UFRJ
CCMN
IGEO
Dept. Geologia

E938V7

7- A água ocupa 70% da crosta terrestre, sendo que 97% é de água salgada e 3% de água doce, a água doce ocorre em geleiras em porcentagem de 77%, em aquíferos e água subterrâneas em torno de 22% e apenas 1% em rios e lagos.

A água apresenta seu próprio ciclo o ciclo hidrológico, que consiste na mudança contínua da água entre a hidrosfera, atmosfera e pedosfera.

A molécula da água é constituída por um átomo de oxigênio (maior) e dois átomos de hidrogênio (menores) que não permite sua simetria. Devido essas características químicas a água é uma substância assimétrica e dipolar, ~~os~~ ou seja apresenta um pólo positivo e um pólo negativo. Assim, várias forças atuam na água: coesão (atração entre substâncias iguais), adesão (atração entre substâncias diferentes), Tensão superficial e capilaridade.

O solo é um sistema trifásico que apresenta: ~~uma~~.

- Fase sólida - são os coloides do solo { minerais (areia, silte e argila) / orgânicos (ácido húmico, ac. fúlvico e humina)

- Fase líquida - chamada de água do solo ou solução do solo que apresenta íons dissolvidos { cátions: Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, K^{+} e outros / ânions: NO_3^-, CO_3^-, SO_4^- e outros

- Fase gasosa - formada por uma mistura complexa de N_2, O_2 e CO_2.

O solo é um meio poroso e os espaços vazios ~~entre~~ podem ser classificados em:

- Macroporos - espaços vazios entre os grãos de areia e entre os agregados que perdem água por infiltração após 48 horas

E 938 V7

são responsáveis pela aeração do solo.

- microporos - espaços vazios dentro dos agregados, retém a água com mais força, são responsáveis pelo armazenamento da água no solo.

A relação entre a água e o solo pode ser dada pela umidade, pela curva de retenção de água, pela energia livre da água e pelo movimento da água no solo

A umidade gravimétrica (U) expressa a relação da massa de água (Mágua) com a massa seca de solo (Msecа)

$$U = \frac{M_{água}\ (g)}{M\ (seca\ solo)\ (g)}$$

A umidade também pode ser expressa em volume, sendo chamada de umidade volumétrica (θ) que expressa o volume de água em relação ao volume total.

$$\theta = \frac{V_{água}\ (cm^3)}{V_{total}\ (cm^3)}$$

As relações ocorrem pois a água é uma substância polar e está submetida as forças de adesão e coesão. Assim, a água será atraída pelas cargas nas superfície dos coloides, sendo adsorvida. Isso ocorre em solos ~~com~~ com menos água, formando uma película de água em torno das partículas.

Quando o solo tem mais água, o fenômeno que reterá a água será a capilaridade, na capilaridade quanto menor o diâmetro dos poros do solo ~~p~~ ~~menor~~ mais rápido a água sobe nesse poro contra a ação da gravidade, nesses poros menores a água é retida com mais força.

Então, os 2 mecanismos que atuam na retenção da água são:

- Adsorção: (forças: adesão + coesão) _ solo com menos água
- Capilaridade: (tensão superficial + adesão + coesão) _ solo com mais água

A curva de retenção de água

A curva de retenção de água expressa da relação entre a umidade

E 938 V7

UFRJ
CCMN
IGEO
Dept°. Geologia

(V ou θ) e o potencial matricial (forças que atuam na retenção da água no solo).

A curva de retenção de água varia de solo para solo, de horizonte para horizonte e com o manejo.

A curva é construída submetendo uma amostra de solo indeformada a sucções crescentes (2, 4, 6, 10, 33, 100, 1000, 1500 KPa) em câmaras de Richards, e determinando o peso em cada sucção.

Essas curvas são muito importantes, pois fazem uma caracterização físico-hídrica da água no solo. O que vai possibilitar a identificação da disponibilidade da água para o cultivo, inferir nos usos e nas limitações daquele solo para construção, drenagem, execução de aterros e outras.

Vários fatores influenciam na retenção de água:

- Textura - solos mais argilosos retêm mais água, pois têm ~~mas~~ maior superfície específica e mais cargas.
- Mineralogia - óxidos de ferro retêm mais água, pois formam mais microporos e macroporos, mesmo tendo menor superfície específica e cargas que as argilas.
- Matéria orgânica - interfere diretamente ~~e~~ pelas cargas nas suas superfícies e indiretamente por melhorar a estrutura do solo e formar agregados mais estáveis.
- Manejo - áreas compactadas os macroporos ficam entupidos ~~d~~ com argila dispersa o que diminui a retenção de água.

A energia da água no solo

A energia da água é a capacidade que a água tem de se deslocar pelo sistema.

É o trabalho necessário para levar a água do "estado padrão" ao estado considerado "água livre" (sem interferência da matriz do solo); considerando um referencial de posição no solo, a mesma

E 938 V7

temperatura da água e uma pressão atmosférica padrão.

$$\Psi = \Psi_m + \Psi_{os} + \Psi_g + \Psi_p$$

O potencial gravitacional está presente pela ação da gravidade, ele será medido pela diferença do ponto de estudo e o plano ~~referen~~ referencial (PR).

$\Psi_g < 0$ quando o ponto de estudo estiver abaixo do PR

$\Psi_g = 0$ quando o ponto de estudo estiver sobre o PR

$\Psi_g > 0$ quando o ponto de estudo estiver abaixo do PR

O potencial de pressão (Ψ_p) é a carga hidráulica (solo saturado). A carga hidráulica será transmitida da mesma forma que a lâmina d'água pelos poros

$\Psi_p = 0$, se o solo não estiver saturado

$\Psi_p > 0$, quando o solo está saturado

O potencial matricial (Ψ_m) é o componente mais importante do potencial total para solos não saturados, e vai ser controlado pela adsorção e capilaridade.

$\Psi_m = 0$, se o solo estiver saturado

$\Psi_m > 0$, quando o solo não está saturado

O cálculo do Ψ_m é feito usando um tensiômetro:

$$\Psi_m = 12{,}6\,h + p + x$$

h → leitura; p → profundidade do tensiômetro; x → distância vertical de Hg

O potencial osmótico (Ψ_{os}) é representado pelo fato da água não ser pura, devido a presença de sais (solutos). O potencial osmótico é calculado pela equação:

$$\Psi_{os} = -R \cdot C \cdot T$$

R → constante 0,082; C → [sais] em mol/l; T → (temperatura em Kelvin)

Os fatores que diminuem a água livre no solo são: forças de adesão (argilas de alta atividade), diâmetro dos poros (poros muito pequenos e ~~cont~~ concentração de sais (maior teor de sais)

O movimento da água no solo

O solo é um meio poroso e o movimento da água é

E 938 V7

UFRJ
CCMN
IGEO
Dept. Geologia

descrito pela equação de Darcy, que preconiza que o fluxo de água é proporcional ao gradiente hidráulico.

$$q = K \cdot \theta \cdot \frac{\Delta \Psi}{\Delta z}$$

q = fluxo de água por unidade de área (cm/h)
θ = umidade volumétrica (cm³/cm³)
ΔΨ = diferença de potencial
Δz = diferença de ~~profundi~~ profundidade
K = condutividade hidráulica (cm/h)

A condutividade hidráulica vai depender do meio poroso. Existe uma faixa de variação para solos arenosos (20 cm/h), para solos siltosos (1,3 cm/h) e para solos ~~arti~~ argilosos (0,06 cm/h). Solos arenosos conduzem a água mais facilmente, portanto a infiltração e a percolação são mais intensas que em solos argilosos.

A condutividade hidráulica é a capacidade que o solo tem de transferir água para as camadas mais profundas. Quando o solo está saturado a infiltração fica constante e se aproxima da condutividade hidráulica.

As principais técnicas de remediação que podem ser aplicadas nestas ~~situa~~ situações são: a lavagem do solo e biorremediação.

A lavagem do solo é usado substancia surfactante que irá arrastar os contaminantes para o lençol freático, essa água será succionada e passará por tratamento antes que retornar ao lençol freático.

A biorremediação é uma técnica que visa da destruição dos poluentes pela ação das bactérias. Essa técnica é muito abragente pode ~~de~~ ser feita in situ ou ex situ, pode ser feita por bactérias aeróbias, ou anaeróbias ou ambas, e pode ser aplicada tanto na água como no solo.

10 - Minerais são substâncias ~~que~~ naturais sólidas de origem inorgânica e que apresentam estrutura cristalina e composição

E 938 V7

química definida dentro de certos limites.

Os minerais são classificados em primários e secundários, primários são formados pela cristalização do magma e em pressão e ~~tempe~~ temperatura diferentes da superfície terrestre. Já os minerais secundários são formados a partir da decomposição dos minerais primários, pela ação do intemperismo.

Os minerais apresentam dois tipos de ligação química: iônica e ~~covalent~~ covalente. A ligação iônica é a atração eletrostática entre íons de carga diferente, portanto é uma ligação mais fraca e depende da ~~pro~~ proximidade das moléculas envolvida. Já a ligação covalente é o compartilhamento de elétron por dois íons sendo considerada uma ligação mais forte, mais próxima e mais difícil de ser desfeita. Essas ligações irão interferir no intemperismo e erosão desses minerais.

Os minerais ainda podem ser classificados como:

- Silicatados: que apresentam Si e O na sua composição. São os mais abundantes na crosta terrestre e sua classificação permite identificar a maioria das rochas.
- Minerais não silicatados: são minerais que ocorrem em pequenas quantidades nas rochas, mas que ~~gem~~ ganham grande importância econômica devido a sua aplicação em várias indústrias.

Os minerais silicatados têm como unidade básica ~~de~~ os tetraedros de silício (Si) que são moléculas formadas por um átomo de silício central e quatro átomos de oxigênio (O).

Os tetraedros de silício apresentam cargas negativas, uma vez que o Si tem número de oxidação +4 e o O tem número de oxidação −2. Assim, as cargas negativas precisam ser neutralizadas para que o mineral tenha estabilidade.

A neutralização das cargas pode ser feita por:

- Cátions neutralizantes: Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, K^{+}, Fe^{+2}, Al^{+3}, que vão se ~~fo~~ ligando a estrutura do mineral.

E 938 V47

UFRJ
CCMN
IGEO
Dept°. Geologia

- Compartilhamento de Oxigênio: quando dois tetraedros de Si compartilham o mesmo oxigênio.

Nos minerais silicatados ocorre também a estrutura octaédrica, que tem grande estabilidade também, mas sua forma irá depender do número de coordenação.

O número de coordenação representa a quantidade de átomos de O que conseguem se ligar ao cátion central, e ele depende da valência do cátion central e o raio iônico. O número de coordenação poderá ser:

- 4 quando o cátion central se liga a 4 átomos de O, nesse caso o cátion ~~de~~ só podem ser o Si^{+4} ou Al^{+3}.
- 6 quando o cátion central se liga a 6 átomos de O formando a estrutura octaédrica, nesse caso os cátions podem ser: Al^{+3}, Fe^{+2} ou Mg^{+3} (ferro e magnésio, respectivamente).

Os minerais silicatados serão classificados com relação ao tipo de compartilhamento de O e quanto ao tipo de cátion neutralizador:

1- Nesossilicatos - nesses minerais os tetraedros de Si estão isolados, pois não há compartilhamento de O, as cargas negativas são neutralizadas ~~para~~ por cátions Fe^{+2} e Mg^{+2}.

Formam uma série isomórfica, isto é tem a mesma estrutura cristalina, mas composição química diferente. Vão da fayalita a fosterita e o que muda é a concentração de Fe e Mg

Fe_2SiO_4 ——————— Mg_2SiO_4
Fayalita Fosterita

São raras em solos e sedimentos, pois apresentam mais ligação iônica que covalentes, somente ocorrem em rochas e solos muito jovens.

Ex: Olivinas, Granada, Zircão

~~2 So~~

E 938 V7

2 - Sorossilicatos - são minerais formados por pares de tetraedros de Si que compartilham um ~~oxigênio~~ oxigênio. A ligação entre os pares de tetraedros são feitas por cátions. Têm mais ligações covalentes que os nesossilicatos, portanto são mais resistentes ao intemperismo, porém são raros em solos. Ex: epidoto

3 - Ciclossilicatos - são minerais formados pelo arranjo de 6 tetraedros de Si. ~~que cada tetra~~ formando um anel. Cada tetraedro compartilha dois átomos de O e a ligação entre os anéis é feita por cátions Fe^{+2} ou Mg^{+2}. Também são raros em solos e sedimento. Ex: turmalina.

4 - Inossilicatos - são minerais formados por tetraedros de Si que compartilham o Oxigênio basal, formando cadeias simples os piroxênios ou formando cadeias duplas os anfibólios. A ligação entre as cadeias é feitas por cátions Fe^{+2} ou Mg^{+2} e nos interstícios (espaços vazios) ocorre o Ca^{+2} (cálcio).

O piroxênio mais comum é a augita $(Ca, Mg, Fe)_2 Si_2 O_6$.

O anfibólio mais comum é a hornblenda.

Em algumas estruturas dos inossilicatos podem ocorrer o Cu^{+2} (cobre) e o Ni^{+2} (níquel). São raros em solos e sedimentos, mas são um pouco mais resistentes ao intemperismo que os nesossilicatos, sorossilicatos e ciclossilicatos, pois o Fe e o Mg estão mais escondidos em sua estrutura.

5 - Tectossilicatos - são minerais mais ~~abundant~~ abundantes na crosta terrestre e neles todos os oxigênios dos tetraedros de silício podem ser compartilhados formando estruturas tridimensionais.

Em parte dos tetraedros de Si ocorre a substituição isomórfica do Si pelo Al. A estrutura ~~cl~~ cristalina permanece a mesma, mas são geradas cargas negativas que nos feldspatos calcossódicos serão neutralizadas pelo Ca^{+2} e pelo Na^{+} (cálcio e sódio respectivamente) e nos feldspatos potássicos serão neutralizadas

E 938 V7

UFRJ
CCMN
IGEO
Dept. Geologia

pelo potássio (K^+).

Os feldspatos cálco-sódicos são também conhecidos como plagioclásios, eles formam uma série ~~isofo~~ isomórfica que vai da anortita a albita.

$CaAl_2Si_2O_3$ ——— Albita

Anortita $NaAlSi_3O_8$

Da ~~ano~~ anortita a albita aumenta a % Na e a resistência ao intemperismo, e reduz a % de Ca.

Os feldspatos potássicos também são chamados de ortoclásios e são a principal fonte de K para o solo.

6 - Filossilicatos - são minerais que têm forma de folha. São formados por camadas, e cada camada é constituída por três lâminas 1 lâmina de octaedro de Al ou Fe ou Mg e 2 lâminas de tetraedros.

——— Lâmina de Tetraedro

——— Lâmina de Octaedro

——— Lâmina de Tetraedro

São as micas, que se dividem em dois tipos:

- Micas pretas ou biotita ocorrem quando os ~~octa~~ octaedros são de Fe^{+2} e Mg^{+2} que fornecem coloração mais escura.
- Micas brancas ou muscovita, os octaedros são formados por Al^{+3} formando cores mais claras.

7 - Quartzo (SiO_2)

O quartzo não sofre substituição isomórfica, quase não é afetado pelo intemperismo químico e ~~tem~~ tem o intemperismo físico dificultado pela sua dureza, que na escala de Mhos é 7. É o mineral mais abundante em solos e sedimento e o segundo mais abundante na crosta terrestre.

As rochas são aglomerados naturais de minerais que ocorrem naturalmente, ~~ou~~

As rochas podem ser classificadas quanto a sua compo-

E 938 V7

Composição química, textura, estrutura e origem.

A partir do intemperismo das rochas são fornecidos os constituintes de solos, os nutrientes para as plantas e as propriedades físicas e químicas dos solos.

A composição química das rochas é de extrema importância para sua classificação. Os minerais silicatados são fundamentais, pois é a partir da determinação de suas proporções que as rochas serão denominadas.

Ex: Rochas Ácidas como granitos e gnaisses, são compostas de 40% de ortoclásios, 30% de quartzo, 10% plagioclásios, 15% de muscovita e 5% de biotita.

Rochas básicas, como basalto e gabro, são compostas de 50% de ortoclásios, 2% de anfibólios e 48% de ~~piro~~ piroxênio.

O relevo é a forma do terreno que compõe a paisagem. Ele irá influenciar na ~~distribuid~~ distribuição das forças climáticas, variando as condições para a atividade dos organismos; a exposição do solo ou da rocha ao vento, precipitação e radiação ~~solo~~ solar, irá influenciar na erosão e drenagem e na remoção e acúmulo de sedimentos.

A altitude ~~tabo~~ também irá interferir no intemperismo formando áreas de movimento de massa.

E a presença de fogos também:

Face Sul - Sudeste (Noruega) - formam encostas mais úmidas, com solos mais intemperizados e menor incidência de radiação solar.

Face Noroeste (Scalheira) - formam ~~encosta~~ encostas mais secas, solos menos intemperizados e maior incidência da radiação solar.

No Brasil, a erosão hídrica é mais importante que a erosão eólica, pois o clima tropical apresenta elevada precipitação.

E 938 V7

FVSSP

UFRJ
CCMN
IGEO
Dept. Geologia

No Brasil, é favorecido o ~~qu~~ intemperismo químico forte, devido as reações provocadas pela água de hidrólise, dissolução, hidratação e redução.

Devido essas características são formados solos muitos distintos, ~~mo~~ com um grande variedade de classes e atributos. Assim, do ponto de vista geotécnico algumas classes de solo poderão ser utilizadas e outras não.

Cambissolos, por ~~exemplo~~ exemplo, são solos com indicativo de talus ou colúvio, pois são formados em área de relevo movimentado. Neste caso, indica potencial de movimento de massa.

Já planossolos, por exemplo, são indicativo de solos transportados, com mudança textural abrupta entre o ~~s~~ horizonte superficial e subsuperficial o que o torna suscetível a erosão. Pode apresentar hidromorfismo. Partes elevadas são ~~adequa~~ adequadas para ocupação urbana. Restrições apenas nos vales, pois o lençol freático pode alcançar a superfície.

E 938 V7

UFRJ
CCMN
IGEO
Dept°. Geologia

Equação Universal de Perda de Solos

$$A = R\,K\,L\,S\,C\,P$$

A = perda de solo (calculada por unidade área em t/ha

R = índice de erosão pela chuva. (mm/ha

K = erodibilidade. (mm/ano

L = comprimento da rampa ~~[illegible]~~ (22,6 m área)

S = grau de inclinação do terreno. (declive especificado de 9%

C = fator de uso e manejo (compara a perda de solo com aquela de uma área com ~~declive d~~ manejo padrão, solo desnudo)

P = fator prática conservacionista (relação entre as perdas de solo de uma área cultivada com determinada prática, as perdas do solo quando arado e cultivado no sentido de maior declive (morro abaixo).

Elementos da Barragem: ensecadeira, túneis de desvio, tomada d'água, vertedouro.

— // —

Análise de Estabilidade de Taludes

Rastejo
Escorregamento
Queda
Corrida.

Método de: Equilíbrio Limite

A análise da estabilidade de taludes é feita avaliando-se as condições de equilíbrio da massa de solo num estado de ruptura iminente.

Hipóteses Básicas:

a). A superfície potencial de ruptura é pré-definida e de geometria qualquer.

b) Equações de equilíbrio estático válidas até a iminência de ruptura;

c) validade do critério de ruptura ao longo de toda superfície de ruptura considerada

d) FS é constante ao longo de toda a superfície de ruptura considerada

Forças Atuantes no talude – Forças Instabilizadoras
Forças resistentes

d) A superfície ~~potencial~~ de ruptura, associada ao FS mínimo, é determinada por um processo de procura (processo interativo)

Método de Equilíbrio Limite - Método de Fatias:

- O talude é subdividido em fatias, assumindo-se a base da fatia como linear. Não pode existir dois materiais na base da ~~lamela~~ lamela e o topo da fatia não deve apresentar descontinuidade.
- Realiza-se o equilíbrio de forças em cada fatia, assumindo-se que as tensões normais na base da fatia sejam geradas pelo peso do solo contido na fatia.
- Calcula-se o equilíbrio do conjunto por meio da equação de equilíbrio de momentos em relação ao centro do círculo, considerando os pesos e as forças tangenciais na base das fatias

— // —

Movimento da Água no Solo

$$q = K \cdot \theta \cdot \frac{\Delta \Psi}{\Delta z} \quad (\Psi_K - \Psi_S)$$

q = fluxo de água por unidade de área. (cm h^{-1}

θ = umidade volumétrica

K = é a condutividade hidráulica (cm · s^{-1} ou cm h^{-1}

$\Delta \Psi$ = dif. potencial

Δz = dif. profundidade

Solos arenosos conduzem mais facilmente a água, portanto...

— // —

Erosão - energia cinética é proporcional ao peso do que está se movendo e ao quadrado da sua velocidade. As gotas de chuva atingem

UFRJ
CCMN
IGEO
Dept. Geologia

Solidificação e Estabilização

É a técnica que encapsula o resíduo em um sólido monolítico de alta integridade estrutural.

A solidificação não envolve necessariamente a interação química entre o rejeito e agente solidificante, mas pode mecanicamente tornar o resíduo monolítico

Essa técnica é usada na redução do poder de contaminação. Pode ser usada in-situ ou ex-situ. O método utiliza como agente cimentante um aglomerado hidráulico, na maioria das vezes o cimento. O cimento consegue fazer com que o movimento dos poluentes seja retardado ou ainda não ocorra.

Nessa técnica deve-se levar em conta a vida útil, visto que ela não remove poluentes, apenas os isola.

Pirólise

É um processo de destruição térmica, ~~como a a~~ ele se processa na ausência de O_2. Nesse processo materiais à base de C são decompostos em combustíveis gasosos e líquido e carvão

Os pirolisadores são usados ~~à base de carbono são decompostos em~~ no tratamento de MO e resíduos de saúde, onde o poder calorífico dos resíduos mantém uma determinada temperatura no processo.

Modelos em câmara simples, a temp. varia na faixa de 1000°C e de câmara múltiplas a temp 600 a 800°C. na câmara primária e 1200°C na câmara secund.

Vantagem.

- Eficiência de tratamento, quando em perfeitas condições
- Redução substancial do volume de resíduos (cerca 95%)

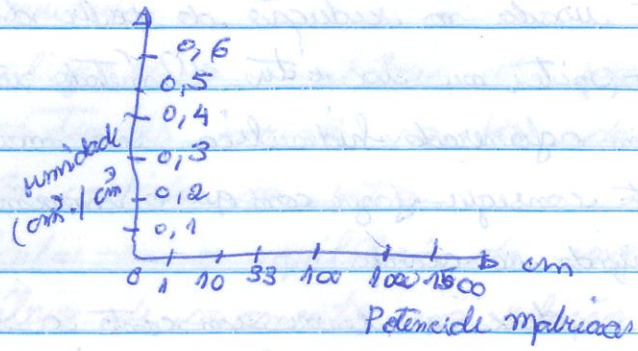
Desvantagens:

- Custo operacional e manutenção elevado
- Manutenção difícil
- Risco de contaminação do ar.

Estabilidade dos Taludes -

1 - Influência da água

2 - ação antrópica: escavação, vibração



Caracterização físico-hídrica do Solo. Indica a disponibilidade de água para planta, identifica usos e limitação do uso.

PROVA ESCRITA

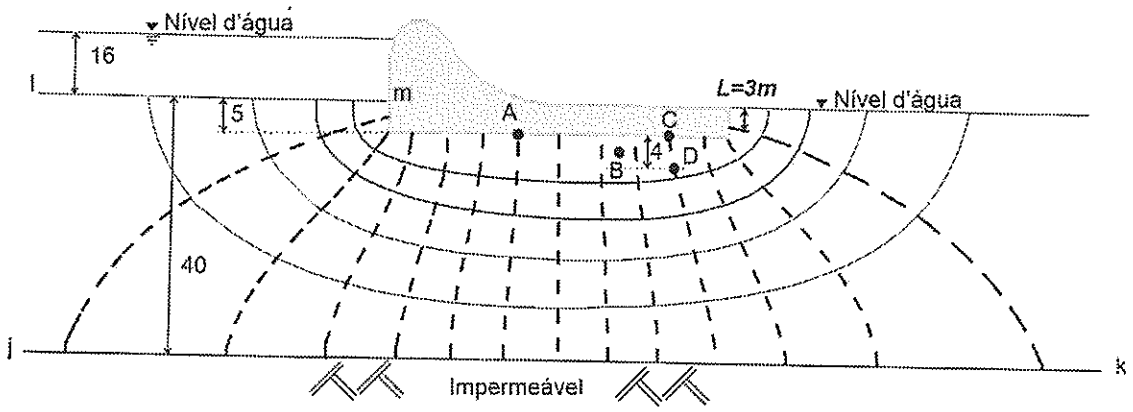
Ponto 7 - Físico-química e química da água no meio poroso granular e suas implicações geotécnicas.

Com relação a poluição da água subterrânea e do solo, descreva os processos de transporte e retardamento, as reações, abordando as principais técnicas de remediação de áreas contaminadas?

Ponto 9 - Águas e problemas de Engenharia: processos erosivos, barragens, estabilidade de taludes,contaminação e remediação de áreas impactadas, riscos e desastres naturais;

Considere a barragem de concreto sobre solo residual, homogêneo e isotrópico, com percolação de água pela fundação, conforme ilustra a figura abaixo. Todas as dimensões na figura estão em metros, mas a figura não está em escala (croquis). Considere a rede de fluxo e responda.

(a) Qual a vazão abaixo do corpo da barragem, considerando que esta seção se estende por 100 m e a permeabilidade do solo é de 10^{-6} cm/s.
(b) Quais as cargas hidráulicas (elevação, pressão e total) nos pontos A, B, C e D da figura? Considere que o ponto B está 2,0 metros abaixo da base da barragem e exatamente entre as duas linhas pontilhadas.
(c) Quais são os valores da poropressão nos pontos A, B, C e D?
(d) Qual o máximo gradiente de saída?
(e) Quais são as condições de contorno dadas pelas linhas jk e lm?



Ponto 10 - Minerais e Rochas; Intemperismo, Erosão e Dispersão de Massa; Topografia, elevação e as formas de relevo geradas por erosão e sedimentação.

Disserte sobre as relações entre minerais e rochas com as formas de relevo cárstico, em clima tropical, e suas implicações geotécnicas.