da base do talude atual até obter a geometria proposta neste estudo (Figura 7). Serão necessários aproximadamente 10.500,00m³ de material dragado para recuperar toda extensão da margem degradada.

Sobreposto ao material dragado com apoio de uma pequena retroescavadeira deverá ser dispersa uma camada de solo orgânico sobre a face do talude de aproximadamente 1 metro de espessura com objetivo de garantir condições nutricionais necessárias para desenvolvimento da vegetação a ser implantada. O solo será proveniente do chanframento da crista do talude atual e, também, adquirido de outros locais devidamente licenciados. Foram calculados aproximadamente 300 metros cúbicos de solo a serem dispersos sobre o talude.

Essa desestruturação, do ponto de vista de estabilidade, é potencialmente perigosa, e não deverá ser feita em períodos de enchentes, a fim de que a massa movimentada tenha tempo suficiente para experimentar certa compactação.

Fase III – Uso das técnicas de engenharia natural. Após a atividade de remodelagem, procura-se definir a técnica mais adequada e viável à implantação da vegetação. As alternativas visam proporcionar estabilidade aos taludes impedindo a evolução das erosões sobre os mesmos. Dentre as alternativas anteriormente utilizadas no parque, de acordo, com avaliação do desempenho geotécnico, ecológico, econômico e estético foram selecionadas as técnicas de enrocamento, esteira viva e banquetas vegetadas para proposta de recuperação da área marginal degradada.

Enrocamento com blocos de rocha. Para evitar a erosão das margens fluviais provocada pela ação de ondas e pequenas oscilações do nível de água do rio é proposta a implantação de um enrocamento longitudinal na base do talude, que consiste na colocação de blocos de rocha com diâmetros entre 0,50 a 1 metro, conforme estudo de Barro (2011), garantindo um efeito protetor imediato. Os blocos estarão interligados de forma irregular garantindo uma resistência maior ao fluxo de água, assegurando estabilidade na base do talude permitindo que espécies de plantas toleráveis à mudança da condição de temperatura e da posição ao longo do nível médio da água possam emergir nos interstícios dos blocos de basalto (RAUCH; SUTILI; HÖRBINGER, 2014). Por ser uma técnica com custos de execução relativamente altos as rochas deverão ser obtidas preferencialmente de pedreiras próximas da área do parque diminuindo custos de transporte e logística (DEWES *et al.*, 2018). Para a construção dessa estrutura serão necessários aproximadamente 550 metros cúbicos de rochas dispostas ao longo da base do talude fluvial com a ajuda de uma escavadeira giratória.

Esteira viva. A esteira viva deverá ser implantada para revestir uma porção da face do talude, junto ao enrocamento, partindo da linha d'água (ALLEN; LEECH, 1997). A técnica consiste na utilização de ramos vivos das espécies aptas, como *Phyllanthus sellowianus* (Sarandi-branco), *Sebastiania schottiana* (Sarandi-vermelho), *Terminalia australis* (Sarandi-amarelo) e *Pouteria salicifolia* (Mata-olho) colocadas perpendicularmente ao fluxo da água, dispostas sobre o talude marginal, formando uma esteira densa de ramos que variam entre 1,5 a 2,5 metros de comprimento, fixadas ao solo através de arames transpassados a serem fixados em estacas de madeiras. A base dos ramos deverá ser colocada de forma a estar em contato direto com a água e, posteriormente, a ramagem é recoberta com uma camada fina de solo de 0,50 metros (BARRO, 2011; DURLO; SUTILI, 2014).

A esteira viva terá função de proteger a face do talude da força da água e da erosão superficial proporcionando uma rápida revegetação (LI; EDDLEMAN, 2002). Esta técnica irá exigir muito material vegetativo que deverá ser coletado ao longo das margens do Rio Taquari em pontos próximos do local da obra, dando preferência aos ramos maiores, o que forçará o brotamento e, conseqüentemente, o adensamento da vegetação gerando um maior efeito protetivo do talude em curto prazo.

Banquetas vegetadas. Esta técnica foi extremamente eficaz nas obras anteriormente realizadas na área do Parque da Lagoa, produzindo rápida cobertura vegetal, proporcionando resistência ao talude pela ação das raízes e retenção dos sedimentos que venham atingir o mesmo. Nesta proposta, são previstas a construção de oito degraus transversais à inclinação do talude, fora da ação potencial das águas do curso, ou seja, nas partes mais altas do talude.

A técnica é bastante simples, começa-se por escavar uma banquetta horizontal, de maneira manual, com um declive de 10% na base para o interior do talude, numa profundidade de 0,50 metros. A implantação das espécies vegetais poderá ser realizada por estacas vivas com capacidade de enraizamento ou mudas prontas sendo dispostas perpendicularmente à superfície do talude. As estacas vivas das espécies propagadas deverão apresentar comprimento mínimo de 0,50 metros e diâmetros variando entre 1,5 e 2,5 centímetros, sendo inseridas até 0,40 metros de seu comprimento dentro do solo, de modo a evitar o ressecamento do lenho e possibilitar a brotação posterior (DEWES; SOUZA; SUTILI, 2018).

As mudas deverão ser enterradas até 2/3 do seu comprimento e presas com tirantes de arame transpassados a serem fixados em estacas de madeiras cravadas numa profundidade de 0,80 metros da face do talude.

Recomenda-se o plantio da espécie *Phyllanthus sellowianus* (Sarandi-branco) por apresentar melhor potencial biotécnico nas intervenções realizadas no parque, e as mudas de *Calliandra brevipes* (Caliandra), *Myrciaria tenella* (Camboim) e *Salix viminalis* L. (Vime),

sendo úteis, biotecnicamente, para o aumento da diversidade inicial (BARRO, 2011; SUTILI *et al.*, 2018; SUTILI; DURLO; BRESSAN, 2004). Conforme Denardi *et al.* (2013), a espécie *Phyllanthus sellowianus* apresenta elevada flexibilidade de seu caule, sendo uma característica importante para obras de bioengenharia em margens de cursos d'água, pois a capacidade de caules e ramos em curvar-se sobre os taludes fluviais, em virtude da força da correnteza durante as cheias, confere maior proteção contra corrosões.

As mudas das espécies vegetais poderão ser adquiridas de viveiros particulares, ou serem produzidas no viveiro municipal. No caso das estacas vivas, o material vegetativo poderá ser coletado das margens do rio, conforme disponibilidade local das espécies recomendadas. As mudas usadas deverão obter entre 50 centímetros a 1 metro de altura, necessitando aproximadamente 9.600 mudas, dispostas na linha com o menor espaçamento possível, em média 10 mudas por metro linear.

Fase IV - Plantio das espécies. Recomenda-se que o plantio das espécies vegetais deve ser realizado entre os meses de novembro a junho, por serem períodos historicamente menos propícios a enchentes e inundações, conforme estudo de Kurek (2012). Durante os plantios das mudas nas banquetas as covas deverão receber aplicação de 400 mililitros de hidrogel e adubo químico e orgânico previamente incorporado ao solo no fundo da cova, em conta que os períodos com menor umidade são menos favoráveis a pega das mudas devido a um possível déficit hídrico (DEWES; SOUZA; SUTILI, 2018; DEWES *et al.*, 2018). Ao término, as mudas necessariamente devem ser irrigadas garantindo a pega e o sucesso inicial dos plantios.

Fase V – Exequibilidade. Os materiais construtivos devem ser preferencialmente recolhidos nas proximidades da intervenção. O transporte e o descarregamento do material dragado oriundo do canal de navegação do Rio Taquari poderá ser executado através da parceria público-privada com as empresas operadoras de coleta e transporte de areia do rio, como forma de compensação ambiental, assim como os blocos de rochas a serem utilizados no enrocamento do talude poderão ser advindos de áreas de mineração próximas do parque. No caso específico das máquinas e veículos, verificou-se que não haveria necessidade de aluguel, uma vez que o Município de Estrela dispõe destes equipamentos, assim como a mão de obra para a execução do serviço.

O material vegetativo a ser utilizado na esteira viva e na bancada poderá ser proveniente da coleta a ser realizada ao longo das margens do Rio Taquari e de mudas a serem produzidas no próprio viveiro municipal, reduzindo muito o custo da obra. Entretanto, deve ser condicionado à verificação prévia da disponibilidade de espécies adequadas em quantidade suficiente para uso na intervenção, bem como o período adequado para utilização das plantas (normalmente período de repouso vegetativo). Nesse caso, as obras

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As intervenções realizadas no ano de 2010 na área do Parque da Lagoa estão cumprindo satisfatoriamente o seu papel, protegendo as margens do rio contra os efeitos nocivos da erosão e estabelecendo uma vegetação ripária que garante estabilidade ao talude fluvial. Ao passar dos anos, a medida que as intervenções de engenharia natural adquiriram maturidade, pouca ou nenhuma manutenção foi necessária realizar no local.

As técnicas de esteira viva, banquetas vegetadas, enrocamento vivo e ramprôlas instaladas no parque apresentaram desempenho biotécnico satisfatórios até o momento, tendo potencial para serem utilizadas em novas intervenções ao longo das margens do Rio Taquari.

A parede krainer foi a única técnica que não resistiu à ação hidráulica do rio, porém a vegetação plantada sobre a face do talude obteve capacidade biotécnica de regenerar as partes danificadas e garantir a estabilidade do mesmo, não sendo necessário realizar manutenções no local. Um aspecto insatisfatório que interfere no desenvolvimento vegetativo e compromete as estruturas inertes são as ações de vandalismo registradas em diversas ocasiões na área do Parque da Lagoa.

A proposta de revegetação e estabilização dos taludes fluviais é uma tentativa de recuperar e revalorizar o espaço atualmente degradado, com uso de biotécnicas que visam proporcionar a estabilidade dos taludes, impedindo a evolução das erosões sobre os mesmos, e o desenvolvimento de uma vegetação com potencial biotécnico resistente às mudanças dinâmicas do rio. Por esse motivo, torna-se ainda mais pertinente o emprego das obras de engenharia natural no manejo dos cursos d'água, uma vez que esta prioriza os aspectos geotécnicos, ecológicos, econômicos e, ao mesmo tempo, paisagísticos, para a correção dos problemas de maneira mais natural, visando a harmonia com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ADMINISTRAÇÃO DAS HIDROVIAS DO SUL - AHSUL. **Enchentes no Rio Taquari**. Porto Alegre: José Luiz Fay de Azambuja, 2007. Não publicado.

ALLEN, H. H.; LEECH, J. R. **Bioengineering for streambank erosion control, report 1: guidelines**. Washington: US Army Corps of Engineer, 1997. (Technical Report EL 97-98).

BARRO, E. **Estudo de caso: estabilização biotécnica no Rio Taquari em Estrela, RS**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

BARROS, A. A. **Programa de recuperação sustentável da mata ciliar do Rio Taquari conduzido pelo Ministério Público do Rio Grande do Sul**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996,

e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011_2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 15 jul. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Serviço Geológico do Brasil, 2006. Escala 1:750.000.

COPPIN, N. J.; RICHARDS, I. G. Vegetation selection, establishment and management. *In*: COPPIN, N. J.; RICHARDS, I. G. **Use of vegetation in civil engineering**. London: Ciria, 2007. p. 74-118.

DENARDI, L.; TREVISAN, R.; PERRANDO, E. R.; SUTILI, F.; BALDIN, T.; MARCHIORI, J. N. C. Anatomia da madeira de *phyllanthus sellowianus* müll. arg. (phyllanthaceae). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 503-509, 2013.

DEWES, J. J.; SOUSA, R. S.; SUTILI, F. J. Execução de soleiras vegetadas para correção das condições hidráulicas de um canal de drenagem: estudo de caso. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 27, p. 529-540, 2018.

DEWES, J. J.; TREVISAN, R.; PERRANDO, E. R.; SUTILI, F. J.; BALDIN, T.; MARCHIORI, J. N. C. Proteção físico -mecânica da base de uma encosta na margem do rio Uruguai com enrocamento vivo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 27, p. 9-19, 2018.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água**. Santa Maria: Palotti, 2014.

ESTRELA. Prefeitura Municipal. **Acervo fotográfico da Secretaria Municipal de Meio Ambiente**. Estrela, RS: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Saneamento Básico, 2019.

ESTRELA. Prefeitura Municipal. **Plano de manejo do Parque Municipal da Lagoa, Estrela, RS**. Estrela: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Saneamento Básico do município de Estrela, 2010.

FEDERAL INTERAGENCY STREAM CORRIDOR RESTORATION WORKING GROUP - FISRWG. **Stream corridor restoration: principles, processes, and practices**. Washington: Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group, 2001.

FERRI, G.; TOGNI, A. C. **História da bacia hidrográfica Taquari-Antas**. Lajeado: Univates, 2012.

FONTES, L. C. S. **Erosão marginal associada a impactos ambientais a jusante de grandes barragens: o caso do baixo curso do rio São Francisco**. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2002.

GRAY, D. H.; SOTIR, R. B. **Biotechnical and soil bioengineering: slope stabilization: a practical guide for erosion control**. New York, NY: John Wiley and Sons, 1996.

HUBER, A. **Análise e avaliação da qualidade de serviço, infraestrutura e impactos ambientais do Porto Fluvial de Estrela, RS**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2013.

KETTENHUBER, P. L. W.; DEWES, J. J.; SUTILI, F. J. Engenharia natural para estabilização hidráulica do Rio Pardinho em Santa Cruz do Sul - RS. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 46-47, p. 111-130, 2017.

KUREK, R. K. M. **Avaliação do tempo de retorno dos níveis das inundações no Vale do Taquari, RS**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2012.

- LI, M. H.; EDDLEMAN, K. E. Biotechnical engineering as an alternative to traditional engineering methods a biotechnical streambank stabilization design approach. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 60, p. 225-242, 2002.
- MACHADO, L. M.; MAGISTRALI, I. C.; ARALDI, D. B. Comparação das características biotécnicas de *Sebastiania schottiana* (Müll. Arg.) Müll. Arg., *Phyllanthus sellowianus* (Klotzscg) Müll. Arg., *Salix humboldtiana* Willd., E *Salix x rubens* Shrank. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 635-641, 2017.
- MAFFRA, C.; MORAES, M. T.; SOUSA, R.; SUTILI, F. J. Métodos de avaliação da influência e contribuição das plantas sobre a estabilidade de taludes. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 129-143, 2017.
- MAFFRA, C.; SUTILI F. J. Metodologia para elaboração de projetos de Engenharia Natural em obras de infraestrutura. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 46-47, p. 73-93, 2017.
- MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 11, p. 49-83, 1961.
- OLIVEIRA, G. G.; ECKHARDT, R. R.; HAETINGER, C.; ALVS, A. Caracterização espacial das áreas suscetíveis a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas. **Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 849-863, jun. 2018.
- RAUCH, H. P.; SUTILI, F. J.; HÖRBINGER, S. Installation of a riparian forest by means of soil bio engineering techniques: monitoring results from a river restoration work in southern Brazil. **Open Journal of Forestry**, Tomsk Oblast, v. 4, n. 2, p. 161-169, 2014.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretária do Meio Ambiente e Infraestrutura. **G040**: bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas. Porto Alegre: SEMA, 2019. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g040-bacia-hidrografica-do-rio-taquari-antas>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- ROSA, S. F.; DURLO, M. A. Enraizamento de estacas de duas espécies de *Salix* com vistas à estabilização de taludes fluviais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 53-56, 2009.
- SCHIECHTL, H.; STERN, R. **Ground bioengineering techniques for slope protection and erosion control**. Oxford, UK: Blackwell Science, 1996.
- SOUSA, R. S. **Metodologia de planejamento e controle da produção para obras de engenharia natural**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.
- SOUSA, R. S.; SUTILI, F. J. Aspectos técnicos das plantas utilizadas em engenharia natural. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 46, p. 31-71, 2017.
- STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- SUTILI, F. J. **Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do sul do Brasil**: espécies aptas, suas propriedades vegetativo-mecânicas e emprego na prática. 2007. Tese (Doutorado em Bioengenharia de Solos e Planejamento da Paisagem) – Universidade Rural de Viena, Viena, 2007.
- SUTILI, F. J.; DORNELES, R. S.; VARGAS, C. O.; KETTENHUBER, P. L. W. Avaliação da propagação vegetativa de espécies utilizadas na estabilização de obras de terra com técnicas de engenharia natural. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2018.
- SUTILI, F. J.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Potencial biotécnico do sarandi branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de cursos de água. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 13-20, 2004.

TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. B. PASTORE, V.; RANGEL-FILHO, A. L. R.

Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos, estudo fitogeográfico. Folha SH.22, Porto Alegre, parte das folhas SH.21, Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 33).

Recebido: agosto de 2019.

Aceito: janeiro de 2020.