

TUBOS DE GEOTÊXTIL APLICADOS A OBRAS DE DEFESA COSTEIRA

Rocio Norabuena Ortiz¹; Olavo Santos Junior²; Rasiah Ladchumananandasivam³.

¹*Engenheira Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFRN, e-mail: rocio@dem.ufrn.br*

²*D.Sc. em Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, UFRN, e-mail: olavo@ct.ufrn.br*

³*D. Sc. em Engenharia Têxtil, Área de Engenharia Têxtil do Programa de Pós-graduação, em Engenharia Mecânica, e-mail: rlsivam@ufrmet.br*

RESUMO

Os tubos de geotêxtil aplicados a obras de proteção costeira representam alternativa de solução para a construção de defesas marginais, espigões, armadilha para sedimentos, quebra-ondas, formar ilhas, etc. Dentre as mais importantes vantagens que os tubos de geotêxtil apresentam, podem ser citadas a rapidez e facilidade de construção, o baixo custo em relação a soluções convencionais em locais onde não se têm rochas e o fato de permitirem o desenvolvimento de vegetação na sua superfície, o que o torna ambientalmente amigável. Neste trabalho são apresentadas as partes que constituem um tubo de geotêxtil. Em seguida, descrevem-se as etapas construtivas e finalmente mostram-se exemplos de aplicações.

ABSTRACT

The Geotêxtil Tubes applied in coastal defence, represents an alternative solution for the construction of border defenses, jetties, splinters, trap for sediments, breakwaters, to form islands, etc. Among the advantages presented by the geotêxtil tubes, the most important ones are their rapid and easy construction, low cost in places where rocks are not available, as well as the possibility of growing vegetation on their surface, thus making them environmentally friendly. In this paper, requirements for the different parts and construction stages of a typical Geotêxtil Tube are discussed as well as some examples of its application.

Palavras-Chave: tubo de geotêxtil, obra costeira, material dragado.

1. INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas dos materiais usados na engenharia vão permitindo o desenvolvimento de projetos de estruturas funcionais, rápidas e ambientalmente amigáveis. Na área de geotecnia os materiais geossintéticos (geomembrana, geogrelha, geotêxtil, etc.) vêm sendo usados largamente em obras de engenharia com funções de reforço, filtração, drenagem, separação, proteção, entre outras. Os projetos de estruturas de defesa costeira apresentam uma nova possibilidade de uso dos geotêxteis de elevada resistência. Trata-se da execução de tubos de geotêxteis, os quais podem ser preenchidos por solos formando estruturas sólidas, estáveis, flexíveis e adaptadas às configurações do terreno. Assim é possível proteger e recuperar costas que apresentam problemas de erosão, entre outras aplicações.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A técnica dos Tubos de Geotêxtil aplicada a obras de defesa foi inicialmente estudada e desenvolvida pela empresa Nicolon BV. Em seguida, o governo dos EUA reconheceu os benefícios e potenciais desta alternativa de construção e organizou um programa de pesquisa - CPAR (Construction Productivity Advancement Research Program), mediante o qual designava o "Waterways Experimental Station" e o Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos - USACE (Army Corps of Engineers of the United States) para a revisão da técnica desenvolvida pela companhia Nicolon BV.

As primeiras experiências com Tubos de Geotêxtil na América do Sul tiveram lugar no Brasil na década de

oitenta, usando como recheio materiais variados da costa, por exemplo, grumos de argila, conchas, e areia fina para a construção de Defesa Costeira.

3. TUBO DE GEOTÊXTIL

Os Tubos de Geotêxtil são estruturas de gravidade, formados por sacos de geotêxtil, cheios de areias, argilas ou materiais capazes de serem dragados. Durante seu processo construtivo ou de enchimento, a água passa através do geotêxtil, enquanto os sólidos ficam presos dentro do tubo. Pouco a pouco o tubo de geotêxtil vai consolidando-se, permitindo a obtenção de estruturas maciças, capazes de resistir a abrasão, cortes e punção com certo grau de confiabilidade; além de tolerar a degradação biológica e química gerada no meio natural.

Neste sistema, as propriedades desfavoráveis dos materiais de granulometria fina; tais como sua elevada capacidade de reter água, baixa resistência à tração, baixo ângulo de atrito e dificuldade no controle da migração de suas partículas; não limitam seu uso como recheio dos tubos. O geotêxtil de reforço fornece a resistência necessária, permite a passagem da água e retém as partículas do solo.

O tubo de geotêxtil já foi empregado na solução de vários problemas onde se mostraram mais vantajosos que os sistemas convencionais com obras de enrocamento. Os tubos foram empregados na construção de proteções da linha costeira, quebra-ondas, espigões, formação de dunas, construção ou recuperação de ilhas, recuperação de áreas inundadas, disposição de solos dragados, contenção de materiais contaminados, etc.

As partes básicas de um Tubo de Geotêxtil são as

seguintes: o tubo propriamente dito, a tela ante-erosão, prendedores e a boca de entrada do fluxo. (ver Figura 1)

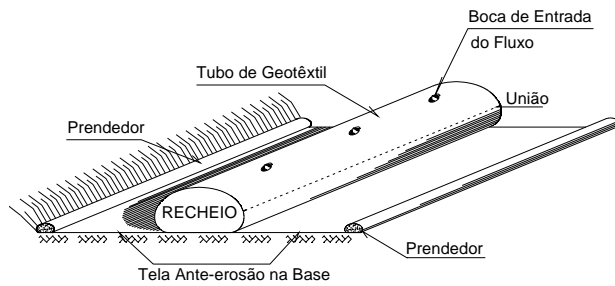


Figura 1 - Vista Isométrica de um Tubo de Geotêxtil.

3.1 Tubo Propriamente Dito.

Forma o núcleo da estrutura. Faz-se costurando os extremos laterais de um ou mais rolos de geotêxtil, assim como as extremidades inicial e final. Dessa forma, se obtém uma espécie de salsichão comprido. Sua confecção pode ser realizada na própria obra ou na fábrica, dependendo das Especificações Técnicas do projeto.

Os Tubos de geotêxtil podem ser construídos de acordo com as necessidades do projeto. Geralmente seu comprimento é limitado a 100 m por motivos de praticidade no enchimento.

A secção transversal de um tubo cheio se aproxima de uma elipse, entretanto apresenta-se plana nas partes superior e inferior. Seu perímetro é múltiplo da largura padrão dos rolos do geotêxtil; assim por exemplo, ao se unir dois rolos de 4.50 m de largura, obtém-se um tubo de aproximadamente 9.00 m de perímetro. Atualmente também se está confeccionando tubos de geotêxtil sem costuras, com o perímetro necessário para o projeto.

A seleção do geotêxtil de reforço que formará o tubo depende da análise dos esforços aos quais estará submetido durante o enchimento e o tempo de vida útil da estrutura. Deve-se levar em conta ainda fatores de segurança que garantirão o bom desempenho do geotêxtil.

3.2 Tela Ante-erosão na Base

Consta de um geotêxtil tecido de elevada resistência, o qual fica estendido abaixo do tubo abrangendo um ou ambos lados. Sua função é proteger o solo de fundação da escavação gerada pelo fluxo que escapa de tubo quando é cheio e o movimento das ondas.

3.3 Prendedores

São elementos que ficam ao longo da tela ante-erosão para assegurar sua correta posição durante o enchimento e a operação. Geralmente são feitos do mesmo geotêxtil da tela.

3.4 Boca de Entrada do Fluxo

Também são chamadas portas ou entradas do fluxo. São mangas de geotêxtil costuradas na parte superior do tubo. Através delas é inserida o material de recheio. Quando o enchimento do tubo chega ao fim, elas são

fechadas atando-as, costurando-as ou colando-as.

4. PROCESSO CONSTRUTIVO

Uma vez definidas as dimensões da estrutura, passa-se a sua confecção e a execução da obra.

4.1 Confecção

Com as dimensões de projeto, se executa o corte e a costura do geotêxtil. Deve-se unir tantos rolos quanto foram necessários para atingir o perímetro projetado do tubo. Esta etapa pode ser realizada na obra ou em fábrica. Normalmente requer de três a cinco trabalhadores, dependendo do geotêxtil, do tipo de união, da máquina de costurar empregada e da habilidade do operário. (ver Figura 2)



* Foto: ANDEX

Figura 2 - Costura do Tubo em Campo.

Quando as costuras são feitas corretamente, permitem considerável transferência de tensão entre geotêxteis. No entanto, deve-se considerar que devido ao dano que a agulha produz no tecido e à concentração de tensões das perfurações, as costuras são mais fracas que o geotêxtil em si. As costuras bem feitas suportam de 50% a 80% da resistência do geotêxtil na prova de resistência à tração da faixa larga. Também é importante considerar que as resistências das costuras feitas na obra geralmente são menores que as feitas em fábrica.

4.2 Execução da Obra.

Para armar os Tubos de Geotêxtil, deverão ser implementadas basicamente as seguintes etapas: limpeza do terreno, posicionamento do tubo e enchimento com material indicado no projeto.

4.2.1 Limpeza do Terreno

Nesta etapa, retiram-se elementos do terreno como blocos de rochas, pedaços de madeira, restos de fundações ou outros elementos capazes de danificar o geotêxtil. O terreno onde será implantado o tubo deverá ser plano e livre de protuberâncias. Materiais impróprios para fundações, como argila mole ou areia fofa, devem ser preferencialmente retirados ou estabilizados (National Highway Institute, 1998).

4.2.2 Alinhamento e Extensão do Tubo de Geotêxtil

Os Tubos de Geotêxtil em aplicações costeiras e de rio devem ser executados ao longo de um alinhamento.

Normalmente admite-se variações de $\pm 0.60\text{m}$ em relação eixo de alinhamento. Opcionalmente escava-se uma vala de aproximadamente 0.30m de profundidade para melhorar as condições de fundação do tubo. Sobre a vala se estende a tela ante-erosão (National Highway Institute, 1998) (ver Figura 3).



* Tem Cate Nicolon

Figura 3 - Extensão do Tubo de geotêxtil Sobre a Tela Ante-erosão

Sobre a tela ante-erosão é estendido o tubo. Ele é fixado ao chão mediante cordões que garantiram sua posição durante o enchimento.

4.2.3 Enchimento do Tubo

Faz-se uso da pressão hidráulica ou hidrostática para introduzir a lama ao interior do tubo. Esta pressão é importante porque é um dos fatores que influem na obtenção da altura desejada do tubo.

O enchimento pode ser feito de duas formas: mediante uso de uma bomba lama (Figura 4) ou através de um funil (Figura 5).

A bomba suga a mistura de solo e água e a conduz através de uma mangueira flexível ao interior do tubo (Figura 4). Como medida de prevenção ante falha por tração das costuras ou geotêxtil, o equipamento deverá contar com um manômetro para controlar a pressão do fluxo no Tubo, a qual não deve ser superior a 5 psi ($3,5\text{ t/m}^2$) (National Highway Institute, 1998). Em países onde esta técnica é mais praticada, comercializam-se bombas especiais para o enchimento de tubos de geotêxtil. Muitas vezes encontram-se instaladas como parte de lanchas ou barças.

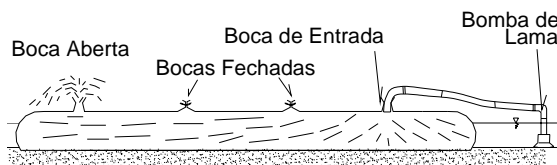


Figura 4 - Tubo de Geotêxtil em Processo de Enchimento com Bomba de Lama

O enchimento do tubo com funil se realiza pendurando este aparelho a uma determinada distancia sobre a altura final de desenho do tubo (Figura 5). A parte inferior do funil é conectada a uma boca de entrada do Tubo. Logo se procede a colocar solo e água dentro do funil,

garantindo a fluidez necessária para o enchimento do tubo. A diferença deste método em relação ao anterior é que, com esse pode-se regular manualmente a altura de queda da lama que é necessária para alcançar pressão de enchimento e atingir a altura de projeto do tubo, sem perigo de criar esforços excessivos no geotêxtil.

Durante o processo de enchimento, se vão trocando de bocas de entrada do material, a fim de conseguir um tubo de secção transversal uniforme (Figura 4). O enchimento pode ser realizado em etapas de geração de fluxo e escape de água, até atingir a altura de projeto. Posteriormente procede-se ao fechamento das bocas colando-as, atando-as ou costurando-as (Fowler, 1994)

Os tubos de Geotêxtil podem ser usados isoladamente ou formando um sistema com vários tubos. Nesse último caso os tubos podem ser simplesmente apoiados ou acoplados de acordo com as necessidades do projeto. Uma vez executados na posição especificada é recomendável cobrí-los, com solo, plantas, concreto, ou outra forma de proteção para prevenir o vandalismo e degradação devido aos raios do sol.

5. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES

5.1 Defesa Costeira na Cidade de Sea Isle, New Jersey, USA. (Ten Cate Nicolon, 2003)

Em 1997, os tubos de geotêxtil foram utilizados na construção de 1.219m . lineares de defesa ao longo da via costeira da cidade para proteger a estrada local de danos produzidos por possíveis inundações.

O geotêxtil utilizado na confecção do tubo foi de poliéster e para a tela ante-erosão foi usado polipropileno, ambos tecidos e de alta resistência. A altura de projeto dos tubos foi de $1,80\text{ m}$. O material de recheio e cobertura dos tubos de geotêxtil foi a areia do próprio local. Para o enchimento dos tubos usou-se um funil, conforme mostrado nas Figura 5 e Figura 6.



* Tem Cate Nicolon

Figura 5 - Início do Enchimento do Tubo de Geotêxtil mediante uso do Funil.



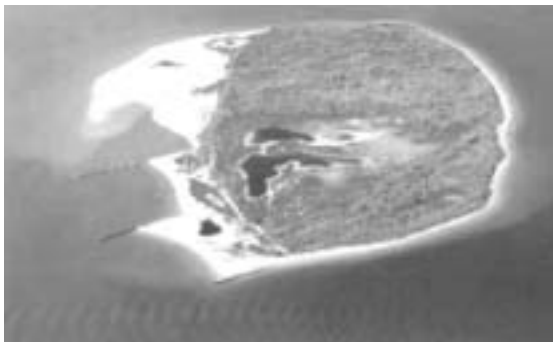
* Tem Cate Nicolon

Figura 6 - Retro-escavadora Carregando Areia no Funil Durante o Processo de Enchimento dos Tubos. Observar que o funil Descarga Diretamente na Boca de Entrada

Durante a época de chuvas e maré alta, os tubos de geotêxtil cumpriram sua missão. A cobertura de areia removida foi novamente reposta.

5.2 Recuperação de Praias da Ilha Sundown, Texas, EUA.(MIRAFI, 2003)

A ilha Sundown foi construída de material dragado em 1962. Devido às altas velocidades das correntes e à ação das ondas devido ao tráfego de navios, gerou-se considerável erosão na linha de costa, pondo em perigo as espécies que habitavam essas áreas. Como solução, projetou-se um conjunto de três espigões feitos a base de Tubos de Geotêxtil de 1.50 m de altura. Seus comprimentos foram de 75, 90 e 115 m. O tecido selecionado para sua confecção foi o geotêxtil tecido de polipropileno de alta resistência. O enchimento dos Tubos começou no final de fevereiro de 1995 e foi concluído em quatro dias; usou-se uma bomba de lama que sugava a areia situada na costa da ilha. Os espigões embutem-se aproximadamente 15m na praia e têm espaçamento de 90 m entre eles (Figura 7)



* TC-Mirafi

Figura 7 - Vista Aérea da Ilha com os Espigões no Lado Oeste

De acordo com MIRAFI (2003), a obra vem apresentando um bom comportamento (Figura 8). A erosão cessou e as áreas de praia aumentaram. No que se refere às aves do local, elas não se afastaram mesmo com a presença das estruturas.



* TC-Mirafi

Figura 8 - Tubo de geotêxtil recém instalado em Fevereiro de 1995

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de Tubos de Geotêxtil tem sido empregada há mais de vinte anos como elemento de proteção costeira, de forma mais acentuada nos países desenvolvidos.

Os tubos de geotêxtil fornecem novas possibilidades de solução para problemas difíceis de resolver com outras estruturas.

Este método promove a retirada da água do solo de recheio, provocando a sua consolidação e conseqüente aumento de resistência.

Esta técnica é viável em locais onde não se têm rochas e sim, abundancia de areias, siltes ou argilas.

Atualmente vêm-se realizando experimentos que permitam entender melhor os princípios e forma de trabalho dos Tubos de Geotêxtil.

A técnica de Tubos de Geotêxtil também é aplicável na construção de defesas ribeirinhas e na estocagem de resíduos industriais para a redução dos níveis de toxicidade dos rejeitos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FOWLER J., SPRAGUE J. (1994) "Dredged Material-Filled Geotêxtil Containers, Cases histories, Research and Upcoming workshops", Corporation NICOLON, Minnesota, Geotech Fabrics Rep.
- GAFFNEY, D., MOO-YOUNG H., Dewatering Contaminated, Fine-grained Material Using Geotêxtiles Dewatering Contaminated, Fine-grained Material Using Geotêxtiles, SMATS SOLUTIONS-Synthetic Industries.
- KOERNER Robert, (1998), Designing with Geosynthetics, PRENTICE HALL, New Jersey.
- NATIONAL HIGHWAY INSTITUTE, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, MCLEAN, (1998), Geosynthetic Design & Construction Guidelines.
- TEN CATE NICOLON, Industrial fabrics and Construction Products, Disponível em: www.tcmirafi.com. No Junho do 2003.
- MIRATECH, disponível em: http://www.geotubes.com/geotubes_in_use/slideshow/seaisle/SEAISLE.htm. No Junho do 2003.
- TC-MIRAFI, disponível em: http://www.tcmirafi.com/PDF/casestudies/INDIV/cs_sundown_1297.pdf. No Junho do 2003.

II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa
IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário
II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas