

## CAPÍTULO 11

### Obras com Estrutura de Contenção

Muro de arrimo 11.1

Outras soluções de contenção 11.2



*Todos os muros deverão ser construídos  
 com base em projeto executivo e com acompanhamento técnico*










MURO de ARRIMO ou GRAVIDADE

Os muros de arrimo ou de gravidade são obras de contenção que têm a finalidade de restabelecer o equilíbrio da encosta, através de seu peso próprio, suportando os empuxos do maciço (Cunha, 1991). O atrito de sua base contra o solo deve ser suficiente para assegurar a estabilidade da obra e sua geometria trapezoidal destina-se a evitar o tombamento por rotação em torno da aresta externa da base. São indicados em situações de solicitações reduzidas já que, para atender a esforços elevados, passam a demandar maior espaço para a implantação da base e podem-se tornar economicamente inviáveis, pelo alto custo de sua execução. Exigem projetos específicos e, em função da complexidade de cada situação, poderão demandar a execução de estudos geotécnicos necessários à escolha e ao correto detalhamento da solução.

Em boas condições de fundação, podem-se utilizar muros rígidos (pedra rachão, concreto e outros tipos). Se a fundação pode deformar, é recomendável o uso de muros flexíveis, como gabião.

#### FATORES PARA ESCOLHA DO TIPO DE MURO

-  condições da fundação
-  tipo de solo do aterro
-  disponibilidade de espaço e acessos
-  sobrecarga
-  altura do muro
-  custo dos materiais disponíveis
-  qualificação da mão-de-obra

## 11.1 Muro de Arrimo

### *Muro de solo cimento ensacado*

Erroneamente conhecida como Rip-Rap (um tipo de enrocamento usado em barragens), esta é uma técnica alternativa para contenção de encostas que utiliza sacos de solo estabilizado com cimento. Esse tipo de muro apresenta como vantagens o seu baixo custo e o fato de não requerer mão-de-obra ou equipamentos especializados. A sua utilização é recomendável para alturas máximas de 4 a 5m, e pode ser aplicado largamente em áreas arenosas sujeitas à erosão acentuada, prestando-se para recomposição do relevo afetado por voçorocas e outras formas erosivas menos severas.

MURO de SOLO-CIMENTO



Antes de se optar pela utilização do solo-cimento, deve-se verificar o tipo de solo do local e a ocorrência, nas proximidades, de jazidas de material adequado a essa técnica. Em princípio, qualquer solo pode ser estabilizado com cimento. No entanto os solos que contenham de 50% a 90% de areia produzem um solo-cimento mais econômico e durável. Os solos finos (argila) apresentam alguns inconvenientes, tais como dificuldade na pulverização e maior consumo de cimento. Nesses casos, recomenda-se a mistura do solo argiloso com solos arenosos, em proporções capazes de produzir uma composição que atenda aos requisitos de economia, durabilidade e resistência mecânica (FIDEM, 2001a). Os solos escuros, com matéria orgânica, mostram grande retardo nas reações de hidratação do cimento, o que reduz gradualmente a estabilidade do solo-cimento resultante, não devendo ser utilizados na mistura.



MURO de SOLO-CIMENTO em PATAMARES

O solo deve ser inicialmente submetido a um peneiramento em malha de 9mm, para a retirada de pedregulhos de maior porte. Em seguida, o cimento é espalhado e misturado, de modo a permitir uma coloração homogênea do material, numa proporção cimento-solo da ordem de 1:10 a 1:15 (em volume), adicionando-se água em quantidade 1% acima da correspondente à umidade ótima de compactação do proctor normal. Após a homogeneização, a mistura é colocada em sacos de poliéster ou similares, com preenchimento até cerca de dois terços do volume útil do saco. Procede-se, então, ao fechamento mediante costura manual. O ensacamento do material facilita o transporte para o local da obra e torna dispensável a utilização de fôrmas para a execução do muro.

No local de construção, os sacos de solo-cimento são arrumados em camadas posicionadas horizontalmente e, a seguir, cada camada do material é compactada de modo a reduzir o volume de vazios. A compactação é, em geral, realizada manualmente com soquetes. As camadas ficam com cerca de 10cm de altura, o que corresponde à espessura dos sacos preenchidos com a mistura. A seguir, uma nova camada de sacos é posicionada e compactada sobre a camada anterior, propositadamente desencontrada, de modo a garantir um maior intertravamento entre eles.

Com o tempo, os sacos desintegram-se totalmente, preservando na mistura a forma original moldada por eles. Estas faces externas do muro podem receber uma proteção superficial de argamassa de concreto magro, para prevenir contra a ação erosiva de ventos e água superficiais, ou podem ser deixadas ao natural para o desenvolvimento de lodos e outros vegetais menores, que servirão de base para a formação de uma cobertura vegetal mais bem desenvolvida.

### Recomendações

A mistura de solo-cimento deve ser compactada e utilizada o mais rápido possível, em menos de uma hora.

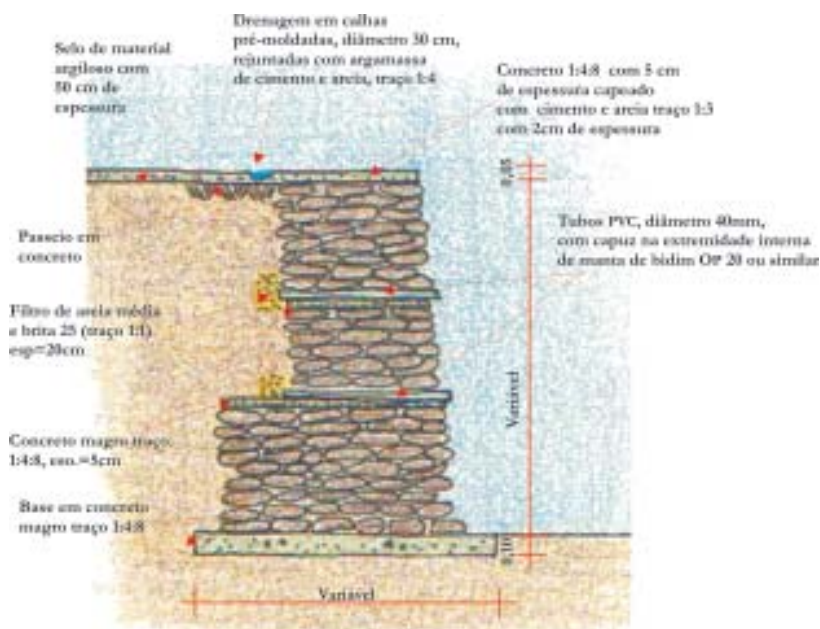
Quando o solo da encosta for muito argiloso, é recomendável inserir barbacãs ou a substituição de alguns sacos do muro por geotêxtil.

O muro deverá ter a face externa inclinada contra o talude, no mínimo em 10° com relação à vertical.

A utilização de cobertura vegetal pode ser adotada sobre o solo-cimento, melhorando visualmente o resultado e protegendo o material da ação direta do sol.

ESQUEMA DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE MURO DE SOLO-CIMENTO ENSACADO

*Adaptado de FIDEM, 2001a*



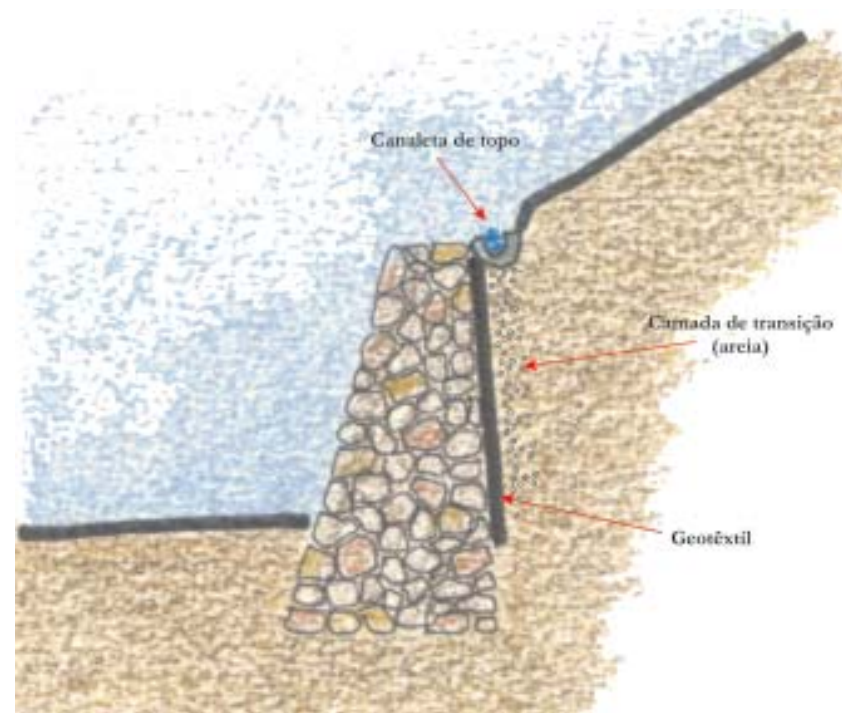


### *Muro de pedra seca (sem rejunte)*

É o tipo mais simples de arrimo, formado pelo arranjo manual de pedras rachão, cuja resistência resulta unicamente do imbricamento dessas pedras (Cunha, 1991) e funciona como carga de compensação no pé do talude.

Os blocos devem ter dimensões regulares para sua estabilidade, o que resulta num menor atrito entre as pedras. O muro deve ter espessura mínima de 0,6m e não deve ser usado em taludes com mais de 1,5m de altura.

É de fácil construção e de baixo custo, por não exigir mão-de-obra especializada e, particularmente, se houver jazidas próximas ao local. Dispensa a drenagem interna (barbacãs) pela sua capacidade autodrenante, que evita a ocorrência de pressões da água contra o muro.



ESQUEMA DO SISTEMA CONSTRUTIVO de MURO de PEDRA SECA

*Adaptado de Cunha, 1998*

A base do muro deve estar apoiada em terreno firme e situar-se abaixo do nível da base do talude a ser protegido, evitando que o muro venha a ser arrastado pela movimentação desse espaço e sua construção deve estar associada à execução da microdrenagem (canaletas de borda e de pé).

### *Muro de alvenaria de pedra (com rejunte)*



MURO de ALVENARIA de PEDRA

Estes muros possuem uma estrutura rígida, com baixa capacidade de deformação, o que exige bom terreno de fundação, drenagem eficiente e prevenção contra tendência ao deslizamento. São estruturas economicamente viáveis para alturas de até 3m e em situações em que há disponibilidade de pedras e mão-de-obra com mínima qualificação. A alvenaria deve ser executada com pedras graníticas, não intemperizadas, malhadas e isentas de impurezas ou detritos, com diâmetro médio superior a 0,30m (FIDEM, 2001a). O assentamento deve ser executado com argamassa de cimento e areia no traço 1:4, e todos os espaços internos da estrutura devem ficar preenchidos com essa massa. A escolha das pedras deve ser feita de tal forma que possibilite um melhor acabamento para a face externa do muro. A superfície do topo do muro deverá ser revestida com uma camada de argamassa, com espessura mínima de 2cm.





### *Muro de concreto armado*

Os muros de concreto armado podem ser de vários tipos e têm como principal vantagem diminuir o volume da estrutura de arrimo, embora tenham como fator limitante o seu custo, bem mais elevado que as demais modalidades de muros de gravidade. A sua estabilidade é garantida pelo peso do retroaterro, que age sobre a laje da base fazendo com que o conjunto muro-aterro funcione como uma estrutura de gravidade.

Os muros utilizam fundação direta, porém em casos especiais poderão ter fundações profundas constituídas por estacas ou tubulões, as quais devem atender às especificações do projeto. Devem ser previstos dispositivos de drenagem constituídos por drenos de areia ou geotêxteis e barbacãs, de acordo com o projeto específico, para alívio da pressão da água na estrutura de contenção. Devem ser previstas juntas estruturais, com espaçamento máximo de 20m. O fechamento das aberturas deve ser feito com juntas de neoprene ou material similar. O reaterro deve ser executado em camadas com espessuras de 0,20m, compactadas manualmente com cepos ou através de equipamento mecânico leve, de forma a evitar danos na estrutura (FIDEM, 2001a).

#### TIPOS DE MURO DE CONCRETO ARMADO



##### muro em “T” invertido ou em “L”

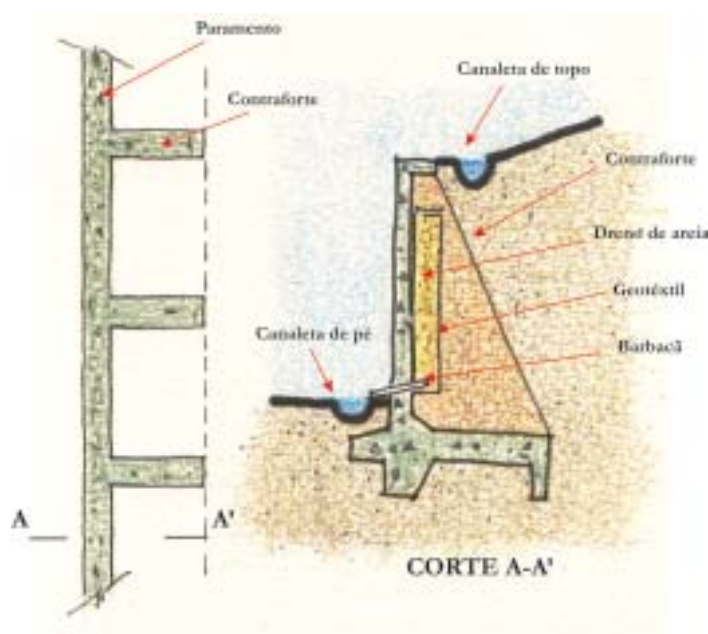
*Os muros em “T” invertido ou em “L” são constituídos por uma laje-base enterrada no terreno e uma face vertical. A sua execução é mais simples e é recomendada para alturas acima de 5,00m.*



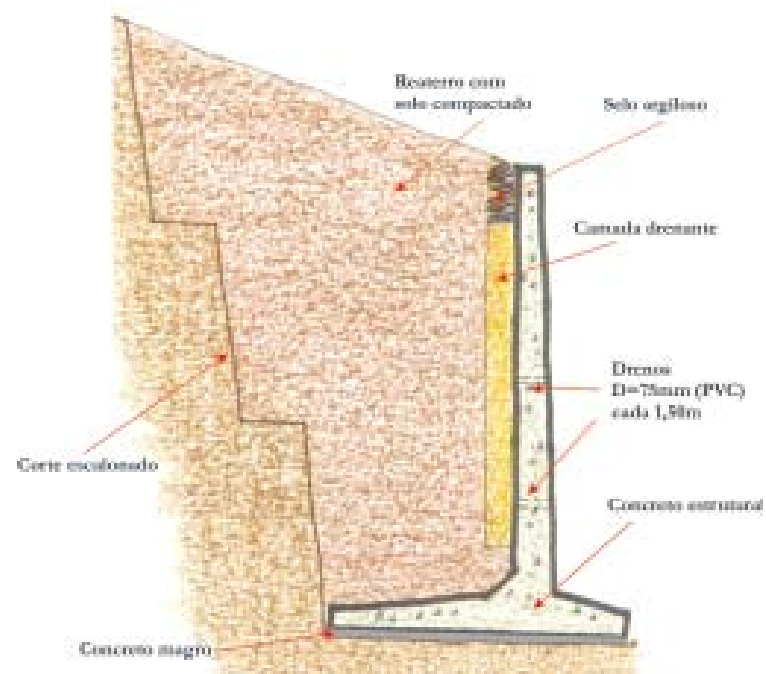
##### muro com contrafortes

*Os contrafortes devem ser inclinados de acordo com projeto específico, que leva em consideração os esforços atuantes e faz variar também a espessura dos contrafortes e do paramento frontal.*

ESQUEMA do SISTEMA CONSTRUTIVO  
 de MURO de CONCRETO ARMADO com CONTRAFORTE  
*Adaptado de FIDEM, 2001a*



MURO com BASE em T INVERTIDO  
*Adaptado de FIDEM, 2001a*



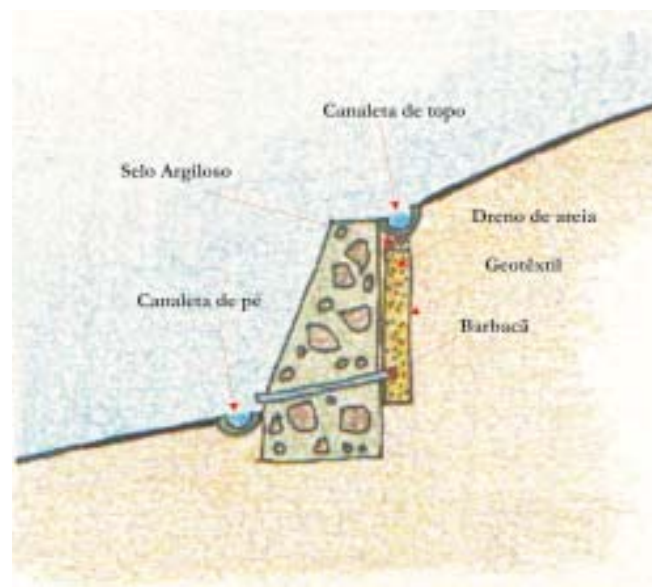
Estes muros podem ser adotados para quaisquer tipos de solicitações, desde que o terreno de fundação seja compatível com as tensões atuantes.

### *Muro de concreto ciclópico*

Estes muros são recomendáveis para contenção de taludes com altura máxima entre 4 e 5m. A mão-de-obra para sua execução exige alguma qualificação devido à utilização de fôrmas. O concreto ciclópico utilizado na estrutura deve ser constituído por 70% de concreto estrutural e 30% de pedra rachão granítica, não intemperizada. O concreto, seus componentes e as fôrmas devem atender às especificações do projeto. A pedra rachão deve ser limpa e isenta de impurezas, para não prejudicar a sua aderência ao concreto (FIDEM, 2001a).

ESQUEMA do SISTEMA CONSTRUTIVO de MURO de ALVENARIA de PEDRA

*Adaptado de FIDEM, 2001a*



Devem ser previstos dispositivos de drenagem constituídos por drenos de areia ou barbacãs, de acordo com o projeto específico, para alívio da pressão da água na estrutura. O reaterro deve ser executado em camadas com espessuras de 0,20m, compactadas manualmente com cepos ou através de equipamento mecânico leve, de forma a evitar danos na estrutura.

Em taludes mais altos, é aconselhável o uso de contrafortes na estrutura do muro, aumentando sua resistência, sem demandar maiores volumes de concreto.

É indispensável a drenagem com barbacãs e drenos para a redução da pressão da água no muro.

A microdrenagem superficial também é imprescindível para garantir a durabilidade e efetividade da obra (Cunha, 1991).

### *Muro de gabião-caixa*

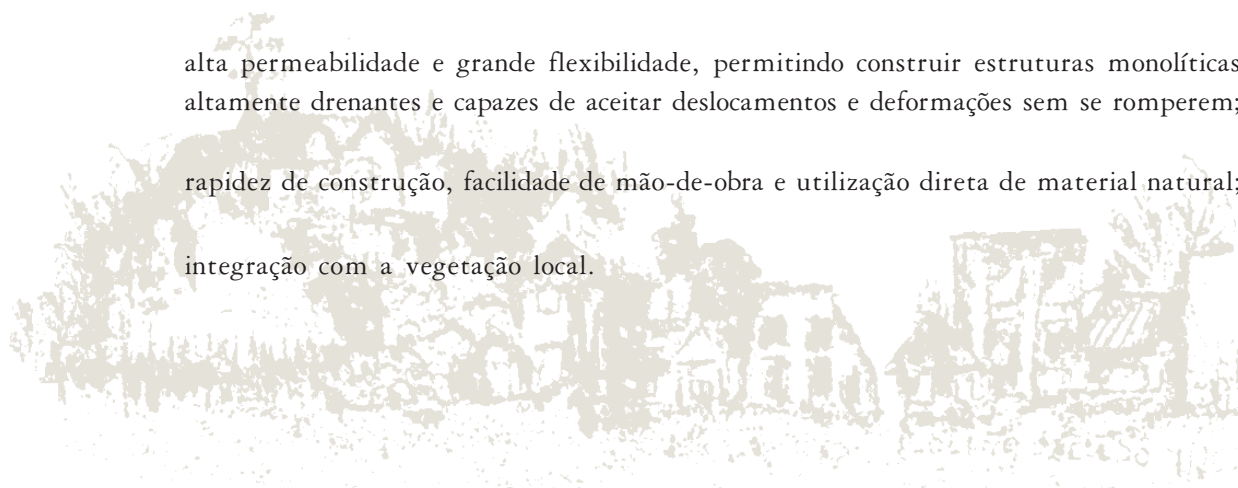
Gabiões são gaiolas formadas por redes de aço zincado preenchidas com pedras de mão, com pesos unitários de até 15Kg, com tamanhos entre 10cm e 20cm, não intemperizadas. Esse tipo de muro funciona como muro de gravidade e deve ser executado a partir de um projeto executivo específico, desenvolvido para cada tipo de situação, sendo recomendável para alturas de até 5m.

#### *Vantagens dos muros com gabião-caixa:*

alta permeabilidade e grande flexibilidade, permitindo construir estruturas monolíticas altamente drenantes e capazes de aceitar deslocamentos e deformações sem se romperem;

rapidez de construção, facilidade de mão-de-obra e utilização direta de material natural;

integração com a vegetação local.



Os gabões-caixas são abertos na obra para a armação das peças uma a uma. O enchimento das caixas deve ser manual para reduzir, para cerca de 30 a 35%, o índice de vazios entre as pedras, já que arranjos muito frouxos podem comprometer a estabilidade do muro. As costuras das caixas são feitas, de modo contínuo, em todas as arestas de contato entre os painéis, bem como na união das caixas laterais, nas superiores/inferiores e nos diafragmas.

As caixas deverão ser bem alinhadas, para dar melhor estabilidade do conjunto. Nas caixas com 2m de comprimento em diante são inseridos, durante o processo de fabricação, diafragmas de metro em metro para dar maior robustez às peças, facilitar o enchimento e melhorar o alinhamento da estrutura na hora da sua execução (FIDEM, 2001a).





### *Recomendações*

O terreno deve ser previamente limpo e nivelado, antes da colocação da primeira camada de gabiões- caixas.

A tela metálica deve ser protegida contra corrosão e depredações.

É recomendável o uso de geotêxtil ou areia, na transição entre os gabiões e o material do corte ou aterro (Cunha, 1991).

***Muro de bloco de concreto articulado (pré-moldado encaixado sem rejunte)***

O sistema de contenção de encostas com blocos de concreto articulados utiliza o princípio básico de encaixe lateral sem o uso de argamassa para a montagem do muro, formando um revestimento ecológico, ideal para uso em muros com altura e ângulo variado, podendo se acoplar escadaria, integrada ao muro de arrimo. Esse processo construtivo permite executar contenção em encostas com inclinações baixas de 35° até a vertical. Em encostas com ângulo superior a 70°, possibilita o plantio de vegetação, transformando o muro de arrimo em um jardim inclinado. É recomendado para taludes que apresentam problemas de infiltração de água.



foto cedida pela empresa BLOKRET

Os vazios frontais da camada interna dos blocos serão preenchidos com terra de boa qualidade e adubada para posterior plantio de vegetação. Deve ser molhada abundantemente, fazendo com que a terra colocada dentro do bloco se compacte. A escolha do tipo de vegetação deve levar em conta fatores climáticos e a disponibilidade de água para regar, observando sempre plantas resistentes que sejam bem adaptadas ao local. Em pouco tempo o muro de contenção se transforma em um jardim.

O acabamento superior do muro, junto à última camada de blocos, geralmente não necessita de nenhum tratamento especial, podendo-se preencher os dois vazios da última camada com terra vegetal e plantar vegetação. Caso não exista o interesse em utilizar vegetação no muro, os vazios frontais podem ser preenchidos com brita ou concreto magro. Geralmente é possível fazer o acabamento lateral embutido no terreno através de curvas. Este acabamento proporciona à obra uma estética agradável e é extremamente eficiente no controle de águas superficiais, evitando o surgimento de erosões no entorno do muro.

A manutenção dos muros limita-se aos cuidados com a vegetação. A área acima e em torno dele deve possuir drenagem na parte posterior, confeccionado em tubos plásticos, que levarão a água para a parte externa, a fim de evitar o surgimento de focos de erosão que possam evoluir e causar o descalçamento de blocos. Da mesma maneira devem ser evitadas infiltrações superficiais acima do muro, principalmente aqueles tipos que suportam estradas. Eventuais trincas decorrentes de deformações ou desgaste devem sempre ser corrigidas e impermeabilizadas.

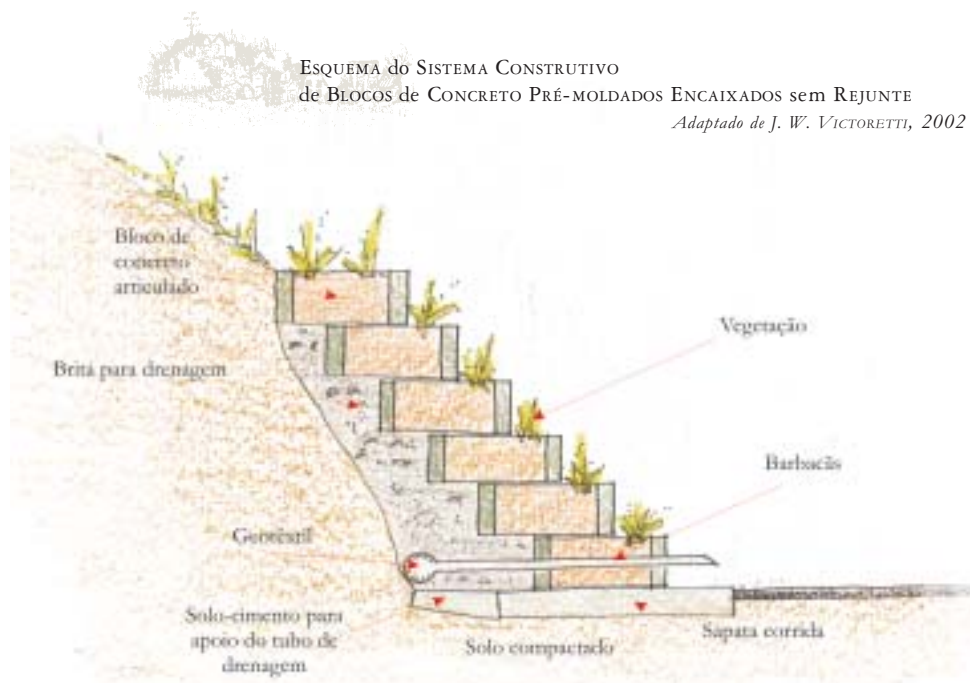


foto cedida pela empresa BLOKRET

### *Muro de solo-pneu*

Nos muros de espera ou de arrimo, também poderão ser utilizados pneus descartados. Algumas experiências satisfatórias, embora ainda em pequena escala, foram realizadas em Jacarepaguá, no Rio de Janeiro (Sieira *et al.*, 1997). São obras de fácil construção e de baixo custo, com boa drenabilidade, que utiliza o solo da própria encosta associado a uma estrutura montada com pneus inservíveis, amarrados uns aos outros segundo um arranjo pré-estabelecido em função da altura da encosta e das dimensões do muro.

Ao final, o muro de solo-pneu deve ser recoberto por uma camada de terra para preenchimento dos vazios formados pelo encaixe dos pneus, com semeadura de gramíneas para sua fixação, evitando que pneus expostos possam representar risco de incêndio.

O número de camadas de pneus é função da altura e inclinação do talude, bem como das condições de estabilidade do muro.

Caso o solo utilizado no enchimento dos pneus seja argiloso (má drenagem), deve-se colocar barbacãs para a saída de água do dreno de areia ou de brita



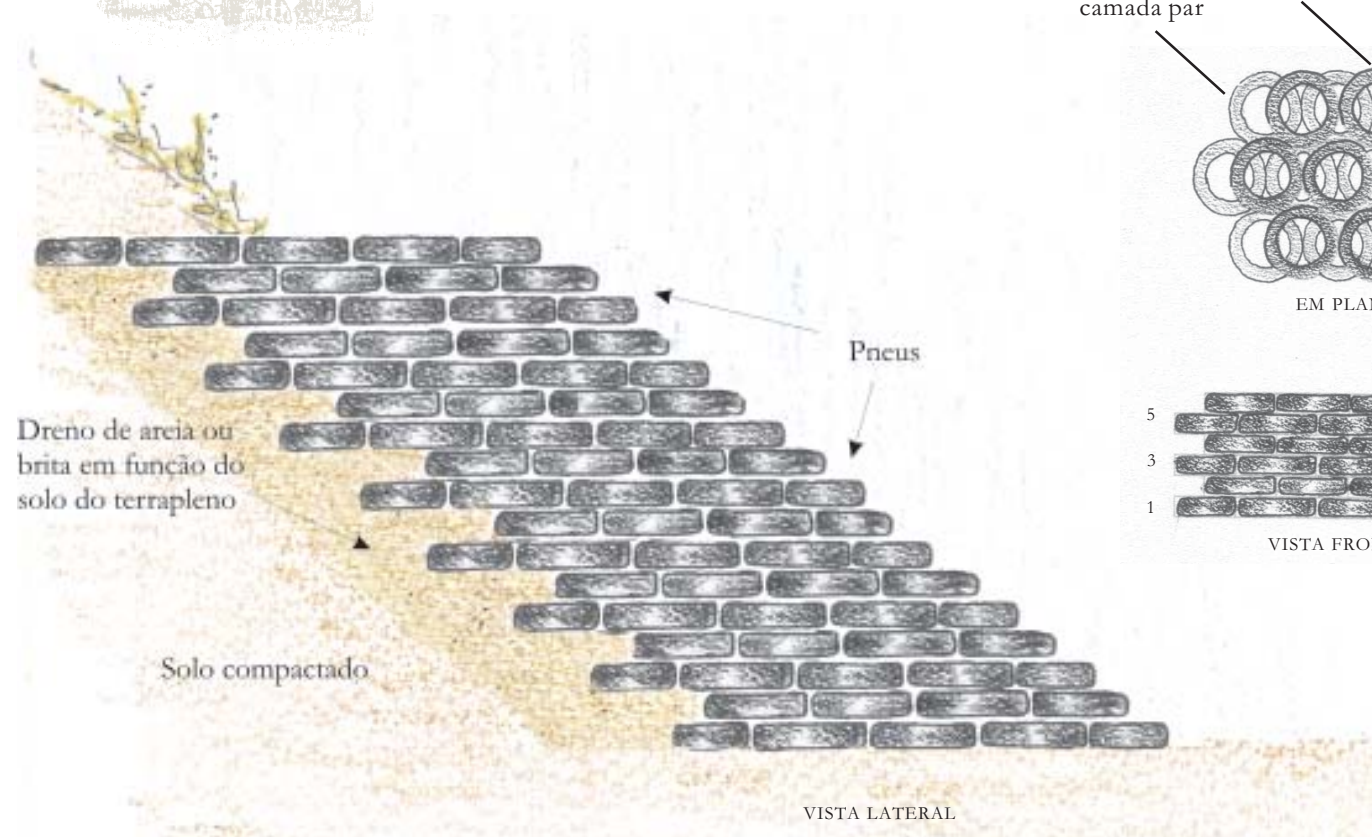
#### *Vantagem dos muros com pneus usados:*

Essa técnica apresenta uma vantagem ecológica, por oferecer destino final aos pneus descartados, os quais causam sérios problemas sanitários pela acumulação de água, com proliferação de mosquitos e outros insetos.

DETALHE CONSTRUTIVO de MURO de SOLO-PNEU

*Adaptado de SIEIRA, 1998*

EXEMPLO do SISTEMA CONSTRUTIVO de SOLO-PNEU





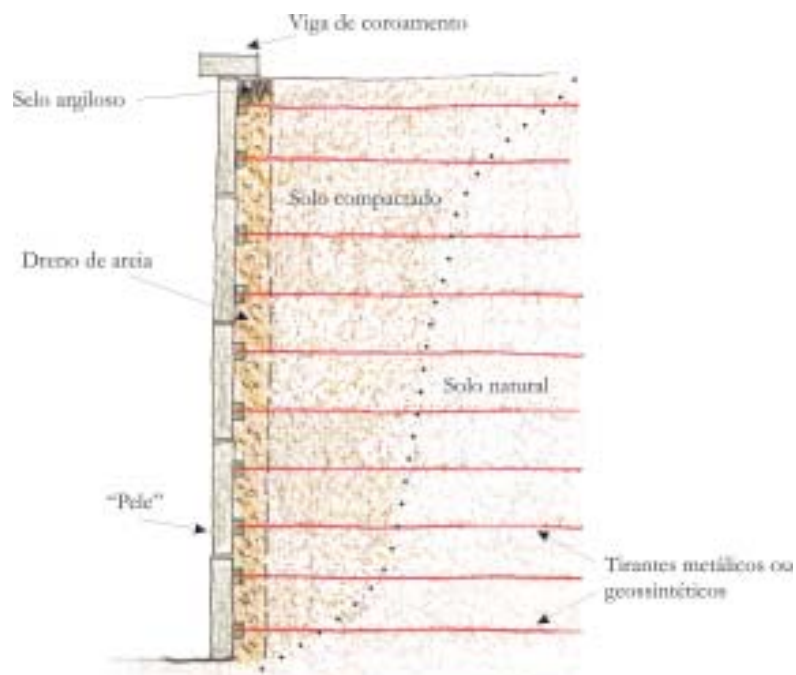
## 11.2 Outras soluções de contenção

### *Contenção com terra armada com placa pré-moldada de concreto, ancoragem metálica ou geossintética*

Composta por elemento pré-moldado de concreto que funciona como “pele” e distribuição das pressões com tirantes metálicos ou geossintéticos que resistem aos esforços pelo atrito desenvolvido no solo compactado.

ESQUEMA DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PLACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO, ANCORAGEM METÁLICA OU GEOSSINTÉTICA

*Adaptado de ABNT, 1985a*



DETALHES DO SISTEMA CONSTRUTIVO

TIRANTE DE GEOSSINTÉTICO








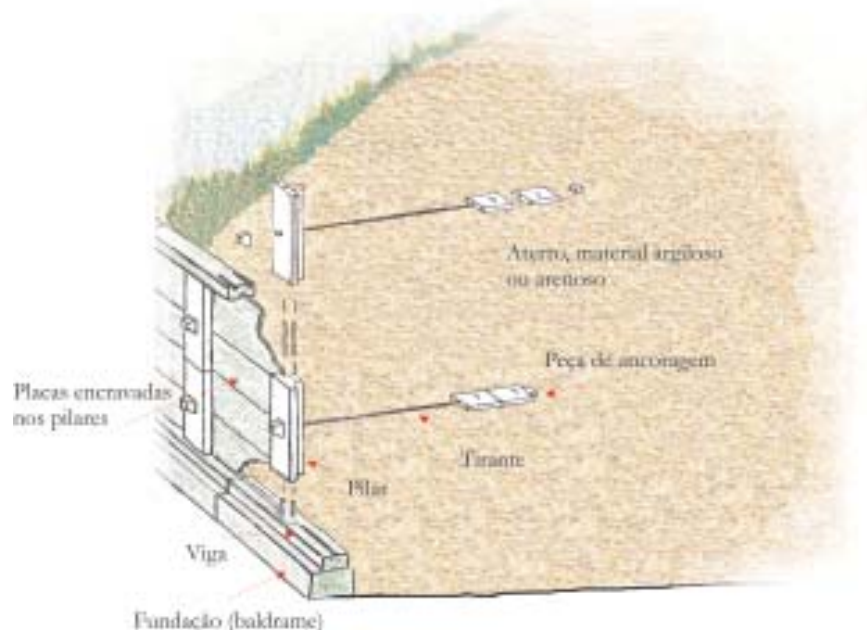
PLACAS PRÉ-MOLDADAS



### *Contenção com microancoragem com placa pré-moldada e montante de concreto ancoragem metálica ou geossintética*

O sistema construtivo de placas e montantes de concreto com ancoragem metálica ou geossintética apresenta as seguintes vantagens:

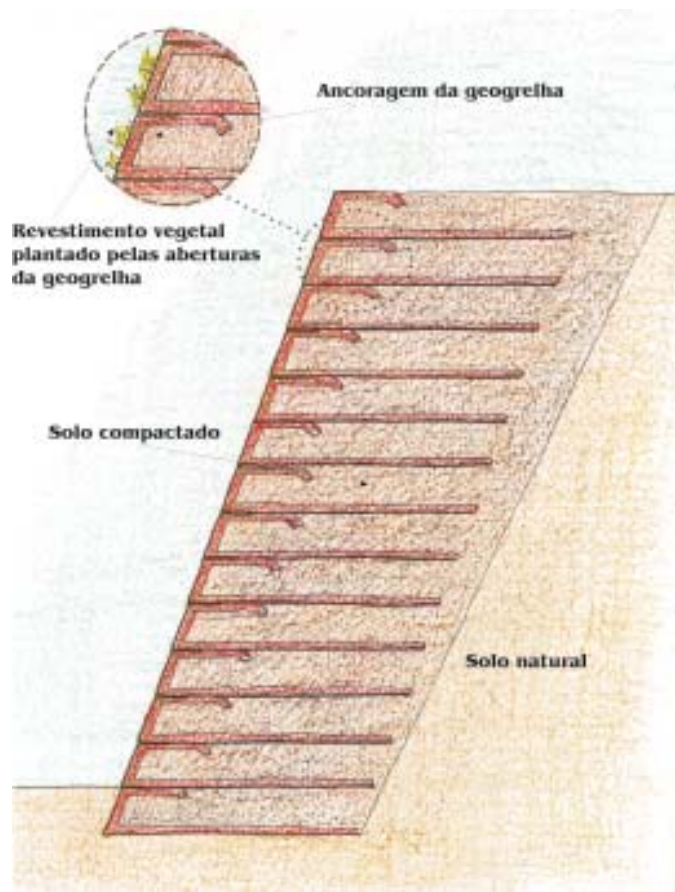
-  É aplicado em parede vertical.
-  É uma solução econômica e simples que outros sistemas de parede vertical.
-  Utiliza tirante de aço comum de construção ou geossintético.
-  É uma peça de ancoragem de concreto pré-moldado de fácil execução.
-  Permite pequenas deformações.



ESQUEMA DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PLACAS E MONTANTES DE CONCRETO, ANCORAGEM METÁLICA OU GEOSSINTÉTICA  
 Adaptado de ABNT, 1985b

### *Contenção com solo compactado e reforçado com geossintético*

Semelhante à contenção com gabião convencional, o solo reforçado utiliza a geogrelha como elemento de armação e ancoragem do solo, permitindo estabilizar os taludes mais íngremes e a fixação de revestimento vegetal, reduzindo o impacto ambiental.



ESQUEMA DO SISTEMA CONSTRUTIVO  
em GEOSINTÉTICO e SOLO COMPACTADO

*Adaptado de MACCAFERRI, 2002*

### *Contenção com solo reforçado com paramento de pré-moldado*

Sistema especialmente vantajoso para contenção de taludes em áreas urbanas, é indicado quando se deseja obter uma estrutura semiflexível, de construção simples e rápida, com paramento frontal em blocos de concreto pré-moldado e maciço estrutural com geogrelhas. A estrutura de contenção obtida com esse sistema pode ser aplicada em qualquer altura.

ESQUEMA do SISTEMA CONSTRUTIVO em BLOCOS PRÉ-MOLDADOS  
 com ANCORAGEM em GEOGRELHA METÁLICA ou GEOSSINTÉTICA

*Adaptado de MACCAFERRI, 2002*

DETALHES da GEOGRELHA

