



IX-004 - SOLUÇÕES EM DRENAGEM DE CAMPO DE FUTEBOL

Fábio Márcio Bisi Zorzal⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela UFES (1997), Adesguiano pelo XVII CEPE - ADESG/ES (1996), Mestre em Ciências em Engenharia Ambiental pela UFES (1999). Doutor em Engenharia de Produção com Ênfase em Gestão Ambiental pela UFSC (2003). Finalista do Prêmio “Tião Sá” de Pesquisa Ecológica da Prefeitura Municipal de Vitória (1998). Finalista do Prêmio Paraná Ambiental 2001. Professor no Curso de Engenharia Civil da Universidade Tuiuti do Paraná (desde 1999).

Bruno Teixeira Dantas

Engenheiro Civil pela UFES (1996). Mestre em Geotecnia pela COPPE-RJ (1998). Doutor em Geotecnia pela COPPE-RJ (desde 1999). Professor no Curso de Engenharia Civil da Universidade Tuiuti do Paraná – UTP (desde 1998).

Juliano Vicente Venete Elias

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1997), Especialista em Gerenciamento de Obras pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (1998), Mestre em Ciências em Engenharia Hidráulica pelo IHE International Institute for Infra-structural, Environmental and Hydraulic Engineer - DELFT (2000). Professor no Curso de Engenharia Civil da Universidade Tuiuti do Paraná (desde 2001).

Cid Evandro de Castro Vasconcellos

Engenheiro Civil pela UFBA (1976). Especialista em Engenharia de Montagem Eletromecânica pela Universidade de SORBONE (1987). Especialista em Gestão da Qualidade e Produtividade pela INSTAGER/UNIOESTE (1999). Consultor pelo SENAI-PR (desde 2000). Leader Assessor em Sistema da Qualidade pela FGQ (desde 2001). Professor no Curso de Engenharia Civil da Universidade Tuiuti do Paraná (desde 2001).

Amarília Rocio Wozniack

Engenheira Civil pela Universidade Tuiuti do Paraná (2004). Consultora de Empresas.

Leonardo Germano Rodrigues

Engenheiro Civil pela Universidade Tuiuti do Paraná (2004). Consultor de Empresas.

Endereço⁽¹⁾: R. Monsenhor Ivo Zanlorenzi, 1668/603, Mossunguê, CEP: 81.210-000, Curitiba, PR, Brasil – Cel: +55 041 9985 7050, Tel./Fax.: +55 041 285 4989, E-mail: fabio.zorzal@utp.br.

RESUMO

Este trabalho descreve a drenagem de campos de futebol, dentro dos conceitos teóricos da engenharia, considerando os seguintes tipos de drenagem: colchão e trincheiras drenantes, associados ou não. Na drenagem subterrânea utilizam-se os drenos contínuos, descontínuos e cegos, compondo assim os sistemas drenantes horizontais e verticais. Desta forma, serão relatadas as propriedades do solo, os materiais utilizados, especialmente o que se refere aos cuidados para elaboração do projeto executivo, características para a melhor escolha da grama a ser utilizada, bem como cuidados de manutenção que se deve haver para manter sua qualidade. Grande parte do aprendizado foi adquirido com o estudo do Estádio Joaquim Américo, de onde possibilitou o desenvolvimento de um caso real no Estádio Santo Antônio, a saber, um projeto de drenagem com seu respectivo memorial de cálculo.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem Pluvial, Hidráulica de Solos, Campo de Futebol, Captação de Chuvas; Escoamento Superficial, Infiltração.

INTRODUÇÃO

O lazer das pessoas esteve intrinsecamente ligado à prática de esportes. O brasileiro, em especial, tem cultivado o futebol como uma delas. Todavia, por trás da atividade esportiva em si, há que se trabalhar na infra-estrutura a ser oferecida ao praticante, não somente em relação à atratividade para o lazer, muitas vezes deixado à parte na agitada vida cotidiana, mas também ao se considerar a profissionalização cada vez mais intensa e promissora.

Nesse sentido, o presente trabalho tem a missão de levantar algumas informações acerca de um importante problema correlato à infra-estrutura desse esporte, qual seja, o projeto e a execução de uma drenagem que



23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

cumpra suas funções para uma dada chuva intensa. Ao se deparar com os métodos e aplicações de sistemas de drenagens de campo de futebol a partir de alternativas oferecidas pelo mercado, nota-se a preocupação com a necessidade da rápida infiltração e o escoamento das águas precipitadas, cuja meta é a de regular o nível de umidade do solo, uma vez que o excesso de água torna-se prejudicial ao desenvolvimento e a conservação da grama.

O objetivo deste trabalho é (i) caracterizar os parâmetros teóricos de engenharia oferecidos pelo tema em questão, e (ii) caracterizar os diferentes tipos de drenagem utilizados em campo de futebol, bem como verificar as suas vantagens e desvantagens, considerando a identificação dos materiais utilizados e o processo de execução adotado.

REVISÃO DA LITERATURA

A literatura se reporta à determinação da equação das chuvas intensas como o primeiro passo na elaboração do projeto de drenagem pluvial. É com ele que se prevê a quantidade de água que deverá ser escoada pelo gramado, que possui uma taxa de infiltração que deve ser descontada do escoamento superficial atribuído ao que se chama de coeficiente de deflúvio (ou coeficiente de Run off). Seguido a isso, aplicam-se os métodos de controle das águas superficiais e subterrâneas, consoante (i) ao impedimento das águas aos locais críticos por meio de materiais pouco permeáveis, ou (ii) ao escoamento rápido das águas para locais afastados da obra, sem danificar as estruturas de captação, condução e desemboque.

Determinação das Chuvas Intensas

Faz-se necessário, para coleta de dados, conhecer a relação entre as quatro características fundamentais da chuva: intensidade, duração, frequência e distribuição. Para obtenção de medidas pluviométricas, é coletado a quantidade de chuva pela altura (h) de água acumulada sobre uma superfície plana e impermeável, em pontos estratégicos, utilizando aparelhos como o pluviômetro ou pluviógrafo, que registram essas alturas no decorrer do tempo. Nos pluviômetros, as medidas são coletadas em geral, em intervalos de 24 horas, de forma que a altura pluviométrica seja dada em milímetros.

A frequência refere-se ao número de repetições de precipitações de uma dada intensidade dentro de um intervalo de tempo. A duração é o período de tempo contado desde o início da precipitação até o fim, mencionada em horas ou minutos. Dessa forma, a intensidade da precipitação, é a relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação, expressa em mm/h ou mm/min.

O conhecimento sobre a distribuição superficial das precipitações, neste caso, é obtida sobre a área desejada por uma análise regional dos dados pluviométricos. Para obter-se dados das precipitações intensas, são coletados os registros pluviográficos, sob a forma de pluviogramas de precipitação acumulada ao longo do tempo, cujo comprimento corresponde a 24 horas de registros contínuos e a altura é equivalente a 10 mm de chuva.

Desses gráficos pode-se estabelecer, as máximas intensidades ocorridas durante uma dada chuva, sem que necessariamente as durações maiores devam incluir as menores. As durações usuais são de 5, 10, 15, 30 e 45 minutos e 1, 2, 3, 6, 12 e 24 horas. Os limites de duração são fixados em 5 minutos, e 24 horas, porque 5 minutos representam o menor intervalo que se pode ler com precisão adequada e 24 horas, para durações maiores, pode-se utilizar dados obtidos em pluviômetros (VILELA&MATTOS, 1975).

Com o número de intervalos de duração citados, haverá condições para definir curvas de intensidade-duração da precipitação, referentes a diferentes frequências de ocorrência. É importante ressaltar, com base nos registros pluviográficos, e valendo-se dos princípios das probabilidades, quais as máximas precipitações que possam vir a ocorrer em uma certa localidade, com determinada frequência.

As séries máximas observadas podem ser em cada ano (séries anuais) ou pelos maiores valores observados no período total de observação (séries parciais) sendo n o número de anos do período considerado. Para uma dada duração escolhe-se a máxima intensidade pluviométrica registrada em cada ano hidrológico, em que as séries anuais revelem-se mais significativas, pois são definidas em termos de sua ocorrência em vez de sua grandeza.



$$i \text{ (mm/h)} = \frac{5950 \times Tr^{0,217}}{(tc + 26)^{1,15}}$$

A intensidade de chuva i (em mm/h) será dada pela equação local, normalmente com a seguinte configuração (equação de chuvas intensas de Curitiba, em que Tr é o período de recorrência e tc é a duração):

Determinação do Coeficiente de Deflúvio de uma Área Conhecida

A água da chuva pode contribuir ao fluxo de um curso d'água por vários meios desde o instante em que ela atinge a superfície do solo. Parte escoar superficialmente ao superar a capacidade de infiltração do solo, e outra se infiltra no solo e segue para percolação profunda através do perfil contribuindo com a água subterrânea, ou ainda, pode encontrar camadas menos permeáveis de modo a escoar lateralmente contribuindo com o fluxo subsuperficial, até que atinja o leito do curso natural ou reapareça na superfície em forma de nascentes. O escoamento subterrâneo e o subsuperficial possibilitam a alimentação dos cursos d'água, permitindo sua existência durante períodos de seca. O termo run off, a rigor corresponde aos dois escoamentos; superficial e sub-superficial. (CRUCIANI, 1987)

Conhecidas a intensidade de chuva (i dada em mm/h) a partir da equação de chuvas intensas e o coeficiente de deflúvio (ou coeficiente adimensional de run off) de uma determinada área (A em hectare) de interesse, toda chuva intensa que nela caia proverá numa seção de controle convergente dessa água uma vazão (Q) dada pela seguinte equação: $Q = 0,28 \cdot i \cdot A$. Dessa forma há que se prever os métodos de controle dessas águas como será visto no próximo capítulo desse trabalho.

Determinação das Propriedades do Solo

A caracterização das principais propriedades físicas do solo é de extrema importância para o dimensionamento de drenagens, pois influenciam diretamente no comportamento do escoamento das águas no leito subterrâneo, por conseguinte, nas ações a serem tomadas. Dentre tantas, destacam-se a granulometria, a estrutura, a capacidade e consistência (VERTEMATTI, 1998).

*A **granulometria do solo**: refere-se ao tamanho das partículas que o constituem em uma dada distribuição percentual, é a característica mais importante desse solo quando o encaramos como meio condutor de fluídos.*

*A **porometria do solo**: refere-se à distribuição probabilística dos seus poros e aberturas, ou parâmetros significativos que permitam medir sua capacidade de retenção das partículas sólidas e sua respectiva permeabilidade.*

*A **permeabilidade do solo**: genericamente, denomina-se de material permeável aquele que pode ser atravessado por um fluído qualquer; ou ainda, na definição de mecânica dos solos, um material é permeável se tiver poros interligados, fendas ou fissuras pelas quais água e gases possam fluir¹. A permeabilidade é medida pelo coeficiente de permeabilidade k , que correlaciona o gradiente hidráulico à velocidade média do fluxo laminar em meios porosos, coeficiente esse que é dado pela Lei de Darcy.*

A direção de percolação é igualmente importante para a permeabilidade. Considerando-se um aterro compactado ou um aterro sedimentar, a permeabilidade horizontal é sempre maior que a vertical. Pode-se perceber que a Lei de Darcy, $Q = K \times i \times A$, da qual se originou o coeficiente de permeabilidade, só é válida para regimes laminares de escoamento. Na Tabela 01, apresentam-se os valores típicos do coeficiente de permeabilidade dos materiais e solos ocorrentes em drenagem. Nos produtos industriais, as faixas de variação de seus coeficientes de permeabilidade são menos amplas.

¹ PINTO, C.S.. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. Oficina de Textos, São Paulo, 2000.



Tabela 01 – Permeabilidade do solo como função do tipo de material

Tipo de Material	Granulometria (cm)	K(cm/s)
Brita 5	7,5 a 10,0	100
Brita 4	5,0 a 10,0	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0 ou Pedrisco	0,5 a 1,0	5
Areia Grossa	0,2 a 0,5	0,1
Geotêxteis	$0,010 \leq AOS \leq 0,130$	$0,001 \leq kn \leq 0,500$
Areia Fina	0,005 a 0,004	0,001
Silte	0,0005 a 0,005	0,00001
Argila	Menor que 0,0005	0,00000001

Fonte: Catálogo do Bidin

O cálculo exato da quantidade de água que atravessa um solo depende de vários fatores, alguns imprevisíveis, de forma que algumas hipóteses simplificadoras deverão ser consideradas, principalmente na adoção de um coeficiente de permeabilidade adequado. Devido às características inerentes a percolação de água através de meios porosos, os valores apresentados na tabela devem ser considerados apenas como sugestão visando a obtenção de valores aproximados de vazão. Valores mais precisos deverão ser obtidos através de ensaios laboratoriais. Outro fator importante para definição de um sistema de drenagem de uma área ao ar livre é a intensidade e duração da precipitação pluviométrica e água de irrigação, bem como a capacidade de infiltração de água no solo superficial.

O Caso das Áreas Gramadas

Na drenagem de áreas verdes, de esporte e lazer, o solo superficial tem a função prioritária de se constituir um elemento propício ao crescimento da vegetação; portanto, esse solo deve ter características e propriedades inerentes à sua função, bem como deve-se ter em consideração que essas características e propriedades serão alteradas com o tempo. O solo normalmente utilizado para compor uma futura área verde, quer esportiva, quer de lazer, tem na sua constituição uma porcentagem de finos (partículas minerais com tamanho médio inferior a 0,075 mm) que confere a ele uma permeabilidade reduzida. Com o passar do tempo, com a vegetação já instalada e com os cuidados necessários para sua conservação, o solo superficial irá oferecer gradativamente maior dificuldade à passagem da água, reduzindo a sua capacidade de infiltração.

Outro fator que contribui para perda da eficiência de infiltração da água no solo é a compactação da sua capa superficial, devido ao impacto de gotas de chuva e principalmente em função do pisoteio. Isso é bastante comum existindo práticas que possibilitam a recuperação da capacidade de infiltração do solo, baseadas no “afofamento” e descompactação da camada de superfície, até então praticamente impermeável. Por exemplo, em campos de golfe, onde as condições de drenagem do solo são extremamente importantes, é usual passar periodicamente sobre o gramado uma espécie de rolo tipo “pé de carneiro”, com patas afiadas, tendo como objetivo a perfuração da camada compactada e recuperação da sua capacidade de infiltração.

Um solo adequado para crescimento de vegetação raramente terá permeabilidade superior a 10-3cm/s e, para este valor, o volume de água por unidade de tempo que consegue atravessá-lo, considerando-o saturado, é de 10 cm³/s para uma área de 1m². Para valores menores de coeficientes de permeabilidade esse volume diminui sensivelmente, continuando a diminuir com o tempo devido ao aumento da quantidade de matéria orgânica, da aplicação de adubos e defensivos.

Face a estas considerações, fica claro que o solo superficial regula a drenagem do sistema solo-dreno, e a quantidade de água que chega no sistema drenante é aquela que o solo superficial permite passar através dele.



23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Por isso, um dos maiores problemas para campos gramados, principalmente quando construídos para a prática esportiva, é a formação de poças de água sobre eles².

A hidráulica de áreas gramadas

Segundo dados de chuvas coletadas para 55 pontos do Brasil, uma chuva com período de retorno de 25 anos³, com pequena evolução de subida de lâmina d'água é aquela para 48 horas de duração, com intensidade de precipitação de 4mm/h. Sendo assim, para um solo com coeficiente de permeabilidade da ordem de 10⁻⁴ cm/s ou menos, a formação de lâmina d'água sobre ele é inevitável nas condições de drenagem convencional (ARRUDA, 1997). Desta forma, o sistema drenante horizontal deverá ser dimensionado para uma drenagem que seja coerente com a permeabilidade do solo sobrejacente a ele.

Para espaçamento de um metro entre trincheiras: seja "ks" e "kc" respectivamente a permeabilidade do solo superficial e do material escolhido para constituir o colchão drenante. A quantidade de água que atravessa o solo superficial por unidade de tempo, "Qs", pode ser estimada pela relação:

$$Q = Ks \times i \times A \quad (1)$$

É a própria Lei de Darcy que, com algumas simplificações nos leva a expressão seguinte:

Onde A= 1m² portanto, $Qs = ks \cdot 1 \times 100 \times 100$.

$$Qs = Ks \times 10^4 \text{ cm}^3 / s \text{ (para uma área de 1m}^2\text{)} \quad (2)$$

Ou seja, a vazão que escoo pelo colchão drenante é dada pela expressão:

$$Qc = Kc \times ic \times Ac \quad (3)$$

nde, kc: coeficiente de permeabilidade do material do enchimento do colchão, em cm/s; ic: declividade do colchão (recomendada entre 0.005 e 0.01 m/m); Ac: área de seção transversal do colchão, Ac = 100. e (para 1m de largura do colchão), em cm²; e e: espessura do colchão em cm. Igualando as expressões (2) e (3), calcula-se a espessura mínima do colchão, para uma largura de 1 metro, ou seja:

Onde, Qs (infiltrada no solo) = Qc (escoo pelo colchão)

$$e = \frac{Qs \times 1/2}{ic \times Kc \times 100} \text{ (por metro de largura de colchão)} \quad (4)$$

Uma vez definido o colchão drenante (material de enchimento, declividade e espessura), passa-se ao dimensionamento da trincheira drenante, que tem por finalidade coletar a água infiltrada, e que atingiu o colchão, e conduzi-la para fora da área drenada. Este dimensionamento é feito em função do material escolhido para o enchimento, da declividade longitudinal e da disposição das trincheiras. A capacidade de vazão da trincheira será dada pela expressão:

$$Qt = kt \times it \times At \quad (5)$$

Onde, kt: coeficiente de permeabilidade do material de enchimento da trincheira, em cm/s; It: declividade longitudinal da trincheira (recomendada entre 0,005 e 0,01m/m); e At: área da seção transversal da trincheira, em cm². O volume da água por unidade de tempo que irá fluir para a trincheira será em função do seu comprimento "d", ou seja:

$$Qt = Qs \times d \text{ (com "d" em metros)} \quad (6)$$

ue, igualada à expressão (5) fornece a área da seção transversal da trincheira:

$$At = \frac{Qs \times d}{Kt \times it} \text{ (com "d" em metros)} \quad (7)$$

² Muitas vezes chuvas intensas muito rápidas, causam menos transtornos do que aquelas com pequena intensidade e longa duração, pois causam saturação do solo prejudicando a infiltração da água precipitada.

³ Conforme visto, período de retorno é o espaço de tempo para que uma determinada chuva seja igualada ou superada somente uma vez.



23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Uma vez obtida a área da seção transversal da trincheira drenante, as dimensões “a” e “b” da Figura 1 abaixo serão escolhidas de forma que a largura b não seja inferior a 20 cm para permitir a operação da escavação colocação da manta geotêxtil, caso necessário, e do material de enchimento. Neste caso, deverá ser construída uma trincheira a cada metro.

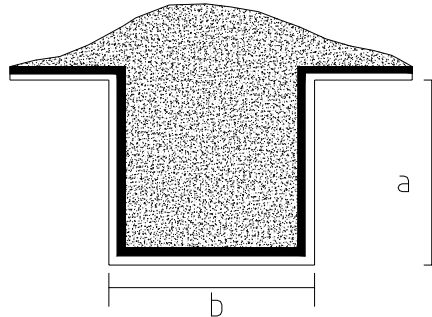


Figura 01 – Detalhe da trincheira drenante (SERAPHIM, 1996)

Para qualquer espaçamento “L” entre trincheiras: o dimensionamento do sistema drenante pode, também, partir da fixação da distância horizontal “L” entre as trincheiras. Nesse sentido, calcula-se a espessura do colchão drenante em função desta distância “L”, ou seja:

$$e = \frac{Qs \times L / 2}{Kc \times ic \times 100} \quad (\text{por metro de largura do colchão com "L" em metros}) \quad (8)$$

Caso ocorram grandes vazões que demandem a utilização de trincheiras com grandes dimensões, pode-se utilizar tubos drenantes para o escoamento dessas vazões, diminuindo-se assim as dimensões da seção transversal da trincheira. O dimensionamento dos tubos é feito segundo fórmulas hidráulicas para canais de seção circular, onde a fórmula de Manning, por exemplo, é usada para escoamento por gravidade, dimensionamento de canais a partir da relação entre declividade, rugosidade do canal (coeficiente de Manning), raio hidráulico e velocidade do escoamento.

Onde: v - velocidade do escoamento; Rh –Raio hidráulico; i – inclinação; n – coeficiente de Manning.

$$v = Rh^{2/3} \times i^{1/2} / n$$

REVISÃO DA LITERATURA

Uma vez identificados todos os parâmetros hidráulicos como função da hidrologia a que esse caso se compatibiliza, há que se arranjar os mecanismos necessários e suficientes à composição das estruturas que promovem a confiabilidade do sistema drenante durante a ação de uma determinada chuva de projeto. Para tanto, a literatura ainda traz alguns conceitos que devem acompanhar a continuação desse trabalho, explicitamente em dois itens principais: (i) um que trata dos métodos comumente relacionados à drenagem; e (ii) os materiais usados nesses métodos.

Métodos de controle das águas pluviais

O controle das águas pode ser feito utilizando-se duas formas básicas que são dependentes da responsabilidade da obra, podendo ser utilizados alternativamente ou em combinação para garantir uma proteção total (VERTENATTI, 1998).

1º método: Impedir que as águas atinjam os locais críticos por meio de materiais pouco permeáveis.

2º método: Proporcionar escoamento rápido das águas para locais afastados da obra, sem danificar as estruturas de captação, condução e desemboque.



23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

O objetivo fundamental da drenagem é captar e conduzir adequadamente as águas, quando estas tendem a atingir uma determinada região; desta forma, a drenagem é um elemento de proteção preventiva contra as ações negativas da água, ou de seu fluxo. Para que isso ocorra, é importante observar os principais fatores de uma boa drenagem:

Base teórica: à medida do possível e em função do porte e responsabilidade da obra, deve-se lançar mão de base teórica compatível, pois hoje não se concebe mais a premissa que “Dreno não funciona”.

Segurança: com um grande número de variáveis de difícil determinação, muitas vezes é mais econômico adotar valores médios e compensar a incerteza através de coeficientes de segurança razoáveis.

Materiais: a escolha ou processamento dos materiais, de acordo com o projeto, é fundamental. Muitas vezes, um ou mais materiais especificados não estão disponíveis: sua substituição por outro, precisa ser devidamente analisada, pois poderá, influir nos demais itens do projeto.

Manutenção: sempre que possível executar obras com acesso no sentido de ser possível detectar falhas (de comportamento ou construtivas) e corrigi-las, ao longo do tempo. Há casos em que mudam as condições do contorno, exigindo limpeza, desinfecção ou reforço do sistema drenante. (VERTENATTI, 1998).

Dentre as várias possibilidades de classificação da drenagem, a mais importante e significativa é a que leva em conta a posição da água em relação ao solo e ao dreno, em um determinado instante. A drenagem artificial do solo tem por finalidade básica remover o excesso de água da superfície e/ou rebaixar o nível do lençol freático. Segundo Vertematti, os métodos de drenagem são, portanto essencialmente dois:

Drenagem superficial: Esse método visa à remoção do excesso de água da superfície do solo. Em áreas planas, a preocupação principal é a rapidez com que essa operação se deve processar, e está ligado às técnicas de conservação do solo. Os problemas desse tipo ocorrem sob efeito de vários fatores tais como condições climáticas, hidrológicas e das características do solo, topografia e uso. Opera através de canais abertos no terreno, captando as águas não infiltradas, as águas que correm na superfície dos solos, das ruas, das estradas, dos campos, etc.

Drenagem subterrânea: Esse método visa fundamentalmente controlar o lençol freático e ao mesmo tempo permitir um balanço favorável de sais no solo. Capta as águas que se infiltraram no solo e/ou pelas fissuras de materiais constituintes ou adjacentes a obra de engenharia. Pode-se dividir a drenagem subterrânea em dois tipos básicos:

Drenagem Sub-superficial: é aquela que capta as águas de infiltração local dos solos, num campo, num aterro, num pavimento, etc.

Drenagem Profunda: é aquela que capta as águas já infiltradas em locais periféricos à obra, que constituem os lençóis freáticos alimentados por chuvas (diretamente), rios ou lagoa. Capta, também, águas de fendas em solos e rochas.

Quanto à sua geometria, os sistemas drenantes podem ainda ser classificados como:

Dreno Linear: o seu comprimento é muito maior que as demais dimensões. A vazão de influxo no dreno é, portanto, expressa em volume d'água por unidade linear de dreno.

Dreno Planar: sua espessura é muito menor que as demais dimensões. A vazão do influxo no dreno é, portanto, expressa em volume por unidade de área de dreno.

Dessa forma, os sistemas drenantes representam a utilização de conjuntos de elementos drenantes associados em série ou em paralelo, se interpenetrando, ou um misto dos sistemas acima citados. A maioria das drenagens compõe-se de sistemas onde a habilidade, conhecimento e bom senso do técnico responsável pela utilização devem levar a soluções onde a criatividade produz obras eficientes e de baixo custo. As combinações de drenos subterrâneos lineares e planares (horizontais, verticais e inclinados) produzem uns cem números de sistemas possíveis de serem executados. Alguns dos sistemas mais utilizados são representados nas *figuras 04(a; b e c)*.

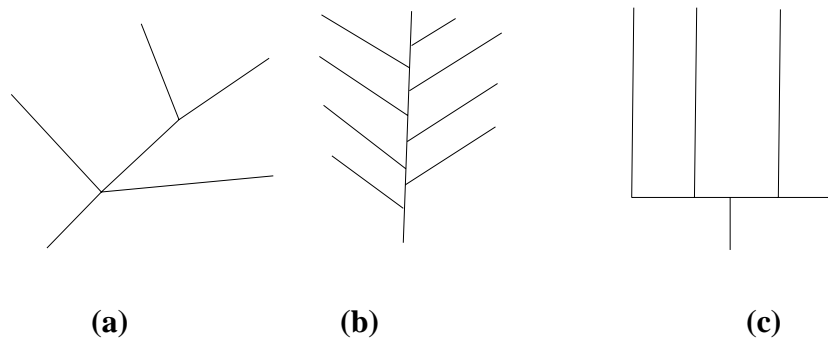


Figura 04 - Tipos básicos de sistemas drenantes (VERTEMATTI, J.C.)

De maneira geral, os sistemas drenantes de áreas verdes, de esporte e de lazer são construídos segundo as soluções a seguir:

Colchão drenante: Segundo Vertematti é o sistema mais eficiente do ponto de vista global, sendo constituído basicamente do meio drenante (geralmente brita, ou até materiais sintéticos), do geotêxtil como filtro e do solo destinado ao plantio da vegetação, além da própria vegetação (fig.05). Conforme a utilização da área, o solo destinado ao plantio da vegetação pode ser substituído por areia ou outros materiais para a prática de alguns tipos de esportes (campo de futebol “society”, pistas equestres, etc.).

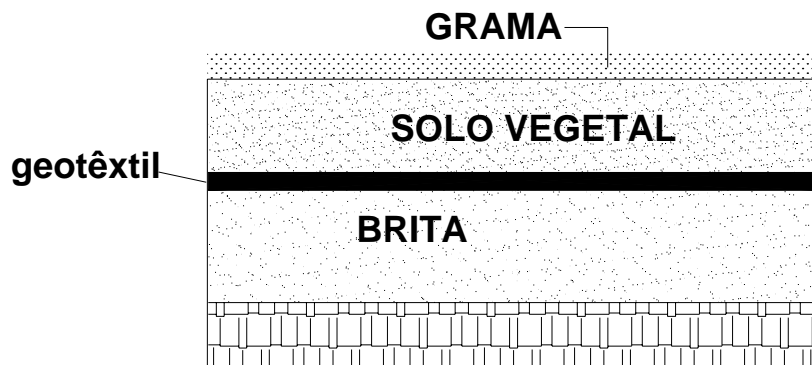


Figura 05 – Sistema de colchão drenante (VERTEMATTI, J.C.)

Trincheiras Drenantes: Não tão eficientes como o colchão drenante, devido a sua área de captação e infiltração se limitar praticamente à sua largura, os sistemas drenantes com trincheiras drenantes, dependendo das exigências e da importância da obra, apresentam bons resultados e são largamente utilizados. O sistema geralmente é composto por trincheiras dispostas segundo algumas soluções geométricas tradicionais, como as indicadas na fig06 (modificada de Vertematti), e pode ser constituído por drenos cegos (sem tubos) protegidos por geotêxteis, com espaçamentos fixos, geralmente paralelos entre si, e convergentes para uma trincheira principal.

A adoção de trincheiras largas, como indicadas na *figura 07*, permite que se tenha o dreno com maior área de captação e, ao mesmo tempo, uma redução nos custos de construção, pois aumentando sua área, possibilita um espaçamento maior entre elas o que diminui o número de trincheiras. Outro fator a considerar é a relação custo escavação.

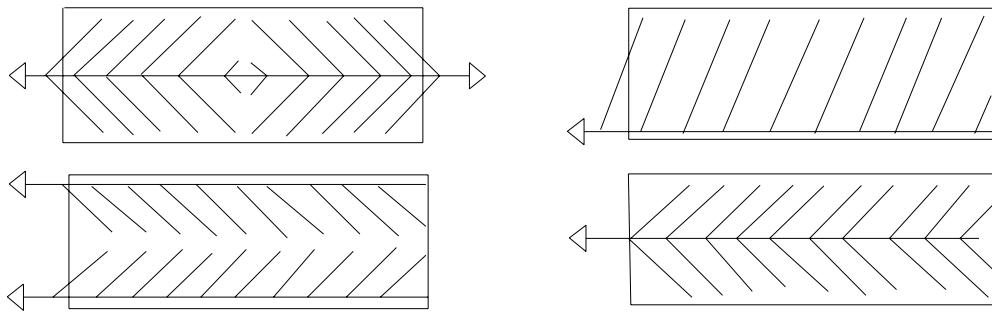


Figura 06 – Soluções de disposição de trincheiras drenantes

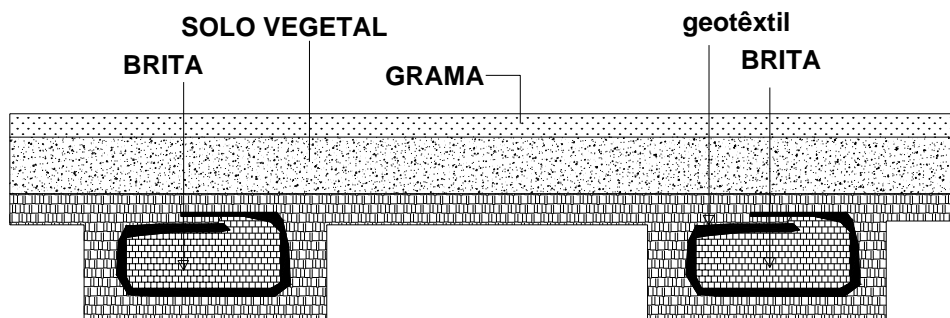


Figura 07 – Trincheiras drenantes (VERTEMATTI, J.C.)

Pode-se ainda compor um sistema misto formado pela associação de colchão com a trincheira. Neste sistema drenante, a função básica das trincheiras é a de um meio destinado à remoção da água infiltrada no solo e que escoar pelo colchão drenante, ou seja, a trincheira drenante possibilita grandes vazões de água sem necessidade de se aumentar a espessura do colchão (fig.08) (SERAPHIM, 1996).

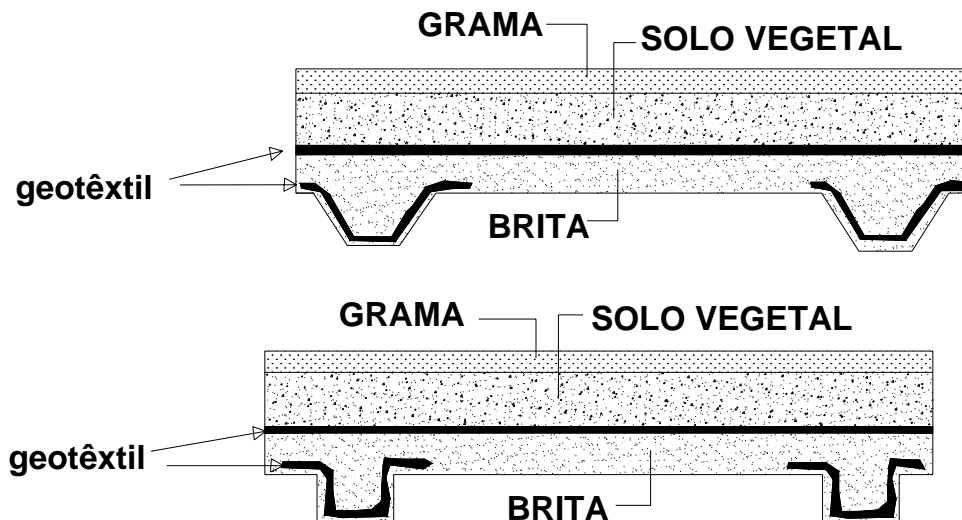


Figura 08 – Sistema drenante com colchão e trincheira (SERAPHIM, L.A.)

Como o fator determinante para a eficiência de um sistema drenante sub-superficial é a permeabilidade do solo vegetal utilizado, mesmo que o sistema seja corretamente executado, se a permeabilidade do solo não



permitir uma infiltração rápida da água, todo o sistema ficará comprometido, provocando o alargamento do gramado ou superfície. Nesse caso, pode-se aumentar a velocidade de infiltração da água através de drenos verticais acoplados ao meio drenante de forma conveniente, em “V”; em rocambole e contínuo (fig.09). Nessa aplicação, o geotêxtil desempenha a função drenagem transversal, ou seja, permite a passagem de fluidos pelo plano da manta.

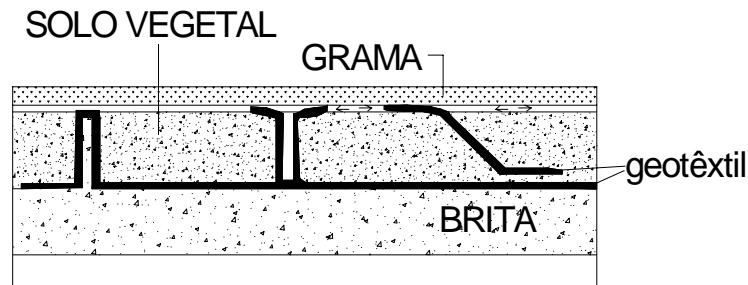


Figura 09 – Tipos de drenos verticais (SERAPHIM, L.A.)

O caso da drenagem superficial

O principal cuidado no provimento da drenagem superficial faz-se por conta do uso das declividades naturais ou artificiais em uma dada área que se deseja promover a drenagem, pois a ação da gravidade sobre essas águas impele determinado fluxo preferencial como função dessas inclinações. Uma vez infiltrada, a água passa a ter novo caminho que deve ser atribuído ao caso da drenagem subterrânea, de formato mais complexo que o primeiro.

O caso da drenagem subterrânea

Os drenos subterrâneos diferem basicamente dos drenos superficiais pelo regime de fluxo, em que, nos drenos subterrâneos, a água se movimenta dentro de um material granular, tal como pedra, areia, silte, argila, etc.. Portanto, a água percorre um “labirinto” que se opõe a seu movimento.

Um dreno introduzido em um meio poroso irá, sem dúvida perturbar o regime hidráulico que estava em equilíbrio. Para garantir que esta perturbação seja mínima e que o dreno retire apenas a água que percola no solo (enquanto meio poroso), são necessários os conhecimentos e observações de certos fenômenos e regras que serão relatadas adiante. Por enquanto, deve-se entender que a classificação dos drenos subterrâneos segundo sua composição é dada em três às estruturas básicas mais utilizadas:

Drenos Contínuos: aqueles em que o material constituinte é apenas de um dreno tipo: só areia, só pedra ou só tubo; o material utilizado oferece funções múltiplas (fig.10). Ou ainda, onde o material B (fig.10;11;12), ou seja, material anti-contaminante, exerce a função de filtro para solo protegido, material drenante normal à água infiltrada e também a função de material condutor longitudinal (ao invés de tubo), evacuando a água; é mais econômico, porém, possui menor capacidade e eficiência bastante menor que o dreno descontínuo.

Drenos Descontínuos - constituídos de dois materiais, onde cada um deles exerce uma ou mais funções (fig.11). Em que (a) solo de altura variável; (b) filtro granular, espessura mínima de 7cm ou geotêxtil; (c) material drenante, capta água filtrada e a conduz ao tubo; (d) tubo-dreno (capta água normalmente e a conduz longitudinalmente ao desembocue.)⁴

Drenos Cegos (ou franceses): desprovidos de tubo-dreno condutor. (fig.12)

Obs. Os coeficientes de permeabilidade das camadas, estão indicadas na tabela 01.

⁴ Catálogo Bidim – Aplicação em Obras de Engenharia-Rhodia-ster S/A, 1990.

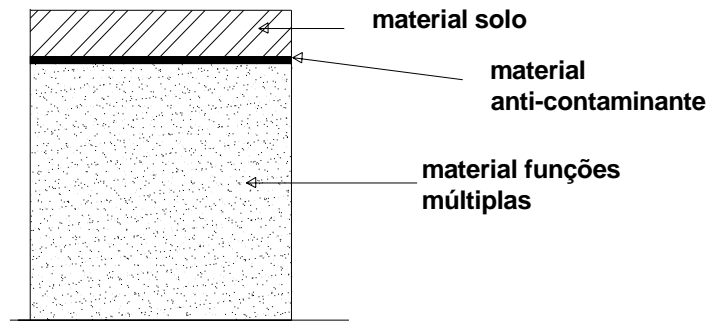


Figura 10 – Exemplo de dreno linear (SERAPHIM, L.A.).

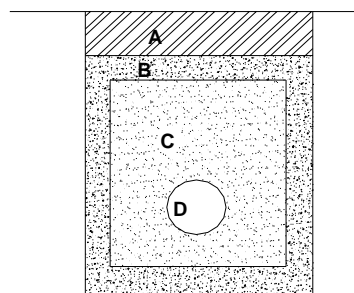


Figura 11 – Corte esquemático de um dreno linear descontínuo(SERAPHIM, L.A.)

Onde: A – Solo de altura variável; B – Filtro granular; C – Material drenante; D – Tubo dreno.

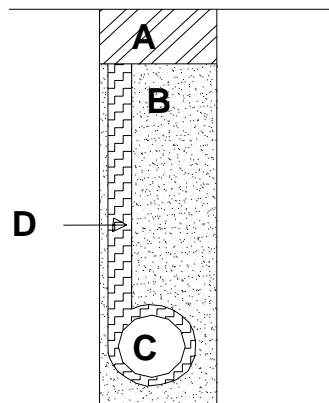


Figura 12 – Dreno equivalente ao anterior (SERAPHIM, L.A.).

Onde: A – Solo de altura variável; B – Material drenante; C – Tubo dreno; D- Geotêxtil.

Uma vez caracterizada a questão do escoamento subterrâneo, há que se falar sobre as principais tecnologias associadas à construção dos drenos, das camadas drenantes e dos gramados, incluindo todo os materiais necessários ao cumprimento da tarefa.

O problema da colmatção

O fenômeno colmatção é o entupimento de vazios pela deposição de materiais que causam a ineficiência da drenagem. Por isso, o material filtrante deve ter uma granulometria satisfatória, pois a combinação de



23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

diferentes granulometrias formam um filtro de modo a impedir que as partículas finas possam ser conduzidas por via fluída. No caso do geotêxtil, sua atuação e comportamento depende diretamente de suas fibras e filamentos. São elas que permitirão a passagem da água e a retenção do solo (PMC, 2003).

Materiais utilizados em drenos subterrâneos

De uma forma geral, cada material exerce uma única função (filtro, dreno, condutor ou anti-contaminante). No entanto, existem casos em que um mesmo material acumula duas ou mais funções, certamente com sacrifício de seu desempenho. A seguir, foram citados, os principais fatores e propriedades que intervêm na escolha e especificação dos corretos materiais para drenos subterrâneos: Resistência mecânica ao transporte, manuseio, instalação e aos esforços durante a vida útil da obra; Permeabilidade (permissividade e transmissividade); Rugosidade; Granulometria/Porometria; Resistência ao ataque químico e bacteriológico; Facilidade de obtenção.

Nessas obras de engenharia, os principais materiais utilizados são:

Materiais filtrantes, pois são os primeiros a receberem o fluxo d'água a ser drenado. Sua função é de permitir apenas a entrada da água no interior do dreno, retendo qualquer material sólido que, eventualmente, tenha propensão de ser carregado pela água. Os principais materiais são (dos finos para os grossos): areia, mantas geotêxteis, telas plásticas (tipo mosqueteiro), pedrisco, argila expandida, pedra britada.

Materiais Drenantes, pois estes materiais têm a função de receber a água filtrada e conduzi-la ao interior do material condutor. Basicamente, são usados os mesmos materiais mudando apenas a sua função (dos finos para os grossos): areia, manta geotêxtil não-tecido, pedrisco, argila expandida, pedra britada, geoespaçador.

Materiais Condutores, pois são aqueles que têm a função de captar a água proveniente do material drenante, ao longo de toda a extensão do dreno, acumulá-la e conduzi-la rapidamente ao desobstrução do dreno. Os principais materiais condutores são areia, manta geotêxtil não-tecido espessa, pedrisco, argila expandida, geoespaçador, tubo-dreno (concreto, concreto poroso cerâmico, plástico rígido ou flexível).

Materiais Anti-Contaminantes, pois têm a função de impedir que materiais externos ao dreno possam prejudicar desempenho, através de sua penetração e obstrução dos poros dos materiais constituintes do dreno. Por exemplo, uma concretagem onde a nata do concreto penetra e obstrui os vazios das pedras britadas. Os principais materiais anti-contaminantes são: papel Kraft, palha, capim, geomembrana delgada de PEBD, manta geotêxtil, feltro asfáltico.

Materiais Selantes, pois são materiais pouco permeáveis (pelo menos 10 vezes menos permeável que o material adjacente constituinte do dreno), cuja função é impedir que as águas torrenciais superficiais penetrem diretamente no dreno, pois este não foi dimensionado para abrigar tal vazão. Podem ser utilizados materiais pouco permeáveis (silte e argila) ou materiais geossintéticos (geomembranas plásticas ou asfálticas).

Materiais geossintéticos, pois são materiais plásticos fabricados pelo homem, que podem exercer várias funções em um sistema drenante subterrâneo. A seguir destacamos os tipos mais utilizados.

-Geotêxteis: são materiais permeáveis, compostos de fibras e /ou filamentos utilizados com as funções filtrante, drenante e /ou condutora, dependendo do caso e de suas características mecânicas, físicas e geométricas.

-Geoespaçadores: são materiais, permeáveis ou não, que possuem alto índice de vazios e grande espessura (da ordem de centímetros), podendo exercer as funções drenante e/ou condutora.

-Geomembranas PEBD: são materiais pouco permeáveis, com espessura menor que 1 mm, utilizados para separar materiais de naturezas diferentes e /ou impedir a penetração de umidade.

-Geodrenos (geocompostos drenantes GCD): são drenos pré-fabricados, já existentes há 25 anos no exterior, agora disponíveis no Brasil. Estes geocompostos agregam dois ou mais materiais granulares naturais tradicionalmente utilizados.

-Geotubos (tubos-dreno sistéticos): são tubos plásticos perfurados com as funções de captar e conduzir fluxos de líquidos e/ou gás (VERTEMATTI, 1998).



23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

A utilização racional dos geossintéticos pode levar, em função da necessidade de cada obra, a obtenção das seguintes vantagens, tais como menores volumes, conduzidos a sistemas delgados; menor perda por quebra no manuseio; leveza, maleabilidade, flexibilidade; menores cronogramas construtivos; qualidade uniforme e controlada; racionalização da mão de obra; menores custos de transporte; e prontos para uso. A utilização do material geotêxtil é de extrema importância numa obra de drenagem, devido sua função filtração. Ele dificulta que as partículas do solo que poderiam ser deslocadas pela força de percolação das águas penetrem no sistema drenante, vindo a colmatá-lo, ou seja, entupir os drenos, e ao mesmo tempo, permite a livre passagem das águas de infiltração, melhorando assim as condições de desempenho e vida útil esperada do sistema de drenagem.

Cuidados com a grama

A grama é o principal entrave à drenagem, pois a camada imediatamente abaixo da grama tem a função de sustentação para seu crescimento e constituição. Uma vez que atinja sua maturidade, cria uma rede natural que impede a passagem da água para a camada drenante. Quanto ao trato do gramado enquanto elemento indispensável à prática esportiva cabe ressaltar alguns cuidados, que passam a ser listados na seguinte forma: erradicação de ervas daninhas, nivelamento de solo, adição de corretivos e nutrientes, adição de fósforo e potássio, escolha da variedade, adubação, plantio (ARRUDA, 1997), aeração do gramado (MACEDO, 2003), marcadores para delimitação dos limites do campo (GREENLEAF, 2003), corantes para equilíbrio das cores do gramado e irrigadores (DAKER, 1998).

CONCLUSÕES

Com a revisão da literatura proferida, há como se constituir um arcabouço teórico e experimental capaz de desempenhar as funções a que esse trabalho se dispôs. Os resultados obtidos devem espelhar um mecanismo compatível com os riscos assumidos em cada projeto, sem deixar de considerar as necessidades inerentes à grama, devendo ser considerados aspectos de segurança, economia, manutenção, durabilidade, adequando os materiais e métodos conforme cada caso.

Poucos são os registros que tratam desse assunto específico. Por essa razão, os poucos existentes, foram adquiridos pela prática como elemento de confiança, ou seja, de natureza essencialmente experimental. Os estudos realizados em torno dos principais projetos executados na Cidade de Curitiba, a saber, estádio Couto Pereira (do Curitiba Football Clube), estádio Caldeirão e centro de treinamento do Atlético Paranaense, e do Pinheirão (do Paraná Clube), mostraram-se ainda insipientes e em processo de testes, o que não respalda uma decisão concludente sobre a composição de um único memorial de cálculo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARRUDA, R. L. B.. Gramados, Edição especial da Itograss, Editora Europa, São Paulo, 1997.
2. Catálogo Bidim – Aplicação em Obras de Engenharia-Rhodia-ster S/A, 1990.
3. CRUCIANI, D.E.. **A Drenagem na Agricultura**. São Paulo: Nobel, 1987. Curitiba, CASA DOS TENISTAS, 1998. (mimeografado)
4. DAKER, A. Irrigação e Drenagem, A água na agricultura, 3º Volume-7ª Edição, Livraria Freitas Bastos, 1988.
5. GREENLEAF, Disponível: <http://www.greenleafgramados.com.br/diversos> (capturado em 02 de agosto de 2003).
6. MACEDO, P. de S. **Técnicas de reposição de material de leito**. Entrevista concedida à Amarília Rocio Wozniack e Leonardo Germmano Domingues, Curitiba, jul/2003.
7. PINTO, C.S.. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. Oficina de Textos, São Paulo, 2000.
8. PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Caderno de Encargos** : Drenagem e drenos sub-superficiais. Curitiba : IPPUC, 2003.
9. SERAPHIM, L.A.. **Drenagem de Áreas Verdes, de Esportes e de Lazer**. Manual técnico, Bidim Geossintéticos, Rhodia-Ster, 1996.
10. VERTEMATTI, J.C..Drenagem subterrânea: Aspectos Teóricos, Construtivos e Econômicos. Curitiba, CASA DOS TENISTAS. 1998.(mimeografado)
11. VILLELA, S.M.; MATTOS, A.. **Hidrologia Aplicada**, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.