

## Rebaixamento do lençol freático

### *Lowering of the groundwater*

Nathália Faria Januário<sup>1</sup>; Paulo Roberto Garcia<sup>2</sup>; Gabriella Faina Garcia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Civil, Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: natijjanuario@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: eng.prgarcia@gmail.com

<sup>3</sup> Engenheira Mecânica, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil. E-mail: gabifgarcia@gmail.com

**RESUMO:** Quando a água fica retida nas camadas da estrutura de um edificação, torna-se o pior inimigo das construções. Devido suas ações erosivas, a água contribui principalmente, para interrupções e insucessos em suas construções. Dessa forma, os drenos devem garantir que toda a água que chegue ao corpo da estrada, seja recolhida e canalizada de maneira adequada. Para a execução de projetos de drenagem, é fundamental realizar vários estudos sobre a região, como pluviometria, sondagens, conhecer a intensidade e duração das precipitações, além dos efeitos que o rebaixamento do lençol pode acarretar. Após uma análise criteriosa, é feita a escolha do tipo de rebaixamento que melhor atende as necessidades de cada obra e o seu dimensionamento. Caso o lençol freático tenha pouca interferência na obra, pode-se utilizar drenos apenas para retirar o excesso de água, mas se inviabilizar a construção, utiliza-se um sistema efetivo de rebaixamento temporário ou permanente. É importante ressaltar também que o custo para a implantação do sistema de drenagem, deve ser considerado no custo total da obra. Apesar de elevar os custos iniciais, os drenos quando instalados e dimensionados corretamente, trazem inúmeros benefícios a longo prazo. A drenagem profunda vem para auxiliar os engenheiros civis na preservação da qualidade e durabilidade, além da segurança dos usuários da obra.

**Palavras-chave:** Dreno; Água Subterrânea; Durabilidade; Segurança.

**ABSTRACT:** *When water is retained in the layers of a building structure, it becomes the worst enemy of buildings. Due to its erosive actions, water contributes mainly to interruptions and failures in its constructions. In this way, the drains must ensure that all water that reaches the road body is collected and channeled properly. For the execution of drainage projects, it is fundamental to carry out several studies about the region, such as rainfall, surveys, the intensity and duration of precipitation, and the effects that the retraction of the sheet can cause. After a careful analysis, the type of kneeling that best meets the needs of each work and its dimensioning is made. If the water table has little interference in the work, drains can be used only to remove excess water, but if construction is not possible, an effective temporary or permanent drawdown system is used. It is also important to emphasize that the cost for the implementation of the drainage system must be considered in the total cost of the work. While raising the initial costs, drains when properly installed and dimensioned, bring numerous benefits in the long run. Deep drainage comes to assist civil engineers in preserving quality and durability, as well as the safety of construction site users.*

**Keywords:** *Drain; Underground water; Durability; Safety.*

## INTRODUÇÃO

A água precipitada pode ter três destinos, sendo que uma parte escoar superficialmente sobre o solo, outra parte é evapotranspirada<sup>1</sup> e a outra se infiltra, podendo formar os lençóis freáticos.

É importante considerar um fenômeno conhecido como “franja capilar”, que é a subida do nível da água por pequenas fendas, que também deve ser eliminada ou reduzida com o rebaixamento do lençol.

As técnicas de drenagem subterrânea, também conhecida como drenagem profunda, são utilizadas em situações que é preciso drenar a água do lençol freático, evitando assim possíveis deslizamentos e instabilidades do solo, como a destruição de aterros, escorregamentos de taludes e erosões, além da redução na capacidade de transporte do subleito. Os drenos utilizados são capazes de interceptar a água do lençol e até mesmo o seu rebaixamento.

Os sistemas de drenagem possuem a função de evitar que os materiais compostos no pavimento, sofram variações de volume devido à umidade, e percam de forma significativa a capacidade de suporte.

É preciso manter o lençol freático a profundidades entre 1,50 m e 2,0 m do subleito das rodovias, podendo variar de acordo com o tipo de solo e a área considerada.

O objetivo primordial deste tipo de obra é evitar que o lençol atinja a estrada. Sendo assim, a estrada continua a resistir e distribuir ao subleito os esforços produzidos pelo tráfego com eficácia, melhorando à comodidade e a segurança do usuário da via, e consequentemente aumentando a durabilidade da superfície de rolamento.

Os métodos mais utilizados de drenagem profunda serão apresentados ao longo deste trabalho, contendo também suas principais características, critérios de execução, materiais que podem ser utilizados, além de cuidados necessários durante o seu dimensionamento e execução.

O objetivo deste trabalho é entender as técnicas mais utilizadas de drenagem profunda, que serão explicadas ao longo do trabalho, com o intuito de preservar a qualidade da

estrutura da rodovia e/ou melhorar as condições de trabalhabilidade e segurança dos operários durante a obra.

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de contribuir para uma melhor qualidade das obras rodoviárias, pois a água proveniente do lençol freático reduz a capacidade de suporte do subleito e da estrutura do pavimento, ocasionando patologias e até a ruptura do mesmo, decorrente do tempo e utilização.

## REVISÃO DA LITERATURA DRENOS PROFUNDOS

Os drenos profundos devem expelir toda a água que chega ao pavimento, interceptando ou até mesmo rebaixando o lençol freático.

A utilização dos drenos facilita a construção sob o lençol, pois impede a percolação da água, aumenta a estabilidade dos taludes, reduz ou elimina a necessidade de utilizar ar comprimido em determinadas obras e melhoram as condições de escavação e reaterro.

### 1.1 Classificação dos Drenos

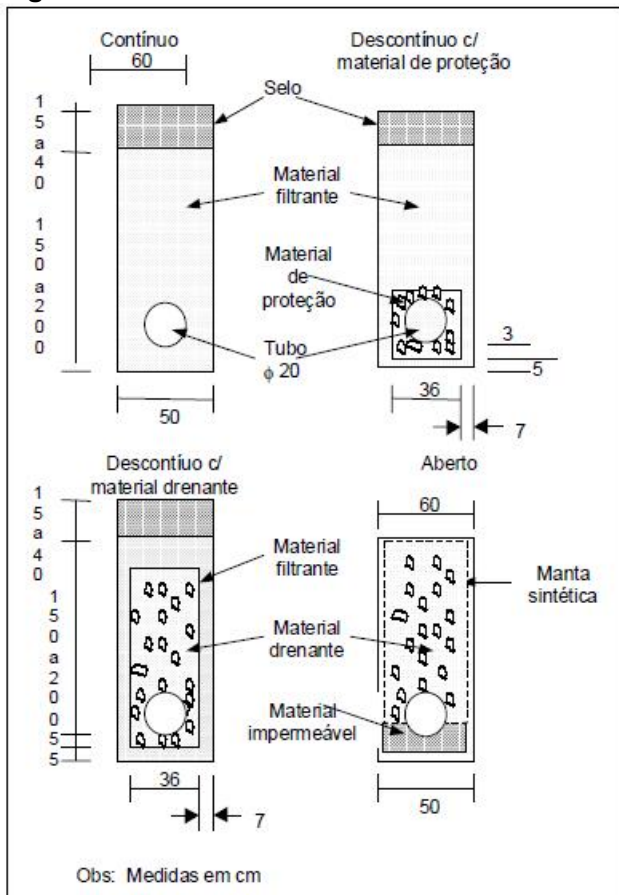
Os drenos podem ser classificados segundo o preenchimento da vala, que pode ser cego, que são drenos que não possuem tubos e drenos tubulares, que são com tubos; de acordo com a granulometria dos materiais, podem ser contínuos, onde a vala é composta por apenas um material de enchimento e descontínuo, composto por material drenante e filtrante; são indicados para cortes em solo onde há água próximo ao greide da estrada e nos cortes em rocha com fraturas por onde a água possa percolar; além da permeabilidade da camada superior, podendo ser selado, ou seja, impermeável ou aberto que recebe águas da superfície (Pereira, 2009).

Os drenos podem ser classificados pelos locais de instalação, pelos materiais que preenchem a vala e se são abertos ou fechados, conforme indicado a cima.

Na **Figura 1**, do Manual de Campanha - Estradas (2001), há características dos drenos profundos com a utilização dos tubos,

contendo também informações e dimensões para a execução dos drenos.

**Figura 1:** Drenos Profundos com Tubos

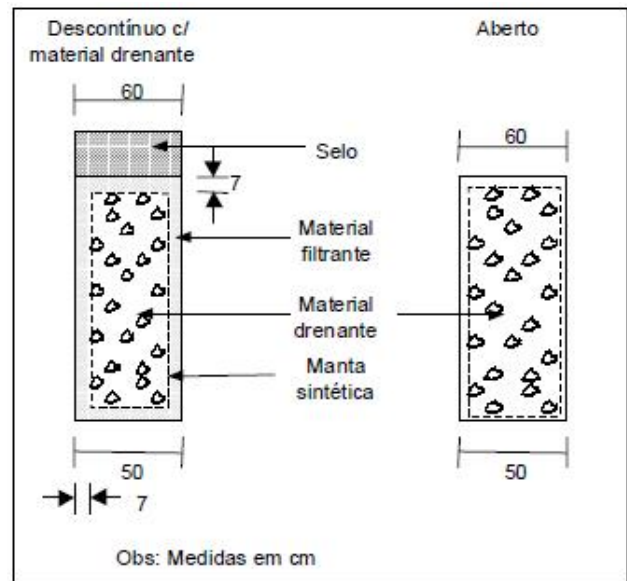


**Fonte:** Manual de Campanha - Estradas, 2001

Na **Figura 1**, é exemplificado as principais características dos drenos profundos com tubos. Há os drenos contínuos e descontínuos, selados e abertos, onde é colocado o material filtrante, o drenante e o tubo, além das dimensões que auxiliam durante a execução do dreno.

Já na **Figura 2**, também do Manual de Campanha - Estradas (2001), há características dos drenos profundos, porém sem a utilização dos tubos (drenos cegos).

**Figura 2:** Drenos Profundos sem Tubo



**Fonte:** Manual de Campanha - Estradas, 2001

Na **Figura 2**, há exemplos dos drenos profundos sem tubo, contínuos e descontínuos, selados e abertos, materiais filtrantes e drenantes, e as dimensões para execução.

## 1.2 Materiais Utilizados

Os drenos profundos são constituídos por vala, materiais drenantes, materiais filtrantes, tubos dreno, juntas, caixas de inspeção e estruturas de deságue (MANUAL DE CAMPANHA - ESTRADAS, 2001).

Há casos em que não se utiliza tubo no interior dos drenos. Estes drenos são conhecidos como "drenos cegos" (dreno francês), sendo sua função executada pelo material drenante e utilizados quando o volume de água é pequeno, podendo ter a extensão do dreno reduzida, devido sua baixa capacidade drenante. Já os drenos com tubo, possuem uma maior capacidade de drenagem.

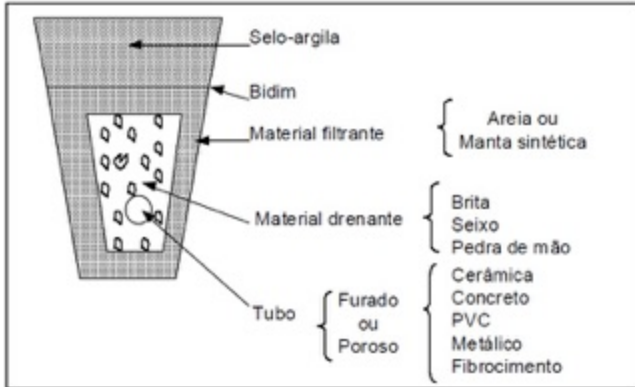
Nos casos de drenos com tubos, pode-se utilizar envoltórios drenantes e/ou filtrantes de materiais naturais ou sintéticos, conforme é mostrado na **Figura 3**.

O material de enchimento da vala pode ser filtrante ou drenante, conforme mostra a Figura acima, além das características do tubo.

O material filtrante deve permitir que a água escoar sem carrear finos, evitando assim o entupimento do dreno e mantendo a eficiência do sistema. Pode-se utilizar areia, agregado

britado e manta geotêxtil, sendo que a granulometria deve ser verificada segundo critérios de dimensionamento de filtros (Pereira, 2009).

**Figura 3:** Partes do Dreno Profundo



**Fonte:** Manual de Campanha - Estradas, 2001

Já o material drenante tem a função de captar e conduzir a água a ser drenada, e pode-se utilizar produtos resultantes da britagem, areia grossa e pedregulhos. A granulometria deve atender os critérios de dimensionamento de filtros (Pereira, 2009).

O material envolvente deve permitir a saída de água, impedindo o carreamento de partículas do solo e o consequente entupimento do dreno. Como envelope pode ser utilizado cascalho, brita ou areia grossa, livre de matéria orgânica, argila ou outro material que possa alterar sua condutividade hidráulica (Parâmetro que traduz a facilidade com que a água se movimenta ao longo do perfil de solo.) com o tempo, ou se constituir de material sintético (geotêxtil) ou orgânico natural (fibra de coco, palha, etc.). A escolha do tipo de

envelope depende de vários fatores, como a disponibilidade de material apropriado, condições climáticas e tipos de solos (DNIT, 2006).

### 1.3 Critérios de Execução

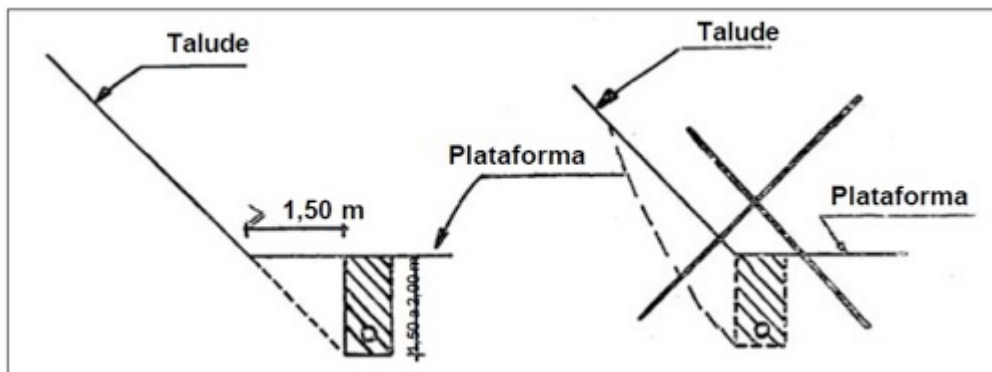
Os drenos profundos são instalados geralmente nas proximidades dos acostamentos. São indicados nos cortes e instalados a 1,5 m do pé dos taludes, com o intuito de evitar a instabilidade, conforme **Figura 4**; nos aterros, onde possa surgir água livre; onde houver camadas permeáveis sobrepostas a camadas impermeáveis e em terrenos planos que apresentem lençol freático próximo do subleito. (MANUAL DE CAMPANHA - ESTRADAS, 2001).

A **Figura 4** mostra a melhor posição em que os drenos profundos devem ser instalados, evitando assim futuros problemas de instabilidade do talude.

De acordo com o DNIT (2006, p.247) as valas devem possuir no fundo uma largura mínima de 50 cm e de boca a largura do fundo mais 10 cm. Sua altura depende da profundidade do lençol freático que pode chegar a 1,5 m ou no máximo 2 m.

Os tubos podem ser de concreto, de cerâmica, de fibrocimento, de plástico rígido ou flexível corrugado e metálico segundo o DNIT (2006, p.247). Os diâmetros variam de 10 cm a 25 cm e, quando de plásticos, 5 cm a 20 cm. Os de concreto podem conter furos com diâmetros de 6 cm a 10 cm, e os de plásticos flexíveis corrugados utilizam ranhuras de 0,6 mm a 10 mm.

**Figura 4:** Posicionamento dos Drenos Profundos



**Fonte:** Manual de Campanha - Estradas, 2001

## 2 DRENOS ESPINHA DE PEIXE

O dreno tipo espinha de peixe é um sistema simples, destinado à drenagem de áreas pavimentadas ou não, de grande extensão, conforme **Figura 5**. Com o intuito de drenar a água situada a rasas profundidades, possui um volume de drenagem relativamente pequeno.

De acordo com a **Figura 5**, os drenos são instalados em série, dispostos obliquamente em uma linha longitudinal em relação à rodovia.

### 2.1 Critérios de Execução

Geralmente os drenos tipo espinha de peixe, são instalados à pequenas profundidades, tornando-se conveniente adotar drenos cegos, embora possam ser utilizados com tubos dreno (DNIT, 2006).

De acordo com o DNIT (2006, p.261) esse tipo de dreno pode ser projetado em terrenos que receberão aterros, onde o lençol freático estiver próximo a superfície; em aterros constituídos sobre solo natural impermeável; nos cortes em rocha; nos cortes em que o lençol freático estiver próximo do greide de terraplanagem e na base de aterros onde houver água próximo ao terreno natural.

Segundo o Manual de Campanha - Estradas (2001, p.5-21) dependendo das condições existentes, a água pode desaguar livremente ou em drenos longitudinais, conforme **Figura 6**.

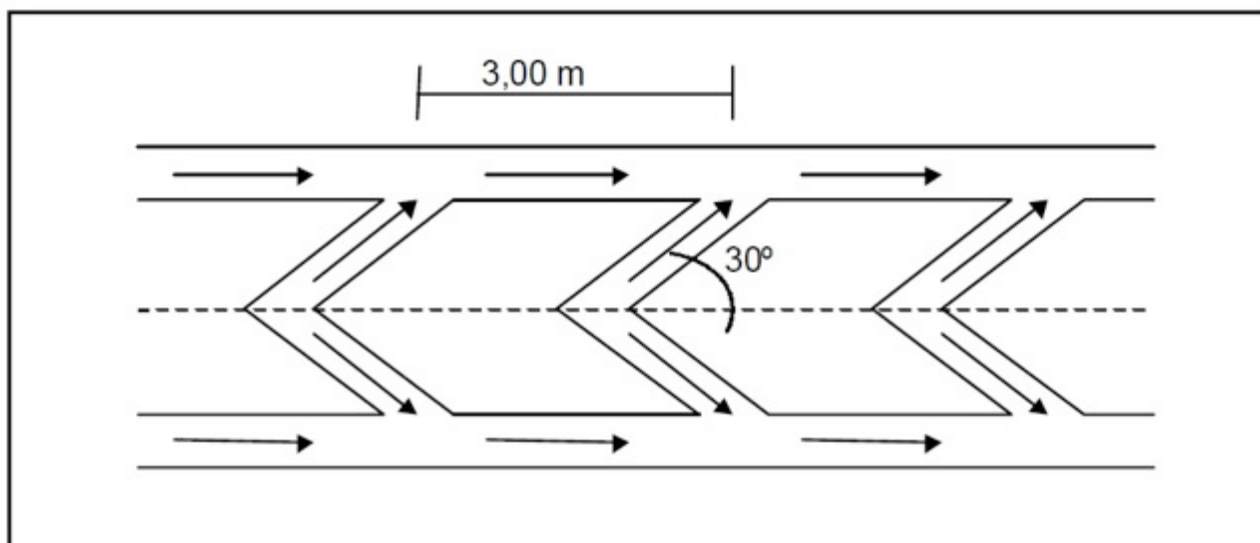
De acordo com a **Figura 6**, há um exemplo dos drenos espinha de peixe, desaguardo em drenos longitudinais, formando ângulos de 30° e espaçados a cada 3 m.

**Figura 5:** Dreno Espinha de Peixe



**Fonte:** Revista Techne, 2009

**Figura 6:** Dreno do Tipo Espinha de Peixe



Fonte: Manual de Campanha - Estradas, 2001

### 3 COLCHÃO DRENANTE

Este tipo de dreno possui função semelhante ao dreno espinha de peixe. É adotado para drenar águas situadas à pequena profundidade e quando o volume for muito grande, não sendo possível a utilização do dreno espinha de peixe.

Esse tipo de drenagem é situado a pequena profundidade do leito do terreno, e constitui-se de uma ou mais camadas de material permeável, colocados em toda a largura da área a ser drenada, conforme **Figura 7**.

**Figura 7:** Aplicação do Colchão Drenante



Fonte: Mexichem Bidim Ltda.

#### 3.1 Critérios de Execução

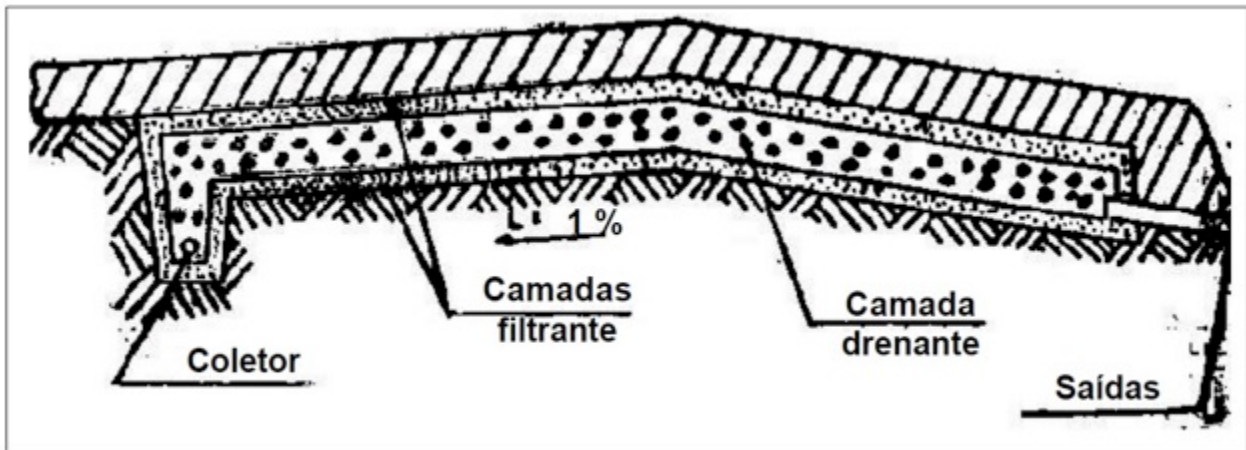
O colchão drenante é constituído por uma ou mais camadas de agregados, que conduzem a água infiltrada no solo, até seu deságue seguro.

Segundo o DNIT (2006, p.262), a remoção das águas coletadas pelos colchões drenantes deverá ser feita por drenos longitudinais.

Na **Figura 8**, é detalhado os componentes do colchão drenante e como deve funcionar.

De acordo com a **Figura 8**, a inclinação do colchão deve ser de 1%, contendo também camadas de material filtrante e drenante, além dos drenos longitudinais.

Segundo o DNIT (2006, p.262) este dreno é indicado para os cortes em rocha; cortes onde o lençol freático estiver próximo do greide de terraplanagem; na base de aterros com água livre próximo ao terreno natural e onde houver aterros sobre solo impermeável.

**Figura 8:** Detalhamento do Colchão Drenante

Fonte: Manual de Campanha - Estradas, 2001

### 3.2 Materiais Utilizados

A escolha dos materiais filtrantes e drenantes, exigem análises de suas propriedades, que devem garantir o transporte da água e o não entupimento do dreno ao longo do tempo.

## 4 VALETÃO LATERAL

Este dreno possui a finalidade conjunta de substituir os métodos de drenagem subterrânea e superficial, sendo mais recomendado em trechos planos, pois trabalharão como sarjeta e dreno profundo simultaneamente, tornando-se um dos recursos mais econômicos de drenagem de água.

Segundo o DNIT (2006, p.270) os valetões laterais são valas abertas a partir da borda do acostamento, constituído de um lado pelo acostamento e do outro pelo talude do corte. Processo este conhecido também como falso-aterro.

Na Figura 9, há a construção de um valetão lateral entre o acostamento e o talude, conforme instruções do DNIT.

**Figura 9:** Construção de Valetão Lateral

Fonte: Reconstrução Nacional – ANGOP

Apesar da economia obtida com este sistema, é importante ressaltar que a estrada ficará sem acostamento confiável, devido à rampa necessária. Uma solução para combater este problema, é o alargamento da pista, pois os valetões irão funcionar independentemente da plataforma da rodovia (MANUAL DE CAMPANHA - ESTRADAS, 2001).

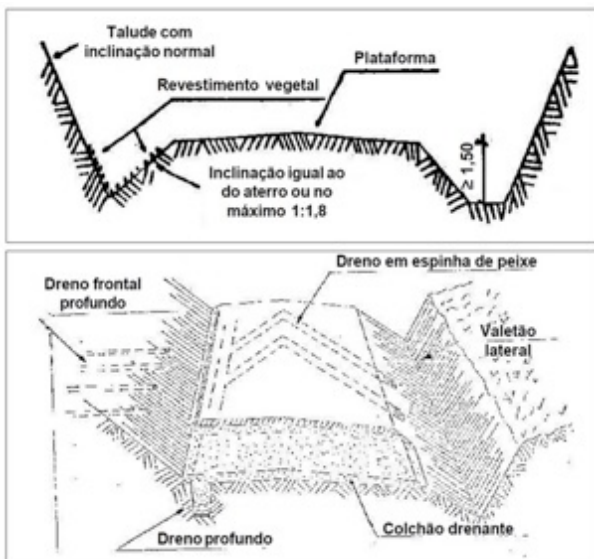
Este sistema de drenagem é interessante porque funciona como sarjeta e dreno profundo. O que deve-se levar em consideração, é com relação ao acostamento. É necessário minimizar ao máximo o problema, buscando soluções e tentar manter a rodovia segura.

#### 4.1 Critérios de Execução

Segundo o DNIT (2006, p.270) os valetões devem possuir revestimento vegetal (gramíneas), em toda sua superfície, conforme Figura 10. É indicado para o lado interno de trechos em curva, com profundidade entre 1,50m e 2,0m, e a inclinação do talude de 3/2.

Os valetões normalmente são empregados em conjunto com outros tipos de dreno, como por exemplo, os drenos tipo espinha de peixe, dreno profundo e até mesmo o colchão drenante, conforme a Figura 10.

**Figura 10:** Detalhamento dos Valetões Laterais



Fonte: Manual de Campanha - Estradas, 2001

#### 5 DRENOS VERTICAIS

Para executar determinada construção na qual a sondagem indica camada de solo compressível, é necessário provocar o pré-adensamento desta camada, com o intuito de evitar recalques, causando danos à estrutura.

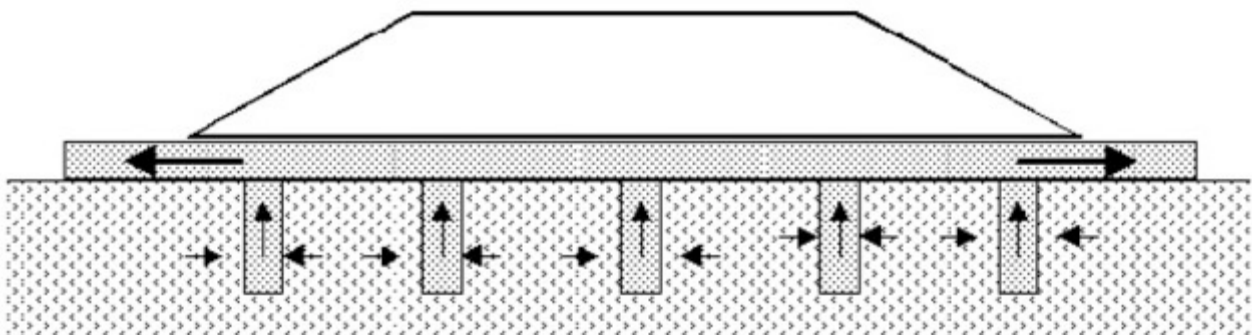
Uma das técnicas bastante utilizadas é a colocação de um pré-adensamento em conjunto com drenos verticais, pois como os solos compressíveis (argilas saturadas ou argilas siltosas saturadas) possuem elevado teor de umidade e baixa permeabilidade, o pré-carregamento produz os recalques e conseqüentemente o aumento das propriedades mecânicas do solo.

Os drenos verticais, também conhecidos como drenos de alívio, são utilizados em trechos onde foi feito aterros e há solo mole (siltes, argilas orgânicas ou sensíveis e turfas), tendo como principal objetivo acelerar o adensamento do subleito, visando aumentar em curto prazo o adensamento da camada mole, a sua resistência ao cisalhamento e uma melhora na capacidade de suporte do solo.

A eficiência dos drenos verticais depende principalmente do perímetro do dreno e pouco da área de seção transversal.

Na **Figura 11**, temos um detalhamento simplificado da atuação dos drenos verticais, mostrando principalmente com as setas, qual o sentido do fluxo da água.

**Figura 11:** Detalhamento dos Drenos Verticais



Fonte: Lan - Especialista em Fundações Pesadas e Geotecnia



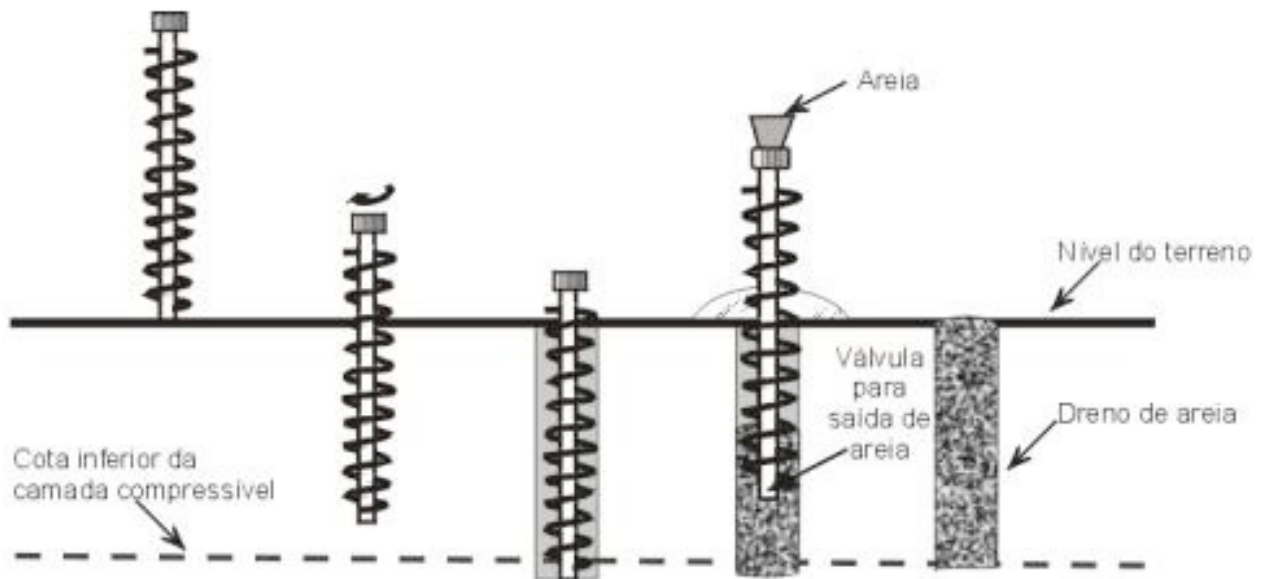
### 5.1 Critérios de Execução

A execução dos drenos verticais consiste no seguinte: furos verticais através de sonda rotativa ou cravação de tubos drenantes, que penetram na camada de solo compressível até atingir a camada de bom suporte; é feito a remoção do material no interior dos drenos com jato d'água; em seguida é instalado os cilindros com diâmetro entre 20 cm e 60 cm, fixados a uma distância entre os drenos de dez vezes o valor do diâmetro e preenchidos com material filtrante (areia), com alto teor de permeabilidade; e posteriormente é feita a construção de uma camada drenante (brita) sobre o topo dos drenos para que com a pressão do aterro em execução, a água drenada possa sair.

De acordo com o DNIT (2006, p.271) as características e métodos de instalação dos drenos verticais são diversos, tais como: tubo de ponta fechada, cravado por percussão ou jato de água; tubo de ponta aberta, com a mesma cravação; drenagem rotativa; jato de água rotativo; trado helicoidal com haste sólida ou oca e cravação por vibração.

A execução do aterro sobre a camada filtrante faz com que a pressão da sobrecarga do aterro, a água da camada mole percorra até o dreno vertical, atingindo a base do aterro e saindo pela camada drenante. Na Figura 12, há a sequência executiva do processo de construção do dreno.

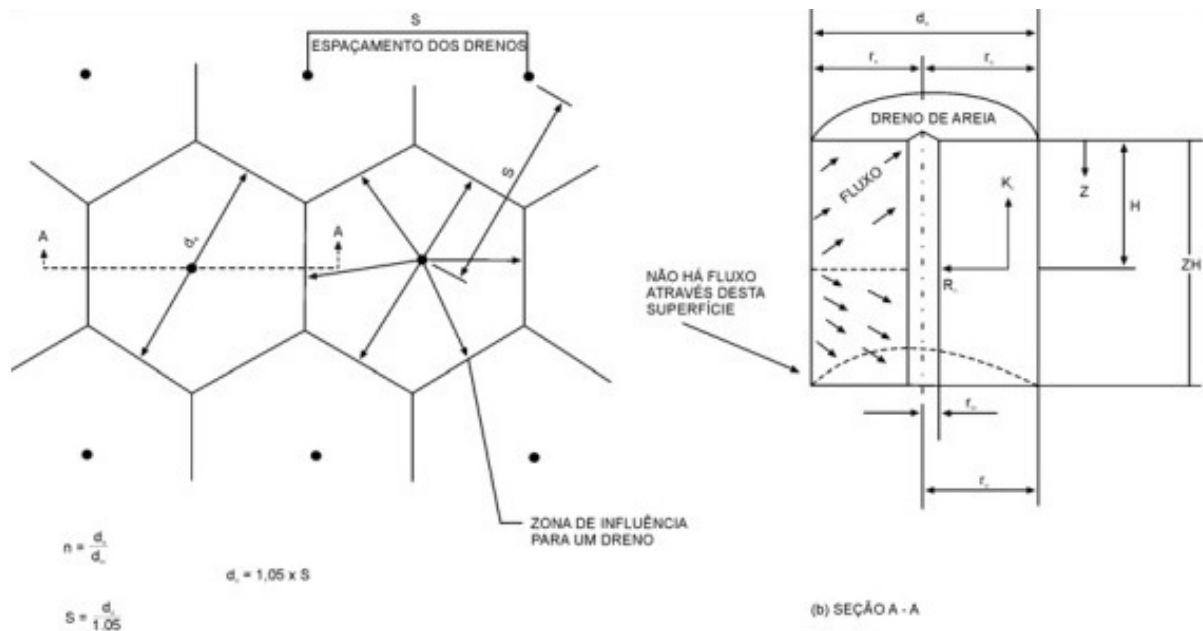
**Figura 12:** Execução do Dreno Vertical de Areia



**Fonte:** Engepol – Manual Geossintético, ed.3

O adensamento da camada mole é acelerado pela perda de água, conseqüentemente pela redução do volume de vazios e o aumento da resistência ao cisalhamento. O tempo de adensamento nos solos saturados de baixa permeabilidade, varia de acordo com o comprimento e espaçamento do dispositivo de drenagem. Na Figura 13, há um modelo do espaçamento utilizado na construção do dreno.

**Figura 13:** Modelo de Espaçamento dos Drenos Verticais



Fonte: DNIT, 2006

Na execução do projeto para este tipo de drenagem, é preciso determinar o espaçamento entre os drenos, a capacidade de vazão, a profundidade de instalação e a sobrecarga adequada para que o recalque ocorra no prazo previsto, exigindo bons conhecimentos de mecânica dos solos e de engenharia geotécnica.

## 5.2 Critérios de Controle

É essencial ressaltar que, a execução dos drenos, deve ser feita em sequência ao projeto, controlando: a locação e continuidade, verticalidade, compactação, comprimento dos drenos, material de enchimento, análise de estabilidade e exigir fiscalização.

## 5.3 Desvantagens dos Drenos Verticais

De acordo com o Manual Geossintético da Engepol (ed.3, p.115) os drenos verticais possuem alguns problemas na sua utilização, como: possibilidade de seccionamento do dreno durante a execução; necessidade que o aterro de sobrecarga tenha uma grande altura, o que demanda um alto volume de material para sua execução;

possibilidade do solo de fundação sofrer cisalhamento durante a colocação da sobrecarga e devido ao pequeno diâmetro do dreno de areia, este não contribuir com nenhuma resistência ao cisalhamento, limitando a colocação dos incrementos da sobrecarga a valores muito pequenos; após a conclusão do adensamento, às vezes é necessário remover parte da sobrecarga já colocada, por exigência de projeto, sendo de difícil operação e envolvendo custos altos.

## 6 DRENAGEM POR BOMBEAMENTO DIRETO

Entre todos os métodos utilizados para rebaixar o lençol freático, o bombeamento direto ou esgotamento de vala, é considerado o mais simples e de menor custo.

Tem como objetivo rebaixar a água subterrânea por onde ela aflora com abundância, mantendo a vala seca e proporcionando melhores condições de trabalhabilidade, além de evitar a instabilidade do solo saturado e o desmoronamento dos taludes das valas.

Este tipo de dreno é indicado principalmente sua execução em argilas

plásticas impermeáveis consistentes. Na Figura 14, há um exemplo de esgotamento de vala por bombas.

**Figura 14:** Drenagem por Bombeamento Direto



**Fonte:** Rebaixamento do Lençol Freático - Eng. Jeselay Reis

### 6.1 Critérios de Execução

De acordo com Müller (2004, p.13) primeiramente é executado valetas para a coleta da água da chuva. No fundo da escavação são previstos drenos longitudinais (valetas) para a coleta da água através das bombas, em pontos pré-determinados, com o intuito de manter a vala seca. Escava-se o maciço, executando a proteção do talude, mantendo as bombas em operação e deslocando-as para baixo conforme a escavação se aprofunda.

Deve-se utilizar bombas submersíveis apropriadas para o serviço de drenagem, com potência e altura de recalque determinadas em função da vazão de esgotamento.

Este tipo de projeto não deve ser executado em solos arenosos, em função da desagregação dos mesmos gerado pelo funcionamento da bomba, o que pode causar desestabilização por erosão e eventuais recalques na base da vala.

### 6.2 Desvantagem do Bombeamento Direto

Algumas desvantagens deste método são: a lentidão da drenagem dos taludes laterais; escavação encharcada, além da ocupação de espaços importantes da obra.

Este método deve ser empregado somente em obras pequenas e de pouca importância, pois apresenta diversos inconvenientes.

O carreamento de partículas finas do solo pela água pode acarretar recalques acentuados em estruturas vizinhas à escavação, em particular nas ruas e calçadas. Podendo afetar a infraestrutura pública como as tubulações de água e esgoto.

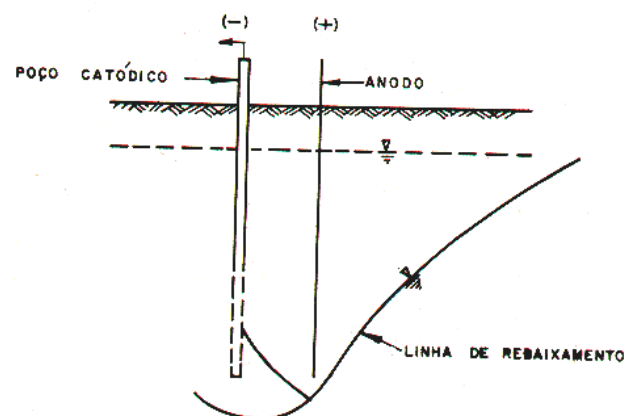
Para evitar esse problema, deve-se observar regularmente a água na saída das bombas e verificar se não ocorre o carreamento de partículas do solo. Caso ocorra, pode-se utilizar filtros (geotêxtil) no sistema de captação de água.

## 7 ELETROSMOSE

Os solos siltosos e argilosos possuem granulometria muito fina, baixa permeabilidade e não permitem uma drenagem eficiente através de outros métodos de drenagem, por isso, para aumentar a eficiência do sistema, é utilizado a drenagem por eletrosmose (GRANDIS, 1998).

A drenagem por eletrosmose consiste basicamente na aplicação de uma corrente elétrica contínua, criando uma diferença de potencial, que acelera o movimento da água nos vazios do solo, de acordo com a Figura 15.

**Figura 15:** Modelo de Drenagem por Eletrosmose



**Fonte:** Prof. M. Marangon, 2004

Na Figura está esquematizado como é posicionado os eletrodos (ânodo e cátodo) que são constituídos por varas de ferro ou cobre e

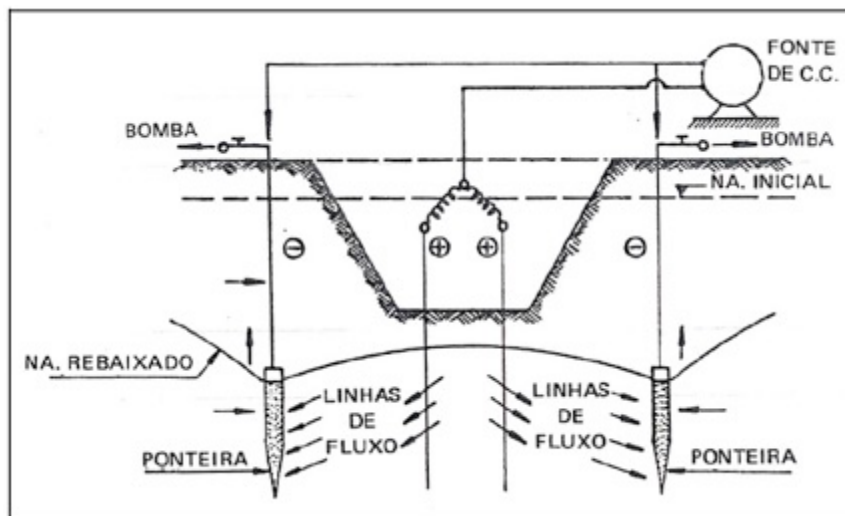
como esse sistema de drenagem afeta o rebaixamento da água.

### 7.1 Critérios de Execução

Este tipo de drenagem, segundo Marangon (2004, p.6) é um complemento de outros métodos já apresentados, como as ponteiras filtrantes e se baseia no seguinte: as partículas dos solos finos, como por exemplo, as argilas coloidais possui em sua superfície uma carga elétrica negativa, formando em torno delas uma película de água íons com

carga positiva. São instalados eletrodos em solo saturando, a aproximadamente 2m abaixo do fundo da escavação e é estabelecido uma corrente elétrica. A água contida nos vazios do solo percolará no sentido do ânodo (pólo positivo) para o cátodo (pólo negativo). A drenagem da água é feita adotando nos cátodos uma ponteira filtrante, que devem ser instaladas entre 8m e 12m entre elas, intercaladas pelos ânodos e a água é esgotada por uma bomba hidráulica, conforme mostra a Figura 16.

**Figura 16:** Sistema de Rebaixamento com Drenagem por Eletrosmose



Fonte: Caputo, 1987

Conforme Figura acima, os eletrodos são instalados juntamente com ponteiras filtrantes, para que a água possa ser removida. As setas indicam o sentido do fluxo da água.

Quando o campo elétrico é aplicado, os suportes sendo fixos e a água móvel haverá uma migração para o polo negativo. A eletrosmose é constante em toda extensão da fita e unidirecional.

O gradiente elétrico é aplicado em volts por metro de espaçamento, sendo de aproximadamente 12 volts para evitar o aquecimento do solo.

### 7.2 Desvantagem da Eletrosmose

O uso da eletrosmose é aplicado à drenagem na construção civil. No Brasil, este método não é muito difundido, sendo mais utilizado no processo de estabilização do solo

de talude e fundo de poço. Embora o sistema seja eficiente e recomendado em alguns casos, é gasto uma quantidade relativamente grande de energia, tornando-o inviável.

## 8 PONTEIRAS FILTRANTES

Este método também conhecido como "well points" ou poços filtrantes, é um sistema comum no rebaixamento do lençol freático. Utilizado em grandes áreas e profundidades médias de escavação.

Este método é frequentemente empregado, podendo ser utilizado em solos moles, ou seja, solos de baixa consistência.

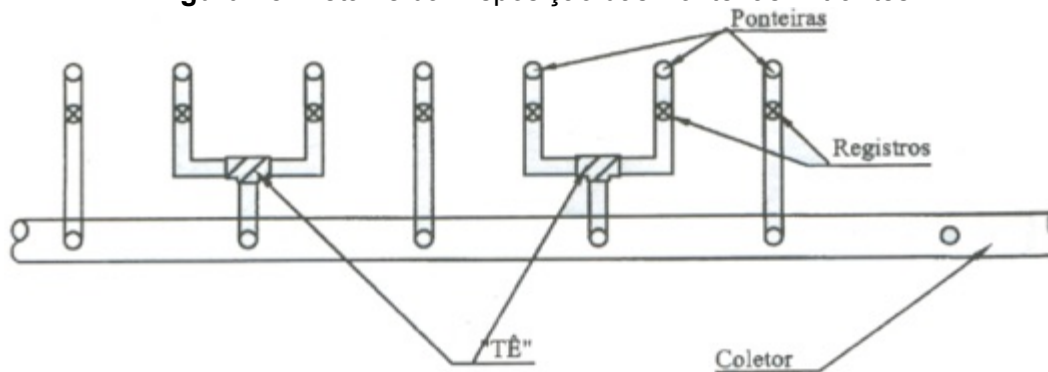
As ponteiras são introduzidas no solo para retirar a água e a partir de então, o rebaixamento do lençol é executado, conforme **Figura 17**.

**Figura 17:** Execução das Ponteiras Filtrantes



**Fonte:** Rebaixamento do Lençol Freático - Eng. Jeselay Reis

**Figura 18:** Detalhe da Disposição das Ponteiras Filtrantes



**Fonte:** Geocities, 2013

### 8.1 Critérios de Execução

A instalação desse sistema de drenagem, consiste na fixação de várias ponteiras filtrantes, espaçadas entre si de 1 m à 3 m ao longo do perímetro de toda a área que se deseja drenar, conectadas a um tubo coletor por um mangote flexível (MARANGON, 2004).

Na **Figura 18**, temos um modelo de como deve ser colocado as ponteiras, ao longo da área em que se deseja drenar.

De acordo com Marangon (2004, p.2) a instalação das ponteiras no solo é feita geralmente por jatos de água através da

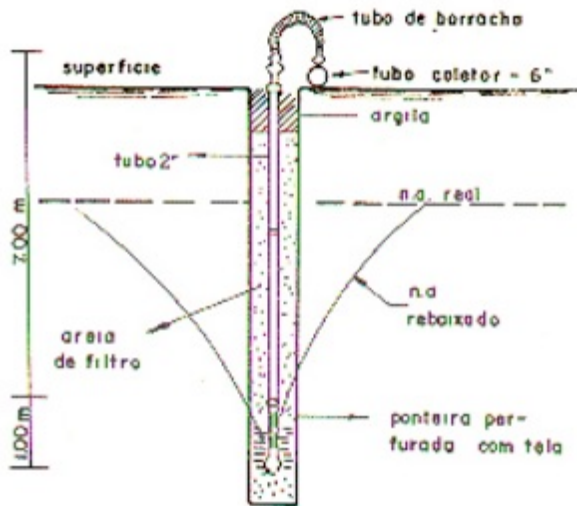
própria ponteira. Na impossibilidade de se dispor de água em abundância para esse tipo de instalação ou em solos poucos permeáveis, executa-se a abertura de um furo com 150 mm de diâmetro, colocando-se no seu interior a ponteira, envolvida por material filtrante adequado.

A extremidade dos coletores é conectada ao equipamento composto por bomba a vácuo, separador ar-água e bomba centrífuga. Normalmente, cada equipamento trabalha com 40 m a 60 m de coletor, e entre 30 a 40 ponteiras.

## 8.2 Materiais Utilizados

As ponteiros são constituídas de tubo de ferro galvanizado ou PVC, de 0,30 m a 1 m de comprimento, perfurada e envolvida por uma manta geotêxtil. Na Figura 19, há o detalhamento das ponteiros filtrantes.

**Figura 19:** Detalhamento da Ponteira Filtrante



Fonte: M. Marangon, 2004

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a execução de projetos de drenagem subterrânea, é necessário conhecimento topográfico e pluviométrico da região, além de amostras do solo por meio de sondagens (DNIT, 2006).

É preciso associar adequadamente a intensidade, a duração e o tempo de recorrência das precipitações pluviométricas do local, conhecer os tempos de concentração, e escolher corretamente os dispositivos de drenagem a serem implantados, são os principais cuidados a serem tomados ao se projetar o sistema de drenagem.

No dimensionamento dos sistemas de drenagem, é preciso conhecer todos os influxos, ou seja, todas as infiltrações que podem surgir no pavimento e que devem ser eliminadas.

Para a escolha do sistema de rebaixamento a ser utilizado, é essencial a avaliação do dano que o fluxo do lençol freático pode causar à obra. Se for pouca interferência, pode-se utilizar apenas drenos para retirar do

local o excesso de água. Se os danos forem maiores ou inviabilizarem a obra, pode-se adotar um sistema efetivo de rebaixamento temporário ou definitivo do lençol freático.

Alguns outros fatores também devem ser levados em consideração, como o tipo de obra, a natureza do aquífero e das fontes de percolação, a permeabilidade e drenabilidade do terreno, o efeito do rebaixamento em estruturas vizinhas e quanto maior a profundidade, mais potência deve ter o sistema de drenagem.

## CONCLUSÕES

Quando se dimensiona um pavimento, considera-se que ele seja totalmente estanque e impermeável, mas isso não é possível devido à presença das juntas de dilatação que podem estar mal seladas. Também pode ocorrer a abertura de fendas por fadiga da camada de desgaste do pavimento, devido às ações do tráfego que se associa ao intemperismo.

Ou seja, o pavimento sozinho, não é capaz de expelir toda água que chega até ele, e é por esse motivo que os drenos são de suma importância na elaboração de um projeto de estradas, pois auxiliam na retirada da água. Afinal, a sua presença diminui a resistência e a durabilidade, além de aumentar a deformação do corpo da estrada.

Nos primeiros anos de vida útil do pavimento, os efeitos causados pelas águas subterrâneas, em estradas que não possuem sistemas de drenagem, não são detectados, mas com o passar do tempo, se tornam anomalias que podem conduzir à ruptura parcial ou mesmo total do pavimento.

Sendo assim, é preciso considerar que os custos de uma estrada, se resumem a custos de construção, manutenção e conservação, além de custos de reposição, que podem ser necessários ao longo da vida útil da estrada.

É fácil perceber que, os custos de implantação de sistemas de drenagem, aumenta os custos iniciais da obra, mas que a longo prazo, traz bons benefícios ao usuário, uma vez que tais sistemas zelam pela qualidade, durabilidade e o bom desempenho das estradas de rodagem.

Em casos onde um problema no sistema pode causar danos significativos, o

controle e acompanhamento da operação deve ser executado por um técnico especializado, que executa registros diários, mantendo uma fiscalização constante.

Conforme foi visto, os sistemas de drenagem não podem ser padronizados, pois variam em função das necessidades de cada obra, que devem obedecer os projetos e metodologias fornecidas pelo DNIT, a fim de obter resultados satisfatórios para a rodovia em questão.

Também há o problema de natureza ambiental. O sistema de rebaixamento retira a água dos lençóis freáticos, que, em alguns casos, poderia ser utilizada para abastecimento e irrigação. A água retirada, muitas vezes, não é reaproveitada, sendo lançada na sarjeta.

Conclui-se que, a drenagem é um tema complexo que interfere em vários parâmetros, tendo um papel muito maior que estrutural. Um fator inicial para o correto dimensionamento e escolha do sistema é perceber o comportamento da água no solo e conseqüentemente o bom desempenho da estrada. Além disso, uma rodovia bem conservada propicia a toda sociedade vantagens econômicas e mais ainda, poupa vidas e perdas das mais diversas ordens.

## REFERÊNCIAS

Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas. Infra-Estrutura, Esgotamento de Água, **Bombeamento Direto**. Disponível em: <http://187.17.2.135/orse/esp/ES00319.pdf>. Acessado em: 07 de setembro de 2013.

Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas. Infra-Estrutura, Redes de Drenagem, **Drenos**. Disponível em: <http://187.17.2.135/orse/esp/ES00288.pdf>. Acessado em: 07 de setembro de 2013.

DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual\\_drenagem\\_rodovias.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual_drenagem_rodovias.pdf). Acessado em: 02 de outubro de 2013.

**DRENOS Verticais**. Disponível em: [http://www.fundesp.com.br/port/pt\\_10\\_m.htm](http://www.fundesp.com.br/port/pt_10_m.htm). Acessado em: 18 de setembro de 2013.

DYMINSKI, Andrea Sell. **Rebaixamento de Lençol Freático**. Curitiba - PR. Universidade Federal do Paraná.

FERNANDES, Renato de Oliveira. **Drenagem Subterrânea e Subsuperficial de Rodovias**. Crato - CE. Universidade Regional do Cariri. Disponível em: <http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=drenagem-subsuperficial-subterranea.pdf>. Acessado em: 02 de outubro de 2013.

MANUAL de Campanha. BRASIL - **Estradas**. 1.ed. 2001. Disponível em: <https://doutrina.ensino.eb.br/Manuais/C%205-38.pdf>. Acessado em: 10 de outubro de 2013.

MANUAL Geossintéticos. Engepol – **Dreno Vertical**. 3.ed. Disponível em: <http://nortene.com.br/conteudo/templates/nortene/downloads/manuais/cap8.pdf>. Acessado em: 05 de setembro de 2013.

MARANGON, M. **Rebaixamento do Lençol Freático**. Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra, 2004.

MELO, Ricardo. **Drenagem de Rodovias**. João Pessoa, PB. Universidade Federal da Paraíba, 2013.

MULLER, Maria Cristina. **Rebaixamento de Lençol Freático: Indicações, Métodos e Impactos Decorrentes**. Universidade Anhembi Morumbi, SP, 2004.

PATRIZZI, Vinícius. **Drenagem de Vias - Estradas e Aeroportos**. Disponível em: [http://engenhariacivilunip.weebly.com/uploads/1/3/9/9/13991958/aula\\_10.pdf](http://engenhariacivilunip.weebly.com/uploads/1/3/9/9/13991958/aula_10.pdf). Acessado em: 10 outubro de 2013.

PEREIRA, Djalma Martins et al. **Dispositivos de Drenagem para Obras Rodoviárias**. Curitiba - PR. Universidade Federal do Paraná, 2009.

REIS, Jeselay. **Rebaixamento do Lençol Freático**. Disponível em:

<http://www.engciviluem.com/attachments/msg000396/rebaixamento.pdf>. Acessado em: 15 de setembro de 2013.

SILVA, Elisabete Maria. **Drenagem Subterrânea em Estradas**. PORTUGAL – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2009.

**Sistema de Rebaixamento com Ponteiros Filtrantes**. Disponível em: <http://www.geocities.ws/construcaopratica/ponteira.html>. Acessado em: 15 de setembro de 2013.