

CAPÍTULO 13

Drenagem

Importância da drenagem para a segurança dos morros 13.1

Elementos do sistema de drenagem 13.2

Obras de drenagem 13.3

Estudo de casos 13.4

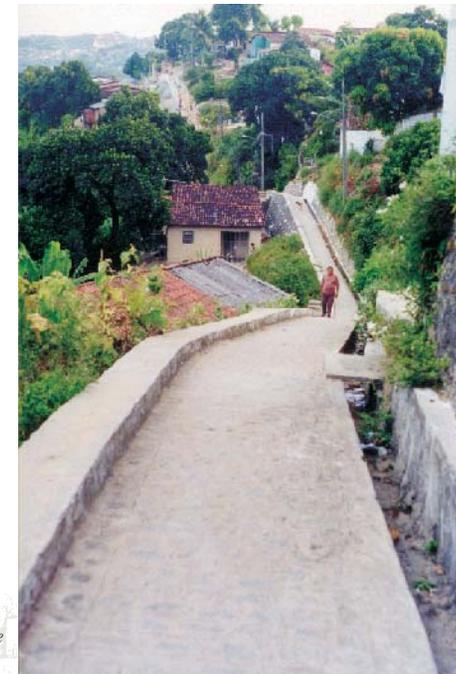


13.1 Importância da drenagem para a segurança dos morros

A água é o principal agente deflagrador dos movimentos gravitacionais de massa (rastejos, deslizamentos e corridas) e de transporte de massa (erosão), fazendo com que a maioria das movimentações de encostas ocorra no período chuvoso. Embora os acidentes estejam associados à saturação generalizada das encostas, são potencializados pela concentração de águas servidas (banheiro, cozinha e lavanderia), ou de vazamentos de tubulações do sistema de abastecimento d'água sobre os taludes de cortes ou mesmo sobre as encostas naturais. Esse fato torna-se mais crítico quando a rede é improvisada pelos moradores, através de canos e mangueiras sujeitos a desconexões frequentes.



A drenagem superficial se faz pelas linhas d'água naturais e pelo sistema formal construído (macro e microdrenagem), que deve estar harmonizado com as feições do relevo para permitir o efetivo escoamento das águas. Todo o sistema precisa ser dimensionado em função das vazões e do potencial hidráulico, definido pela declividade.



13.2 Elementos do sistema de drenagem

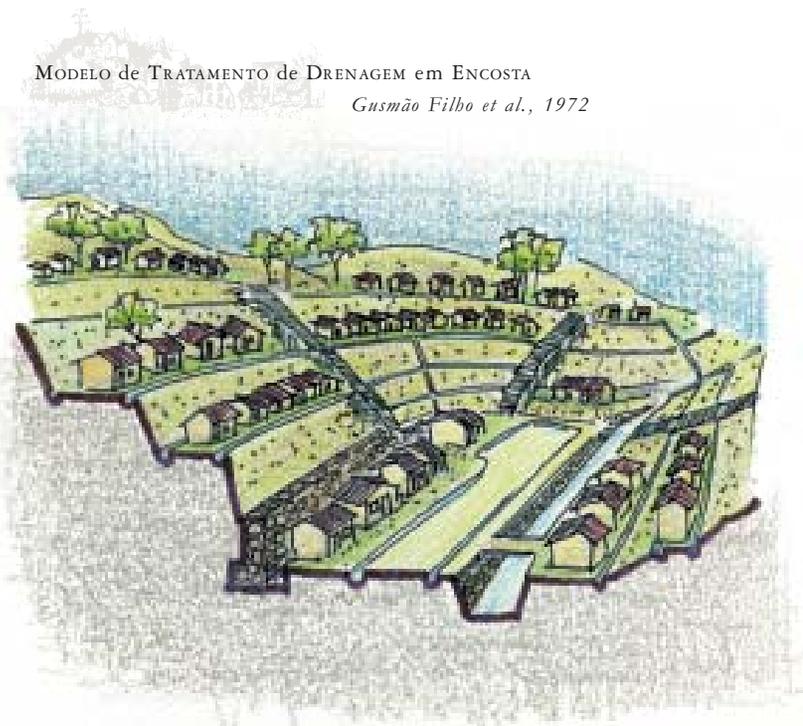
Os sistemas de drenagem, em função de suas dimensões, são classificados como:

 sistemas de microdrenagem
responsável pela coleta e afastamento das águas superficiais

 sistemas de macrodrenagem
inclui as redes de galerias de maior porte e os elementos receptores, como lagoas, rios e canais

MODELO de TRATAMENTO de DRENAGEM em ENCOSTA

Gusmão Filho et al., 1972



O modelo apresentado é válido para encostas côncavas ou convexas e tem como pressupostos a intervenção estruturadora da área e o menor custo de obras (Gusmão Filho, 1993).

Os elementos da microdrenagem devem ser bem dimensionados para evitar transbordamentos nos períodos de chuvas intensas. Os revestimentos adotados são a cobertura vegetal e os panos cimentados, com eventuais arrimos na base da encosta. Os patamares são drenados pelas canaletas de borda e de pé de talude, e as canaletas de descida levam as águas para os canais que margeiam a via coletora que coincide com a planície principal da microbacia. Na ausência de redes coletoras de esgotos, as fossas sépticas e suas valas de infiltração ficam localizadas atrás das casas, próximas ao pé das barreiras, e as canaletas coletam as águas servidas de banho, lavanderia e cozinha. O tratamento completo da área estabiliza a encosta de modo permanente, desde que garantidos os cuidados com a manutenção do sistema de drenagem e com os revestimentos vegetais e artificiais, evitando-se também novos cortes para ampliação das moradias que possam desestabilizar o ambiente.

Um sistema de drenagem eficiente para os morros deve ser planejado por microbacias, com uma rede que atenda a todas as casas, a partir das calhas ou biqueiras até as canaletas de descida, de bordo e de pé de talude, as quais devem chegar às canaletas principais ou de escadarias e finalmente aos canais. Todo o sistema precisa ser dimensionado para receber a contribuição de águas pluviais da microbacia natural de drenagem, de modo a evitar problemas de transbordo quando ocorrem chuvas mais intensas.

Em áreas de ocupação densa e desordenada, é pouco produtiva a elaboração de projetos executivos, tendo em vista a complexidade dos acessos, a irregularidade dos lotes e as diferenças de cotas entre eles. Um Plano Geral da Intervenção (anteprojeto) deverá identificar sobre uma base plani-altimétrica, em função da morfologia da encosta, as principais linhas de convergência da água, para a definição do traçado do escoamento principal. As soluções de detalhe da intervenção vão sendo definidas durante a execução dos trabalhos.



foto cedida pelo jornal "Folha de Pernambuco"

ESCOAMENTO de CHUVAS INTENSAS
Casa Amarela, Recife



CANAL
SISTEMA de MACRODRENAGEM
Vasco da Gama, Recife

Enquanto o sistema de macrodrenagem é formalmente reconhecido pelo poder público e dispõe de registro nos setores municipais de obras, com recursos regulares para a sua manutenção, a microdrenagem é precariamente conhecida e administrada. Tendo em vista a sua importância para a estabilização das encostas, fica o desafio de melhor conhecer essa rede de escoamento para realizar o monitoramento e controle, com vistas à sua manutenção e efetiva contribuição para a redução do risco.

O lançamento de águas servidas sobre as encostas decorre, em geral, da inexistência ou da precariedade da microdrenagem para responder aos eflúvios domésticos, além das águas das chuvas, para as quais é essencialmente destinada.

Principais elementos da drenagem nos morros

Calhas e Coletores (*casas*)

Canaletas de Descida (*entre patamares*)

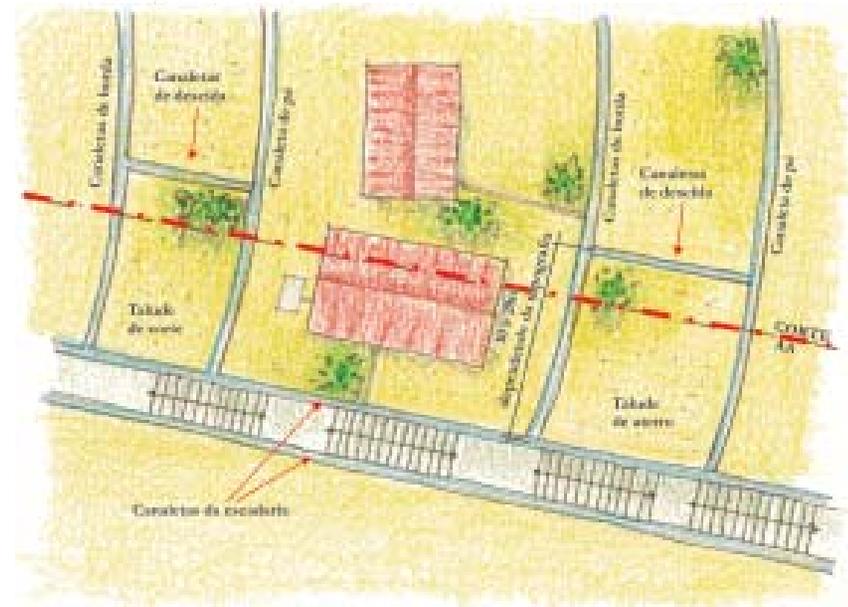
Canaletas de Borda de Talude

Canaletas de Pé de Talude

Canaletas Principais (*acopladas às escadarias*)

Esses elementos compõem o sistema de microdrenagem para as encostas, o qual deve estar conectado com a rede de macrodrenagem, formada pelos canais, rios ou lagoas.

SISTEMA de MICRODRENAGEM para os MORROS
 baseado no modelo de *Gusmão Filho et al., 1972*



Dimensionamento simplificado da vazão

O procedimento ideal pressupõe a realização dos cálculos por profissional qualificado, considerando todas as variáveis do sistema. Na impossibilidade dessa solução, é possível fazer uma simplificação para a estimativa das vazões e das dimensões dos elementos que compõem o sistema de microdrenagem (*calhas, coletores, valas revestidas e canaletas*). Esses elementos devem manter um nível de declividade mínimo de 2% para o escoamento das águas.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} \quad \text{onde}$$

Q · VAZÃO (litros por segundo)

C · COEFICIENTE de ESCOAMENTO (adimensional)

I · INTENSIDADE da PRECIPITAÇÃO (milímetros por hora)

A · ÁREA DA BACIA de CONTRIBUIÇÃO (metros quadrados)

Garantir declividade que permita uma velocidade mínima de 1m/seg

No cálculo simplificado, podem ser adotados os seguintes valores:

CARACTERÍSTICAS da ÁREA	VALOR de "C"
área pavimentada ou coberta	0,8
área com solo exposto	0,3

No caso de áreas mistas, adotar uma média ponderada desses dois valores, tomando como base as áreas correspondentes.

O coeficiente de escoamento (C) depende, entre outras variáveis,

- da distribuição de chuva;
- das condições iniciais de umidade do solo;
- do tipo de solo.

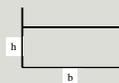
A Intensidade da Precipitação (I) depende do local, da estação do ano, das condições atmosféricas e de vários outros fatores. Sua avaliação é feita através de análise estatística das chuvas históricas no local, considerando o tempo de recorrência, a duração da chuva e o tempo de concentração da bacia. Para o Recife, pode-se admitir uma intensidade de chuva concentrada de 40mm/h.

Dimensionamento de canaletas

As canaletas devem ser dimensionadas de modo a atender aos critérios de velocidade máxima e velocidade mínima, levando-se em conta a declividade, o material construtivo, os sedimentos transportados, entre outros. Uma canaleta com seção retangular de base (b) e altura (h), com paredes e fundo de cimento, pode utilizar os seguintes parâmetros:

$$Q = \frac{b \cdot h \cdot R h^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$

onde



Q · VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR SEGUNDO

b · LARGURA EM METROS

h · ALTURA MOLHADA EM METROS

Rh · RAIO HIDRÁULICO

i · DECLIVIDADE LONGITUDINAL EM METROS

n · COEFICIENTE DE MANNING

n = 0,015 para canaleta de cimento

Para transformar a vazão de litros por segundo para metros cúbicos por segundo, divide-se o valor por mil

13.3 Obras de drenagem

As obras de drenagem têm por finalidade captar e conduzir convenientemente as águas superficiais e subterrâneas de uma encosta, visando evitar a ocorrência de erosões e escorregamentos (Cunha, 1991). Deve-se respeitar, na medida do possível, o caminho natural das águas e promover a implantação de rede de coleta e condução das águas servidas, preferencialmente separada da rede de drenagem das águas pluviais, bem como garantir a manutenção das redes já implantadas. É importante o plantio de gramíneas, pois a cobertura vegetal representa proteção para o solo, diminuindo o impacto e a infiltração das águas pluviais, além de proporcionar uma maior resistência, através das raízes. A drenagem é uma medida complementar a toda obra de contenção, já que garante a redução da ação da água sobre a estrutura.

Obras de Drenagem	Superficial	calhas e coletores valas revestidas canaletas moldadas no local canaletas pré - moldadas escadas d'água
	Subterrânea	trincheiras drenantes
	de Estruturas de Contenção	barbacãs

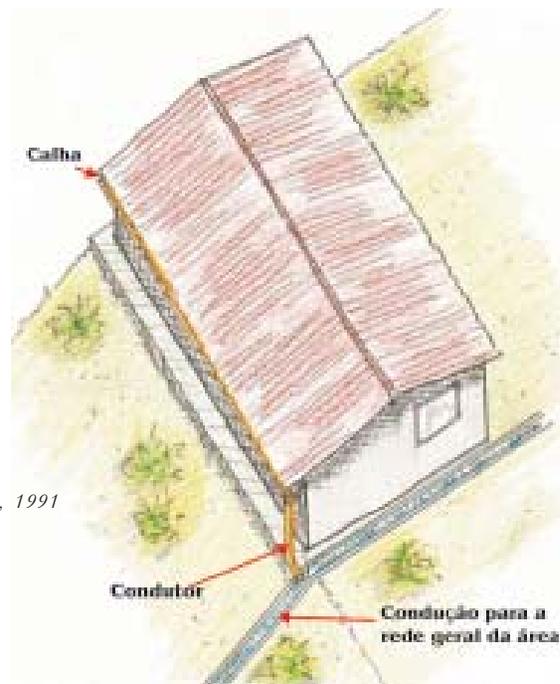
A drenagem é, muitas vezes, a intervenção mais importante para a estabilização de um talude, sendo indissociável das obras de proteção superficial e de contenção, pois garante a redução dos esforços a serem suportados pela estrutura, devido à ação da água.

Drenagem superficial



calhas e coletores

As águas de chuva que caem dos telhados concentram-se em volta da casa ou escoam rapidamente para a encosta, a depender da permeabilidade dos solos e das declividades do terreno. A coleta dessas águas pode ser uma solução temporária para o abastecimento da casa, ao mesmo tempo que reduz a água disponível para escoamento ou infiltração no solo. O correto direcionamento das águas de chuva para o sistema de drenagem tem nas calhas um elemento importante para reduzir a saturação das barreiras.



SISTEMA de COLETA de ÁGUAS PLUVIAIS
Adaptado de Cunha, 1991

As águas servidas (*pia, lavanderia, banho*) têm contribuição reconhecida nos acidentes de deslizamento e queda de encostas. Essas águas devem ser canalizadas para lançamento na rede de esgotos; na sua ausência, as canaletas passam a ser o único sistema disponível para o escoamento.

Vazamentos na rede de abastecimento d'água, além do desperdício podem provocar sérios acidentes em áreas de morros.



valas revestidas

Embora de durabilidade menor, exigindo maiores cuidados com a manutenção, o revestimento e impermeabilização de valas no terreno podem ser uma solução de baixo custo e de rápida execução. Trata-se de pequenos canais escavados no solo, revestidos por uma fina camada de impermeabilização asfáltica ou argamassa de cimento e areia (traço 1: 3). Além de impedir a erosão ao longo da linha d'água, facilita o escoamento e reduz a infiltração. É indicado para pequenas vazões.

REVESTIMENTO de VALETAS com ARGAMASSA

Adaptado de Cunha, 1991





canaletas moldadas no local

As canaletas podem ser construídas associadas a obras de retaludamento, revestimento e contenção, assim como associadas a escadarias de acesso ou leitos de ruas, e podem ser abertas ou fechadas com tampas removíveis de concreto. Podem ter seções retangulares, trapezoidais ou triangulares e serem executadas em concreto moldado na hora, ou podem ter apenas o fundo concretado, utilizando blocos pré-moldados para as laterais.

O alto percentual de canaletas subdimensionadas e destruídas pela ação das águas recomenda alguns cuidados para o seu posicionamento no terreno, como a direção consonante com as linhas de maior declividade da microbacia de drenagem, altura que permita a captação das águas superficiais e dimensões adequadas às vazões durante chuvas fortes, tudo aliado a um projeto que reduza pontos de acúmulo de solo e/ou lixo e facilite a manutenção da canaleta.

A depender de sua posição na encosta (borda, pé, descida de patamar, descida principal), as canaletas poderão ter diferentes formatos, dimensões e tipos construtivos, desde que atendam à finalidade básica de escoar a água da encosta. Assim, valas argamassadas poderão se conectar com canaletas triangulares da borda do talude, que por sua vez se conectam com canaletas retangulares de descida.

Para maior durabilidade da obra, é importante compactar uma faixa de 50cm de solo nas laterais da canaleta, evitando a formação de sulcos de erosão na descontinuidade canaleta/solo, assim como a entrada da água por baixo da canaleta.



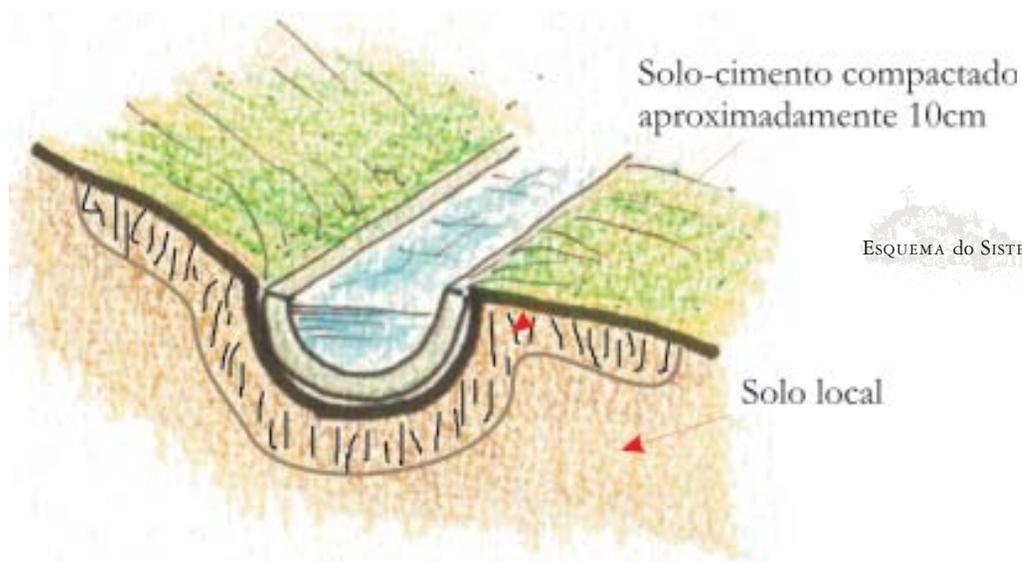
CANALETA de BORDA ACOPLADA à CANALETA PRINCIPAL





canaletas pré-moldadas

São peças pré-fabricadas em concreto, geralmente em forma de meia cana, ou em caixa, com diâmetro e espessura variáveis, de acordo com a vazão da água a ser conduzida. Seu uso é freqüente devido à grande facilidade e rapidez de instalação (Cunha, 1991).



ESQUEMA do SISTEMA CONSTRUTIVO de CANALETAS PRÉ-MOLDADAS

Adaptado de Cunha, 1991

Os cuidados quanto ao posicionamento no terreno são maiores que os aplicados às canaletas executadas no local, pois, caso não fiquem bem assentadas no solo poderão facilitar a percolação da água por baixo delas, acelerando sua destruição. O local deve ser preparado com uma camada de solo-cimento ou argamassa bem compactada, antes de receber a canaleta, evitando os espaços vazios.



escadas d'água

São canaletas geralmente abertas, com fundo construído em forma de degraus visando reduzir a velocidade das águas superficiais, em encostas com inclinações elevadas. Podem transportar grandes vazões, devendo ser executadas no local, em concreto armado. A principal vantagem sobre as canaletas e tubos de concreto é a de conduzir grande volume de água em fortes inclinações, com menor desgaste do concreto e sem necessidade de caixas de dissipação (Cunha, 1991).

Se o solo local está bem compactado, com boa resistência, pode-se usar o concreto simples, sem armação.

Os mesmos cuidados dispensados às canaletas deverão ser tomados para as escadas d'água, no que se refere à direção preferencial das linhas d'água, altura dos pontos de captação em relação ao nível do terreno e dimensionamento.



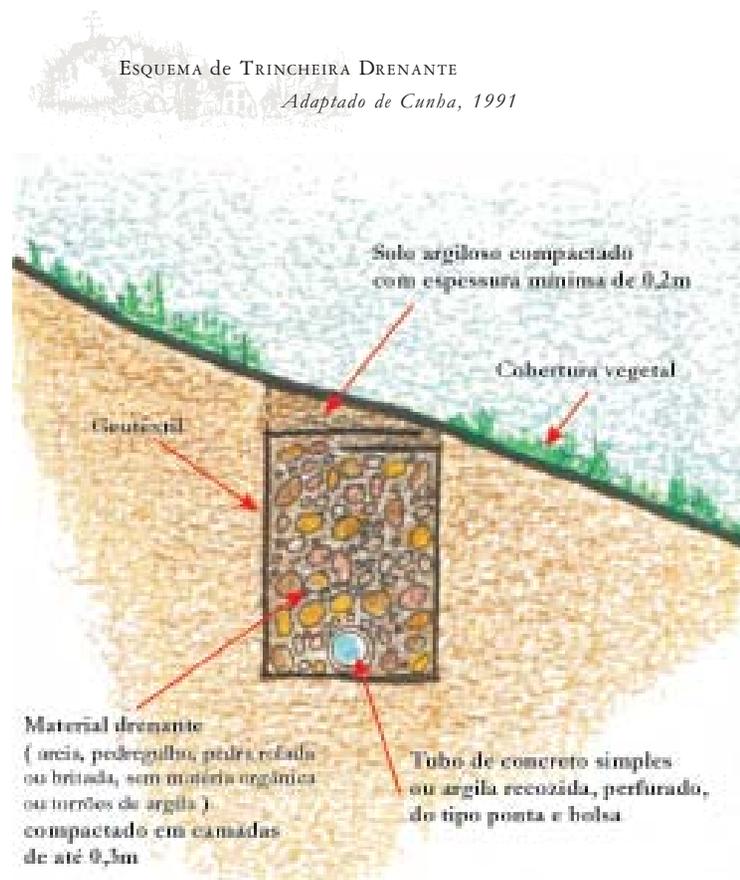
ESCADAS d'ÁGUA como CANALETAS PRINCIPAIS

Drenagem subterrânea



trincheiras drenantes

Constam de valetas de 30cm x 30cm, com profundidade variável em função das características do nível freático, preenchidas por material drenante (areia, pedregulho, brita) envolvido em geotêxtil, deixando um tubo longitudinal perfurado para servir de dreno coletor da água. Após o preenchimento, são seladas com solo argiloso, protegido com gramíneas e o tubo coletor deve ter na saída uma caixa de dissipação para evitar a formação de um foco de erosão.



Drenagem de estruturas de contenção

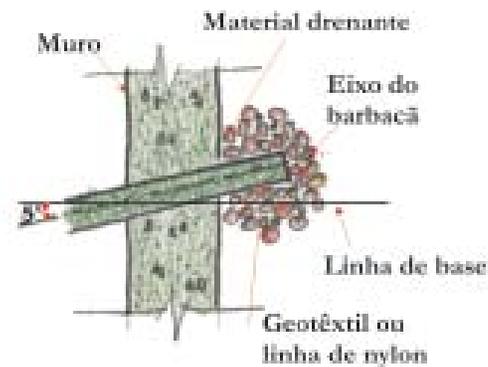


barbacãs

Os barbacãs fazem parte da drenagem das estruturas de contenção e de alguns revestimentos. São tubos de PVC colocados em posição sub-horizontal (inclinação de 5°), com no máximo 1,5m nas estruturas de contenção, com o fim de coletar águas subterrâneas dos maciços situados a montante, rebaixando o nível do lençol freático e diminuindo a pressão da água sobre a estrutura. Podem, também, ser utilizados como saídas dos drenos (areia, brita) existentes atrás das estruturas de contenção. O tubo é lateralmente perfurado e deve ser envolvido com tela de nylon ou geotêxtil, deixando pelo menos 10cm (sem perfurar) para fora do muro. Devem ficar mergulhados numa caixa de geotextil de 20 x 20 x 30cm, que fará a transição entre o solo e o tubo.

ESQUEMA do SISTEMA CONSTRUTIVO de BARBACÃ

Adaptado de Cunha, 1991



BARBACÃS em MURO de ARRIMO



13.4 Estudo de casos

AUSÊNCIA DE MICRODRENAGEM

CASA sem BIQUEIRAS e sem SOLUÇÃO de DRENAGEM
Alto da Estrela, Moreno



O patamar onde se implanta a moradia fica completamente encharcado durante as chuvas, tendo em vista as águas que descem do telhado e do talude adjacente, além das águas servidas da casa.

A encosta assim parcialmente exposta, sujeita à alta taxa de infiltração, põe a casa em risco pela probabilidade de deslizamento em períodos de chuva. O risco de acidente com vítimas fatais aumenta, tendo em vista a posição dos quartos voltados para a barreira.

Solução proposta pelo arquiteto
 Gleidson Dantas



DRENAGEM DEFINIDA pelas CALHAS, CANALETAS de BORDA, de DESCIDA e de PÉ

Recomendações

Instalar calhas para recolhimento da água de chuva, a qual pode ser aproveitada parcialmente para o abastecimento da família, com os devidos cuidados no intuito de evitar a proliferação de mosquitos (*dengue*).

O excedente das águas do telhado deve ser encaminhado para uma canaleta de pé do talude, a qual recebe também as águas direcionadas pela canaleta de borda e de descida.

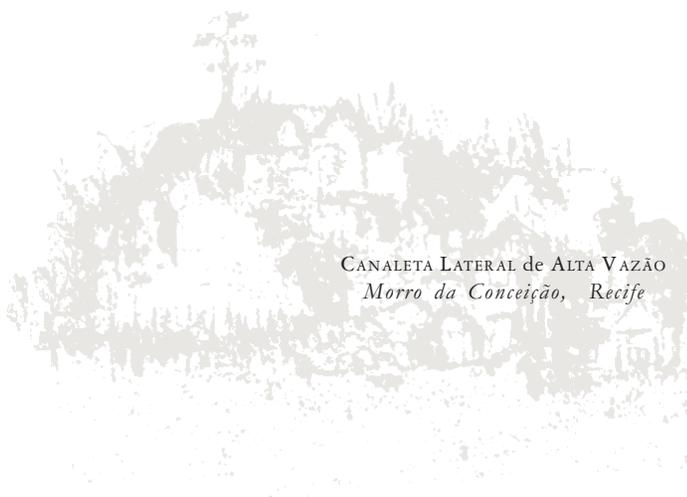
Alterar a ocupação dos cômodos internos, posicionando os quartos, no lado oposto ao da barreira, para prevenir acidentes em casos de deslizamentos.

CANALETAS DANIFICADAS E OBSTRUÍDAS PELO LIXO

Via de acesso principal (escadaria) associada a canaletas laterais subdimensionadas para a vazão em períodos de chuvas mais intensas.

A alta declividade da via de acesso implica potencial aumento da velocidade das águas ao longo das canaletas, aumentando o atrito e, conseqüentemente, o desgaste do seu material.

O lixo lançado nas canaletas agrava a situação, seja pelo ataque das substâncias produzidas pela decomposição dos resíduos, seja pela obstrução localizada da passagem das águas, levando ao transbordamento e à erosão das canaletas.



CANALETA LATERAL de ALTA VAZÃO
Morro da Conceição, Recife



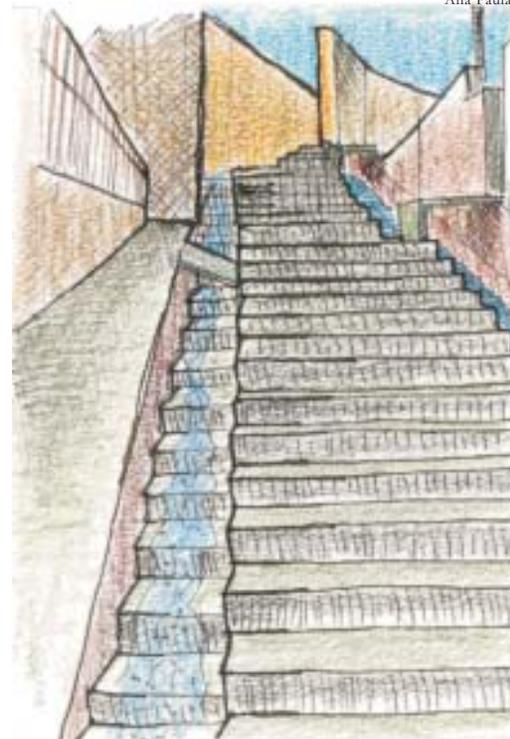
Recomendações

Reconstrução e ou recuperação das canaletas, aprofundando gradualmente a sua calha até a base da encosta.

Construção de escadas d'água, para dissipação da energia da água corrente.

Limpeza permanente das canaletas, removendo lixo e vegetação.

Solução proposta pela arquiteta
Ana Paula Oliveira Vilaça



DRENAGEM INDEFINIDA NA ENCOSTA

A construção de moradias em patamares dispersos, sem qualquer preocupação com o sistema de drenagem, é uma situação freqüente nos morros.

Águas superficiais não canalizadas tendem à infiltração generalizada e erosões, em virtude da porosidade e permeabilidade dos solos e sedimentos presentes.

A ausência de revestimentos naturais ou artificiais amplificam o problema.



SITUAÇÃO CARACTERÍSTICA de DRENAGEM INDEFINIDA na ENCOSTA
Bolo de Noiva - Buriti, Recife



Solução proposta pela arquiteta
Ana Paula Oliveira Vilaça

Recomendações

Retaludar e revestir o talude de corte abaixo da casa.

Recompor a cobertura vegetal nos taludes naturais.

Melhorar a acessibilidade através de escadaria, acoplada a canaletas de descida.

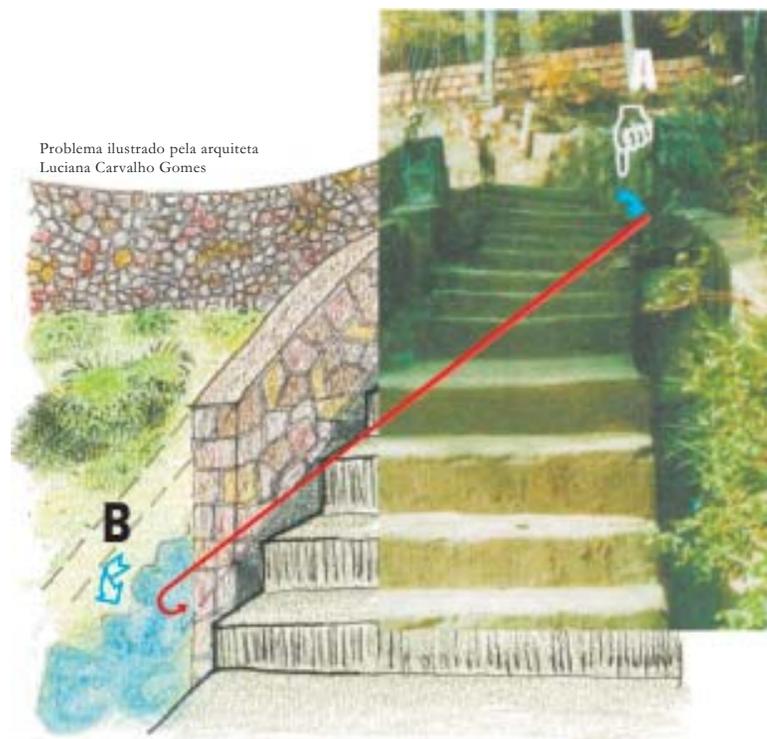
Construir canaletas de pé e de borda no patamar frontal, que deve ser preservado da ocupação, podendo destinar-se a uma área de convivência e lazer.

CANALETAS DISSOCIADAS DA MICRODRENAGEM NATURAL

Canaletas de descida, agregadas à escadaria sem a devida preocupação com as condições topográficas, podem comprometer a eficiência da microdrenagem.

No caso observado, a altura excessiva da base da canaleta da esquerda não permitiu a entrada das águas correntes, perdendo sua finalidade; a canaleta da direita, para a qual convergem as águas do patamar, também não cumpre sua função a contento, tendo em vista uma perfuração na sua base, onde se dá a fuga da água para o solo.

A partir do ponto (A) as águas passam sob a escadaria, vindo a desaguar no extremo oposto (B), demonstrando que a implantação do sistema acesso/drenagem, ao não respeitar os caminhos naturais da água, mostrou-se subdimensionada para suportar as pressões e o desgaste exercidos por ela.



Recomendações

O anteprojeto para a construção de acessos deve verificar a sua adequação à drenagem natural da área, já que vias e drenagens devem ter soluções associadas.

As linhas de maior declividade do terreno devem ser preferencialmente escolhidas para direcionar a drenagem.

Em projetos que impliquem alterações substanciais da topografia da área, o cuidado em definir as linhas d'água deve se pautar pela mesma lógica: as águas correm preferencialmente segundo linhas de maior velocidade, ou seja, acompanham as maiores declividades.