

## **Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade em Diferentes Setores**

### **RECUPERAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM TRECHO DE CURSO DE ÁGUA COM TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL**

### **EXPERIMENTAL RECOVERY OF A STRETCH OF A STREAM WITH TECHNIQUES OF SOIL BIOENGINEERING**

Alexandre Dal Forno Mastella, Fabrício Jaques Sutili, Bernardo Corso Frantz, Renan Vargas Dorneles, Vagner Cargnin de Souza e Dimas Mastella

#### **RESUMO**

O progresso de Santa Maria teve como uma de suas consequências a degradação ambiental dos cursos de água urbanos. A importância desse estudo se dá na apresentação de uma alternativa e de novas ferramentas de trabalho para a recuperação dos taludes fluviais da cidade. Eleger-se um trecho do arroio Cancela, situado no Parque da CACISM (Câmara de Comércio Indústria e Serviços de Santa Maria), com o objetivo de remodelar, estabilizar e recuperar ecologicamente o local por meio da construção de uma “parede Krainer” vegetada com *Hedychium coronarium* J. König (cardamomo). Buscou-se analisar o desenvolvimento da espécie na estrutura com contagem das brotações e monitorar a estabilidade do talude. Aos 90 dias da instalação do experimento, o *Hedychium coronarium* obteve o melhor resultado próximo à linha d’água, com uma média de 3,65 brotações por metro linear. Ao avaliar o potencial biotécnico do *H. coronarium* na estrutura, comprovou-se que essa espécie herbácea pode ser utilizada pela engenharia natural. Com a atuação conjunta do poder público e da iniciativa privada, moradores e pessoas da comunidade puderam observar uma forma de recuperação ambiental sustentável e inovadora. Assim, o gerenciamento dos recursos hídricos em Santa Maria poderá ganhar um novo instrumento de gestão, a engenharia natural.

**Palavras-chave:** Bioengenharia de solos. *Hedychium coronarium*. Arroio cancela. Santa Maria – RS.

#### **ABSTRACT**

The progress of Santa Maria had as one of its consequences the environmental degradation of urban streams. The importance of this study is given in the presentation of an alternative and new methods of work for the rehabilitation of rivers slopes of the city. It was chosen as a stretch of creek Cancela, located in the Park of CACISM (Câmara de Comércio Indústria e Serviços de Santa Maria), in order to reshape, stabilize and restore ecologically the place building a cribwall vegetated with *Hedychium coronarium* J. König. It was aimed to analyze the development of the specie in the structure by counting the shoots and monitor the stability of the slope. In 90 days of the experiment, the *Hedychium coronarium* obtained the best result near of the water line, with an average of 3.65 shoots per linear meter. In assessing the biotechnical potential of *H. coronarium* in the structure, it was shown that this herbal specie can be used by soil bioengineering. With the joint efforts of public and private sector, residents and community members were able to observe a form of sustainable and innovative environmental remediation. Thus, the management of water resources in Santa Maria can win a new device of tool, the soil bioengineering.

**Keywords:** Soil bioengineering. *Hedychium coronarium*. Cancela stream. Santa Maria – RS.

## **OBJETIVOS**

Sabe-se que a maior parte dos cursos de água localizados na área urbana de Santa Maria, como de resto a maioria dos cursos de água urbanos de grandes cidades do Rio Grande do Sul, encontram-se em mau estado ecológico. A bioengenharia, engenharia natural ou também denominada engenharia naturalística, consiste da combinação de técnicas tradicionais de engenharia aplicando, em conjunto, materiais inertes e vegetação, tendo a finalidade de recuperar ambientalmente taludes naturais e artificiais. Dessa forma, são necessários programas contínuos geridos pelo setor público e fiscalizados pela sociedade para que ações com essas finalidades possam ser postas em prática no meio urbano. No entanto, devido a não se conhecer de forma suficiente e segura o comportamento das diferentes formas de intervenção e à urgência de se tomar algumas medidas, é fundamental intervir de maneira pontual em alguns locais, inicialmente com caráter experimental, aplicando técnicas e espécies teoricamente adequadas.

Como primeiro trabalho experimental em cursos de água urbanos de Santa Maria, elegeu-se um trecho do arroio Cancela situado entre os bairros Nossa Senhora Medianeira e Nonoai. Nesse trecho, o Cancela mostra-se sinuoso, apresenta um fluxo da água de baixa velocidade mas que costuma erodir os taludes nos raios externos das curvas e depositar material no raio interno das mesmas, a jusante. O continuo desconfinamento dos taludes nos raios externos – que ocorre com vazão normal – faz com que, por ocasião das enchentes, grandes massas de terra venham a ser movimentadas, expondo ainda mais as margens à ação da erosão. Por outro lado, o depósito de materiais nos raios internos das curvas seguintes favorece cada vez mais o desvio da corrente. Esse processo, se não for contido, traz prejuízos ecológicos e estéticos e pode pôr em risco estruturas e instalações, como ocorre no presente caso.

O trecho a ser trabalhado possui 20 metros de extensão. É suavemente curvo, com um raio interno formando um talude instável devido à direção de embocadura das águas do terreno e da presença de touceiras de taquara plantadas sobre a margem. O volume de água, após fortes chuvas, contribuía para o carreamento de terra e forçava a deposição de materiais, de modo a alterar a geometria do canal por se tratar de um solo extremamente arenoso.

Esta porção foi eleita para o tratamento por estar localizada em área urbana e devido ao seu péssimo estado de conservação junto à ponte que leva ao Parque da Tamanday ou também denominado Parque da CACISM – Rua Tamanday nº 101 – terreno pertencente à Câmara de Comércio Indústria e Serviços de Santa Maria, CACISM (Figura 1). Além da pista de caminhada e dos aparelhos de uma academia de ginástica ao ar livre, presentes no local, o gramado é utilizado como área de lazer diariamente pelos moradores do entorno do parque. Para as crianças, há uma pracinha com areia, brinquedos e bebedouro. A prática de esportes, como a corrida, além do uso da ciclovia, que contorna a pista de caminhada, é frequente. Por esse motivo, torna-se ainda mais pertinente o emprego das obras de engenharia natural no curso de água do local, uma vez que estas priorizam o aspecto técnico e, ao mesmo tempo, paisagístico para a correção dos problemas. Dessa forma, a área não sofreria uma ação “pesada” de engenharia, mas sim, passaria por um trabalho mais natural, visando à harmonia com o ambiente e a segurança das benfeitorias.



Figura 1 - Vista geral de um trecho do arroio Cancela, salientando o local de intervenção – seta. Fonte: Google Earth, 2012.

## REVISÃO DE LITERATURA

Para Cornelini e Sauli (2001) a engenharia natural utiliza técnicas de renaturação, que visam criar um ambiente apropriado para as espécies ou comunidades de plantas e animais. Para isso, as plantas vivas ou partes das mesmas, além de materiais de construção são empregados isoladamente ou em combinação com outros materiais.

De acordo com Sutili, Durlo e Bressan (2004), os cursos de água têm seu comportamento influenciado pela quantidade, intensidade e duração das precipitações, por fatores como o tipo de solo, sua profundidade e seu teor de umidade em determinado momento, pela cobertura vegetal de sua bacia de captação, bem como pelas características biotécnicas da cobertura vegetal de suas margens. As ações antrópicas precedentes e as praticadas recentemente interagem com esses fatores.

Conforme Tucci (2006), no desenvolvimento urbano, o aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica é significativo. Devido às construções, à limpeza de terrenos para novos loteamentos, aos arruamentos, entre outras causas, geram-se consequências ambientais como o assoreamento da rede de drenagem com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos, além do transporte de poluentes agregados ao sedimento, que contamina as águas pluviais.

## METODOLOGIA

No contexto do manejo biotécnico de cursos de água, o objetivo principal das obras de engenharia natural é usufruir das vantagens de dois tipos de material, o inerte e o vivo, para conseguir a estabilização e/ou a recuperação de um arroio, sem descuidar dos aspectos ecológicos e econômicos envolvidos. Dessa forma, preconizam-se três formas distintas de ação: remodelagem das margens, reforço físico das margens e revitalização biológica dos taludes. Como neste trabalho será observado o comportamento de uma “parede Krainer simples”, faz-se uma descrição mais detalhada da mesma. Para sua construção é necessário que se finque, até o nível da água, estacas de madeira (pilotos), no local onde deseja-se a futura margem. Afim de que a parede trabalhe solidariamente, é preciso amarrá-las e pregá-las nos pontos de encontro com as pecas transversais e estas, com as longarinas. Este reforço poderá ser aumentado com a colocação randômica de pedras de alta velocidade limite de transporte (diâmetro acima de 30 cm), para os cursos de água urbanos de Santa Maria, na base, na frente e na parte posterior da parede até o nível da água. Os feixes vivos são

colocados nas “gavetas” formadas entre as longarinas e as peças transversais, dispostos com as raízes voltadas para a margem e cobertos com terra. Abaixo na Figura 2 observa-se um esquema da parede Krainer simples:

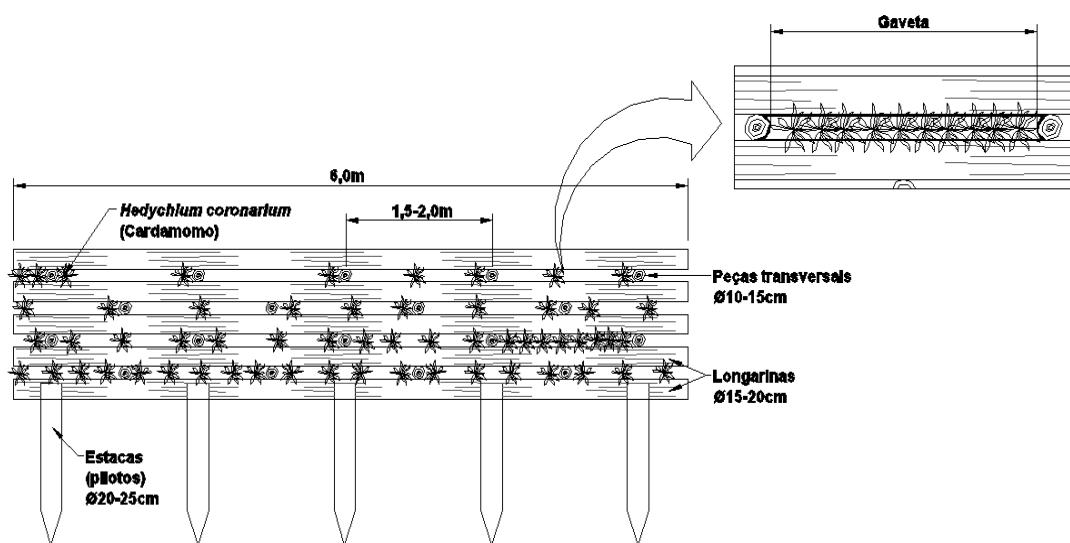


Figura 2 – Vista frontal das peças de uma parede Krainer simples, com destaque para o termo “gavetas” – correspondente ao local de colocação dos feixes vivos.

Abaixo na Figura 3, visualiza-se a parede Krainer simples em corte transversal. Feita a remodelagem do talude, as peças transversais são “apontadas” para facilitar sua penetração no terreno, o mesmo ocorre com os pilotos.

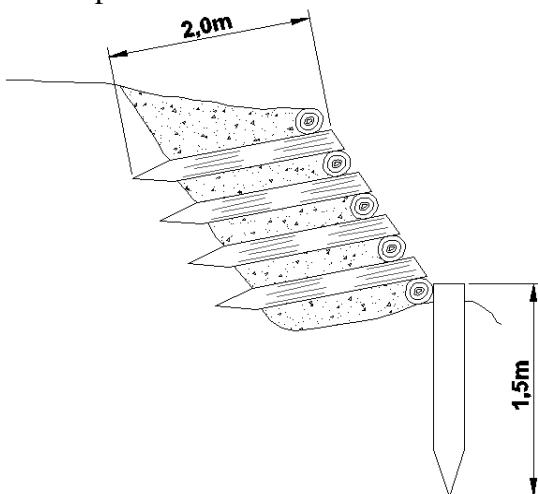


Figura 3 – Parede Krainer simples em corte transversal.

O trabalho compreendeu o arranque das taquaras, a remodelagem do talude e basicamente a construção de uma parede Krainer simples vegetada com *Hedychium coronarium* J. König (Figura 4).

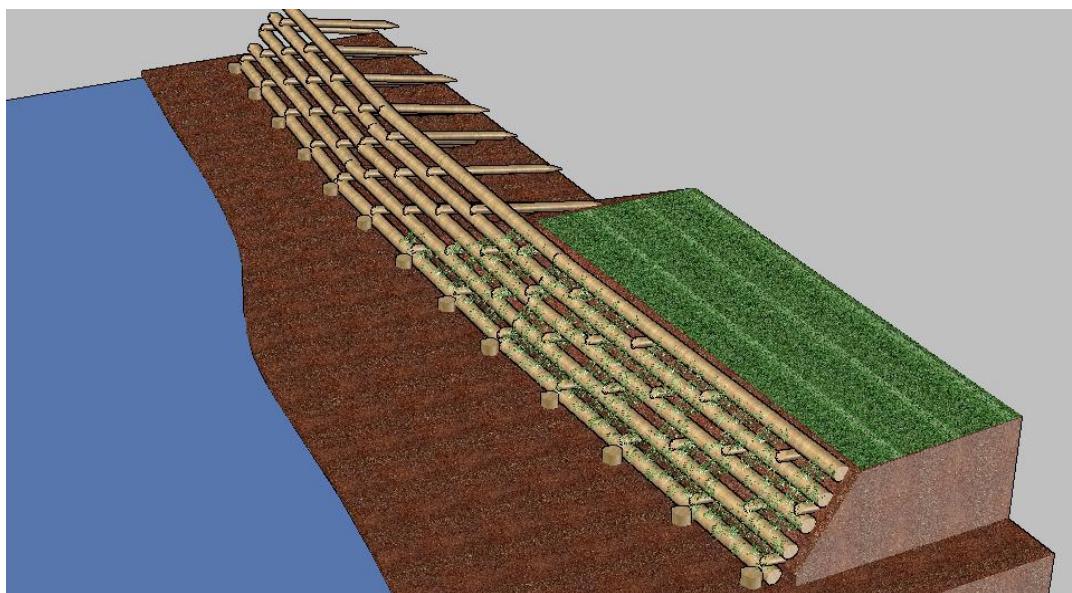


Figura 4 - Vista tridimensional da parede Krainer observada a partir da ponte de acesso ao parque da CACISM.

A madeira utilizada na obra foi retirada de um povoamento de *Eucalyptus* sp. localizado no campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade. Foi usada para a construção da parede Krainer, devido a sua disponibilidade durante o período de trabalho e, pelo Eucalipto já ter sido empregado com sucesso neste tipo de intervenção. Os exemplares de *Hedychium coronarium* J. König (cardamomo) foram coletados na região de Vale Vêneto, distante cerca de 40 km de Santa Maria.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

Para analisar a brotação do *Hedychium coronarium*, a parede Krainer foi dividida em três parcelas, como vê-se a seguir na Figura 5. Cada parcela possui 6 metros de extensão. Os valores do número de brotos foram calculados por metro linear. Para a análise dos dados foi utilizado o programa estatístico SPSS, versão 17.0. Com o objetivo de apurar a existência ou não de diferença significativa entre as médias dos tratamentos, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) e aplicado o teste de Duncan em 5% de probabilidade de erro.



Figura 5 – Esquema do experimento mostrando as parcelas e os tratamentos na parede Krainer.

Verificou-se que existe diferença significativa entre o T1 Linha d'água em relação ao T3 Alto do talude, porém, ambos os tratamentos não diferiram estatisticamente do T2 Meio da

parede (vide Quadro 1). Isso pode ser explicado devido à umidade do solo ser maior junto à linha d'água e em alguns pontos um pouco acima, onde as plantas enraizaram melhor.

Quadro 1 - Diferenças significativas das médias entre tratamentos.

	<b>Número de Brotos / Metro Linear</b>				
Tratamento	Parcela C	Parcela B	Parcela A	SOMATÓRIO	MEDIA
Alto do talude	1,39	0,89	0,94	3,22	<b>1,07b*</b>
Meio da parede	2,75	1,88	5,63	10,26	<b>3,42ab</b>
Linha d'água	3,33	4,50	3,11	10,94	<b>3,65a</b>

\* Valores com letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si em 5% de probabilidade de erro pelo teste de Duncan.

Assim, pode-se considerar o plantio junto à linha d'água como a melhor recomendação. Junto à linha d'água o *Hedychium coronarium* mostrou a maior média de número de brotos por metro linear (3,65). Assim, vê-se que o cardamomo têm um melhor desenvolvimento em locais úmidos, preferencialmente encharcados, condições típicas dos arroios urbanos de Santa Maria.

Apesar de ter sido realizada somente uma única contagem das brotações, aos 90 dias, os dados foram relevantes para apurar quais são as condições ambientais que o cardamomo necessita para ser empregado em obras de engenharia natural, são elas: proximidade a linha d'água; boa luminosidade; solos úmidos ou encharcados (não necessita de solos férteis). A partir dos 90 dias da instalação do experimento, as plantas iniciaram a tarefa de estabilizar a margem com eficiência, tendo um auxílio fundamental das leivas de grama colocadas sobre o talude e a divisão das águas do terreno.

A parede Krainer, dimensionada para resistir à força da água do arroio, também obteve êxito e provou ser resistente a enxurrada por trás de suas linhas, uma vez que nenhum feixe de planta foi removido. Com as devidas correções e monitoramento da obra semanalmente, a estrutura foi trabalhando em conjunto com o terreno e, com o passar do tempo e o enraizamento do cardamomo, ocorreu à estabilidade do talude. As leivas de grama consolidaram o solo para que não sofresse a ação direta da gota da água da chuva e também, devido ao enleivamento do talude, as águas que eram direcionadas pelo cimento do terreno, diminuíram de velocidade, encharcando primeiramente o solo, até chegar à parede. A seguir, na Figura 6 observa-se a situação atual com o talude estabilizado.



Figura 6 - Parede Krainer simples vegetada com *Hedychium coronarium* e o talude estabilizado com leivas de grama, 150 dias após o término da intervenção.

Como foram construídos 20 metros, chega-se a um custo aproximado de R\$ 144,00 por metro linear de correção ou (altura da parede 1,20 m) R\$ 120/m<sup>2</sup>, fora a mão de obra.

A prevenção é sempre melhor, por isso, tenta-se reduzir ao máximo a construção de obras caras. No entanto, quando o estrago provocado pela erosão é tamanho que não permite a revitalização da área por meio da simples implantação da vegetação, a realização de obras longitudinais e transversais, com madeira, alvenaria ou pedra, torna-se inevitável para o favorecimento do cultivo das espécies protetoras em muitos locais onde não há mais cobertura vegetal. Tais áreas exigem a criação de outros mecanismos como as obras de engenharia natural, que as revigorem e protejam.

Dessa forma, foi possível concluir que tratou-se de um trabalho com caráter empreendedor pioneiro, utilizando a engenharia natural como ferramenta para a estabilização da margem de um curso de água em Santa Maria. Até agora, não haviam pesquisas realizadas na área urbana do município, sendo que, neste projeto, os dados foram obtidos a campo, diferentemente dos vários trabalhos executados em canteiros experimentais com condições controladas. É fundamental a realização do monitoramento contínuo da obra, uma vez que as biotécnicas, logo que implantadas, necessitam de um período de tempo para exercerem a estabilização dos locais e eventualmente necessitam de pequenos ajustes e complementação. Espera-se que as licenças ambientais sejam simplificadas, pois a engenharia natural visa à minimização dos impactos ambientais anteriormente criados e não criá-los. Com a atuação conjunta do poder público e da iniciativa privada, moradores e pessoas da comunidade puderam observar uma forma de recuperação ambiental sustentável e inovadora. Assim, o gerenciamento dos recursos hídricos em Santa Maria poderá ganhar um novo instrumento de gestão, a engenharia natural.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORNELINI, P.; SAULI, G. L'ingegneria naturalistica nelle aree mediterranee. In:  
BIFULCO, C. **Interventi di Ingegneria Naturalistica nel Parco Nazionale Del Vesuvio**.  
Ente Parco Nazionali de Vesuvio, San Sebastiano al Vesuvio (Napoli) 2001. p. 71 – 88.  
GOOGLE EARTH. **Imagens de satélite**. Santa Maria, 2012. Disponível em:  
<<http://earth.google.com>>. Acesso em: 30 mar. 2012.  
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 curso de água. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, 2004. p. 13 – 20.  
TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. **Águas doces no Brasil**, São Paulo: Escrituras, 2006.  
3<sup>a</sup> ed. p. 399 – 432.