

Aula 01 - Prof Jonas Vale (Somente em PDF)

*IBAMA (Analista Ambiental - Tema 1)
Infraestrutura e Gestão Ambiental (itens
12,14,21.2; 21.3, 21.4 e 22) - Somente*

*Autor:
em PDF*
Jonas Vale Lara, Leonardo Hotta

03 de Janeiro de 2024

Sumário

1 - Ciclo Hidrológico.....	8
1.1 - Introdução.....	8
1.2 - Etapas do ciclo hidrológico.....	10
2 - Escoamento subterrâneo	25
3 - As bacias hidrográficas	36
3.1 - Sistema ou rede de drenagem.....	45
3.1.1 - Tempo de concentração (ou tempo de contribuição).....	51
3.2 - Balanço hídrico em uma bacia.....	57
4 – Precipitação	64
4.1 – Medindo-se as precipitações	70
4.2 - Variáveis que descrevem uma precipitação	77
4.3 - Precipitação média em uma área	85
4.3.1 - Método da média aritmética	85
Natureza da precipitação	94
5 - Escoamento superficial.....	112
5.1 - Estimando a chuva efetiva pelo Método do SCS	118
5.2 - Hidrograma Unitário	119
5.2.1 - Hidrograma Unitário Sintético	123
5.3 - O Método Racional.....	126
5.4 - O Histograma e a curva de permanência.....	138
5.5 - Reservatórios	150
6 - Drenagem de águas pluviais.....	155



6.1 - Urbanização e drenagem urbana	157
6.2 - Características da bacia e a drenagem de águas pluviais	163
6.3 - Sistemas de drenagem urbana.....	165
6.3.1 - Microdrenagem e Macrodrenagem	166
6.3.2 - Principais elementos de microdrenagem	176
6.3.3 - Projeto de bocas de lobo	195
6.4 - Medidas estruturais e medidas estruturantes	201
6.4.1 - Medidas estruturais.....	201
6.4.2 - Medidas estruturantes ou não estruturais	205
6.5 - Técnicas compensatórias.....	211
6.6 - escoamento em canais	219
6.6.1 - Variação da velocidade em canais	219
6.6.2 - Cálculo simplificado de vazão	221
6.6.3 - Revestimento de canais.....	224
7 - Considerações Finais.....	227
8 - Lista de Questões	228
9 - Gabarito	278
10 - Referências bibliográficas	280



APRESENTAÇÃO DO CURSO

A abordagem desse **curso de Engenharia Civil** foca em todos os **mistérios e pegadinhas dos concursos públicos**.

Trata-se do **curso mais didático de Engenharia** de que dispomos, espinha dorsal dos nossos cursos específicos, preparados e adaptados para cada concurso. Os assuntos serão tratados sempre lembrando daquele que está iniciando os estudos na área e também do que está estudando há mais tempo. Os conceitos são expostos com abundância de figuras e gráficos de memorização buscando fazer com que você goste do conteúdo. Assim, você verá que as aulas são seu aliado e, com isso, você constatará o grande potencial que tem dentro de si. Com essas aulas, queremos provar que qualquer um pode ser um grande engenheiro dos concursos.

Ao contrário do que encontraremos nos grandes livros de engenharia, o conhecimento aqui é passado na qualidade e quantidade necessárias a seu **pleno sucesso**, sem detalhes que não vão agregar nada para a aprovação, nem perda de tempo com informações mal redigidas que ninguém entende. Tudo é pensado milimetricamente.

Isso, contudo, não significa que somos superficiais. Pelo contrário, sabemos exatamente onde devemos nos aprofundar e não poupamos esforços nesse sentido. Utilize as figuras para se apaixonar pela matéria e os esquemas para não esquecer as informações lá enfatizadas.

Com essa estrutura e proposta, você terá uma **preparação única no país, sem necessidade de recurso a outras fontes, como livros e normas**.

Finalmente, destaco que um dos instrumentos mais relevantes para o estudo em PDF é o contato direto e pessoal com o Professor. Além do nosso fórum de dúvidas, estamos disponíveis por e-mail. Aluno nosso não vai para a prova com dúvida! Por vezes, ao ler o material surgem incompreensões, dúvidas, curiosidades, nesses casos basta acessar o computador e nos escrever. Assim que possível, respondemos a todas as dúvidas. É notável a evolução dos alunos que levam a sério a metodologia.

Nosso foco não é somente questões, mas sobretudo o conteúdo. Você deve estar preparado inclusive para as mudanças de foco das cobranças das bancas. Por isso, você entenderá os conceitos e saberá aplicá-los. Seu conhecimento será tão significativo, que dificilmente sua atuação se restringirá a concursos. Para tornar o nosso estudo mais completo, é muito importante resolver questões anteriores para nos situarmos diante das possibilidades de cobrança. Traremos questões variadas e, em alguns assuntos, priorizaremos algumas bancas por permitirem um aprendizado mais consistente.

Está pronto para essa viagem na Engenharia?



APRESENTAÇÃO PESSOAL

É um prazer iniciar essa jornada com você nesse curso de Engenharia Civil focado em concursos de alto nível do país. Faremos uma breve apresentação de nossas origens:

-Jonas Vale Lara: Sou engenheiro do Tribunal de Contas do estado de Minas Gerais, tendo sido aprovado em 1º lugar no concurso de 2018. Tenho formação em engenharia civil na UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e fiz mestrado em Saneamento. Atuei em obras no Brasil e no exterior e sou um apaixonado por esportes e natureza.

-Lineker Max Goulart Coelho: Sou Professor do CEFET-MG, fui aprovado em 4 concursos na área de engenharia e em 4 concursos para professor em instituições superiores federais. Formei em engenharia civil na UFMG, e fui agraciado com a medalha de ouro dos formandos de 2011. Além disso, atuei em obras de grande porte na parte de projetos, tendo especialização em engenharia de estruturas e fiz mestrado e doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Buscamos fazer um material objetivo e fácil de ler, para que você não só aprenda o que tem em cada apostila, mas também para que goste de ler todas as páginas. Afinal, o estudo é um parceiro seu, e não um inimigo. Queremos que qualquer pessoa possa ser um grande engenheiro dos concursos, de forma que esse curso seja um trampolim para uma vida muito melhor.

A sociedade espera muito de você! Sabia que o conhecimento que passamos é muito melhor do que você viu na universidade e, no final, você vai concluir que fez uma pós-graduação de altíssimo nível. Você estará acima de outros engenheiros que não fizeram esse curso, pois o diploma não significa nada na hora da prova. O que conta é a preparação para o concurso; é cada página que você terá lido e entendido que resultará no resultado final em um concurso.

Lembre-se: não há conhecimento já produzido que seja impossível de entender!

Quando a matéria parecer cansativa, dê um tempo ao seu cérebro, tente andar um pouco no local onde você está, pense em outras coisas, fazendo uma pausa de uns 5 minutos. Depois retorne para os estudos, que já estará com a cabeça mais fresca.



Mãos à obra rumo ao sucesso?



“Há os que se queixam do vento. Os que esperam que ele mude. E os que procuram ajustar as velas.”

William C. Ward



1 - CICLO HIDROLÓGICO

1.1 - Introdução

Todo mundo tem uma ideia do funcionamento do ciclo hidrológico, contudo há uma série de pegadinhas nesse tema. Por isso, não podemos desprezar essa matéria em hipótese alguma! Vamos lá!

O ciclo hidrológico é um **fenômeno global de circulação de massas de água** que se apresentam nos estados gasoso, líquido e sólido. Esse ciclo acontece devido à energia solar, à ação da gravidade e da rotação da Terra. Basicamente, a energia do sol causa a evaporação da água líquida e a evapotranspiração da água que estava no estado líquido nos rios, mares e mesmo no solo, por meio das plantas que transpiram. Essa evapotranspiração depende de vários fatores, como temperatura, umidade do ar, radiação solar, vento, condições fisiológicas das plantas, etc.

O vapor de água resultante da evapotranspiração, inicialmente mais quente e leve do que o ar, sobe para a atmosfera até se resfriar, quando se condensa formando nuvens. Aos poucos, as gotas vão se agregando umas às outras, atingindo determinada dimensão que as torna tão pesadas, que se forma a **precipitação**, geralmente na forma de **chuva**.

Essa água atinge a superfície da Terra, podendo ou **infiltrar** no solo, ou **escoar** na superfície. Quando há infiltração, uma parcela desta água é armazenada no solo, enquanto outra poderá alimentar aquíferos e o restante continuará infiltrando, formando um fluxo subterrâneo (como se fosse um "rio subterrâneo"). Geralmente esse escoamento subterrâneo é muito lento, podendo atingir escala de séculos.



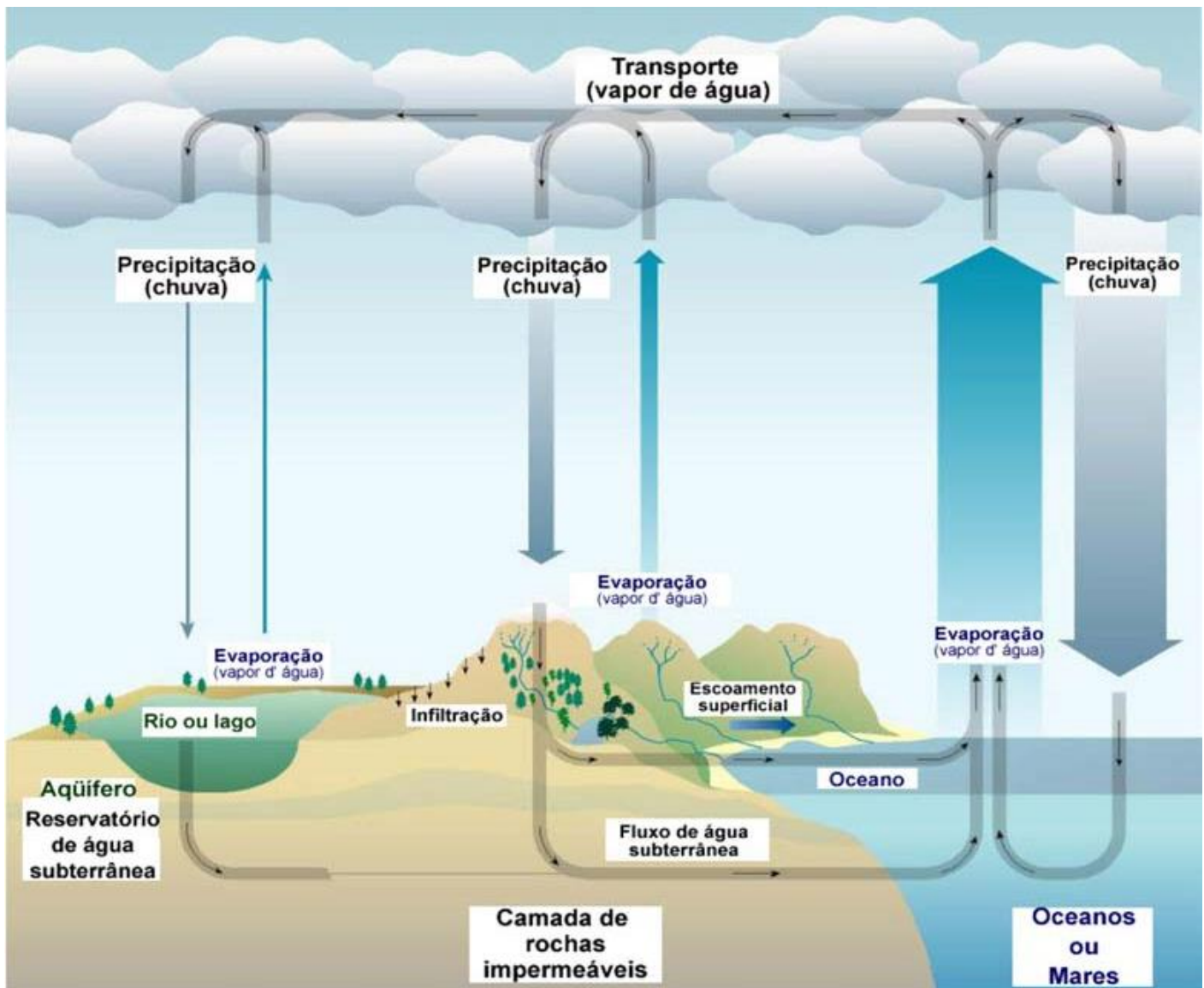


Figura 1: etapas do ciclo hidrológico (Adaptado de GAVA G. J. C., 2004)

À escala planetária, trata-se de um **ciclo fechado**, ou seja, não há perda nem ganho de água. Esse fenômeno de circulação da água ocorre numa região que começa a 5 km abaixo do solo e vai até cerca de 15 km acima dele (ou seja, na atmosfera).



Ao longo das diversas fases que a água assume, sua **qualidade vai se alterando** em função dos ambientes por onde passa, devido a fatores de influência como poluição, usos que a população faz da água, radiação, vegetais, etc. Por isso, as **ações humanas alteram o ciclo hidrológico**, tanto em termos quantitativos como

qualitativos, como, por exemplo, ao captar água subterrânea para consumo ou ao lançar efluentes contaminados no meio ambiente.



Algumas bancas misturam conteúdos diversos de outras áreas ao cobrar ciclo hidrológico. Por isso, sabia que águas de chuva são ligeiramente ácidas devido ao contato com o gás carbônico na atmosfera, produzindo o ácido carbônico. Em geral, águas ácidas não podem ser consumidas somente quando o pH se apresenta muito baixo, da ordem de 2, o que não é o caso da água de chuva.

1.2 - Etapas do ciclo hidrológico

Precisamos nos aprofundar nas etapas do ciclo hidrológico, pois as provas às vezes cobram esse conteúdo. Vamos lá.

Evaporação

É a transformação física da água do estado líquido para gasoso, sendo transferida para a atmosfera. Trata-se de um dos processos mais importantes no ciclo hidrológico, contrapondo-se à precipitação. É **medida** diretamente por meio de **evaporímetros**, que são de **2 tipos**:

- **Atmômetros**: recipiente com água conectado a uma placa porosa, de onde ocorrerá a evaporação (Figura 2A). Infelizmente, esse instrumento é pouco preciso, com suas medições diferindo muito dos resultados reais medidos em solo ou na superfície livre da água;
- **Tanques de evaporação**: tanque preenchido com água que tem sua variação de altura medida periodicamente (Figura 2B). Suas medidas são suscetíveis a influências do meio, como ventos e vegetação próxima. A quantidade de água desses tanques também é muito menor do que, por exemplo, em um rio cuja evaporação média geralmente se deseja medir.



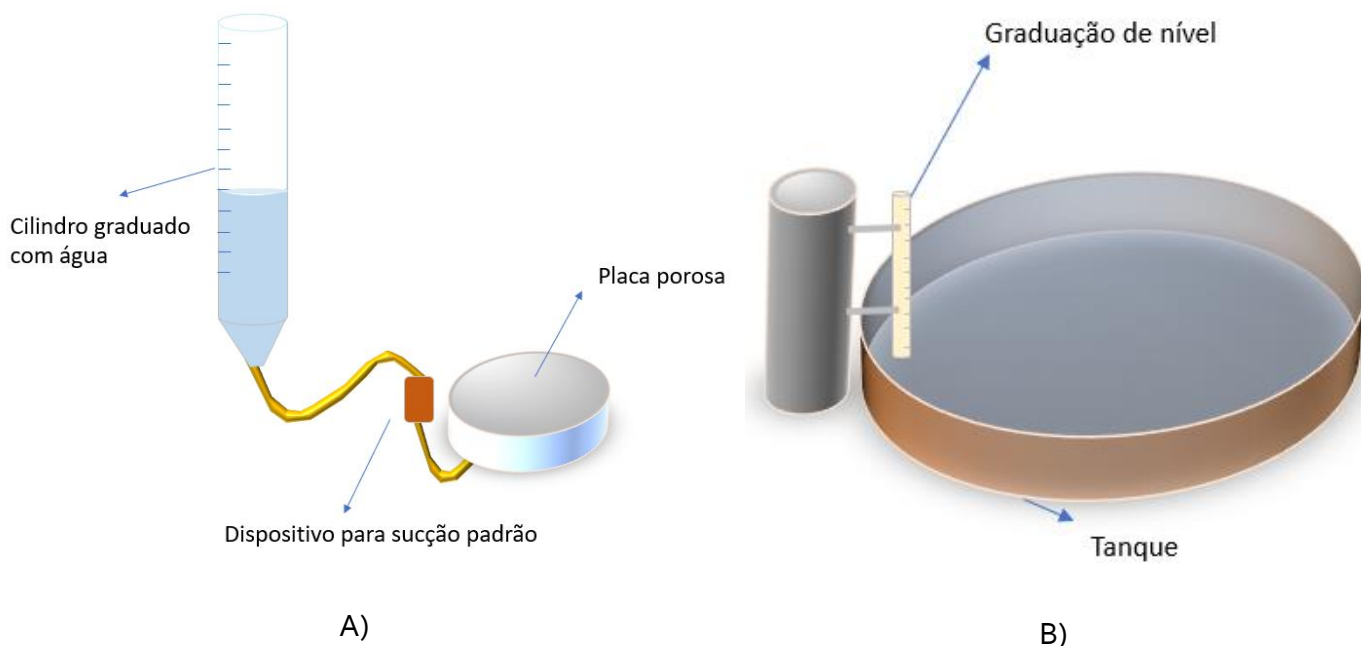


Figura 2: os 2 tipos de evaporímetro: atmômetros (A) e tanque de evaporação (B)

Outras formas de se medir a evaporação se baseiam em modelos de **equações empíricas** para algumas regiões e condições específicas, modelos de transferências de massa, de **balanços** de energia e hídrico.

A energia solar é o fator principal para causar a evaporação, sendo caracterizada por fatores como **altitude solar** (α), que é o ângulo que os raios solares fazem com a superfície horizontal de um ponto da Terra às 12 horas. Quanto maior essa altitude, bem como o **ângulo horário**, que é uma coordenada que mede a direção do sol, maior será a taxa de evaporação.

A evaporação **depende** também de outros fatores, como a **umidade** do ar, a sua circulação, ou seja, os **ventos**, **temperatura** ambiente e **tamanho da superfície livre da água** em contato com o ar. Saiba, por exemplo, que quanto maior for a quantidade de vapor no ar atmosférico, menor será a intensidade da evaporação, pois a alta concentração de umidade impede a formação de mais vapor, uma vez que as camadas já se encontram saturadas.



Algumas bancas às vezes cobram a influência da salinidade da água sobre a evaporação. Saiba que, **quanto maior a salinidade de um corpo d'água, menor será a evaporação** que ocorre no meio, pois os grãos de sais reduzem a pressão de vapor da água. É como se os sais atrapalhassem o desprendimento das moléculas de água do estado líquido, exercendo atração sobre essas moléculas, bem como atuando como obstáculo ao seu livre trânsito.

Assim como para a precipitação trabalhamos com a altura média precipitada em uma dada área, para a evaporação também utilizamos o mesmo conceito. No caso, medimos a evaporação por meio do coeficiente de evaporação, dado em altura evaporada geralmente em mm por unidade de tempo, por exemplo, em dia.



Figura 3: quanto maior a área da lâmina d'água em contato com a atmosfera, maior a evaporação



(BIO-RIO/ Pref Mangaratiba - Eng. Civil - 2016) Um reservatório possui um espelho d'água de 12 km^2 , e se situa em uma região onde o coeficiente de evaporação no mês de novembro é de $1,5 \text{ mm/dia}$. O volume total de água evaporado nesse reservatório ao longo de todo o mês civil de novembro é de:

- a) $0,36 \text{ hm}^3$
- b) $0,54 \text{ hm}^3$
- c) $0,72 \text{ hm}^3$
- d) $1,24 \text{ hm}^3$
- e) $2,48 \text{ hm}^3$

Comentários:

Perceba que a questão solicita o volume de água evaporado em hm^3 . Para mudarmos as unidades de medidas, temos que considerar a tabela padrão que as relaciona, veja:



km ²	hm ²	dam ²	m ²	dm ²	cm ²	mm ²
-----------------	-----------------	------------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Assim, se queremos passar de uma unidade para a próxima ao lado dela, ou seja, de um retângulo para o próximo ao lado dele, temos que multiplicar o valor por 100. Temos que mudar a área do reservatório de km² para hm², sendo que são retângulos um do lado do outro. Logo, basta multiplicar o valor por 100:

$$\text{Área} = 12 \cdot 100 = 1.200 \text{ hm}^2$$

Fazemos a conversão de unidades também para o coeficiente de evaporação. Agora as unidades não estão ao quadrado, mas apenas elevadas a 1. Então para passar de mm para hm são 5 retângulos que temos que mover, bastando dividir por 10⁵:

$$\text{Coeficiente de evaporação} = 1,5 \frac{\text{mm}}{\text{dia}} = 1,5 \times 10^{-5} \text{ hm/dia}$$

O volume de água evaporado é simplesmente o produto do coeficiente de evaporação pelo espelho d'água, que é a área do reservatório (1.200 hm²) pelo período analisado (30 dias):

$$\text{Volume} = 1,5 \times 10^{-5} \times 1.200 \times 30 = 0,54 \text{ hm}^3$$

Gabarito: "B".

(FGV/ALBA - Eng. Civil - 2014) A evapotranspiração é a mudança da água do seu estado líquido para o estado vapor, por ação da energia solar, que ocorre em corpos d'água, em solos saturados ou insaturados, e ainda nas folhas das plantas, pela liberação de água através das cutículas e dos estômatos.

Com relação a esse fenômeno hidrológico, analise as afirmativas a seguir.

I. A Altitude Solar (α) é o ângulo que os raios do sol fazem com uma horizontal de um ponto da superfície da terra às 12 horas. Quanto maior essa grandeza, bem como o ângulo horário, maior a evapotranspiração potencial nesse ponto da superfície da Terra.

II. Quanto maior o grau de umidade relativa do ar, maior o potencial de evaporação.

III. Quanto maior a salinidade do corpo d' água, maior a evaporação que ocorre nesse meio.

Assinale:

- a) se somente a afirmativa I estiver correta.
- b) se somente a afirmativa II estiver correta.
- c) se somente a afirmativa III estiver correta.
- d) se somente as afirmativas I e II estiverem corretas.
- e) se todas as afirmativas estiverem corretas.

Comentários:

Vamos analisar cada afirmativa:

I. A altitude solar e o ângulo horário do sol são fatores de grande influência sobre a radiação incidente em um ponto na Terra, tendo importância para a maximização do potencial de evapotranspiração. **Correto.**



II. Pelo contrário, quanto maior o grau de umidade do ar, menor o potencial de evaporação, visto que a atmosfera naquele local já estará quase saturada de umidade, havendo poucas possibilidades de evaporação. **Errado.**

III. A afirmativa está **errada**, já que, quanto maior a salinidade do corpo d'água, menor a evaporação, pois há redução na pressão de vapor da água.

Gabarito: "A".

Transpiração

Fenômeno muito estudado em agronomia, a transpiração consiste na **parte da evaporação que provocada pela ação fisiológica dos vegetais**. Depende de fatores como **umidade do solo, granulometria, idade das plantas, área das folhas, umidade do ar, temperatura**, incidência de **ventos**, etc.



Figura 4: a transpiração ocorre em maior intensidade em climas quentes, em ambientes com alta incidência de ventos e com solos porosos.

Evapotranspiração

É a **soma da água que evapora das superfícies de água livre, do solo e dos vegetais**, sendo que neste último caso ocorre tanto a evaporação da água interceptada pela vegetação como a resultado de sua transpiração. Trata-se da **principal contribuição dos seres vivos ao ciclo hidrológico** e de um fator essencial para o planejamento da **irrigação agrícola**.

Para sua medição, podemos utilizar equipamentos de **medição direta** como **lisímetros**, que são um dos melhores instrumentos de medição (Figura 5). Esses dispositivos possuem um reservatório com volume mínimo de 1m³ de solo e vegetação. São feitos vários controles de massa e volume nesse tanque.



A



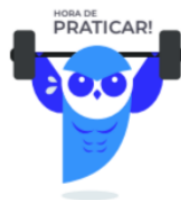
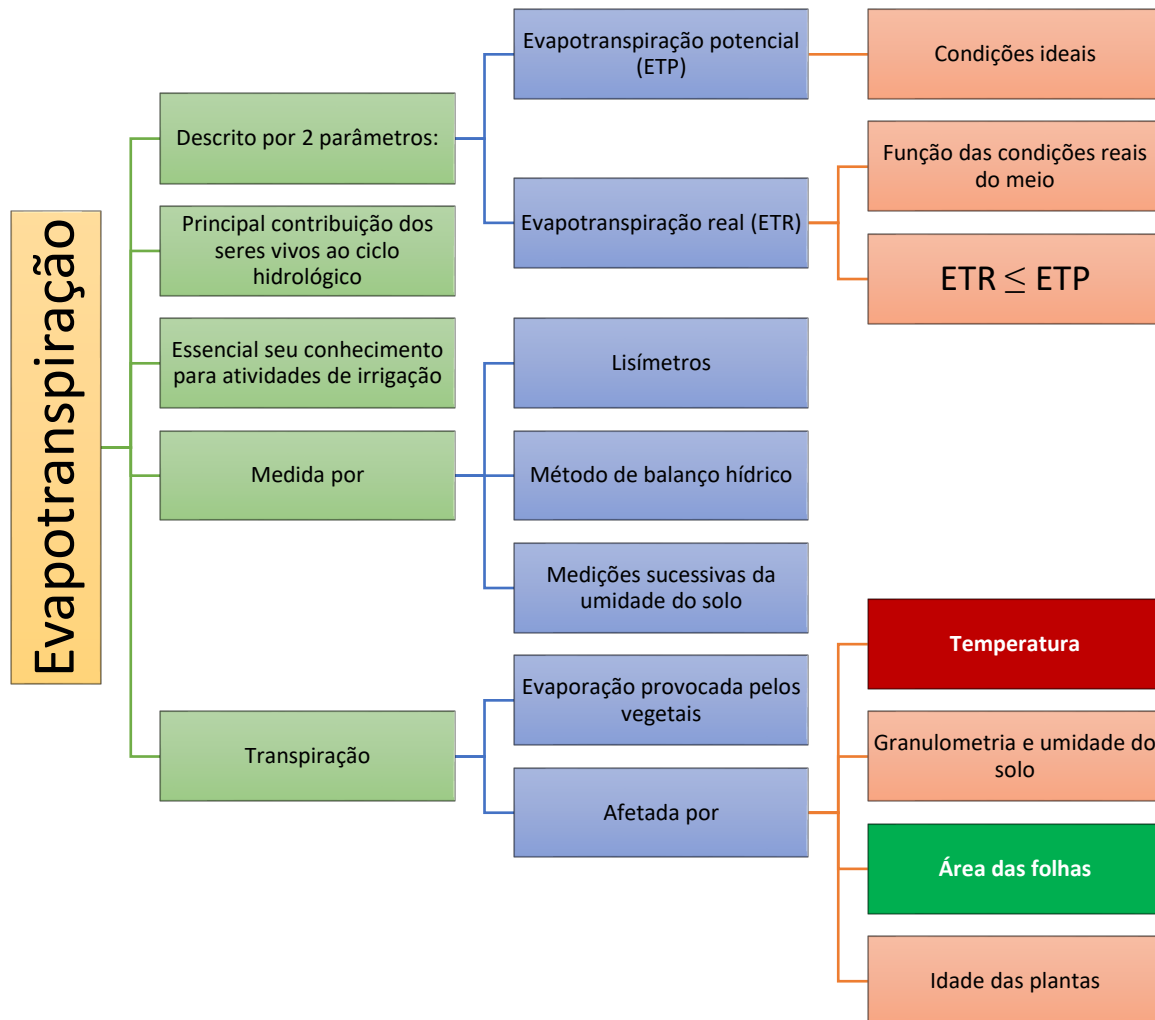
B

Figura 5: esquema básico de um lisímetro (A) e exemplo moderno de um lisímetro automático (MATER GROUP, 2017)

Outros métodos a se utilizar são equações empíricas, **métodos de balanço hídrico**, bem como **medições sucessivas da umidade do solo**. Em geral, os processos de evapotranspiração são muito complexos, demandando não somente a consideração de processos físicos de transporte de massa e energia, mas também químicos e biológicos.

Podemos descrever a evapotranspiração com base em **2 parâmetros**:

- **Evapotranspiração potencial (ETP)**: quantidade de água transferida para a atmosfera por unidade de tempo através de uma superfície extensa coberta por uma vegetação de baixo porte e **bem alimentada com água**.
 - ✓ Assim como para a evaporação, quanto maior a altitude solar em um ponto na Terra, bem como o ângulo horário do sol, maior será a evapotranspiração potencial naquele local.
- **Evapotranspiração real (ETR)**: quantidade de água transferida para a atmosfera por unidade de tempo nas **condições reais do meio**.
 - ✓ A evapotranspiração real é sempre menor ou igual à potencial, ou seja: **$ETR \leq ETP$**



(NC-UFPR/ITAIPU - Eng. Civil - 2015) A evapotranspiração é um dos componentes do ciclo hidrológico. Sobre esse componente, é correto afirmar:



- a) Na prática, a evapotranspiração real é maior que a evapotranspiração potencial.
- b) Tanque de evaporação é um tipo de evaporímetro que mede a evaporação da superfície da água.
- c) Quanto maior for a quantidade de vapor no ar atmosférico, tanto maior o grau de umidade e maior a intensidade da evaporação.
- d) Na prática, a evaporação tem pouca influência no balanço hídrico.
- e) Os métodos probabilísticos de estimativas da evapotranspiração baseiam-se nos processos físicos de transporte de massa e energia, ligados por meio de modelos de interação solo-planta-atmosfera.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois a evapotranspiração real pode ser, no máximo, igual à evapotranspiração potencial.

A **alternativa B** está correta, já que um dos instrumentos de medição da evaporação é justamente o tanque de evaporação, por meio do controle da lâmina d'água do tanque.

A **alternativa C** está errada, visto que a evaporação ocorre em maior intensidade em ambientes com pouco vapor atmosférico, justamente para equilibrar as concentrações de água nos 2 estados, líquido e gasoso.

A **alternativa D** está errada, tendo a evaporação praticamente a mesma importância no ciclo hidrológico da precipitação, sendo simplificada um processo inverso, ou seja, a evaporação é a passagem da água do estado líquido para gasoso na atmosfera.

A **alternativa E** está errada, já que a evapotranspiração é um processo complexo, não sendo apenas físico, mas também químico e sobretudo biológico. É essencial o conhecimento sobre a idade e porte das plantas, não bastando conhecimento apenas sobre a interação solo-planta-atmosfera.

Interceptação

É a retenção da água de chuva antes de atingir o solo, podendo ser de **2 tipos**:

- **Interceptação vegetal**: a vegetação amortecida a queda da água, principalmente quando possui significativa área frondosa e apresenta-se em alta concentração. O amortecimento das quedas reduz significativamente os efeitos da erosão pela precipitação. A água interceptada geralmente é perdida para a atmosfera por evaporação.
- **Retenção em depressões**: zonas de acúmulo de água devido a eventuais camadas pouco permeáveis como as argilosas ou mesmo impermeáveis, como rochas, ou em zonas com baixa capacidade de drenagem. A água retida na superfície geralmente tem uma parte significativa que se infiltra no solo. Por causa disso, alguns autores não consideram essa retenção em depressões, por conceituarem a interceptação como a retenção de água acima do solo que não adentra nele.



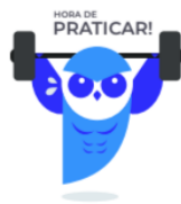
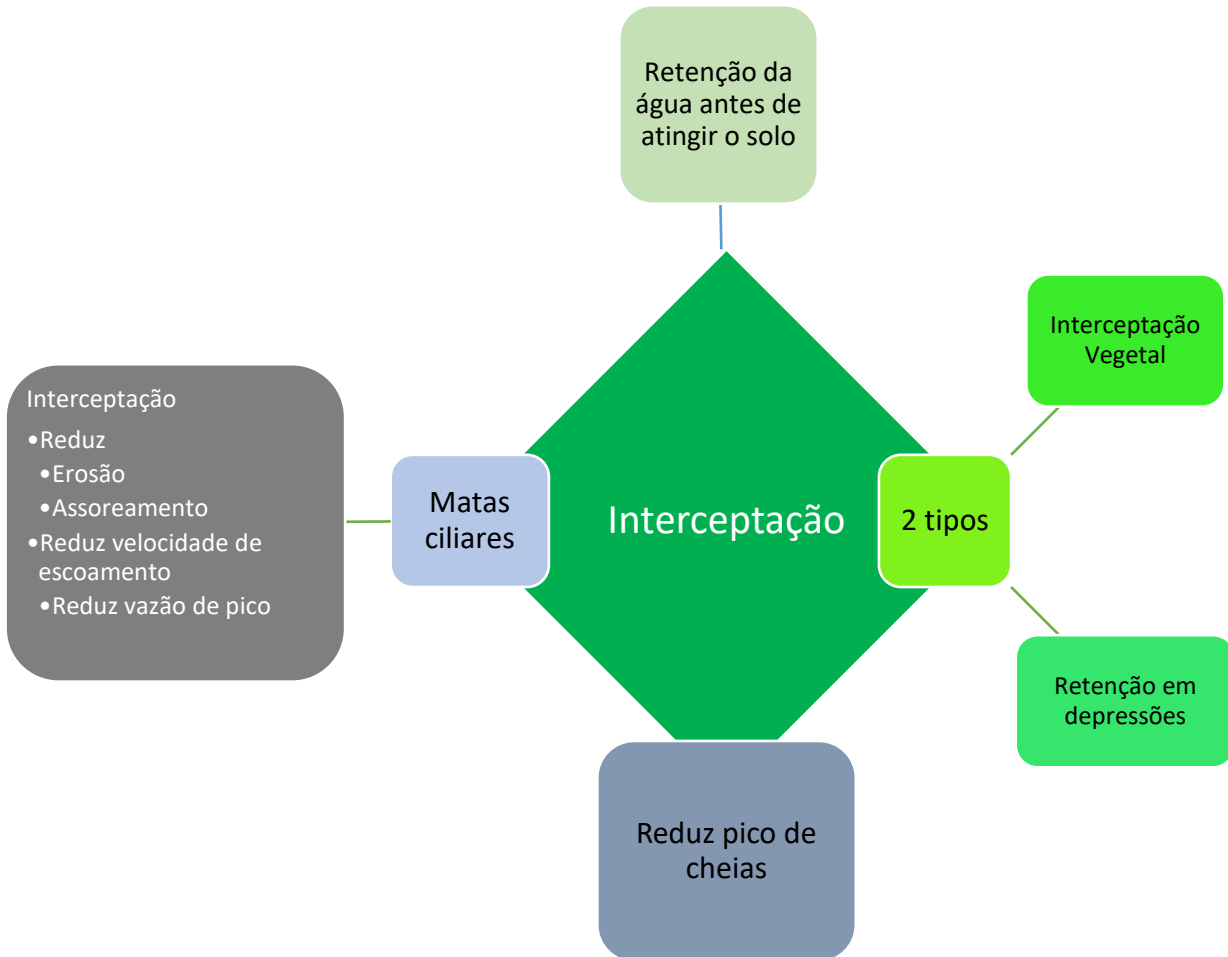


Figura 6: a interceptação atua no ciclo hidrológico reduzindo a água que infiltra no solo ou escoar pela bacia

A interceptação tem grande importância na redução de inundações, pois a água retida tende a evaporar, evitando que ela atinja o solo e escoe até o exutório, um dos locais críticos para a ocorrência de cheias. Por isso, dizemos que **interceptações** tendem a **reduzir o pico de cheias**, sendo que a palavra pico refere-se ao valor mais alto que se vê de vazão de água sendo escoada no local de uma inundação.



As **matas ciliares** têm grande relação com o processo de interceptação, pois essas matas evitam a queda direta das gotas de água no solo, o que geraria **erosão** das margens e **assoreamento** mais abaixo no curso d'água (dizemos mais à jusante). As matas ciliares atuam no mesmo sentido filtrando partículas sólidas carregadas pela água, evitando o assoreamento dos rios. Por serem obstáculos ao livre fluxo de água, essas matas **reduzem a velocidade de escoamento superficial, diminuindo as vazões de pico** que escoam nos cursos d'água, uma vez que menores velocidades de escoamento representam maior infiltração da água no solo.



(FGV/ Paulínia - Engenheiro Civil - 2016) No ciclo hidrológico, a parcela de água que fica retida nas folhas e troncos da vegetação é conhecida por água:

- a) evapotranspirada.
- b) precipitada.
- c) infiltrada.



- d) escoada.
- e) interceptada.

Comentários:

O processo de retenção de água antes de atingir o solo é conhecido como interceptação, que pode se dar na vegetação ou em depressões do terreno. A água retida por qualquer um desses meios é chamada de água interceptada.

Gabarito: "E".

(CESPE/SLU DF - Ana. de Gestão de Resíduos Sólidos - Engenharia Civil - 2019) Julgue o item, acerca de aspectos relacionados aos componentes do ciclo hidrológico.

A interceptação vegetal de parte da precipitação tende a reduzir a vazão ao longo do ano e a retardar e reduzir o pico de cheias.

Comentários:

A interceptação vegetal retém água principalmente nas folhas, favorecendo a evaporação. Com isso, essa parcela de água não atinge o solo, evitando a geração de grandes vazões de escoamento que podem atingir o exutório de uma bacia.

Portanto, a assertiva está **correta**.

(CESPE - Perito Criminal Federal - 2018) Com relação a aspectos diversos pertinentes a sistemas de abastecimento de água, saneamento e drenagem de água pluvial, julgue o item subsequente.

Em um curso d'água, as matas ciliares diminuem a velocidade do escoamento superficial, e a sua extinção acarreta o aumento das vazões de pico.

Comentários:

As matas ciliares têm grande importância na redução da água que escoam em rios, pois não somente atuam interceptando a água precipitada, como também reduzem a velocidade de escoamento, favorecendo a infiltração da água.

Portanto, a assertiva está **correta**.

Infiltração

Chamamos de infiltração a **passagem da água da superfície para o solo**. Trata-se de um processo que depende de vários parâmetros, como o **tipo de solo**, seu teor de **umidade** e **teor de ar**. Quando um solo se satura com água de infiltração, ocorre a lenta migração da água do interior do solo para suas partes mais profundas, bem como a evaporação direta e transpiração da água infiltrada pelos vegetais.

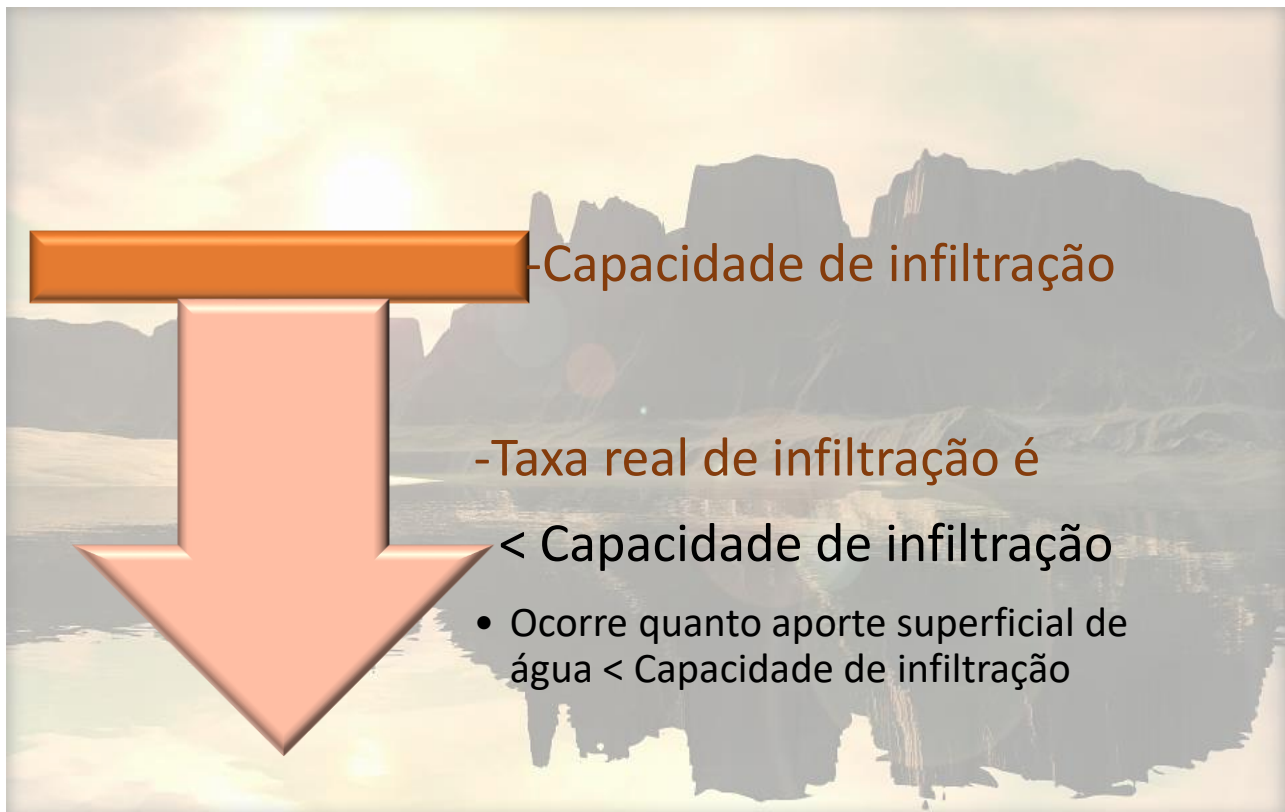
A presença de plantas na superfície do solo reduz a velocidade de escoamento da água superficial, favorecendo sua infiltração. Em contraponto, a ausência de vegetação incrementa a perda de água que estava retida no solo por evaporação.



Como a possibilidade de infiltração de água no solo é limitada, há um **valor máximo** que o **terreno** consegue **absorver** em termos de **lâmina d'água por unidade de tempo**. Assim, trabalha-se com o conceito de **capacidade de infiltração**.

Em contraponto, temos a **taxa real de infiltração** no solo (também chamada "taxa de infiltração"), que será menor do que a capacidade de infiltração, caso o **aporte superficial de água** no terreno seja menor do que o necessário para se atingir a sua capacidade de infiltração.

Ao ocorrer uma chuva, a água vai se infiltrando no solo, enquanto este vai se saturando e **reduzindo sua capacidade de infiltração**. Caso a precipitação continue, tem-se a saturação do terreno com a formação de linhas de escoamento superficial para regiões mais baixas.



A forma mais utilizada para se encontrar a taxa infiltração real no solo é por meio do **Método de Horton**, que a calcula a partir da **capacidade ou taxa de infiltração** de um solo **inicial** (f_i) e **final** (f_b). Esse modelo utiliza uma **equação que considera** uma **constante experimental** (k) e o **tempo** (t) decorrido **desde a saturação superficial do solo**:

$$f_t = f_b + (f_i - f_b)e^{-kt}$$

Em que:

f_t : taxa de infiltração no tempo t ;

Ao empregar o método de Horton, é comum adotar como intervalo de tempo t a duração da precipitação, uma vez que se subentende que, com essa duração, ocorrerá a saturação superficial do solo. Perceba desta equação que o método de Horton não trabalha com conceitos de carga hidráulica, viscosidade da água e mesmo fatores de massa (gravitacionais).

Há ainda outros métodos de obtenção da taxa de infiltração f , como por exemplo, **a equação de Phillip**, que não estudaremos em detalhes por não ser cobrada em provas.



Observamos diferentes equações para descrever um mesmo fenômeno como a infiltração, visto que a **infiltração em cada região depende** muito de **aspectos físicos** daquele local. Essa complexidade espacial justifica essas várias abordagens para se entender esse processo, sejam elas por **métodos empíricos**, **semiempíricos** ou **físicos**.



Muitas vezes, no lugar de se dizer que a água infiltrou no solo, dizemos que ela percolou no solo, o que é praticamente mesma coisa, pois **percolação** refere-se à **passagem da água por um meio sob ação da gravidade**, podendo transportar substâncias desse meio.



(FGV/ MPE BA - Ana. Técnico - Engenharia Sanitária - 2017) A infiltração de água no solo é uma informação importante para o planejamento de bacias hidrográficas, já que indica também a quantidade de escoamento superficial.

Na equação de Horton, a taxa real de infiltração é calculada a partir:

- a) do potencial osmótico da água, da porosidade e estrutura do solo e da duração média de chuvas;
- b) da capacidade final e inicial de infiltração, de uma constante para cada solo e do tempo de duração da chuva;
- c) da carga hidráulica final e inicial, de uma constante de compactação para cada solo e da intensidade média anual de chuvas;
- d) da viscosidade da água, da constante textural do solo e da chuva de maior duração média;
- e) da relação gravitacional final e inicial, da constante de pressão do solo e do tempo de duração da chuva.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois o método de Horton não considera potencial osmótico da água no cálculo da taxa de infiltração.

A **alternativa B** está correta, visto que o cálculo da taxa real de infiltração é feito considerando-se a capacidade inicial e final, bem como a constante k experimental de cada solo e a duração t da chuva.

As **alternativas C, D e E** estão erradas, já que o método de Horton não trabalha, respectivamente, com de carga hidráulica, viscosidade da água e fatores de massa (gravitacionais).

Você ainda não estudou o que é deflúvio direto, alternativa C da próxima questão. Contudo, esse desconhecimento não afeta a resolução da questão. Vamos lá!

(FGV/ALERJ - Eng. Civil - 2017) O ciclo da água ou ciclo hidrológico mostra a troca contínua de água na hidrosfera, entre a atmosfera, o solo, a superfície, e as plantas e seres vivos. Esse movimento apresenta alguns processos principais de transferência.

O processo de retenção de água antes que esta atinja o solo, que ocorre nas folhas da cobertura vegetal, em caules e ramos, no material vegetal em decomposição sobre o solo (serrapilheira), e em depressões impermeáveis, é conhecido como:

- a) evapotranspiração;
- b) infiltração;
- c) deflúvio direto;
- d) interceptação;
- e) condensação.

Comentários:

A evapotranspiração (**letra A**) é a soma da água que evapora das superfícies de água livre, do solo e dos vegetais, sendo que neste último caso ocorre tanto a evaporação da água interceptada pela vegetação como a resultado de sua transpiração.

A **alternativa B** está errada, visto que a infiltração é a passagem da água da superfície para o solo, e não a retenção da água antes de atingir o solo.

A **alternativa C** está errada, pois a expressão deflúvio direto é uma referência à água que escoou devido a uma precipitação.



A retenção da água de chuva antes de atingir o solo, ocorrendo tanto na vegetação quanto em depressões impermeáveis é a interceptação, **alternativa D**.

A **alternativa E** está errada, já que a condensação é a passagem da água do estado gasoso para o estado líquido, não havendo relação com o processo de retenção de água solicitado na questão.

2 - ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO

O movimento da água no subsolo ocorre por meio de vazios interconectados do solo ou das fraturas das rochas. A água fica armazenada **no subsolo** formando **reservatórios** denominados **aquíferos**, no caso das rochas e solo que o formam serem permeáveis suficientes para **permitir o movimento da água** em **condições naturais** e em **quantidades significativas** para sua exploração. Já, quando as rochas não permitem a obtenção de volumes significativos de água, embora armazenem grandes quantidades, trata-se de um aquíclode.

Perceba que, para se ter um aquífero, é necessário que seja possível a passagem de água pelo solo ou rocha que forma esse aquífero, possibilitando a sua exploração. Para termos o fluxo de água em um aquífero, necessitamos de uma área onde a água possua maior energia, ou seja, uma região com maior potencial hidráulico, que é geralmente a zona de recarga do aquífero, e uma área com menor energia, ou seja, com menor potencial hidráulico, que é a área de descarga do aquífero. A **zona de recarga** é onde ocorre o **abastecimento de água do aquífero**, enquanto a **zona de descarga** é onde as águas emergem, saindo do aquífero, seja formando rios ou jorrando em poços artesianos.

O **fluxo de água se dará** naturalmente **da área de maior potencial para a de menor**. Podemos ainda criar áreas de baixo potencial hidráulico artificialmente, por exemplo, por meio da instalação de drenos, induzindo o fluxo de água para uma região preferencial.

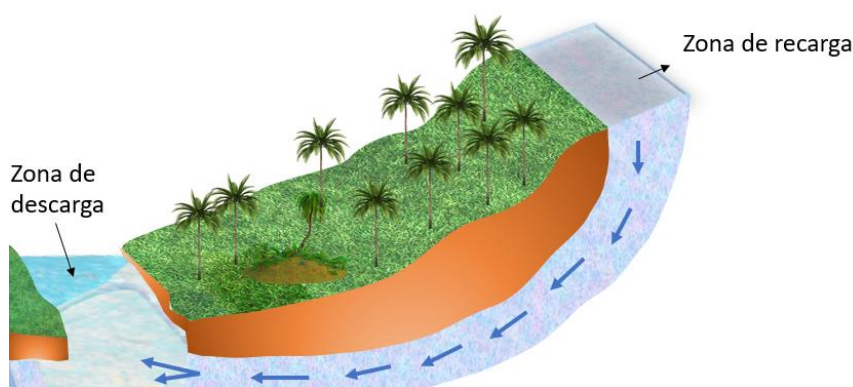


Figura 7: zona de recarga e descarga de um aquífero, com o sentido do fluxo subterrâneo

Para se poder explorar as águas de um aquífero, em geral a **soma das extrações** e das **descargas naturais** do aquífero **não pode ser superior** à sua **recarga natural**.

$$\text{Extrações} + \text{Descargas naturais} < \text{Recarga natural}$$

Quando estudamos o fluxo subterrâneo da água, trabalhamos com 2 parâmetros físicos importantes:

- **Porosidade volumétrica** ou **total**: **divisão do volume de vazios** (V_v) **pelo volume total** (V_t) de solo ou rocha:

$$S = \frac{V_v}{V_t}$$

Em que S é a porosidade.

- ✓ A porosidade indica a capacidade de um aquífero reter água, pois a capacidade de retenção de água está nos poros da rocha ou solo que se saturam com água.
- **Porosidade efetiva**: é a razão entre o **volume de água liberado pelos vazios do solo ou rocha pela ação de forças gravitacionais** ($V_{ág. livre}$) e o volume total do solo ou rocha:

$$S_{ef} = \frac{V_{ág. livre}}{V_t}$$

- ✓ A porosidade efetiva é o parâmetro de maior interesse em aquíferos, pois nos fornece a sua capacidade real de fornecimento de água, não apenas de retenção, mas também de transmissão de água.

Em geral, a recarga de aquíferos ocorre por infiltração de água dos rios e da chuva e por abastecimento artesiano, enquanto a descarga se dá por perfuração de poços, evaporação e alimentação de nascentes. Podemos dividir os aquíferos em 2 tipos:

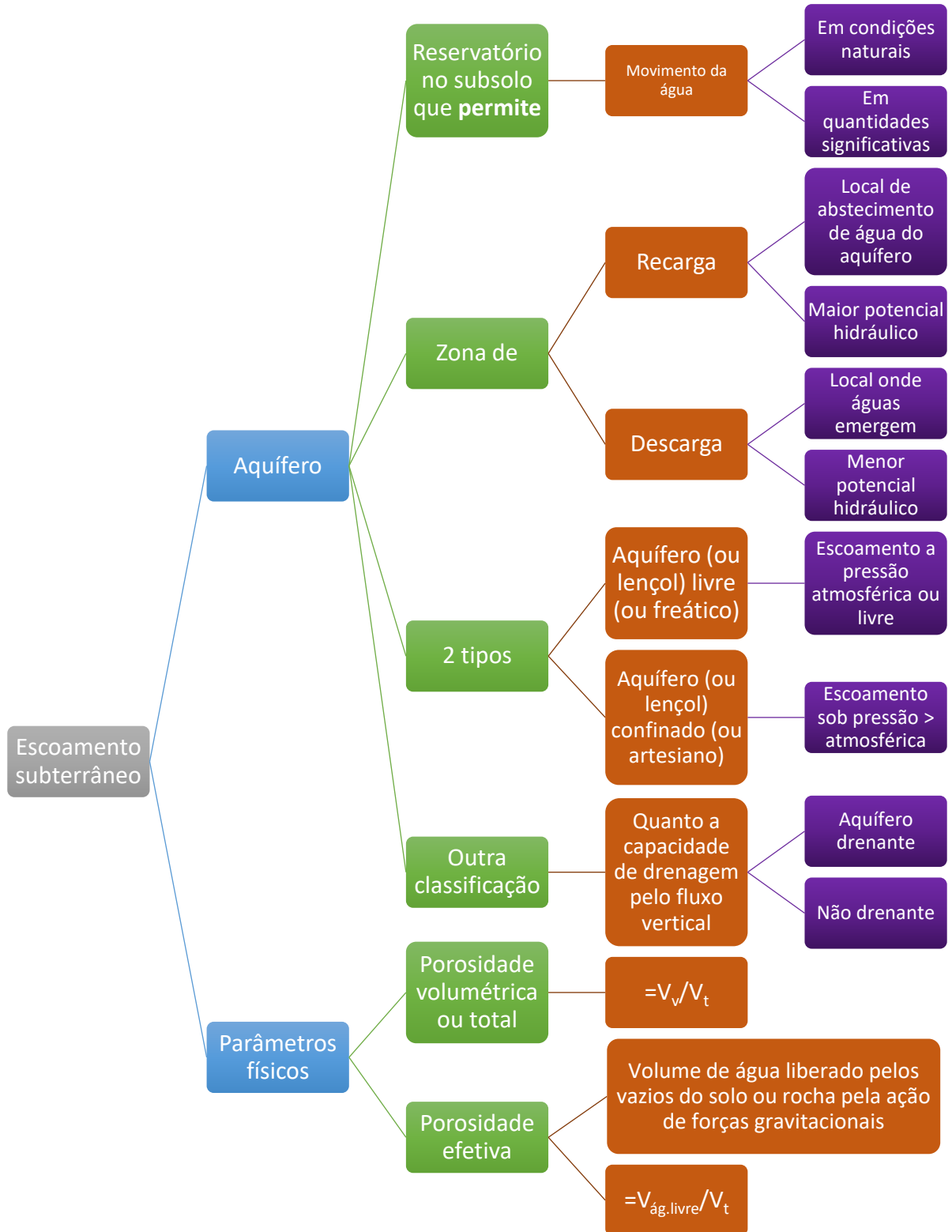
- **Aquífero** (ou **Lençol**) **livre** (ou **freático**): escoamento d'água a **pressão atmosférica**, também chamado **escoamento livre**. Os fluxos ocorrem principalmente pela força gravitacional. A água desses lençóis é proveniente da água que se infiltra e se movimenta no interior da crosta terrestre. É o tipo de aquífero mais comum e mais explorado.
- **Aquífero** (ou **Lençol**) **confinado** (ou **artesianos**): a água escoar sob **pressão maior que a atmosférica**, podendo inclusive em algumas situações jorrar do solo em alguns pontos.



Embora para se configurar um aquífero, necessita-se que a reserva subterrânea permita o escoamento de água em quantidades significativas, a doutrina também **classifica** um **aquífero** em **drenantes** e **não drenantes**, de acordo com a sua permeabilidade ao fluxo vertical. A água que não é possível de ser drenada por gravidade em um aquífero é chamada de **água de retenção** ou **água capilar**, que fica **retida nas rochas ou solo**.



ESQUEMATIZANDO





Na prática, o lençol livre ou freático ocorre quando há uma região do solo saturada com água sobre uma camada impermeável, sendo que a superfície dessa região com água está livre de pressão, a não ser a atmosférica. Já quando a zona saturada com água está entre 2 camadas impermeáveis, havendo condições especiais que façam a água movimentar-se sob pressão, temos o lençol artesiano ou confinado.

Esses lençóis, independentes de serem confinados ou não, podem inclusive alimentar cursos d'água superficiais. Na verdade, a maioria dos rios existentes são resultado do afloramento de nível d'água subterrâneo.

À medida que a água se infiltra no solo, ela atinge profundidades maiores, enchendo o subsolo de cima para baixo. Porém, com o tempo, o aporte da água de infiltração cessa, porque, por exemplo, parou de chover. Assim, o perfil de umidade do terreno se inverte devido à ação da gravidade que atrai a água para as camadas mais inferiores do solo. Logo, formam-se zonas de saturação de água nas camadas mais profundas, resultando em menor umidade nas camadas mais altas, ou seja, na superfície do terreno. Assim, distinguimos 3 zonas de infiltração em um solo:

- **Zona saturada** ou **freática**: local em que todos os poros do solo estão completamente preenchidos com água, sendo limitada inferiormente por uma barreira impermeável.
 - ✓ A água infiltrada chega a esta zona por ação da **gravidade**, correspondendo ao excedente da água da zona não saturada, que se move a **velocidades muito lentas**;
- **Zona não saturada** ou **zona vadosa** ou **zona de aeração**: acima da zona saturada, é a região em que os poros do solo estão parcialmente preenchidos com água, sendo o restante preenchido com ar.
 - ✓ Atua na **retenção de substâncias dissolvidas** na água que atingem a superfície terrestre por precipitação, removendo **contaminantes**;
 - ✓ Está localizada entre a superfície do terreno e o lençol freático, sendo a pressão da água nos poros igual à **pressão atmosférica**.
 - ✓ Esta zona se divide em 3 partes:
 - Zona de evapotranspiração: localiza-se entre a superfície do terreno e os extremos das raízes das plantas. Trata-se da zona em que ocorre evapotranspiração da água infiltrada, sendo o local onde as plantas se desenvolvem.
 - Zona intermediária: situa-se entre o limite de ascensão capilar da água e o limite de alcance das raízes das plantas;
 - Zona capilar: vai do nível freático (NA) até a altura de ascensão capilar da água que provém da zona saturada;
- **Superfície freática** ou **nível freático** ou **nível d'água (NA)**: é a linha ou superfície limite que **separa as 2 zonas** anteriores.
 - ✓ Em geral, a profundidade do nível freático acompanha o relevo, Em regiões úmidas, com alta pluviosidade, o NA se apresenta mais raso (próximo à superfície), enquanto em ambientes áridos se apresenta mais profundo.



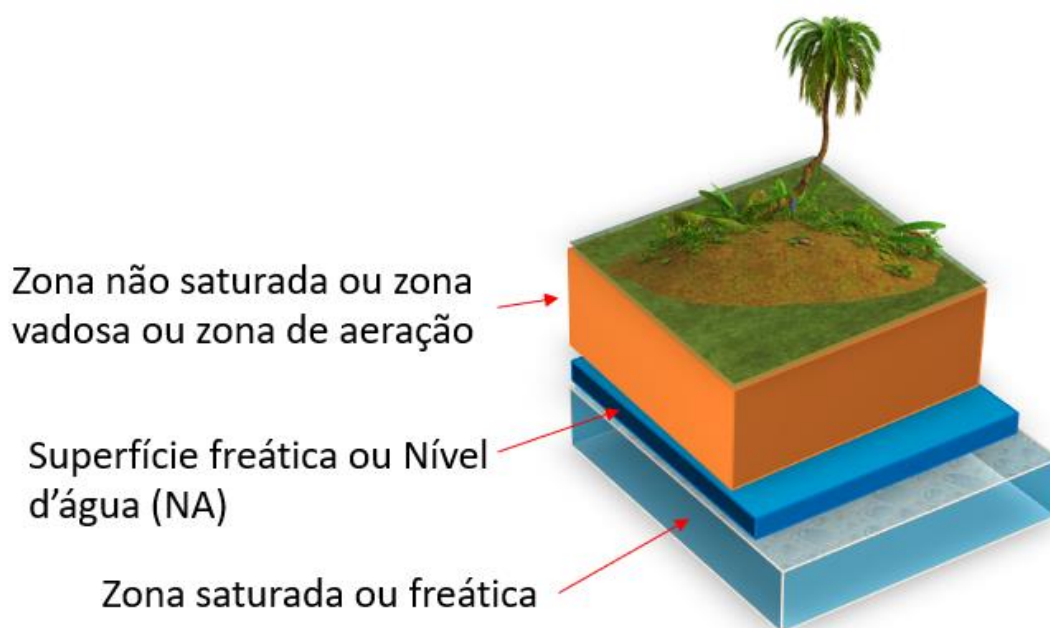
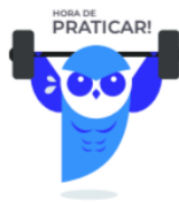
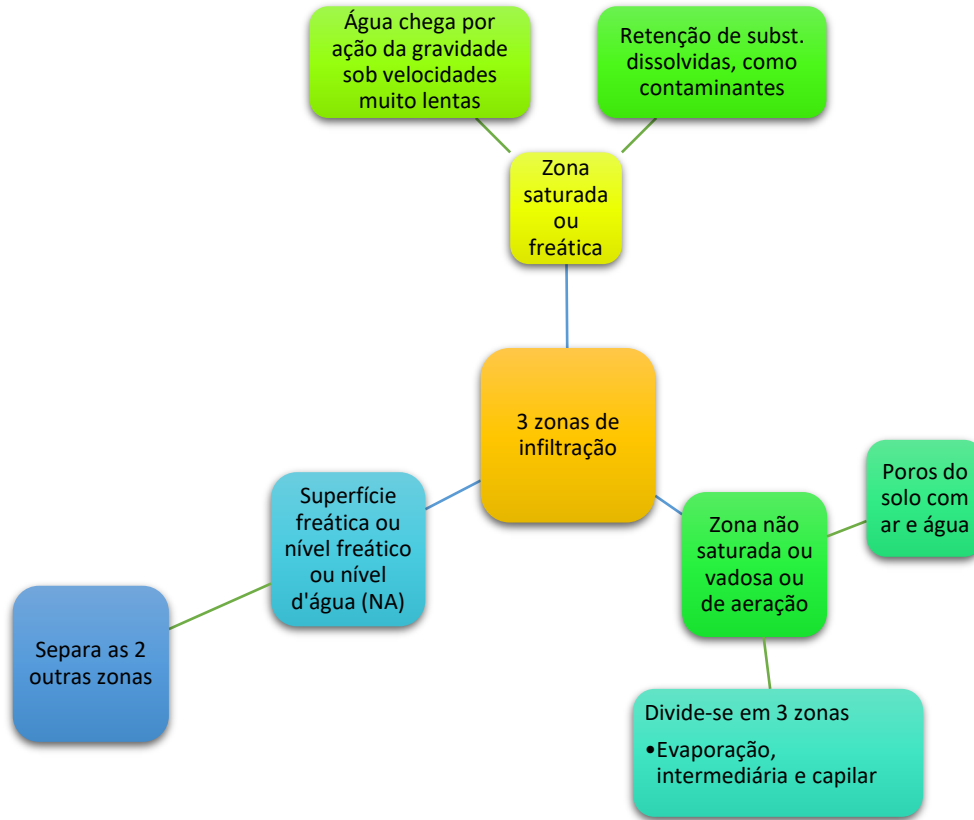


Figura 8: zonas de infiltração em um solo

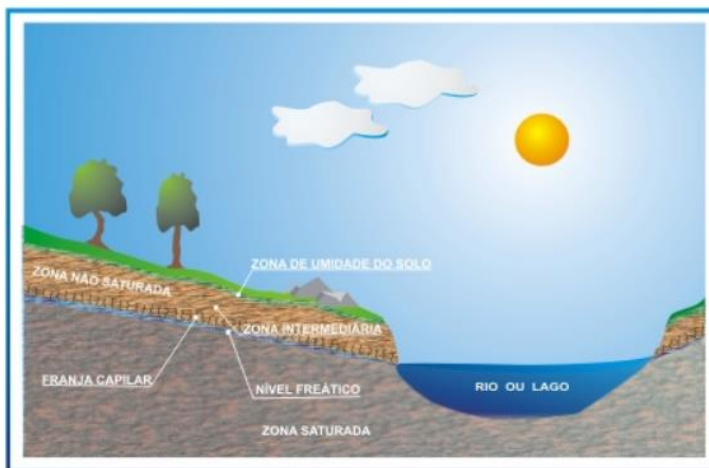


Você não precisa ficar decorando todas essas zonas de infiltração, apenas entenda o conceito geral das 3 principais, que são a zona não saturada, a zona saturada e a superfície que separa as duas, que é a superfície freática (NA).



(INSTITUTO AOCP/ PC-ES - Perito Oficial Criminal - 2019) Na seguinte figura, tem-se uma representação esquemática das zonas não saturadas e saturadas no subsolo. Sobre a zona saturada, é correto afirmar que





- a) é a região abaixo da zona não saturada onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água.
- b) as águas não atingem essa zona por gravidade, mas sim através dos poros ou fraturas.
- c) a água presente nessa zona é corresponde ao excedente de água da zona não saturada que se move em velocidades muito altas.
- d) a superfície que separa a zona saturada da zona de aeração é denominada rio subterrâneo.
- e) o nível freático se situa na base da zona saturada.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois a zona saturada se localiza abaixo da não saturada, tendo, como o próprio nome indica, os poros preenchidos somente com água.

A **alternativa B** está errada, já que as águas atingem essa zona principalmente por ação da gravidade.

A **alternativa C** está errada, visto que as águas que provêm da zona não saturada atingem a zona saturada sob velocidades muito lentas, e não muito altas.

A **alternativa D** está errada, pois a superfície delimitadora das 2 zonas é chamada de superfície freática ou nível d'água (NA).

A **alternativa E** está incorreta, já que o nível freático se situa abaixo (ou seja, na base) da zona insaturada e acima da saturada.

(CEBRASPE/TCE-TO - Analista de Controle Externo - Questão de fixação) A água subterrânea é a parcela da água que pode estar armazenada tanto em lençóis freáticos como em aquíferos artesianos. Em determinadas áreas, como regiões áridas e certas ilhas, pode ser o único recurso hídrico disponível para o consumo humano. Mais da metade da população do mundo depende da água subterrânea para suprimento de suas necessidades de água potável. Acerca de água subterrânea, assinale a opção incorreta.

- a) A zona não-saturada tem papel importante na retenção de substâncias dissolvidas na água que atingem a superfície terrestre por precipitação.
- b) A zona não-saturada está localizada entre a superfície do terreno e o lençol freático; nela, a pressão da água nos poros é igual à pressão atmosférica.

- c) A recarga de aquíferos ocorre por infiltração de água dos rios e da chuva e por abastecimento artesiano, e a descarga, pela perfuração de poços, evaporação e nascentes.
- d) Tanto os lençóis freáticos como os confinados podem alimentar cursos d'água superficiais.
- e) Poluentes lixiviados de aterros sanitários podem atingir os lençóis freáticos, mas não atingem as águas subterrâneas confinadas em aquíferos artesianos.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois a zona insaturada atua como um filtro, retendo substâncias que possam vir a contaminar a água da zona saturada. Esse é inclusive um dos motivos para a maior pureza da água subterrânea localizada em aquíferos.

A **alternativa B** está correta, já que a zona não saturada fica acima da saturada, estando geralmente sob pressão atmosférica, uma vez que se inicia na superfície do terreno.

A **alternativa C** está correta, pois os aquíferos são alimentados por aportes superficiais nas zonas de recarga, bem como pela água que escoar por gravidade de aquíferos artesianos. Por outro lado, a descarga dos aquíferos se dá por evaporação, consumo de água em poços e alimentação de nascentes.

A **alternativa D** está certa, visto que não há impeditivo ao afloramento de um lençol, seja ele freático ou artesiano. Basta que haja carga hidráulica suficiente para que o fluxo de água atinja a superfície.

A **alternativa E** está errada, pois não se pode afirmar que os poluentes carregados pela água que infiltra no solo não serão transportados até os aquíferos confinados ou artesianos, uma vez que os aquíferos possuem área de recarga.

(FEPESE/ CELESC - Eng. - 2018) A zona que fica situada abaixo da superfície freática na qual todos os vazios existentes no terreno estão preenchidos com água e que a superfície freática é definida como o lugar geométrico dos pontos em que a água se encontra submetida à pressão atmosférica é chamada de:

- a) Zona capilar.
- b) Zona de aeração.
- c) Zona de saturação.
- d) Zona intermediária.
- e) Zona de evapotranspiração.

Comentários:

A zona em que a água preenche todos os vazios do solo e que fica abaixo da superfície freática é conhecida como zona de saturação.

Gabarito: "C".

(IADES/ ALEGO - Ana. Legislativo - Engenheiro Civil - 2019) No fluxo subterrâneo, as áreas de máximo potencial hidráulico relacionam-se aos (às)

- a) elementos de drenagem artificial, tais como drenos em obras civis.
- b) áreas associadas aos elementos de drenagem superficial.
- c) áreas em que convergem as linhas de fluxo.



d) áreas de descarga.

e) áreas de recarga.

Comentários:

As **alternativas A, B, C e D** estão erradas, pois referem-se a zonas de baixo potencial, para onde convergem as linhas de fluxo de água, seja uma zona de descarga natural, seja uma zona criada por meio da instalação de drenos.

A **alternativa E** está correta, já que a zona de recarga do aquífero é geralmente aquela zona onde ocorre a alimentação de água do aquífero, de onde a água migrará posteriormente para locais de menor potencial.

(FUNDEP/ UFVJM - Hidrologia - 2017) - Em relação às águas subterrâneas, assinale a alternativa INCORRETA.

a) Define-se como água subterrânea aquela que ocorre abaixo do nível de saturação ou freático, presente nas formações geológicas aflorantes e parcialmente saturadas e nas formações geológicas profundas totalmente saturadas.

b) Denomina-se aquífero a uma formação geológica que contém água e que permite que quantidades significativas dessa água se movimentem em seu interior em condições naturais.

c) Quando analisados de acordo com a pressão das águas nas suas superfícies superiores, os aquíferos são classificados em confinados, cujo limite superior é a superfície de saturação na qual todos os pontos encontram pressão atmosférica e estão livres, onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica.

d) Ao se analisar os aquíferos em função da capacidade deles em transmitir água em suas camadas limitrofes, esses aquíferos são classificados em drenantes e não drenantes.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois a água subterrânea é aquela presente abaixo do solo nas formações geológicas parcialmente e completamente saturadas.

A **alternativa B** está correta, pois um aquífero é uma reserva subterrânea de água que permita a movimentação de quantidades significativas em seu interior.

A **alternativa C** está errada, visto os aquíferos confinados se encontram sob pressão superior à atmosférica, não estando, pois, livres. São os aquíferos livres ou freáticos que estão à pressão atmosférica.

A **alternativa D** está correta, pois uma classificação possível para aquíferos é quanto à sua capacidade de drenagem.

(FUNDEP/ UFVJM - Hidrologia - 2017 - Adaptado) - Em relação às águas subterrâneas, assinale a alternativa INCORRETA.

Analise as afirmativas a seguir e assinale com V as verdadeiras e com F as falsas.

() A porosidade, também chamada de porosidade volumétrica ou total, é calculada pela razão entre o volume de vazios e o volume total de um solo ou rocha.

() A água de retenção, também denominada de retenção específica, representa parte da água que escoo naturalmente por meio do solo devido à força gravitacional.



() De maior interesse para o estudo das águas subterrâneas, a porosidade efetiva, ou produção específica de uma rocha, é definida pela razão entre o volume de água liberado dos seus vazios pelas forças gravitacionais e o seu volume total.

Assinale a sequência CORRETA.

A) VFV

B) FVF

C) VFF

D) FVV

Comentários:

A **1ª afirmativa** está correta, pois a porosidade é a razão entre o volume de vazios e o volume total do solo ou rocha.

A **2ª afirmativa** está errada, já que a água de retenção, como o próprio nome indica, não possui livre movimentação no solo sob ação da gravidade, estando retida por capilaridade nos grãos de solo e rocha.

A **3ª afirmativa** está correta, uma vez que a porosidade efetiva é aquela de maior importância em um aquífero, permitindo a caracterização de sua capacidade de fornecimento de água para exploração. A porosidade efetiva é definida como a divisão do volume de água liberado naturalmente (pela força gravitacional) e o volume total.

Gabarito: "A".

2.1 - Lei de Darcy

O fluxo subterrâneo da água é muito complexo, dependendo de muitas variáveis. Contornamos essa complexidade adotando valores médios para os parâmetros hidráulicos do fluxo subterrâneo e para a porosidade do solo. Com essas simplificações, obtemos a equação da chamada Lei de Darcy, que considera que o fluxo de água em um meio poroso representado pela vazão (Q) é proporcional à diferença de carga hidráulica (Δh) entre 2 pontos, também chamada gradiente hidráulico:

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{L}$$

Em que:

K: Constante denominada **coeficiente de permeabilidade** ou **condutividade hidráulica**, dada em unidade de comprimento percorrida pela água por unidade de tempo, por exemplo, em metros por dia.

- ✓ A condutividade hidráulica é geralmente maior em rochas sedimentares como o arenito do que em rochas ígneas ou metamórficas, pois estas rochas apresentam pouca porosidade, exceto quando estão fragmentadas.

A: área da seção transversal do meio poroso;

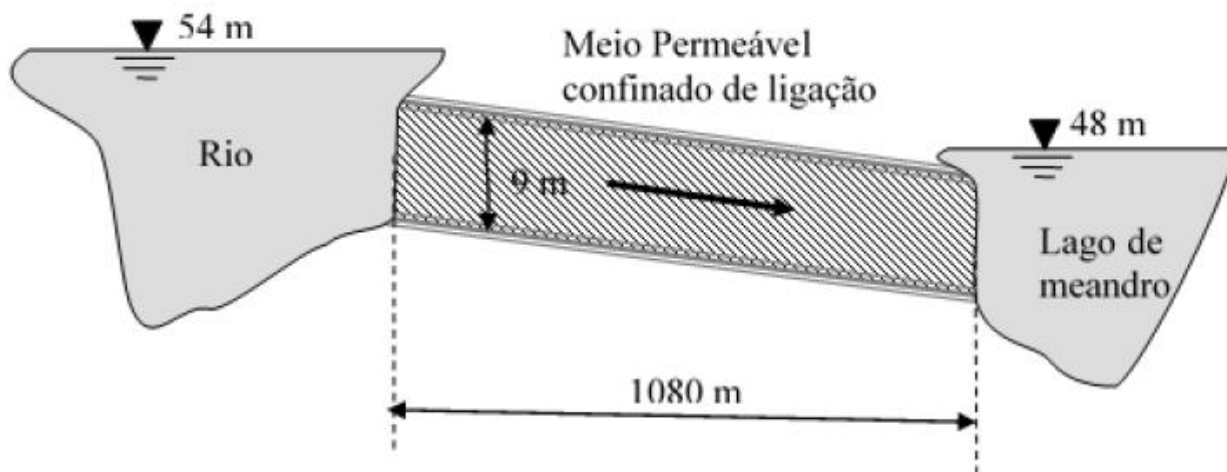


L : Comprimento do meio permeável em que a água infiltra, por exemplo, comprimento do solo em que a água percola.

Chamamos essa diferença de nível Δh de variação da carga hidráulica. É justamente essa carga hidráulica que se transforma parcialmente em energia cinética, permitindo o escoamento da água pelo meio poroso.



(FGV - TJ BA - Eng. Civil - 2015) Um lago de meandro formado quase paralelo a um rio é alimentado por esse corpo d'água através de um meio permeável confinado que possui 9 m de espessura, 1080 m de comprimento e um coeficiente de permeabilidade de 1,80 m/dia.



Observa-se que o nível de água no rio situa-se na cota de 54 m e no lago de meandro na cota de 48 m.

Usando-se a Lei de Darcy, o fluxo diário de água por metro de rio que alimenta o canal é igual a:

- a) 0,05 m³/dia/m;
- b) 0,07 m³/dia/m;
- c) 0,09 m³/dia/m;
- d) 0,11 m³/dia/m;
- e) 0,13 m³/dia/m.

Comentários:

Perceba que há um rio alto cuja água está infiltrando no solo até um lago de meandro, localizado mais abaixo. Portanto, há uma diferença de carga Δh que possibilita esse escoamento.

Preste atenção que a questão pede o fluxo diário de água **por metro de rio**, já que não é fornecida a largura do meio permeável, apenas seu comprimento de 1.080 m e sua altura de 9 m.



A fórmula de Darcy é:

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{L}$$

Sabemos que K é igual a 1,80 m/dia. A área A da seção transversal é a altura de 9 m vezes a largura que não sabemos. Assim, a área é:

$$A = 9 \cdot largura$$

A variação da carga hidráulica é simplesmente a diferença de altura:

$$\Delta h = 54 - 48 = 6 \text{ m}$$

O comprimento L do meio permeável é 1.080 m. Logo, nossa fórmula de Darcy vai ficar assim:

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{L} = 1,80 \cdot 9 \cdot largura \cdot \frac{6}{1.080} = 0,09 \cdot largura \text{ m}^3/\text{dia}$$

A questão nos pediu o fluxo diário de água por metro de rio, logo temos que dividir o valor obtido pela largura:

$$Q = \frac{0,09 \cdot largura}{largura} = 0,09 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Gabarito: "C".

3 - AS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Quando observamos o relevo terrestre, constatamos que a superfície pode ser toda dividida em **áreas de captação natural dos fluxos de água produzidos pela chuva**, chamadas de **bacias hidrográficas**. Cada bacia **leva os escoamentos** resultantes da chuva **para um único ponto de saída**, chamado **exutório** ou **seção de controle** ou ainda **seção de estudo** (Figura 9).

E o que separa uma bacia hidrográfica de outra bacia ao lado? É o **divisor de águas**, **linha imaginária sobre o relevo que divide o escoamento das águas entre as bacias**. Essa linha liga os pontos mais altos do relevo contornando toda a bacia, ou seja, do topo das regiões mais altas até se atingir o **exutório** da bacia. Assim, podemos falar em delimitação de uma bacia hidrográfica por meio de seu divisor de águas.





Figura 9: bacia hidrográfica delimitada pelos divisores em marrom e com setas em vermelho mostrando sentido de escoamento das águas



Em alguns casos, **as águas subterrâneas podem ser alimentadas por uma outra bacia, não respeitando os limites do divisor de águas topográfico**. Nesse caso, apenas o escoamento superficial da água ocorreria de acordo com o divisor topográfico. Um exemplo seria o caso de uma zona de infiltração fora da bacia, mas conectada no subsolo pela permeabilidade das rochas que o compõem, conforme mostrado a seguir. Contudo, saiba que geralmente o escoamento subterrâneo segue os divisores de águas superficiais.

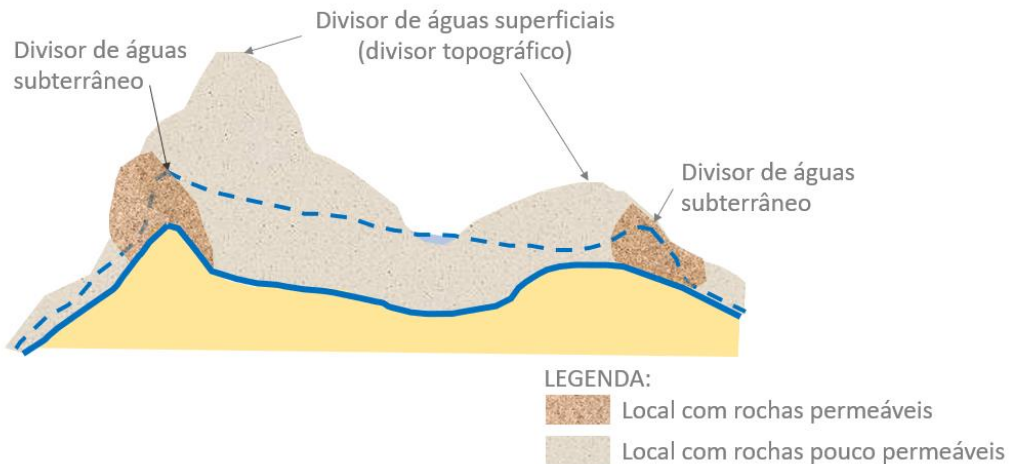


Figura 10: divisor de águas subterrâneo e topográfico

Podemos considerar a bacia hidrográfica como um sistema que transforma água que entra por meio da chuva (precipitação), que são eventos de rápida ocorrência, em escoamento ou evapotranspiração, que são fenômenos de ocorrência muito mais lenta.

As **bacias** são a **unidade básica de estudos** de engenharia, uma vez que onde a água cai nela, será conduzida para uma mesma região, afetando outras bacias situadas mais abaixo (dizemos mais **a jusante**), que receberão esta água. É a partir da bacia hidrográfica, de seu tamanho, comprimento, diferença de nível topográfico, quantidades de rios e muitas outras variáveis, que se estuda e previne o impacto da chuva naquela região.

Por isso, foram criadas algumas variáveis de grande importância para descrever uma bacia e poder compará-las entre si:

- **Área de contribuição** ou **área de drenagem**: é um dos parâmetros mais importantes, pois **define a região de captação de água de chuva**. Caso seja uma grande área, com certeza a quantidade de água que passará pelo exutório será também significativa. Antigamente, quando não existiam sistemas informatizados, apenas mapas, a área de bacias era calculada considerando-se uma superfície plana a partir do mapa, utilizando-se o planímetro. Hoje, utilizamos sistemas de desenho do tipo CAD e de informação geográfica (SIG). Considera-se para a medida dessa área a **superfície plana** incluída **entre os divisores** topográficos de uma bacia.
- **Perímetro da bacia**: **comprimento** da linha que contorna a superfície da bacia hidrográfica;
- **Amplitude altimétrica**: é a diferença entre o ponto mais alto e mais baixo de uma bacia. Por refletir a **diferença de altura máxima** na bacia, indica a energia potencial máxima que a água pode atingir sendo um indicador de:
 - ✓ Velocidade de escoamento que a água pode alcançar;
 - ✓ Taxa de erosão na bacia.
- **Perfil longitudinal do rio**: é um **gráfico** mostrando a **altura do rio à medida que se percorre o curso d'água**, sendo um parâmetro indicador da altitude de corpo hídrico ao longo de sua extensão.
- **Comprimento da drenagem principal da bacia hidrográfica**: é a **extensão do curso d'água principal** de uma bacia hidrográfica.

- ✓ Afeta o tempo de escoamento da água ao longo da bacia, pois quanto maior o comprimento do curso d'água principal, maior o tempo gasto para a água que cai no ponto mais distante chegar ao exutório.
- **Declividade do curso d'água principal:** parâmetro que afeta a velocidade de escoamento, pois, quanto mais íngreme um rio, maior a velocidade de escoamento da água devido à atuação da gravidade. Entre os vários métodos de cálculo da declividade (vamos chamá-la de S), uma forma consiste em identificar a altura no ponto mais distante do exutório (h_1) e a altura no próprio exutório (h_2). Calcula-se, então, a diferença de altura entre esses 2 pontos e divide-se o valor pelo comprimento (L) do curso d'água principal. Perceba que não é nada mais do que o desnível dividido pelo comprimento do rio:

$$S = \frac{h_1 - h_0}{L}$$

- ✓ A declividade pode ser representada em unidades percentuais (%) ou dividindo a dimensão vertical pela horizontal, representando, por exemplo, por meio da razão m/m.
- **Forma da bacia:** há bacias de praticamente todas as formas. Em geral, buscamos identificar se a forma de uma bacia é alongada ou próxima de um círculo. O motivo é que, no caso de uma bacia em círculo, os pontos mais distantes da bacia estarão a uma distância similar do seu centro, por onde geralmente passa o curso d'água principal. Assim, as gotas de chuva que caírem nos pontos mais distantes dessa bacia chegarão ao rio principal e, conseqüentemente, ao exutório da bacia, no mesmo instante de tempo, uma vez que percorrem uma mesma distância. A consequência direta é a maior probabilidade de serem causadas inundações no rio principal e, principalmente, no exutório dessa bacia. Contrariamente, no caso de bacias alongadas, as gotas de água terão que percorrer distâncias diferentes até chegarem ao exutório da bacia, resultando em pouca sobreposição de escoamento de águas no canal principal e baixa probabilidade de se ter inundações.
 - ✓ Veremos posteriormente um conceito chamado tempo de concentração, porém você já pode entender do que se trata: é o tempo necessário para a gota de chuva que cai no ponto mais distante do exutório da bacia chegar até esse mesmo exutório. Portanto, é o maior tempo de deslocamento de uma gota d'água pela drenagem da bacia.
 - ✓ A forma da bacia influencia diretamente esse tempo de concentração, pois quanto mais arredondada a bacia, mais perto estarão os divisores de água de seu centro, estando equidistantes da drenagem principal, resultando em tempos de deslocamento para as gotas d'água (ou seja, tempos de concentração) geralmente menores. Veremos que há outros fatores que influenciam esse tempo, como a área da bacia. Fique tranquilo.

Foram criados alguns indicadores da forma de bacias hidrográficas, que permite a análise de seu comportamento quanto à drenagem. Vejamos os principais:

- **Coefficiente de compacidade (K_c) ou índice de Gravelius:** é a relação entre o perímetro da bacia (P_{Bacia}) e o perímetro de um círculo de mesma área da bacia ($P_{Circulo}$). É calculado da seguinte forma:

$$K_c = \frac{P_{Bacia}}{P_{Circulo}}$$

Se desenvolvermos essa equação, descobriremos que:

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P_{Bacia}}{\sqrt{A}}$$

Em que P_{Bacia} é o perímetro da bacia em Km e A é a área da bacia em Km².



Como o círculo é a figura geométrica que ocupa uma área A com o menor perímetro possível, qualquer bacia possuirá K_c maior do que 1, visto que qualquer outra forma de mesma área terá um perímetro maior que o do círculo. Perceba, portanto, que 1 é o valor mínimo possível para o K_c .



O importante é que, **quanto mais circular uma bacia**, ou seja, quanto mais próximo de 1 estiver K_c , (que 1 é o valor mínimo possível para esse coeficiente), **maior será a concentração da água de escoamento em seus canais principais**, resultando em maiores problemas de enchente na bacia.

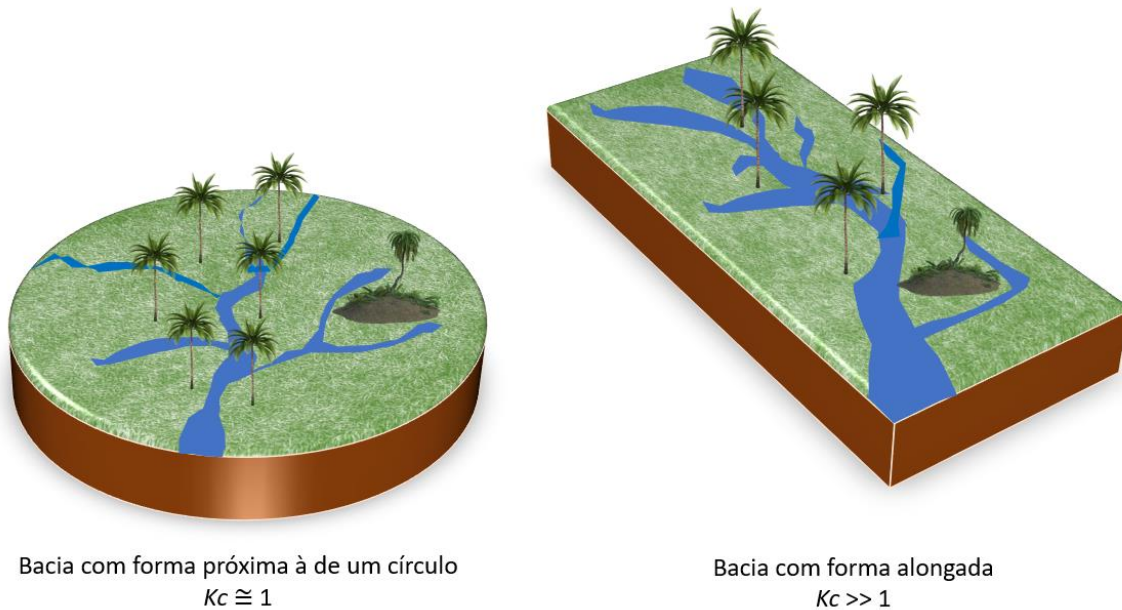


Figura 11: bacias com diferentes coeficientes de compactidade



Algumas bancas, em vez de dizer que se trata de uma bacia com forma aproximadamente circular, dizem que a bacia é **compacta**. Portanto, fique atento, bacia compacta é sinônimo de bacia aproximadamente circular.

- **Fator de forma (K_f):** é a razão entre a largura média da bacia (L_m) e o comprimento do eixo (ou comprimento axial) da bacia (L_{eixo}), calculado do exutório até o ponto mais distante da bacia (Figura 12):

$$Kf = \frac{L_m}{L_{eixo}}$$



LEGENDA:

— Divisor de águas
(divisor da bacia)

Figura 12: bacia hipotética com as variáveis que compõem o cálculo do coeficiente de forma

A largura média da bacia (L_m) é obtida pela simples divisão da área da bacia pelo comprimento do eixo da bacia:

$$L_m = \frac{A}{L_{eixo}}$$

Logo, podemos reescrever a equação de Kf da seguinte forma:

$$Kf = \frac{L_m}{L_{eixo}} = \frac{A/L_{eixo}}{L_{eixo}} = \frac{A}{L_{eixo}^2}$$



Você não precisa memorizar essas fórmulas. Saiba que, **quanto menor o fator de forma Kf , mais alongada é a bacia**, logo, **menos sujeita estará ela a inundações**.

- **Índice de circularidade (I_c):** é a razão entre a área total da bacia (A) e a área de um círculo de perímetro igual ao da bacia. Perceba que o coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro

da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área. No caso do índice de circularidade, trocamos o perímetro pela área. Veja a fórmula:

$$Ic = \frac{A}{A_{\text{Circulo}}}$$

Essa equação pode ser desenvolvida para a seguinte fórmula:

$$Ic = 12,57 \cdot \frac{A}{P^2}$$

Quanto mais próximo de 1 o índice de circularidade, mais arredondada é a bacia.



Quando trabalhamos com bacias hidrográficas, utilizamos muitas vezes mapas de curvas de nível, que são curvas que unem pontos do relevo com a mesma altitude, conforme exemplo da figura a seguir.

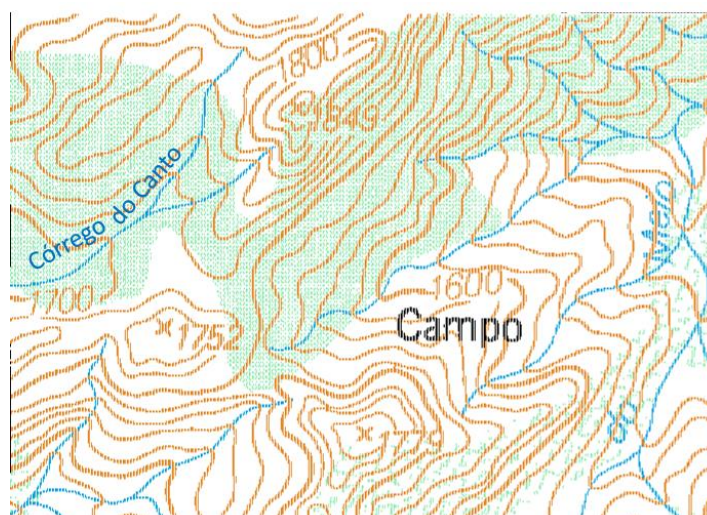


Figura 13: exemplo de mapas de curvas de nível (BRASIL, [20--])

Vamos supor que queremos saber os divisores de água da bacia do Córrego do Canto e seu afluente. Inicialmente buscamos o ponto mais baixo por onde passa o córrego dessa bacia, que é aproximadamente na cota 1.700 m. Esse ponto, por ter a altitude mais baixa da bacia e receber sua água de drenagem, corresponde ao exutório. Observe na figura a seguir onde ele se localiza:

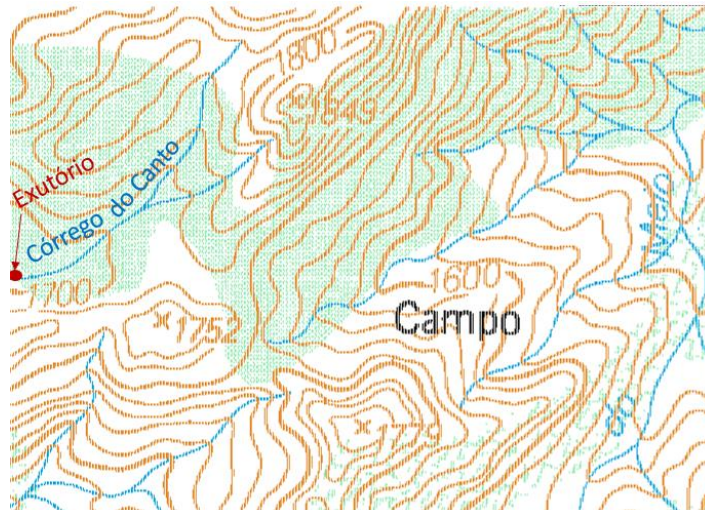


Figura 14: exutório de uma bacia

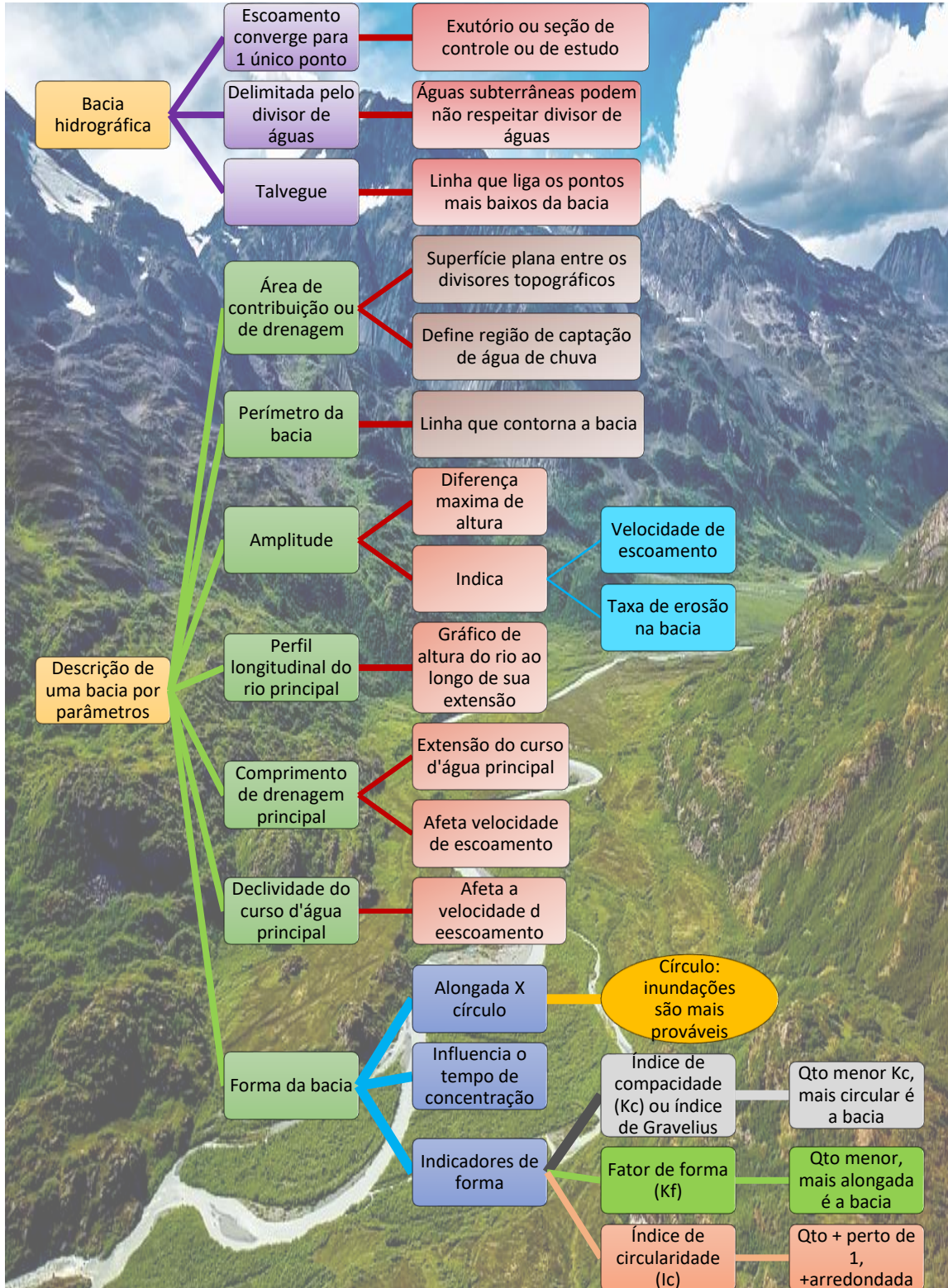
Vamos agora traçar 2 curvas muito importantes:

- **Talvegue:** são as **depressões do terreno**, sendo definido como a **linha que liga os pontos mais baixos da bacia**. Trata-se de locais onde ocorre a concentração do escoamento, tendo **traçado que coincide com os córregos e rios**, pois estes percorrem os fundos dos vales (Figura 15).
- Divisor de água: são o contrário dos talvegues, ou seja, são curvas que ligam os pontos de maior altitude de uma bacia e que, por isso, delimitam as bacias hidrográficas.
 - ✓ Iniciamos o traçado do talvegue a partir do exutório de uma bacia.



Figura 15: Delimitação da bacia do córrego do Canto

Você não precisa decorar a forma de se fazer o traçado, mas saber o significado dos conceitos aplicados, como o de talvegue, sua relação com drenagem e a sua representação em mapas, além da representação dos divisores de águas.



3.1 - Sistema ou rede de drenagem

O **conjunto** formado pelo **rio principal** da bacia, ou seja, aquele de maior extensão, e os seus rios afluentes, chamados de **tributários**, que são aqueles rios que chegam ao curso d'água principal, é chamado de sistema ou rede de drenagem.

Esse sistema é muito importante para a **capacidade de drenagem de uma bacia**. Há um indicador para avaliar essa eficiência de drenagem chamado **densidade de drenagem (Dd)**, que nada mais é do que a divisão da soma dos comprimentos L_i de todos os cursos d'água de uma bacia pela sua área total A :

$$Dd = \frac{\sum L_i}{A}$$

Quanto maior for Dd , mais bem drenada será a bacia.

O sistema de drenagem parte de um ponto denominado **montante**, que é onde a água é coletada, sendo o ponto com a cota mais elevada no caso de fluxos normais na superfície. A água é então conduzida pela ação da gravidade até o ponto de **jusante**, que é o ponto de deságue, ficando em locais mais baixos quando se trata de fluxos livres.



Podemos classificar os rios de várias formas, sendo uma divisão importante a que considera a disponibilidade de água ao longo do tempo. Assim, temos os rios que são **temporários** ou **intermitentes**, ou seja, que apresentam **água em seu curso apenas nos períodos de chuva**, secando ou congelando em alguns períodos do ano. Essa variação da quantidade de água nesses rios se deve às oscilações do nível freático, que fica acima do nível do leito do rio nas épocas chuvosas e abaixo nas épocas secas.

Nessa classificação temos também os rios ditos **efêmeros**, que são **formados somente após fortes chuvas**, sendo alimentados apenas pelo escoamento superficial, uma vez que o lençol freático se encontra bem abaixo do leito do rio, não podendo alimentá-lo.

Os rios efêmeros se contrapõem aos chamados rios **perenes**, que existem ao longo de todo o ano, pois o lençol subterrâneo possui alimentação contínua, não descendo nunca abaixo do leito do curso d'água, mesmo após grandes secas. **Todos esses tipos** estão **incluídos no sistema de drenagem de uma bacia**.



(FUNDEP/UFVJM-Hidrologia - 2017) A área de drenagem é um dos atributos físicos mais relevantes na caracterização de uma bacia hidrográfica.

Assinale a alternativa em que a área de drenagem está corretamente definida:

- É a área da projeção horizontal da superfície da bacia hidrográfica definida pelo polígono composto dos divisores de água.
- É o comprimento da linha que contorna a superfície da bacia hidrográfica.
- É a área composta pelo conjunto dos cursos d'água de uma região.
- É a parte da superfície da bacia hidrográfica onde ocorre precipitações com mais frequência.

Comentários:

A **alternativa A** é a resposta correta, pois a área considerada para a contribuição de drenagem de uma bacia é a projeção horizontal, mesmo que haja montanhas e outras alterações do relevo.



A **alternativa B** está incorreta, já que o comprimento da linha de contorno é o perímetro da bacia.

A **alternativa C** está incorreta, pois chamamos de sistema de drenagem o conjunto de cursos d'água de uma região.

A **alternativa D** está incorreta, já que não existe na doutrina uma denominação para uma região que possua maior frequência de chuvas em relação à bacia hidrográfica à qual pertença.

(FCC/TRF 3ª Região - Edificações - 2016) Em um sistema de drenagem o objetivo principal é coletar as águas e conduzi-las ao deságue adequado. Em um curso d'água, o fluxo de água ocorre de

a) montante a jusante.

b) jusante a montante.

c) montante a nascente.

d) nascente a montante.

e) jusante a nascente.

Comentários:

O fluxo em cursos d'água ocorre de montante para a jusante. Eventualmente poderíamos considerar nascente no lugar de montante, porém não há a combinação "da nascente para a jusante".

Gabarito: "A".

(IBFC/MGS - Engenheiro - 2019) Bacias hidrográficas, também chamadas bacias de captação ou de drenagem, são áreas delimitadas espacialmente pelos divisores de água. São constituídas por uma rede de drenagem interligada, cujo escoamento converge para uma seção comum, denominada de seção de controle ou exutório da bacia (MELLO e SILVA, 2013). Acerca dos elementos fisiográficos em uma bacia hidrográfica, assinale a alternativa incorreta.

a) Divisores de água são linhas que representam os limites geográficos da bacia (pontos mais elevados da bacia hidrográfica), determinando a área de captação da bacia hidrográfica e o sentido de fluxo da rede de drenagem;

b) O formato superficial da bacia hidrográfica não influencia no tempo de transformação da chuva em escoamento superficial direto, ou seja, não tem influência no tempo de concentração da bacia;

c) Rede de drenagem constitui-se de todos os drenos da bacia hidrográfica, inclusive aqueles não necessariamente perenes;

d) A declividade da bacia hidrográfica é um parâmetro fundamental para a hidrologia, uma vez que está diretamente associada ao tempo de duração do escoamento superficial direto e de concentração da precipitação nos drenos.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois os divisores de água delimitam a área de drenagem da bacia.

A **alternativa B** está incorreta, já que a forma da bacia pode alterar significativamente o tempo de concentração, uma vez que a drenagem principal poderá estar mais próxima ou não dos pontos mais distantes do exutório.



A rede de drenagem é o conjunto de todos os canais de drenagem da bacia, sejam eles perenes ou intermitentes. Portanto, a **alternativa C** está correta.

A declividade afeta diretamente a velocidade de escoamento da água, aumentando a quantidade de água que fluirá pelos drenos. Assim, a **alternativa D** está correta.

(CESPE/MIN - Engenheiro - Questão de fixação) A respeito de hidrologia, julgue o próximo item.

As bacias hidrográficas que apresentam coeficiente de compacidade próximo de 1 são mais compactas, tendem a concentrar o escoamento e são mais suscetíveis a inundações. Já as bacias que apresentam pequenos valores do fator de forma são menos suscetíveis às inundações.

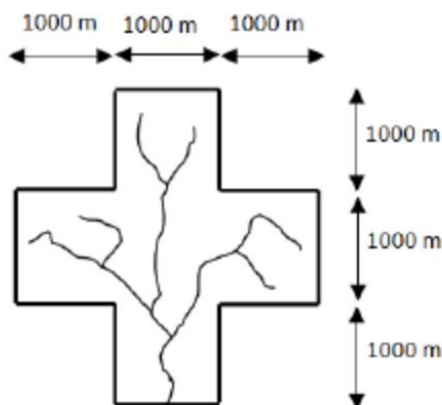
Comentários:

As bacias com coeficiente de compacidade próximo de 1 tendem a ser mais arredondadas, resultando em maior concentração de água em seus canais principais, que geralmente passam pelo centro da bacia. Assim, temos mais problemas de inundações nessas regiões. Por outro lado, as bacias com menores valores de coeficientes de forma são aquelas mais alongadas, logo, possuem menos problemas de inundações. Portanto, está **correta** a afirmativa.

(FGV/Pref. de Paulínea - Eng. Civil - 2016) Os fatores físicos de uma bacia hidrográfica, que influenciam sua resposta em termos de escoamento superficial a uma determinada precipitação, são muito diversos. A forma da bacia é um desses fatores: quanto mais próxima de um círculo, menor o tempo de concentração e maior o pico da vazão que ocorre em resposta à precipitação.

Para essa avaliação o fator de compacidade ou índice de gravênus (K_c) é o parâmetro usado. O K_c é dado pela relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual à da bacia.

Observe a bacia fictícia a seguir.



Nela as linhas grossas representam os divisores topográficos e as linhas finas mostram os canais com escoamento permanente.

Dados: $K_c = P/(2 \pi r)$; $\pi = 3,14$; Raiz (2) = 1,41; Raiz (3) = 1,73; Raiz (5) = 2,24.

Assinale a opção que indica o índice de gravênus (K_c) dessa bacia.

- a) 0,49
- b) 0,84
- c) 1,16

d) 1,51

e) 1,61

Comentários:

Sabemos que o índice de gravênus é dado por:

$$Kc = \frac{P}{P_{Circulo}}$$

Em que P é o perímetro da bacia e $P_{circulo}$ é o perímetro de uma bacia de mesma área, mas de forma circular.

A questão nos disse a fórmula de Kc a se considerar é:

$$Kc = \frac{P}{2\pi r}$$

Podemos calcular o perímetro da bacia (P):

$$P = 12 \text{ lados} \times 1.000m = 12.000 m$$

Devemos agora calcular a área da bacia original, uma vez que a bacia circular terá a mesma área. Logo, temos que a bacia original possui área equivalente a 5 quadrados de área 1.000 vezes 1.000:

$$A = 5 \times 1.000 \times 1.000 = 5.000.000 m^2$$

Temos que saber agora qual seria o raio de uma bacia circular com essa mesma área, ou seja, com 5.000.000 m² de área. Para isso, utilizamos a fórmula da área de um círculo:

$$A = 5.000.000 = \pi \cdot r^2$$

$$r = 1.261,57 m$$

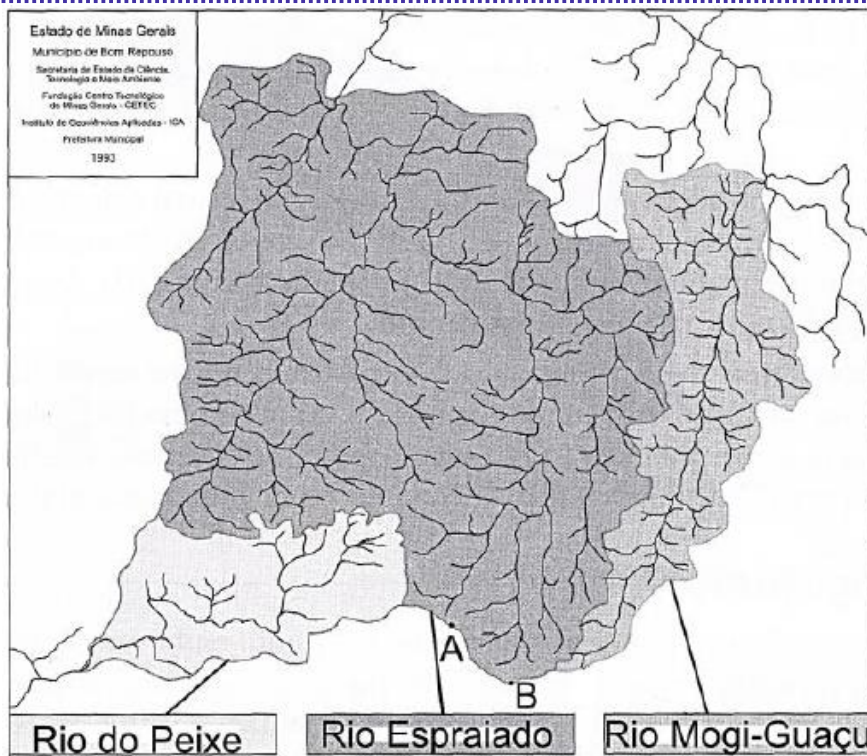
Conhecendo o raio da bacia circular, calculamos o índice de gravênus (Kc):

$$Kc = \frac{P}{2\pi r} = \frac{12.000}{2 \cdot \pi \cdot 1.261,57} = 1,51$$

Portanto, a resposta certa é a **letra D**.

(NC UFPR/ ITAIPU - Profissional Nível Universitário Jr - Eng. Civil - 2015)





Na figura acima, apresentam-se três microbacias hidrográficas: a do rio Mogi-Guaçu, a do rio Espraiado e a do rio do Peixe. Com base na figura, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

- () Os pontos A e B, no divisor de águas do rio Espraiado, possuem a mesma altitude.
- () O Coeficiente de Compacidade da microbacia do rio Mogi-Guaçu é maior que o da microbacia do rio Espraiado.
- () O Fator de Forma da microbacia do rio do Peixe é maior que o da microbacia do rio Mogi-Guaçu.
- () As declividades médias das três bacias são semelhantes.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- a) F – V – V – F.
- b) F – V – F – V.
- c) V – F – V – F.
- d) V – F – F – V.
- e) F – F – V – F.

Comentários:

Vamos verificar cada parêntesis:

1º parêntesis: Os pontos A e B de fato estão no divisor de água da bacia do Rio Espraiado, porém **não há informações sobre a altitude para concluirmos que estão no mesmo nível altimétrico**. Lembre-se que divisor de águas são os pontos que dividem o escoamento entre bacias, sendo geralmente os pontos mais altos, mas não de mesma altura. Errado.

2º parêntesis: A microbacia do rio Mogi-Guaçu é mais alongada do que a microbacia do rio Espraiado, logo, o coeficiente de compacidade de Mogi-Guaçu deve ser maior do que o da microbacia do rio Espraiado. Portanto, a afirmativa está **correta**.

3º parêntesis: A microbacia do rio do Peixe é menos alongada do que a microbacia do rio Mogi-Guaçu. Assim, o rio do peixe deve estar em uma bacia com fator de forma maior do que o do rio Mogi-Guaçu, estando, pois, **correta** a afirmativa.

4º parêntesis: não possuímos dados topográficos do terreno para analisar a declividade média das microbacias, **não sendo possível fazer conclusões a esse respeito**. Errado.

Portanto, a alternativa correta é a **letra A**.

3.1.1 - Tempo de concentração (ou tempo de contribuição)

O tempo de concentração de uma bacia é o **tempo de viagem de uma gota** que **cai** na **porção mais distante** desta bacia, contando **desde o início** de seu **escoamento até** o momento em que a gota **atinge o exutório**. Esse tempo depende de uma série de características da bacia, como a velocidade de escoamento de sua rede de drenagem e a distância total que a água percorrerá.

Quando vamos dimensionar um dispositivo de drenagem, a **vazão máxima** (volume de água escoado por unidade de tempo) que passa por essas estruturas, também chamada **descarga máxima**, é **inversamente proporcional** (o que é simbolizado por \propto) **ao tempo de concentração**, ou seja:

$$Q \propto \frac{1}{t_c}$$

Para você entender essa relação, vamos supor 2 bacias hidrográficas B1 e B2 com mesma área, sendo a única diferença entre elas a declividade de B2, que é maior do que a de B1. Como a água em B2 adquire maiores velocidades de escoamento, constata-se que o tempo de escoamento até o exutório em B2 é menor do que em B1, de forma que o tempo de concentração em B2 será menor do que em B1. Logo, em B1 as vazões tenderão a ser menores, haverá menos probabilidade das gotas se encontrarem no exutório da bacia do que em B2, onde a mesma quantidade de água é escoada em menor tempo pelo exutório, resultando em uma vazão ou descarga maior. Assim, quanto maior o tempo de concentração em uma bacia, menor a descarga máxima necessária em uma obra de drenagem que se faça em seu exutório.





A:
Bacia pouco inclinada:
-Baixa velocidade de escoamento
-Alto tempo de concentração
-Pequenas vazões no exutório

B:
Bacia muito inclinada:
-Alta velocidade de escoamento
-Baixo tempo de concentração
-Grandes vazões no exutório

Figura 16: influência da inclinação no tempo de concentração



Uma conclusão muito importante do conceito do tempo de concentração é que, a partir do momento em que se inicia uma **precipitação** que tenha **duração igual** ou **superior** ao **tempo de concentração**, **toda a bacia** começa a **contribuir** com o **escoamento** de água **no exutório**. O motivo é que houve tempo suficiente para as gotas que caíram nas porções mais distantes da bacia chegarem até o seu exutório. Esse é, portanto, um dos **momentos** em que pode haver **problemas de inundação no exutório** da bacia.

Para uma dada área de bacia, aquelas que tiverem uma forma próxima à do círculo (K_c próximo de 1), tendem a ter um menor tempo de concentração, enquanto que as bacias mais alongadas, terão maior tempo de concentração, uma vez que haverá pontos mais distantes do exutório (Figura 17).

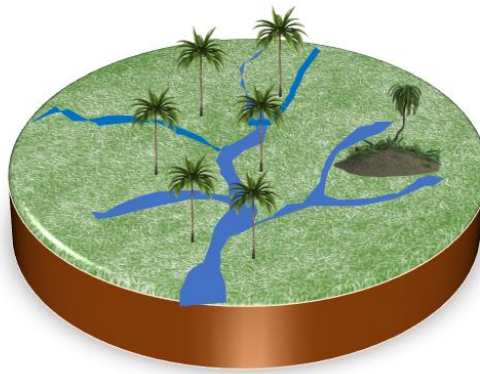


Figura 17: bacias circulares possuem menores tempos de concentração do que bacias alongadas de mesma área

Há várias formas de se estimar o tempo de concentração, sendo os seguintes os principais métodos:

- Fórmula de **Ventura**;
- Fórmula de **Passini**;
- Método **cinemático** do Soil Conservation Service (SCS), um órgão americano.
- Método de **Kirpich**
 - ✓ Por ser mais cobrado, veremos esse método em mais detalhes.

Método de Kirpich

Trata-se de uma **equação empírica** feita para algumas bacias nos Estados Unidos, mas que hoje é **muito utilizada** no Brasil, devido à simplicidade do método. O tempo de concentração (t_c) em minutos é dado por:

$$t_c = 57. \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385}$$

Em que:

L : comprimento do curso d'água principal da bacia;

Δh : diferença de altitude no curso d'água principal em metros.



(FAU/UNICENTRO-Eng. Civil - 2015) No estudo de drenagem, o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, particularmente no caso de pequenas bacias urbanas, é um parâmetro importante para a

estimativa de vazões de cheia. A maioria das equações disponíveis é empírica e, algumas, são apresentadas nas alternativas a seguir, EXCETO:

- a) Fórmula de Kirpich.
- b) Fórmula d'e Ventura.
- c) Fórmula de Passini.
- d) Método de Vicat.
- e) Método Cinemático do Soil Conservation Service.

Comentários:

As **alternativas A, B, C e E** estão corretas, pois todos os métodos são formas de se estimar o tempo de concentração de uma bacia.

A **alternativa D** está incorreta, já que o método de Vicat (ou agulha de Vicat) é aplicável ao enrijecimento de pastas de cimento, e não a tempos de concentração em bacias.

(CESPE/Perito Criminal Federal - Engenharia - 2018) Com relação a obras de barragens, julgue o item subsecutivo.

Para o dimensionamento de vertedouros, a descarga máxima de uma bacia hidrográfica é inversamente proporcional ao tempo de contribuição da bacia.

Comentários:

O tempo de contribuição ou de concentração é inversamente proporcional à vazão ou descarga máxima em uma bacia, pois as regiões mais distantes da bacia tardam mais a terem sua água drenada até o exutório. Com isso, o volume de escoamento se distribui por uma maior extensão temporal, resultando em uma menor vazão. Portanto, a assertiva está **correta**.

(NC/UFPR - Profissional Nível Técnico I - 2019 - Adaptado) forma superficial da bacia hidrográfica é importante, entre outras aplicações, na caracterização do tempo de concentração. Quanto menor o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, mais rápida será a resposta de ocorrência da descarga ou vazão no exutório da bacia hidrográfica em decorrência de uma determinada precipitação. Sendo o Coeficiente de Compacidade a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área equivalente, e o Fator de Forma a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, é correto afirmar:

- a) Quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de compacidade, menor será o tempo de concentração; e quanto menor for o fator de forma, maior será o tempo de concentração.
- b) Quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de compacidade, maior será o tempo de concentração; e quanto menor for o fator de forma, maior será o tempo de concentração.
- c) Quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de compacidade, menor será o tempo de concentração; e quanto menor for o fator de forma, menor será o tempo de concentração.
- d) Quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de compacidade, menor será o tempo de concentração; e quanto maior for o fator de forma, maior será o tempo de concentração.

Comentários:



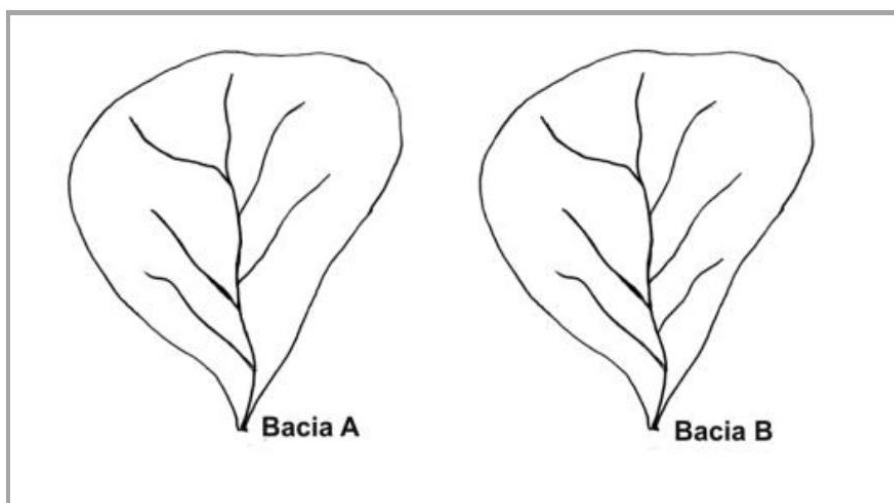
A **alternativa A** está correta, já que um coeficiente de compacidade próximo de 1 indica uma bacia com forma circular, que possui menor tempo de concentração do que uma outra bacia de mesma área, mas que seja mais alongada. Já, quanto menor o fator de forma K_f , mais alongada é a bacia, logo, maior será o tempo de escoamento nessa bacia.

A **alternativa B** está errada, pois bacias com coeficiente de compacidade próximo de 1 são arredondados, com baixo tempo de concentração, e não alto como diz a afirmativa.

A **alternativa C** está errada, visto que bacias com fator de forma baixo são muito alongadas, resultando em altos tempos de concentração, e não baixo como diz a afirmativa.

A **alternativa D** está errada, pois bacias com fator de forma alto tendem a ser arredondadas, resultando em baixos tempos de concentração, e não altos como diz a afirmativa.

(NC UFPR/ ITAIPU - Profissional Nível Universitário Jr - Eng. Civil - 2015)



Duas bacias hidrográficas, Bacia A e Bacia B, são apresentadas na figura acima. Elas possuem uma única diferença entre si. A Bacia B possui um afluente a mais. Sobre essa situação, assinale a alternativa correta.

- A densidade de drenagem da Bacia A é igual à densidade de drenagem da Bacia B.
- O Fator de Forma da Bacia A é maior que o Fator de Forma da Bacia B.
- A declividade média da Bacia A é maior que a declividade média da Bacia B.
- O Coeficiente de Compacidade da Bacia B é maior que o Coeficiente de Compacidade da Bacia A.
- O tempo de concentração da Bacia A é igual ao tempo de concentração da Bacia B.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois a bacia B possui um rio afluente a mais, resultando em um maior comprimento de sua rede de drenagem, aumentando a sua densidade de drenagem em relação à bacia A.

As **alternativas B, C e D** estão erradas, já que os fatores de forma são iguais, bem como as declividades médias e os coeficientes de compacidade, sendo a única diferença entre as bacias a presença de um rio afluente a mais na B.

A **alternativa E** está correta, visto que o tempo de concentração é medido pelo tempo gasto por uma gota de água no ponto mais distante da bacia para chegar até o exutório. Verifica-se que o rio afluente a mais em

B não chega até as regiões mais distantes da bacia B, estando bem próximo do exutório. Então, pressupomos que esse afluente não afeta o tempo de escoamento das gotas de água que caírem nas regiões mais distante do exutório, que são as regiões da face superior da bacia, opostas ao exutório, que está na face inferior.

(CPCON/UEPB - Engenheiro Civil - 2016 - Adaptada para V ou F) Julgue a afirmativa a seguir, considerando o conceito de tempo de retorno:

Tempo de concentração é o tempo necessário para que toda a bacia de drenagem possa contribuir para a seção em estudo.

Comentários:

O tempo de concentração é o tempo gasto para que a gota d'água mais distante da bacia chegue até seu exutório. Portanto, trata-se também do tempo necessário para que toda a bacia contribua para a seção em estudo. Afirmativa **correta**.

(FEPESE/ CELESC - Eng. - 2018) O tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída é chamado de:

- a) Tempo de precipitação.
- b) Tempo de concentração.
- c) Tempo de ocorrência.
- d) Tempo de detenção.
- e) Tempo excedente.

Comentários:

O tempo necessário para a contribuição de toda bacia ao escoamento é o tempo de concentração, letra B. Não nos concentraremos agora nos demais tempos dados pela questão.

Algumas questões se repetem muito:

(FCC / AJ TRT3 - Eng. Civil - 2015) Na análise de uma bacia hidrográfica, o tempo gasto para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial na seção considerada após a precipitação é denominado

- a) duração da precipitação.
- b) período de retorno.
- c) tempo de concentração.
- d) frequência da precipitação.
- e) tempo de escoamento.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois a duração da precipitação é apenas o intervalo de tempo entre o início e o fim de uma precipitação.

A **alternativa B** está errada, já que o período de retorno é o intervalo de tempo médio em que uma dada precipitação ocorre com magnitude igual ou superior. Veremos esse conceito mais adiante.



A **alternativa C** está correta, pois o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial é dado pelo tempo gasto pela gota de água que cai na região mais distante do exutório, que é o tempo de concentração.

A **alternativa D** está errada, visto que a frequência de uma precipitação é a quantidade de vezes que uma dada precipitação ocorre em um dado local e em um período determinado. Veremos esse conceito mais adiante.

A **alternativa E** está errada, já que o tempo de escoamento é um conceito muito genérico, podendo ser aplicado ao escoamento de qualquer trecho em uma bacia, não necessariamente no trecho mais distante do exutório.

3.2 - Balanço hídrico em uma bacia

O **cálculo das entradas e saídas de água em uma bacia** é o que chamamos de **balanço hídrico**. Sabemos que, no Brasil, a principal entrada de água em uma bacia é a precipitação. Já as saídas podem ocorrer por evapotranspiração ou por escoamento, quando a água é transferida a outra região pelo exutório da bacia. Há uma equação bem simples que rege o balanço hídrico, que diz que a variação do volume de água armazenada na superfície de uma região (ΔV) ao longo do tempo (Δt) deve ser o resultado da chuva que cai na região menos a água que sai da superfície, seja por evapotranspiração (EVT), infiltração (I) ou escoamento superficial até o exutório (Q):

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P - EVT - I - Q$$

A **água de escoamento em uma bacia** dada pela vazão Q é também chamada de **deflúvio superficial**.

Em poucas palavras, essa equação diz que o que entra de água em uma bacia (P) é igual ao que sai (EVT , I e Q). Por se tratar do princípio da conservação da massa, dizemos que o **balanço hídrico** nada mais é do que a **equação da continuidade**.

Podemos reescrever essa equação anterior de outras formas, isolando, por exemplo, a parcela de água P que precipita (cai) na bacia. Nesse caso, chamamos $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ de capacidade de armazenamento de água A , pois as bacias têm capacidade de reter água, como se fossem uma esponja. A equação anterior poderia ser reescrita assim:

$$P = EVT + Q + I + A$$



Essa equação mostra mais claramente os 4 destinos para a água que cai em uma bacia:

- Evapotranspiração;
- Escoamento por meio de uma vazão Q ;
- Infiltração;
- Armazenamento na bacia, ou seja, aumenta o estoque de água que é retido na bacia.

Essas equações do balanço hídrico apresentadas desconsideram a contribuição subterrânea que pode vir de outra bacia hidrográfica, bem como da água de recarga de aquíferos profundos.

Eventualmente, uma questão pode ainda mencionar que parte da água precipitada foi consumida pela população em algum uso U específico, o que alteraria a equação para a seguinte forma:

$$P = EVT + Q + I + A + U$$



Não caia em pegadinhas de bancas que dizem que a água do ciclo hidrológico se perde por evaporação. A banca ainda tenta utilizar "meias verdades", como por exemplo:

- ✓ "Parte da água que participa do ciclo hidrológico perde-se por evaporação, devendo ser descontada do balanço hídrico."

De fato, a água que sofre evaporação deve ser subtraída na fórmula do balanço hídrico, **contudo a água não se perde, apenas muda de estado**.

O balanço hídrico pode atuar como indicador climatológico de uma região, sobretudo sob o ponto de vista da disponibilidade hídrica. Podemos gerar **2 tipos de balanços hídricos** para uma região:

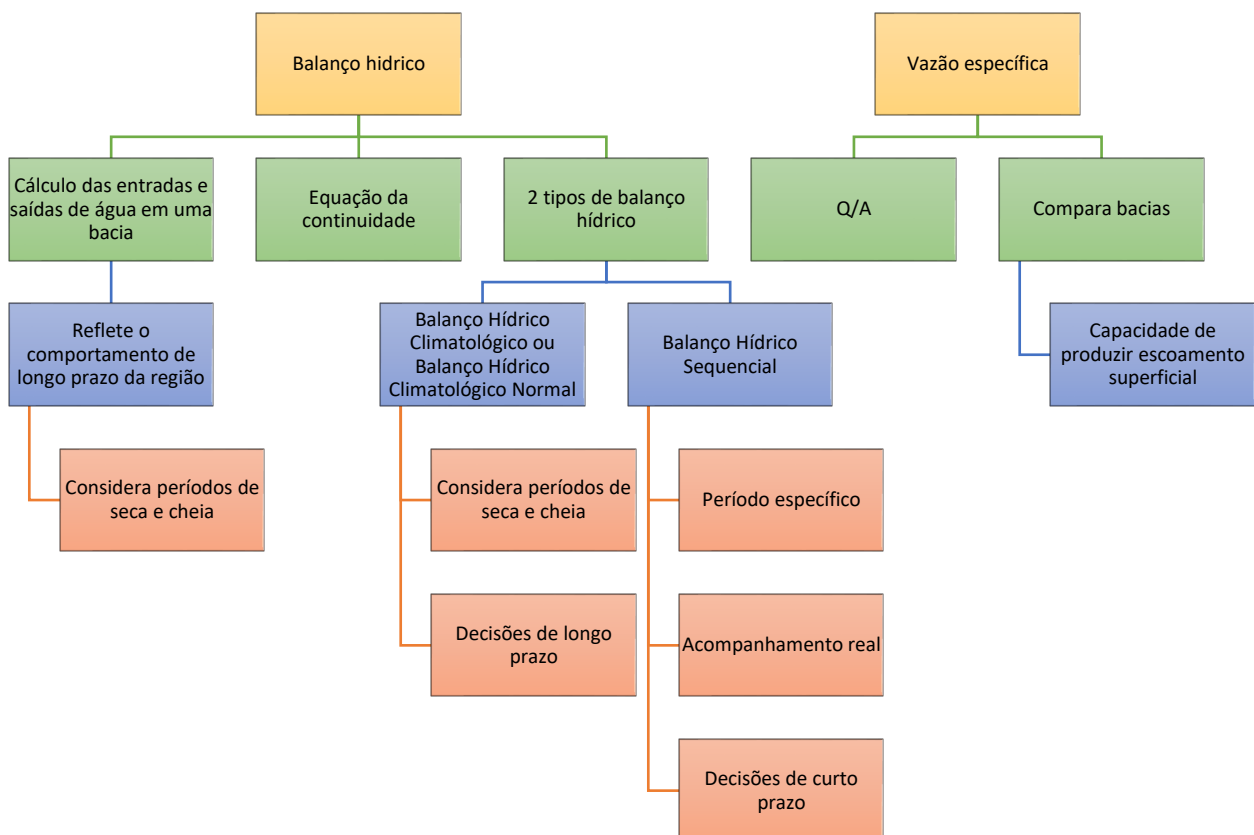
- **Balanço Hídrico Climatológico** ou **Balanço Hídrico Climatológico Normal**, quando se consideram os dados de pluviometria (P) e os dados de evapotranspiração (ETP) de uma região. Trata-se de um indicador da disponibilidade hídrica em uma dada região ao longo de todo um ano médio, que **reflita o comportamento de longo prazo daquela região**, abrangendo **períodos de seca e de cheia**. Essas informações são úteis, por exemplo, para indicar a presença de períodos de persistente seca na região.
- **Balanço Hídrico Sequencial**: são também utilizados dados de P e ETP , porém relativos a somente um **período específico** para uma dada região. Não se trata de 1 ano médio que reflita o comportamento da região no longo prazo, mas sim de um ou vários **anos de específico interesse**, ou mesmo de um **acompanhamento em tempo real**. Um exemplo de uso desse método é o

acompanhamento da disponibilidade de água no solo, servindo para a tomada de decisões de **curto prazo** na agricultura.



Algumas questões pedem a **vazão específica**, que é simplesmente a divisão da **vazão Q pela área da bacia A**, expressando a capacidade da bacia em produzir escoamento superficial. Como cada bacia tem uma área diferente, a utilidade desse conceito é que ele retira a área da bacia do cálculo da vazão, permitindo a comparação de uma bacia com a outra. Veja a fórmula:

$$Q_{esp.} = \frac{Q}{A}$$





Atenção, essa próxima questão possui 2 respostas corretas e por isso foi anulada.

(CESPE/ Pref SL - Eng. Civil - 2017) A ocorrência de manancial está associada à circulação de água no planeta, ou seja, ao ciclo hidrológico, sendo ele a fonte da água utilizada para o abastecimento. A esse respeito, assinale a opção correta.

- a) A transpiração é um fenômeno que depende diretamente da temperatura e da umidade relativa do ar.
- b) A água de chuva, por ser ácida, não pode ser usada como fonte de água para abastecimento, ou seja, como manancial.
- c) As bacias compactas tendem a concentrar o escoamento no canal principal que drena a bacia, aumentando-se, assim, os riscos de inundação.
- d) O lençol confinado, no qual a água se mantém à pressão atmosférica, é proveniente da água que se infiltra e se movimenta no interior da crosta terrestre.
- e) Parte da água que participa do ciclo hidrológico perde-se por evaporação, devendo ser descontada do balanço hídrico.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, já que a transpiração depende sim da temperatura e da umidade do ar. Imagine uma planta na Amazônia e depois no deserto. Com certeza, no deserto, a planta não conseguirá evitar a perda de água para o meio externo, enquanto na Amazônia não haveria esse problema.

A **alternativa B** está errada, pois a água de chuva é apenas ligeiramente ácida, não trazendo prejuízos à sua captação em mananciais para abastecimento.

A **alternativa C** está correta, sendo as bacias compactas aquelas que possuem uma forma mais arredondada. Essas bacias tendem a concentrar o fluxo de água no mesmo instante no exutório, já que há vários pontos a uma mesma distância do canal principal de drenagem. Assim, trata-se de locais com sérios riscos de inundação.

A **alternativa D** está errada, pois o lençol confinado apresenta água a pressão superior à pressão atmosférica, e não igual à atmosférica.

A **alternativa E** está errada, visto que a água não se perde, apenas altera seu estado físico. O sinal negativo da água que evapora na fórmula do balanço hídrico não é uma referência a uma perda de água, mas apenas ao fato dela não estar sendo retida na bacia.

Essa questão foi feita originalmente com erro na unidade de medida, tendo sido adaptada apenas para a correção deste erro.

(CESGRANRIO/ EPE - Ana. de Pesquisa Energética - 2014 - Adaptado) Uma bacia hidrográfica de 365 hectares tem, na foz de seu rio principal, uma vazão média de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Estudos indicam que a evapotranspiração na área é de 715 mm/ano .



Como não há medição pluviométrica na área, aplicando -se o conceito de balanço hídrico, a precipitação anual, em mm, vale

- a) 815
- b) 1027
- c) 1230
- d) 1428
- e) 1579

Comentários:

Uma equação fácil de utilização para o balanço hídrico em uma bacia é a seguinte:

$$P = EVT + Q + I + A$$

Como a questão não menciona nada sobre armazenamento de água na bacia, nem sobre infiltração, consideramos A e I iguais a zero.

A questão diz que a evapotranspiração na área é de 715 mm/ano.

Sabemos também que a precipitação produz na bacia uma vazão de escoamento de 100 m³/s numa área de 365 hectares. Portanto, a precipitação será:

$$P = EVT + Q = 715 \frac{mm}{ano} + 0,1 m^3/segundo$$

Observando os números e suas unidades nessa fórmula, vemos que EVT está em mm/ano e Q está em volume/segundo. Como as respostas nas alternativas são dadas todas em mm de precipitação anual, temos que converter Q para mm/ano. Primeiramente, vamos calcular o escoamento de água ao longo do ano:

$$0,1 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 = 3.153.600 m^3/ano$$

Como a unidade está em volume e precisamos dela em altura, temos que dividir esse grande valor obtido pela área da bacia para encontrarmos uma altura média escoada. A área da bacia é de 365 hectares. Sabemos que 1 hectare é igual a 10.000 m². Vamos transformar a área da bacia para m²:

$$Área = 365 \text{ hectares} = 365 \cdot 10^4 m^2 = 3.650.000 m^2$$

Vamos agora dividir o volume de água escoada em 1 ano pela área da bacia, para obtermos a altura média:

$$Q = \frac{3.153.600 m^3/ano}{3.650.000 m^2} = 0,864 m/ano = 864 mm/ano$$

Agora, voltamos à fórmula do balanço hídrico para calcularmos a pluviometria:

$$P = \frac{715mm}{ano} + \frac{864mm}{ano} = 1.579 mm$$

Portanto, é a **letra E** nossa resposta.

(AOC/Pref Juiz de Fora - Engenharia Sanitária - 2016) Deseja-se determinar a evapotranspiração, em milímetros, em um ano, de uma bacia de 200 km², por meio de balanço hídrico e desprezando a variação do armazenamento na bacia. Anualmente, tem-se que a bacia recebe 1500 mm de chuva e que a vazão média (escoamento) anual corresponde a 500 mm. Qual é a evapotranspiração anual?

- a) 1.000 mm.



- b) 1.500 mm.
- c) 2.000 mm.
- d) 200.000 mm.
- e) 300.000 mm.

Comentários:

Vamos lembrar de nossa equação do balanço hídrico:

$$P = EVT + Q + I + A$$

A questão disse para desprezarmos o armazenamento A na bacia. Nada foi dito sobre I , portanto, consideramos também a infiltração igual a zero. Logo, a equação fica assim:

$$P = EVT + Q$$

Podemos isolar a evapotranspiração:

$$EVT = P - Q$$

Foi dito que a precipitação na região é de 1.500 mm por ano, ou seja, P vale 1.500 mm/ano. Também é dito que a vazão média anual corresponde a 500 mm. Logo, Q é igual a 500 mm/ano. Logo, EVT será:

$$EVT = P - Q = 1.500 - 500 = 1.000 \text{ mm/ano}$$

Portanto, a alternativa correta é a **letra A**.

(FAU/UNICENTRO/ Pref Apucarana - Eng. 2017) À relação entre as entradas e saídas de água em uma bacia hidrográfica, dá-se o nome de balanço hídrico. A principal entrada de água de uma bacia hidrográfica é a precipitação, enquanto a evapotranspiração e o escoamento, constituem-se as formas de saída. De forma geral, o balanço hídrico de uma bacia exige que seja satisfeita a equação:

(Obs: Em todas as fórmulas, o significado dos termos é o seguinte: ΔV é a variação do volume de água armazenado na bacia (m^3); Δt é o intervalo de tempo considerado (s); P é a precipitação ($m^3.s^{-1}$); E é a evapotranspiração ($m^3.s^{-1}$); e Q é o escoamento ($m^3.s^{-1}$).)

- a) $\Delta V.\Delta t^{-1}=P-E-Q$.
- b) $\Delta V.\Delta t^{-2}=P-E-Q$.
- c) $\Delta V.\Delta t^{-1}=P-E+Q$.
- d) $\Delta V.\Delta t^{-1}=P+E+Q$.
- e) $\Delta V.\Delta t^{-3}=P-E-Q$.

Comentários:

Desprezando a infiltração, que não faz parte de nenhuma das alternativas, a equação do balanço hídrico pode ser dada por:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P - EVT - Q$$

Em poucas palavras, qualquer variação de volume de água na bacia será fruto da água de precipitação que chega à bacia (P) menos a água evapotranspirada (EVT), menos a água escoada (Q).



A única alternativa que corresponde a essa equação é a **letra A**.

(CESPE/SLU DF - Ana. de Gestão de Resíduos Sólidos - 2019) Acerca de ciclo hidrológico, balanço hídrico e bacias hidrográficas, julgue o item subsequente.

O balanço hídrico climatológico aplica-se à caracterização de secas, e o balanço hídrico sequencial, ao acompanhamento da disponibilidade de água no solo, tanto em tempo real, como ao longo de vários anos.

Comentários:

O balanço hídrico climatológico ou normal é aquele que considera uma base de dados que reflita o comportamento médio de toda uma região, sendo utilizado, por isso, para caracterizar períodos de seca. Já o balanço hídrico sequencial possibilita um conhecimento mais de curto prazo, sendo empregado, por exemplo, na análise da disponibilidade hídrica de água no solo. Portanto, a afirmativa está **correta**.

(FUNCERN - Prof. Trairí - Eng. Civil - 2018) Nos estudos hidrológicos, a variável que representa a quantidade de água que nas condições reais se evapora do solo e transpira das plantas e é de suma importância para o balanço hídrico de uma bacia como um todo é a

- a) precipitação.
- b) umidade relativa.
- c) evapotranspiração.
- d) taxa de infiltração.

Comentários:

A evapotranspiração é o processo que envolve a evaporação da água presente no solo e também a parcela que evapora pela transpiração das plantas. Portanto, é a **letra C** a resposta correta.

(FGV/ DPE RJ - Engenharia Civil - 2019) Em um determinado ano, a precipitação média em uma bacia hidrográfica de 30.000 km² foi de 620,6 mm. A descarga anual média do rio que drena a bacia é de 200 m³/s.

Admitindo-se que o divisor topográfico da bacia coincide com o divisor hidrogeológico (não há fugas subterrâneas) e que não ocorrem explorações de água subterrânea na bacia, a evapotranspiração real da região, durante o ano considerado, foi de:

- a) 180,0 mm/ano;
- b) 210,2 mm/ano;
- c) 320,6 mm/ano;
- d) 410,4 mm/ano;
- e) 530,8 mm/ano.

Comentários:

A equação do balanço hídrico é dada por:

$$P = EVT + Q + I + A$$



A questão não disse nada sobre armazenamento de água na bacia, nem sobre infiltração, o que nos leva a considerar que A e I são iguais a zero. Assim, temos que:

$$P = EVT + Q$$

Contudo, a precipitação é informada em termos de altura, 620,6 mm, enquanto a vazão é fornecida em m^3/s . Não podemos somar grandezas em unidades diferentes e vemos no enunciado que se solicita a evapotranspiração em mm/ano. Logo, temos que transformar a vazão em uma altura média de lâmina d'água para toda a bacia hidrográfica. Vamos primeiro calcular a vazão total em m^3 durante 1 ano:

$$Q = 200 \frac{m^3}{s} \cdot 24h \cdot 60 \text{ min} \cdot 60 \text{ seg} \cdot 365 = 6.307.200.000,00 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Agora dividimos essa vazão pela área da bacia para encontrarmos a altura média da lâmina d'água nesse período. A área é 30.000 km^2 , o que equivale a $30.000 \times 10^6 m^2$. Logo, temos que:

$$Q = \frac{6.307.200.000,00 \text{ m}^3/\text{ano}}{30.000 \times 10^6 m^2} = 0,2102 \frac{m}{\text{ano}} = 210,2 \text{ mm/ano}$$

Com os dados da vazão (Q) e precipitação (P), podemos agora calcular a evapotranspiração real (EVT):

$$P = EVT + Q$$

$$EVT = P - Q$$

$$EVT = 620,6 \text{ mm/ano} - 210,2 \text{ mm/ano} = 410,4 \text{ mm/ano}$$

Gabarito: "D".

4 – PRECIPITAÇÃO

A precipitação é um fenômeno meteorológico que abarca **toda transferência de água do meio atmosférico para a superfície terrestre**, podendo ocorrer por diferentes formas, como:

- ✓ Forma líquida: chuva;
- ✓ Forma sólida: granizo e neve.

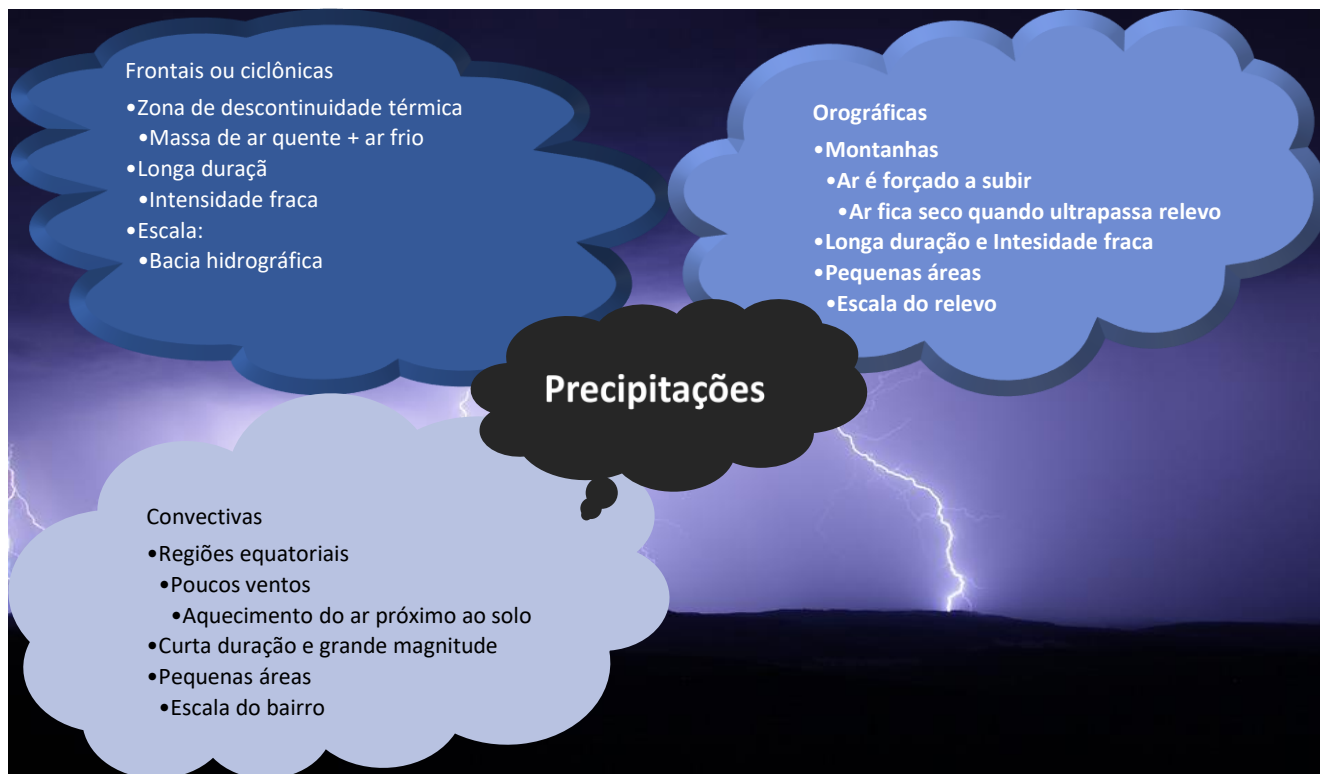
Há **3 tipos** de precipitações, classificadas de acordo com o fator responsável pela sua formação:

- **Ciclônicas**: ocorrem quando uma **massa** de ar **quente** se encontra com uma **fria**. Por causa desse encontro de massas de ar bem diferentes, dizemos que nessa zona há uma **descontinuidade térmica**. São produzidas geralmente quando há ventos quentes e úmidos soprando dos oceanos (regiões de alta pressão) para os continentes (regiões de baixa pressão). São chuvas de **intensidade baixa a moderada** e **longa duração**, abrangendo geralmente **grandes áreas**, à **escala** de uma **bacia hidrográfica**. Essas precipitações podem ser **classificadas** em:
 - ✓ **Frontais**: ocorre ascensão de ar quente (mais leve) sobre o ar frio na zona de contato entre as 2 massas. São o tipo mais comum.



- ✓ **Não frontais:** Há uma redução da pressão local, sendo o ar elevado na atmosfera. Dizemos que na precipitação não frontal há uma convergência horizontal de correntes de ar em áreas de baixa pressão.
- **Orográficas:** ao encontrar uma **montanha**, o ar é forçado a subir na atmosfera para aumentar sua altitude, sendo esse movimento uma **ascensão mecânica**, por se tratar da transposição de uma barreira física que é o relevo. Como a maiores alturas a temperatura é menor, temos a condensação do vapor em gotas de água, acontecendo a precipitação. As orográficas ocupam **pequenas áreas, limitadas ao relevo**, com **pequena intensidade** e **longa duração**. Quando a massa de ar que ascendeu à montanha consegue ultrapassá-la, tem-se o que se chama sombra pluviométrica, gerando regiões secas ou semiáridas.
 - ✓ Em chuvas orográficas, a condensação do vapor d'água ocorre por uma transformação adiabática, ou seja, sem troca de calor do vapor com o meio externo.
- **Convectivas:** acontecem pelo fenômeno clássico do **aquecimento** do **ar próximo à superfície** terrestre, que fica menos denso e ascende na atmosfera até formar nuvens, ocorrendo a posterior condensação. São fenômenos que se caracterizam pela presença de trovoadas, rajadas de ventos e **tempestades** com **curta duração**. Apesar da **grande magnitude** desses eventos, ocorrem geralmente em **pequenas áreas** (à escala de bairro), sendo característicos de regiões **equatoriais**. O motivo é que nessas regiões há poucos ventos, havendo movimentação do ar apenas a nível vertical na atmosfera.





(ESAF/ FUNAI - Eng. Civil - 2016) Sobre o ciclo hidrológico, é correto afirmar que:

- a) não é alterado por ações humanas.
- b) é um processo fechado ao nível da bacia hidrográfica.
- c) a água não sofre mudanças em sua qualidade.
- d) a precipitação pode ocorrer na forma de chuva, granizo e neve.
- e) o processo de liberação da água pelas plantas é chamado de condensação.

Comentários:



A **alternativa A** está errada, pois ações humanas alteram o ciclo hidrológico quantitativamente, por exemplo, ao fazer a transposição de água de uma bacia, e qualitativamente, ao lançar efluentes contaminados em corpos d'água.

A **alternativa B** está errada, visto que o ciclo hidrológico é fechado somente à escala planetária. No caso de uma bacia, não há controle, por exemplo, sobre o movimento das nuvens, que é função dos ventos. Assim, a água de uma bacia que evapora e forma nuvens pode ir para outras bacias, reduzindo a quantidade de água da bacia e tornando esse sistema aberto.

A **alternativa C** está errada, já que a água vai sofrendo mudanças qualitativas devido às interferências ambientais, sendo afetada pela poluição, radiação, consumo das atividades humanas, etc.

A **alternativa D** está correta, visto que a precipitação é qualquer transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre, como a neve, o granizo ou a chuva.

A **alternativa E** está errada, pois a liberação de água pelas plantas é o que conhecemos como transpiração, resultado das suas ações fisiológicas. A condensação é uma transformação do estado gasoso para o líquido.

(FGV/ MPE AL - Eng. Civil - 2018) Relacione os tipos de precipitação, listados a seguir, às suas respectivas definições e características.

1. Frontal
2. Orográfica
3. Convectiva

() ocorre quando ventos quentes e úmidos, soprando geralmente dos oceanos para os continentes, encontram uma barreira montanhosa que forçam sua elevação.

() ocorre com grande intensidade e pequena duração, e são restritas a pequenas áreas (escala de bairro).

() possui escala de bacia hidrográfica e apresenta intensidade fraca e longa duração.

() ocorre na região em que há descontinuidade térmica, quando duas massas de ar de características diferentes se encontram.

Assinale a opção que mostra a relação correta, de cima para baixo.

- a) 2 – 3 – 2 – 1.
- b) 1 – 3 – 1 – 2.
- c) 1 – 2 – 3 – 2.
- d) 2 – 3 – 1 – 1.
- e) 3 – 2 – 3 – 1.

Comentários:

Vamos analisar cada parêntese:

1º parêntese: barreira montanhosa forçando elevação de massa de ventos quentes e úmidos só pode ser chuva orográfica. Portanto, a resposta certa é o **número 2**.

2º parêntese: chuva em pequena área e de curta duração é a convectiva. Logo, é o **número 3** a nossa resposta.



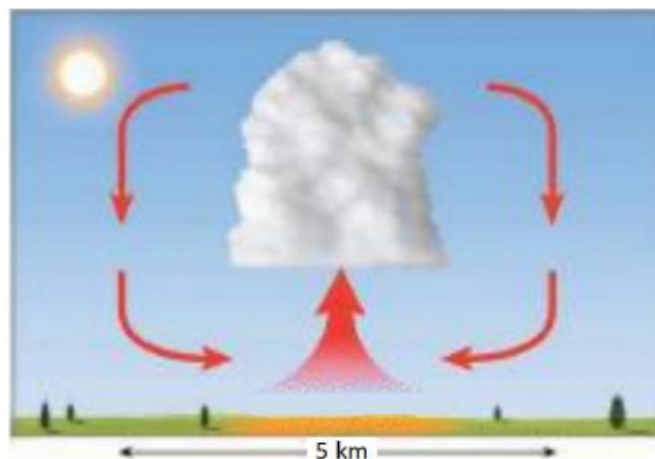
3º parêntesis: A chuva que incide à escala de uma bacia hidrográfica e que possui intensidade fraca, mas com longa duração é a do tipo frontal. Assim, assinalamos **número 1**.

4º parêntesis: o encontro de massas de ar diferentes (zona de descontinuidade térmica) levando à ocorrência de chuvas corresponde à precipitação do tipo frontal, correspondente ao **número 1**.

Assim, a sequência correta é 2-3-1-1, ou seja, **letra "D"**.

Essa questão a seguir contém vários termos técnicos que você não aprendeu, contudo há uma série de pistas na questão para se descobrir a resposta correta. Vamos lá?

FGV/ TJ SC - Engenheiro - 2018 As precipitações são classificadas segundo o mecanismo de ascensão do ar úmido em alguns tipos. Observe a figura:



Esses tipos de precipitação são típicas das regiões tropicais. O aquecimento desigual da superfície terrestre provoca o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes, o que gera uma estratificação térmica da atmosfera em equilíbrio instável, que, uma vez quebrado (vento, superaquecimento), provoca uma ascensão brusca do ar menos denso, gerando chuvas de grande intensidade e curta duração, concentradas em pequenas áreas.

Esse tipo de precipitação é conhecido como:

- a) orográfica;
- b) fisiográfica;
- c) convectiva;
- d) occipital;
- e) frontal.

Comentários:

Perceba que o evento a que se refere a questão ocorre pela ascensão de camadas de ar, devido a diferenças de temperatura na atmosfera. O resultado é a produção de chuvas de grande intensidade (lembra das tempestades de que falamos na teoria?) e curta duração. Por fim, com a referência à escala de pequenas áreas, constatamos que só pode se tratar de uma **precipitação convectiva**, letra C.



PEGADINHA

(CESPE/SLU DF - Eng. Civil - 2019) Julgue o item, acerca de aspectos relacionados aos componentes do ciclo hidrológico.

As precipitações são classificadas em convectivas, orográficas ou frontais.

Comentários:

As precipitações podem ser classificadas em convectivas, orográficas, frontais e não frontais. A afirmativa não mencionou as não frontais, contudo não disse que as precipitações se restringem a apenas 3 tipos. Portanto, está **correta** a afirmativa.

(COSEAC/UFF - Eng. Civil - 2017) O esfriamento dinâmico ou adiabático é a principal causa da condensação e é o responsável pela maioria das precipitações. Existe um tipo de precipitação que está associada com o movimento das massas de ar de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão. Essas diferenças de pressão são causadas por aquecimento desigual da superfície terrestre. Podem ser classificadas como frontal e não frontal. Este tipo de precipitação é denominado:

- a) convectiva.
- b) estratificada.
- c) concentrada.
- d) ciclônica.
- e) orográfica.

Comentários:

A precipitação causada pela diferença de pressão, resultado do aquecimento desigual da superfície terrestre, gerando massas de ar diferentes que colidem entre si é a precipitação ciclônica.

As alternativas B e C não são um tipo de precipitação, mas sim características que se dá a algumas delas. As alternativas A e E são tipos de precipitação diferentes, sendo a primeira causada pelo aquecimento da superfície terrestre em regiões equatoriais e a segunda causada pela transposição de acidentes do relevo por massas de ar.

Gabarito: "D".

(FCC - TCE-RS - Eng. Civil - 2014) Precipitação é a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. As precipitações

- a) frontais ou não frontais são, normalmente, de longa duração e apresentam intensidades de baixa a moderada, espalhando-se por grandes áreas.
- b) ciclônicas resultam da ascensão mecânica de correntes de ar úmido horizontal sobre barreiras naturais.
- c) ciclônicas são, normalmente, de grande intensidade e curta duração, concentradas em pequenas áreas.



d) convectivas estão associadas com o movimento de massas de ar de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão.

e) convectivas ocorrem quando o ar é elevado em consequência de uma convergência horizontal em áreas de baixa pressão.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois as precipitações que se dividem em frontais e não frontais são as do tipo ciclônico, que se caracterizam por longa duração e intensidade baixa a moderada, abrangendo grandes áreas.

A **alternativa B** está errada, já que a precipitação que resulta da ascensão mecânica de uma massa de ar é a orográfica, e não a ciclônica.

A **alternativa C** está errada, visto que as precipitações ciclônicas são de intensidade baixa a moderada, longa duração e atingem grandes áreas. A alternativa da questão se refere às precipitações convectivas.

A **alternativa D** está errada, pois as precipitações convectivas ocorrem pelo aquecimento desigual da superfície terrestre, e não pelo movimento de massas de ar de uma zona de alta pressão para uma de baixa pressão. O conceito dessa alternativa refere-se às precipitações ciclônicas.

A **alternativa E** está errada, já que as precipitações convectivas são causadas pelo aquecimento desigual da superfície terrestre, resultando na ascensão na atmosfera da massa de ar aquecida. O conceito de precipitação dessa alternativa refere-se às ciclônicas do tipo não frontal.

4.1 – Medindo-se as precipitações

Para padronizar a forma de se medir a precipitação, convencionou-se exprimi-la pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana, chamada de **altura pluviométrica**, dada geralmente em mm. Admite-se que essa água não se infiltrará, não escoará, nem irá evaporar, ou seja, considera-se 100% da água precipitada quando falamos de altura de uma precipitação. Assim, caso seja dito que choveram 5 mm em uma região, quer dizer que a chuva produziu uma lâmina d'água naquela região com uma altura de 5 mm (Figura 18).

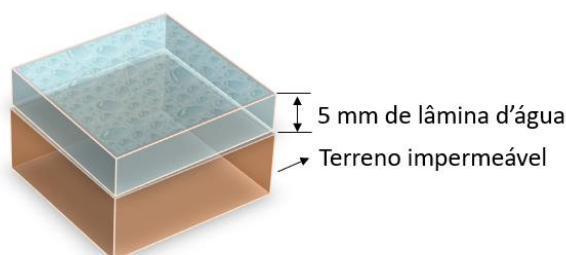


Figura 18: medição de precipitações com base na altura precipitada



Por representar a altura da lâmina d'água que cobriria uma região de referência, a altura pluviométrica pode também ser expressa em volume de água precipitada por unidade de área horizontal:

$$\text{Precipitação} = \text{altura precipitada} = \frac{\text{Volume de precipitação}}{\text{Área da precipitação}}$$

Para medir a altura de uma precipitação, utilizamos equipamentos chamados de **pluviômetros** ou **pluviógrafos**. Ambos são coletores de água com área conhecida e altura padronizada em 1,50 m, sendo que a diferença entre eles se dá quanto à consideração do tempo, pois no pluviômetro não sabemos a que hora ocorreram as precipitações, enquanto no pluviógrafo há esse controle temporal. Assim, os pluviógrafos têm a vantagem de permitir a produção de **pluviogramas**, que são os gráficos que relacionam a altura da precipitação com o instante temporal correspondente.

Por serem **mais baratos** e de **fácil instalação e operação**, os pluviômetros são **mais utilizados** (Figura 19). Geralmente lê-se a altura precipitada no pluviômetro a cada dia, resultando em registros como 10 mm/dia.

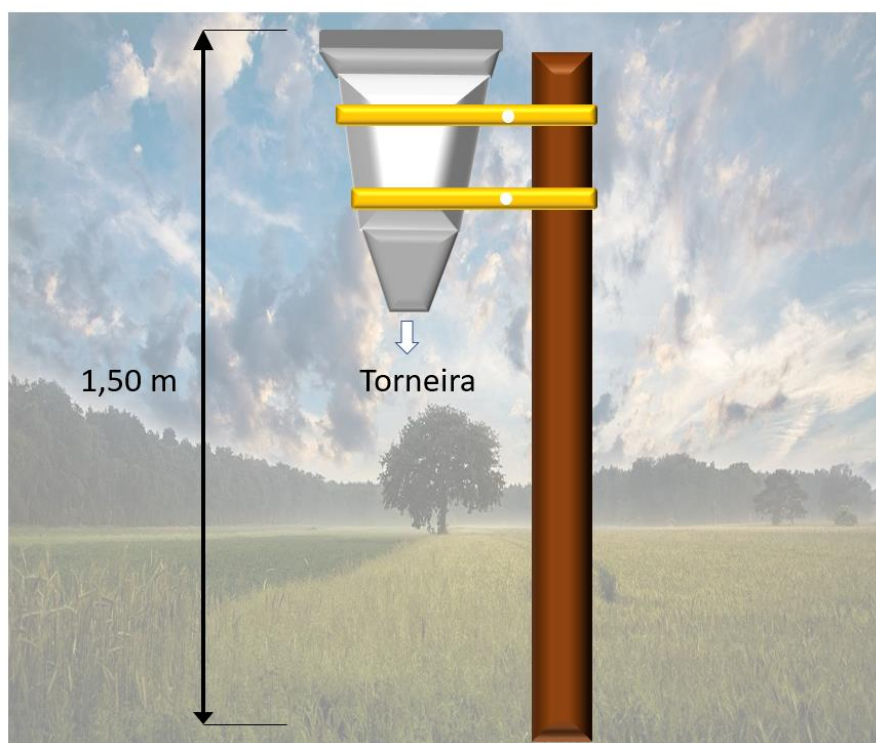


Figura 19: exemplo de pluviômetro para medição de precipitações

Antigamente os pluviógrafos eram acoplados a uma balança e a um papel para registro das medidas. Esse método da balança tem a limitação de só fazer registros da altura precipitada a partir do momento em que a balança pesa uma quantidade mínima de água que seja sensível ao instrumento, geralmente da ordem de 20 gramas. Assim, há uma limitação à medição quanto a seus intervalos no tempo. Hoje são utilizados pluviógrafos eletrônicos com memória, que fazem medidas em intervalos de tempo mais curtos.

Esses instrumentos estão sujeitos a uma série de interferências do meio, como vento e obstáculos próximos que possam interferir na quantidade de água precipitada. Portanto, deve-se garantir uma distância mínima dessas estações de medição dos obstáculos ao redor, sendo geralmente adotada uma distância de 4 vezes a sua altura.

Há alguns detalhes de operação do pluviômetro que às vezes as bancas cobram. Geralmente os pluviômetros possuem reservatórios para acumular uma precipitação que ocorra ao longo das 24 horas de um dia. Como detalhe operacional, saiba que aquelas **precipitações medidas ao longo de 24 horas** que forem **observadas antes do meio dia** devem ser **atribuídas** ao **dia anterior**.



Os **pluviógrafos**, por associarem a altura precipitada acumulada à unidade de tempo, são **adequados às precipitações de curta duração**, permitindo a clara observação do início até o término do evento. Por muitas vezes serem priorizados no controle de precipitações com curta duração, os pluviógrafos têm seu uso recomendado para **bacias menores**, em que a duração da precipitação corresponde aproximadamente ao tempo de concentração da bacia, que é o tempo necessário para que toda a bacia contribua com o escoamento no exutório.

No pluviograma a seguir, perceba que as precipitações são medidas de forma acumulada até o instante 60 minutos, quando o reservatório do pluviômetro fica cheio de água e despeja-a, reiniciando a medição da precipitação a partir do ponto zero. Assim, os pontos em que não ocorrem precipitações não são aqueles com altura precipitada nula, mas sim aqueles com inclinação horizontal, que são entre os instantes zero e 10 minutos e entre 100 e 120 minutos.

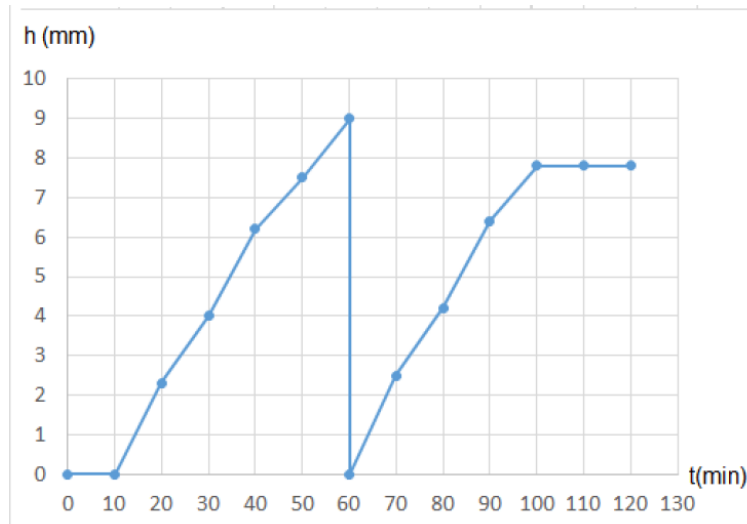


Figura 20: exemplo de pluviograma (FGV, 2019)

Se colocarmos 2 pluviógrafos para medir a mesma precipitação, veremos que há uma grande variação espacial do evento climático com o espaço e também com o tempo, ou seja, a quantidade de água que cai em uma região tende a ser diferente daquela de uma região próxima, sendo também diferentes a distribuição desses eventos no tempo.

Por isso, geralmente trabalhamos com vários pluviógrafos e pluviômetros para se entender melhor a distribuição das precipitações, gerando um rico banco de dados de pluviometria. Com essa nuvem de pontos que têm todas as precipitações de uma região, podemos produzir **curvas espaciais de igual altura média precipitada ao longo de um período**, que são as chamadas **isoietas** (Figura 21).

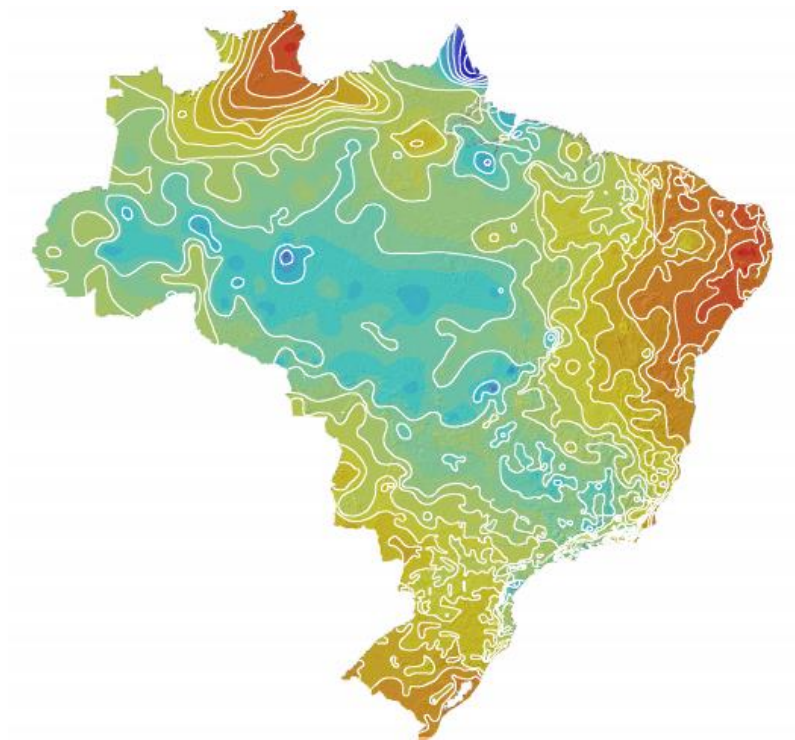


Figura 21: mapa de isoietas médias do Brasil para o mês de janeiro (fonte: https://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/atlas_pluviometrico_brasil/isoietas_medias_mensais_1977_2006.pdf)

Outro dispositivo de medição de precipitações é o **radar meteorológico**, que **mede a precipitação não somente no tempo, mas também no espaço**. Várias capitais do Brasil já possuem radares para ajudar a planejar medidas preventivas e emergenciais no caso de inundações, contudo a precisão dos radares ainda é baixa. Assim, o maior uso desses equipamentos não é para se saber a altura que será precipitada, mas sim como a chuva é formada e distribuída nas cidades.



Figura 22: exemplo de radar meteorológico (BRASIL, [20--])

O funcionamento do radar se baseia na emissão de radiação eletromagnética que alcança as gotas de chuva e é refletida por essas gotas. O equipamento **registra** as **precipitações** de **forma quase contínua**, numa escala regional abrangendo uma área de 100 a 400 quilômetros. O radar **pode** ainda **ser calibrado** com informações pluviométricas de uma **rede de pluviômetros**.



Algumas questões vão inventar que o radar mede outras grandezas além das precipitações, como, por exemplo, as descargas atmosféricas. Não caia nessas pegadinhas!

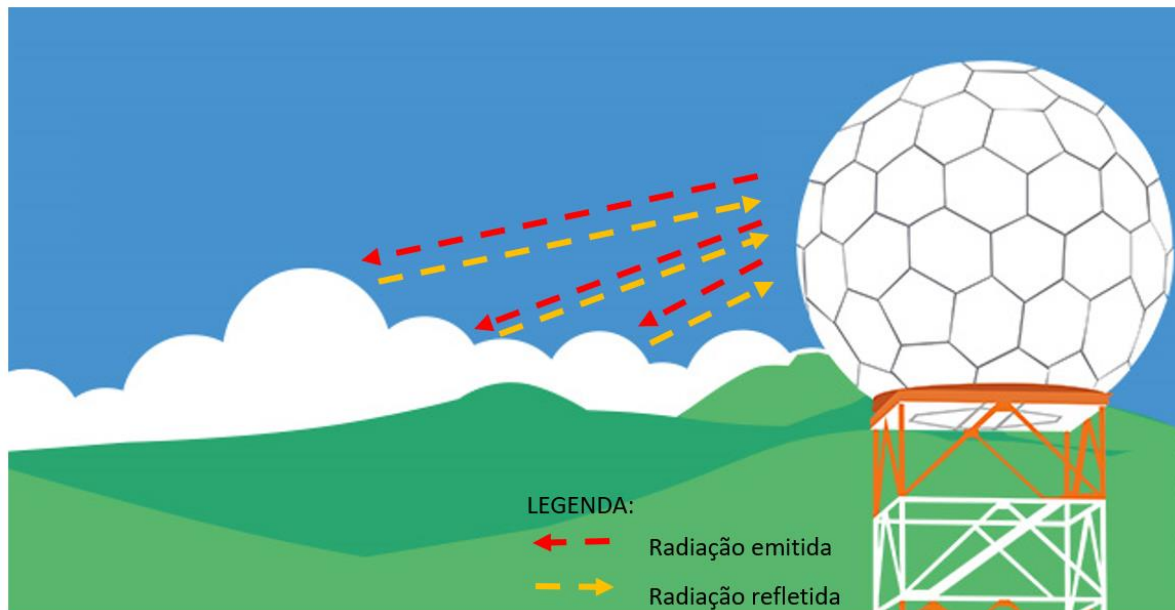


Figura 23: esquema básico de funcionamento de um radar meteorológico (Adaptado de BRASIL, [201-])

Outro método de medição da precipitação é por meio de análise de **fotos** das nuvens feitas **por satélite**, geralmente associada a informações colhidas como temperatura ou mesmo dados do próprio radar. Trata-se de um método que correlaciona vários parâmetros, permitindo previsões mais confiáveis.



(CESPE/ SLU DF - Eng. Civil - 2019) Julgue o item, acerca de aspectos relacionados aos componentes do ciclo hidrológico.

O volume de chuva correspondente à precipitação média de 40 mm em uma bacia hidrográfica de 7.000 km² é de 280 hm³.

Comentários:

A questão afirma que o volume precipitado corresponde a uma quantidade em hm³. Assim, temos que fazer todos os cálculos em hm, para encontrarmos o resultado na mesma unidade solicitada e compará-lo. Vamos lá!

Primeiro, vamos converter a altura da precipitação, que é 40 mm, em hm. As unidades de comprimento são divididas em:

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
----	----	-----	---	----	----	----



Para alterar a unidade de medida de um retângulo para o próximo ao lado, temos que multiplicar ou dividir por 10. Temos que converter 40 mm para hm, havendo 5 retângulos para transpor. Logo, temos que dividir 40 por 100.000:

$$\text{Precipitação} = 40\text{mm} = 40\text{mm} \frac{\text{hm}}{100.000\text{mm}} = 0,0004\text{hm}$$

A área da bacia hidrográfica foi dada em km². Nesse caso, as unidades são as seguintes:

km ²	hm ²	dam ²	m ²	dm ²	cm ²	mm ²
-----------------	-----------------	------------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Para mudar a unidade de medida de apenas um retângulo para o próximo ao lado, temos que multiplicar ou dividir o valor por 100, pois as unidades estão elevadas ao quadrado. Como queremos passar 7.000 km² para hm², basta multiplicarmos o valor por 100:

$$\text{Área} = 7.000\text{km}^2 = 7.000\text{km}^2 \cdot \frac{100\text{hm}^2}{\text{km}^2} = 700.000\text{hm}^2$$

O volume produzido pela precipitação em uma bacia nada mais é do que o volume da lâmina d'água precipitada, resultado da altura média da precipitação vezes a área onde ocorreu o evento:

$$\text{Volume} = \text{Área} \cdot \text{Altura precipitada} = 700.000 \times 0,0004 = 280\text{hm}^3$$

Portanto, a afirmativa está **correta**.

4.2 - Variáveis que descrevem uma precipitação

A partir dos dados colhidos das precipitações, constata-se que o volume precipitado depende diretamente de algumas variáveis. A primeira é a **duração**, que é o **período de tempo desde o início até o fim da precipitação, ou seja, é o tempo durante o qual a chuva cai**, geralmente dado em minutos ou hora.

A duração da precipitação é diferente da sua **distribuição temporal**, pois podemos ter, por exemplo, uma chuva mais concentrada no início ou no final. A **forma como um evento se distribui no tempo** pode afetar diretamente o volume escoado, sobretudo no exutório de uma bacia. Da mesma forma, a **distribuição espacial** de um evento pluviométrico impacta na formação de regiões mais secas em alguns locais de uma bacia e mais úmidas em outros. Podemos ter, por exemplo, mais precipitações em regiões mais altas de uma bacia do que nas mais baixas, embora essa concentração não seja uma regra geral.

Outra variável de grande importância é a chamada **intensidade pluviométrica**, que nos permite comparar diferentes precipitações e ver qual é a mais forte, ou seja, a mais intensa. Trata-se de uma grandeza que expressa também a variabilidade da precipitação quanto ao tempo, sendo dada em mm/h ou mm/min. É calculada pela **divisão da altura precipitada (h) em um dado intervalo de tempo (Δt) pelo próprio intervalo (Δt)**:

$$I = \frac{h}{\Delta t}$$



Assim, caso tivéssemos que escolher entre 2 chuvas que ocorreram em uma mesma região, com mesma duração, a mais intensa seria aquela que geraria uma altura precipitada maior, ou seja, uma lâmina d'água maior na superfície.

Como o **pluviógrafo** mede a altura de precipitação ao longo do tempo, trata-se de um instrumento de **medição** da **intensidade pluviométrica**. Já o **pluviômetro** é utilizado apenas para medições da **altura pluviométrica**.

A altura precipitada é uma variável aleatória, bem como o fenômeno da precipitação. Não é à toa que os jornais algumas vezes erram nas previsões meteorológicas, pois os boletins climáticos são feitos com base em probabilidades. Por esse mesmo motivo, quando vamos estudar precipitações, trabalhamos com a variável **frequência**, que é o **número de vezes que uma precipitação com uma dada magnitude ocorre em uma região em um certo intervalo de tempo**.



É muito comum termos problemas com o pluviômetro ou com o seu operador, por diversas razões, como defeitos no equipamento ou mesmo a troca do operador. Assim, surgem falhas nas séries de dados pluviométricos coletados, devendo-se utilizar alguns métodos já desenvolvidos para o **preenchimento dessas falhas**. São exemplos o **método** de **Ponderação Regional** e de **Regressão linear**. Contudo, o observador deve estar atento para não confundir a ausência de precipitação com falhas do equipamento. Afinal, a ausência de precipitação é uma medida feita pelo equipamento quando está em pleno funcionamento.

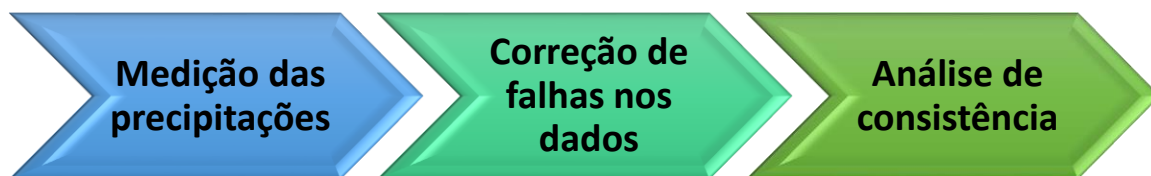
Feita a correção de falhas nas **séries pluviométricas obtidas**, procede-se à **verificação de sua uniformidade**, processo chamado de **análise de consistência**. Nesse processo, **comparam-se** as medições pluviométricas feitas por **postos de medição vizinhos**, **verificando** a possível **ocorrência de discrepâncias** que evidenciem alterações das condições físicas do local ou mesmo mudança do agente observador. Existem vários métodos a se empregar nessa etapa, como os **métodos da Dupla Massa** e **do Valor Regional**.



Em geral, quando vamos **dimensionar uma rede de drenagem urbana**, consideramos 3 dessas variáveis que descrevem a precipitação a se considerar no projeto:

- **Frequência;**
- **Intensidade;**
- **Altura pluviométrica.**

Portanto, não caia em pegadinhas que vão lhe dizer que o tipo de chuva é uma variável de grande importância no dimensionamento. Afinal de contas, o que afeta a quantidade de água que cai em uma bacia é a intensidade pluviométrica e a sua probabilidade de ocorrer naquela bacia, dada pela sua frequência. Se precipitaram 2 m^3 por uma chuva do tipo A ou B, isto é indiferente para o dimensionamento e desempenho do dispositivo de drenagem.



- Métodos:
 - Ponderação Regional
 - Regressão linear

- Métodos:
 - Dupla Massa
 - Valor Regional



(CEV UECE/FUNCEME - Hidrologia Operacional e Experimental - 2018) São instrumentos para registro de intensidade pluviométrica, altura pluviométrica e evapotranspiração, respectivamente:

- a) pluviômetros, molinetes e pluviógrafos.
- b) radares meteorológicos, lisímetros e atmômetros.
- c) pluviógrafos, pluviômetros e lisímetros.
- d) lisímetros, pluviógrafos e atmômetros.

Comentários:

A intensidade pluviométrica é medida por meio de pluviógrafos, que relacionam a altura precipitada com o intervalo de tempo correspondente. Já a altura pluviométrica requer apenas a existência de um pluviômetro. Por fim, a evapotranspiração é medida por meio de lisímetros. Assim, a resposta correta será a alternativa C.

Gabarito: "C".

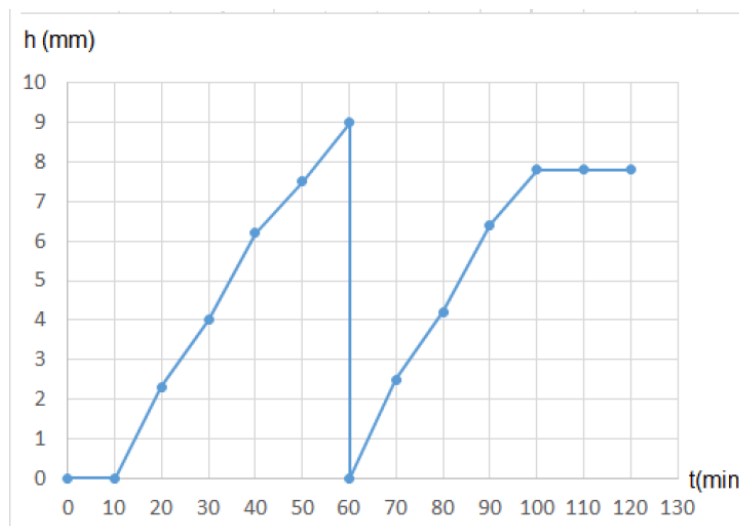
(CONSULPLAN/ Pref Sabará - Eng. - 2017) É sabido que a precipitação de chuvas ocorre de um modo aleatório, influenciada por diversas variáveis que, por sua vez, dependam também de outras variáveis aleatórias. Portanto, não há outro recurso senão recorrer ao método estático para se proceder ao seu estudo, onde consideramos alguns conceitos fundamentais para o cálculo de dimensionamento de redes urbanas de drenagem como, EXCETO:

- a) Frequência.
- b) Intensidade.
- c) Tipo de chuva.
- d) Altura pluviométrica.

Comentários

A análise da frequência, combinada com a intensidade e a altura pluviométrica são os parâmetros utilizados no dimensionamento de redes de drenagem urbana. Não consideramos tipos de chuvas, por não ser um fator crítico que altere o volume precipitado. Logo, a alternativa errada é a **letra C**.

(FGV/ Pref. de Salvador - Eng. Civil - 2019) Observe o pluviograma registrado em um pluviógrafo durante uma chuva com duração de 90 minutos.



Os dados que geraram o pluviograma estão na tabela a seguir.



t (min)	h(mm)
0	0
10	0
20	2.3
30	4
40	6.2
50	7.5
60	9
60	0
70	2.5
80	4.2
90	6.4
100	7.8
110	7.8
120	7.8

A intensidade média de chuva que ocorreu nesse período de 90 minutos, é de

- a) 5,5 mm/h.
- b) 8,6 mm/h.
- c) 9,5 mm/h.
- d) 11,2 mm/h.
- e) 18,6 mm/h.

Comentários:

Você lembra que o pluviógrafo associa a altura precipitada **acumulada** à unidade de tempo? Então, quando se mede uma altura precipitada de 2,3 mm e 4 mm com, respectivamente, 20 e 30 minutos, quer dizer que entre 20 e 30 minutos houve uma precipitação de apenas 1,7 mm, que é a diferença entre as 2 medidas.

Observamos que no instante 60 minutos a altura precipitada é zerada, o que indica que o reservatório do pluviógrafo despejou a água em um coletor, mas continuou medindo a precipitação, uma vez que a altura precipitada voltou a aumentar em seguida. Isso indica que não houve interrupção na precipitação. Logo, a altura precipitada será a altura total medida, considerando que houve um basculamento no instante 60 minutos. Assim, temos que:

$$\text{Altura precipitada} = 9\text{mm} + 7,8\text{mm} = 16,8\text{ mm}$$

Vamos agora calcular a duração da precipitação, embora a questão já nos tenha dito que é de 90 minutos. A medição aponta altura precipitada apenas no instante 20 minutos. Contudo, sabemos que a precipitação se inicia gradualmente a partir da altura zero. Por isso, consideramos que a precipitação se iniciou no instante 10 minutos, terminando no momento em que não se mede mais nenhuma altura, ou seja, o instante 100 minutos. Assim, a duração será:

$$\text{Duração} = 100 - 10 = 90\text{ minutos} = 1,5\text{ hora}$$

Como a questão nos pede a intensidade média, basta dividirmos a altura precipitada de 16,8 mm pela duração de 1,5 horas. Logo, a intensidade será:

$$\text{Intensidade pluviométrica} = \frac{16,8}{1,5} = 11,2\text{ mm/hora}$$



Gabarito: "D".

(COSEAC/UFF - Eng. Civil - 2017) A relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação é conhecida como:

- a) descarga temporal.
- b) intensidade da precipitação.
- c) precipitação atmosférica.
- d) intensidade hidrográfica.
- e) dinâmica pluviométrica.

Comentários:

A grandeza que se baseia na razão entre a altura pluviométrica média e a duração do evento é a intensidade pluviométrica, geralmente medida em mm/h ou mm/min no caso de eventos mais curtos. As outras alternativas referem-se a conceitos gerais sobre precipitações, exceto a intensidade hidrográfica (alternativa D), que é um conceito que não existe.

Gabarito: "B".

(FUNDEP/UFVJM - Hidrologia - 2017) No Brasil, um dos principais instrumentos utilizados na medição de chuvas é o pluviógrafo. Trata-se de um instrumento que mede continuamente os eventos chuvosos, tendo como princípio de funcionamento a coleta sistemática da precipitação em um recipiente que, na maioria das vezes, possui formato de um funil.

São variáveis obtidas por esse equipamento, EXCETO:

- a) altura de chuva.
- b) duração da chuva.
- c) intensidade da chuva.
- d) temperatura da chuva.

Comentários:

O pluviógrafo permite a observação da altura precipitada acumulada em função do tempo, possibilitando a obtenção da altura da chuva (letra A), sua duração (letra B) e o cálculo de sua intensidade (letra C) para cada precipitação. A **alternativa D** está errada, pois o pluviógrafo não faz medição de temperatura.

(CONSULPLAN/Pref. de VN do Imigrante - Eng. Civil - 2016) É sabido que a precipitação das chuvas ocorre de modo aleatório, influenciada por diversas variáveis que, por sua vez, dependem também de outras variáveis aleatórias. Portanto, não há outro recurso senão recorrer ao método estatístico para se proceder ao seu estudo. São conceitos fundamentais de projetos de drenagem urbana, EXCETO:

- a) A determinação da frequência "n" resulta na análise das estatísticas das chuvas.
- b) A altura pluviométrica pode ser expressa em volume de água precipitada por unidade de área vertical.
- c) A frequência "n" é a indicação do número de vezes que uma chuva de mesma intensidade ocorre num certo tempo (por exemplo, em um ano).



d) A altura pluviométrica é a medida vertical, geralmente em milímetros, da chuva precipitada num tempo que se considere (minuto, hora, dia, mês, ano) em um recipiente cilíndrico de eixo vertical (pluviômetro).

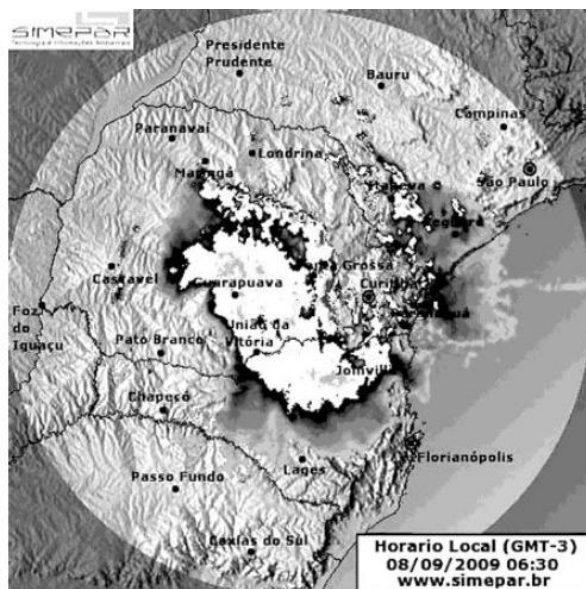
Comentários:

As **alternativas A e C** estão corretas, pois a frequência é a quantidade "n" de vezes que uma dada precipitação ocorre em uma região em um certo intervalo de tempo, sendo fruto de análise estatística de dados históricos da chuva.

A **alternativa B** está errada, já que a altura pluviométrica pode ser descrita como o volume de água que precipita em um local dividido pela área horizontal desse local, e não vertical, já que a altura precipitada se refere à lâmina d'água formada na região.

A **alternativa D** está correta, pois a altura pluviométrica é a altura da lâmina d'água formada na superfície onde ocorreu o evento pluviométrico, geralmente expressa em milímetros e que pode ser medida pelo pluviômetro.

(NC/ UFPR/ITAIPU - Eng. Civil - 2015)



A figura acima mostra uma imagem gerada a partir das informações dos radares meteorológicos do Sistema Meteorológico do Paraná. Essa imagem refere-se à distribuição da chuva num certo intervalo de tempo no estado do Paraná. Sobre radar meteorológico, considere as seguintes afirmativas:

1. O radar meteorológico é um equipamento que registra eventos de precipitação de forma quase contínua, numa escala regional (da ordem de 100 a 400 quilômetros).
2. O radar meteorológico pode ser calibrado com informações de chuva provenientes de uma rede de pluviômetros automáticos.
3. O radar meteorológico é um equipamento que registra eventos de precipitação e de descargas atmosféricas.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.

- c) Somente a afirmativa 3 é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- e) As afirmativas 1, 2 e 3 são verdadeiras.

Comentários:

Vamos analisar cada afirmativa:

1. O radar meteorológico consegue acompanhar as precipitações quase continuamente e no espaço, abrangendo uma área de cerca de 100 a 400 quilômetros. **Correto.**
2. Uma rede de pluviômetros pode ser acoplada ao radar para aperfeiçoar suas medições. **Correto.**
3. O **radar não registra descargas atmosféricas**, mas apenas eventos de precipitação. Errado.

Gabarito: "D".

(NC/ UFPR/ITAIPU - Eng. Civil - 2015)

O conhecimento da distribuição da precipitação no território é essencial para o projeto de sistemas de interesse público (abastecimento de água, geração de energia e irrigação, entre outros). Sobre a medição da precipitação, é correto afirmar:

- a) Radares meteorológicos, em função de sua abrangência espacial, são os melhores equipamentos para quantificar as chuvas.
- b) A ausência de precipitação é um dos valores observados e não pode ser confundido com falha de observação.
- c) As precipitações acumuladas em 24 horas num pluviômetro e observadas antes do meio-dia podem ser atribuídas ao dia anterior ou ao próprio dia, a critério do observador.
- d) Os pluviômetros são aparelhos adequados para medição de chuvas de pequena duração, pois o observador poderá fazer a leitura imediatamente após essa chuva.
- e) Um pluviógrafo muito difundido no Brasil é o de balança, que pesa a gota da água, motivo pelo qual possui precisão mais elevada.

Comentários:

A **alternativa A** erra ao dizer que os radares meteorológicos são os melhores equipamentos para quantificar chuvas, pois radares ainda possuem precisão limitada, sendo adequada a sua calibragem com uma rede pluviométrica regional.

A **alternativa B** diz que a ausência de precipitação é um dos valores observados, ou seja, uma medida feita pelo equipamento, o que está correto. Deve o analista de dados pluviométricos saber interpretá-los, para não considerar ausência de chuva como erro de medição.

A **alternativa C** está equivocada, pois as precipitações observadas antes do meio-dia acumuladas em um pluviômetro devem ser atribuídas ao dia anterior.

A **alternativa D** erra ao dizer que os pluviômetros são adequados às chuvas de pequena duração, pois esses equipamentos não relacionam a precipitação com a unidade de tempo. Nesses casos, o mais adequado é o pluviógrafo, que consegue relacionar com maior precisão as precipitações com as alturas de água medidas.



A **alternativa E** está errada, visto que os pluviógrafos de balança são limitados quanto à consideração do instante t em cada as alturas são medidas, sendo superados em precisão pelos pluviógrafos eletrônicos com memória, que fazem medidas em intervalos de tempo mais curto.

(FUNDEP/ ARISB MG - Ana. de Fiscalização e Regulação - Engenharia Civil Sanitária - 2017) As chuvas podem ser medidas pontualmente e podem ser quantificadas por meio da altura da lâmina da água precipitada, da duração e da intensidade.

Com relação à medição das chuvas, é incorreto afirmar:

- a) Os pluviômetros são aparelhos com superfícies de captação horizontal e reservatório para acumular a precipitação ocorrida.
- b) Os pluviógrafos registram continuamente a precipitação de forma automática, em intervalos curtos de tempo, da ordem de minutos.
- c) O efeito do vento na região do entorno próximo aos medidores de precipitação não afeta o armazenamento da água da chuva.
- d) Os radares meteorológicos permitem a avaliação e o comportamento espacial da precipitação.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois os pluviômetros não somente captam água em uma superfície horizontal, como também acumulam água em um reservatório.

A **alternativa B** está correta, já que os pluviógrafos fazem registros contínuos das precipitações, possuindo um curto intervalo de tempo entre as medições.

A **alternativa C** está errada, pois o vento cria turbulências na região da borda das estações de medida, atrapalhando o tombamento das gotas no interior dos medidores.

A **alternativa D** está correta, já que os radares têm a vantagem de analisar a formação das chuvas no espaço, geralmente à escala regional.

4.3 - Precipitação média em uma área

Um pluviômetro permite que se tenha uma ideia da precipitação em uma área pontual. Como trabalhamos muitas vezes em grandes bacias hidrográficas, necessitamos de uma rede de pluviômetros para se entender a magnitude dos eventos pluviométricos que incidem naquela região. Assim, necessitamos saber a precipitação média em uma área, ou seja, a sua lâmina d'água média, relacionada a um dado período de tempo.

Há vários métodos de obtenção da precipitação média, de acordo com as premissas que se adotam para as medidas pontuais de precipitação feitas por cada pluviômetro. Vejamos os principais métodos.

4.3.1 - Método da média aritmética

Consideramos que todos os pluviômetros possuem a mesma importância na determinação da precipitação média (P_m). Assim, fazemos a simples média aritmética das precipitações P_i medidas em cada pluviômetro:



$$P_m = \frac{\sum P_i}{n}$$

Lembre-se que o " $\sum P_i$ " é simplesmente a soma de todas as precipitações, ou seja, todos os " P_i ", que são P_1 , P_2 , P_3 , etc. Já, o " n " é a quantidade de pluviômetros considerada nos cálculos.

A **vantagem** desse método é sua **simplicidade**, porém possui a **limitação** de **ignorar** as **variações espaciais da precipitação**. Quer um exemplo? Suponha que se trate de uma grande região perto do litoral. Nessa região há uma serra. Logo, com certeza haverá uma maior concentração de precipitações no lado da serra próximo ao mar, de onde certamente virão correntes úmidas de ar. Em contraponto, na região posterior da serra, ou seja, entre ela e o interior do continente, haverá baixo índice pluviométrico. O método da média aritmética ignoraria todos esses fatores que afetam a distribuição espacial pluviométrica relacionados à direção das correntes de vento e ao relevo.

Assim, trata-se de um método aplicável a regiões planas e que dispõem de muitos postos de medição de precipitação, para se ter maior representatividade dos dados.

2.1.2.2 Método de Thiessen ou dos polígonos de Thiessen

Diferentemente do método aritmético, a técnica de Thiessen **considera** as **variações na distribuição espacial dos pluviômetros**, porém ignora a variação espacial da pluviometria relacionada, por exemplo, ao relevo.



Denominamos **influências orográficas** às **influências relativas ao relevo**, pois orografia é um dos nomes que se dá ao estudo do relevo. Dizemos, por exemplo, que o **método de Thiessen não considera as variações orográficas**, pois o método **não é adequado** a **terrenos muito acidentados**, em que a influência do relevo sobre as precipitações é significativa.

Esse método baseia-se na média ponderada considerando a área de influência de cada posto de medição.



Vamos aprender esse método por meio do exemplo de uma região como a mostrada na figura a seguir, onde se dispõe de uma rede de 4 pluviômetros (P_1 , P_2 , P_3 e P_4). Queremos saber qual a precipitação média

da região mostrada. Porém, percebemos que, se fizéssemos a simples média aritmética dos valores de cada pluviômetro, não teríamos uma boa representatividade da média obtida, pois os postos de medição não estão uniformemente distribuídos pela região. Observe:

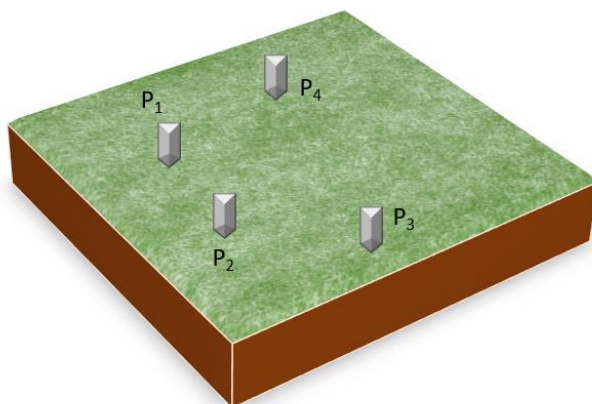


Figura 24: região com 4 pluviômetros em distribuição não uniforme

Nesse caso, o melhor método a se empregar é o Método de Thiessen, que considera a distribuição não uniforme de pluviômetros. São os seguintes os passos para se calcular a precipitação por esse método:

1. Ligue todos os postos de medição por uma reta (Figura 25, etapa 1);
2. A partir do meio cada segmento traçado, faça um pequeno segmento perpendicular, chamado de mediatriz (Figura 25, etapa 2);
3. Prolongue as linhas perpendiculares traçadas até uma encontrar a outra (Figura 25, etapa 3).

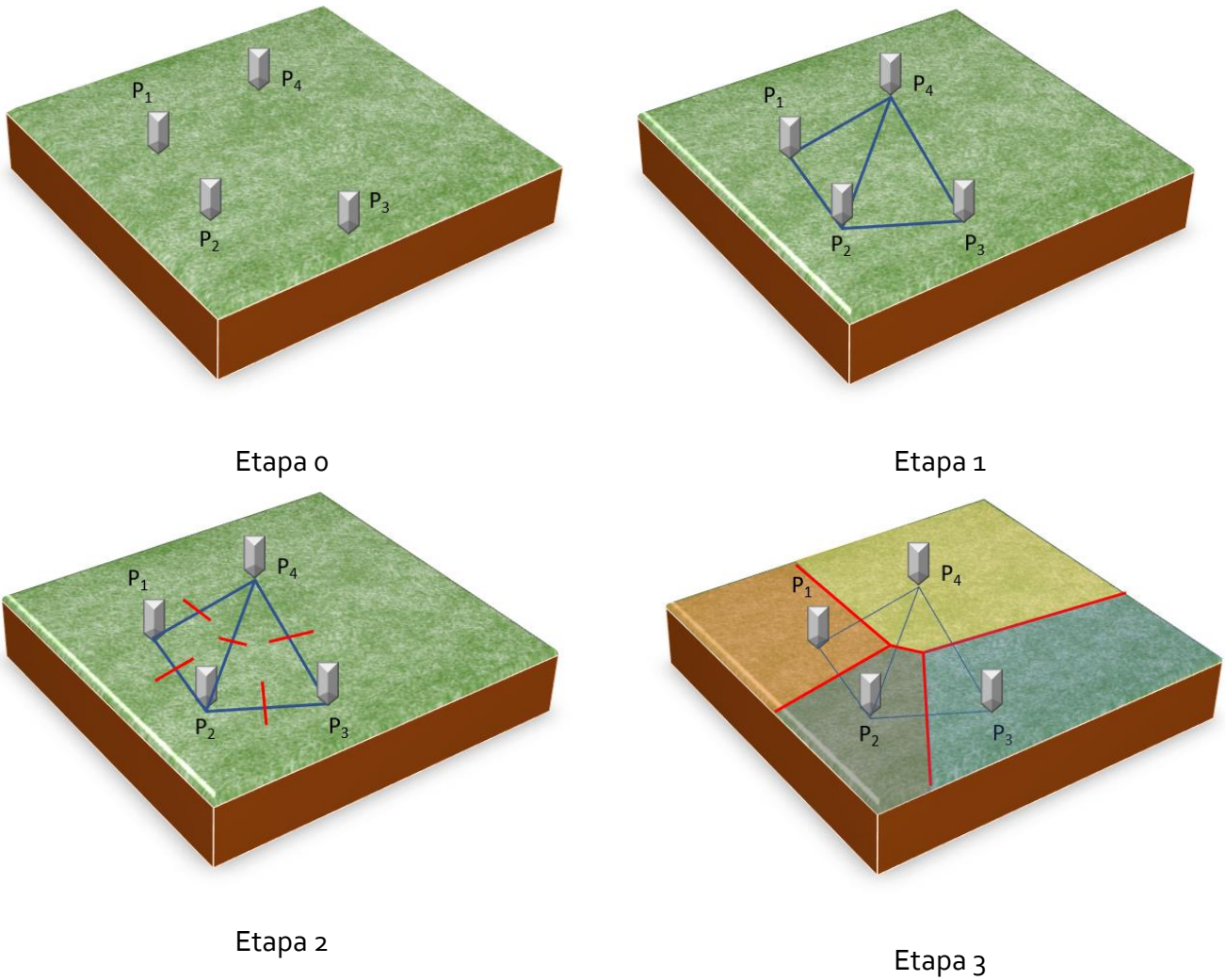


Figura 25: etapas de execução do método de Thiessen para se encontrar a pluviometria média

Com a etapa 3 feita, percebe-se que foram obtidos 4 polígonos em torno de cada estação de medição pluviométrica. Assim, a média pluviométrica (P_m) da região será simplesmente a média ponderada pela área dos polígonos obtidos. Logo, teremos que:

$$P_m = \frac{(P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_2 + P_3 \cdot A_3 + P_4 \cdot A_4)}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

Em que:

A_i : área de cada polígono obtido pelo método de Thiessen, conforme Figura 25, etapa 3;

P_i : precipitação medida em cada estação pluviométrica mostrada na Figura 25.

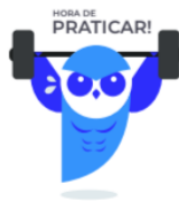
Podemos generalizar essa fórmula para a precipitação média (P_m):

$$P_m = \frac{\sum A_i \cdot P_i}{A}$$

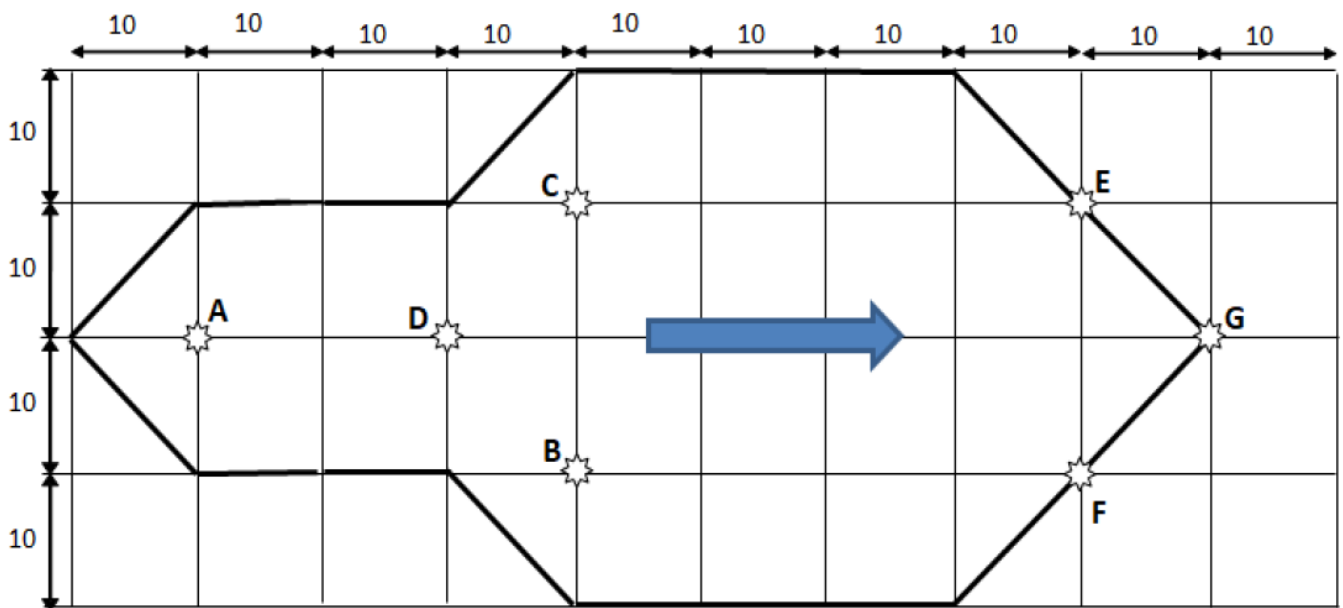
Em que:

A_i : área de influência de cada posto;

P_i : precipitação em cada posto;



(FGV/ DPE RJ - Eng. Civil - 2019) A figura mostra uma bacia hidrográfica hipotética onde os divisores topográficos são mostrados por linhas em negrito e os postos pluviométricos estão localizados com estrelas.



As precipitações dos postos são: A = 28 mm, B = 62 mm, C = 28 mm, D = 45 mm, E = 60 mm, F = 50 mm e G = 45 mm.

A precipitação média sobre a bacia hipotética, pelo método de Thiessen, é:

- a) 38,3 mm;
- b) 45,4 mm;
- c) 46,0 mm;

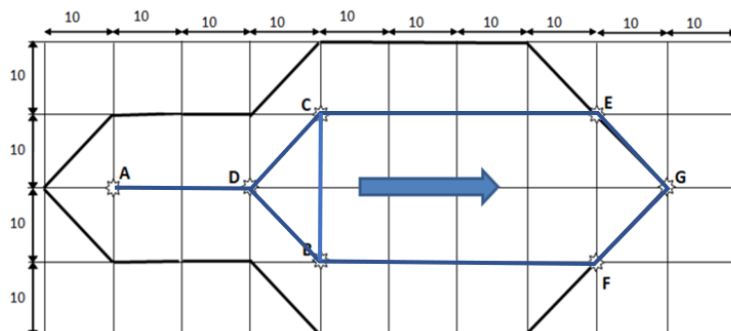


d) 49,2 mm;

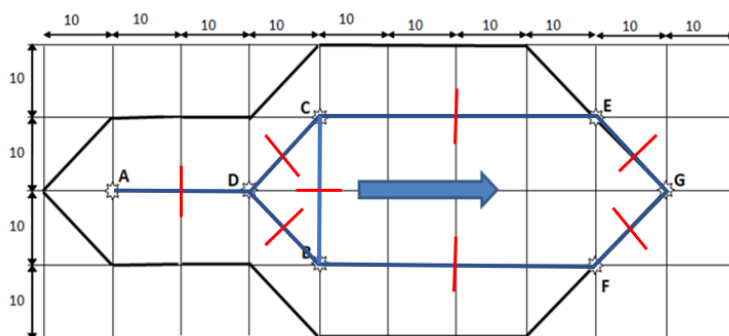
e) 52,5 mm.

Comentários:

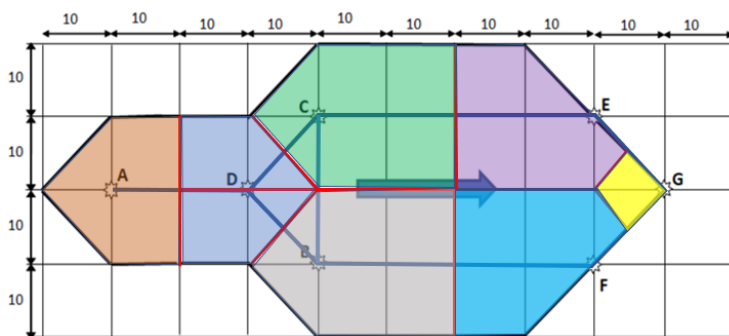
A questão nos pede a precipitação média na bacia mostrada pelo método de Thiessen. Vamos fazer a etapa 1, ou seja, ligar todos os postos de medição por meio de segmentos de retas:



Agora, fazemos a etapa 2, que é, a partir do ponto médio de cada segmento, traçar segmentos perpendiculares. Vamos lá:



Prolongamos então esses segmentos vermelhos até se encontrarem, delimitando os polígonos de influência de cada estação meteorológica. Veja como fica:



Calculamos agora as áreas de cada polígono encontrado. Para isso, nos foi informada a área de cada quadrado, que é 10 x 10, ou seja, 100. Contamos, então, os quadrados:

Polígono do Posto A: 2 quadrados + 0,5 quadrado + 0,5 quadrado = 3 quadrados.

Como a área de 1 quadrado é 100, a área do polígono do posto A será $3 \cdot 100 = 300$.



Polígono do Posto B: 5 quadrados . 100 = 500.

Polígono do Posto C: 5 quadrados . 100 = 500.

Polígono do Posto D: 3 quadrados . 100 = 300.

Polígono do Posto E: aproximadamente 3,75 quadrados . 100 = 375.

Polígono do Posto F: aproximadamente 3,75 quadrados . 100 = 375

Polígono do Posto G: aproximadamente 0,50 quadrado . 100 = 50.

A fórmula da precipitação média pelo método de Thiessen é a média ponderada das precipitações pelas áreas dos polígonos de influência de cada estação, ou seja:

$$P_m = \frac{\sum A_i \cdot P_i}{A} = \frac{(A_A \cdot P_A + A_B \cdot P_B + A_C \cdot P_C + A_D \cdot P_D + A_E \cdot P_E + A_F \cdot P_F + A_G \cdot P_G)}{A}$$

O valor de A é simplesmente a soma das áreas de todos os polígonos, ou seja:

$$A = 300 + 500 + 500 + 300 + 375 + 375 + 50 = 2.400$$

Vamos agora calcular o produto da altura pluviométrica, dada em mm, pelas áreas. Não há problema em não se ter expresso a unidade de medida da área, pois as áreas do numerador serão canceladas com o valor de 2.400 da área do denominador da divisão, anulando a unidade de medida.

Logo, P_m será:

$$P_m = \frac{(300 \times 28 + 500 \times 62 + 500 \times 28 + 300 \times 45 + 375 \times 60 + 375 \times 50 + 50 \times 45)}{2.400} = 46 \text{ mm}$$

Letra C

Essa questão aborda o método Los Angeles, que você não estudou. Contudo, não há prejuízo na capacidade de compreensão da questão. Vamos lá!

(IDECAN / INCA - Engenharia de Infraestrutura – Engenharia Civil - 2017) Para se computar a precipitação média em uma superfície qualquer, é necessário utilizar as observações das estações dentro dessas superfícies e nas suas vizinhanças.

O método que dá bons resultados quando o terreno não é muito acidentado, o qual consiste em dar pesos aos totais precipitados em cada aparelho, proporcionais à área de influência de cada um, denomina-se:

- a) Método das Isoietas.
- b) Método Los Angeles.
- c) Método de Thiessen.
- d) Método da média aritmética.

Comentários:

O método adequado a terrenos não muito acidentados é o de Thiessen, pois não considera as influências orográficas. Trata-se de um método que se baseia na média ponderada de polígonos que delineiam a área de influência de cada estação de medida. Portanto, a **letra C** é a resposta correta.



2.1.2.3 Método das isoietas

Como vimos, as isoietas são **curvas que unem pontos de igual precipitação**, gerando mapas com aparência semelhante à de curvas de nível, mas que medem alturas precipitadas em vez de altura do relevo.

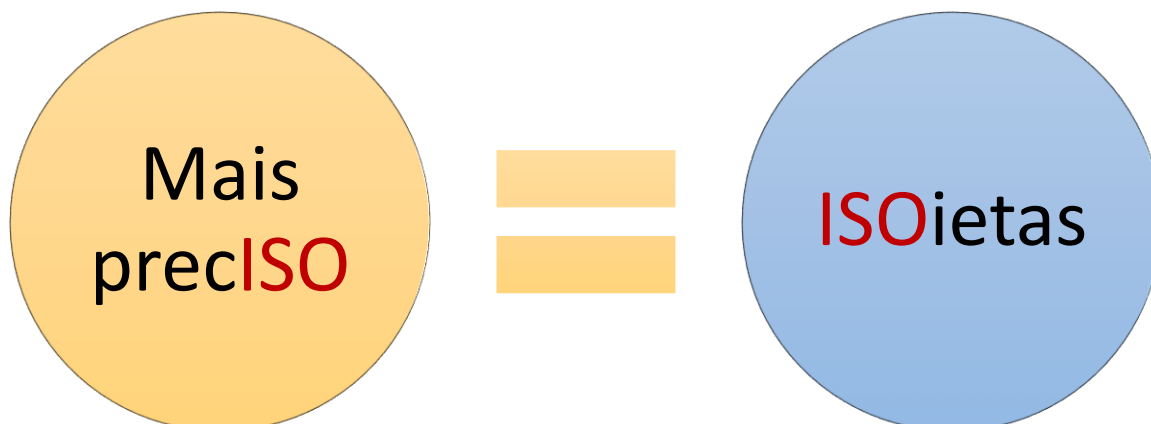
Dada uma região de interesse para se determinar a pluviometria média, o método consiste basicamente em:

1. Identificar toda a rede de estações de medição disponíveis;
2. Traçar linhas de igual precipitação entre os pontos que possuem as medições, interpolando-os.
 - ✓ A interpolação é feita com base nos dados pluviométricos de que se dispõe. Caso haja, por exemplo, um pluviômetro com medição de 50 mm próximo de outro com altura pluviométrica de 30 mm, certamente a isoietas de 40 mm deverá passar entre esses 2 pluviômetros. Esse mesmo critério é seguido para o traçado de todas as demais isoietas.
3. Sobrepor o mapa de isoietas com o do relevo e ajustar curvas de isoietas onde se verificar influência do relevo pela sua altitude.
 - ✓ Nenhum outro método faz esse tipo de consideração da **influência orográfica**, por mais simples que seja essa análise de compatibilidade entre relevo e pluviometria.

A altura pluviométrica média será encontrada pela média ponderada das áreas, porém considerando-se a precipitação média dada pelas isoietas multiplicada pela área da região pertencente a cada curva isoietas. Não vamos detalhar a fórmula, por não ser cobrada em concursos, ok?

Embora esse método pareça arcaico, trata-se de um método que, se feito por especialista conhecedor da área, **considera os efeitos da distribuição espacial da precipitação**, sendo **mais preciso do que o método aritmético e de Thiessen**. O traçado das curvas por um especialista considerando a rede pluviométrica e os dados topográficos permite resultados mais confiáveis que os demais métodos.





Essa questão a seguir foi anulada, mas com o argumento de que o conteúdo ultrapassava o conteúdo previsto no edital.

(CESPE/ PF - Perito em Eng. Civil - 2018) Com relação a aspectos diversos pertinentes a sistemas de abastecimento de água, saneamento e drenagem de água pluvial, julgue o item subsequente.

O método mais preciso para avaliar a precipitação média em uma área é o método das isoietas.

Comentários:

Está **correto**, pois o método das isoietas é mais preciso do que o da média aritmética e de Thiessen, uma vez que não considera somente análise de distância entre estações de medida, mas também critérios de interpolação com base em dados pluviométricos comparados com o relevo.



A questão a seguir cobra um pouco de cada conteúdo que você já estudou. Algumas bancas às vezes adotam esse estilo de cobrança.

(CESPE/ Pref SL - Engenharia Civil - 2017) Com relação à hidrologia aplicada, assinale a opção correta.

- a) Os cursos d'água efêmeros escoam durante as estações de chuvas e secam na estiagem, de um modo geral.
- b) O coeficiente de compacidade, que varia conforme o tipo de solo, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia.
- c) A área de drenagem de uma bacia hidrográfica é determinada normalmente por meio de levantamentos topográficos.
- d) Tempo de concentração designa o tempo, contado a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial na seção em estudo.
- e) O método das isoietas é o mais adequado para se definir a elevação média de uma bacia hidrográfica.

Comentários:

A **alternativa A** apresenta o conceito de cursos d'água temporários ou intermitentes. Os efêmeros só ocorrem após grandes precipitações.

A **alternativa B** erra ao dizer que o coeficiente de compacidade depende do tipo de solo, pois trata-se de um coeficiente que retrata a forma de uma bacia. Ademais, o coeficiente que indica a eficiência de drenagem é a densidade de drenagem (Dd).

A **alternativa C** está errada, pois o cálculo da área de uma bacia é feito por métodos de planimetria em mapas ou sistema de posicionamento por satélite.

A **alternativa D** acerta na definição de tempo de escoamento, que é o tempo de viagem de uma gota de água sendo escoada do ponto mais distante de uma bacia até seu exutório.

A **alternativa E** é o método mais adequado para se definir a precipitação média, e não a elevação média como diz a afirmativa.

Natureza da precipitação

Não é por acaso que as previsões do tempo dão errado, pois quando vamos prever o tempo para, por exemplo, dizer se vai chover ou não em uma região, conseguimos saber apenas a probabilidade de se ter uma precipitação com uma dada intensidade, **sem nunca termos certeza**. O motivo é que, assim como o controle do f_{ck} em um concreto, a precipitação é um processo aleatório, ou seja, não pode ser determinada com 100% de certeza.

Por isso, dizemos que se trata de um fenômeno não determinístico, ou seja, que não pode ser completamente descrito. Um dos motivos para esse comportamento aleatório é que o fenômeno da precipitação pode ser influenciado por uma gama muito grande de fatores, cujas relações nós não conhecemos plenamente.

O problema é que as obras hídricas necessitam de uma previsão confiável e precisa sobre a frequência de diferentes intensidades pluviométricas, para o correto dimensionamento dos empreendimentos. Por isso,



trabalhamos com curvas e modelos matemáticos que consideram extensos bancos de dados históricos de precipitação na tentativa de se aumentar o grau de certeza das estimativas.



Em geral, utiliza-se para os dados pluviométricos o ajuste de curvas de distribuição de probabilidades, como a **distribuição normal** ou de **Gauss**.

Esses métodos de cálculo probabilísticos utilizam alguns conceitos que temos que entender.

Podemos definir que a **frequência F** de uma precipitação é dada pela **quantidade de eventos que ocorrem dividido pelo número de observações feitas**:

$$F = \frac{\text{Número "m" de ocorrências em que um evento ocorre ou é superado}}{\text{número total "n" de observações feitas}} = \frac{m}{n}$$

Essa fórmula anterior, que parece bem lógica, é chamada de **Método da Califórnia**.

Em alguns casos específicos, a frequência é calculada majorando-se 1 unidade no denominador, fórmula que foi chamada de **método de Kimbal**:

$$F = \frac{m}{n + 1}$$

Há outras formas de se calcular a frequência, como o método de Weibull, porém inclui muitos cálculos, não sendo cobrado em concursos.

Quando o número total de observações é muito grande, vamos ter um valor para F que irá refletir a probabilidade de ocorrência do evento, ou seja:

$$F = P = \text{Probabilidade de um evento ocorrer}$$

Assim, F é uma estimativa de P , que se aproxima dessa probabilidade P à medida que se aumenta a quantidade de observações.

Como exemplo, se você jogar uma moeda para cima 5 vezes, pode ser que caia cara 2 vezes e coroa 3 vezes. Assim, deduziríamos que a frequência para que caia cara seria $2/5$, ou seja, 40%. Porém, sabemos que a probabilidade de sair cara ou coroa é de 50% para cada face. O que aconteceria, então, caso jogássemos 100 vezes a moeda para cima e contássemos quantas vezes caísse cara? Obteríamos uma frequência muito próxima de 50%, ou seja, nosso F estaria se aproximando de P , por estarmos aumentando a quantidade de observações, ou seja, o universo de testes.



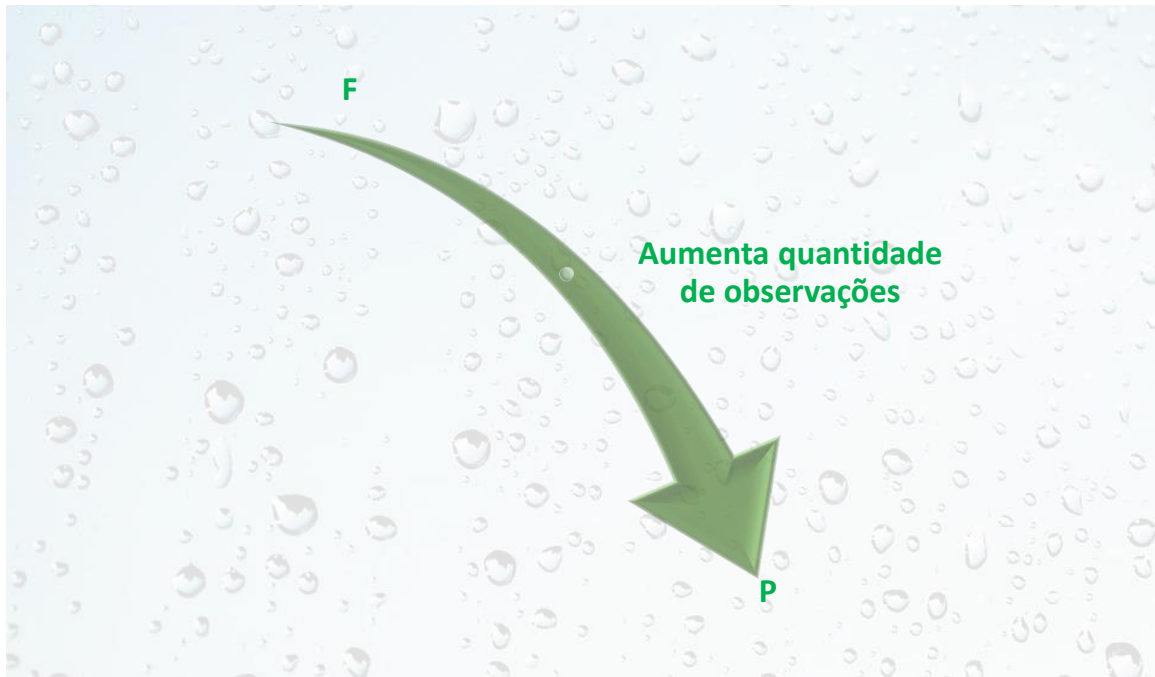


Figura 26: quanto maior a quantidade de observações de um dado fenômeno como as precipitações, mais F se aproximará de P



Dizemos que P é a **probabilidade** de um **evento ser igualado ou superado**. Mas como superado? No caso de uma precipitação, seria a probabilidade de haver um evento com uma intensidade i ou superior a esse valor.



Não há sentido em se avaliar a probabilidade de ocorrência de apenas uma precipitação pontual no caso de obras de drenagem. Afinal de contas, caso chova acima daquela precipitação pontual, pior serão os impactos. Por isso, utilizamos P como sendo a probabilidade de um evento não apenas ser igualado, mas também superado.

Ao trabalharmos com a frequência dos eventos pluviométricos, utilizamos uma variável chamada **tempo de recorrência** ou **tempo de retorno T** , que é simplesmente o **intervalo de tempo entre a ocorrência de**

eventos climáticos de igual magnitude ou superior. Assim, suponha que tenha havido hoje uma precipitação com intensidade de 40 mm/h e duração de 10 minutos. O tempo de recorrência desse evento seria simplesmente o tempo médio necessário para que outra precipitação de duração de 10 minutos e magnitude igual ou superior a 40 mm/h ocorresse novamente.

Vamos supor que uma precipitação de intensidade fraca ocorra em média 1 vez a cada 2 anos, ou seja, tenha uma probabilidade anual de:

$$P = \frac{1}{2} = 0,5 = 50\%$$

Qual seria, nesse caso, o intervalo de tempo entre 2 precipitações com igual magnitude? Sabemos que em 1 ano há a probabilidade de 50 % de ocorrência do evento, enquanto em 2 anos a probabilidade seria de 100% de ocorrência. Logo, a cada 2 anos seria muito provável que ocorresse uma precipitação como esta. Assim, deduzimos que o tempo de retorno desta precipitação é de 2 anos.

Pode não parecer lógico à primeira vista, mas o cálculo que fizemos para encontrar o tempo de retorno (T_r) foi justamente dividir 1 ocorrência da precipitação pela sua probabilidade de ocorrência (P):

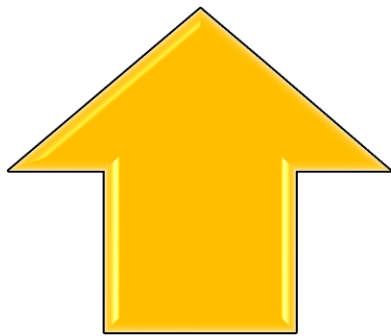
$$T_r = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ anos}$$

Lembra que, quando analisamos a frequência em amostras para uma quantidade muito grande de observações, F se aproxima do valor de P ? Nesse caso, teríamos:

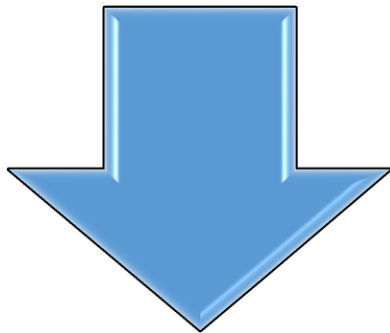
$$T_r = \frac{1}{F}$$



Do ponto de vista prático, o que quer dizer o tempo de retorno T_r ser inversamente proporcional a P ou a F ? Quando projetamos uma drenagem, P ou F será a probabilidade de se ter uma precipitação alta a ponto de haver inundação na região de projeto. Por isso, dizemos, ao trabalhar com projetos ou planejamento de sistemas de drenagem, que F ou P é a probabilidade de se ter uma inundação. Se o tempo de retorno é inversamente proporcional à probabilidade de se ter uma inundação, quer dizer que, **quanto maior o tempo de retorno, menor** será a **chance** de se ter uma **enchente**.



Quanto maior T_r



Menor a
probabilidade de se
ter uma inundação e
+ segura é a estrutura

ESCLARECENDO!



Essa variável **tempo de retorno** é um **parâmetro de dimensionamento de sistemas de drenagem urbana**, como bueiros, galerias, sarjetas, etc. Imagine um tempo de retorno alto, por exemplo, de 100 anos. Trata-se de um intervalo temporal em que ocorrem somente precipitações raras, já que esse tempo de retorno pressupõe que a precipitação ocorra apenas 1 vez a cada 100 anos. Uma precipitação desse tipo é muito alta, levando a grandes enchentes.

Em geral, analisamos uma precipitação considerando a dispersão dos dados históricos de chuvas de uma região, adotando um modelo de distribuição de probabilidade que melhor os represente. É com base nesse modelo que vamos então calcular o tempo de recorrência de uma chuva.

CURIOSIDADE



Saiba que, quando trabalhamos com estradas, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) utiliza o termo tempo de recorrência, em vez de tempo de retorno. Portanto, quando uma questão indicar as 2 opções, escolha o termo tempo de recorrência.



Essa questão a seguir vai calcular o tempo de recorrência de uma chuva como faz um hidrólogo. Alguns dos passos para se resolver essa questão não foram ensinados na teoria. Por isso, recomenda que faz junto com a resolução a seguir, buscando entender na prática como se obtém essa variável que parece um pouco abstrata, o tempo de recorrência.

(FGV / DPE RO - Ana. Eng. Civil - 2015) A tabela a seguir apresenta uma série histórica de precipitações diárias máximas anuais, expressas em mm.

Ano	Precipitação	Ano	Precipitação
1945	49,3	1960	44,3
1946	68,5	1961	75,6
1947	85,4	1962	66,8
1948	62	1963	57,2
1949	87,4	1964	58,5
1950	66,5	1965	83,9
1951	75,6	1966	59,1
1952	96,2	1967	98,2
1953	60,2	1968	136
1954	45	1969	53,4
1955	80,2	1970	89,1
1956	116,4	1971	60,6
1957	54,6	1972	68,9
1958	72,1	1973	90
1959	55,6		

Se o cálculo da frequência de ocorrência de um dado m da série for calculada pelo Método Kimbal ($f = m/(N+1)$), onde N é o número total de inferências da série de dados em análise, o Tempo de Recorrência da precipitação de 89,1mm é:

- (A) 7,5 anos;
- (B) 6,0 anos;
- (C) 5,0 anos;
- (D) 4,0 anos;
- (E) 2,5 anos.

Comentários:



Basicamente vamos calcular F pela fórmula de Kimbal, aproximar para P alegando que a quantidade de amostras é muito grande e então calcular o inverso de P , que será nosso tempo de recorrência (TR).

O total de amostras n é igual a:

$$n = 1973 - 1945 + 1 = 29 \text{ amostras}$$

Para calcularmos a frequência, devemos calcular " m ", que é a quantidade de vezes que a chuva é igual ou superior a 89,1 mm. Será mais fácil trabalhar com os dados se colocá-los em ordem decrescente, para então contarmos m , conforme tabela organizada a seguir:

Ano	Precipitação	Ano	Precipitação
1968	136	1962	66,8
1956	116,4	1950	66,5
1967	98,2	1948	62
1952	96,2	1971	60,6
1973	90	1953	60,2
1970	89,1	1966	59,1
1949	87,4	1964	58,5
1947	85,4	1963	57,2
1965	83,9	1959	55,6
1955	80,2	1957	54,6
1951	75,6	1969	53,4
1961	75,6	1945	49,3
1958	72,1	1954	45
1972	68,9	1960	44,3
1946	68,5		

Temos que contar agora a quantidade de vezes que a chuva é igual ou superior a 89,1 mm. Pela tabela a seguir, vemos que esses eventos ocorreram nos anos mostrados em verde a seguir, correspondendo a 6 registros, sendo este, portanto, o valor de m .

Ano	Precipitação	Ano	Precipitação
1968	136	1962	66,8
1956	116,4	1950	66,5
1967	98,2	1948	62
1952	96,2	1971	60,6
1973	90	1953	60,2
1970	89,1	1966	59,1
1949	87,4	1964	58,5
1947	85,4	1963	57,2
1965	83,9	1959	55,6
1955	80,2	1957	54,6
1951	75,6	1969	53,4
1961	75,6	1945	49,3
1958	72,1	1954	45
1972	68,9	1960	44,3
1946	68,5		



A questão nos pediu para utilizar a fórmula de Kimbal:

$$F = \frac{m}{N + 1} = \frac{6}{29 + 1} = 0,2$$

Considerando que a questão nos forneceu registros de chuva para 29 anos e solicitou o cálculo do tempo de retorno, pressupõe-se que 29 anos seja uma quantidade de amostra suficiente para representar todo o universo de eventos pluviométricos daquela região. Logo, podemos concluir que F se aproxima muito bem de P à ponto de serem iguais:

$$F = P = 0,2$$

Vimos que o tempo de recorrência (TR) é dado pelo inverso de P

$$TR = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ anos}$$

Portanto, o tempo de retorno é de 5 anos.

Gabarito: "C".

(CESPE/TCE-SC - Eng. Civil - 2016) Acerca do planejamento e projeto de sistemas públicos de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de drenagem urbana e de coleta e disposição final de resíduos sólidos, julgue o item subsecutivo.

No planejamento de sistemas de drenagem urbana de águas pluviais, menores riscos de inundação de vias públicas estão associados a menores tempos de recorrência T , já que estes possibilitam o escoamento de elevados volumes de água em curtos espaços de tempo.

Comentários:

A afirmativa está **errada**, pois quanto maior o tempo de retorno para o dimensionamento ou planejamento de um sistema de drenagem, menor a probabilidade de se ter a precipitação relacionada a esse tempo de retorno, sendo, portanto, mais segura a estrutura. Assim, é o inverso do que foi dito na assertiva, ou seja, menores riscos de inundação de vias públicas estão associados a **maiores** tempos de recorrência T .

(FGV/TNS/ALBA - Eng. Civil - Questão de fixação - Adaptado) A tabela a seguir apresenta a série histórica de vazões médias diárias anuais de uma seção transversal de uma bacia hidrográfica.



Ano	Q m ³ /s
77	30
78	18
79	9
80	33
81	22
82	25
83	22
84	18
85	13
86	18
87	28
88	24
89	17
90	28
91	29

Supondo a amostra seja representativa do universo de ocorrência e vazões anuais diárias mensais, o tempo de recorrência, em anos, de uma vazão média diária anual maior ou igual a 25 m³/s será de

Usar o critério da Califórnia (não usar o de Wiebull).

- (A) 3,75.
- (B) 3,00.
- (C) 2,50.
- (D) 2,14.
- (E) 1,88.

Comentários:

Como vimos, a frequência é dada por:

$$F = \frac{m}{n}$$

No caso de se ter uma quantidade de observações muito grande, F se aproxima de P :

$$F = P$$

Sabemos que P é o inverso de T , que é o tempo de recorrência solicitado na questão:

$$T = \frac{1}{P} = \frac{1}{F} = \frac{n}{m}$$

O valor de n é a quantidade de observações, que é de 15.

Já m é a quantidade de observações de vazão maior ou igual a 25 m³/s, o que representa apenas 6 observações.



Assim, podemos calcular F :

$$T = \frac{n}{m} = \frac{15}{6} = 2,5 \text{ anos}$$

Gabarito: "C".

(CPCON/UEPB - Eng. Civil - 2016 - Adaptada para V ou F) Julgue a afirmativa a seguir, considerando o conceito de tempo de retorno:

Quanto maior o período de retorno de um sistema de drenagem maior é o risco de inundação.

Comentários:

A afirmativa está **errada**, pois quanto maior o tempo de retorno, mais segura será a estrutura projetada, uma vez que o tempo de retorno é inversamente proporcional à probabilidade de ocorrência de um dado evento, como uma precipitação, por exemplo.

(NC-UFPR/ITAIPU - Profissional Nível Técnico I - 2019) O estudo das relações ou curvas IDF (intensidade, duração e frequência) permitem a estimativa da altura pluviométrica associada a uma determinada frequência ou risco, para uma dada duração. Qual é a definição de Tempo de Recorrência ou Retorno (TR)?

- a) É o intervalo médio em anos para que um evento seja igualado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja igualado ou superado.
- b) É o intervalo médio em anos para que um evento seja superado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja igualado ou superado.
- c) É o intervalo médio em anos para que um evento seja igualado ou superado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja igualado.
- d) É o intervalo médio em anos para que um evento seja igualado ou superado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja superado.
- e) É o intervalo médio em anos para que um evento seja igualado ou superado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja igualado ou superado.

Comentários:

O tempo de retorno (TR) é o intervalo de tempo para que um evento seja igualado ou superado. Trata-se de uma variável inversamente proporcional a P , que é a probabilidade de um evento ocorrer com uma intensidade i ou superior. TR é dado por:

$$TR = \frac{1}{P}$$

A **alternativa A** está errada, pois tempo de retorno não é somente o prazo para que um evento, na média, seja igualado, podendo também ser superado, no caso de ocorrência de uma chuva com intensidade superior àquela analisada.

A **alternativa B** está errada, visto que o tempo de retorno não é somente o prazo para a superação de um evento, podendo também ser igualado, no caso de ocorrência de uma chuva com intensidade igual àquela analisada.



A **alternativa C** está errada, uma vez que P não é somente a probabilidade para a ocorrência de um evento com intensidade i , mas também com intensidade superior a i .

A **alternativa D** está errada, já que P não é somente a probabilidade para a ocorrência de um evento com intensidade superior a i , mas também com intensidade igual a i .

A **alternativa E** está correta, pois o tempo de retorno é o intervalo de tempo entre a ocorrência de eventos de magnitude igual ou superior. Analogamente, a probabilidade P é a probabilidade de ocorrência de um evento de magnitude igual ou superior à analisada.

Portanto, a alternativa correta é a **letra E**.

Você ainda não estudou alguns conceitos dessa próxima questão, contudo isso não prejudicará a sua resolução.

(COSEAC UFF/ Pref Niterói - Eng Civil - 2016) Em hidrologia existe um tempo que se refere ao espaço de tempo em anos e que provavelmente ocorrerá um fenômeno de grande magnitude, pelo menos uma vez. No caso dos dispositivos de drenagem, este tempo diz respeito a enchentes de projeto que orientarão o dimensionamento, de modo que a estrutura indicada resista a essas enchentes sem risco de superação, resultando desta forma a designação usual de descarga de projeto. Este termo técnico denomina-se tempo de:

- a) retorno.
- b) projeto.
- c) descarga.
- d) recorrência.
- e) segurança.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois não se trata do termo utilizado nacionalmente pelo DNIT, sendo que há uma alternativa que contém exatamente esse termo, a letra D.

A **alternativa B** está errada, pois a expressão "tempo de projeto" é muito genérica, não havendo definição exata. Caso se falasse em tempo de recorrência ou de retorno de projeto, poderíamos interpretar que seria o tempo de retorno ou de recorrência adotado para um projeto específico. Contudo, não foi feita essa referência explícita, limitando a questão a falar de tempo de projeto, não tendo sentido claro em hidrologia.

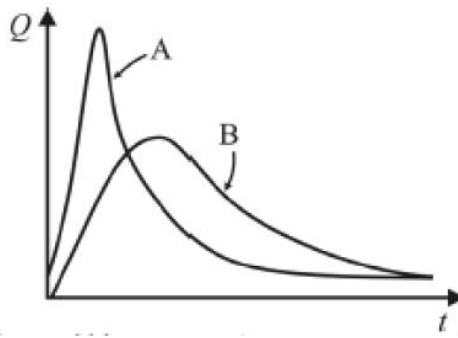
A **alternativa C** está errada, pois o tempo de descarga está relacionado ao tempo necessário para o escoamento superficial em uma bacia, sem relação direta com o tempo de recorrência.

Essa questão apresenta os 2 termos, tempo de retorno e de recorrência. Como o manual de Drenagem do DNIT emprega apenas o termo tempo de recorrência, devemos escolher a **alternativa D** como verdadeira.

A **alternativa E** está errada, pois tempo de segurança não possui conceito estabelecido em hidrologia, sendo uma expressão genérica adotada pela banca.

(CESPE/ABIN - Eng. - 2018)





Considerando os hidrogramas A e B representados na figura precedente, julgue o item subsequente, acerca de hidrologia aplicada.

No projeto de um empreendimento que sofrerá alterações devido ao regime de chuvas, quanto menor for o risco que se pretende assumir, menor deverá ser o tempo de retorno adotado.

Comentários:

Perceba que a questão diz que se quer assumir um risco muito baixo em um empreendimento. Nesse caso, deve-se considerar no projeto grandes precipitações, que são aquelas que ocorrem raramente, ou seja, que possuem grande tempo de retorno. Por isso, a afirmativa erra ao dizer "menor deverá ser o tempo de retorno adotado", devendo-se dizer "**maior** deverá ser o tempo de retorno adotado."

Portanto, a assertiva está **errada**.

Curva IDF

Ao se analisar os bancos de dados pluviométricos de uma região, observa-se algumas correlações importantes entre as variáveis que descrevem as precipitações. Na prática, observa-se que, **quanto mais intensa uma precipitação, mais rara ela será**, ou seja, quanto mais intensa uma chuva, menos frequente ela será. Da mesma forma, **quanto mais intensa uma precipitação, menor será sua duração**.

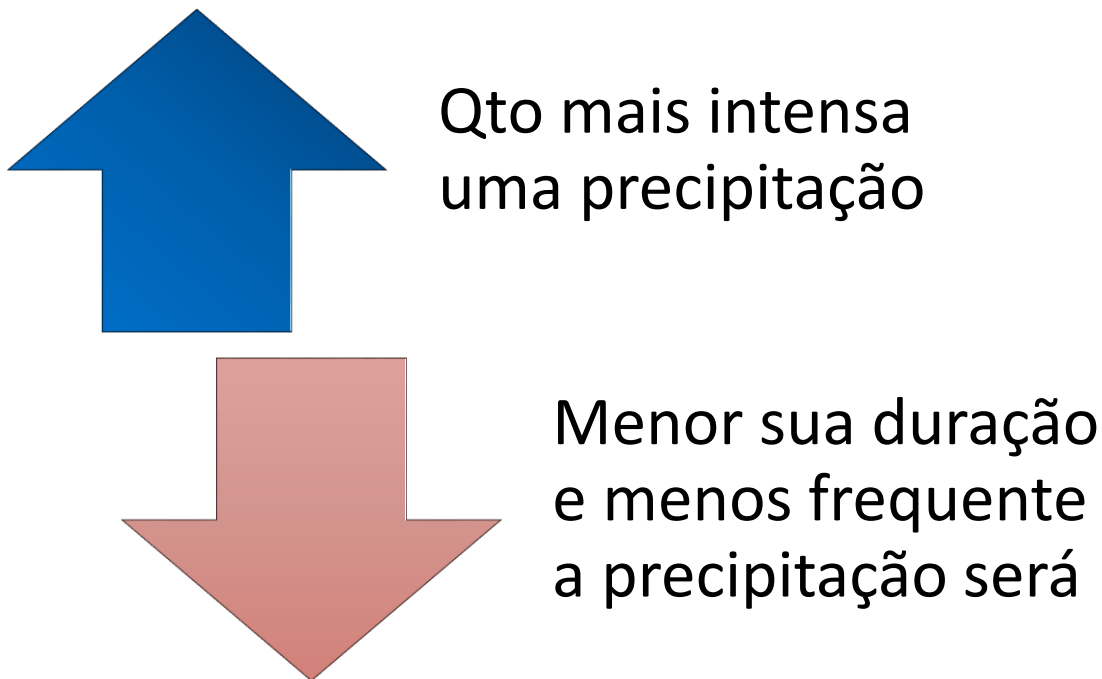


Figura 27: relação inversa entre intensidade da precipitação, duração e frequência

Percebe-se dos dados colhidos nas várias bacias já monitoradas que há uma relação entre intensidade da precipitação, duração e frequência, o que originou as **equações** chamadas **IDF**, sendo **I** de intensidade, **D** de duração e **F** de frequência. Essas curvas estão disponíveis para as principais cidades brasileiras.



Embora digamos o tempo todo que a frequência é utilizada como um dos parâmetros da precipitação na curva IDF, geralmente utilizamos em seu lugar o tempo de retorno, que reflete indiretamente a frequência pluviométrica. Lembre-se que, no caso da frequência **F** se aproximar da probabilidade **P** de ocorrência de um evento, **F** e tempo de retorno (**TR**) serão o inverso um do outro:

$$F = \frac{1}{TR}$$

A análise estatística dos dados de precipitação em uma região permite concluir que as variáveis intensidade (**i**) em mm/h, duração (**t**) em minutos e tempo de retorno (**Tr**) em anos se relacionam pela seguinte equação:

$$i = \frac{K.T_r^b}{(t+c)^d}$$

Em que K , b , c e d são parâmetros que devem ser determinados para cada local de estudo, sendo relativos às unidades empregadas e também caracterizadores do regime pluviométrico local.

O gráfico resultante da equação básica mostrada resulta em uma **família de curvas** como na figura a seguir. Observe que, para um dado tempo de retorno, quanto maior a duração da chuva, menor a sua intensidade. Já, quando fixamos a duração da chuva, quanto maior o tempo de retorno, ou seja, quanto maior o intervalo de tempo para que a chuva se repita ou seja superada, maior será a intensidade da chuva. Essas relações serão úteis mais à frente quando estudarmos a vazão escoada em uma bacia.

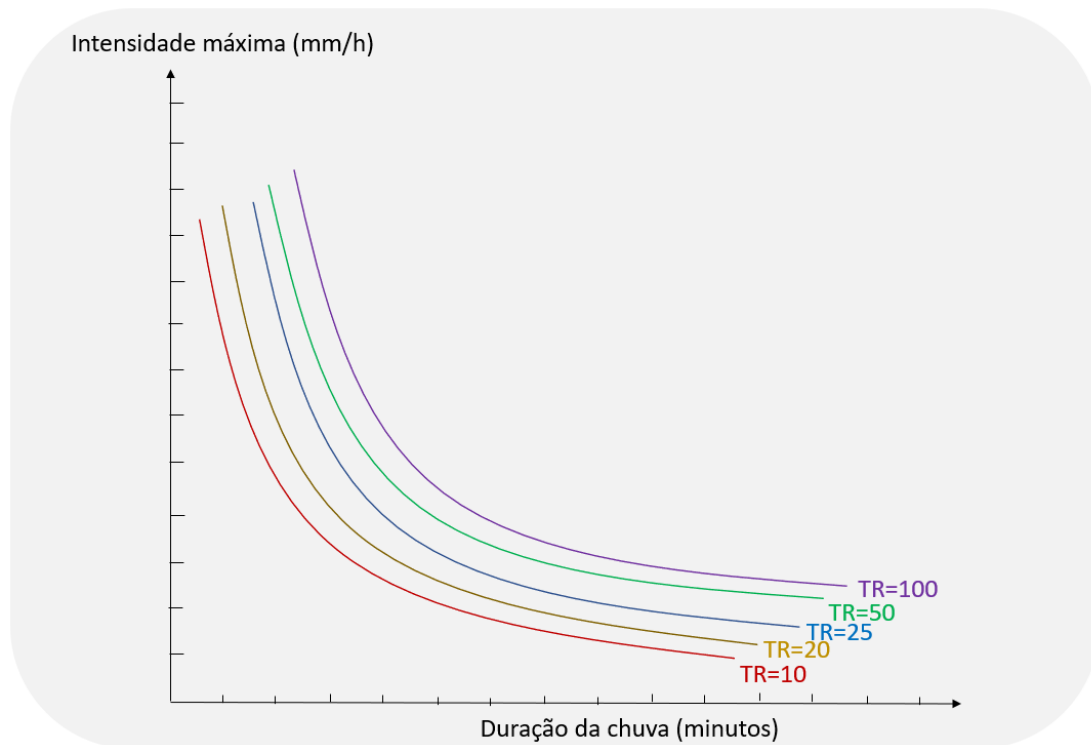
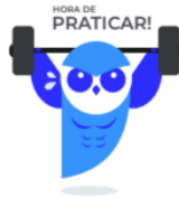


Figura 28: exemplo de famílias de curva i-d-f



Não cai em pegadinhas que vão dizer que a duração t só pode ser aplicada na fórmula das curvas IDF quando se tratar de uma precipitação que ocorra após um ciclo completo de estiagem. A fórmula das curvas IDF não é feita considerando precipitações após ciclos completos de estiagem, portanto, a banca só quer te confundir.



(CESGRANRIO/EPE - Analista de Pesquisa Energética - 2014) A curva intensidade-duração-frequência (IDF) é obtida a partir da análise estatística de uma série longa de dados. Alternativamente, a intensidade de uma chuva (mm/h), em função do seu tempo de retorno em anos (TR) e da sua duração em minutos (t_d), pode ser dada pela equação a seguir:

$$i = \frac{a \cdot TR^b}{(t_d + c)^d}$$

Em determinada localidade na região Sul do Brasil, obteve-se: $a=625$; $b=0,25$; $c=20$ e $d=0,75$.

Para uma chuva com 5 min de duração e um tempo de retorno de 25 anos, portanto, a equação aponta uma intensidade, em mm/h, de

- a) 100
- b) 125
- c) 150
- d) 225
- e) 625

Comentários:

A intensidade será dada pela equação sugerida, que é a mesma que vimos na teoria:

$$i = \frac{a \cdot TR^b}{(t_d + c)^d} = \frac{625 \cdot 25^{0,25}}{(5 + 20)^{0,75}} = \frac{1.397,54}{11,18} = 125 \text{ mm/h}$$

Portanto, a alternativa correta é a **letra B**.

Como você não terá calculadora na hora da prova, você teria que calcular manualmente a intensidade i . Como dica de resolução, você deve se lembrar das propriedades de adição e subtração com radicais (raízes):

$$i = \frac{625 \cdot 25^{0,25}}{(5 + 20)^{0,75}} = \frac{625 \cdot \sqrt[4]{25}}{(25)^{0,75}} = \frac{625 \cdot \sqrt[4]{25}}{\sqrt[4]{25^3}} = \frac{625}{\sqrt[4]{25^2}} = \frac{625}{\sqrt[4]{5^4}} = \frac{625}{5} = 125 \text{ mm/h}$$

Sem recorrer a uma calculadora, encontramos a resposta certa, 125 mm/h, letra B.



PEGADINHA

(IDECAN/CBM DF - Of BM - Eng. Civil - 2017) Para o dimensionamento de rede de drenagem pluvial, os estudos hidrológicos, com base em dados estatísticos e no cálculo das probabilidades, permitiram o



estabelecimento de uma equação geral das chuvas ou fórmulas de intensidade-frequência-duração que é:

$$i = \frac{K \cdot T^a}{(t + b)^c}$$

De acordo com a equação anterior, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

- () i é a intensidade de precipitação em mm (altura de água).
- () T é o período de recorrência ou intervalo em anos.
- () t é a duração da precipitação após um ciclo de estiagem completa.
- () K , a , b e c são parâmetros relativos às unidades empregadas e próprias do regime pluviométrico local.

A sequência está correta em

- a) F, F, F, F.
- b) F, V, F, V.
- c) F, V, V, V.
- d) V, V, V, V.

Comentários:

O **1º parêntesis** está errado, pois a intensidade pluviométrica é a variabilidade da precipitação com o tempo, sendo dada em mm/h ou mm/min. É calculada pela altura precipitada (h) em um dado intervalo de tempo (Δt), dividida por esse mesmo intervalo (Δt).

O **2º parêntesis** está correto, já que T é o tempo de retorno medido em anos, também chamado tempo de recorrência.

O **3º parêntesis** está errado, visto que, embora t seja a duração da precipitação, não há a necessidade de ser medida após um ciclo de estiagem completa. Não é necessária a estiagem para a caracterização de uma precipitação, sendo essa informação adicionada apenas para te confundir.

O **4º parêntesis** está correto, pois as constantes K , a , b e c são relativas ao regime pluviométrico da bacia hidrográfica, dependendo também das unidades empregadas em cada parâmetro da equação IDF.

Gabarito: "B"

Aplicando o tempo de recorrência T a um dado período

Muitas vezes queremos saber a probabilidade de ocorrer uma chuva ao longo de, por exemplo, 10 anos, dado que seu período de retorno é de, por exemplo, 5 anos. Nesse caso, queremos aplicar o conceito de T a um intervalo de tempo particular.

Sabemos que P é a probabilidade de um evento ocorrer. Se, por exemplo, a probabilidade P de se ter uma dada chuva ou uma vazão escoando em uma bacia é igual a 10%, o que significaria, então, o resultado que obteríamos ao fazermos a seguinte subtração?

$$1 - P = 1 - 10\% = 1 - 0,1 = 0,9$$



Esse valor 0,9 significa a probabilidade da chuva ou da vazão estipulada não ocorrer, sendo, por isso, chamado de **probabilidade complementar**, uma vez que a soma de 0,9 com P (10%) resulta no valor 1.

Podemos chamar a probabilidade de um evento não ocorrer de P' :

$$P' = 1 - P$$

Contudo, sabemos que P equivale ao inverso de T :

$$P = \frac{1}{T}$$

Se P' é igual a $1-P$, podemos reescrever a equação anterior da seguinte forma:

$$P' = 1 - \frac{1}{T}$$



Lembrando que P é igual a 10%, qual seria a probabilidade de não se ter essa chuva ao longo de 5 anos? Considerando que uma chuva independe da outra, ou seja, que os eventos são independentes, basta elevar a equação anterior ao número de anos n em que se quer verificar a não ocorrência da precipitação:

$$P'' = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n = (1 - P)^n$$

Ao fazermos o cálculo $(1 - P)^n$, estamos calculando a probabilidade de não se ter uma dada chuva no ano 1, vezes a probabilidade de não se ter essa dada chuva no ano 2, no ano 3, etc, até completarmos a quantidade total de anos n . Por isso, chamamos P'' , e não P' , pois estamos analisando a probabilidade do evento em mais de 1 ano.



Caso tivéssemos uma moeda e jogássemos para o alto, P' seria a probabilidade de dar cara, quando se joga apenas 1 única vez. Por outro lado, P'' seria a probabilidade de dar cara ao menos 1 vez, quando se joga uma moeda ao alto 5 vezes.

Vamos supor, por exemplo, que queremos saber a probabilidade de não se ter essa precipitação ao longo de 5 anos, sabendo que P é igual a 10%. Fazemos então a seguinte conta:

$$P = 10\% = \frac{1}{T}$$

$$P'' = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n = (1 - P)^n = (1 - 10\%)^5 = 0,59 = 59\%$$

Em geral, queremos ir um pouco além e saber qual a probabilidade de se ter ao menos 1 vez a ocorrência dessa precipitação ao longo de um dado intervalo n de tempo. Nesse caso, trata-se simplesmente do evento complementar, ou seja, do complemento de P'' , cuja soma com P'' resulta em 1. Chamamos esse evento complementar a P'' de P''' :

$$P''' = 1 - P'' = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n = 1 - (1 - P)^n$$



(FGV/ DPE RO - Ana. da Defensoria Pública - Ana. Eng. Civil - 2015) Se o tempo de retorno de uma vazão crítica de projeto é de 2,5 anos, o risco de ocorrer uma vazão superior a essa vazão crítica nos próximos 5 anos é de:

- a) 4,45 %;
- b) 7,78 %;
- c) 43,33 %;
- d) 92,22 %;
- e) 95,55 %.

Comentários:

Perceba que a questão menciona que o período de retorno é de 2,5 anos, portanto, T é igual a 2,5 anos. A questão nos pede a probabilidade de se ter uma vazão superior a esta nos próximos 5 anos. Basta aplicar a fórmula de P''' :

$$P''' = 1 - P'' = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{2,5}\right)^5 = 1 - 0,0778 = 0,922 = 92,2\%$$

Gabarito: "D"



5 - ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Ao trabalharmos com o escoamento da água na superfície de uma bacia, utilizamos uma variável chamada **vazão**, que é o **volume** de água que passa na seção de um rio ou canal ao longo do tempo, ou seja, **por unidade de tempo**, expressa geralmente em m^3/s ou L/s.

Quando temos a **chuva em uma bacia**, inicialmente toda a água precipitada se infiltra no solo. À medida que a capacidade do solo de absorver a água vai se reduzindo (pois ele vai ficando saturado), chegará um momento em que a capacidade de infiltração do solo será tão baixa que se igualará à intensidade da chuva. Nesse instante, temos o escoamento superficial produzido pela água da chuva que não consegue penetrar no solo e escoar na superfície, chegando aos cursos d'água, aumentando sua vazão.



Figura 29: a partir do momento em que o solo se encharca de água, tem-se o escoamento superficial direto

Chamamos esse **escoamento produzido pelas chuvas** de **escoamento superficial direto** (ou **deflúvio direto**). A **parcela da precipitação que se transforma em escoamento superficial**, portanto, aquela fração que não se infiltra no solo, é chamada de **chuva efetiva**. A importância de conhecermos a chuva efetiva em uma bacia é que é ela a responsável pelo aumento rápido da vazão de um rio quando se tem uma chuva. Conhecendo a chuva efetiva, podemos estimar o volume de escoamento superficial resultante em um rio.

ESCLARECENDO!



Utilizamos esses conceitos que parecem abstratos como chuva efetiva e escoamento superficial direto quando trabalhamos com modelagem de enchentes. Projetar um sistema de drenagem para uma cidade é muito complexo, pois exige informações sobre a precipitação e sobre o espaço físico, as condições do solo, os locais impermeáveis, o relevo, etc. Tarefas complexas assim exigem o uso de *softwares* para integrar tantos bacos de dados calculando o fluxo de água no sistema de macrodrenagem, o que permite a previsão

de inundações e a definição das melhores estratégias para evitá-las. Nessas modelagens empregamos muito os termos "chuva efetiva" e "escoamento superficial direto". Por isso é importante conhecer esses conceitos.



Figura 30: o espaço em uma cidade é muito complexo do ponto de vista da drenagem, sendo necessário vários conceitos como chuva efetiva e escoamento superficial direto para seu estudo



Figura 31: caminho clássico simplificado seguido pela água entre a precipitação e a formação de uma inundação à jusante

Nas **épocas de estiagem**, a vazão de um rio é mantida pela água armazenada na bacia, principalmente a água subterrânea. Trata-se de um escoamento lento, resultado da percolação da água pelo solo e posterior afloramento na superfície. Chamamos esse **escoamento de subterrâneo** ou **de base**, sendo este último nome "de base" devido ao escoamento subterrâneo sofrer menos alterações quantitativas do que o escoamento superficial.



Você quer ver um sentido prático para i (intensidade da chuva) e K (condutividade hidráulica saturada do solo)? Quando i for menor do que K , a camada superficial do solo não se satura, pois a água é conduzida mais rapidamente do que a água que entra no solo pela chuva. Claro que há uma série de particularidades nesse caso, como, por exemplo, a necessidade de saturação do solo por onde a água se infiltra, não podendo haver ar em seus vazios. Porém, utilize essas comparações para dar sentido prático a essas variáveis que você está aprendendo, facilitando o seu entendimento.

Quando i for maior do que K , inicialmente a água se infiltra no solo, porém a capacidade de infiltração vai se reduzindo até que se iguale à intensidade i . A partir deste momento, temos o acúmulo de água na superfície e conseqüentemente o escoamento superficial.



Representamos o escoamento da água em uma bacia por meio de um **hidrograma** (também chamado hidrógrafa ou fluviograma), que é um **gráfico que relaciona a vazão escoada com o tempo correspondente** em uma seção de um curso d'água. Veja a seguir um exemplo típico de hidrograma:



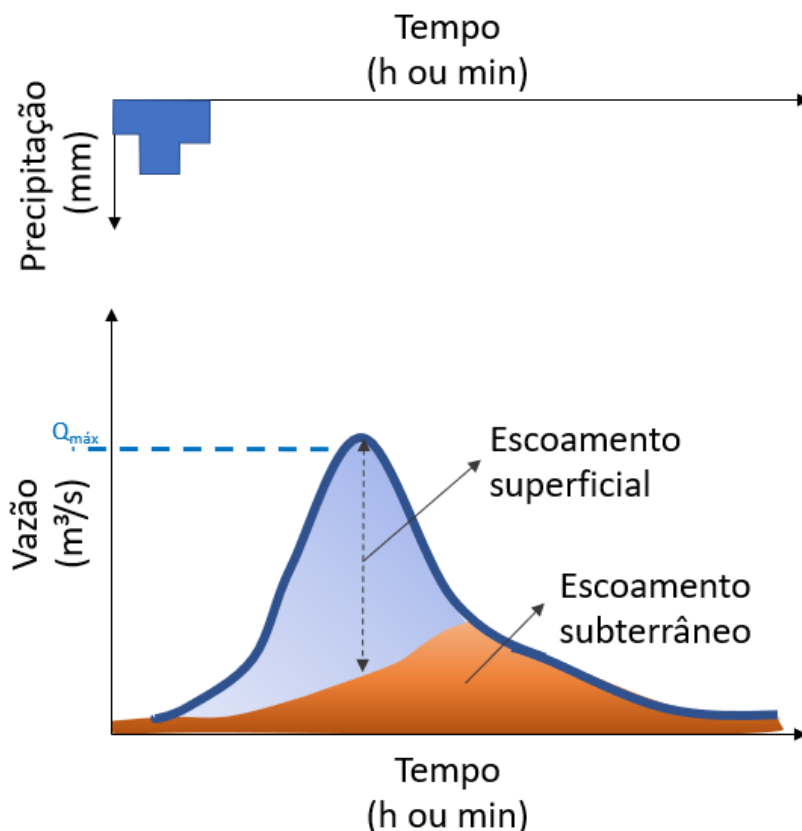


Figura 32: hidrograma de um rio, mostrando escoamento superficial direto e subterrâneo

No topo da figura anterior temos um gráfico com a **precipitação em função do tempo**. Chamamos esse gráfico de **hietograma**. É essa precipitação que produzirá o hidrograma logo abaixo na Figura 32.



Observe que a vazão de escoamento superficial em uma dada seção de uma bacia demora um pouco a ser observada a partir do momento em que ocorre uma chuva, devido à interceptação da água pelos vegetais, depressões e infiltração no solo, deslocamento da água até o ponto de medida na bacia, etc. Contudo, com o decorrer do tempo, o solo da bacia vai ficando saturado de água, aumentando a quantidade de água do nível freático até o momento em que escoam a água excedente pela superfície da bacia. Essas águas escoadas vão se encaminhar aos pontos baixos da bacia, até uma dada seção da rede de macrodrenagem, culminando no exutório da bacia.

Analisando mais detalhadamente, vemos que no hidrograma temos um trecho crescente (Figura 32), até o momento em que se atinge a vazão de pico de contribuição ($Q_{máx}$). A partir daí, já não há tanta água escoando superficialmente devido à chuva, a qual já cessou de ocorrer, reduzindo as contribuições de

escoamento que chegam à rede de macrodrenagem. Momentos depois, tem-se também a redução da infiltração de água na bacia, com a rede de macrodrenagem retornando ao estado que tinha antes da precipitação. Perceba que o tempo de resposta da bacia é bem lento, pois mesmo a chuva já tendo terminado, há ainda muita água precipitada escoando na rede de micro e macrodrenagem.

Em geral, no **trecho recessivo do hidrograma** (também chamado curva de depleção), ou seja, **após a vazão de pico** ($Q_{m\acute{a}x}$), quando se verifica uma redução da vazão escoada, o ponto que marca a separação entre o escoamento superficial e subterrâneo é um ponto de inflexão, que é um ponto que separa trechos da curva de concavidades diferentes (Figura 33). A concavidade é diferente após o ponto B, quando se tem apenas escoamento subterrâneo, pois o solo poroso possui um tempo de retardo maior do que a superfície da bacia por onde a água escoava.

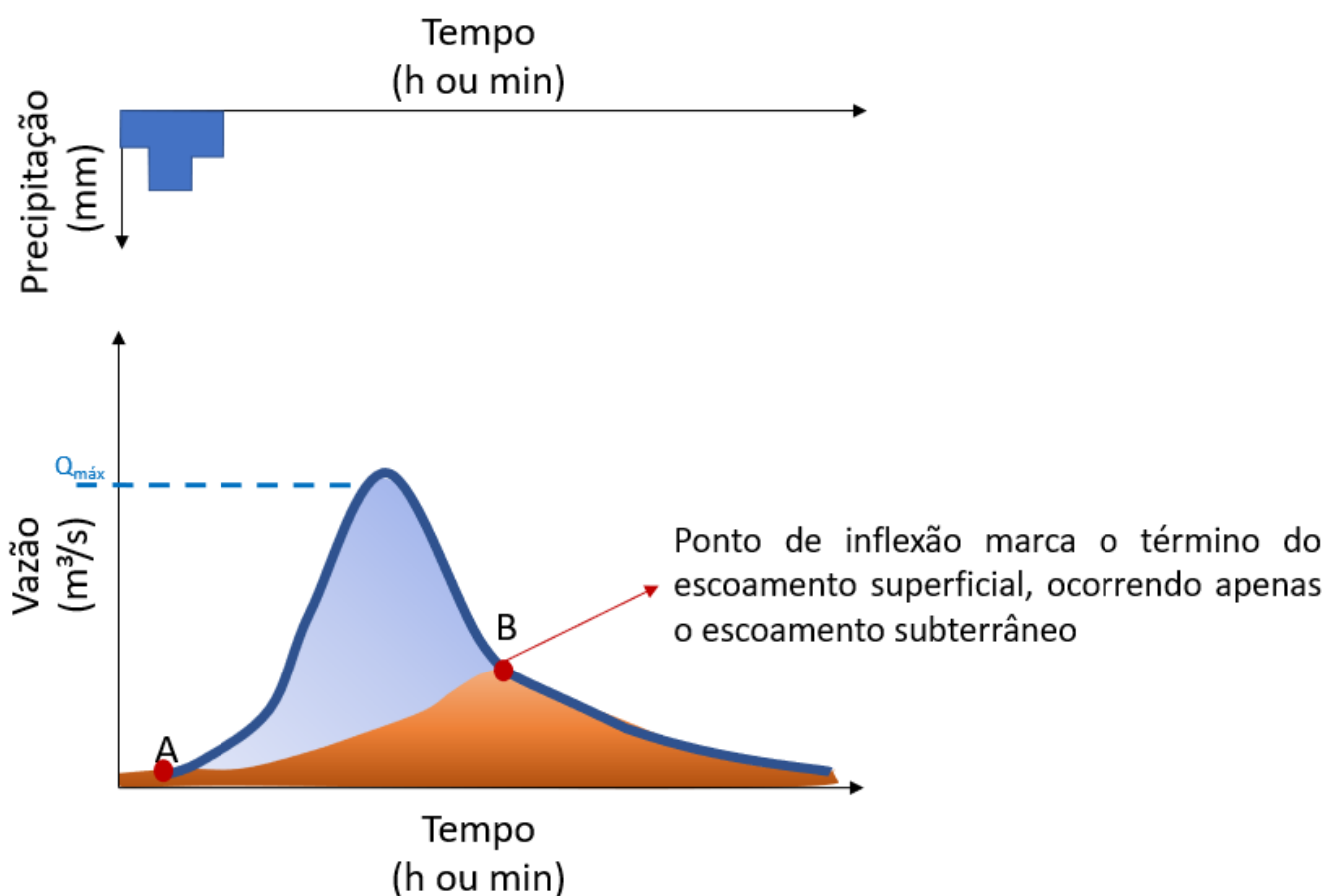


Figura 33: ponto de inflexão separando escoamentos em um hidrograma

Algumas questões podem mencionar a expressão **tempo de base**, que é a **duração do escoamento superficial direto** em um hidrograma, ou seja, o **trecho AB** na figura anterior.



A **água de deflúvio** é considerada por alguns autores como a **água que chega aos leitos fluviais** (também chamados **álveos**), provindo de qualquer tipo de escoamento, ou seja, do **escoamento superficial** e também do **subterrâneo**.



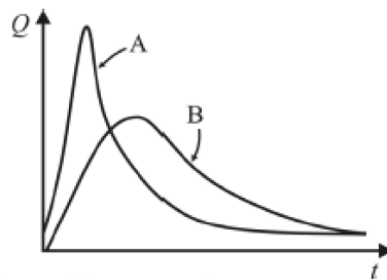
(CESPE/CPRM - Hidrologia - 2016 - Adaptado para V ou F) Em relação ao escoamento em uma bacia, julgue a afirmativa a seguir:

Chuva efetiva é, por definição, a parcela da precipitação total com o mesmo volume do escoamento superficial.

Comentários:

A chuva efetiva é aquela que se transforma 100% em escoamento superficial, não sendo infiltrada. Portanto, a afirmativa está **correta**. Utilizamos esse conceito aparentemente estranho em estudos hidrológicos de bacias hidrográficas.

(CESPE / ABIN - Engenharia - 2018) Considerando os hidrogramas A e B representados na figura precedente, julgue o item subsequente, acerca de hidrologia aplicada.



Nos hidrogramas A e B, o ponto de inflexão após o ponto máximo caracteriza o fim do escoamento subterrâneo e o início do escoamento superficial.

Comentários:

O ponto de inflexão demarca o término do escoamento superficial e o início do escoamento subterrâneo, ao contrário do que diz a questão. Portanto, está **errada** a afirmativa.



5.1 - Estimando a chuva efetiva pelo Método do SCS

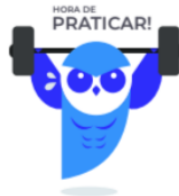
Um dos métodos **mais simples** e **difundidos** para o cálculo da chuva efetiva em uma bacia é o desenvolvido pelo órgão americano *Soil Conservation Service* (SCS), sendo o método conhecido como **SCS-CN**. O método praticamente se baseia na **equação do balanço hídrico**, que diz que toda precipitação poderá resultar em infiltração de água (*Inf*), escoamento superficial e perdas iniciais (*P_i*) por interceptação e infiltração antes do escoamento:

$$P = P_i + Inf + Q$$

Em que *Q*, medido em mm, será a chuva efetiva ou o correspondente escoamento superficial devido à precipitação.

O método do SCS analisou várias bacias nos Estados Unidos e estimou uma série de valores para cada um dos parâmetros da equação anterior, bem como limites máximos de valores. O método criou um **parâmetro adimensional** chamado CN que varia de zero a cem e retrata a **capacidade de infiltração de um solo**, sendo **zero** um solo com **capacidade de infiltração infinita** e cem um solo impermeável. Hoje há tabelas com valores de CN para diversos tipos de bacias, bem como experimentos para se estimar CN para uma região particular.

Na prática, o método se caracteriza por **2 equações**, sendo que a primeira se refere a precipitações com intensidade menor do que a capacidade de infiltração e o segundo à condição do solo saturado. Utilize o exercício a seguir para entender a aplicação desse método e como ele é cobrado em concursos.



Vamos fazer essa questão a seguir juntos?

(FGV/ MPE AL - Eng. Civil - 2018) Em uma bacia hidrográfica, ocorreu a seguinte chuva:

Intervalo de tempo (h)	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4
Precipitação (mm)	2,5	4,7	10,2	4,0

Segundo o método do Soil Conservation Service (SCS), a relação entre a precipitação efetiva acumulada (*P_{efac}*) e a precipitação acumulada (*P_{ac}*) para o solo local, é dada por:

$$0 \text{ se } P_{ac} \leq 3 \text{ mm}$$



$$P_{ef\ ac} = \frac{(P_{ac} - 3)^2}{(P_{ac} + 12)} \text{ se } P_{ac} > 3\text{mm}$$

$$P_{ef\ ac} = (P_{ac} - 3)^2 / (P_{ac} + 12) \text{ se } P_{ac} > 3\text{ mm}$$

Assinale a opção que indica a parcela infiltrada durante a segunda hora.

- a) 2,50 mm.
- b) 3,78 mm.
- c) 4,36 mm.
- d) 6,12 mm.
- e) 7,20 mm.

Comentários:

Vamos analisar a precipitação acumulada na 1ª hora (faixa 0 a 1):

$$P_{ac,1ª\ hora} = 2,5\text{ mm} \leq 3\text{mm}$$

Como a precipitação acumulada na 1ª hora é menor do que 3 mm, a precipitação efetiva é zero.

Vamos agora à 2ª hora:

$$P_{ac,2ª\ hora} = 2,5 + 4,7 = 7,2\text{mm} \geq 3\text{mm}$$

$$P_{ef\ ac} = \frac{(7,2 - 3)^2}{(7,2 + 12)} = 0,919\text{mm}$$

Como o enunciado fala apenas na parcela relativa à 2ª hora, devemos desconsiderar a precipitação efetiva das horas anteriores, mas que no nosso caso foi nula:

$$P_{ef\ 2ª\ hora} = 0,919 - 0 = 0,919\text{ mm}$$

Se a precipitação foi de 4,7 mm, mas o valor efetivo foi de apenas 0,919 mm, quer dizer que a infiltração será a perda total, ou seja, a diferença, uma vez que a questão não mencionou outros tipos de perdas:

$$Inf = 4,7 - 0,919 = 3,781\text{mm}$$

Gabarito: "B".

5.2 - Hidrograma Unitário

A bacia funciona basicamente como uma **máquina que transforma chuva em vazão**. Perceba da figura a seguir que a vazão de pico ($Q_{máx}$) ocorre um tempo após a chuva, uma vez que o escoamento percorre todo um caminho de canais pela bacia até atingir seu exutório, apresentando velocidade de escoamento que depende da declividade dos canais, seus comprimentos bem como do material de revestimento.

Veja ainda que após a vazão de pico, o escoamento superficial diminui até cessar, quando então a vazão é mantida pelo fluxo subterrâneo ou de base, resultado da infiltração da água da chuva, processo que é bem mais lento do que o escoamento superficial. Esse trecho que vai da vazão de pico até o fim do hidrograma é chamado de **trecho recessivo**.



Uma mesma bacia gera diferentes hidrogramas para cada intensidade e duração de chuva analisada. Em geral, **chuvas mais intensas** irão **gerar hidrogramas mais pronunciados**, ou seja, que possuem vazões de pico mais altas.



Não se esqueça, um hidrograma mais pronunciado é um hidrograma com maior vazão de pico. Algumas bancas cobram exatamente essa expressão "hidrograma mais pronunciado".

Um método muito utilizado para se prever o hidrograma de uma dada precipitação em uma bacia é o **Método do hidrograma unitário**, que considera uma relação linear entre a chuva efetiva e a vazão produzida. Assim, caso dobre-se a chuva efetiva, o hidrograma terá sua vazão de pico também dobrada (Figura 34).

O método do hidrograma unitário se baseia na consideração de um hidrograma produzido por uma precipitação efetiva de intensidade 1 (a unidade varia com o estudo, podendo ser 1 mm, ou 1 cm, etc.). Por simplificação, considera-se nesse método que:

- ✓ **A precipitação se distribui igualmente sobre a bacia**
- ✓ A **intensidade** da precipitação é **unitária** (ou seja, vale 1, com unidade dependente de cada estudo) ao longo de toda a sua duração.
- ✓ A **transformação** de precipitação efetiva em vazão escoada é **linear**.

Trata-se de um método que necessita **de dados históricos** da **precipitação** e da **vazão escoada correspondente**, para que se possa elaborar o **diagrama unitário**.

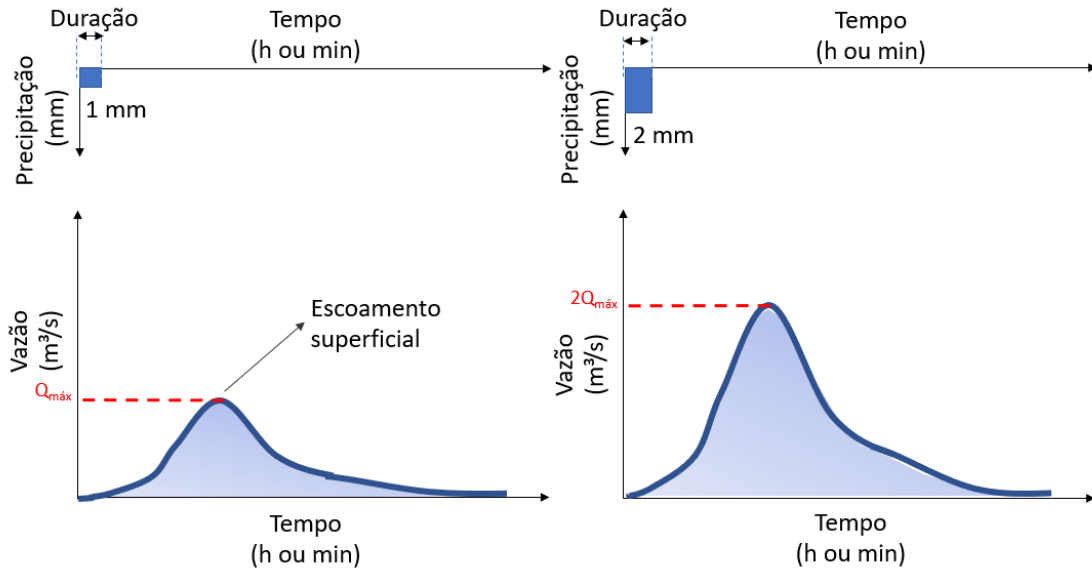


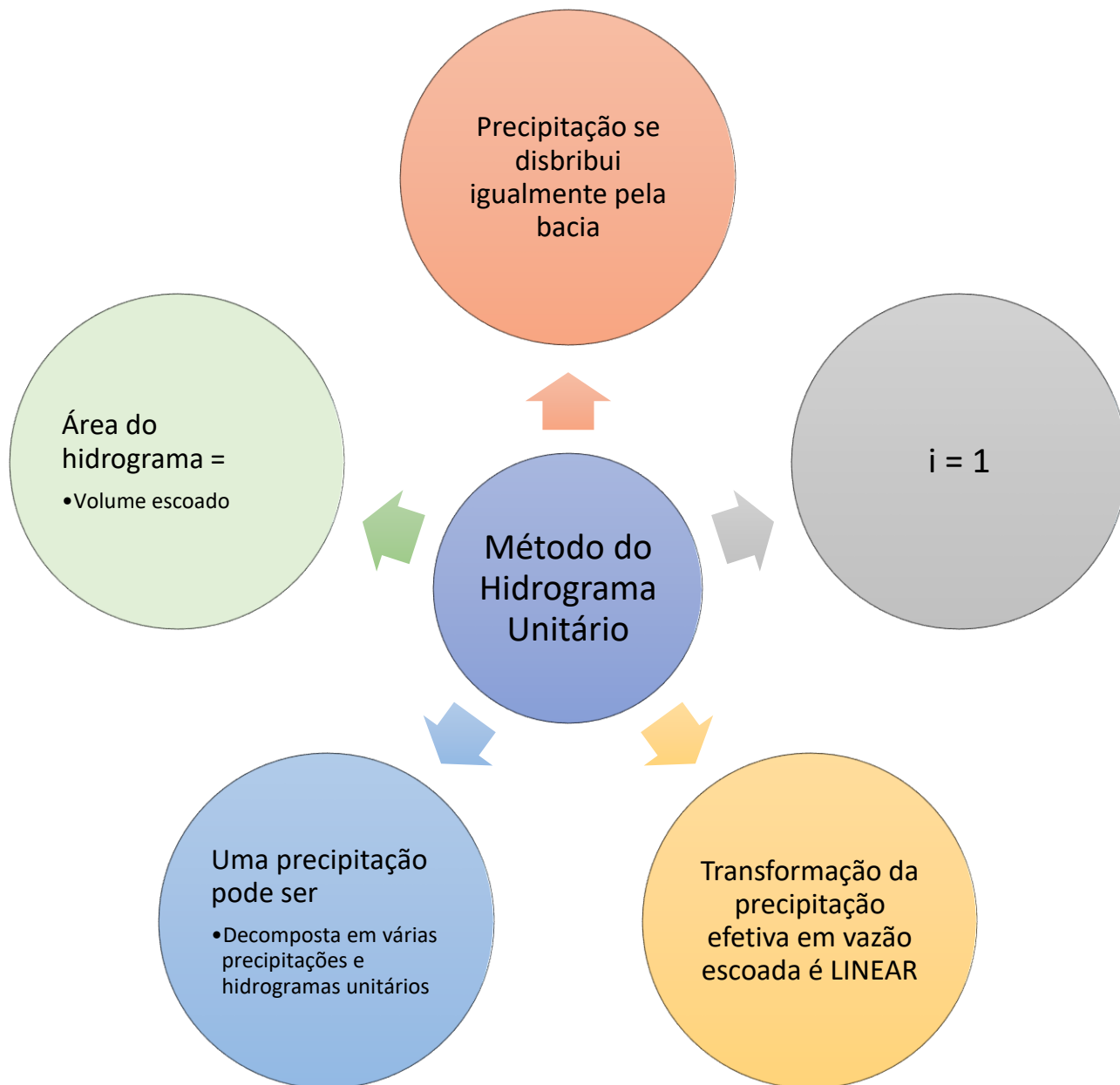
Figura 34: observe a linearidade da resposta da bacia ao se duplicar a intensidade da precipitação incidente, resultando na duplicação da ordenada de cada ponto do hidrograma

Assim, para se calcular o hidrograma de uma precipitação com diferentes intensidades, basta que a precipitação seja decomposta em vários eventos unitários com seus respectivos hidrogramas unitários, que posteriormente serão somados.



Às vezes uma questão vai lhe perguntar sobre o volume escoado com base em um hidrograma como o da figura anterior. Saiba que o volume escoado é simplesmente a área do hidrograma, também chamado de integral do hidrograma.







Veja na figura anterior que não mostramos o escoamento subterrâneo (ou escoamento de base), pois no Método do Hidrograma Unitário trabalhamos apenas com a chuva efetiva, desconsiderando as influências do fluxo subterrâneo no escoamento. Como geralmente a vazão de base representa uma pequena fração do escoamento, o erro incorrido nessa desconsideração em geral não é significativo.

5.2.1 - Hidrograma Unitário Sintético

Como nem sempre se dispõe de dados de precipitação e vazão simultâneos (estes são chamados de dados fluviométricos, relativo a rios), utilizamos de modelos matemáticos do tipo chuva X vazão para a definição dos hidrogramas de projeto. Esses modelos utilizam variáveis que descrevem as características hidráulicas e geomorfológicas da bacia, como seu percentual de impermeabilização, seu tempo de concentração e as precipitações de projeto.

Um exemplo é o chamado **Hidrograma Unitário Sintético**, método utilizado para o caso da **falta de dados de medição de vazão**. Para a implementação deste método, foram medidas vazões com suas correspondentes precipitações para uma série de **bacias experimentais**, permitindo-se a obtenção de uma série de hidrogramas unitários sintéticos que podem ser relacionados à região que se vai estudar. Para isso, são utilizadas nessa comparação informações como área de drenagem, declividade média e tempo de concentração.

O *Soil Conservation Service (SCS)* dos Estados Unidos sugeriu a estimativa de **hidrogramas unitários triangulares** para bacias com base em seu **tempo de concentração** e **área**. Foram padronizados vários pontos deste hidrograma triangular, como **vazão de pico**, bem como conceituados novos pontos como **tempo de pico** e **tempo-base** (ou tempo de base), obtidos por uma série de fórmulas que não veremos por não ser objeto deste concurso. O mesmo órgão americano propôs também um hidrograma unitário sintético adimensional, com uma curva de escoamento que apresenta uma forma mais realista (Figura 38).



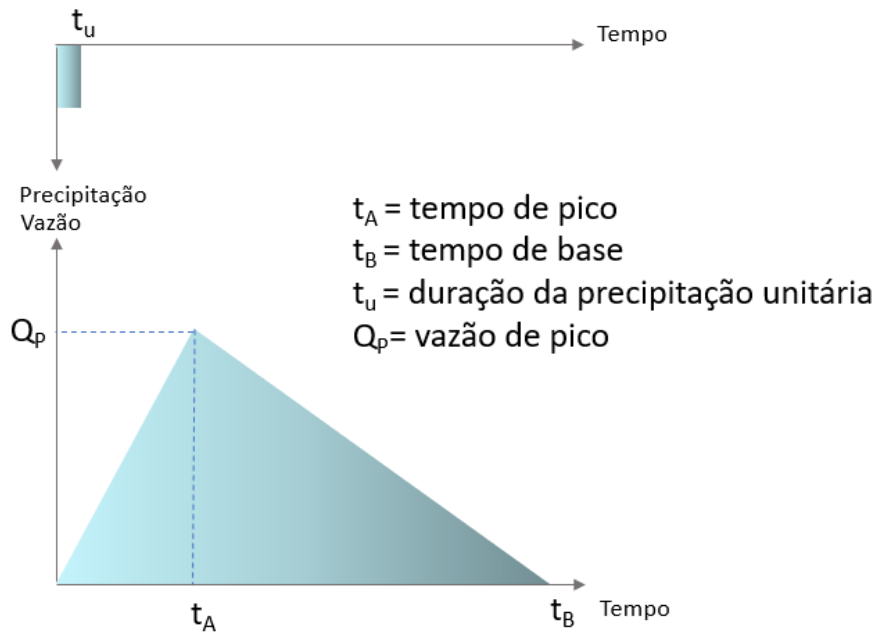


Figura 35: hidrograma unitário triangular do SCS



Vamos fazer essa questão a seguir juntos?

(FEMPERJ/TCE-RJ - Ana. Controle Externo - Eng. Civil - Questão de fixação) A tabela abaixo representa o hidrograma unitário de uma bacia hidrográfica para uma chuva de 10 mm e duração de 1h.

Tempo (h)	0	1	2	3	4	5	6
Vazão (m ³ /s)	0	15	35	50	60	45	0

Considerando os valores apresentados, a vazão máxima, em m³/s, da onda de cheia formada por uma chuva de 30 mm, seguida por outra chuva de 20mm, ambas com duração de 1h, é:

- a) 175 m³/s;
- b) 280 m³/s;
- c) 300 m³/s;
- d) 325 m³/s;
- e) 400 m³/s.

Comentários:



Como vimos pelo enunciado da questão, a intensidade da chuva efetiva unitária nesse caso não é unitária, mas sim de 10 mm. A questão nos solicita o hidrograma para uma chuva de 30 mm e outra de 20 mm, com a mesma duração. Vamos então calcular cada uma simplesmente multiplicando as intensidades por 3 ou 2, conforme seja o hidrograma da chuva de, respectivamente, 30 e 20 mm. Vamos fazer primeiro para a chuva de 30 mm:

Tempo (h)	0	1	2	3	4	5	6
Vazão (m ³ /s)	0	15	35	50	60	45	0
Chuva de 30 mm	0	45	105	150	180	135	0

Vamos agora calcular o hidrograma da chuva de 20 mm. Porém, perceba que essa chuva se inicia 1 hora depois da primeira, devendo também decalarmos seu hidrograma 1 hora para mais tarde. Vamos lá:

Tempo (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
Vazão (m ³ /s)	0	15	35	50	60	45	0	0
Chuva de 30 mm	0	45	105	150	180	135	0	0
Chuva de 20 mm	0	0	30	70	100	120	90	0

Somamos agora os hidrogramas das 2 chuvas (30 e 20 mm), obtendo o hidrograma final:

Tempo (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
Vazão (m ³ /s)	0	15	35	50	60	45	0	0
Chuva de 30 mm	0	45	105	150	180	135	0	0
Chuva de 20 mm	0	0	30	70	100	120	90	0
Hidrograma Final	0	45	135	220	280	255	90	0

A vazão máxima será o maior valor obtido no hidrograma final, que é 280 m³/s.

Gabarito: "B".

(CESPE/ TRT 8ª Região - Ana. Judiciário Eng. Civil - 2016 - Adaptado para V ou F) Assinale a afirmativa a seguir, referente à hidráulica e hidrologia aplicadas.

Na aplicação do hidrograma unitário, admite-se que a transformação de precipitação efetiva em vazão é linear invariante e que essa precipitação é constante em toda a bacia hidrográfica no intervalo de tempo de cálculo.

Comentários:

O método do hidrograma unitário se baseia na consideração de que a precipitação é constante e unitária ao longo de toda a bacia e que a transformação de precipitação efetiva em escoamento é linear. Portanto, a afirmativa está **correta**.

(CESPE/TRT 8ª Região - Eng. Civil - Exercício de fixação - Adaptado para V ou F) Considerando o escoamento em uma bacia, julgue a afirmativa a seguir:

Os diagramas unitários sintéticos, desenvolvidos com base em dados de algumas bacias que possuem dados históricos, são utilizados quando não existem dados que permitam estabelecer o hidrograma unitário (HU). Os métodos de determinação do HU baseiam-se no valor de algumas abscissas, como tempo de pico e tempo-base e nas ordenadas, como a vazão de pico.



Comentários:

O método dos hidrogramas unitários sintéticos foi desenvolvido com base em dados coletados de várias bacias hidrográficas experimentais, sendo aplicado no caso de inexistência de dados simultâneos de precipitação e vazão. Esse método se baseia em alguns pontos caracterizadores do diagrama, como vazão de pico, tempo de pico e tempo-base. Portanto, a afirmativa está **correta**.

5.3 - O Método Racional

Juntamente ao método do Hidrograma Unitário, o Método Racional é o mais utilizado para a transformação dos dados de chuva em **vazão máxima** (ou vazão de pico) em uma bacia. Porém, o método racional deve se **restringir** a **bacias pequenas** (até 250 hectares ou cerca de 2,5 km²) e a **chuvas de curta duração**. Para bacias maiores ou chuvas com durações mais longas, empregamos o método do Hidrograma Unitário.

O método racional se baseia em uma fórmula muito simples:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Sendo:

C: coeficiente de escoamento superficial pelo método racional, também chamado **coeficiente de runoff** ou **coeficiente de deflúvio**;

Q: vazão em m³/s;

i: a intensidade da chuva de projeto em mm/h;

A: a área da bacia em km².



Conforme as unidades das variáveis da fórmula do método racional mudam, o coeficiente de 3,6 no denominador da fórmula também se altera.

O coeficiente de escoamento C é definido como a razão do volume total escoado superficialmente pelo volume total que precipitou naquela mesma área:

$$C = \frac{\text{Volume escoado}}{\text{Volume precipitado}}$$

Esse coeficiente C depende de fatores como tipo de solo e a forma de ocupação da bacia, sendo geralmente tabelado, conforme mostrado a seguir:

Tipo de Bacia	Coeficiente de <i>Runoff</i>
Telhados	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas	0,85 a 0,90
Superfícies pavimentadas e paralelepípedas	0,75 a 0,85
Estradas não pavimentadas	0,15 a 0,30
Terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, campinas	0,05 a 0,20



Não fique decorando esses valores, mas tente entender suas ordens de grandeza. Veja, por exemplo, que:

- ✓ Uma superfície muito impermeável como a de telhados possui um coeficiente C de, no máximo, 0,95 e, no mínimo, 0,70.
- ✓ Uma superfície asfaltada não consegue atingir a impermeabilidade de um telhado, sendo ligeiramente mais permeável.
- ✓ No lado oposto, temos os parques, jardins e campinas, que possuem vegetação e se caracterizam pelos menores coeficientes de escoamento.
- ✓ Logo acima encontramos os terrenos descampados, um pouco menos eficazes em infiltração do que os parques, jardins e campinas, pois terrenos descampados não possuem sulcos no solo feitos pela vegetação, o que facilitaria a infiltração.
- ✓ Por fim, as estradas não pavimentadas são ainda menos eficazes em infiltração do que os terrenos descampados, visto que a passagem de tráfego nas estradas compacta o solo, reduzindo sua capacidade de infiltração.



Outro parâmetro essencial no método racional é a **intensidade da chuva**, que geralmente é obtida por **curvas IDF**, **definindo-se** previamente a **duração** e o **tempo de retorno** da chuva a se considerar. Veja um exemplo de uma dessas curvas:

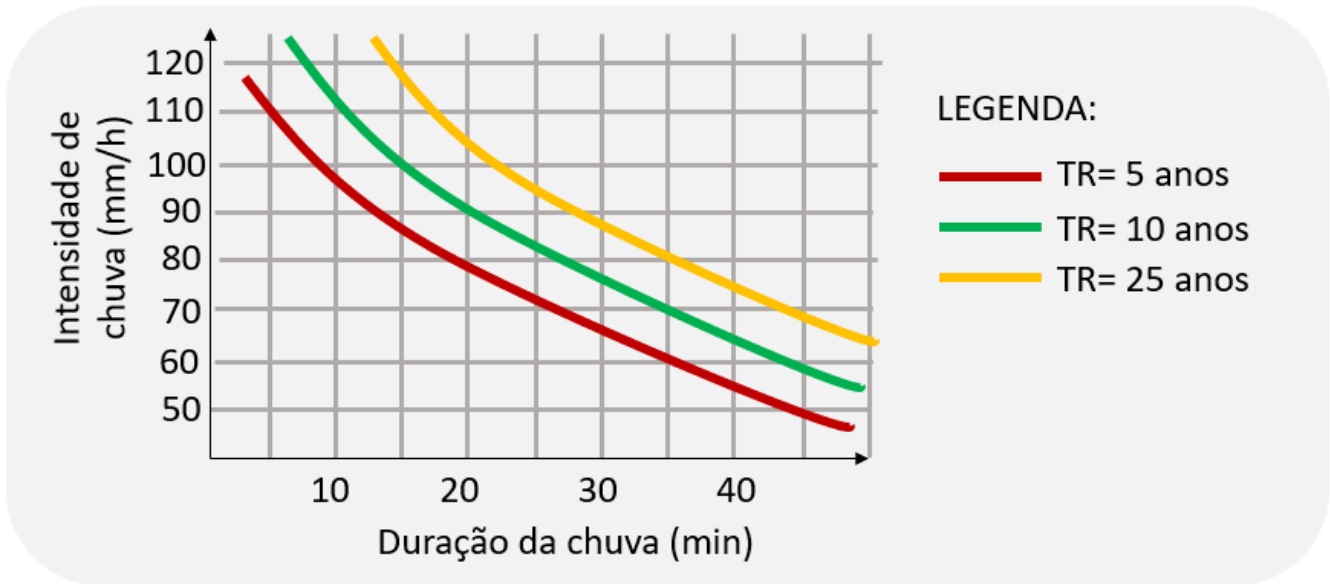


Figura 36: Curvas IDF para uma dada região



Uma **premissa básica** do método racional é que a **duração da chuva considerada deve ser igual ao tempo de concentração**. Com isso, busca-se que a vazão escoada no estudo de uma bacia seja aquela do momento em que toda a área da bacia esteja contribuindo para o escoamento em seu exutório. Esse é o motivo do método ser chamado de racional, pois à primeira vista essa premissa de se considerar a chuva quando toda a bacia está contribuindo para o escoamento se mostra a situação que leva à maior vazão de escoamento (Figura 37).

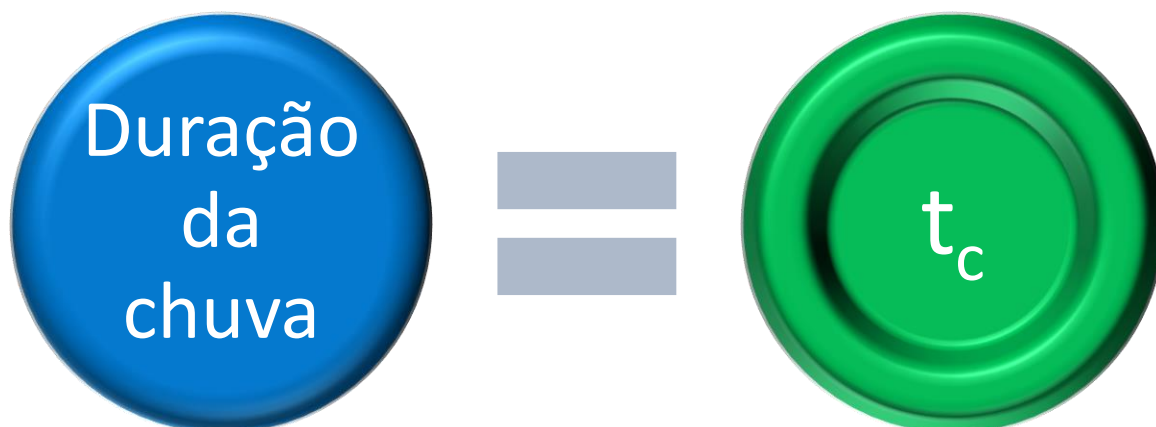
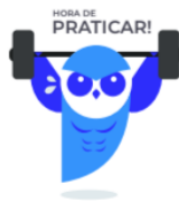
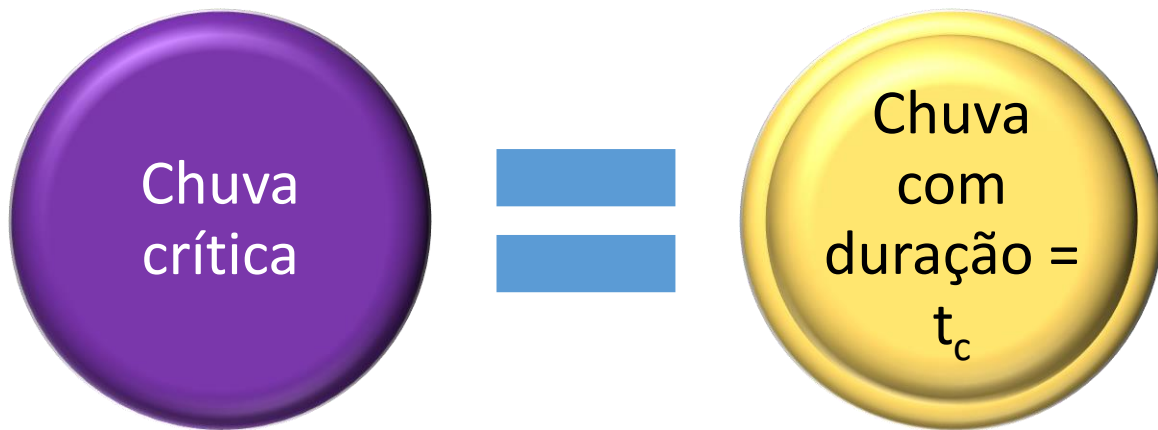


Figura 37: Premissa básica do método racional



Ao utilizarmos o método racional, trabalharemos com uma **chuva** com **duração igual ao tempo de concentração**, chamada de **chuva crítica**. **Associado a essa chuva crítica** e a um determinado **risco** que compõe o estudo hidrológico, temos a produção de uma vazão chamada **vazão de projeto**. Este é um dos parâmetros mais importantes em projetos de drenagem urbana, como no caso de projetos de canalização.

Esse método é tão importante que, quando a questão não mencionar qual método utilizar, lembre-se do método racional!



Vamos fazer essa questão a seguir juntos?

(FGV/ALERO - Ana. Legislativo Eng. Civil - 2018) Uma sub-bacia de 2 km², com diferentes usos do solo, contribui para uma seção transversal onde será realizada uma obra hidráulica.

Da área total da sub-bacia, 40% é uma área rochosa com baixa permeabilidade que apresenta coeficiente de runoff $C_1 = 0,85$; 50% é área de mata com coeficiente de runoff $C_2 = 0,2$; e, o restante, área agrícola com coeficiente de runoff $C_3 = 0,3$.

Assinale a opção que indica o escoamento superficial máximo esperado para o dimensionamento da estrutura hidráulica, se a chuva de projeto é de 180 mm/h.

- a) 24 m³/s.
- b) 28 m³/s.
- c) 36 m³/s.
- d) 47 m³/s.
- e) 75 m³/s.

Comentários:



A questão menciona o coeficiente de runoff sem precisar o método a se realizar para o cálculo da vazão escoada, pressupondo que se escolha o método mais famoso e simples de cálculo de escoamento, que é o método racional:

$$Q = \frac{C.i.A}{3,6}$$

Há 2 formas de se fazer essa questão. Vamos ver cada uma:

Método 1:

Vamos calcular a contribuição de cada tipo de área na drenagem para sabermos a vazão máxima na área onde se realizará a obra:

-40% em área rochosa, menos permeável, com $C_1 = 0,85$:

$$\text{Área} = 40\% \cdot 2 \text{ km}^2 = 0,8 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{0,85 \cdot 180 \cdot 0,8}{3,6} = 34 \text{ m}^3/\text{s}$$

-50% em área de mata, mais permeável, com $C_2 = 0,2$:

$$\text{Área} = 50\% \cdot 2 \text{ km}^2 = 1 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{0,2 \cdot 180 \cdot 1}{3,6} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

-10% em área agrícola, um pouco menos permeável do que a área de mata, com $C_3 = 0,3$:

$$\text{Área} = 10\% \cdot 2 \text{ km}^2 = 0,2 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{0,3 \cdot 180 \cdot 0,2}{3,6} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$$

O escoamento máximo ($Q_{\text{máx}}$) esperado será a soma das 3 vazões ocorrendo ao mesmo tempo:

$$Q_{\text{máx}} = 34 + 10 + 3 = 47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Método 2:

Buscamos um coeficiente de runoff que represente a bacia como um todo, fazendo uma média ponderada pela área coberta por cada coeficiente na bacia:

$$C_{\text{médio}} = \frac{\text{Área 1} \cdot C_1 + \text{Área 2} \cdot C_2 + \text{Área 3} \cdot C_3}{\text{Área 1} + \text{Área 2} + \text{Área 3}}$$

Vamos calcular algumas partes dessa equação:

-40% em área rochosa, menos permeável, com $C_1 = 0,85$:

$$\text{Área 1} \cdot C_1 = 40\% \cdot 2 \text{ km}^2 \cdot 0,85 = 0,8 \cdot 0,85$$

-50% em área de mata, mais permeável, com $C_2 = 0,2$:

$$\text{Área 2} \cdot C_2 = 50\% \cdot 2 \text{ km}^2 \cdot 0,2 = 1 \cdot 0,2$$

-10% em área agrícola, um pouco menos permeável do que a área de mata, com $C_3 = 0,3$:



$$\text{Área 3} \cdot C3 = 10\% \times 2 \text{ km}^2 \times C3 = 0,2 \times 0,3$$

Inserimos agora esses valores na equação da média ponderada:

$$C_{\text{médio}} = \frac{0,8 \times 0,85 + 1 \times 0,2 + 0,2 \times 0,3}{2} = 0,47$$

Agora calculamos a vazão pelo método racional:

$$Q_{\text{máx}} = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6} = \frac{0,47 \cdot 180 \cdot 2}{3,6} = 47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Gabarito: "D"

(FUNDEP/Pref. Uberaba - Eng. Civil - 2016) A adequada definição dos hidrogramas de projeto nos diversos pontos notáveis do sistema de drenagem é uma atividade essencial para o sucesso da medida proposta.

Sobre os estudos hidrológicos voltados à drenagem urbana, é INCORRETO afirmar:

- Em virtude da carência de dados fluviométricos, que poderiam subsidiar análises estatísticas de cheias, normalmente são adotados dados empíricos, obtidos de observações in loco, para a definição dos hidrogramas de projeto.
- Os dados necessários à elaboração desses estudos compreendem fundamentalmente as características hidráulicas e geomorfológicas da bacia, suas condições de impermeabilização, tempos de concentração e precipitações de projeto.
- Nos projetos de canalização, o parâmetro mais importante a se considerar é a vazão de projeto, ou seja, o pico dos deflúvios associado a uma precipitação crítica e a um determinado risco assumido.
- Com relação aos dados pluviométricos, estão disponíveis para as principais cidades brasileiras as relações IDF (intensidade – duração – frequência).

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois a falta de dados fluviométricos sobre as bacias torna necessária que as análises hidrológicas sejam feitas com base em modelos matemáticos do tipo chuva-vazão. Como não há registros de medições da bacia, não é possível que se adote observações in loco, pois são estas observações justamente aquilo que geralmente não se tem.

A **alternativa B** está correta, visto que os estudos de drenagem urbana requerem conhecimento sobre as características hidráulicas e geomorfológicas da bacia, como seu coeficiente de forma, a impermeabilização de suas superfícies, o tempo de concentração, as intensidades das precipitações, etc.

A **alternativa C** está correta, já que em projetos de drenagem urbana a vazão de projeto é um dos parâmetros mais importantes, estando relacionada a um hidrograma produzido por uma precipitação crítica e a um determinado risco assumido, uma vez que a precipitação se distribui aleatoriamente.

A **alternativa D** está correta, pois existem curvas IDF disponíveis para as principais cidades brasileiras.

(FEPESE/ Fraiburgo Eng. Civil - 2017) Julgue a afirmativa a seguir em relação à drenagem de águas pluviais.

O método racional deve ser utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias hidrográficas de grande extensão.



Comentários:

O método racional tem aplicação limitada a bacias relativamente pequenas, de cerca de 2,5 km². Os motivos são 2:

- 1- É difícil se ter dados de chuvas com duração igual ao tempo de concentração em bacias grandes;
- 2- A premissa de se ter chuva com intensidade constante em toda bacia, no caso de grandes extensões, afasta-se muito da realidade dessas bacias.

Portanto, a afirmativa está **errada**.



(CESPE - Ana. Judiciário/CNJ - Eng. Civil - Questão de fixação) No que concerne à drenagem de águas pluviais, julgue o próximo item.

O método racional é empregado para o cálculo da vazão média produzida por determinada bacia hidrográfica durante o período de chuva.

Comentários:

O método racional é empregado sim para o cálculo de vazão escoada em uma bacia durante o período de chuva. Porém, esse método permite que se encontre **a vazão máxima**, e não a vazão média. Portanto, a assertiva está **errada**.

IDECAN - Oficial Bombeiro Militar (CBM DF)/Complementar/Engenharia Civil/2017

A escolha do coeficiente de Runoff (escoamento superficial ou coeficiente de deflúvio) depende da natureza e das características da bacia hidrográfica a drenar e seus valores usuais (valores de Runoff – f) são, EXCETO:

- a) Para telhados → 0,70 a 0,95.
- b) Para superfícies asfaltadas → 0,35 a 0,40.
- c) Para terrenos descampados → 0,10 a 0,30.
- d) Para estradas não pavimentadas → 0,15 a 0,30.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois telhados são uma das superfícies urbanas mais impermeáveis, apresentando um coeficiente C entre 0,70 e 0,95.

A **alternativa B** está errada, visto que superfícies asfaltadas são pouco permeáveis, perdendo apenas para os telhados, possuindo um C entre 0,75 e 0,85.

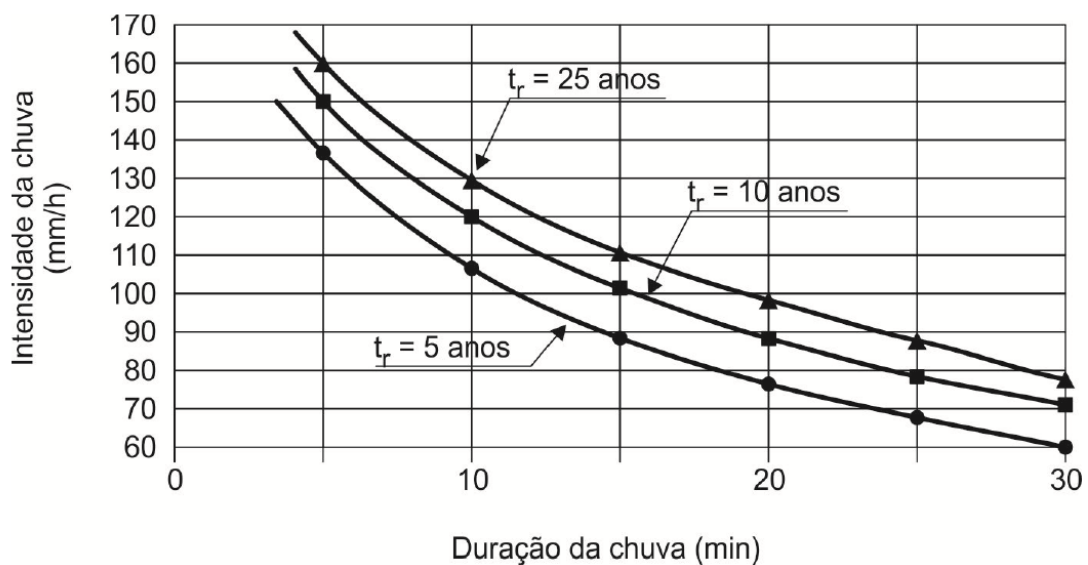
A **alternativa C** está correta, já que terrenos descampados são muito permeáveis, apresentando coeficiente C muito baixo.

A **alternativa D** está correta, pois estradas não pavimentadas são ligeiramente menos permeáveis do que terrenos descampados, cujos valores foram mostrados na alternativa C.

(FCC/ARTESP - Eng. Civil - 2017) Para o dimensionamento hidráulico da drenagem superficial de um projeto de uma rodovia, considere os dados abaixo:

- Sarjetas (valetas) de corte revestidas em concreto.
- Revestimento da pista e do acostamento em concreto asfáltico.
- Declividades das sarjetas iguais a do greide da estrada.
- Tempo de concentração adotado = 5 minutos.
- Período de retorno de 10 anos.
- Descarga de dimensionamento de cada sarjeta calculada pelo Método Racional: $Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para a região do projeto, os estudos hidrológicos apresentam os seguintes valores de intensidade de precipitação em função da duração da chuva e do período de retorno (t_r):



Considerando que a área da bacia e o coeficiente de escoamento permanecem constantes, caso o tempo de concentração aumente para 10 minutos, tem-se a intensidade da chuva igual a

- (A) 30 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta irá diminuir.
- (B) 120 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta irá aumentar.
- (C) 130 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta irá aumentar.
- (D) 150 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta permanecerá a mesma.
- (E) 120 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta irá diminuir.

Comentários:

As alternativas da questão comparam a situação após o aumento do tempo de concentração com a situação anterior. Por isso, devemos conhecer a situação de drenagem da bacia ante e depois. Vamos lá:

-Situação inicial:

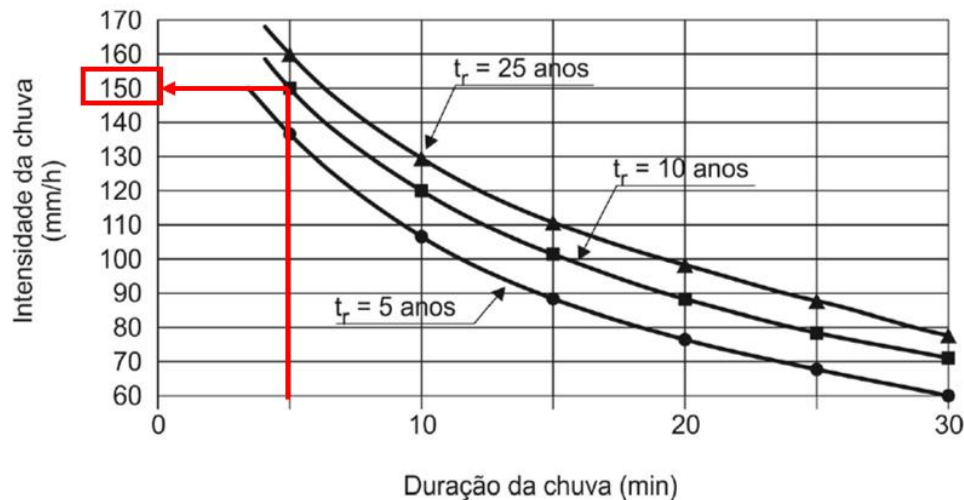
Tempo de concentração = 5 min



Tempo de Retorno = 10 anos

Como a questão menciona que foi adotado o método racional, sabemos que a duração da precipitação será igual ao tempo de concentração, ou seja, 5 minutos.

Com essas informações, buscamos a intensidade pluviométrica na curva IDF da questão, correspondente ao tempo de retorno de 10 anos e à abscissa com duração igual a 5 minutos, resultando na obtenção de intensidade de 150 mm/h, conforme figura a seguir:

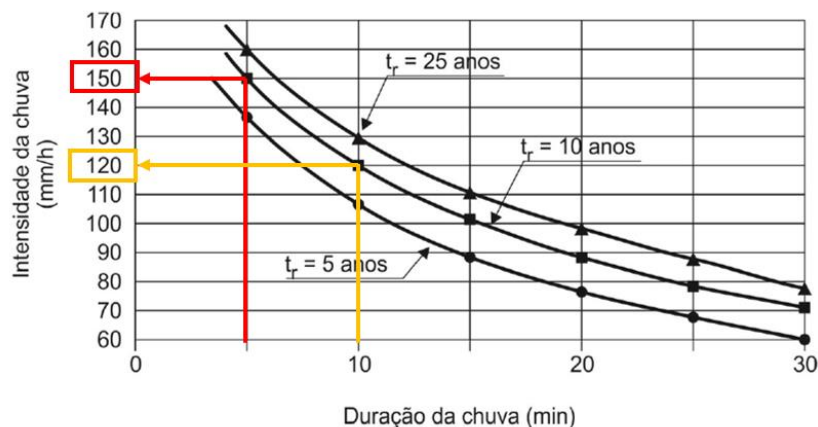


-Situação final:

Novo tempo de concentração = 10 min

Tempo de Retorno = 10 anos

A duração da precipitação foi dobrada, uma vez que o tempo de concentração foi alterado, passando a duração para 10 minutos. Logo, a intensidade pluviométrica será o ponto na curva IDF para o período de retorno de 25 anos com abscissa igual a 10 minutos:



Portanto, a intensidade pluviométrica caiu de 150 para 120 mm/h.

Quanto à descarga de dimensionamento da sarjeta, trata-se da vazão de escoamento que chegará até a sarjeta. Essa vazão é dada pela fórmula do método racional:



$$Q = \frac{C.i.A}{3,6}$$

Vamos analisar agora cada alternativa:

A **alternativa A** está errada, pois a nova intensidade de chuva é de 120 mm/h, e não 30 mm/h. Quanto à descarga de dimensionamento, uma vez que houve redução da intensidade pluviométrica i , haverá redução também da vazão Q , chamada descarga.

A **alternativa B** está errada, pois a descarga de dimensionamento irá diminuir, e não aumentar conforme dito pela assertiva, visto que a intensidade pluviométrica foi reduzida para 120 mm/h.

As **alternativas C e D** estão erradas, já que a nova intensidade de chuva é de 120 mm/h e a descarga de dimensionamento não permanece constante nem aumenta, mas sim diminui devido à redução da intensidade pluviométrica.

A **alternativa E** está correta, pois a nova intensidade pluviométrica é de 120 mm/h, havendo diminuição na descarga de dimensionamento devido à redução da intensidade pluviométrica.

(CESGRANRIO - EPE - Ana. de Pesquisa Energética - Recursos Hídricos - Questão de fixação) Uma bacia hidrográfica rural tem uma precipitação média anual de 1200 mm sobre seus 500 hectares.

Sabendo-se que o exutório de seu rio principal escoar um volume de 4,8 milhões de m³ por ano, o coeficiente de escoamento de longo prazo da bacia é

- a) 0,50
- b) 0,60
- c) 0,70
- d) 0,80
- e) 0,90

Comentários:

O coeficiente de escoamento C é dada pela razão entre o volume precipitado e escoado:

$$C = \frac{\text{Volume escoado}}{\text{Volume precipitado}}$$

Ao analisarmos os volumes precipitado e escoado, vemos que eles estão em unidades diferentes, sendo que temos que calcular C considerando uma mesma unidade para as 2 variáveis. Vamos então trabalhar com tudo em metro cúbico:

$$\text{Volume escoado} = 4,8 \text{ milhões de } m^3 = 4,8 \times 10^6 m^3$$

Vamos agora calcular o volume precipitado, começando por analisar a altura precipitada:

$$\text{Altura precipitada} = 1200 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Área da bacia} = 500 \text{ hectares} = 500 \times 10^4 m^2 = 5 \times 10^6 m^2$$

$$\text{Volume precipitado} = \text{Altura precipitada} \times \text{Área da bacia} = 1,2 \times 5 \times 10^6 = 6 \times 10^6$$

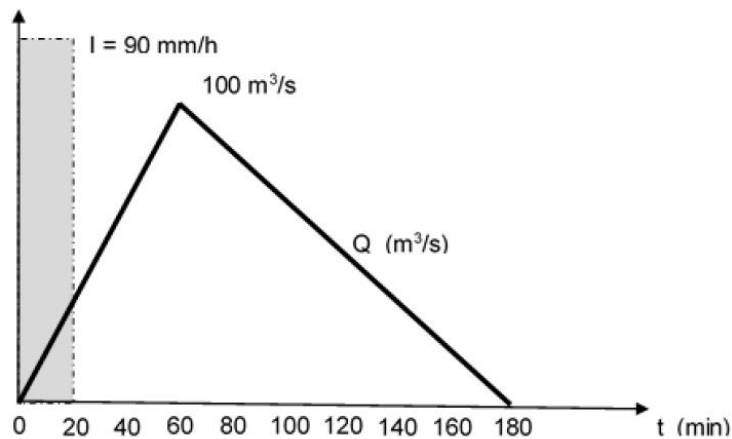
Calculamos então o coeficiente C :



$$C = \frac{\text{Volume escoado}}{\text{Volume precipitado}} = \frac{4,8 \times 10^6}{6 \times 10^6} = 0,80$$

Gabarito: "D".

(FGV/TJ BA - Ana.Judiciário - Eng. Civil - Questão de fixação) A figura mostra o hietograma de uma precipitação crítica que caiu uniformemente em uma bacia hidrográfica de 25 km². A intensidade da precipitação foi de 90 mm/h e sua duração de 20 min. Essa chuva gerou no exutório da bacia o hidrograma de cheia triangular com vazão de pico de 100 m³/s e tempo de base de 3 horas.



O coeficiente de escoamento superficial ou de *runoff* dessa bacia hidrográfica é:

- (A) 0,24;
- (B) 0,36;
- (C) 0,50;
- (D) 0,64;
- (E) 0,72.

Comentários:

O coeficiente de escoamento solicitado é calculado pela fórmula:

$$C = \frac{\text{Volume escoado}}{\text{Volume precipitado}}$$

Se a precipitação fosse de 90 mm/h durante 1 hora, teríamos uma lâmina d'água com altura de 90 mm. Como a duração foi de apenas 20 minutos, ou seja, 1/3 de 1 hora, a lâmina d'água também foi de 1/3 da intensidade de 90 mm, ou seja:

$$\text{Lâmina d'água} = \frac{20 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} \cdot 90\text{mm} = \frac{1}{3} \cdot 90\text{mm} = 30\text{mm} = 0,03 \text{ m}$$

Assim, o volume dessa precipitação será dado por:

$$\text{Volume precipitado} = 0,03 \times 25\text{km}^2 = 0,03 \times 25 \times 10^6\text{m}^2 = 0,75 \times 10^6\text{m}^3$$

O volume de escoamento é a área do hidrograma, ou seja, a área do triângulo. Contudo, o triângulo nos induz ao seguinte erro: multiplicar simplesmente a base pela altura e dividir por 2. O problema é que a vazão



está em m^3/s , enquanto a duração está em minutos. Como temos que trabalhar com ambas variáveis na mesma unidade, vamos mudar todas para segundo, bastando multiplicar as abscissas por 60 para transformar minutos para segundos.

Logo, o volume será:

$$\text{Volume escoado} = \frac{100 \times (180 \times 60)}{2} = 540.000 \text{ m}^3 = 0,54 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Vamos, então, calcular C:

$$C = \frac{\text{Volume escoado}}{\text{Volume precipitado}} = \frac{0,54 \times 10^6}{0,75 \times 10^6} = 0,72$$

Gabarito: "E"

A banca havia errado o gabarito à época em que se aplicou esta próxima questão:

(CESPE - CNJ - Eng. Civil - Questão de fixação) No que concerne à drenagem de águas pluviais, julgue o próximo item.

No cálculo da vazão de bacias de drenagem, o coeficiente de deflúvio representa a razão entre o volume precipitado e o volume escoado sobre determinada superfície.

Comentários

A afirmação está errada, pois o coeficiente de deflúvio é a razão entre o volume escoado e o volume precipitado, ou seja, o contrário do que é dito na assertiva. Portanto, o item está **errado**.

5.4 - O Histograma e a curva de permanência

A chuva e a vazão são variáveis hidrológicas aleatórias, ou seja, que não podem ser previstas com exatidão. Por isso, o estudo dessas grandezas requer a análise de suas repetições para depois se deduzir as probabilidades de ocorrência. Relacionamos a quantidade de vezes que uma variável é observada por meio do **histograma**, que é um gráfico com o eixo vertical representando a **quantidade de vezes ou frequência** que um dado valor foi medido e o eixo horizontal representando a grandeza em análise.

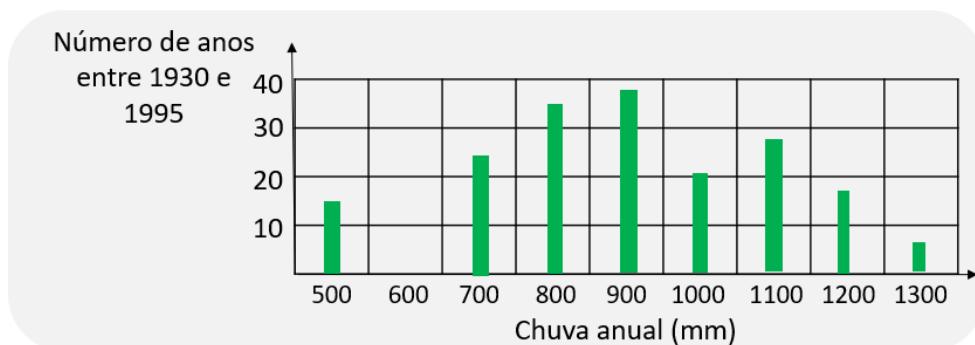


Figura 38: histograma de frequência de chuvas anuais

Quando trabalhamos com vazões, podemos fazer uma curva com as **frequências acumuladas das vazões** medidas em um rio, o que é chamado de **curva de permanência** (Figura 39). Eventualmente, pode-se

substituir a medida de vazão pelo nível do rio, uma vez que a altura do nível d'água reflete indiretamente a vazão escoada. A utilidade dessa curva é mostrar a frequência com que uma dada vazão em um rio é igualada ou superada.

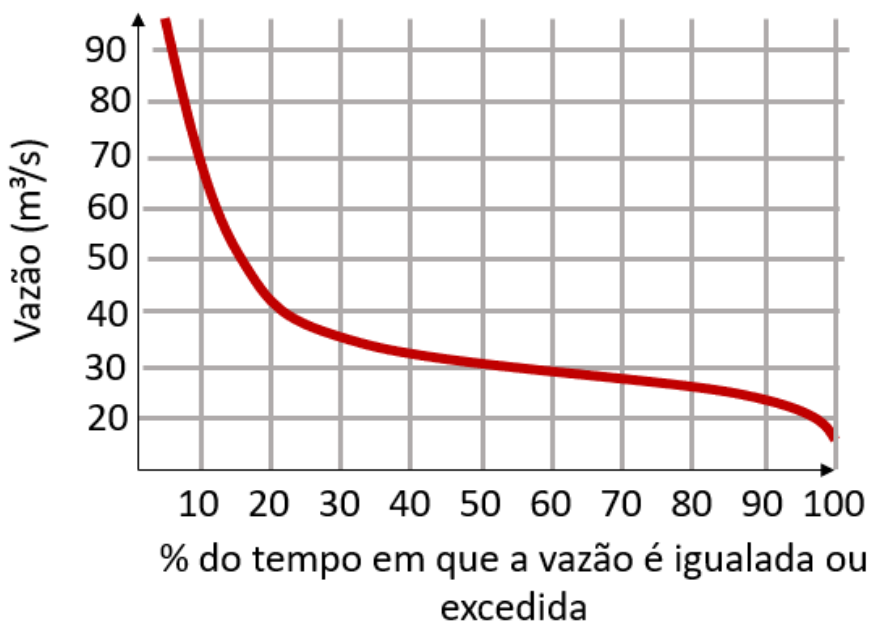


Figura 39: Curva de permanência para um as vazões médias mensais de um rio

Em geral, seguimos alguns passos básicos na hora de fazer uma curva de permanência:

1. Colocar os dados de vazão em ordem decrescente (do maior para o menor);
2. Calcular a quantidade de observações de cada vazão, ou seja, suas frequências simples;
3. Calcular a frequência relativa, por meio da divisão da frequência simples pela quantidade total de medições;
4. Calcular a frequência relativa acumulada;
5. Fazer o gráfico, com a frequência no eixo das abscissas e as vazões no eixo das ordenadas.

Não se preocupe em decorar esses passos, vamos aplicá-los em uma das questões para você entender como cai em concursos.

Suponha, por exemplo, na curva de permanência da figura anterior, que queremos saber qual a vazão média mensal que é igualada ou superada em 60% dos meses. Nesse caso, basta buscarmos o ponto onde a curva de permanência cruza a porcentagem de 60% no eixo das abscissas, conforme figura a seguir:

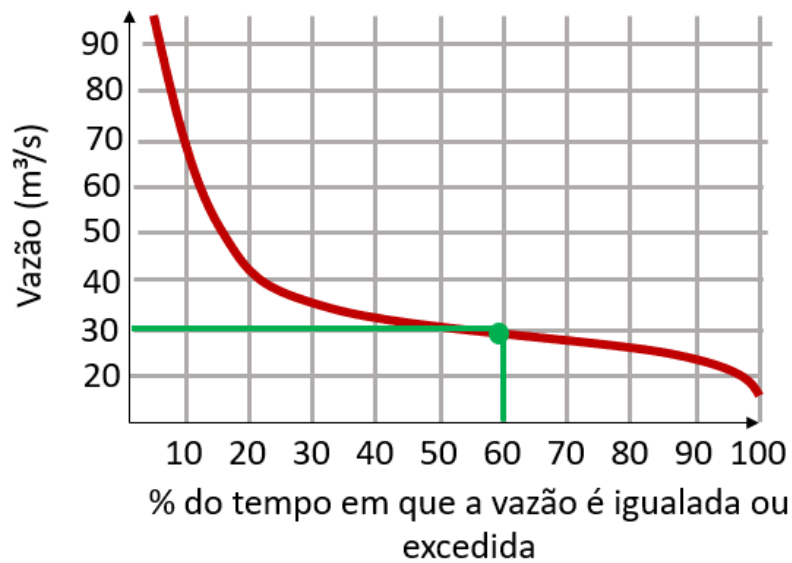


Figura 4o: interpretando uma curva de permanência

Assim, concluímos pela curva de permanência que a vazão mensal igualada ou excedida em 60% dos meses neste rio corresponde a 30 m³/s.



A curva de permanência é utilizada em áreas como **navegação** e análises de **qualidade da água**, porém os concursos gostam mesmo é da sua aplicação para se **avaliar a disponibilidade hídrica em reservatórios**, quando a capacidade de retenção do reservatório resulta em uma suavização da curva de permanência.

Os dados de vazão considerados na curva de permanência podem ser a nível diário, mensal ou anual. Essa **escala de tempo utilizada** tem grande **importância** para a **qualidade da curva**, pois enquanto uma curva com vazões diárias ou mensais apresentará variações significativas das vazões em cada unidade temporal, uma curva com vazões médias anuais dificilmente apresentaria tamanha variação.

A escolha do tipo de vazão, se diário, mensal ou anual, dependerá das **características** do uso que se fará da água, ou seja, da sua **demand**a. No caso de irrigação, a vazão a ser fornecida se baseará apenas nos períodos de estiagem do ano, enquanto no caso de abastecimento de água, a vazão é solicitada durante todo o ano, com acréscimo no verão.

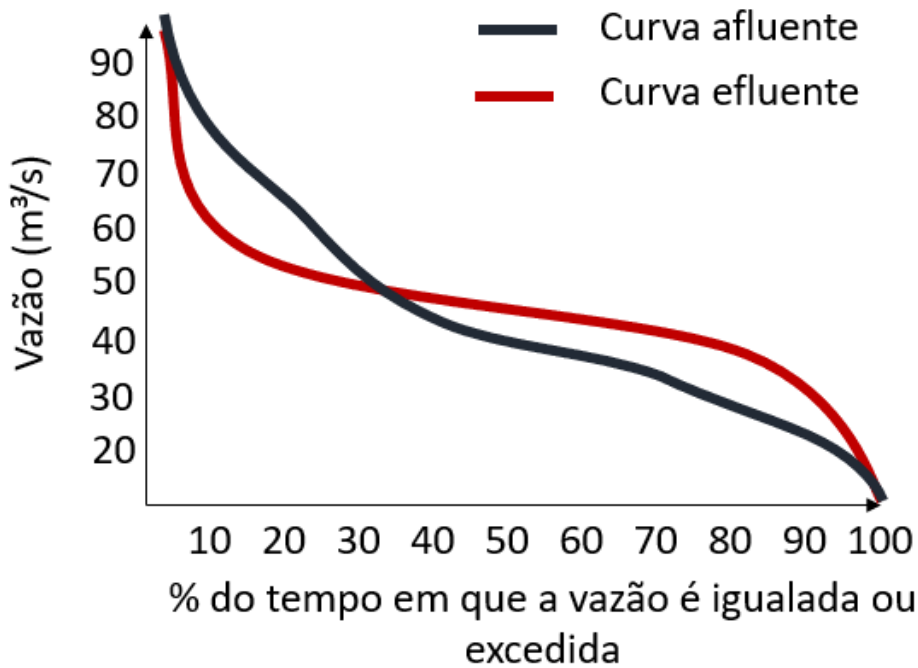


Figura 4.1: Reservatórios conseguem aplainar a curva de permanência efluente (ou seja, água que sai do reservatório) em relação à curva de permanência afluente (água que entra no reservatório), ao regular o estoque de água.



Além do diagrama de massas, utiliza-se no controle de **vazão de escoamento superficial**, como, por exemplo, em rios, a chamada **curva-chave**, que é simplesmente um **gráfico** que **relaciona** a vazão escoada com a **altura do nível d'água** medido por uma régua chamada linimétrica. Essa relação é aproximada por uma curva que pode ser feita de 2 formas:

- ✓ Diretamente pela plotagem de pontos em escala logarítmica e análise visual da curva;
- ✓ Analiticamente por meio de uma fórmula matemática que relacionará essas 2 variáveis altura e vazão, como, por exemplo, por meio das **funções potenciais**:

$$Q = a. (h - h_0)^c$$

Em que:

Q é a vazão observada;

h é o nível d'água medido;

a , h_0 e c : constantes para a estação de medição.

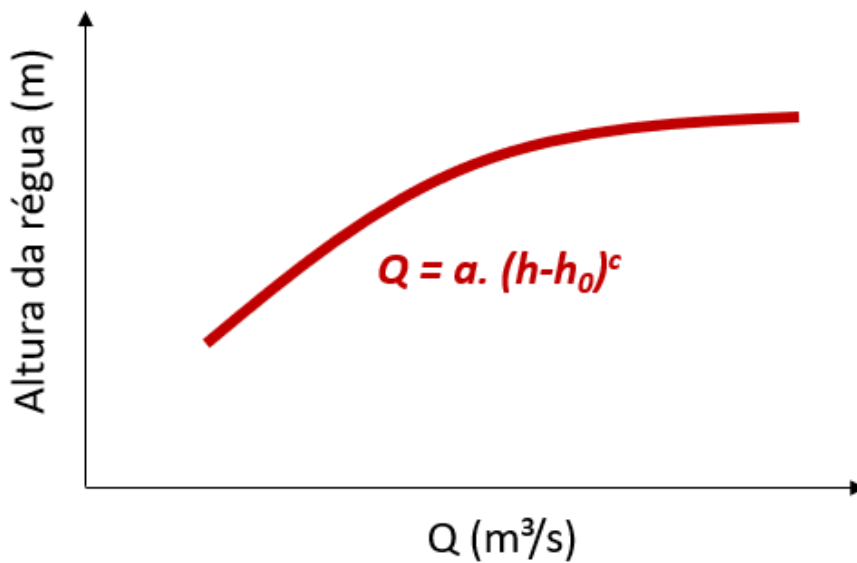


Figura 42: exemplo de curva-chave genérica



(FGV/ALBA - Eng. Civil - Questão de fixação) Na manipulação de séries históricas de vazões, as curvas de frequência simples são usadas para obtenção das curvas de permanência. A tabela abaixo mostra os dados de frequência simples usados para obtenção da curva de permanência relacionado a vazões observadas em uma seção de uma bacia hidrográfica.

Intervalo de Vazão (m³/s)	Frequência Simples
0 - 10	110
10 - 20	150
20 - 30	190
30 - 40	280
40 - 50	370
50 - 60	220
60 - 70	120
70 - 80	60

Assinale a opção que indica o valor da vazão, em m^3/s , que tem permanência no tempo de 70% (Q_{70}), isto é, as vazões do rio são maiores ou iguais a este valor de vazão em 70% do tempo.

- a) 20
- b) 30
- c) 40
- d) 50
- e) 60

Comentários:

Para calcularmos a vazão com permanência no tempo de 70% (Q_{70}), temos que alterar a sequência de apresentação das vazões para a ordem decrescente na tabela e utilizar as frequências acumuladas, conforme a seguir:

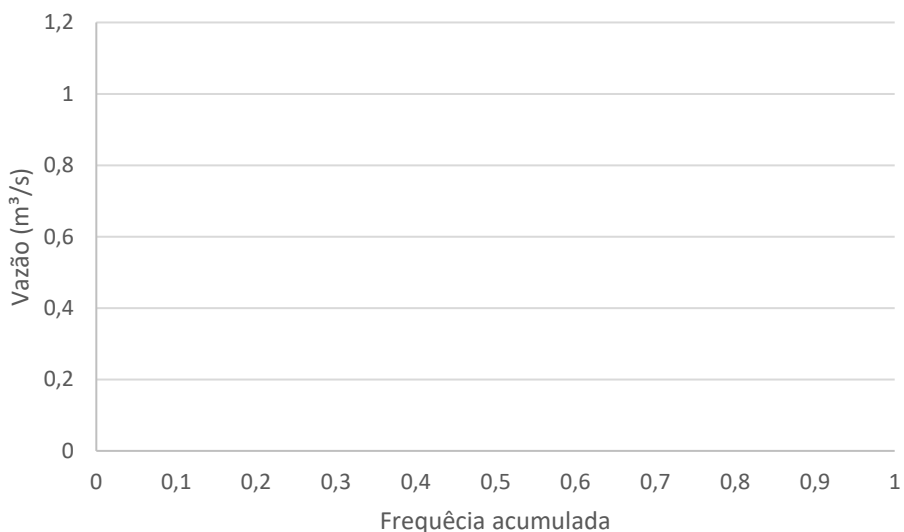
Intervalo de Vazão (m^3/s)	Frequência Simples	Frequência Acumulada
70 – 80	60	4%
60 – 70	120	8%
50 – 60	220	15%
40 – 50	370	25%
30 – 40	280	19%
20 – 30	190	13%
10 – 20	150	10%
0 – 10	110	7%

Precisamos expressar a frequência acumulada em percentuais, para termos ideia da representatividade de cada vazão em relação ao total de medições, o que nos permitirá então conhecer Q_{70} :

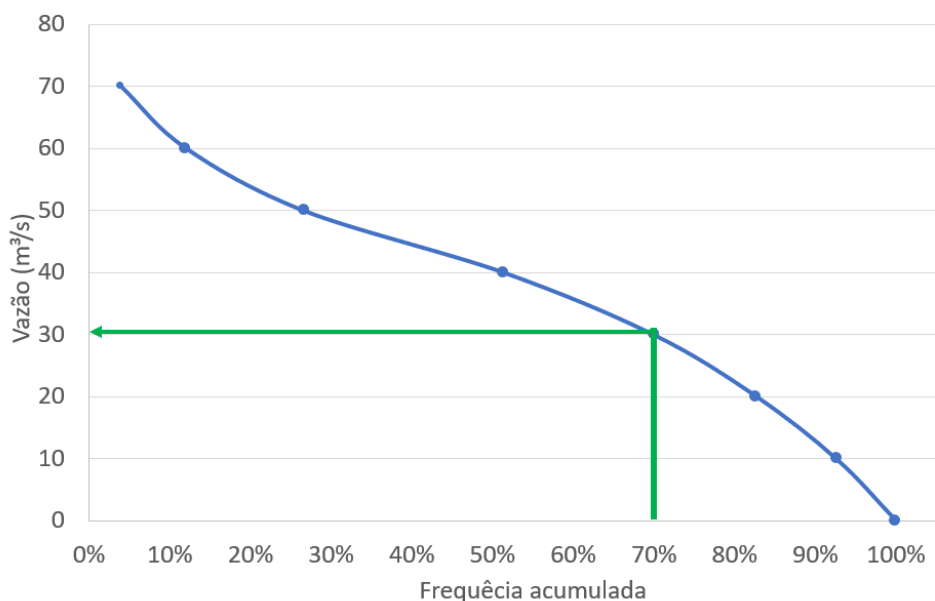
Intervalo de Vazão (m^3/s)	Frequência Simples	Frequência Acumulada	Frequência Acumulada relativa
70 – 80	60	4%	4%
60 – 70	120	8%	12%
50 – 60	220	15%	27%
40 – 50	370	25%	51%
30 – 40	280	19%	70%
20 – 30	190	13%	83%
10 – 20	150	10%	93%
0 – 10	110	7%	100%



Devemos agora plotar esses pontos para estimar exatamente a vazão correspondente a 70% de frequência. Atenção na hora da plotagem da curva, pois como as vazões estão classificadas por faixas de variação, por exemplo, 70 a 80, 60 a 70, 50 a 60, colocamos o limite inferior de cada faixa na ordenada do gráfico, por ser uma abordagem a favor da segurança:



Buscamos agora o ponto de vazão correspondente à frequência de 70%:



Pelo gráfico, vemos que a vazão Q_{70} é igual a $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gabarito: "B"

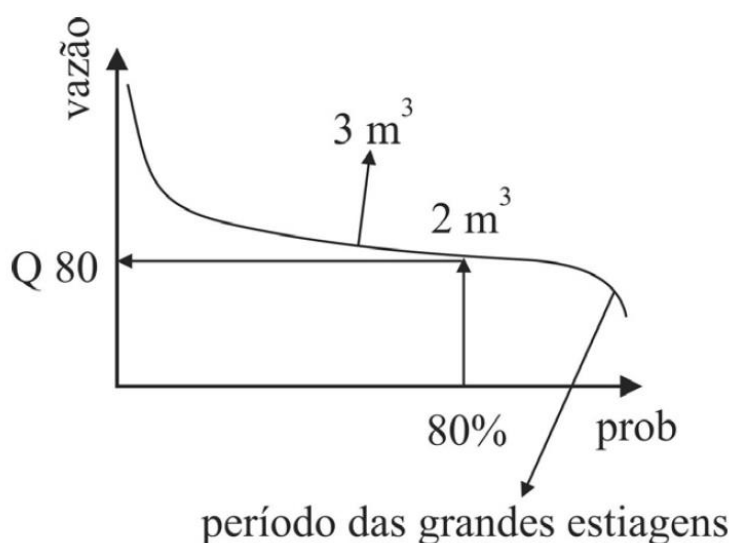




PEGADINHA

A questão a seguir não é muito bem feita, portanto, não se estresse se você errar. Tente aprender com a questão.

(CESPE/IFF - Eng. - 2018) Uma indústria deverá ser instalada em determinado local e sua planta industrial demanda uma vazão de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ de água para o processo. Antes de adquirir o local, foi feito um estudo de disponibilidade hídrica. Uma curva de permanência, que indica a percentagem de tempo em que determinado valor de vazão foi igualado ou ultrapassado durante o período de observação, foi levantada. A figura seguinte mostra a curva de permanência elaborada.



Considerando-se que seja necessária uma vazão remanescente de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ para atendimento dos demais usos múltiplos da água e que, para a decisão pela instalação é necessário que 80% das vazões de todo o histórico sejam suficientes para a demanda da indústria e para os usos múltiplos, a melhor decisão será pela

- A) instalação, já que sempre haverá disponibilidade hídrica suficiente para a indústria e para os demais usos.
- B) instalação, já que 80% das vazões do histórico são superiores a $3 \text{ m}^3/\text{s}$, suficientes, portanto, para a demanda industrial e para os demais usos.
- C) instalação, já que 80% das vazões do histórico são superiores a $2 \text{ m}^3/\text{s}$, suficientes, portanto, para a demanda industrial e para os demais usos.
- D) não instalação, já que 80% das vazões do histórico são suficientes para a demanda industrial, porém não atenderão os demais usos da água.
- E) não instalação, já que 80% das vazões do histórico não são suficientes para a demanda industrial e para os demais usos.

Comentários:



A **alternativa A** está errada, pois a palavra sempre implica certeza, contudo a figura é clara em mostrar um período com grandes estiagens em que as vazões são inferiores a 2m^3 . Portanto, nem sempre haverá disponibilidade hídrica para a indústria e os demais usos.

A **alternativa B** está errada, visto que a vazão Q_{80} não é igual a 3m^3 , já que este valor está acima da reta horizontal que liga a curva até Q_{80} .

A **alternativa C** está correta, pois 80% das vazões do histórico são, a princípio, iguais ou superiores a 2m^3 . Como as demais alternativas estão muito erradas e a figura da questão apresenta a legenda 2m^3 acima da linha Q_{80} , havendo uma distância entre elas, presume-se que Q_{80} será um valor ligeiramente inferior a 2m^3 .

A **alternativa D** está errada, já que se deve recomendar a instalação da indústria, uma vez que todos os outros usos serão satisfeitos em mais de 80% das vazões, ao contrário do que diz essa assertiva.

A **alternativa E** está errada, visto que 80% das vazões são mais do que suficientes para o consumo da indústria e os demais usos, ao contrário do que diz a afirmativa.

(CESPE/TCE-RN - Inspetor de Controle Externo - Eng. Civil - 2015) Após a inauguração e entrada em operação de uma barragem e de uma estação de captação, verificou-se que, nos períodos de estiagem, a barragem não reservava o volume projetado. A perda do volume era rápida, o que obrigou as autoridades locais a instituírem o racionamento na cidade.

Com referência a essa situação hipotética, julgue o item seguinte.

A disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica em estudo pode ser determinada por meio da curva de permanência de vazões que hierarquiza as vazões em ordem de grandeza em função da ordem cronológica de suas ocorrências, privilegiando a correlação entre vazões.

Comentários:

A curva de permanência permite a determinação da disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica, contudo essa curva de permanência não considera ordem cronológica de ocorrências das vazões, mas sim a quantidade de vezes que uma mesma vazão se repete, por meio da frequência, apresentada em ordem decrescente das vazões. Portanto, a afirmativa está **errada**.

A questão a seguir foi anulada por não conter a alternativa com a resposta correta, tendo tido a resposta adaptada para o gabarito.

(NC-UFPR/ITAIPU - Hidrologia - 2019) A análise das vazões (descarga) de um rio e o nível (cota) de água correspondente podem ser representados pela relação entre cota e descarga, denominada Curva Chave, conforme a seguinte função exponencial:

$$Q = a \cdot (h - h_0)^n$$

Em que:

Q = vazão (descarga).

h = o nível da régua correspondente à vazão (cota).

h_0 = nível para o qual a vazão é nula.

a = parâmetro constante determinado para o local.

n = parâmetro constante determinado para o local.



A partir do exposto, a Curva Chave de um determinado rio foi equacionada como sendo igual a $Q = 120 \cdot (h - 2)^2$, sendo Q dado em m^3/s e h em m.

Qual é a vazão desse rio, caso o nível da régua seja de 3,0 m?

- a) 90 m^3/s .
- b) 108 m^3/s .
- c) 360 m^3/s .
- d) 120 m^3/s .
- e) 3.000 m^3/s .

Comentários:

Basta aplicarmos a fórmula dada pela questão. Vamos lá:

$$Q = 120 \cdot (3 - 2)^2 = 120 \text{ m}^3/s$$

Gabarito: Letra "D".

(FGV/ DPE MT - Eng. Civil - Questão de fixação) Para acompanhar a vazão de um rio ao longo do tempo, foi instalada uma estação fluviométrica para medição contínua do nível d'água e foram realizadas algumas campanhas de medição de vazão para determinação de uma curva-chave.

Essa curva é uma expressão que relaciona, em uma seção do rio, o nível d'água H (em m) com sua respectiva vazão Q (em m^3/s), do tipo: $Q = a \cdot H^n$, em que a e n são coeficientes.

Após uma campanha para calibração de uma curva-chave foram obtidos os dados mostrados na tabela a seguir.

Vazão Q (m^3/s)	2	2,4	8
Nível H (m)	0,125	0,216	8

A partir dos dados dessa campanha pode-se afirmar que os coeficientes da curva-chave são:

- a) $a = 1,0$ e $n = 1$.
- b) $a = 2,0$ e $n = 1/2$.
- c) $a = 4,0$ e $n = 1/3$.
- d) $a = 1/2$ e $n = 2,0$.
- e) $a = 1/3$ e $n = 4,0$.

Comentários:

A questão nos forneceu alguns valores de Q e H. Observe que na última coluna temos valores iguais, 8 e 8. Vamos tentar colocá-los na fórmula e ver o que obtemos:

$$Q = a \cdot H^n$$
$$8 = a \cdot 8^n$$

Vamos agora tentar colocar os coeficientes da alternativa:



-A) $a=1,0$ e $n=1$:

$$8 = 1 \cdot 8^1 = 8 - \text{OK.}$$

Vamos tentar a alternativa A para Q igual a 2 e H igual a 0,125:

$$2 = 1 \cdot 0,125^1 = 0,125 - \text{Errado, pois } 0,125 \text{ é diferente de } 2. \text{ Vamos para a alternativa seguinte.}$$

-B) $a = 2,0$ e $n = 1/2$:

$$8 = 2 \cdot 8^{1/2} = 5,66 - \text{Errado, pois } 8 \text{ é diferente de } 5,66. \text{ Vamos para a alternativa seguinte.}$$

-C) $a = 4,0$ e $n = 1/3$.

$$8 = 4 \cdot 8^{1/3} = 8 - \text{OK.}$$

Vamos tentar a alternativa C para Q igual a 2 e H igual a 0,125:

$$2 = 4 \cdot 0,125^{1/3} = 2 - \text{OK}$$

Vamos tentar a alternativa C para Q igual a 2,4 e H igual a 0,216:

$$2,4 = 4 \cdot 0,216^{1/3} = 2,4 - \text{OK}$$

Portanto, esta é a alternativa **correta!**

D) $a = 1/2$ e $n = 2,0$:

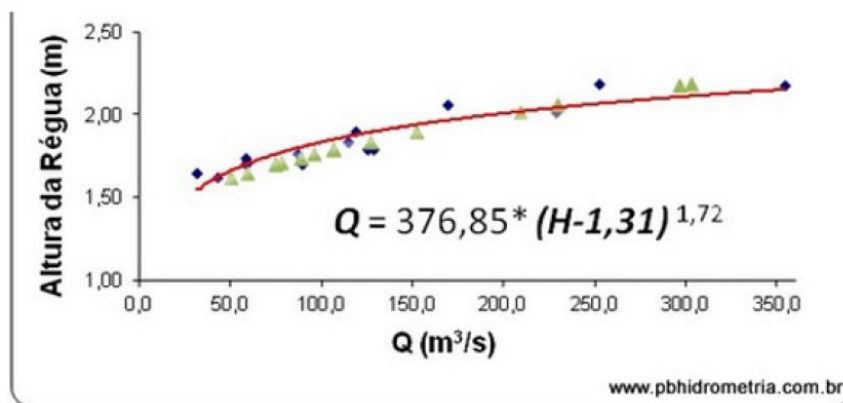
$$8 = 1/2 \cdot 8^2 = 32 - \text{Errado, pois } 32 \text{ é diferente de } 8.$$

E) $a = 1/3$ e $n = 4,0$:

$$8 = 1/3 \cdot 8^4 = 1.365,33 - \text{Errado, pois } 1.365,33 \text{ é diferente de } 8.$$

Gabarito: "C".

(AOCP/ UFFS - Hidrologia - 2016) Observe a imagem a seguir.



O monitoramento da variação do nível d'água nos rios e da quantidade de precipitação que cai em um determinado local é feito através de estações de monitoramento hidrológico. As informações sobre os níveis do rio e as precipitações registradas podem ser transmitidas de maneira on-line, por meio de telemetria, no decorrer do dia para um servidor de dados instalado no cliente e daí para a ANEEL ou então serem recolhidas mensalmente, conforme as características dos equipamentos instalados. Considerando o exposto, é correto afirmar que a imagem apresenta da é um exemplo de

- a) curva de nível.
- b) curva chave.
- c) curva concêntrica.
- d) curva vertical.
- e) curva de Água.

Comentários:

A curva que relaciona a altura da lâmina d'água com a vazão em um rio, aproximando essa relação por uma fórmula, é a curva chave. A curva de nível da letra A refere-se a curvas que agrupam pontos de mesma altitude ou nível topográfico. Os demais conceitos apresentados nas outras alternativas não são da hidrologia.

Gabarito: "B".

Essa próxima questão contém conceitos não vistos relacionados a outras disciplinas da engenharia, porém não há prejuízo à sua resolução.

(AOCP/ UFFS - Hidrologia - 2016) É o resultado da quantidade de água que entra e sai de uma certa porção do solo em um determinado intervalo de tempo. Quando se consideram as condições disponíveis no meio ambiente, torna-se evidente que a humanidade, a civilização e a tecnologia estão sendo rapidamente ameaçadas em seus limites de desenvolvimento. Os limites resultam das reservas naturais de matérias-primas, produção de alimentos e energia e o suprimento de água potável. Em um planejamento sistemático para o futuro, o suprimento e a demanda de água devem ser considerados conjuntamente de forma a se equilibrar esse balanço, com a ajuda do qual será possível o desenvolvimento do homem e do mundo. Representa-se esse equilíbrio de forma matemática, para que ele possa ser considerado em obras de engenharia, planejamento de áreas de uso agrícola, florestal, vias fluviais, entre tantos outros exemplos.

O enunciado se refere ao conceito de

- a) pegada hídrica.
- b) limites de Atterberg.
- c) balanço hídrico.
- d) curva chave
- e) bacia hidrográfica.

Comentários:

A **letra A** está errada, pois pegada hídrica é um conceito aplicado ao consumo total de água para se produzir um dado produto, sem relação com a questão.

A **letra B** está errada, pois limites de Atterberg correspondem a limites de consistência para análise de solos, sem relação direta com recursos hídricos.

A **letra C** está correta, pois o balanço hídrico é a relação de continuidade entre a água que entra em um sistema e a água que sai deste sistema sob diversas formas, como evaporação, transpiração e infiltração.



A **letra D** está errada, visto que a curva chave relaciona a altura do nível d'água com a vazão escoada, não abrangendo completamente o termo "balanço", que pressupõe manutenção da quantidade de água de um sistema, o que inclui os outros caminhos percorridos pela água em uma bacia, como infiltração e evaporação.

A **alternativa E** está errada, pois a bacia hidrográfica não corresponde a um balanço das quantidades de água presente, conforme pedido pela questão. A bacia hidrográfica pode ser conceituada como a área de drenagem de um rio ou outro sistema, conectada ao exterior por um simples ponto de saída, o exutório.

5.5 - Reservatórios

A vazão em um rio é uma variável aleatória, que possui comportamento imprevisível. As variações da vazão ao longo dos meses nos corpos d'água é muito significativa, resultando em épocas de abundância de recursos hídricos e épocas de escassez. Os reservatórios são estruturas destinadas justamente a regularizar vazões, armazenando volumes em épocas de cheias e liberando-os nas épocas de secas.

A variação da vazão que chega a um reservatório é tão grande, que é necessário projetá-lo prevendo-se a situação do volume de água exceder à capacidade de reservação. Para isso, utilizamos **vertedores**, que são **estruturas** destinadas a fazer a **descarga** das **águas excedentes** ao reservatório sem causar danos à estrutura.





Figura 43: vertedouros permitem o escoamento da água excedente em um reservatório

Podemos dividir os volumes de água de um reservatório da seguinte maneira:

- **Volume útil:** permite **aproveitamento direto** da água contida no reservatório.
 - ✓ A água do volume útil constitui o chamado armazenamento útil do reservatório.
- **Volume morto:** formado por **acúmulo de sedimentos** no fundo do reservatório e **necessário para** se atender às **exigências operacionais dos equipamentos** de captação de água;
 - ✓ A água do volume morto mais a do volume útil constitui o chamado armazenamento real do reservatório.

A vazão de água que chega a um reservatório apresenta grande variação ao longo do ano, como por exemplo, na figura hipotética mostrada a seguir:

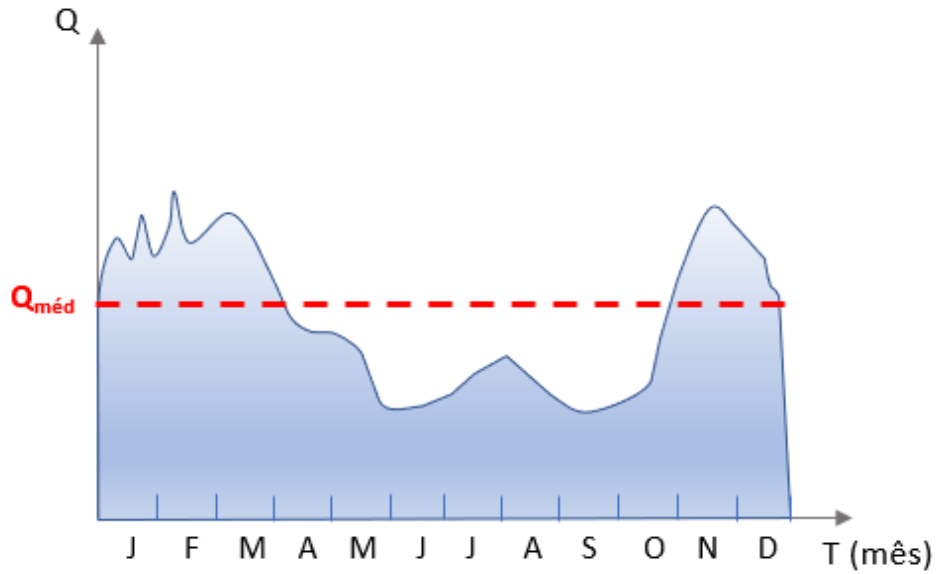


Figura 44: Hidrograma da vazão que aflui (ou seja, que chega) a um reservatório

A integral dessa curva da figura anterior, chamada hidrógrafa ou hidrograma, resulta em uma **curva de volume acumulado que chega a um reservatório**, chamada **diagrama** (ou **curva**) **de massa** ou **diagrama de Ripple**.

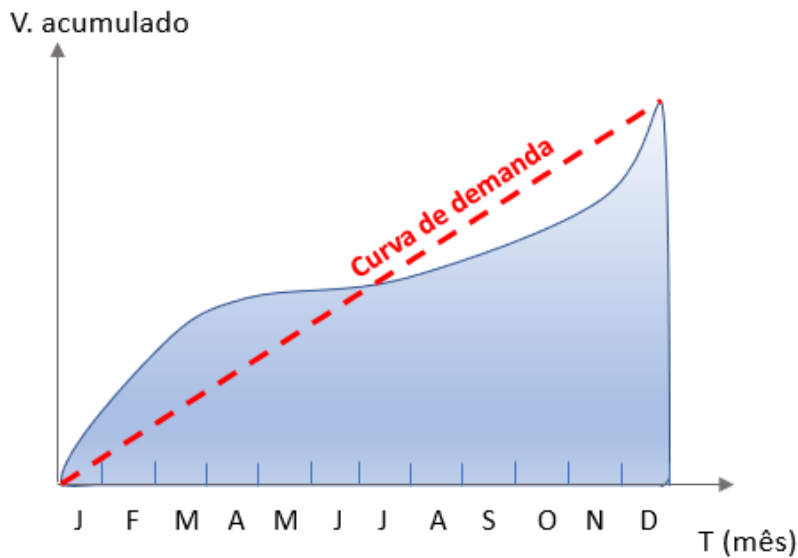
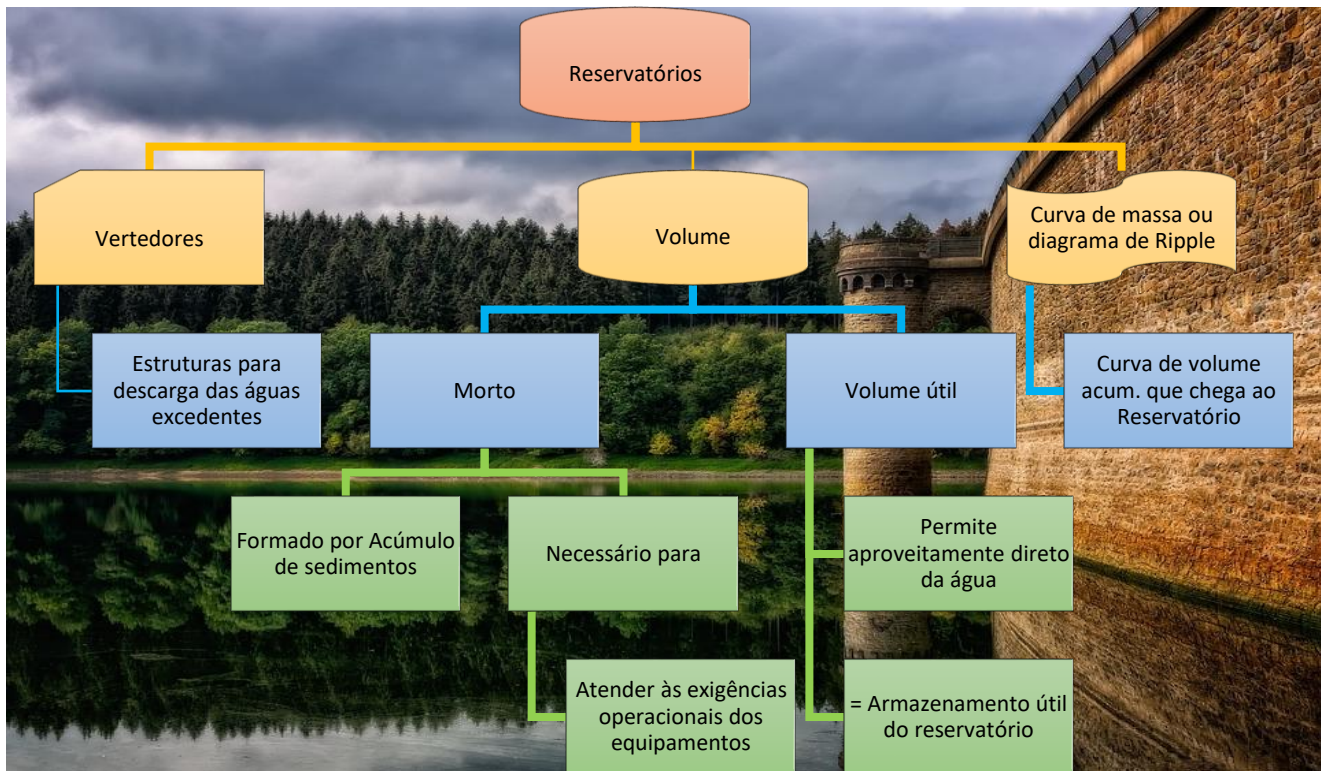


Figura 45: Diagrama de massas de um reservatório, cuja vazão será regularizada para atender à curva de demanda



(FGV/Pref. de Osasco - Agente Fiscal - Questão de fixação - Adaptado para V ou F) O sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo foi destaque na mídia nos últimos meses e a população pôde conhecer melhor o seu funcionamento e algumas de suas fragilidades. Em grande parte, este sistema se baseia em reservatórios, que visam regularizar a vazão ao longo do tempo e atender ao abastecimento de água. Durante a crise de abastecimento, se divulgou que cada um dos reservatórios do sistema de abastecimento está dividido em um volume útil e um volume morto.

Considerando o conceito de volume morto, julgue a afirmativa a seguir:

Este último é definido como o volume que é preenchido com sedimentos da bacia hidrográfica ao longo do tempo e que não é utilizado no abastecimento.

Comentários:



Está **correto**, pois o volume morto, como o próprio nome indica, não permite seu aproveitamento direto, uma vez que visa a permitir a operação dos equipamentos de captação. Trata-se de volume com forte predomínio de partículas de sedimentação da bacia.

(CESPE/TCM-BA - Auditor Estadual - Infraestrutura - 2018) Para se instalar em determinado local ainda sem urbanização, uma indústria estima que sua planta industrial demande uma vazão de 5 m³/s para o processo. Visando realizar o estudo de disponibilidade hídrica, para verificar se haverá água suficiente para o empreendimento, os técnicos da indústria elaboraram uma curva que indica a porcentagem de tempo em que determinado valor de vazão foi igualado ou ultrapassado durante o período de observação.

Nessa situação hipotética, a curva elaborada pelos técnicos é denominada

- a) curva de permanência.
- b) curva de massa das vazões.
- c) fluviograma.
- d) hidrograma unitário.
- e) isoietas de precipitação.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois a curva de permanência indica nas ordenadas as vazões observadas e, nas abscissas, as frequências associadas. Com isso, é possível a verificação da porcentagem de tempo que determinado valor de vazão foi igualado ou superado.

A **alternativa B** está errada, visto que a curva de massa das vazões indica os volumes acumulados em um reservatório ao longo do tempo, não correspondendo à definição da questão.

A **alternativa C** está errada, pois fluviograma ou hidrograma é apenas a representação da vazão com relação ao tempo, sem análise de frequência, como solicita a questão ao mencionar a porcentagem de tempo em que a vazão é igualada ou ultrapassada.

A **alternativa D** está errada, já que o método do hidrograma unitário é um método para cálculo da vazão de escoamento em bacias, sem relação com a verificação da porcentagem de tempo em que determinado valor de vazão foi igualado ou ultrapassado, como solicitado pela questão.

A **alternativa E** está errada, pois as isoietas de precipitação são curvas que unem pontos de igual precipitação, sem relação direta com os dados de disponibilidade hídrica e vazão mencionados pela questão.

Gabarito: "A"



6 - DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Agora que já vimos os principais conceitos relacionados à **hidrologia**, vamos iniciar nossos estudos sobre as estruturas utilizadas para a drenagem urbana.

Você sabe o que é um sistema de **drenagem de águas pluviais**?

É um sistema de **coleta e transporte** da água de chuva que tem como objetivo principal **evitar a ocorrência de inundações** para garantir a segurança da população.

Mas qual a importância da drenagem de águas pluviais para as cidades atuais?

Durante o período chuvoso é comum os noticiários mostrarem imagens com ruas **inundadas** ou casas **alagadas**. Quando há o transbordamento de um rio, podem ocorrer desde simples transtornos no trânsito até perdas materiais e humanas. Nesse contexto, é importante diferenciar 2 situações:

- **Alagamentos localizados**: é o tipo mais comum e corresponde a uma inundação que afeta uma área reduzida durante ou imediatamente após a chuva. Nesse caso, a água invade as ruas e as calçadas, mas o alagamento recua pouco tempo depois do fim da chuva. Este tipo de situação ocorre normalmente porque o sistema de coleta de água acaba não conseguindo drenar todo o escoamento superficial, resultando em acúmulos de água. As principais repercussões desse tipo de inundação são:
 - ✓ **Impacto para os pedestres**: a inundação de calçadas impede a circulação e/ou aumenta a chance de escorregamentos e quedas; além de resultar no contato direto com a água da enxurrada, que pode transmitir doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose;
 - ✓ **Impacto no trânsito de veículos**: bloqueio de vias alagadas, podendo provocar engarrafamentos e aumento do risco de acidentes por **aquaplanagem** de veículos.
 - ✓ **Perdas materiais**: Além de danos a veículos nas áreas alagadas, as altas velocidades de escoamento podem resultar em processos de erosão que danificam as calçadas e o pavimento das vias.





Figura 46: Exemplos de alagamentos localizados de vias durante a chuva.

- **Alagamentos de grandes áreas:** Corresponde a **inundação** que afeta **grandes áreas** próximas de cursos d'água devido à enchente do rio, podendo demorar horas ou dias até que o nível do rio volte ao normal. Ocorre quando há muita chuva a montante nas bacias que alimentam um rio, aumentando a vazão e o nível d'água, levando ao seu transbordamento com invasão das zonas baixas ao seu redor, de fora a ocupar não apenas ruas e calçadas, mas também alagando edificações. Este tipo de situação pode afetar desde algumas ruas que margeiam o rio ou até mesmo bairros inteiros. Nesse caso, as repercussões possuem uma magnitude bem maior do que nas inundações localizadas, tais como:
 - ✓ Elevado risco de **perdas humanas** por afogamento ou doenças de veiculação hídrica, já que uma vasta área pode ser afetada. Importante saber que, como se trata de um evento que pode durar vários dias, o impacto social é elevado, pois prejudica o dia a dia de toda a comunidade afetada;
 - ✓ Elevadas **perdas materiais:** danos por alagamento de ruas, calçadas, edificações e veículos. Além disso, este tipo de alagamento prejudica o funcionamento das atividades econômicas na região inundada.



Figura 47: Exemplos de alagamentos extensos devido a cheia de rios afetando vias e invadindo as edificações

Um **sistema de drenagem de águas pluviais** adequadamente **planejado** e implantado pode reduzir o risco desses alagamentos, o que resulta em inúmeros **benefícios** que contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população, tais como:

- **Diminuição dos problemas de saúde pública**, relacionados à disseminação de doenças de veiculação hídrica comuns durante inundações;
- **Diminuição de transtornos aos pedestres e ao trânsito de veículos** por causa dos alagamentos;
- **Redução de perdas econômicas** geradas por inundações: veículos, casas e mobiliários.

6.1 - Urbanização e drenagem urbana

Antes de dar continuidade ao estudo da drenagem urbana, é preciso entender as diferenças entre uma **bacia natural ou rural** e uma **bacia urbanizada**, já que o processo de urbanização pode afetar radicalmente o **comportamento hidrológico** de uma bacia, alterando o hidrograma gerado após a chuva.

A permeabilidade da superfície de uma bacia afeta diretamente a capacidade de infiltração da água precipitada, influenciando na magnitude da vazão escoada até o exutório. Por isso, em áreas mais permeáveis de uso predominantemente **rural**, tem-se grandes áreas cobertas com vegetação, permitindo que boa parte da chuva **infilte no solo**, ou seja interceptada pelas folhas ou ainda volte para a atmosfera por evapotranspiração.



(a)



(b)

Figura 48: Efeito da urbanização no comportamento hidrológico de uma bacia: a) bacia rural com predominância de cobertura vegetal; b) bacia urbanizada com áreas impermeabilizadas por asfalto e concreto.

Em contraponto, com a ocorrência do processo de **urbanização** as áreas verdes da bacia vão sendo substituídas por edificações e infraestrutura urbana com **superfícies impermeabilizadas** de concreto e asfalto, o que impede a infiltração da água e aumenta consideravelmente o **escoamento superficial** direto, gerando grande potencial de inundações. Sendo assim, a impermeabilização do solo influencia diretamente na infraestrutura de drenagem, pois **quanto maior a vazão escoada superficialmente, maior** deve ser a **capacidade** de escoamento da **rede de drenagem**, como, por exemplo, por meio do aumento dos **diâmetros** das **tubulações** ou das **dimensões** dos **canais**.

Em grandes cidades como São Paulo é comum a ocorrência de alagamentos e inundações em áreas que sofreram processos intensos de impermeabilização do terreno. Essas regiões tiveram o escoamento superficial drasticamente aumentado, o que sobrecarregou o sistema de drenagem, passando a não comportar mais a nova vazão de água que recebe.

Por isso, um processo de **urbanização sem planejamento** que permita o crescimento da cidade **sem um controle da impermeabilização** das superfícies está diretamente ligado a **aumento** de ocorrência e da **gravidade de alagamentos**.

O crescimento desordenado das cidades também contribui para o aumento do aporte de sedimentos para os cursos d'água o que reduz sua seção transversal e sua capacidade de escoamento, contribuindo para o aumento de risco de alagamentos. Além disso, loteamentos novos sem infraestrutura adequada, como ruas sem pavimentação, são importantes fontes de sedimentos que durante a chuva são encaminhados aos cursos d'água.

A ausência de planejamento urbano quanto a serviços básicos de coleta de resíduos sólidos também pode aumentar o aporte de sólidos aos rios. Afinal, lixos jogados em locais indevidos são arrastados pela chuva até os rios, contaminando suas águas e reduzindo sua capacidade de escoamento.

Como a **ocupação desordenada** e sem planejamento de **áreas marginais** de rios contribui para maiores perdas humanas e danos materiais em caso de enchentes, uma das formas de evitá-las é pela elaboração de **leis de uso e ocupação do solo** que limitam a utilização de áreas com **elevado risco de inundação**. Essas leis devem considerar as variações do **leito dos cursos d'água**, que podem ser divididos basicamente em **2 regiões**:

- **Leito menor**: consiste no **leito principal do rio**, na maior parte do tempo o rio tem seu escoamento ocupando apenas esta porção;
- **Leito maior**: consiste em uma porção do leito do rio que é inundada apenas quando o rio alcança vazões elevadas, ocorrendo quando o nível d'água ultrapassa os limites do leito menor, passando a escoar também nas áreas do leito maior.



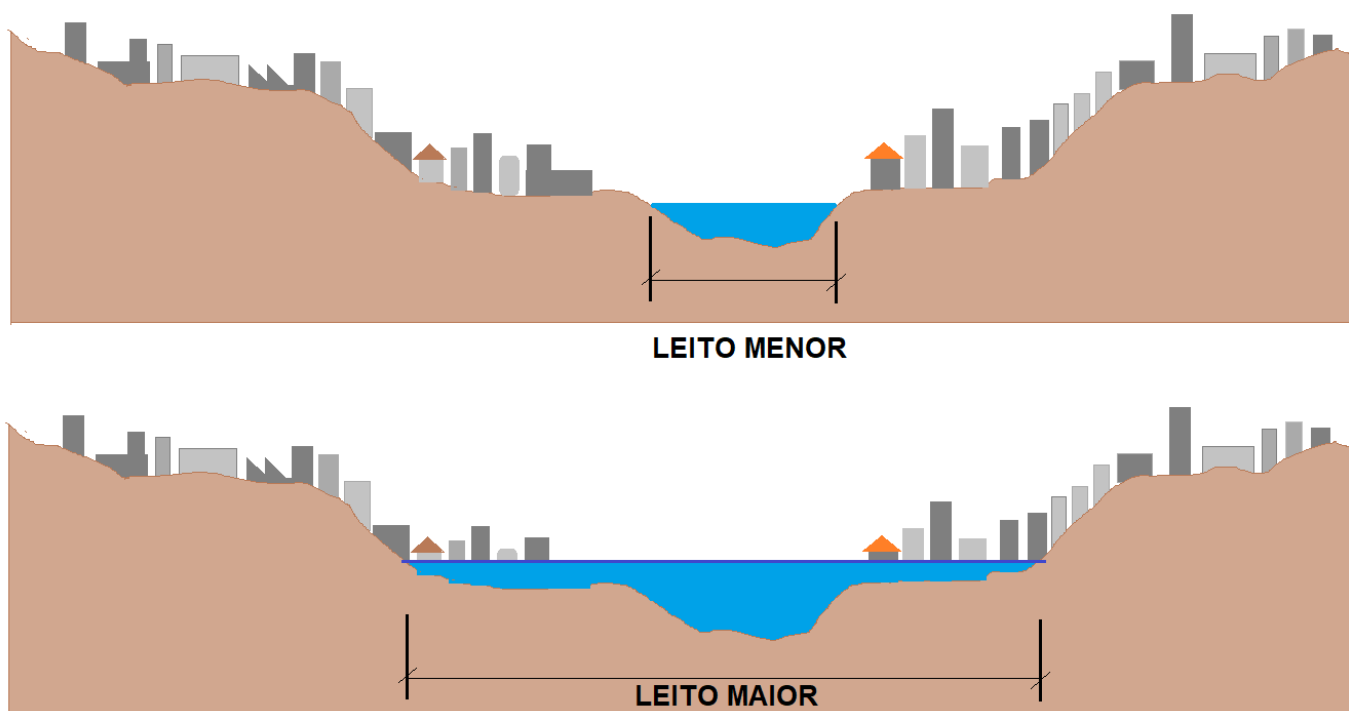


Figura 49: Corte transversal de um curso d'água em uma área urbana, mostrando a diferença entre leito menor e leito maior

Sendo assim, o problema da **ocupação desordenada** das **margens do curso d'água** se deve a essas margens fazerem parte do leito maior e, ao mesmo tempo, serem frequentemente ocupadas pela população, tendo em vista que nem sempre o rio escoar nesta área. O leito maior é extremamente **susceptível** de sofrer **enchentes**, pois, quando ocorre uma cheia mais intensa, a vazão aumenta e o curso d'água passa a transbordar para suas margens.



Mas, afinal, qual o impacto da urbanização no hidrograma de uma bacia?

O hidrograma de **áreas rurais** apresenta não só menores volumes, devido à perda d'água significativa para outros meios (infiltração, interceptação, evapotranspiração) antes de escoar na superfície, como também **menor vazão de pico**. Além disso, o **tempo de pico** na bacia **rural** é **maior** do que na bacia urbanizada, ou seja, na área rural a vazão de pico é atingida em um prazo maior do que em áreas urbanas, resultado da maior rugosidade da superfície de escoamento, que atua como obstáculo reduzindo a velocidade do escoamento. Com o avanço do processo de urbanização, normalmente ocorre o aumento do pico de vazão (vazão máxima) e a redução do tempo de pico devido à impermeabilização do terreno.



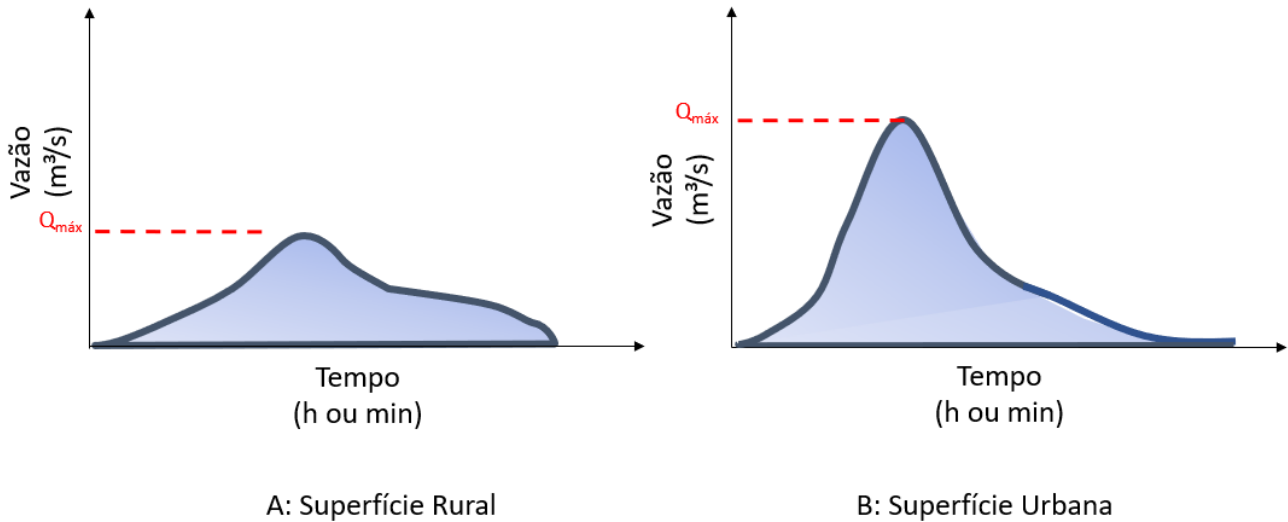
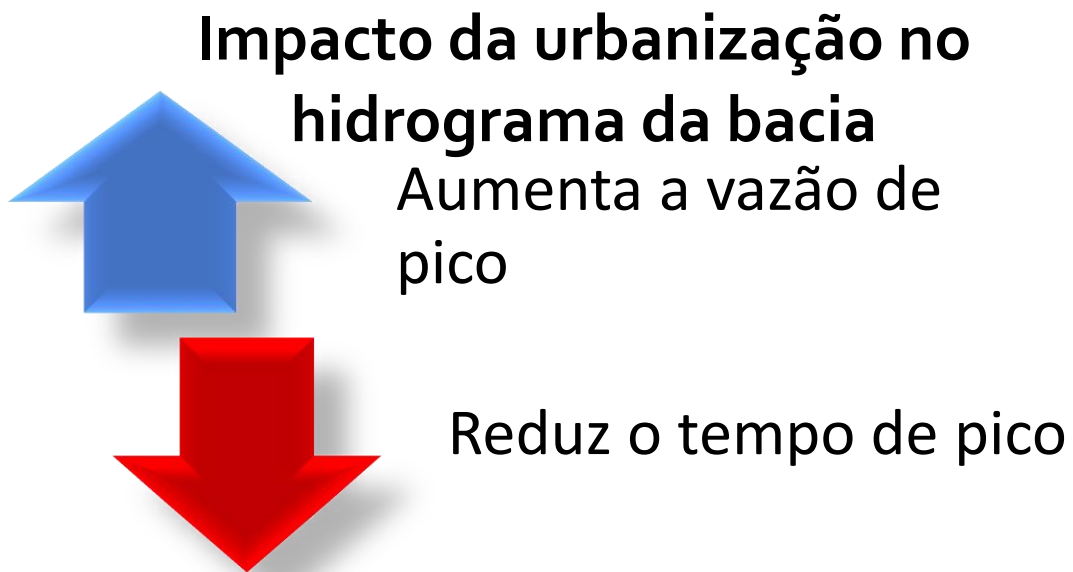
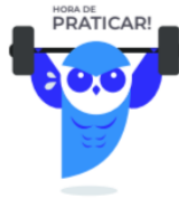
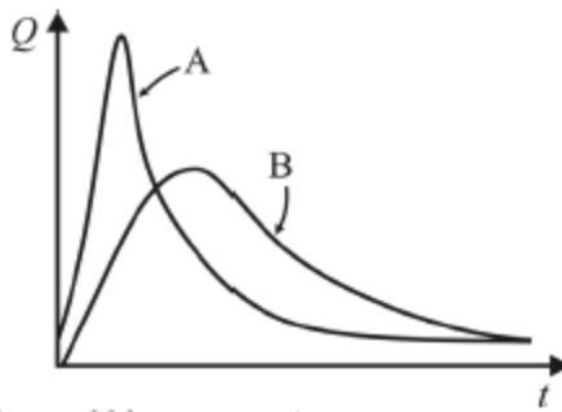


Figura 50: diferença de hidrograma entre uma bacia rural e uma bacia urbana





(CESPE - ABIN - Oficial Técnico de Inteligência - 2018)



Considerando os hidrogramas A e B representados na figura precedente, julgue o item subsequente, acerca de hidrologia aplicada.

O tipo de cobertura da bacia é um dos fatores que influenciam a forma de um hidrograma. Na figura, o hidrograma A representa uma bacia rural, e o hidrograma B, uma bacia urbana.

Comentário:

O hidrograma A representa uma bacia urbana, e não rural, pois possui maior vazão de pico que é atingida em bem menos tempo do que o hidrograma B, que poderia ser uma área rural. Portanto, a afirmativa está **errada**.

Gabarito: "Errado"

(CESPE - CPRM - Pesquisador Hidrologia - 2013) No que se refere à drenagem urbana, julgue o item que se segue.

As velocidades do escoamento em sarjetas e em canais artificiais são maiores que em superfícies naturais. Sendo assim, é de se esperar que, com a urbanização da bacia hidrográfica, para um mesmo evento chuvoso, os tempos de pico de vazão dos hidrogramas diminuam junto com o aumento dos valores da vazão de pico.

Comentários:

Com a urbanização, normalmente ocorre o aumento do pico de vazão e a redução do tempo de pico. Sendo assim, a afirmação está **certa**.

Gabarito: "Certo"



6.2 - Características da bacia e a drenagem de águas pluviais

Em um curso d'água a água escoar naturalmente por gravidade indo do **ponto mais alto** (ponto a **montante**) para um **ponto mais baixo** (ponto a **jusante**). Entretanto, ao longo do percurso, o escoamento pode ser afetado por características da bacia hidrográfica. Anteriormente já foi comentado como a forma da bacia (circular ou alongada) pode influenciar o tempo de concentração e, conseqüentemente, a drenagem de águas pluviais da bacia.

Outro aspecto importante refere-se às características dos **talwegues**.

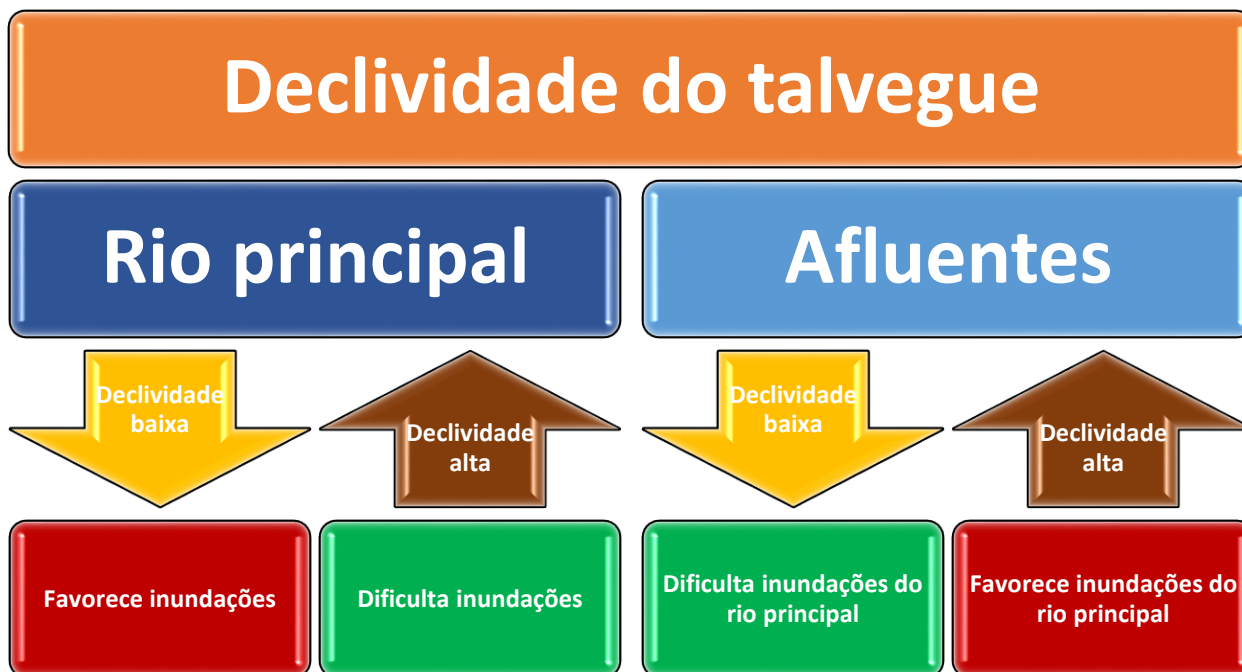


Os **talwegues** são as depressões de uma bacia para onde naturalmente as águas escoam e dão origem aos cursos d'água.

A **declividade do talvegue** de uma bacia pode facilitar ou dificultar a ocorrência de alagamentos das margens do curso d'água. Isso porque quanto **maior a declividade** do talvegue e eventualmente do curso d'água nele existente, **maior a velocidade de escoamento**.

Sendo assim, um **rio com declividade elevada** possui velocidade de escoamento também alta, o que **aumenta a vazão** que pode escoar em seu **leito principal** (leito menor), **reduzindo** a ocorrência de **transbordamentos**. Por outro lado, **rios com declividade baixa** possuem baixa velocidade de escoamento e, conseqüentemente, suportam uma **menor vazão** em seu leito menor, de modo que durante eventos chuvosos severos o rio acaba transbordando e o escoamento se estende também ao seu leito maior, **causando inundações** de ruas e edificações que por ventura tenham sido construídas nesta área.

A **declividade do talvegue dos afluentes** dos rios também pode influenciar na ocorrência de inundações. Os **afluentes** com talwegues de **elevada declividade** apresentam altas velocidades de escoamento, fazendo com que a água atinja rapidamente o rio principal. Se este efeito ocorrer para vários afluentes, a vazão do rio pode aumentar rapidamente, levando à ocorrência de **alagamentos**.



(FUMARC - COPASA - Eng. Meio Ambiente - 2018) São fatores que contribuem para as inundações urbanas, EXCETO:

- a) A redução gradativa do volume de escoamento superficial no solo, decorrente do processo de urbanização sem planejamento.
- b) Afluentes que apresentam talvegues com elevada declividade, que descarregam rapidamente suas águas no rio.
- c) O crescimento do volume de sedimentos aos canais de drenagem, decorrentes da ocupação irregular do solo.
- d) Rios com talvegues de baixa declividade procuram o leito maior no período das chuvas.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois o processo de urbanização sem planejamento provoca o aumento do escoamento superficial, e não a sua redução.



A **alternativa B** está correta, visto que, quanto maior a declividade do talvegue, maior a velocidade de escoamento. Sendo assim, se um afluente possui declividade elevada, rapidamente suas águas irão chegar ao rio principal, o que pode contribuir para a ocorrência de enchentes.

A **alternativa C** está correta, já que com o crescimento do volume de sedimentos enviados aos canais aumenta também o risco de assoreamento do leito dos cursos d'água. Assim, a seção de escoamento do rio ou canal é reduzida, diminuindo a capacidade de escoamento da seção do corpo d'água, o que contribui para ocorrência de enchentes.

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que a declividade do talvegue corresponde à declividade longitudinal do curso d'água. Quanto maior a declividade longitudinal do curso d'água, maior serão a velocidade de escoamento e a vazão que o curso d'água é capaz de escoar, reduzindo assim a chance de ocorrência de enchentes. Assim, bacias com talvegues de declividade baixa apresentam menor capacidade de escoamento de água (menor vazão escoada), se comparados a bacias com talvegues de declividade elevada. Dessa forma, rios com talvegues de baixa declividade durante eventos pluviométricos elevados acabam ocupando não apenas o leito principal, mas também o leito maior devido à elevada vazão gerada nesta situação, o que resulta em uma maior tendência a enchentes nesse tipo de bacia.

Sendo assim, a alternativa A é a resposta.

Gabarito: "A"

(FCC - TRF-3 - Téc. Edificações - 2016) Em um sistema de drenagem o objetivo principal é coletar as águas e conduzi-las ao deságue adequado. Em um curso d'água, o fluxo de água ocorre de:

- a) montante a jusante.
- b) jusante a montante.
- c) montante a nascente.
- d) nascente a montante.
- e) jusante a nascente.

Comentários:

Em um curso d'água, a água escoar por gravidade, indo do ponto mais alto (ponto a montante) até um ponto mais baixo (ponto a jusante). Portanto, a água flui de montante para jusante, o que corresponde à alternativa A.

Gabarito: "A"

6.3 - Sistemas de drenagem urbana

Um sistema de drenagem urbana de águas pluviais abrange as estruturas físicas e as ferramentas administrativas que permitem gerenciar adequadamente as águas pluviais de uma cidade, de modo a minimizar transtornos à população e preservar sua saúde e segurança.



6.3.1 - Microdrenagem e Macrodrenagem

Um **sistema de drenagem** de águas pluviais urbanas é formado pela **microdrenagem** e pela **macrodrenagem**. A **microdrenagem** compreende os **elementos iniciais da rede de drenagem** que recebem e conduzem a água, enquanto que a **macrodrenagem** abrange os cursos d'água que **recebem o escoamento** dos sistemas **da microdrenagem** (Figura 51).



Figura 51: partes de um sistema de drenagem

A **microdrenagem** é composta pela infraestrutura de drenagem em nível dos loteamentos ou da rede primária urbana que tem por objetivo **coletar** as águas superficiais e **encaminhá-las** por meio de tubulações até os cursos d'água, de modo a evitar a ocorrência de inundações. Sendo assim, a microdrenagem, se projetada adequadamente, **inibe** a ocorrência de **alagamentos localizados**, durante e imediatamente após as precipitações, evitando transtornos no tráfego de pedestres, de veículos e os demais problemas gerados por inundações deste porte.

A rede de microdrenagem é formada por vários elementos que possuem funções bem específicas e complementares. Os principais **componentes** da infraestrutura de microdrenagem são: **sarjetas**, **bocas de lobo**, **ramais de ligação (tubos de ligação)**, **poços de visita**, **caixas de passagem** e **galerias** (Figura 52). Além disso, em situações específicas pode ser necessário o emprego de estações elevatórias (bombeamento), condutos forçados e **sarjetões**.

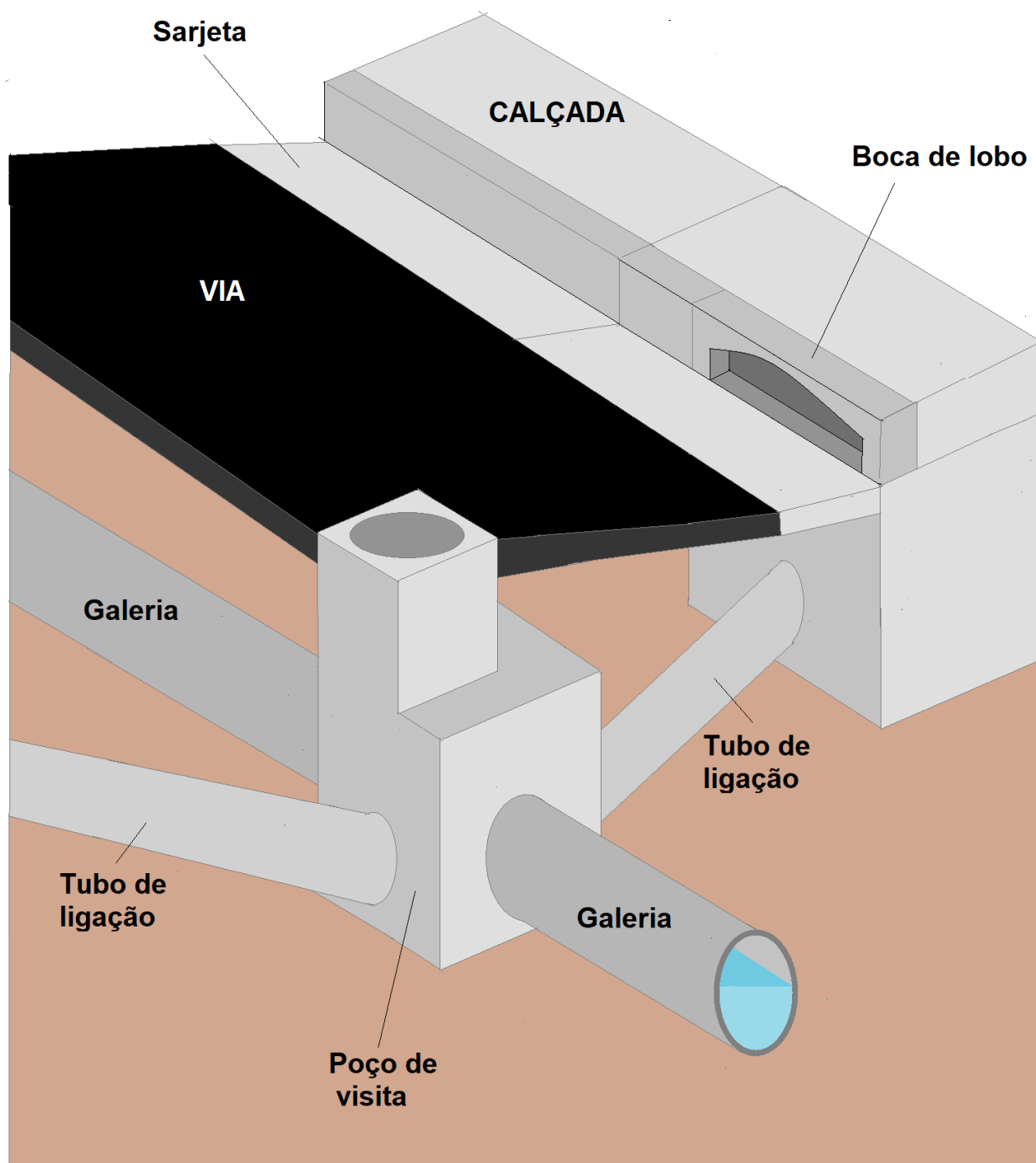


Figura 52: Principais elementos de microdrenagem



Normalmente, a **microdrenagem** se refere apenas à coleta das águas escoadas superficialmente, mas algumas definições mais abrangentes consideram que a drenagem de **águas subterrâneas** também faz parte da microdrenagem. Portanto, fique atento, pois algumas bancas consideram esse conceito mais geral para microdrenagem.

Já a rede de **macrodrenagem** é formada pelos **fundos de vale**, **talvegues** e **cursos d'água** principais de uma bacia que atuam como os corpos receptores da microdrenagem. Sendo assim, a rede de macrodrenagem é responsável por receber e conduzir a água coletada em diferentes sistemas de microdrenagem. A ligação da micro com a macrodrenagem é realizada conectando-se as galerias de microdrenagem aos canais e cursos d'água da macrodrenagem.

Os principais **elementos** que compõem uma rede de macrodrenagem são: **galerias de grande porte**, **canais**, **rios** (naturais, revestidos ou retificados), **bacias** (tanques, reservatórios de acumulação ou de retardamento, barragens) de detenção ou de retenção. Outros elementos que também podem fazer parte de um sistema de macrodrenagem são: dissipador de energia, estação elevatória, comporta e pátio de dragagem.

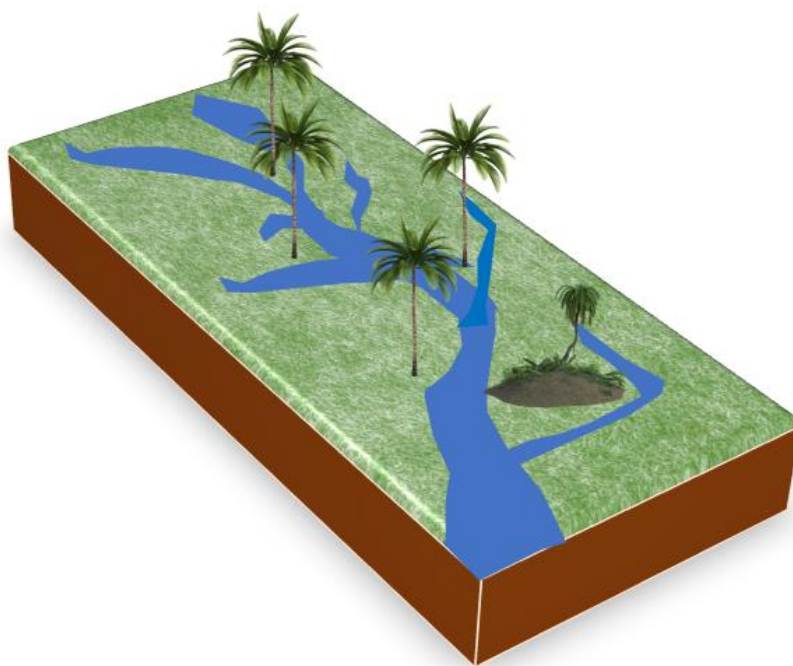
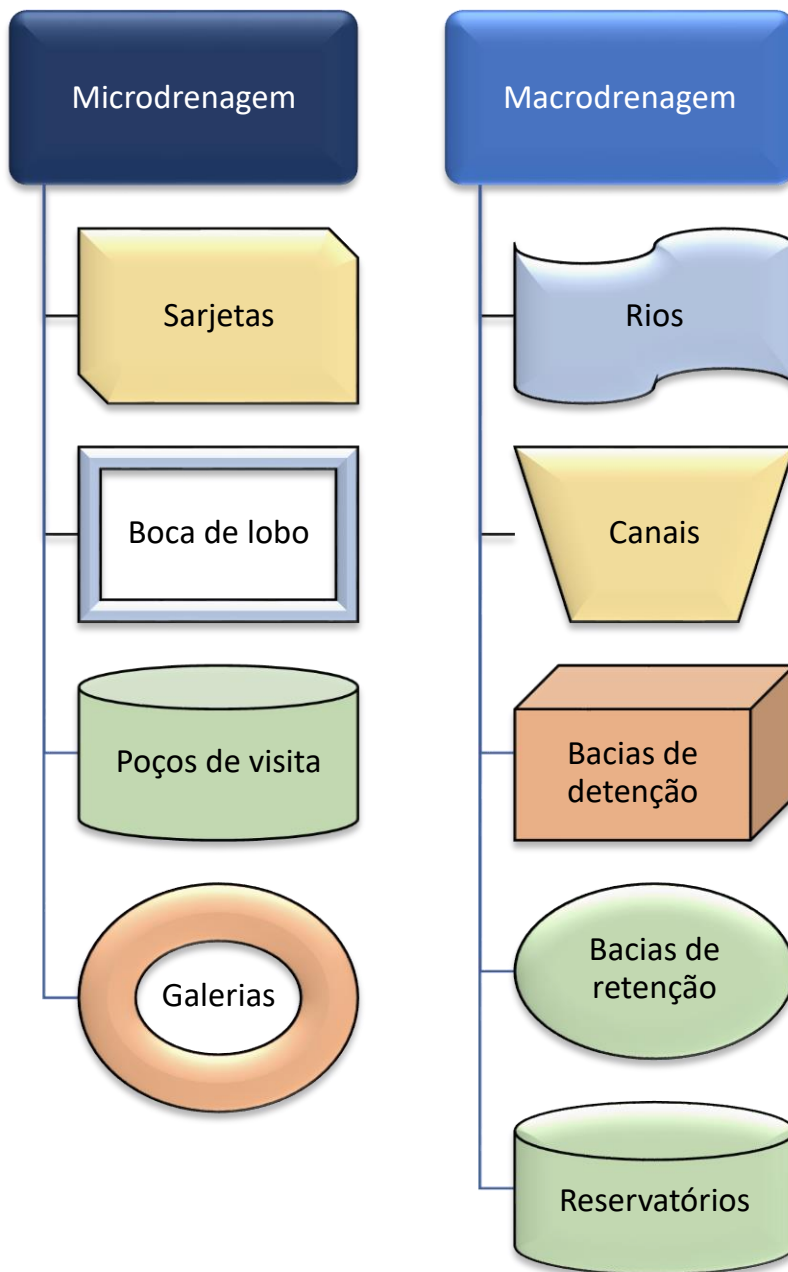


Figura 53: Os rios e canais principais de uma bacia correspondem à macrodrenagem



Saiba que **galerias** pequenas e de médio porte fazem parte da microdrenagem, mas galerias de grande porte são elementos da macrodrenagem







(UFRRJ - UFRRJ - Eng. Ambiental - 2019) São componentes do sistema de microdrenagem:

- a) Sarjetas, bocas de lobo, ramais, poços de visita, caixas de passagem e reservatórios de acumulação.
- b) Sarjetas, bocas de lobo, ramais, poços de visita, galerias e reservatórios de retardamento.
- c) Sarjetas, bocas de lobo, ramais, poços de visita, caixas de passagem e diques.
- d) Sarjetas, bocas de lobo, ramais, poços de visita, caixas de passagem e galerias.
- e) Sarjetas, bocas de lobo, muros de contenção, poços de visita, caixas de passagem e galerias.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois os reservatórios de acumulação fazem parte da macrodrenagem.

A **alternativa B** está errada, visto que os reservatórios de retardamento ou de retenção fazem parte da macrodrenagem.

A **alternativa C** está errada, já que os diques fazem parte da macrodrenagem.

A **alternativa D** está correta, pois apresenta apenas elementos que compõem a microdrenagem.

A **alternativa E** está errada, tendo em vista que os muros de contenção não são dispositivos que fazem parte da microdrenagem.

Sendo assim, a alternativa D é a resposta certa.

Gabarito: "D"



Você ainda não estudou alguns conceitos abordados nesta questão, mas consegue resolver a questão a seguir com o conhecimento que já aprendeu.

(CEPS-UFPA - UNIFESSPA - Eng. Ambiental - 2018) Os componentes de um sistema de drenagem de águas pluviais são:

- a) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação e interceptores.
- b) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação e galerias de águas pluviais.
- c) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação e poço luminar.
- d) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação e laje de fundo.



e) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação, laje de fundo e tampão.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois interceptores não são elementos de microdrenagem.

A **alternativa B** está correta, visto que apresenta apenas elementos que compõem a microdrenagem.

A **alternativa C** está errada, já que o poço luminar não é um elemento de microdrenagem, mas sim uma caixa da rede de esgoto que se situa na calçada e que permite inspeção para desobstrução da rede.

A **alternativa D** está errada, pois laje de fundo não é um elemento de microdrenagem.

A **alternativa E** está errada, tendo em vista que laje de fundo e tampão não são elementos de microdrenagem.

Sendo assim, a alternativa B é a resposta certa.

Gabarito: "B"

(FAUEL - Pref. Goioerê - Eng. Civil - 2018) A rede de macrodrenagem destina-se a receber e realizar a condução final das águas escoadas superficialmente e captadas pela drenagem primária, dando, portanto, prosseguimento aos deflúvios oriundos das ruas, praças, sarjetas. Os principais elementos das redes de macrodrenagem são, EXCETO:

- a) Rios naturais, revestidos ou retificados.
- b) As bocas de lobo.
- c) Os canais artificiais.
- d) As galerias que também funcionam como canais, mesmo sendo subterrâneas.

Comentários:

Os principais elementos que compõem a macrodrenagem são os rios, canais e galerias de grande porte, todos esses elementos geralmente localizados em fundos de vale. A macrodrenagem é formada pelos corpos receptores que recebem as contribuições da microdrenagem. Esta por sua vez é executada ao nível dos loteamentos ou da rede primária urbana, sendo útil para se evitar alagamentos localizados. Seus principais elementos são sarjetas, bocas de lobo, ramais de ligação (tubos de ligação), poços de visita, caixas de passagem e galerias

Dessa forma, a **alternativa B** é a resposta errada, pois as bocas de lobo pertencem à microdrenagem, e não à macro.

Gabarito: "B"

(COMVEST - UFAM - Eng. Civil - 2016) Os sistemas de drenagem urbana de uma cidade têm por objetivo a gestão adequada das águas pluviais incidentes sobre as bacias urbanas, de modo a garantir a segurança dos aparelhos públicos, da propriedade privada e a segurança dos seus habitantes.

Assinale a alternativa CORRETA sobre estes sistemas:

- a) São componentes de microdrenagem as guias, as sarjetas e os canais no fundo de vale.
- b) São componentes de macrodrenagem as tubulações ou galerias profundas posicionadas sob a via de tráfego.



- c) A microdrenagem tem por objetivo principal garantir a segurança do tráfego nas vias, durante e imediatamente após as precipitações.
- d) A macrodrenagem tem por objetivo retirar a água com mais rapidez da via de tráfego e conduzi-la de forma segura para as tubulações profundas.
- e) A conexão do sistema de micro com o de macrodrenagem deve ser realizada por meio de bocas-de-lobo, bocas-de-leão e de bueiros.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois os canais de fundo de vale fazem parte da macrodrenagem.

A **alternativa B** está errada, visto que as tubulações ou galerias profundas posicionadas sob a via de tráfego fazem parte da microdrenagem.

A **alternativa C** está correta, já que o principal objetivo da microdrenagem é coletar com rapidez a água escoada superficialmente nas vias, calçadas e edificações e enviá-la para as tubulações subterrâneas da rede de drenagem urbana.

A **alternativa D** está errada, pois o conceito apresentado se refere a microdrenagem, e não a macrodrenagem.

A **alternativa E** está errada, tendo em vista que a ligação da microdrenagem com a macrodrenagem não é feita por meio de bocas de lobo, bocas de leão ou bueiros, mas sim conectando as galerias de microdrenagem aos canais e cursos d'água da macrodrenagem.

Sendo assim, a alternativa C é a resposta.

Gabarito: "C"

(CESPE - PCie-PE - Eng. Civil - 2016) O sistema de drenagem é constituído pelo conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais e, tradicionalmente, é composto por dois sistemas distintos: a microdrenagem e a macrodrenagem.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que a microdrenagem é:

- a) um sistema de dispositivos responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais.
- b) constituída pelos principais talwegues, fundos de vales, cursos d'água, independentemente da execução de obras específicas.
- c) constituída pelos principais talwegues, fundos de vales, cursos d'água, independentemente da localização de extensas áreas urbanizadas, por ser o escoadouro natural das águas pluviais.
- d) constituída pela captação de redes coletoras de águas pluviais, mas desconsidera poços de visita, sarjetas, bocas-de-lobo e meios-fios.
- e) um sistema de estruturas que conduzem as águas do escoamento superficial para as galerias ou para os canais urbanos.

Comentários:

A microdrenagem abrange os dispositivos responsáveis por coletar as águas que escoam superficialmente tais como sarjetas e bocas de lobo, bem como as tubulações ou galerias que conduzem as águas para os



curtos d'água. Eventualmente as galerias podem fazer parte da macrodrenagem, no caso de galerias de grande porte. Portanto, a **alternativa E** é a resposta correta.

Gabarito: "E"

(FGV - Pref. Florianópolis - Eng. Sanitária e Ambiental - Questão de fixação) A macrodrenagem urbana visa, por meio de ações principalmente preventivas, assegurar o escoamento das águas, respeitando as condições naturais e as características das bacias hidrográficas presentes. Já a microdrenagem é constituída de dispositivos de captação e de escoamento das águas pluviais, como:

- a) golas de infiltração, poços de visita e cantoneiras;
- b) cantoneiras, baldrames porosos e caixas de ligação;
- c) boca de lobo, poços de visita e caixas de ligação;
- d) caixas de ligação, sapatas e golas de infiltração;
- e) boca de lobo, sapatas e baldrames porosos.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois golas de infiltração e cantoneiras não são elementos de microdrenagem.

A **alternativa B** está errada, visto que cantoneiras e baldrames não são elementos de microdrenagem.

A **alternativa C** está correta, já que apresenta apenas elementos de microdrenagem.

A **alternativa D** está errada, pois sapatas e golas de infiltração não são elementos de microdrenagem.

A **alternativa E** está errada, tendo em vista que sapatas e baldrames porosos não são elementos de microdrenagem.

Sendo assim, a alternativa C é a resposta.

Gabarito: "C"



Essa questão engloba conceitos de hidrologia e de drenagem urbana

(FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) Sobre os aspectos relacionados à macrodrenagem urbana, assinale a alternativa incorreta.

- a) Os reservatórios de detenção reduzem a vazão de pico dos hidrogramas de cheias.
- b) O tempo de retorno é a periodicidade com que determinado evento de vazão ou chuva ocorre.
- c) São obras e/ou partes constituintes do sistema de macrodrenagem: ampliação e retificação de seções de canais naturais e bacias de retenção.
- d) Obras de macrodrenagem buscam evitar as enchentes, através de obras que aumentam a capacidade de transporte dos canais da bacia.

e) A vazão de projeto pode ser estimada através de métodos como hidrograma unitário SCS e método racional.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois os reservatórios de retenção são estruturas do sistema de drenagem utilizadas para reduzir a vazão de pico dos hidrogramas de cheias durante um evento pluviométrico.

A **alternativa B** está errada, visto que o tempo de retorno (TR) ou período de retorno é o inverso da probabilidade de um evento ser igualado **ou superado**. Assim, em hidrologia TR pode ser interpretado como o intervalo médio em que uma determinada chuva de projeto é igualada ou superada pelo menos 1 vez, sendo o erro justamente o fato de não se mencionar que o evento possa ser superado, dando a ideia de que TR corresponde somente ao intervalo de recorrência de eventos iguais.

A **alternativa C** está correta, já que bacias de retenção e obras de retificação e ampliação de seções de canais naturais fazem parte de intervenções comuns em sistemas de macrodrenagem.

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que normalmente as obras de drenagem têm como objetivo principal aumentar a capacidade da vazão de escoamento no curso d'água, de modo a evitar enchentes, utilizando, para isso, da retificação, de revestimentos e/ou ampliações da seção natural do rio.

A **alternativa E** está correta, pois existem vários métodos para estimativa da vazão, tais como o método racional e o do hidrograma unitário SCS.

Sendo assim, a alternativa B é a resposta certa.

Gabarito: "B"

(FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) Drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana. Em relação aos sistemas de drenagem de águas pluviais, assinale a alternativa incorreta.

a) Os componentes principais da macrodrenagem incluem: sarjetões, médios e grandes canais, tanques de contenção, barragens, comportas, dissipadores de energia, estações elevatórias, pátios de dragagem.

b) Os sistemas de drenagem trazem vários benefícios para a população: melhoria da qualidade de vida, diminuição dos problemas de saúde, maior segurança dos usuários de vias públicas, diminuição dos problemas de trânsito, diminuição de perdas econômicas, devido a inundações.

c) A microdrenagem inclui a coleta das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias, enquanto a macrodrenagem engloba, além da rede de microdrenagem, galerias de grande porte e os corpos receptores destas águas (rios ou canais).

d) Os elementos constituintes dos sistemas de microdrenagem são: meio-fios, sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, galerias, condutos forçados e estações de bombeamento, sarjetões.

e) O aumento da impermeabilização das superfícies em grandes centros urbanos provoca o aumento do escoamento superficial direto, sobrecarregando o sistema de microdrenagem e, muitas vezes, provocando alagamentos e inundações.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois os sarjetões não fazem parte da macrodrenagem, sendo dispositivos da microdrenagem.



A **alternativa B** está correta, visto que todos os itens apresentados são exemplos de benefícios para a população de um sistema adequado de drenagem urbana.

A **alternativa C** está correta, pois apresenta adequadamente os conceitos de microdrenagem e macrodrenagem. Em uma abordagem ampla da drenagem, a macrodrenagem engloba a micro. Porém, devemos ficar atentos a outras questões que abordam a diferença de micro e macrodrenagem. No caso dessas outras questões, nem sempre se aplica esse conceito amplo de macrodrenagem, sob pena de se considerar que bocas de lobo pertencem diretamente à macrodrenagem, esquecendo-se da microdrenagem.

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que são apresentados elementos que fazem parte de um sistema de microdrenagem.

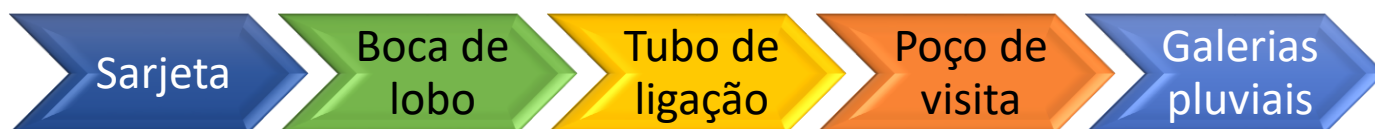
A **alternativa E** está correta, pois quanto mais impermeabilizado for o terreno, maior será o escoamento superficial, o que pode gerar vazões superiores à capacidade de escoamento do sistema de microdrenagem, e por consequência, resultar em alagamentos e inundações.

Sendo assim, a alternativa A é a resposta.

Gabarito: "A"

6.3.2 - Principais elementos de microdrenagem

Nessa seção serão apresentados em maiores detalhes os principais elementos que compõem um sistema de drenagem.



Sarjetas

As **sarjetas** correspondem a calhas longitudinais normalmente de seção triangular formadas pelo **encontro da via com o meio fio**. Possuem como função **coletar as águas** que escoam superficialmente sobre vias, calçadas e lotes e encaminhá-las para as bocas de lobo. A sarjeta é, portanto, um elemento crucial para o sistema de microdrenagem, pois a água coletada por ela é drenada para as galerias por meio das bocas de lobo.



Figura 54: Sarjeta com escoamento



Figura 55: Sarjeta no encontro entre meio fio e via



(FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais em nível de loteamento ou de rede primária urbana. "Y" são definidas como faixas

de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam.

Assinale a alternativa que contém "Y".

- a) Y = sarjetas
- b) Y = galerias
- c) Y = bocas-de-lobo
- d) Y = caixas de ligação
- e) Y = bacias de retenção

Comentários:

A descrição acima corresponde às sarjetas, que são calhas formadas no meio fio e que recebem as águas pluviais das vias, encaminhando-as para as bocas de lobo. Dessa forma, a **alternativa A** é a resposta certa.

Gabarito: "A"

6.3.2.1 - Boca de lobo

As **bocas de lobo** são os dispositivos de microdrenagem responsáveis por **captar as águas das sarjetas e encaminhá-las** para as **galerias** pluviais. Basicamente as bocas de lobo são caixas de concreto ou alvenaria enterradas no solo com uma abertura superior que permite captar a água da sarjeta e uma saída inferior que a liga às tubulações de drenagem. A conexão das bocas de lobo com as galerias é feita por meio de tubulações denominadas **tubos de ligação (ramais de ligação)**.



Figura 56: A boca de lobo coleta a água da sarjeta e envia para as galerias da rede de drenagem pluvial

As bocas de lobo podem ser do **tipo guia** ou **em grelha**. Nas bocas de lobo do **tipo guia**, a entrada de água ocorre em uma **abertura lateral** no meio fio. Já no caso das bocas de lobo do tipo grelha, a água entra por meio de uma abertura horizontal localizada em um rebaixo da sarjeta. No caso das bocas de lobo do **tipo grelha**, sua abertura deve ser **tampada** (capeada) por **grelhas** de **ferro fundido** ou de **concreto** para evitar

acidentes. Essas tampas são vazadas e permitem a passagem de água, mas evitam queda de pessoas ou veículos.

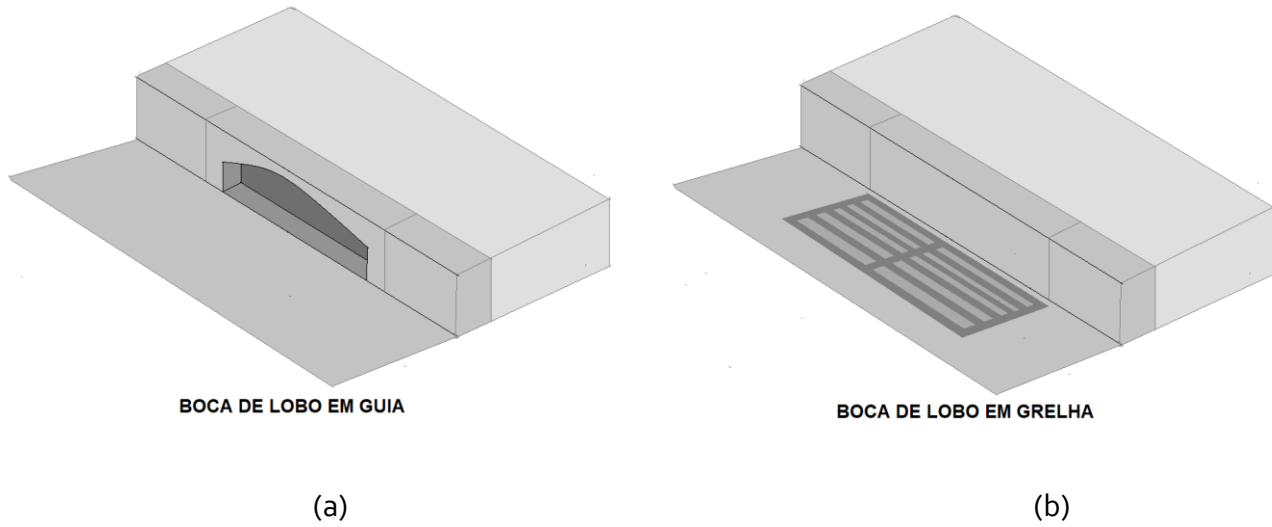


Figura 57: Boca de lobo: a) em guia e b) em grelha

Para aumentar a capacidade de drenagem é comum que exista em uma mesma boca de lobo tanto a abertura lateral (tipo guia), quanto a grelha horizontal. Neste caso, a **boca de lobo** é denominada **combinada**, pois é formada por uma junção desses 2 tipos apresentados, ou seja, em guia e em grelha.

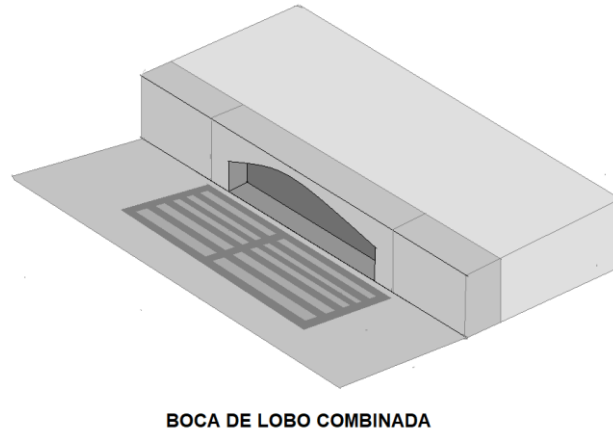
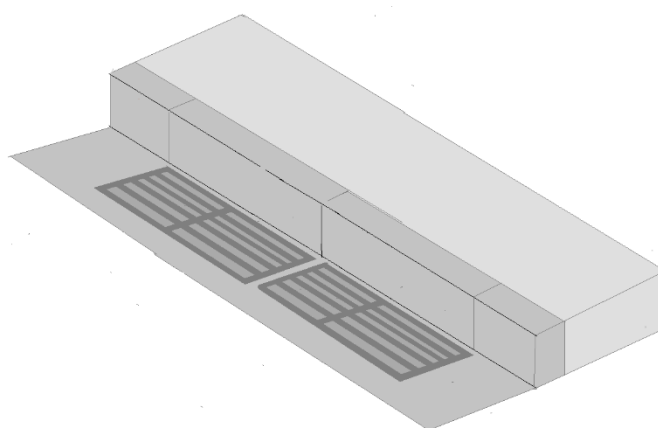


Figura 58: Boca de lobo combinada

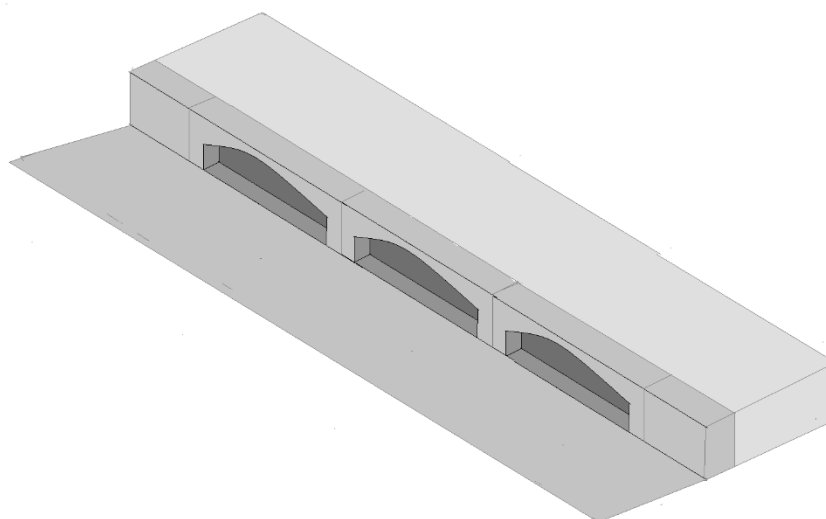


Figura 59: Exemplo de boca de lobo combinada com abertura lateral e também grelha horizontal

Outra opção para aumentar a capacidade de drenagem é colocar duas ou mais bocas de lobo juntas. Neste caso, a boca de lobo é denominada **dupla** quando são colocadas **duas** delas lado a lado, ou **múltipla** quando **três ou mais** são posicionadas em sequência.



BOCA DE LOBO DUPLA EM GRELHA



BOCA DE LOBO MÚLTIPLA EM GUIA

Figura 60: Bocas de lobo dupla e múltiplas



Figura 61: Exemplo de boca de lobo dupla



As bocas de lobo do tipo grelha são denominadas bocas de leão em algumas áreas do país.



Importante saber que, quando não há boca de lobo na esquina mais baixa de um quarteirão, utiliza-se uma estrutura especial denominada de **sarjetão** para permitir que o **escoamento continue e atravesse a via**, alcançando o outro lado da rua. O sarjetão consiste em uma **calha** em formato de "V" que é utilizada quando o volume de água que foi coletado pela sarjeta até atingir um cruzamento foi muito pequeno, não justificando a instalação de uma boca de lobo nessa esquina. Dessa forma, encaminha-se esse escoamento para o próximo quarteirão através do sarjetão, de modo que essa água seja coletada pela boca de lobo do cruzamento de jusante.

Quando **não há rede de drenagem** (galerias pluviais) a água da sarjeta ao invés de coletada pela boca de lobo é captada um dispositivo denominado de **gárgula**, a qual envia a água para o **terreno natural** ou **descidas d'água**. O uso de gárgulas é comum, por exemplo, no caso de drenagem de rodovias, pois neste caso não há galerias de drenagem. Sendo do, ponto de vista da estrutura a gárgula possui uma abertura normalmente semelhante a de uma boca de lobo em guia que coleta a água e a encaminha por meio de um canal para a descida d'água ou para dispersão no terreno.

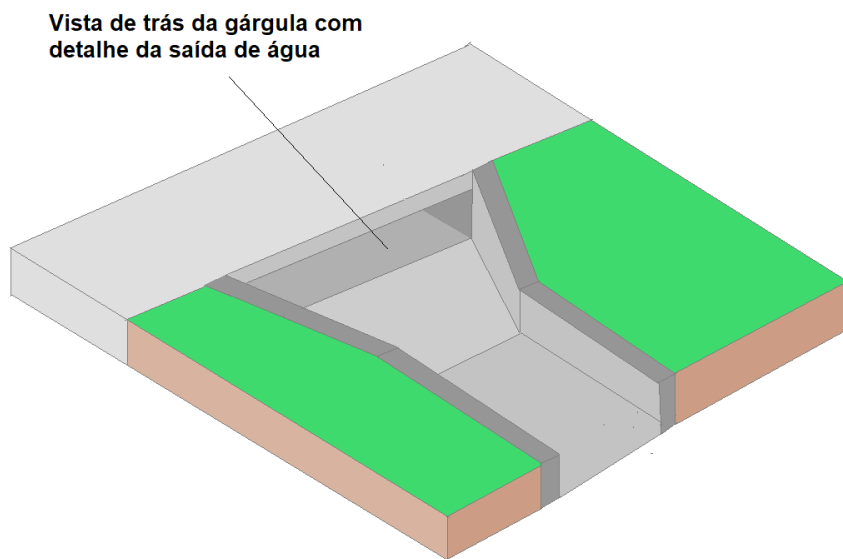
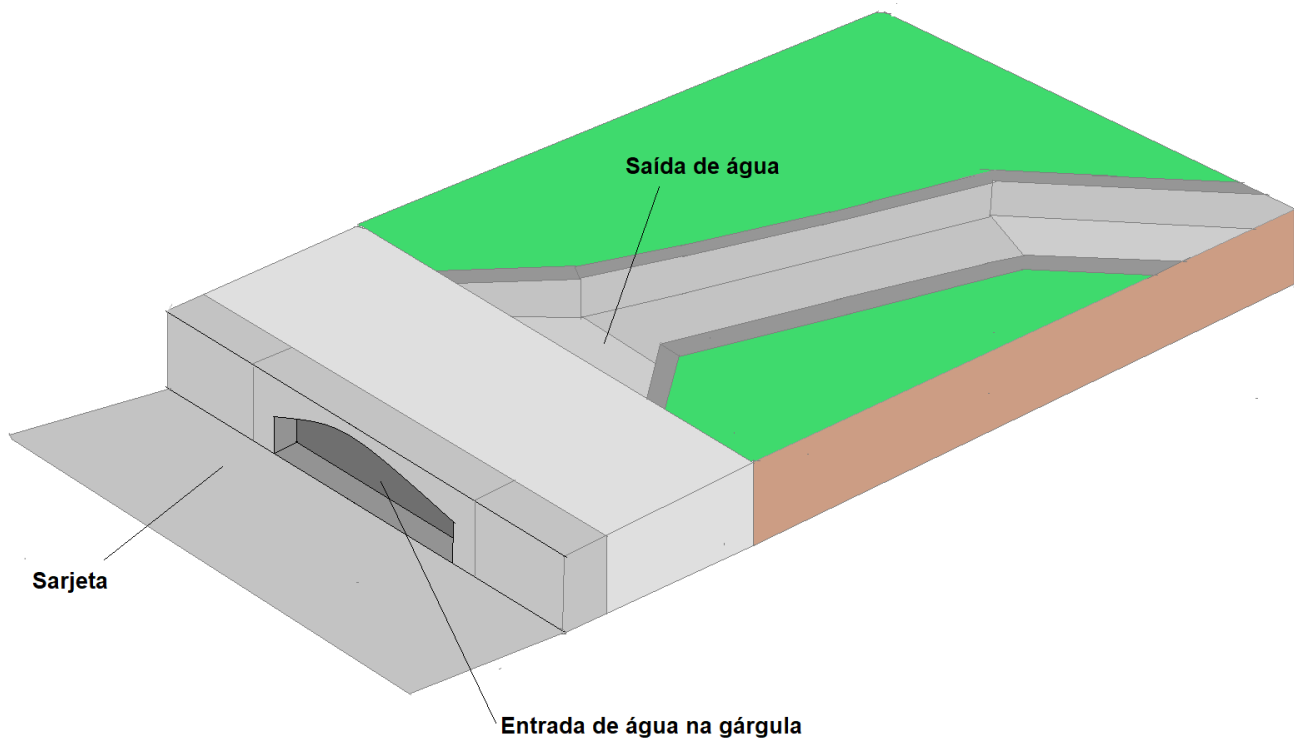
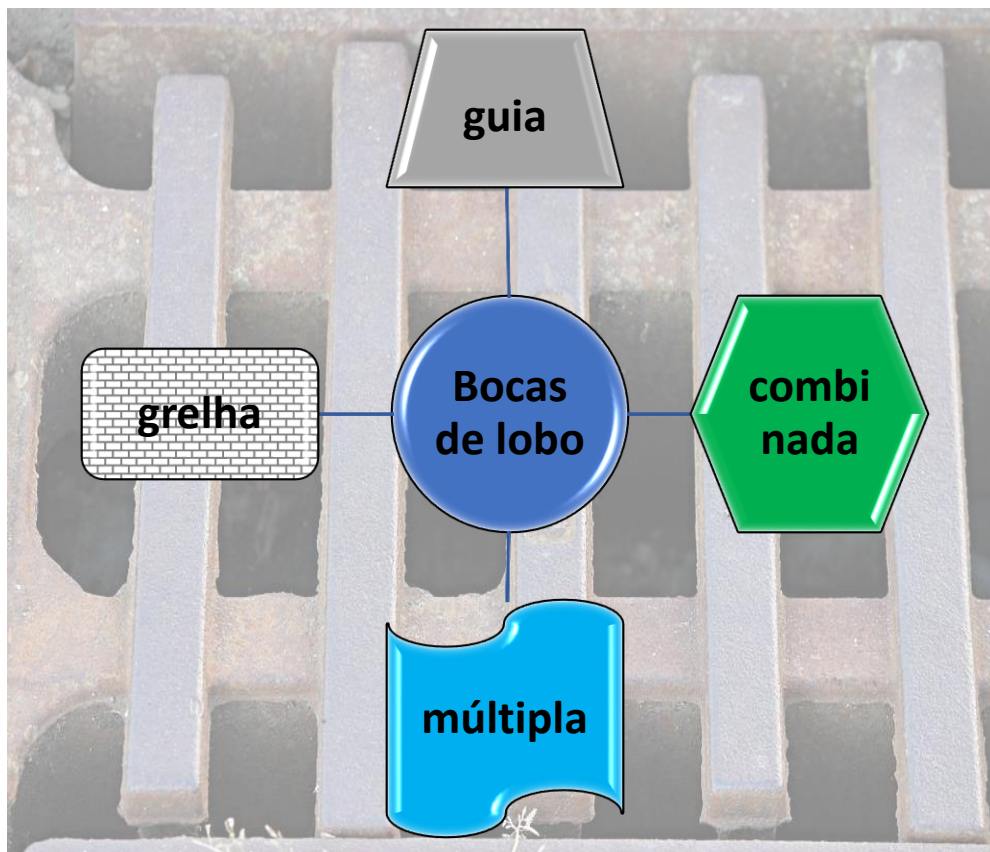


Figura 62: Exemplo esquemático de uma gárgula de drenagem de águas pluviais



(FUNRIO - TEC. Manutenção - Câmara Municipal São João de Meriti - 2017) A figura a seguir mostra um dispositivo utilizado no arruamento e drenagem de uma via:



Este dispositivo é denominado:

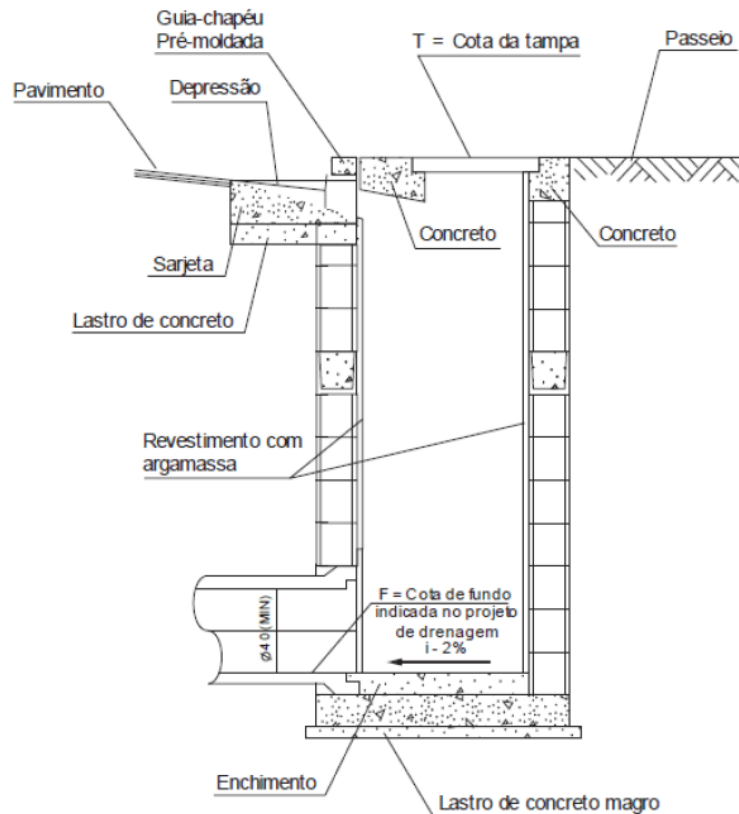
- a) dreno.
- b) boca de lobo.
- c) banqueta.
- d) filtro.
- e) caixa de areia.

Comentários:

A figura acima mostra uma boca de lobo do tipo combinada apresentada grelha e guia lateral. Sendo assim a **alternativa B** é a resposta.

Gabarito: "B"

(FCC - SERGAS - Eng. Civil - 2013) O sistema de drenagem superficial urbana tem a função de coletar e conduzir a água que escoar pela superfície até pontos de descarga adequados e para isto são utilizados diversos dispositivos. A figura abaixo representa um corte de um dispositivo de coleta, conectado às sarjetas e guias.



Trata-se do dispositivo:

- a) gárgula.
- b) boca de leão.
- c) bueiro tubular.
- d) boca de lobo.
- e) poço de visita.

Comentários:

O dispositivo acima possui ligação com uma tubulação na sua parte inferior e uma abertura no topo próxima a sarjeta no local onde há uma guia chapéu, o que é uma característica de bocas de lobo do tipo guia. Sendo assim, a **alternativa D** é a resposta.

Gabarito: "D"

(FCC - DPE-SP - Eng. Civil - 2013) A drenagem urbana é composta de diversos dispositivos, que devem adequadamente captar e conduzir as águas para um ponto de desague adequado. O dispositivo tipo boca-de-leão é utilizado, no sistema de drenagem, para:

- a) conduzir águas subterrâneas.
- b) coletar águas superficiais.
- c) conduzir águas superficiais.
- d) coletar águas subterrâneas.

e) desaguar águas subterrâneas.

Comentários:

A boca de leão é o nome dado em algumas áreas do Brasil para se referenciar a boca de lobo do tipo grelha. Sendo assim, a **alternativa B** é a resposta.

Gabarito: "B"

(CESPE - TCE-TO - Eng. Civil - Questão de fixação) No que se relaciona a drenagem urbana, entende-se por bocas de lobo:

- a) os dispositivos localizados em pontos convenientes nas sarjetas para captação de águas pluviais.
- b) as canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais.
- c) os dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitir mudança de direção.
- d) os dispositivos destinados a permitir a limpeza de tubulações.
- e) os dispositivos destinados a permitir a mudança de declividade de tubulações.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois apresentam adequadamente a definição de boca de lobo.

A **alternativa B** está errada, visto que as canalizações destinadas a conduzir águas pluviais são as galerias.

A **alternativa C** está errada, já que os dispositivos utilizados para mudança de direção são os poços de visita.

A **alternativa C** está errada, pois os dispositivos utilizados para limpeza de tubulações são os poços de visita.

A **alternativa E** está errada, tendo em vista que os dispositivos utilizados para permitir a mudança de declividade de tubulações são os poços de visita.

Sendo assim, a alternativa A é a resposta.

Gabarito: "A"

6.3.2.2 - Poço de visita

O **poço de visita** é o dispositivo subterrâneo de redes de drenagem urbana que permite o **acesso às tubulações** para **manutenção, inspeção e limpeza** destas. O nome poço de visita decorre justamente do fato dele ser uma câmara visitável, ou seja, que permite que um trabalhador entre em seu interior para realizar tarefas de manutenção e limpeza.





Figura 63: Operários utilizando um poço de visita para realizar manutenção na rede de drenagem pluvial

Aquelas tampas circulares de **ferro fundido** que vemos no meio da rua são justamente o topo de um poço de visita que pode ser removida para **permitir o acesso** dos trabalhadores. No topo o poço de visita apresenta uma porção de menor largura denominada de **pescoço** a qual se estende até a superfície onde fica a tampa de acesso.



Figura 64: As tampas de ferro fundido nas ruas são a porta de entrada para o interior do poço de visita

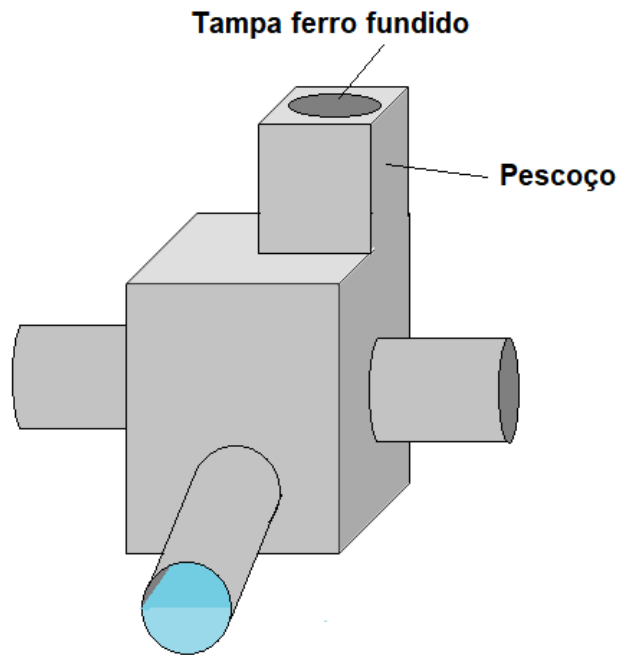


Figura 65: Esquema de um poço de visita

O poço de visita além das funções já apresentadas é utilizado:

- Quando há **mudança de declividade**;
- Para **alterar o diâmetro** da tubulação;
- Quando há **mudança de direção**;
- Para **conectar várias tubulações** que convergem para um mesmo ponto.



(CEV-UECE - FUNECE - Eng. Civil - 2018) Atente à seguinte descrição: "É uma câmara visitável cuja função principal é permitir o acesso às galerias para inspeção e desobstrução. Para facilidade desse objetivo, é conveniente sua localização nos pontos de reunião dos condutos, mudanças de seção, de declividade e de direção".

O elemento de captação e transporte de drenagem pluvial descrito acima é denominado:

- a) galeria.
- b) boca de lobo.



c) poço de visita.

d) sarjeta

Comentários:

A principal característica apresentada que diferencia o elemento descrito dos demais dispositivos é a informação de que o elemento é visitável. Além disso, é dito que ele serve a inspeção e desobstrução das galerias. Sendo assim, o único dispositivo com estas funções é o poço de visita. Dessa forma, a **alternativa C** é a resposta.

Gabarito: "C"



(FGV - MPE-BA - Eng. Sanitária - 2017) Para possibilitar o acesso às canalizações para limpeza e inspeção de sistemas de drenagem urbana de águas pluviais, devem ser instalados(as):

a) dutos de passagem;

b) poços de visita;

c) caixas de ligação;

d) bueiros de manutenção;

e) bocas de lobo.

Comentários:

O poço de visita é o dispositivo de redes de drenagem urbana que permite o acesso às tubulações para manutenção, inspeção e limpeza destas. Sendo assim, a **alternativa B** é a resposta.

Gabarito: "B"

6.3.2.3 - Galerias pluviais

As **galerias** ou coletores pluviais são as tubulações que formam a rede de microdrenagem, **recebendo** as águas **captadas pelas bocas de lobo** e encaminhando o escoamento até os cursos d'água da rede de macrodrenagem. Com isso, as galerias atuam como elementos que contribuem para evitar enchentes por escoamento superficial excessivo. Em termos de dimensões, as galerias pluviais possuem diâmetro mínimo geralmente de 400 mm, mas este valor pode variar em função de diretrizes de cada município. Quanto aos **materiais das tubulações**, as galerias pluviais são formadas por **manilhas de concreto** ou por **tubos de materiais plásticos**.





(a)



(b)

Figura 66: Tubulações galerias pluviais: a) tubos plásticos; b) manilhas de concreto

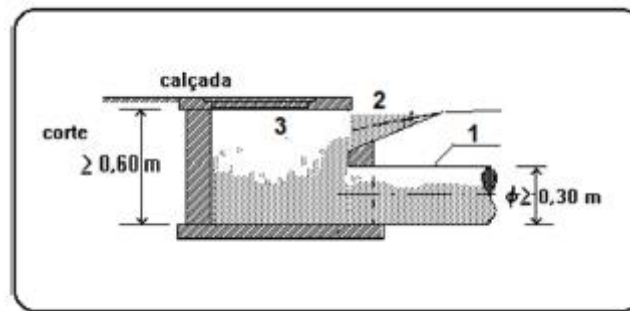
Outro aspecto relevante ao **projeto de galerias pluviais** refere-se à definição do seu **traçado**. Antes de se realizar a distribuição e posição das tubulações é essencial realizar um **levantamento** das demais **infraestruturas existentes** na área em que o sistema será implantado, principalmente com relação a redes de esgoto, abastecimento de água, distribuição de energia e telecomunicações de modo a evitar superposição e interferências entre redes.



Um fator importante no projeto de galerias de drenagem pluvial é a **velocidade de escoamento**, que deve ser mantida dentro de certos limites. Isso porque, **velocidades elevadas** podem levar a **redução da vida útil** das tubulações devido à **abrasão** provocada pelos sólidos da água contra as paredes do tubo. Por outro lado, **velocidades** muito **baixas** são prejudiciais, pois favorecem o **acúmulo de sólidos** na tubulação, o que pode levar a entupimentos ou a redução da capacidade de escoamento.



(UEPB - Prefeitura de Monte Horebe - Ag. Fisc. Obras - 2019 - Adaptada) Os componentes de uma rede de drenagem urbana devem captar e conduzir as vazões superficiais para não causar alagamentos nas ruas das cidades. A figura abaixo mostra componentes enumerados de um sistema de drenagem destinados ao transporte das águas pluviais. Analise de modo a responder ao que se pede.



Dado o que se orienta sobre infraestrutura urbana de drenagem, faça a CORRETA associação entre os elementos enumerados na figura e sua respectiva denominação:

- a) 1 – Boca de lobo; 2 – Sarjeta; 3 – Tubo de Ligação.
- b) 1 – Tubo de Ligação; 2 – Boca Coletora; 3 – Sarjeta.
- c) 1 – Boca de lobo; 2 – Tubo de Ligação; 3 – Sarjeta.
- d) 1 – Tubo de Ligação; 2 – Sarjeta; 3 – Boca de lobo.
- e) 1 – Sarjeta; 2 – Tubo de Ligação; 3 – Boca de lobo.

Comentários:

O dispositivo 1 é um tubo que sai de uma caixa que está recebendo água da sarjeta, ou seja, é um tubo de ligação.

O dispositivo 2, lança água na abertura de uma caixa, informação que nos leva a concluir que é uma sarjeta.

O dispositivo 3, recebe a água da sarjeta, ou seja, é uma boca de lobo.

Sendo assim, a alternativa D é a resposta.

Gabarito: "D"

(CESGRANRIO - Petrobras - Engenheiro Civil - 2018) Segundo a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), a drenagem é estudada levando-se em conta a macrodrenagem e a microdrenagem, para as quais são considerados diferentes elementos. Em relação a sistemas de drenagem, considere os seguintes elementos: boca de lobo, poço de visita e sarjeta.

Faz(em) parte do sistema de microdrenagem o(a):

- a) poço de visita, apenas
- b) sarjeta, apenas
- c) boca de lobo, apenas
- d) boca de lobo e a sarjeta, apenas
- e) boca de lobo, o poço de visita e a sarjeta

Comentários:

As bocas de lobo, os poços de visita e as sarjetas, são componentes do sistema de microdrenagem. Sendo assim, a alternativa E é a resposta.

Gabarito: "E"

(CEV-UECE - Prefeitura de Sobral - Auditor de controle interno - 2018) Por drenagem de área urbanizada, entende-se a interceptação e/ou captação dos escoamentos superficiais de áreas urbanas desprovidas de infraestrutura para drenagem, parceladas ou não. A eficiência da drenagem pluvial urbana é atingida através do correto dimensionamento de dispositivos, tais como, galerias, bocas-de-lobo e poços de visita, já que estes dispositivos são destinados à coleta de águas superficiais e condução subterrânea para locais de descarga mais favorável.

No que concerne a esses dispositivos de drenagem pluvial urbana, é INCORRETO afirmar que:

- a) poço de visita é uma câmara isolada, sem conexão aos demais trechos sucessivos de uma rede subterrânea de dutos, permitindo realizar inspeção e serviços de manutenção.
- b) galerias são dispositivos destinados à condução dos deflúvios que se desenvolvem na plataforma rodoviária para os coletores de drenagem, através de canalizações subterrâneas, integrando o sistema de drenagem da rodovia ao sistema urbano.
- c) bocas-de-lobo são dispositivos de captação, localizados aos bordos dos acostamentos ou meios-fios da malha viária urbana que, através de ramais, transferem os deflúvios para as galerias ou outros coletores.
- d) as bocas-de-lobo, por situarem-se em área urbana, por razões de segurança, são capeadas por grelhas metálicas ou de concreto.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois o poço de visita apresenta conexão com os trechos de uma rede subterrânea de drenagem, na verdade uma das funções do poço de visita é justamente conectar trechos da rede.

A **alternativa B** está correta, visto que apresenta características adequadas de uma galeria de águas pluviais.

A **alternativa C** está correta, pois descreve adequadamente a função de uma boca de lobo.

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que as bocas de lobo possuem tampas em forma de grelha que podem ser metálicas ou de concreto.

Sendo assim, a alternativa A é a resposta.

Gabarito: "A"

(VUNESP - AMLURB-SP - Anal. Ord. Territorial - 2016) A microdrenagem urbana é composta de diversos elementos. Entre esses elementos, estão as canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas de lobo. Essas canalizações são denominadas:

- a) condutos forçados.
- b) sarjetas.
- c) meios-fios.
- d) poços de visita.



e) galerias.

Comentários:

As tubulações que recebem as águas pluviais de ligações privadas e das bocas de lobo são as galerias. Dessa forma, a **alternativa E** é a resposta.

Gabarito: "E"

(CPCON-UEPB - Pref. Alagoinha - Eng. Civil - 2016) Os serviços de Saneamento Básico compreendem os sistemas de abastecimento d'água, de esgotos sanitários, de drenagem de águas pluviais e de resíduos sólidos. Estes são os serviços essenciais que, se regularmente bem executados, elevarão o nível de saúde da população de uma cidade. Indique a alternativa INCORRETA sobre os sistemas de drenagem de águas pluviais.

- a) Tempo de concentração é o tempo necessário para que toda a bacia de drenagem possa contribuir para a secção em estudo.
- b) Tempo de retorno é um período de tempo médio em que uma determinada chuva de projeto é igualada ou superada pelo menos uma vez.
- c) Quanto maior o período de retorno de um sistema de drenagem maior é o risco de inundação.
- d) Galerias são condutos, em geral, com diâmetro mínimo de 400 mm, destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento.
- e) Poços de visita são câmaras visitáveis situadas em pontos previamente determinados, destinados a permitir a manutenção dos condutos.

Comentários:

A **alternativa A** é verdadeira, pois apresenta corretamente o significado de tempo de concentração.

A **alternativa B** está correta, visto que descreve adequadamente o significado de tempo de retorno.

A **alternativa C** está errada, pois na verdade quanto maior o período de retorno de um sistema de drenagem menor é o risco de inundação, pois ele estará apto a suportar vazões mais elevadas.

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que apresenta informações verdadeiras sobre as galerias.

A **alternativa E** está correta, pois descreve adequadamente um poço e visita.

Sendo assim, a alternativa C é a resposta.

Gabarito: "C"

(CESPE - CNJ - Eng. Civil - 2013) No que concerne à drenagem de águas pluviais, julgue o próximo item.

A velocidade de escoamento nos coletores pluviais deve ser controlada, pois tanto velocidades baixas quanto altas são prejudiciais ao seu bom funcionamento.

Comentários:

A velocidade nas galerias deve ser controlada, já que velocidades elevadas podem levar a redução da vida útil das tubulações devido à abrasão provocada pelos sólidos da água contra as paredes do tubo. Por outro lado, velocidades muito baixas são prejudiciais, pois favorecem o acúmulo de sólidos na tubulação, o que pode levar a entupimentos ou redução da capacidade de escoamento. Sendo assim, a afirmação está **certa**.



Gabarito: "Certo"

(CETRO - Pref. Manaus - Técnico Edificações - Questão de fixação) Assinale a alternativa incorreta quanto ao serviço de drenagem e os elementos de microdrenagem urbana.

- a) Os elementos principais da microdrenagem são os meio-fios, as sarjetas, as bocas de lobo, os poços de visita, as galerias, os condutos forçados, as estações de bombeamento e os sarjetões.
- b) As galerias são as canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas de lobo.
- c) Sarjetas são as faixas formadas pelo limite da via pública com os meio-fios, formando uma calha que coleta as águas pluviais oriundas da rua.
- d) O meio-fio é constituído de blocos de concreto ou de pedra, situados entre a via pública e o passeio, com sua face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública.
- e) Poços de visita são dispositivos de captação das águas das sarjetas.

Comentários:

A **alternativa A** é verdadeira, pois apresenta corretamente os elementos que compõem a microdrenagem.

A **alternativa B** está correta, visto que descreve adequadamente a função das galerias.

A **alternativa C** está correta, pois apresenta adequadamente uma sarjeta.

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que apresenta informações verdadeiras sobre o meio-fio.

A **alternativa E** está errada, pois as bocas de lobo é que são dispositivos de coleta de água das sarjetas.

Sendo assim, a alternativa E é a resposta.

Gabarito: "E"

6.3.3 - Projeto de bocas de lobo

As bocas de lobo tem sido um elemento de drenagem pluvial bastante cobrado em questões de concursos, motivo pelo qual alguns detalhes adicionais a respeito do projeto deste elemento serão apresentados.

6.3.3.1 - Posicionamento das bocas de lobo

Um aspecto importante no projeto de redes de microdrenagem refere-se ao **posicionamento das bocas de lobo**. De maneira geral as bocas de lobo devem ser posicionadas na **extremidade mais baixa** (menor elevação) de um quarteirão de modo a captar a água coletada pela sarjeta, impedindo que o escoamento atinja o cruzamento das vias. Essa medida é necessária para evitar que a água ao atravessar a via provoque a aquaplanagem de veículos. Sendo assim, nos pontos baixos dos **greides** de cada trecho das vias deve-se instalar bocas de lobo que irão coletar água da sarjeta e encaminhá-la para as galerias pluviais.





O **greide** de uma via consiste no traçado da via que apresenta as **elevações** de cada trecho, ou seja, é um perfil longitudinal que mostra a **variação topográfica** da via em cada trecho de tubulação.



As bocas de lobo localizadas no cruzamento de vias não devem ser posicionadas exatamente na extremidade do cruzamento, mas sim à **montante** dos **pontos de tangência** ou de curvatura das calçadas. Se houver **rebaixos de passagem** ou **faixa de pedestres** nos cruzamentos, as **bocas de lobo** devem ficar a **montante** deles para que possam coletar a água da sarjeta, evitando que pedestres tenham que atravessar a rua em meio à enxurrada.

Lembrando que caso o volume de água coletado pela sarjeta seja muito pequeno não é necessário colocar a boca de lobo na esquina deste quarteirão, ao invés disso pode-se utilizar um **sarjetão** para permitir que o escoamento atravesse a via até atingir o quarteirão a jusante.

6.3.3.2 - Distância entre bocas de lobo

A **distância entre bocas de lobo** é uma diretriz de projeto fundamental para garantir que a vazão escoada na sarjeta não seja excessiva a ponto de comprometer a utilização das vias e passeios. Se não houver bocas de lobo adequadamente espaçadas ou se a capacidade da boca de lobo de drenar for inferior à vazão escoada na sarjeta, a água começa a não ser mais totalmente captada pela boca de lobo. Com isso o escoamento passa a escoar sobre as vias e pode inundar a área do entorno. Neste caso pode ocorrer **alagamento das vias** e **calçadas** com risco de acidentes por **aquaplanagem** de veículos e de **escorregamento de pedestres**. Além disso, se o escoamento sobre a via atingir velocidades elevadas pode ocorrer erosão do pavimento e comprometimento da infraestrutura viária.

Sendo assim, se o volume de água coletado ao longo quarteirão for muito alto pode ser necessário à utilização de **bocas de lobo intermediárias** distribuídas ao longo do quarteirão. Isso porque, à medida que a sarjeta vai recebendo água das vias, calçadas e edificações, a largura que o escoamento ocupa vai aumentando. Se a vazão for muito elevada, o escoamento começa a ultrapassar os limites da sarjeta e invade a pista, podendo prejudicar ao tráfego de veículos e pessoas. Sendo assim, bocas de lobo intermediárias são necessárias quando a largura do escoamento torna-se muito elevada ultrapassando limites aceitáveis. Neste caso, instala-se a boca de lobo intermediária que capta a água da porção da sarjeta que está a sua montante. A água coletada pela porção da sarjeta que está à jusante da boca de lobo

intermediária será coletada pela boca de lobo do cruzamento de jusante ou pela próxima boca de lobo intermediária. As bocas de lobo intermediárias são normalmente necessárias em **quarteirões muito longos** ou em locais de **baixa declividade**.

A posição e quantidade de bocas de lobo intermediárias pode ser determinada com base no **comprimento útil da sarjeta** (L_u), o qual corresponde ao comprimento da sarjeta necessário para que a largura do escoamento formado atinja um **valor limite de alagamento**. Para que o escoamento não ultrapasse este valor limite é necessário inserir uma boca de lobo intermediária para drenar a água.

A determinação do **comprimento útil da sarjeta** (L_u) é realizada dividindo-se a **capacidade de escoamento** da sarjeta (Q_s) expressa em m^3/s pela vazão específica da via (q) expressa em $m^3/s.m$.

$$L_u = \frac{Q_s}{q}$$

O valor de Q_s representa a vazão que escoar quando se atinge a **largura limite de alagamento** e pode ser calculado com base nas características geométricas como declividade, forma da seção e tipo de material da sarjeta. Sendo assim, o valor de Q_s não necessariamente é a vazão que ocorre quando o escoamento atinge a largura da sarjeta, pois muitas prefeituras admitem uma largura de alagamento superior a largura da sarjeta. Em Belo Horizonte, por exemplo, as sarjetas possuem largura padrão de 0,5 m, mas a largura limite de escoamento pode ser de 1,67 m.

Como normalmente as prefeituras adotam dimensões padronizadas de sarjetas é comum que o município apresente tabelas com os valores de Q_s em função do tipo de sarjeta. Já a vazão específica (q) corresponde à vazão gerada após a chuva por unidade de comprimento da via, dependendo de aspectos como: a intensidade da chuva, o coeficiente de retorno e a largura da via, havendo normalmente tabelas com informações de q para cada município com base nestas características. Como Q_s e q são normalmente tabelados, o foco aqui não é determinar Q_s e q , mas sim entender o que significam e saber de sua importância para a determinação do comprimento da sarjeta (L_u).



(CEV-UECE - Prefeitura de Sobral - Auditor de controle interno - 2018) Considerando a locação de bocas-de-lobo de drenagem pluvial urbana, assinale a afirmação FALSA.

- Os pontos baixos nos greides das vias devem ser providos de bocas-de-lobo, obrigatoriamente.
- A locação de bocas-de-lobo nos cruzamentos das vias deve ser imediatamente à montante dos pontos de tangência ou de curvatura dos passeios situados nos cruzamentos, preservando os rebaixos para passagem de pedestres.
- O cálculo do comprimento da sarjeta (L_u) em que o caudal varia de uma largura zero até o limite de alagamento é igual à divisão da vazão específica da via (q) pela capacidade de escoamento na sarjeta (Q_s).



d) As bocas-de-lobo intermediárias serão locadas com auxílio da determinação do comprimento da sarjeta em que o caudal varia de uma largura de zero até o limite de alagamento, denominado de comprimento útil (Lu).

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois devem ser colocadas bocas de lobo nos pontos mais baixos dos greides das vias para permitir coletar a água trazida pela sarjeta.

A **alternativa B** está correta, visto que as bocas de lobo devem ser instaladas nos cruzamentos a montante dos pontos de tangência ou curvatura dos passeios (calçadas) e antes de rebaixos e faixas de pedestres do modo a coletar a água da sarjeta antes que esta possa atrapalhar a travessia das pessoas.

A **alternativa C** está errada, pois o cálculo do comprimento da sarjeta (Lu) apresentado está invertido. A forma correta de cálculo consiste na divisão da capacidade de escoamento na sarjeta (Qs) pela vazão específica da via (q).

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que descreve adequadamente o procedimento de determinação do espaçamento máximo das bocas de lobo intermediárias.

Sendo assim, a alternativa C é a resposta.

Gabarito: "C"

(FAUEL - Pref. Goioerê - Eng. Civil - 2018) As águas, ao caírem nas ruas urbanas, escoarão inicialmente pelos terrenos até chegar às ruas. Sendo as ruas abauladas (declividade transversal) e tendo inclinação longitudinal, as águas escoarão rapidamente para as sarjetas, e destas para rua abaixo.

Se as águas que chegarem às calhas das ruas forem de vazão excessiva, pode ocorrer os seguintes problemas, EXCETO:

- a) Alagamento com o risco de aquaplanagem de carros.
- b) Direcionamento das águas para as bocas de lobo.
- c) Inundação de calçadas.
- d) Velocidades exageradas, erodindo o pavimento.

Comentários:

A **alternativa A** é verdadeira, pois vazões excessivas resultam no alagamento da via com risco de aquaplanagem de veículos.

A **alternativa B** está errada, visto que no caso de vazão excessiva que ultrapasse a capacidade das bocas de lobo, as águas não serão totalmente captadas por este dispositivo e acabam escoando sobre as vias.

A **alternativa C** está correta, pois pode ocorrer inundação das calçadas em caso de chuvas excessivas.

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que vazões excessivas podem resultar em velocidades de escoamento elevadas capazes de provocar erosão do pavimento.

Sendo assim, a alternativa B é a resposta.

Gabarito: "B"



(FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) O sistema pluvial em microdrenagem é composto por diversos elementos, sendo um deles denominado boca-de-lobo.

Sobre as bocas-de-lobo, assinale a alternativa correta.

- a) As bocas-de-lobo devem atender às mudanças de declividade, de diâmetro e de direção.
- b) As bocas-de-lobo nunca devem ser colocadas nos pontos mais baixos do sistema viário.
- c) As bocas-de-lobo são dispositivos localizados nas galerias, para captação das águas pluviais.
- d) A principal função das bocas-de-lobo é conduzir adequadamente as vazões superficiais para as galerias.
- e) Uma das funções das bocas-de-lobo é permitir o acesso às canalizações, para o efeito de limpeza e inspeção.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, os poços de visita é que são utilizados quando é necessário fazer alterações nas tubulações do tipo mudança de declividade, diâmetro ou de direção.

A **alternativa B** está errada, visto que as bocas de lobo precisam ser colocadas nos pontos mais baixos para coletar a água acumulada nas sarjetas.

A **alternativa C** está errada, já que as bocas de lobo são localizadas nas sarjetas e não nas galerias.

A **alternativa D** está correta, pois descreve adequadamente a função de uma boca de lobo.

A **alternativa E** está errada, tendo em vista que o poço de visita é que permite o acesso às canalizações para limpeza e inspeção.

Sendo assim, a alternativa D é a resposta.

Gabarito: "D"

(CESPE - Banco da Amazônia - Eng. Sanitária - Questão de fixação) A implantação de sistema de drenagem urbana pressupõe o levantamento topográfico para o traçado da rede de coleta de água a drenar e a definição dos locais de lançamento de excessos na macrodrenagem. Julgue o item a seguir, relativo a esse assunto.

A primeira boca de lobo do sistema de microdrenagem deverá ser posicionada no ponto de maior elevação de cada trecho em que o sistema for subdividido. As bocas de lobo seguintes deverão ser posicionadas segundo o declive em cada interseção de vias de circulação.

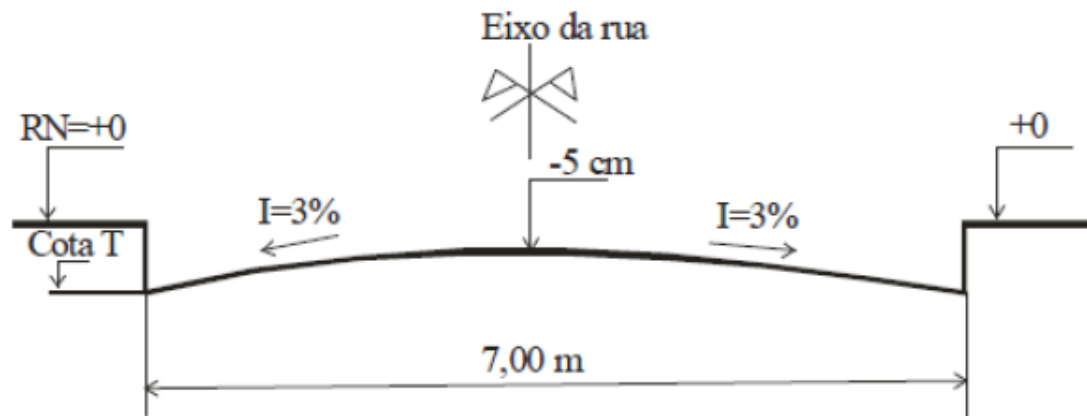
Comentários:

A afirmação está errada, pois a primeira boca de lobo deve ser posicionada no ponto de menor elevação de cada trecho ou quarteirão, de modo a permitir drenar a água que foi coletada pela sarjeta, já que a água escoar por gravidade do ponto de maior elevação para o ponto de menor elevação. Se a boca de lobo for colocada no ponto de maior elevação de um trecho ela não terá função, pois não conseguirá drenar a água coletada pela sarjeta.

Gabarito: "Errado"

(FUNRIO - SUFRAMA - Eng. Civil - Questão de fixação) Dado o perfil de uma rua com caimento igual a $I=3\%$, calcule a cota T da tampa de uma boca de lobo a ser executada junto ao meio-fio:





- a) -10,5 cm
- b) -15,5 cm
- c) -15,0 cm
- d) -10,0 cm
- e) -20,0 cm

Comentários:

A cota da tampa da boca de lobo é a cota da borda da via. O nível da calçada está em +0 e o centro da via está na cota -5. Para obter a cota da tampa da boca de lobo deve-se calcular o desnível entre o ponto inferior do meio fio e somar a este valor a cota do centro da via.

Então, vamos calcular o desnível do centro da via até a borda da via. Como a via possui 7 m de largura, a distância do centro a borda (L) é 3,5 m. A declividade transversal da via é 3%. Sendo assim, o desnível (Δh) do centro da via a borda da via é calculado por:

$$\text{Declividade} = \frac{\Delta h}{L}$$

$$\Delta h = \text{Declividade} \cdot L = 0,03 \cdot 3,5 = 0,105 \text{ m} = 10,5 \text{ cm}$$

Como a borda da via está em uma cota abaixo do centro da via o desnível será representado com sinal negativo, ou seja, -10,5.

Adicionando o desnível da borda ao centro da via na elevação do centro da via obtemos a cota da borda da via que é a cota da tampa da boca de lobo:

$$\text{Cota da tampa da boca de lobo} = \text{Cota da borda da via} = -5 + (-10,5) = -15,5 \text{ cm.}$$

Sendo assim, a resposta é -15,5 cm o que corresponde à **alternativa B**.

Gabarito: "B"



6.4 - Medidas estruturais e medidas estruturantes

A gestão das águas pluviais envolve tanto infraestrutura para realizar a condução, armazenamento e controle do escoamento quanto mecanismos institucionais e legais de planejamento e administração. Sendo assim, um sistema de gestão de drenagem urbana é formado por um conjunto de instrumentos que podem ser classificados como medidas estruturais e medidas estruturantes, que são igualmente importantes para um manejo adequado das águas pluviais.

6.4.1 - Medidas estruturais

As **medidas estruturais** são aquelas que requerem **elementos físicos** e consistem basicamente na **construção de estruturas** e realização de obras que contribuam para a drenagem pluvial. As bocas de lobo, galerias e bacias de retenção são exemplos de medidas estruturais. As medidas estruturais se dividem em dois tipos: **Intensivas** e **Extensivas**. As **medidas estruturais intensivas** englobam obras que atuam diretamente nos cursos d'água. Essas intervenções geralmente envolvem estruturas que permitem: **umentar capacidade do curso d'água** ou **retardar o fluxo**. As **medidas estruturais extensivas**, por sua vez, envolvem obras que irão intervir na escala da bacia de modo a alterar a relação precipitação vazão.

6.4.1.1 - Medidas estruturais intensivas

As **medidas estruturais intensivas** de aumento da capacidade são obras comuns em redes de macrodrenagem, na qual frequentemente se alteram as características naturais do curso d'água para evitar enchentes com intervenções como:

- **Ampliação da seção:** Ao aumentar a seção transversal do curso d'água, aumenta-se a área disponível para a água fluir, o que **umenta a capacidade de escoamento**. A realização de **dragagens para retirada de material** do leito do rio também amplia a seção disponível para escoamento;
- **Revestimento das paredes e leito:** Ao revestir um rio com materiais como o concreto reduz-se o atrito entre água e o canal o que permite **umentar a velocidade da água** e a capacidade de escoamento;
- **Retificação dos rios:** A retificação envolve a **alteração do traçado natural de um rio**, reduzindo sinuosidades e meandros de modo a torná-lo mais retilíneo, facilitando o escoamento da água.





Figura 67: Intervenção na seção de canais: a) canal natural; b) canal com seção transversal alterada e revestimento de concreto

Quanto às medidas estruturais intensivas de retardamento de fluxo, essas consistem no armazenamento das águas durante o evento pluviométrico de modo a reduzir o pico de vazão e evitar as enchentes. Para isso a água é enviada para um reservatório, bacia ou tanque de amortecimento de grande porte. Essas estruturas podem ser classificadas como de retenção ou detenção. Vejamos alguns detalhes:

- Nas **bacias de retenção** a água recebida **não é descarregada de volta ao sistema de drenagem** e pode ser utilizada para irrigação ou é eliminada por infiltração e evaporação. Nesse caso o reservatório fica **normalmente preenchido com água** formando, por exemplo, um lago artificial;
- Nas **bacias de detenção** os reservatórios fazem o **armazenamento temporário** que acumula a água e a **libera de maneira gradual** para o sistema de drenagem. Sendo assim, o reservatório de detenção se enche rapidamente recebendo a água durante a chuva, mas se **esvazia lentamente** de modo que a vazão de saída é compatível com a capacidade de escoamento do sistema de drenagem que está a jusante, evitando picos de vazão. Geralmente as bacias ou reservatórios de detenção **ficam secos durante o período de estiagem**.



Outro tipo de medida estrutural intensiva bastante utilizada são os **diques e polders**. O **polder** consiste em uma **porção do terreno** localizadas próxima a um curso d'água que seria facilmente alagada com o aumento do nível do rio, mas que não é inundada graças ao uso de diques e reservatórios temporários. Os diques tratam-se de **muros laterais** construídos nas margens dos cursos d'água que evitam o transbordamento do rio para as áreas vizinhas. Sendo assim, os diques permitem que o rio escoe com um nível bem mais elevado do que o normal sem que suas águas inundem as zonas urbanas ao seu redor. Um aspecto importante no caso de **diques e polders** é o planejamento da drenagem das águas da região do polder. Isso porque, quando o nível do rio está normalizado a drenagem dessa área é feita por gravidade. Entretanto, durante o tempo que o curso d'água possui escoamento contido pelo dique, o seu nível d'água fica acima do nível da área urbana de modo que não é possível realizar por gravidade o escoamento. Nessa situação a drenagem das

áreas próximas ao dique passa a ser encaminhada para um reservatório que em seguida realiza a descarga no curso d'água por **bombeamento**.

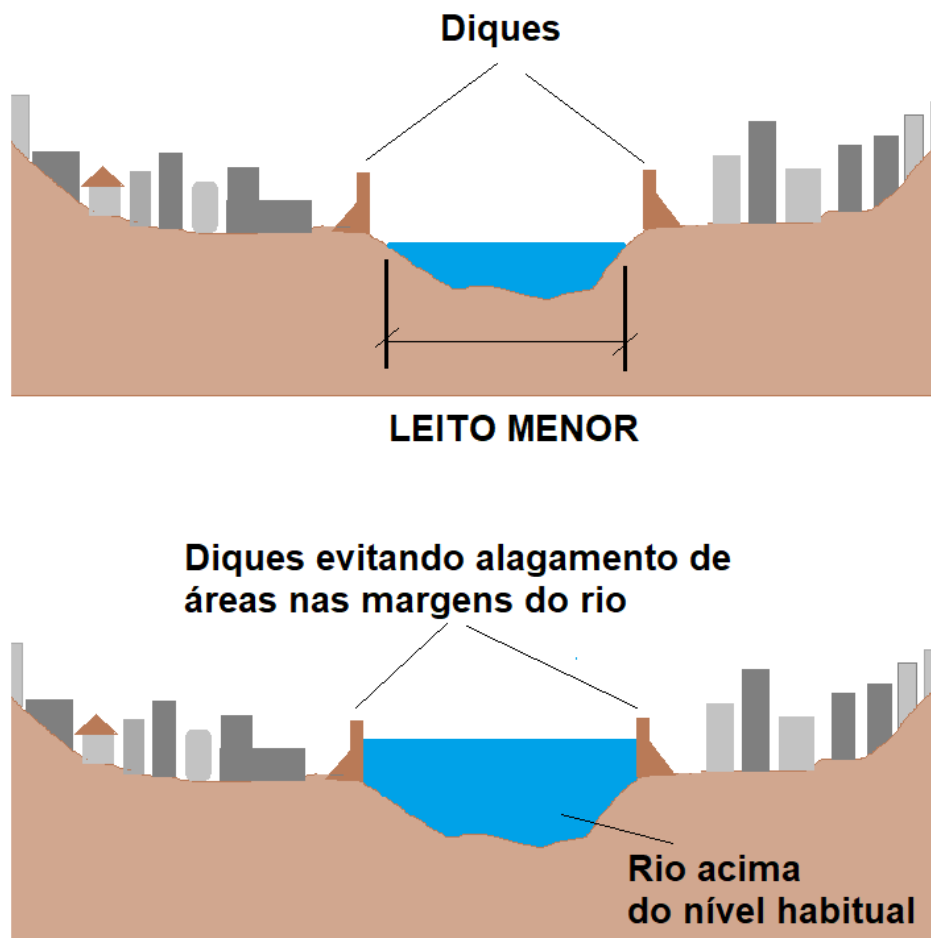


Figura 68: Diques evitando alagamento de áreas próximas ao rio

6.4.1.2 - Medidas estruturais extensivas

As **medidas estruturais extensivas** envolvem obras que irão intervir na escala da bacia de modo a **alterar a relação precipitação vazão** da bacia. Para isso são necessárias intervenções de menor porte do que as medidas intensivas, mas em maior quantidade e que devem ser executadas de maneira **distribuída ao longo da extensão da bacia** (daí o nome medida extensiva). São exemplos de medidas estruturais extensivas:

- **Aumento da cobertura vegetal:** A cobertura vegetal atua retardando a velocidade de escoamento superficial e reduzindo a vazão escoada superficialmente, já que as áreas verdes **favorecem a infiltração**, interceptam a chuva e eliminam água para a atmosfera por **evapotranspiração**;
- **Infraestrutura de pequeno porte distribuída ao longo da bacia:** Essa alternativa busca aumentar a infiltração e/ou retardar o fluxo de água durante eventos pluviométricos. No caso do amortecimento da vazão, similarmente as **bacias de retenção e retenção**, são utilizados inúmeros reservatórios pequenos espalhados ao longo da bacia. No caso de sistemas de infiltração podem ser utilizados

valas de infiltração, trincheiras de infiltração e pavimentos permeáveis distribuídos em calçadas e vias ao longo da bacia hidrográfica;

- **Controle da erosão na bacia:** O controle da erosão na bacia é importante para **reduzir a quantidade de sedimentos** que chegam até o curso d'água, os quais em excesso podem levar ao assoreamento dos leitos e a redução da vazão que pode ser escoada. Sendo assim, o controle da erosão normalmente é realizado, por exemplo, com a **revitalização das margens** dos cursos d'água e utilização de **práticas agrícolas adequadas**.



(FGV - MPE-BA - Eng. Sanitária - 2017) Em 2016, uma obra para evitar alagamentos foi motivo de protestos por parte de organizações não governamentais na cidade de Salvador, BA. Segundo reportagens feitas na época, o projeto previa a requalificação de canais e o revestimento de parte das margens, sendo que a canalização seria feita com concreto. Discordando do projeto, no entanto, especialistas ouvidos pela reportagem afirmaram que a canalização não seria a solução dos problemas, que estavam, em sua opinião, ligados à falta de infraestrutura de esgotamento sanitário e ao lixo. Durante o protesto, os manifestantes defenderam alternativas, como a construção, ao longo de alguns trechos do rio, de estruturas que em períodos de chuva forte pudessem receber o excesso de água, diminuindo o volume das enchentes.

Sobre esse tema, os reservatórios abertos, construídos para receberem a água durante e após as chuvas, mas que permanecem secos durante as estiagens, denominam-se:

- a) reservatórios de emergência;
- b) diques de represamento;
- c) bacias de retenção;
- d) reservatórios de pico;
- e) condutos de contenção

Comentários:

Os reservatórios abertos que recebem água durante e após as chuvas, mas que permanecem secos durante as estiagens são denominados de reservatórios ou bacias de retenção. Sendo assim, a **alternativa C** é a resposta.

Gabarito: "C"

(CESPE - CGE-PI - Eng. Civil - 2015) Com relação às obras voltadas para o abastecimento público de água, tratamento de esgotos e obras de defesa contra inundações, julgue o item que se segue.

Em projetos de drenagem urbana ou rural, a bacia de retenção permite atenuação da vazão de pico de um hidrograma e propicia o armazenamento temporário do volume de água que chega a determinada



seção, em que a máxima vazão de saída do órgão evacuador deve ser compatível com as condições hidráulicas do canal de jusante.

Comentários:

A afirmação está correta, pois descreve adequadamente a função de uma bacia de retenção.

Gabarito: "Certo"

6.4.2 - Medidas estruturantes ou não estruturais

As **medidas estruturantes ou não estruturais** envolvem elementos que não são físicos, mas que são importantes para a gestão das águas pluviais, tais como: **ações administrativas** e **instrumentos legislativos**. As medidas estruturantes englobam, portanto, aspectos de planejamento e gestão urbana que fornecem instrumentos legais para estruturar as políticas públicas de drenagem pluvial. São exemplos de medidas estruturantes:

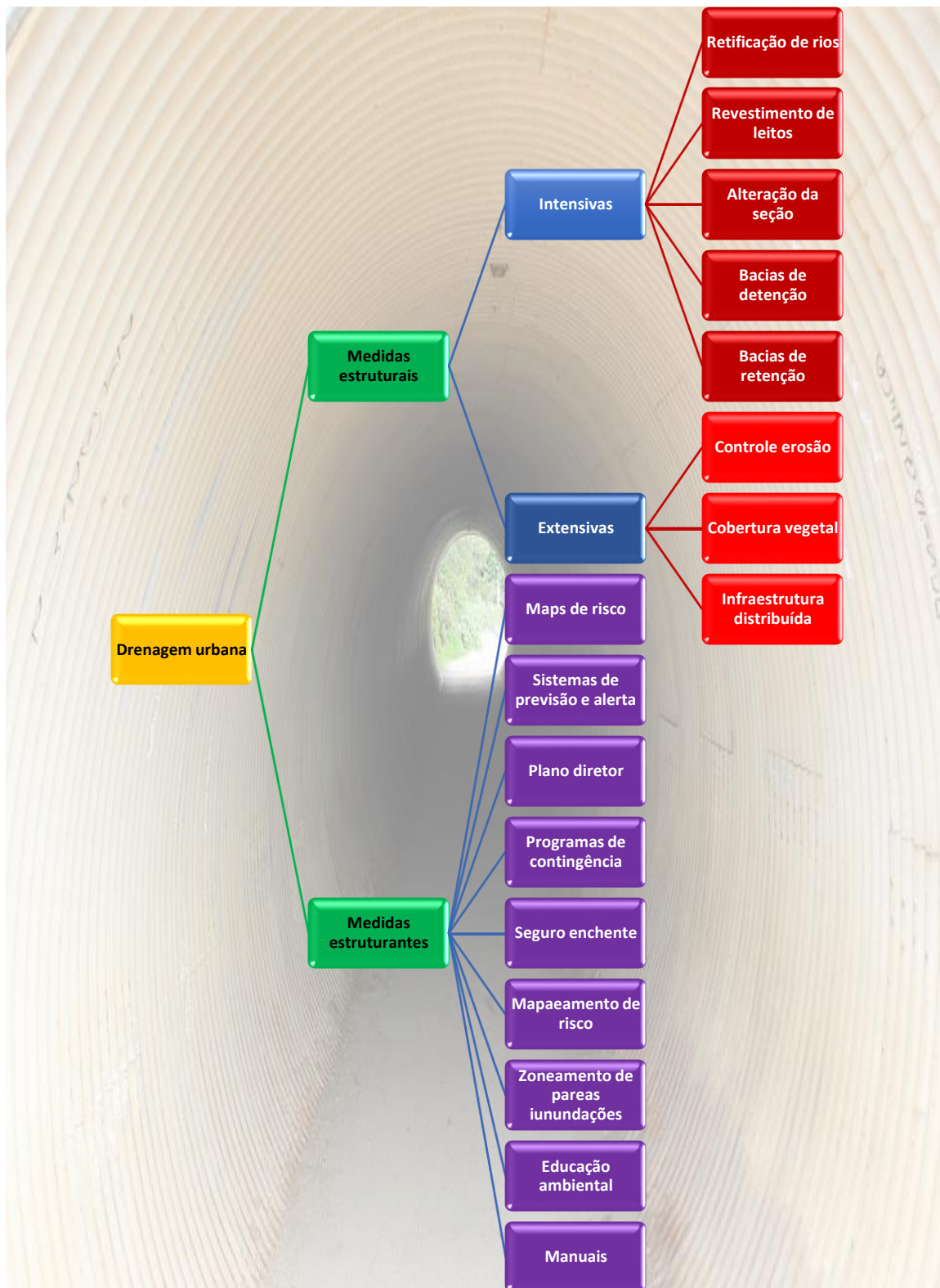
- **Mapas de risco de inundação:** Neste caso realiza-se o mapeamento das áreas inundáveis e elaborase um mapa que traça diferentes regiões definidas em função de seu risco de inundação.
- **Zoneamento de áreas inundáveis:** Elaboração de plano diretor e lei de uso e ocupação do solo do município que apresente um zoneamento que considere os usos do solo em função do risco de inundação de cada área, limitando, por exemplo, o adensamento em áreas de risco elevado de inundação. No caso de áreas de risco já ocupadas, pode-se vislumbrar o reassentamento da população dessas regiões em zonas de menor risco. Além disso, a definição de cotas de soleira mínima, ou seja, do nível mínimo do piso do pavimento térreo da edificação, também pode ser estabelecido no plano diretor de modo a minimizar problemas em caso de inundações;
- **Sistemas de previsão e de alerta:** criação de sistemas de alerta com instrumentos de medição do nível d'água no canais e rios em tempo real; e central de monitoramento e de emissão de alertas de enchentes;



Figura 69: Sistemas de previsão e alerta de enchentes são um tipo de medida estruturante

- **Programas de contingência:** Levantamento e planejamento da infraestrutura necessária e das ações emergenciais a serem realizadas no caso de ocorrência de enchentes, prevendo plano de evacuação e de socorro às pessoas em áreas atingidas;
- **Seguro enchentes:** O uso de seguros contra prejuízos causados por inundações;
- **Manutenção:** A realização de manutenção do sistema de drenagem bem como seu adequado planejamento é fundamental para garantir o funcionamento adequado das estruturas a que ele pertence, pois o acúmulo de sedimentos e o entupimento de tubulações podem comprometer o funcionamento da rede e gerar enchentes;
- **A criação de manuais de águas pluviais:** o desenvolvimento de manuais com diretrizes para projetos de águas pluviais permite padronizar e realizar projetos compatíveis com as características locais;
- **Programas de educação ambiental:** a realização de atividades de conscientização da população sobre riscos de inundações e de como proceder em caso de desastres no caso de comunidades ribeirinhas.







(FGV - TCM-SP - Eng. Civil - 2015) Nos planos diretores de macrodrenagem para defesa contra inundações, podem ser adotadas medidas não estruturais e medidas estruturais intensivas ou extensivas.

Um exemplo de medida estrutural extensiva é a criação de:

- a) reservatórios de retenção em praças ao longo das encostas;
- b) diques marginais com polders ao longo da calha dos rios;
- c) cotas de soleira mínima em planos diretores urbanos;
- d) trechos canalizados nas calhas dos rios;
- e) programas de educação contra as cheias em comunidades lindeiras.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois o uso de vários reservatórios de retenção em praças ao longo de encostas são um bom exemplo de medidas estruturais extensivas.

A **alternativa B** está errada, visto que diques marginais com polders ao longo da calha dos rios são medidas estruturais intensivas.

A **alternativa C** está errada, já que a definição de cotas de soleira mínima em planos diretores urbanos é uma medida estruturante.

A **alternativa D** está errada, pois os trechos canalizados nas calhas de rios são medidas estruturais intensivas.

A **alternativa E** está errada, tendo em vista que programas de educação contra as cheias em comunidades lindeiras é uma medida estruturante.

Sendo assim, a alternativa A é a resposta.

Gabarito: "A"

(FGV - DPE-MT - Eng. Civil - 2015) As enchentes são fenômenos naturais que podem ser intensificados por práticas antrópicas inadequadas no espaço urbano.

“Entre as influências naturais das enchentes, no que diz respeito a fisiografia da bacia, quanto mais próxima da forma de um círculo ou quadrado, mais _____ a concentração de águas em uma bacia e maior o pico. Quanto mais _____ o solo, mais rápido o estabelecimento do escoamento superficial e maior o potencial de cheias. As inundações podem ser mitigadas por meio de medidas _____ como a construção de diques marginais associados a polders.”

Assinale a opção cujos itens completam corretamente as lacunas do fragmento acima.

- a) lenta – úmido – estruturais intensivas



- b) rápida – seco – estruturais extensivas
- c) rápida – úmido – estruturais intensivas
- d) lenta – seco – não estruturais
- e) rápida – úmido – não estruturais

Comentários:

Vamos analisar o contexto de cada frase em que falta uma palavra.

Quanto mais próxima de um círculo ou quadrado, mais rápida será a concentração de águas em uma bacia (menor será o tempo de concentração); bacias alongadas, por outro lado, apresentam concentração mais lenta das águas (maior tempo de concentração). Sendo assim, a primeira palavra faltante é "**rápida**".

A segunda palavra relaciona-se com o fato de que em solos secos a água se infiltra e, após o solo estar saturado, a água não consegue mais infiltrar, começando então o escoamento superficial. Logo, quanto mais úmido o solo, mais rápido ocorrerá o escoamento superficial, pois menos água será necessária para se atingir a saturação das camadas superiores do solo. A segunda palavra faltante, portanto, é "**úmido**".

A terceira palavra relaciona-se com a classificação de diques marginais associados a polders, os quais são considerados medidas estruturais intensivas. Com isso, a terceira palavra é "**estruturais intensivas**".

Sendo assim, a sequência correta é: rápida, úmido, estruturais intensivas, o que corresponde à **alternativa C**.

Gabarito: "C"

(FGV - TJ-AM - Eng. Amb. e Sanitária - 2013) As medidas de prevenção e correção para a drenagem urbana podem ser estruturais ou não estruturais. Elas visam minimizar os efeitos decorrentes das inundações.

Entre as medidas apresentadas a seguir, assinale a que é definida como uma medida estrutural.

- a) Programas de contingências.
- b) Uso de reservatórios de detenção.
- c) Manutenção.
- d) Utilização de manuais.
- e) Reassentamentos.

Comentários:

As medidas estruturais são aquelas que requerem a construção de elementos e obras que contribuam para a drenagem pluvial, enquanto que as medidas estruturantes envolvem ações administrativas, legislação e políticas públicas.

Dentre as alternativas apresentadas apenas o reservatório de detenção é uma medida estrutural, as demais são medidas estruturantes. Sendo assim, a **alternativa B** é a resposta.

Gabarito: "B"



(FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) Atualmente os projetos de gestão da drenagem urbana levam à aplicação de tecnologias mais sustentáveis. Sobre medidas não estruturais em drenagem urbana, assinale a alternativa correta.

- a) Pisos permeáveis
- b) Valas de infiltração
- c) Mapeamento de áreas de inundação
- d) Ampliação da seção de canais naturais
- e) Retificação da seção de canais naturais

Comentários:

As medidas estruturais são aquelas que requerem a construção de elementos e obras que contribuam para a drenagem pluvial, enquanto que as medidas estruturantes ou não estruturais envolvem ações administrativas, legislação e políticas públicas.

Dentre as alternativas apresentadas apenas o mapeamento de áreas de inundação consiste em uma medida estruturante (não estrutural), as demais são medidas estruturais. Sendo assim, a **alternativa C** é a resposta.

Gabarito: "C"

(CESPE - Banco da Amazônia - Eng. Sanitária - Questão de fixação) A implantação de sistema de drenagem urbana pressupõe o levantamento topográfico para o traçado da rede de coleta de água a drenar e a definição dos locais de lançamento de excessos na macrodrenagem. Julgue o item a seguir, relativo a esse assunto.

O zoneamento das áreas de inundação para cheias de diferentes tempos de recorrência constitui medida estrutural para o planejamento e controle de cheias da localidade considerada.

Comentários:

As medidas estruturais são aquelas que requerem a construção de elementos e obras que contribuam para a drenagem pluvial, enquanto que as medidas estruturantes ou não estruturais envolvem ações administrativas, legislação e políticas públicas.

Sendo assim, a afirmação está **errada**, pois o zoneamento de áreas de inundação não envolve a criação de uma obra, mas sim medidas administrativas, caracterizando-o como medida estruturante (não estrutural).

Gabarito: "Errado"

(FCC - MPU - Eng. Sanitária - Questão de fixação) Constituem medidas não estruturais de controle de inundações:

- a) seguros e sistemas de alerta.
- b) reservatórios de amortecimento.
- c) construção de diques e polders nas zonas inundáveis.
- d) dragagem de córregos e rios.
- e) retificações de córregos e rios.

Comentários:



As medidas estruturais são aquelas que requerem a construção de elementos e obras que contribuam para a drenagem pluvial, enquanto que as medidas estruturantes ou não estruturais envolvem ações administrativas, legislação e políticas públicas.

Dentre as alternativas apresentadas apenas a realização de seguros e a criação de sistemas de alerta consistem em medidas estruturantes (não estruturais), as demais são medidas estruturais. Sendo assim, a **alternativa A** é a resposta.

Gabarito: "A"

6.5 - Técnicas compensatórias

Anteriormente foi mostrado como a impermeabilização excessiva do terreno provocada pela urbanização resulta em um aumento do escoamento superficial e conseqüentemente em maiores chances de inundações. Esse comportamento foi evidenciado pela diferença nos hidrogramas de uma área rural e de uma urbanizada, os quais são novamente apresentados na Figura 70.

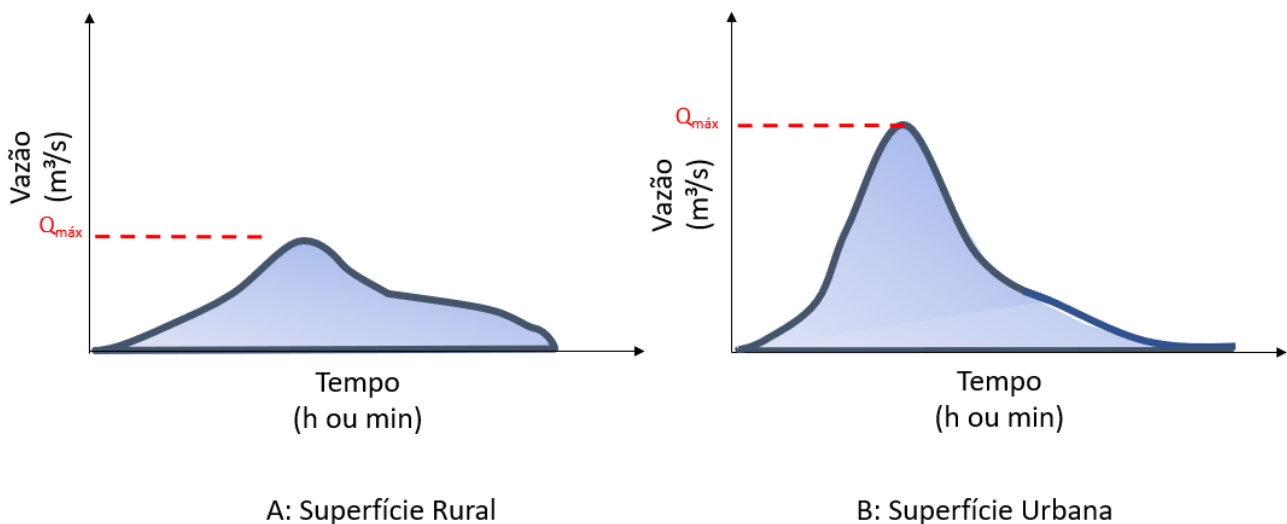


Figura 70: diferença de hidrograma entre uma bacia rural e uma bacia urbana

Sendo assim, muitas vezes na elaboração de um projeto de drenagem urbana de águas pluviais pode ser utilizada uma abordagem que busca evitar enchentes em um determinado local elaborando um sistema de drenagem que permitirá coletar e escoar a água desta área o mais rápido possível. Para isso normalmente faz-se o revestimento dos cursos d'água com materiais de menor rugosidade para aumentar a velocidade de escoamento. O principal problema desta abordagem é que ela evita a enchente em um local, mas transfere-se o problema para jusante, aumentando o risco de inundação ou agravando a inundação desta área mais baixa que passará a receber águas de bacias de montante mais rapidamente. Então, para evitar inundações esta bacia de jusante acaba realizando obras que permitam escoar rapidamente a vazão recebida, gerando um efeito em cascata que apenas repassa o problema para a próxima bacia a jusante.

Sendo assim, esta abordagem não é sustentável, visto que foca apenas em uma solução local resolvendo o problema de bacias a montante, mas agravando as enchentes de áreas a jusante. Uma alternativa é adotar

uma abordagem que busca uma solução que busque compensar o efeito da urbanização com outras intervenções na bacia. Nesse caso ao invés de se tentar escoar rapidamente o excesso de escoamento superficial gerado pela urbanização, busca-se reduzir o aumento do escoamento superficial de modo que a bacia urbanizada possua um **hidrograma mais próximo** daquele de **uma bacia natural**, ou seja, com um **tempo de pico um pouco maior** e com um **pico de vazão menor**.

Mas como é possível deixar uma bacia urbana com um hidrograma mais próximo daquele de uma bacia rural?

No caso de cursos d'água, ao invés de canalização com concreto deve-se buscar o uso de revestimentos de maior rugosidade que promovam um **escoamento lento** ou mesmo a permanência do revestimento natural.

Além disso, é necessário realizar intervenções baseadas no aumento da **infiltração** e no **armazenamento temporário** da água de chuva. Essas soluções são denominadas de **técnicas compensatórias**, pois buscam **compensar** o efeito da **urbanização** no comportamento hidrológico da bacia. Com base na figura abaixo nota-se que o uso de técnicas compensatórias permite se obter bacias com um hidrograma vom um **tempo de pico um pouco maior** e um **pico de vazão menor** se comparado com uma bacia urbanizada que não utiliza esta abordagem.

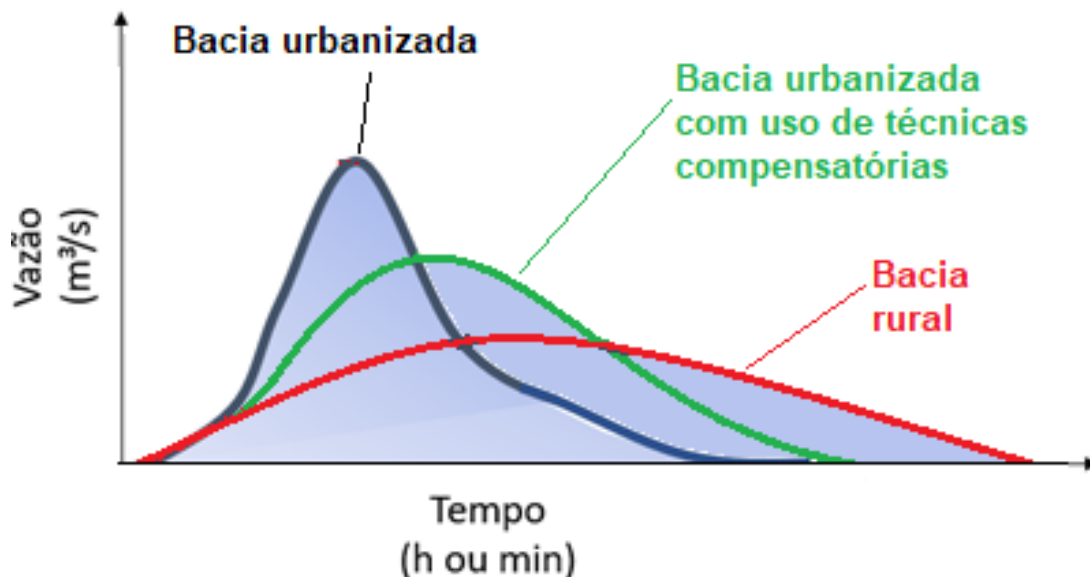
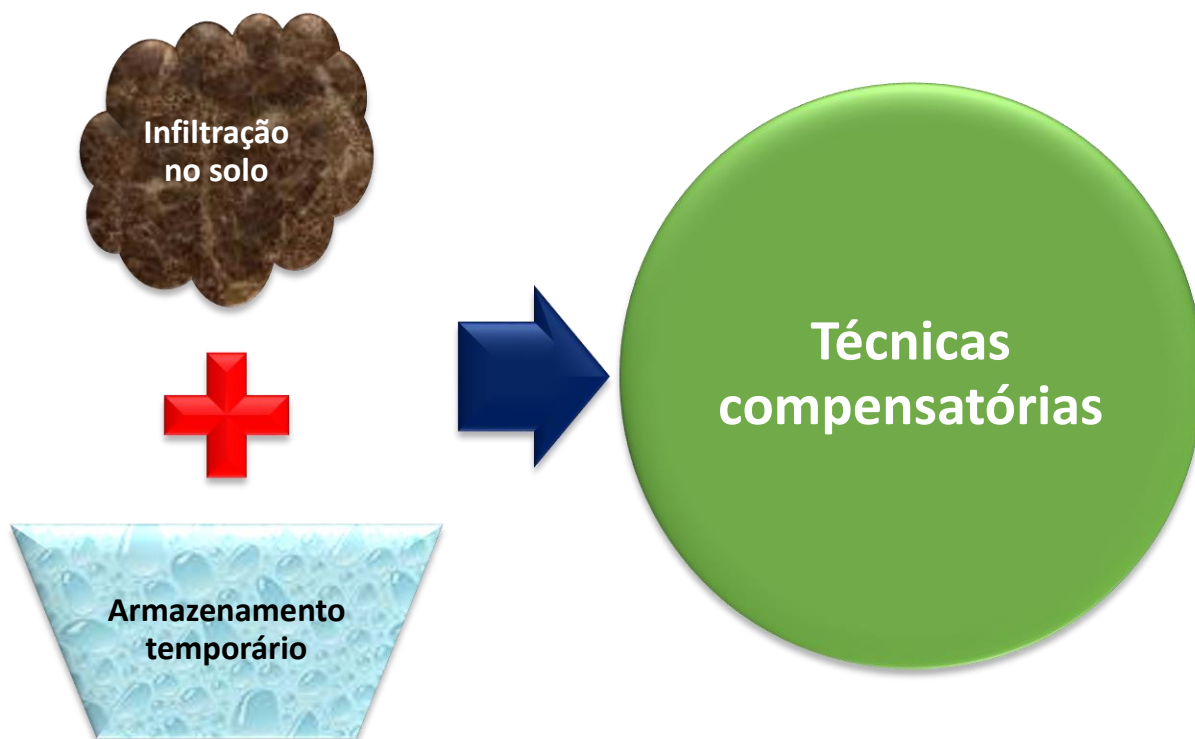


Figura 71: Impacto das técnicas compensatórias no hidrograma da bacia

O uso de dispositivos que favorecem a infiltração da água permite reduzir o volume de água que escoam superficialmente o que atenua o pico de vazão. O armazenamento temporário da água com a liberação gradual ao longo do tempo contribui para retardar o tempo de pico e para reduzir o pico de vazão.



A utilização de **pavimentos porosos** (permeáveis) em vias, calçadas e estacionamentos, por exemplo, é uma técnica que contribui para **aumento da infiltração** e também pode ser utilizado para **armazenamento temporário** caso haja um reservatório sob o pavimento poroso.

Valas e trincheiras de infiltração também possuem o mesmo propósito. Uma **vala de infiltração** consiste em uma **depressão no terreno**, que serve para reter a água de chuva, permitindo aumentar a quantidade de água infiltrada, já que esta água armazenada terá muito mais tempo para ir se infiltrando pouco a pouco.

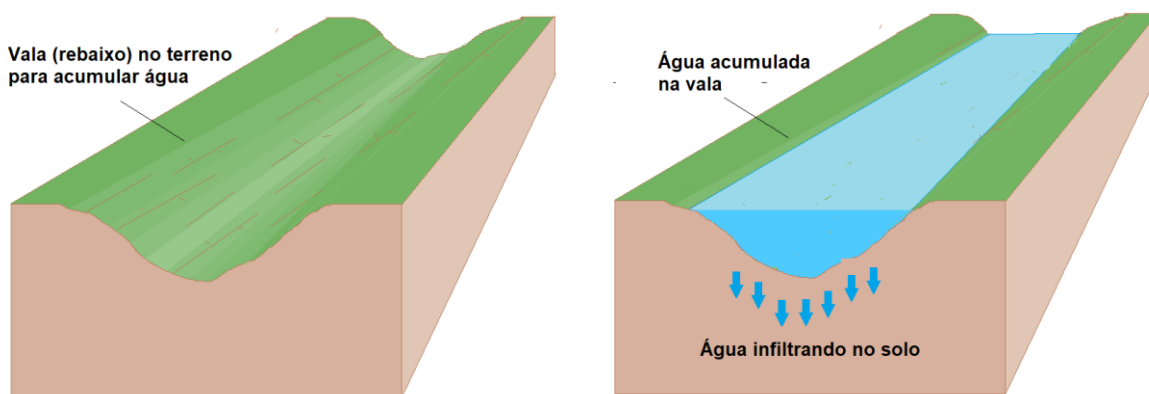


Figura 72: Esquema de uma vala de infiltração

A **trincheira de infiltração**, por sua vez, corresponde a uma porção do **terreno escavado** e preenchido por **material granular**. Durante a chuva a água pode ser armazenada entre os vazios do material da trincheira. Assim como para a vala, a água retida na trincheira vai se infiltrando gradualmente pelo fundo e paredes da trincheira.

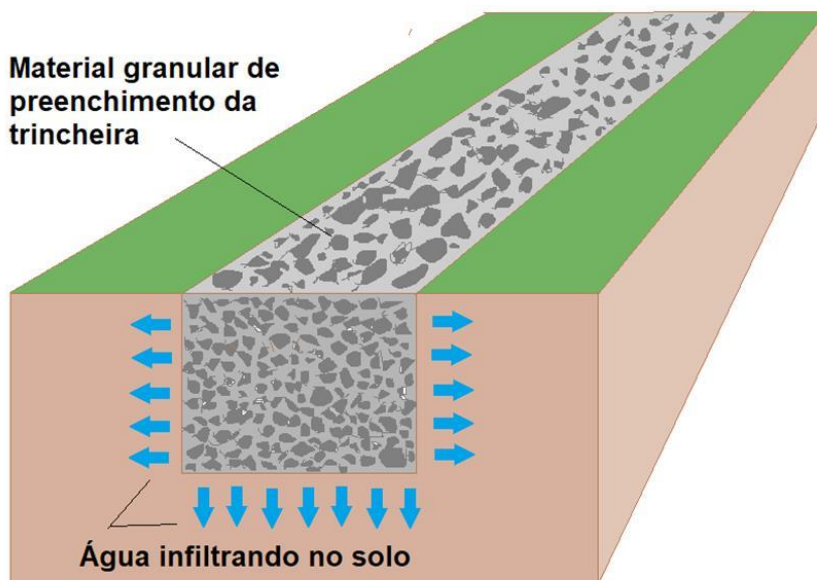


Figura 73: Esquema de uma trincheira de infiltração



Além da **trincheira de infiltração**, que é um dispositivo de **drenagem superficial**, existe também outro elemento de nome semelhante, mas com função diferente: a **trincheira drenante**, que é um dispositivo de **drenagem de águas subterrâneas**. Tendo em vista que a trincheira drenante é mais frequentemente utilizada do que a trincheira de infiltração, às vezes se utiliza simplesmente o termo trincheira para se referir à trincheira drenante.

Além disso, bacias ou **reservatórios de retenção** e **detenção**, também atuam como sistemas de armazenamento temporário e podem favorecer a infiltração se seu leito for de terreno natural ou de material permeável.

Outro exemplo de técnica compensatória é a utilização de **terraços verdes** nas edificações, nos quais consistem na colocação de **cobertura vegetal** sobre as lajes dos edifícios. Neste caso as plantas existentes neste jardim interceptam parte da chuva e retornam outra parte para atmosfera por evapotranspiração. Além disso, o terraço verde também atua realizando **armazenamento temporário**, pois em um terraço

convencional a chuva cai e rapidamente escoar para o tubo de drenagem, enquanto que no terraço verde antes de chegar no dreno ela deve escoar se infiltrando na camada de solo do terraço.



Figura 74: Exemplos de coberturas com terraços verdes (terraço jardim)

A captação e o **aproveitamento de água de chuva** através de **telhados** e **cisternas**, também pode ser considerada uma técnica compensatória, pois neste caso, como está água ficará armazenada para uso posterior consegue-se reduzir o volume de água enviado para o sistema de drenagem.



(FEPESE - Pref. de Fraiburgo - Eng. Civil - 2017 - Adaptada) Assinale a alternativa correta em relação à drenagem de águas pluviais.

- O método racional deve ser utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias hidrográficas de grande extensão.
- A macrodrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais no loteamento ou na rede primária urbana.



- c) A impermeabilização produz aumento da vazão máxima e do escoamento superficial.
- d) No projeto da urbanização de uma área, a redução da infiltração da precipitação permite manter condições mais próximas possíveis das condições naturais.

Comentários:

A **alternativa A** está errada, pois o método racional deve ser utilizado para a determinação de vazão para bacias de pequena extensão.

A **alternativa B** está errada, visto que macrodrenagem é definida pelos cursos d'água que recebem as águas pluviais do sistema de microdrenagem formado pela rede primária urbana.

A **alternativa C** está correta, tendo em vista que a impermeabilização reduz a quantidade de água que infiltra e aumenta a quantidade de água que escoam superficialmente, resultando em aumento da vazão máxima.

A **alternativa D** está errada, pois o aumento da infiltração da água precipitada é que permitirá se alcançar condições mais próximas das naturais em termos de comportamento hidrológico da bacia.

Sendo assim, a alternativa D é a resposta.

Gabarito: "C"

(CPCON-EUPB - Pref. de Porto Alegre - Fisc. de obras - 2017) As infraestruturas urbanas de drenagem englobam o conjunto de benfeitorias públicas existentes em uma área urbana, assim como as redes de distribuição de água e de esgotos sanitários. Particularmente, o sistema de drenagem tem o objetivo de fazer escoar as águas das chuvas.

Sobre as infraestruturas de drenagem de um Município, marque a alternativa INCORRETA:

- a) A definição do traçado de um projeto de galeria pluvial exige o levantamento de outras infraestruturas existentes.
- b) A impermeabilização do solo urbano não interfere nas infraestruturas de drenagem.
- c) As galerias podem impedir enchentes, drenando as águas até o corpo receptor, como os rios.
- d) As sarjetas e bocas de lobo são dispositivos de captação de águas pluviais.
- e) A captação de água de chuva através de telhados e cisternas interfere no sistema de drenagem urbana.

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois o traçado de uma galeria pluvial pode ser influenciado por outras infraestruturas existentes, tais como as redes de esgoto e de abastecimento de água.

A **alternativa B** está errada, visto que a parcela de solo urbano impermeabilizado influencia diretamente na quantidade de água a ser encaminhada para a rede pluvial, sendo um fator que interfere muito no projeto das infraestruturas de drenagem.

A **alternativa C** está correta, já que as galerias recebem as águas que escoam coletadas pelas bocas de lobo e as encaminham para o corpo receptor, evitando assim enchentes oriundas de escoamento superficial excessivo.

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que as sarjetas e bocas de lobo são os dispositivos que captam as águas pluviais que escoam superficialmente e as encaminham para a rede de drenagem pluvial.



A **alternativa E** está correta, pois a captação e uso de água de chuva coletados em telhados e armazenados em cisternas interfere no sistema de drenagem urbana, porque reduz a quantidade de água que é encaminhada para a rede pluvial, aliviando o sistema público de drenagem pluvial, o que contribui para reduzir o risco de inundações durante episódios pluviométricos.

Sendo assim, a alternativa B é a resposta.

Gabarito: "B"

(FCC - TRF-3 - Téc. Edificações - 2016) Em vias pavimentadas devem ser implantados dispositivos de drenagem superficial, que tem a finalidade de coletar os fluxos de água que escoam sobre a superfície do pavimento. NÃO é um dispositivo de drenagem superficial:

- a) sarjeta
- b) trincheira
- c) boca de lobo
- d) boca de leão
- e) gárgula

Comentários:

A **alternativa A** está correta, pois a sarjeta é um dispositivo de drenagem superficial.

A **alternativa B** está muito geral, pois se trincheira for de infiltração ela é considerada uma técnica compensatória de drenagem superficial. Entretanto, se for uma trincheira drenante, trata-se de um dispositivo de drenagem subterrânea. Importante saber que como a trincheira drenante é um dispositivo mais comumente utilizado do que a trincheira de infiltração é comum que algumas referências utilizem apenas o termo trincheira para se referir a trincheira drenante e provavelmente foi esta a definição adotada pela banca que elaborou esta questão. Assumindo esta consideração, a **alternativa B** estaria errada, pois trata-se de um dispositivo de drenagem subterrânea.

A **alternativa C** está correta, já que a boca de lobo é um dispositivo de drenagem superficial.

A **alternativa D** está correta, tendo em vista que a boca de leão é um dispositivo de drenagem superficial.

A **alternativa E** está correta, pois a gárgula é um elemento de drenagem superficial.

Sendo assim, apesar da controvérsia sobre o detalhamento da descrição da trincheira, a alternativa B é a resposta que melhor atende a questão.

Gabarito: "B"

(UFMT - UFMT - Eng. Ambiental - 2014 - Adaptada) A urbanização intensa, ao longo da segunda metade do século XX, veio evidenciar os limites das soluções clássicas de drenagem urbana no tocante a sua real eficácia. Nas questões relativas à água no meio urbano, técnicas compensatórias de drenagem foram introduzidas de forma a minimizar os impactos da urbanização nos processos hidrológicos. Sobre essas técnicas, considere:

- I - Pavimentos porosos destinados ao armazenamento temporário e/ou infiltração, em áreas de estacionamento e no sistema viário.



II - Impermeabilização de cursos d'água, com materiais que favoreçam o escoamento rápido das águas para jusante.

III - Canalização de cursos d'água com técnicas que favoreçam o escoamento lento ou mesmo a detenção temporária das águas.

IV - Bacias ou reservatórios de detenção, também conhecidos como bacias de amortecimento de cheias.

São técnicas compensatórias de drenagem de drenagem:

a) I, II e IV.

b) I, III e IV.

c) I, II e III.

d) II, III e IV.

Comentários:

A **afirmativa I** apresenta o pavimento poroso que é um tipo de técnica compensatória.

A **afirmativa II** comenta da impermeabilização de cursos d'água, o que não é uma técnica compensatória, mas sim uma técnica convencional.

A **afirmativa III** descreve a canalização de cursos d'água com técnicas que favoreçam o escoamento lento e o uso de detenção temporária, o que é uma técnica compensatória.

A **afirmativa IV** apresenta bacias de detenção, que são um tipo de técnica compensatória.

As afirmativas I, III e IV apresentam técnicas compensatórias, o que corresponde a **alternativa B**.

Gabarito: "B"

6.6 - Escoamento em canais

O estudo do **escoamento em canais** é importante para a elaboração de projetos de macrodrenagem. O fluxo de água em canais ocorre à **superfície livre**, fluindo por gravidade de um ponto mais alto para um ponto mais baixo. Diferentemente de um conduto forçado em que a água está sob pressão, no escoamento de canais o fluido se encontra a **pressão atmosférica**. Sendo assim, dentre vários aspectos importantes no estudo do escoamento em canais, pode-se destacar duas características: a **vazão** (Q) e a **velocidade de escoamento** (v), que serão estudadas em maiores detalhes.

6.6.1 - Variação da velocidade em canais

A **velocidade de escoamento** não é constante ao longo da seção transversal de um canal, possuindo valores nulos no leito e margens, devido ao atrito da água com material do fundo do canal. **Horizontalmente**, as velocidades são **nulas nas margens** e crescem à medida que se afasta delas. Na **vertical** a velocidade é **nula no leito** e aumenta à medida que se distancia do fundo, alcançando seu **valor máximo** em uma **profundidade um pouco abaixo da superfície**. Velocidades maiores próximas da superfície da água e no centro ocorrem justamente por serem áreas afastadas do leito e pela baixa resistência de atrito entre ar e água. A Figura 75 apresenta exemplos de variações de velocidade em canais com diferentes seções transversais, em que as curvas representam pontos com mesma velocidade.



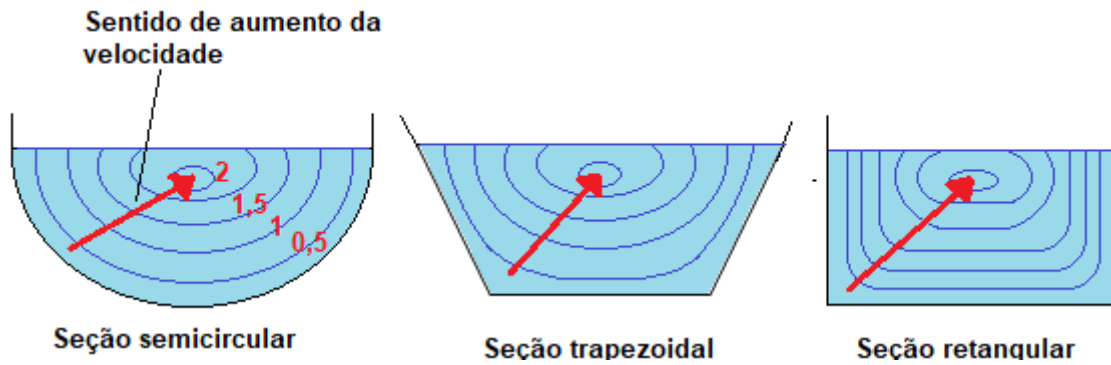
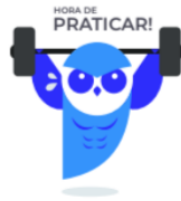
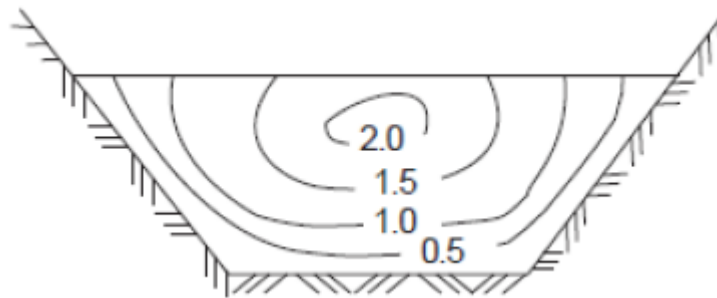


Figura 75: Padrão de velocidades de escoamento para canais com diferentes seções



(FCC - CEF - Eng. Civil - 2013) Em relação à drenagem urbana, considere a figura abaixo.



Na seção de canal trapezoidal, é ilustrada a distribuição de um dado parâmetro ao longo da seção. Este parâmetro é:

- a) a velocidade.
- b) a temperatura.
- c) a densidade.
- d) a vazão.
- e) o coeficiente de rugosidade.

Comentários:

A figura mostrada acima apresenta um diagrama com curvas de valores de uma grandeza que tem um comportamento bem descrito: baixos valores próximos ao leito a margens e valores elevados na superfície e na parte central. Este padrão observado é semelhante ao comportamento da velocidade de escoamento em canais, que possuem menores valores próximos do leito e margens, devido ao atrito da água com material do fundo do canal. Velocidades próximas da superfície da água e no centro ocorrem justamente



por serem áreas afastadas do leito e pela baixa resistência de atrito entre ar e água. Sendo assim, a alternativa A é a resposta.

Gabarito: "A"

6.6.2 - Cálculo simplificado de vazão

A **vazão (Q)** consiste no volume de água escoado por unidade de tempo, sendo normalmente expressa em m^3/s . Essa grandeza está diretamente ligada com a área da **seção transversal** do canal e com a **velocidade de escoamento**, conforme a equação abaixo.

$$Q = v \cdot A_m$$

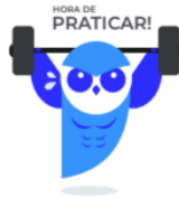
Em que:

- Q : vazão (m^3/s);
- v : velocidade média de escoamento (m/s);
- A_m : área da seção transversal do escoamento.

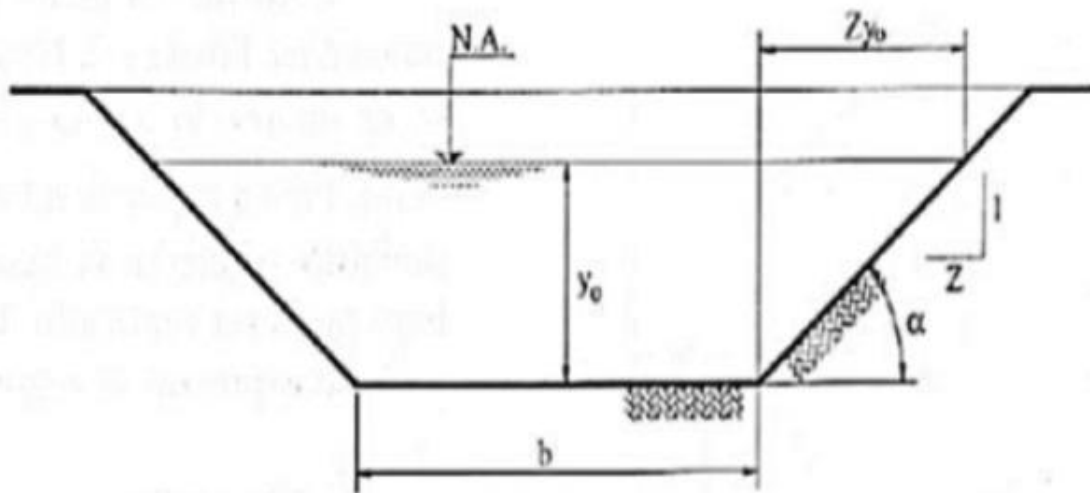


Lembre-se, podemos facilmente obter o valor da **vazão** em um canal se soubermos a **velocidade média** de escoamento e as dimensões que caracterizam a **seção transversal** do escoamento. Sendo assim, fique atento, pois o cálculo da vazão utilizando velocidades de escoamento e seção transversal é relativamente simples e tem sido tema de questões de vários concursos.





(CEV-EUCE - DETRAN-CE - Eng. Civil - 2018) Atente para a figura abaixo, que representa um canal trapezoidal com paredes rochosas, em um sistema de drenagem de águas pluviais, e para os dados apresentados em seguida.



Dados:

$$y_0 = 3,0 \text{ m};$$

$$b = 6,0 \text{ m};$$

$$Z = 1,0;$$

$$V = 1,8 \text{ m/s}.$$

Fórmulas:

$$B = 2Zy_0 + b$$

$$A = (b + B)/2 * y_0$$

Cálculo da Vazão em m^3/s :

$$Q = A.V$$

Considerando a figura e os dados apresentados acima, é correto afirmar que a vazão "Q" desse canal trapezoidal, em m^3/s , é:

a) 18,7.

b) 53,2.

c) 48,6.

d) 32,5.



Comentários:

A área da seção transversal do escoamento canal é obtida conforme abaixo:

$$B = 2Zy_0 + b$$

$$A = (b + B)/2 \cdot y_0 = \{[b + (2Zy_0 + b)]/2\} \cdot y_0 = \{[6 + (2 \cdot 1 \cdot 3 + 6)]/2\} \cdot 3 = 54/2 = 27 \text{ m}^2$$

Então, sabendo que a velocidade de escoamento é igual a 1,8 m/s, a vazão que escoar no canal é dada por:

$$Q = A \cdot V = 27 \cdot 1,8 = 48,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sendo assim, a resposta é a **alternativa C**.

Gabarito: "C"

(BIO-RIO - Pref. de Mangaratiba - Eng. Civil - 2016) Um sistema de drenagem deve ser capaz de escoar uma vazão de água de 8 m³/s proveniente de chuva. Serão utilizadas mini galerias de concreto com seção retangular de 1,50m de largura e 1,0m de altura, que trabalharão a uma seção cheia de 70% e velocidade de escoamento de 2 m/s.

Sob essas condições, a quantidade de seções em paralelo desse tipo de galeria que devem ser instaladas no sistema de drenagem para escoar a vazão desejada é de:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

Comentários:

A área da seção de cada canal retangular é obtida multiplicando sua largura (b) pela altura (h):

$$A_{\text{canal}} = b \cdot h = 1,5 \cdot 1,0 = 1,5 \text{ m}^2$$

Entretanto, apenas 70% da seção do canal será preenchida pelo escoamento. Dessa forma, a área real da seção de escoamento é:

$$A_m = 70\% \cdot A_{\text{canal}} = 0,7 \cdot 1,5 = 1,05 \text{ m}^2$$

Então, sabendo que a velocidade de escoamento é igual a 2 m/s, a vazão que pode escoar em cada canal é dada por:

$$Q = A_m \cdot V = 1,05 \cdot 2 = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Então para determinar o número de canais deve-se dividir a vazão total necessária (8 m³/s) pela vazão de cada canal (2,1 m³/s).

$$\text{n}^\circ \text{ de canais} = Q_{\text{total}} / Q = 8 / 2,1 = 3,8$$

Sendo assim, arredondando o valor 3,8 obtém-se 4 canais, de modo que a resposta é a **alternativa D**.

Gabarito: "D"



6.6.3 - Revestimento de canais

Conforme já apresentado, em obras de drenagem é comum a realização de intervenções nas características naturais de um curso d'água, sendo uma das principais a alteração do revestimento. O tipo de revestimento aplicado ao canal pode influenciar diretamente o escoamento, já que revestimentos de **menor rugosidade reduzem o atrito** entre as paredes do canal e a água permitindo se atingir velocidades elevadas, aumentando a vazão que o curso d'água pode escoar. Por outro lado, revestimentos com superfícies irregulares e com saliências dificultam o escoamento, reduzindo sua velocidade e vazão.

O leito do rio normalmente apresenta irregularidades e depressões naturais provocadas pelo escoamento e arraste ou acúmulo de sólidos, além da existência de **rochas** (cascalhos) e **vegetação**. Quanto aos revestimentos artificiais normalmente pode se utilizar **concreto, rochas** e **vegetação** (grama). No caso do concreto, há variações na forma como a superfície é tratada que afetam a rugosidade, podendo se utilizar um **concreto sem acabamento** (maior rugosidade) ou **com acabamento liso** (menor rugosidade).

Um tipo de revestimento feito com rochas bastante utilizado nas margens e leito de rios é denominado de **gabião**, o qual é formado por **gaiolas** fabricadas com **malhas metálicas** preenchidas com **pedras britadas**, conforme apresentado na Figura 74. Os gabiões do tipo caixa possuem gaiolas em formato de um paralelepípedo, ou seja, suas três dimensões, possuem a mesma ordem de grandeza. O gabião caixa é amplamente utilizado em estruturas de contenção de encostas e pode ser utilizado para o revestimento das laterais de canais. Já os **gabiões do tipo manta** ou **colchão**, possuem suas gaiolas com duas dimensões bem maiores do que a terceira, sendo normalmente utilizados no revestimento de canais. Importante saber que o gabião é uma caixa metálica preenchida por pedras, o que resulta em uma superfície com rugosidade superior a obtida quando se utiliza o concreto como revestimento.



Figura 76: Revestimento de gabião: Detalhe da malha metálica da gaiola preenchida com rochas britadas.



(FUMARC - Pref. Sete Lagoas - Analista - 2014 - adaptada) Em drenagem urbana, no projeto de um conduto de área molhada quadrada e declividade conhecida, pode-se dizer que a vazão suportada será menor se se utilizar:

- a) canal de concreto sem acabamento, ao invés de gabião caixa sem revestimento.
- b) canal em gabião manta, ao invés de concreto com acabamento liso.
- c) tubo de concreto, ao invés de canal com fundo em cascalho.



d) tubo de concreto sem acabamento, ao invés de canal de gabião manta.

Comentários:

A vazão será menor se um material for substituído por outro de maior rugosidade, pois quanto maior a rugosidade maior a dificuldade da água escoar e, portanto, menor a vazão. Para facilitar a análise pense na superfície do material, quanto mais lisa for sua superfície mais fácil será para a água escoar e maior será a vazão. Então vamos analisar cada caso:

No caso da **alternativa A** a vazão aumenta ao utilizar concreto ao invés de gabião, pois a rugosidade deste último é maior.

Para a **alternativa B** o gabião possui mais irregularidades na superfície, ou seja, maior rugosidade do que o concreto com acabamento liso, então o canal com gabião terá menor vazão.

Na **alternativa C** nota-se que o tubo de concreto resultará em maior vazão do que o canal de cascalho, pois este último apresenta maior rugosidade.

Quanto à **alternativa D**, o tubo de concreto apresentará maior vazão do que o canal com gabião, já que este último possui superfície com muito mais irregularidades.

Dessa forma, a única situação em que o primeiro material resulta em menor vazão do que o segundo é na **alternativa B**.

Gabarito: "B"



7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Você está adquirindo um nível muito alto no preparo para concursos de engenharia. A hidrologia e drenagem pluvial são disciplinas em que os candidatos apresentam altos índices de erros. Aproveite essa aula, domine o conteúdo e tenham mais esse diferencial em sua preparação.

Parabéns por mais essa conquista! Esse aprendizado está relacionado a várias outras aulas, facilitando a sua preparação. Além disso, as inundações no Brasil são grave problema que se repete todo ano. Com certeza, você precisará desse conhecimento não somente na preparação para o concurso, mas também na sua vida como futuro servidor.

Esse é nosso diferencial, cobrir nas aulas tudo que pode cair na prova, ensinar de forma fácil, sem perder tempo, mas de maneira clara, para não ficar nenhuma dúvida. Mas se você ainda tem alguma pergunta, por favor, entre em contato com nosso time no fórum de dúvidas. Será um prazer responder a qualquer pergunta!



A drenagem urbana é uma das áreas em que o Brasil é mais atrasado. Basta chover um pouco para vermos a quantidade de água parada nas ruas, gerando perdas enormes para a sociedade. Você já está em um seletor grupo que entende vários conceitos de hidrologia e sabe aplicá-los em projetos de engenharia. Que seu conhecimento resultará em sucesso nas provas isso é certo. Desejo, então, que você consiga atuar como futuro servidor, ajudando a evitar prevenir tantos problemas de inundações como temos no país. Há muitos erros fáceis de prevenir.



8 - LISTA DE QUESTÕES

1. (BIO-RIO/ Pref Mangaratiba - Eng. Civil - 2016) Um reservatório possui um espelho d'água de 12 km², e se situa em uma região onde o coeficiente de evaporação no mês de novembro é de 1,5 mm/dia. O volume total de água evaporado nesse reservatório ao longo de todo o mês civil de novembro é de:

- a) 0,36 hm³
- b) 0,54 hm³
- c) 0,72 hm³
- d) 1,24 hm³
- e) 2,48 hm³

2. (FGV/ALBA - Eng. Civil - 2014) A evapotranspiração é a mudança da água do seu estado líquido para o estado vapor, por ação da energia solar, que ocorre em corpos d'água, em solos saturados ou insaturados, e ainda nas folhas das plantas, pela liberação de água através das cutículas e dos estômatos.

Com relação a esse fenômeno hidrológico, analise as afirmativas a seguir.

I. A Altitude Solar (α) é o ângulo que os raios do sol fazem com uma horizontal de um ponto da superfície da terra às 12 horas. Quanto maior essa grandeza, bem como o ângulo horário, maior a evapotranspiração potencial nesse ponto da superfície da Terra.

II. Quanto maior o grau de umidade relativa do ar, maior o potencial de evaporação.

III. Quanto maior a salinidade do corpo d' água, maior a evaporação que ocorre nesse meio.

Assinale:

- a) se somente a afirmativa I estiver correta.
- b) se somente a afirmativa II estiver correta.
- c) se somente a afirmativa III estiver correta.
- d) se somente as afirmativas I e II estiverem corretas.
- e) se todas as afirmativas estiverem corretas.

3. (NC-UFPR/ITAIPU - Eng. Civil - 2015) A evapotranspiração é um dos componentes do ciclo hidrológico. Sobre esse componente, é correto afirmar:

- a) Na prática, a evapotranspiração real é maior que a evapotranspiração potencial.
- b) Tanque de evaporação é um tipo de evaporímetro que mede a evaporação da superfície da água.
- c) Quanto maior for a quantidade de vapor no ar atmosférico, tanto maior o grau de umidade e maior a intensidade da evaporação.
- d) Na prática, a evaporação tem pouca influência no balanço hídrico.



e) Os métodos probabilísticos de estimativas da evapotranspiração baseiam-se nos processos físicos de transporte de massa e energia, ligados por meio de modelos de interação solo-planta-atmosfera.

4. (FGV/ Paulínia - Engenheiro Civil - 2016) No ciclo hidrológico, a parcela de água que fica retida nas folhas e troncos da vegetação é conhecida por água:

- a) evapotranspirada.
- b) precipitada.
- c) infiltrada.
- d) escoada.
- e) interceptada.

5. (CESPE/SLU DF - Ana. de Gestão de Resíduos Sólidos - Engenharia Civil - 2019) Julgue o item, acerca de aspectos relacionados aos componentes do ciclo hidrológico.

A interceptação vegetal de parte da precipitação tende a reduzir a vazão ao longo do ano e a retardar e reduzir o pico de cheias.

6. (CESPE - Perito Criminal Federal - 2018) Com relação a aspectos diversos pertinentes a sistemas de abastecimento de água, saneamento e drenagem de água pluvial, julgue o item subsequente.

Em um curso d'água, as matas ciliares diminuem a velocidade do escoamento superficial, e a sua extinção acarreta o aumento das vazões de pico.

7. (FGV/ MPE BA - Ana. Técnico - Engenharia Sanitária - 2017) A infiltração de água no solo é uma informação importante para o planejamento de bacias hidrográficas, já que indica também a quantidade de escoamento superficial.

Na equação de Horton, a taxa real de infiltração é calculada a partir:

- a) do potencial osmótico da água, da porosidade e estrutura do solo e da duração média de chuvas;
- b) da capacidade final e inicial de infiltração, de uma constante para cada solo e do tempo de duração da chuva;
- c) da carga hidráulica final e inicial, de uma constante de compactação para cada solo e da intensidade média anual de chuvas;
- d) da viscosidade da água, da constante textural do solo e da chuva de maior duração média;
- e) da relação gravitacional final e inicial, da constante de pressão do solo e do tempo de duração da chuva.

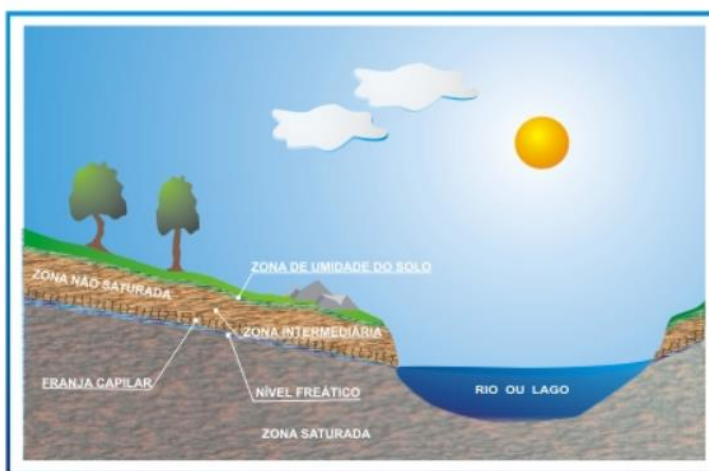
8. (FGV/ALERJ - Eng. Civil - 2017) O ciclo da água ou ciclo hidrológico mostra a troca contínua de água na hidrosfera, entre a atmosfera, o solo, a superfície, e as plantas e seres vivos. Esse movimento apresenta alguns processos principais de transferência.

O processo de retenção de água antes que esta atinja o solo, que ocorre nas folhas da cobertura vegetal, em caules e ramos, no material vegetal em decomposição sobre o solo (serrapilheira), e em depressões impermeáveis, é conhecido como:



- a) evapotranspiração;
- b) infiltração;
- c) deflúvio direto;
- d) interceptação;
- e) condensação.

9. (INSTITUTO AOCP/ PC-ES - Perito Oficial Criminal - 2019) Na seguinte figura, tem-se uma representação esquemática das zonas não saturadas e saturadas no subsolo. Sobre a zona saturada, é correto afirmar que



- a) é a região abaixo da zona não saturada onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água.
- b) as águas não atingem essa zona por gravidade, mas sim através dos poros ou fraturas.
- c) a água presente nessa zona é corresponde ao excedente de água da zona não saturada que se move em velocidades muito altas.
- d) a superfície que separa a zona saturada da zona de aeração é denominada rio subterrâneo.
- e) o nível freático se situa na base da zona saturada.

10. (CEBRASPE/TCE-TO - Analista de Controle Externo - Questão de fixação) A água subterrânea é a parcela da água que pode estar armazenada tanto em lençóis freáticos como em aquíferos artesianos. Em determinadas áreas, como regiões áridas e certas ilhas, pode ser o único recurso hídrico disponível para o consumo humano. Mais da metade da população do mundo depende da água subterrânea para suprimento de suas necessidades de água potável. Acerca de água subterrânea, assinale a opção incorreta.

- a) A zona não-saturada tem papel importante na retenção de substâncias dissolvidas na água que atingem a superfície terrestre por precipitação.
- b) A zona não-saturada está localizada entre a superfície do terreno e o lençol freático; nela, a pressão da água nos poros é igual à pressão atmosférica.

- c) A recarga de aquíferos ocorre por infiltração de água dos rios e da chuva e por abastecimento artesiano, e a descarga, pela perfuração de poços, evaporação e nascentes.
- d) Tanto os lençóis freáticos como os confinados podem alimentar cursos d'água superficiais.
- e) Poluentes lixiviados de aterros sanitários podem atingir os lençóis freáticos, mas não atingem as águas subterrâneas confinadas em aquíferos artesianos.

11. (FEPESE/ CELESC - Eng. - 2018) A zona que fica situada abaixo da superfície freática na qual todos os vazios existentes no terreno estão preenchidos com água e que a superfície freática é definida como o lugar geométrico dos pontos em que a água se encontra submetida à pressão atmosférica é chamada de:

- a) Zona capilar.
- b) Zona de aeração.
- c) Zona de saturação.
- d) Zona intermediária.
- e) Zona de evapotranspiração.

12. (IADES/ ALEGO - Ana. Legislativo - Engenheiro Civil - 2019) No fluxo subterrâneo, as áreas de máximo potencial hidráulico relacionam-se aos (às)

- a) elementos de drenagem artificial, tais como drenos em obras civis.
- b) áreas associadas aos elementos de drenagem superficial.
- c) áreas em que convergem as linhas de fluxo.
- d) áreas de descarga.
- e) áreas de recarga.

13. (FUNDEP/ UFVJM - Hidrologia - 2017) - Em relação às águas subterrâneas, assinale a alternativa INCORRETA.

- a) Define-se como água subterrânea aquela que ocorre abaixo do nível de saturação ou freático, presente nas formações geológicas aflorantes e parcialmente saturadas e nas formações geológicas profundas totalmente saturadas.
- b) Denomina-se aquífero a uma formação geológica que contém água e que permite que quantidades significativas dessa água se movimentem em seu interior em condições naturais.
- c) Quando analisados de acordo com a pressão das águas nas suas superfícies superiores, os aquíferos são classificados em confinados, cujo limite superior é a superfície de saturação na qual todos os pontos encontram pressão atmosférica e estão livres, onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica.
- d) Ao se analisar os aquíferos em função da capacidade deles em transmitir água em suas camadas limítrofes, esses aquíferos são classificados em drenantes e não drenantes.



14. (FUNDEP/UFVJM - Hidrologia - 2017 - Adaptado) - Em relação às águas subterrâneas, assinale a alternativa INCORRETA.

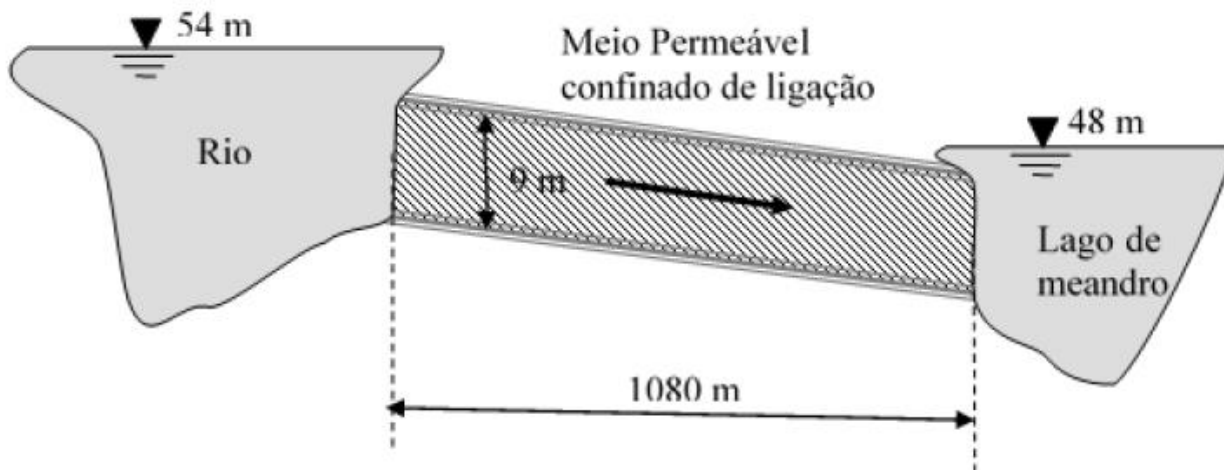
Analise as afirmativas a seguir e assinale com V as verdadeiras e com F as falsas.

- () A porosidade, também chamada de porosidade volumétrica ou total, é calculada pela razão entre o volume de vazios e o volume total de um solo ou rocha.
- () A água de retenção, também denominada de retenção específica, representa parte da água que escoar naturalmente por meio do solo devido à força gravitacional.
- () De maior interesse para o estudo das águas subterrâneas, a porosidade efetiva, ou produção específica de uma rocha, é definida pela razão entre o volume de água liberado dos seus vazios pelas forças gravitacionais e o seu volume total.

Assinale a sequência CORRETA.

- A) VFV
- B) FVF
- C) VFF
- D) FVV

15. (FGV - TJ BA - Eng. Civil - 2015) Um lago de meandro formado quase paralelo a um rio é alimentado por esse corpo d'água através de um meio permeável confinado que possui 9 m de espessura, 1080 m de comprimento e um coeficiente de permeabilidade de 1,80 m/dia.



Observa-se que o nível de água no rio situa-se na cota de 54 m e no lago de meandro na cota de 48 m.

Usando-se a Lei de Darcy, o fluxo diário de água por metro de rio que alimenta o canal é igual a:

- a) 0,05 m³/dia/m;
- b) 0,07 m³/dia/m;
- c) 0,09 m³/dia/m;
- d) 0,11 m³/dia/m;

e) 0,13 m³/dia/m.

16. (FUNDEP/UFVJM-Hidrologia - 2017) A área de drenagem é um dos atributos físicos mais relevantes na caracterização de uma bacia hidrográfica.

Assinale a alternativa em que a área de drenagem está corretamente definida:

- a) É a área da projeção horizontal da superfície da bacia hidrográfica definida pelo polígono composto dos divisores de água.
- b) É o comprimento da linha que contorna a superfície da bacia hidrográfica.
- c) É a área composta pelo conjunto dos cursos d'água de uma região.
- d) É a parte da superfície da bacia hidrográfica onde ocorre precipitações com mais frequência.

17. (FCC/TRF 3ª Região - Edificações - 2016) Em um sistema de drenagem o objetivo principal é coletar as águas e conduzi-las ao deságue adequado. Em um curso d'água, o fluxo de água ocorre de

- a) montante a jusante.
- b) jusante a montante.
- c) montante a nascente.
- d) nascente a montante.
- e) jusante a nascente.

18. (IBFC/MGS - Engenheiro - 2019) Bacias hidrográficas, também chamadas bacias de captação ou de drenagem, são áreas delimitadas espacialmente pelos divisores de água. São constituídas por uma rede de drenagem interligada, cujo escoamento converge para uma seção comum, denominada de seção de controle ou exutório da bacia (MELLO e SILVA, 2013). Acerca dos elementos fisiográficos em uma bacia hidrográfica, assinale a alternativa incorreta.

- a) Divisores de água são linhas que representam os limites geográficos da bacia (pontos mais elevados da bacia hidrográfica), determinando a área de captação da bacia hidrográfica e o sentido de fluxo da rede de drenagem;
- b) O formato superficial da bacia hidrográfica não influencia no tempo de transformação da chuva em escoamento superficial direto, ou seja, não tem influência no tempo de concentração da bacia;
- c) Rede de drenagem constitui-se de todos os drenos da bacia hidrográfica, inclusive aqueles não necessariamente perenes;
- d) A declividade da bacia hidrográfica é um parâmetro fundamental para a hidrologia, uma vez que está diretamente associada ao tempo de duração do escoamento superficial direto e de concentração da precipitação nos drenos.

19. (CESPE/MIN - Engenheiro - Questão de fixação) A respeito de hidrologia, julgue o próximo item.

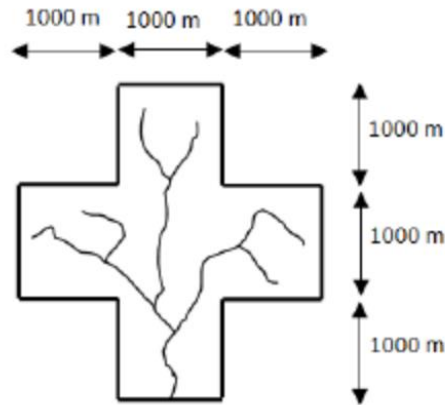
As bacias hidrográficas que apresentam coeficiente de compactidade próximo de 1 são mais compactas, tendem a concentrar o escoamento e são mais suscetíveis a inundações. Já as bacias que apresentam pequenos valores do fator de forma são menos suscetíveis às inundações.



20. (FGV/Pref. de Paulínea - Eng. Civil - 2016) Os fatores físicos de uma bacia hidrográfica, que influenciam sua resposta em termos de escoamento superficial a uma determinada precipitação, são muito diversos. A forma da bacia é um desses fatores: quanto mais próxima de um círculo, menor o tempo de concentração e maior o pico da vazão que ocorre em resposta à precipitação.

Para essa avaliação o fator de compacidade ou índice de gravênus (K_c) é o parâmetro usado. O K_c é dado pela relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual à da bacia.

Observe a bacia fictícia a seguir.



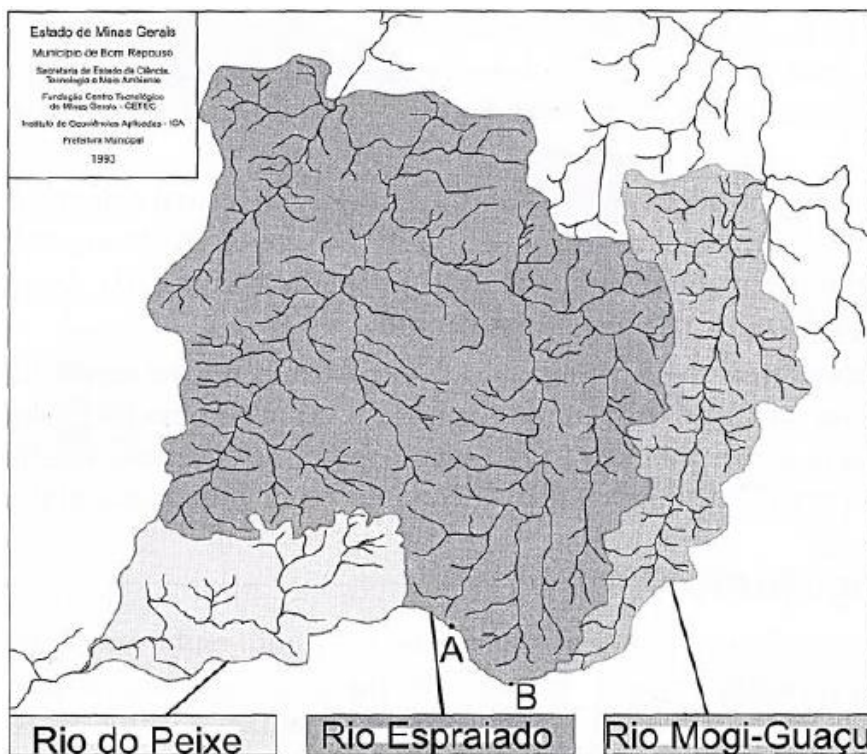
Nela as linhas grossas representam os divisores topográficos e as linhas finas mostram os canais com escoamento permanente.

Dados: $K_c = P/(2 \pi r)$; $\pi = 3,14$; Raiz (2) = 1,41; Raiz (3) = 1,73; Raiz (5) = 2,24.

Assinale a opção que indica o índice de gravênus (K_c) dessa bacia.

- a) 0,49
- b) 0,84
- c) 1,16
- d) 1,51
- e) 1,61

21. (NC UFPR/ ITAIPU - Profissional Nível Universitário Jr - Eng. Civil - 2015)



Na figura acima, apresentam-se três microbacias hidrográficas: a do rio Mogi-Guaçu, a do rio Espraiado e a do rio do Peixe. Com base na figura, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

- () Os pontos A e B, no divisor de águas do rio Espraiado, possuem a mesma altitude.
- () O Coeficiente de Compacidade da microbacia do rio Mogi-Guaçu é maior que o da microbacia do rio Espraiado.
- () O Fator de Forma da microbacia do rio do Peixe é maior que o da microbacia do rio Mogi-Guaçu.
- () As declividades médias das três bacias são semelhantes.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- a) F – V – V – F.
- b) F – V – F – V.
- c) V – F – V – F.
- d) V – F – F – V.
- e) F – F – V – F.

22. (FAU/UNICENTRO-Eng. Civil - 2015) No estudo de drenagem, o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, particularmente no caso de pequenas bacias urbanas, é um parâmetro importante para a estimativa de vazões de cheia. A maioria das equações disponíveis é empírica e, algumas, são apresentadas nas alternativas a seguir, EXCETO:

- a) Fórmula de Kirpich.
- b) Fórmula d'e Ventura.

- c) Fórmula de Passini.
- d) Método de Vicat.
- e) Método Cinemático do Soil Conservation Service.

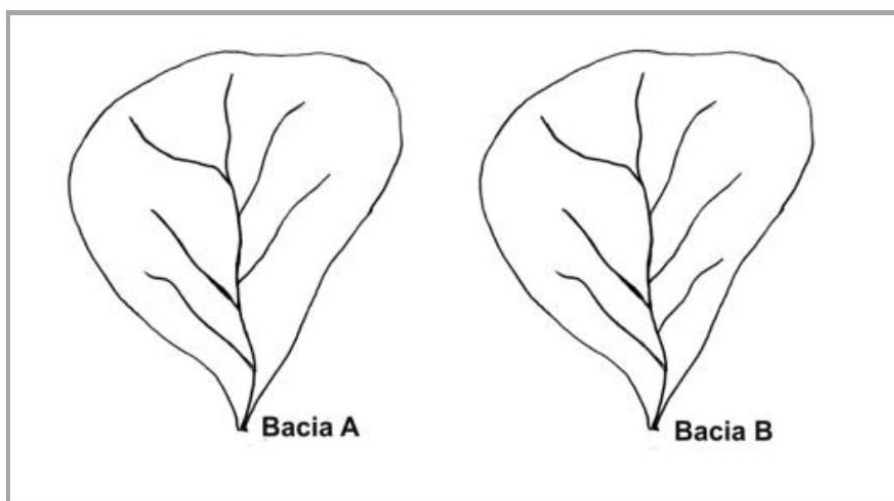
23. (CESPE/Perito Criminal Federal - Engenharia - 2018) Com relação a obras de barragens, julgue o item subsecutivo.

Para o dimensionamento de vertedouros, a descarga máxima de uma bacia hidrográfica é inversamente proporcional ao tempo de contribuição da bacia.

24. (NC/UFPR - Profissional Nível Técnico I - 2019 - Adaptado) forma superficial da bacia hidrográfica é importante, entre outras aplicações, na caracterização do tempo de concentração. Quanto menor o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, mais rápida será a resposta de ocorrência da descarga ou vazão no exutório da bacia hidrográfica em decorrência de uma determinada precipitação. Sendo o Coeficiente de Compacidade a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área equivalente, e o Fator de Forma a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, é correto afirmar:

- a) Quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de compacidade, menor será o tempo de concentração; e quanto menor for o fator de forma, maior será o tempo de concentração.
- b) Quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de compacidade, maior será o tempo de concentração; e quanto menor for o fator de forma, maior será o tempo de concentração.
- c) Quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de compacidade, menor será o tempo de concentração; e quanto menor for o fator de forma, menor será o tempo de concentração.
- d) Quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de compacidade, menor será o tempo de concentração; e quanto maior for o fator de forma, maior será o tempo de concentração.

25. (NC UFPR/ ITAIPU - Profissional Nível Universitário Jr - Eng. Civil - 2015)



Duas bacias hidrográficas, Bacia A e Bacia B, são apresentadas na figura acima. Elas possuem uma única diferença entre si. A Bacia B possui um afluente a mais. Sobre essa situação, assinale a alternativa correta.

- a) A densidade de drenagem da Bacia A é igual à densidade de drenagem da Bacia B.
- b) O Fator de Forma da Bacia A é maior que o Fator de Forma da Bacia B.
- c) A declividade média da Bacia A é maior que a declividade média da Bacia B.
- d) O Coeficiente de Compacidade da Bacia B é maior que o Coeficiente de Compacidade da Bacia A.
- e) O tempo de concentração da Bacia A é igual ao tempo de concentração da Bacia B.

26. (CPCON/UEPB - Engenheiro Civil - 2016 - Adaptada para V ou F) Julgue a afirmativa a seguir, considerando o conceito de tempo de retorno:

Tempo de concentração é o tempo necessário para que toda a bacia de drenagem possa contribuir para a secção em estudo.

27. (FEPESE/ CELESC - Eng. - 2018) O tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída é chamado de:

- a) Tempo de precipitação.
- b) Tempo de concentração.
- c) Tempo de ocorrência.
- d) Tempo de detenção.
- e) Tempo excedente.

Algumas questões se repetem muito:

28. (FCC / AJ TRT3 - Eng. Civil - 2015) Na análise de uma bacia hidrográfica, o tempo gasto para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial na seção considerada após a precipitação é denominado

- a) duração da precipitação.
- b) período de retorno.
- c) tempo de concentração.
- d) frequência da precipitação.
- e) tempo de escoamento.

Atenção, essa próxima questão possui 2 respostas corretas e por isso foi anulada.

29. (CESPE/ Pref SL - Eng. Civil - 2017) A ocorrência de manancial está associada à circulação de água no planeta, ou seja, ao ciclo hidrológico, sendo ele a fonte da água utilizada para o abastecimento. A esse respeito, assinale a opção correta.

- a) A transpiração é um fenômeno que depende diretamente da temperatura e da umidade relativa do ar.
- b) A água de chuva, por ser ácida, não pode ser usada como fonte de água para abastecimento, ou seja, como manancial.



- c) As bacias compactas tendem a concentrar o escoamento no canal principal que drena a bacia, aumentando-se, assim, os riscos de inundação.
- d) O lençol confinado, no qual a água se mantém à pressão atmosférica, é proveniente da água que se infiltra e se movimenta no interior da crosta terrestre.
- e) Parte da água que participa do ciclo hidrológico perde-se por evaporação, devendo ser descontada do balanço hídrico.

Essa próxima questão foi feita originalmente com erro na unidade de medida, tendo sido adaptada apenas para a correção deste erro.

30. (CESGRANRIO/EPE - Ana. de Pesquisa Energética - 2014 - Adaptado) Uma bacia hidrográfica de 365 hectares tem, na foz de seu rio principal, uma vazão média de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Estudos indicam que a evapotranspiração na área é de 715 mm/ano .

Como não há medição pluviométrica na área, aplicando -se o conceito de balanço hídrico, a precipitação anual, em mm, vale

- a) 815
- b) 1027
- c) 1230
- d) 1428
- e) 1579

31. (AOC/Pref Juiz de Fora - Engenharia Sanitária - 2016) Deseja-se determinar a evapotranspiração, em milímetros, em um ano, de uma bacia de 200 km^2 , por meio de balanço hídrico e desprezando a variação do armazenamento na bacia. Anualmente, tem-se que a bacia recebe 1500 mm de chuva e que a vazão média (escoamento) anual corresponde a 500 mm . Qual é a evapotranspiração anual?

- a) 1.000 mm .
- b) 1.500 mm .
- c) 2.000 mm .
- d) 200.000 mm .
- e) 300.000 mm .

32. (FAU/UNICENTRO/Pref Apucarana - Eng. 2017) À relação entre as entradas e saídas de água em uma bacia hidrográfica, dá-se o nome de balanço hídrico. A principal entrada de água de uma bacia hidrográfica é a precipitação, enquanto a evapotranspiração e o escoamento, constituem-se as formas de saída. De forma geral, o balanço hídrico de uma bacia exige que seja satisfeita a equação:

(Obs: Em todas as fórmulas, o significado dos termos é o seguinte: ΔV é a variação do volume de água armazenado na bacia (m^3); Δt é o intervalo de tempo considerado (s); P é a precipitação ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); E é a evapotranspiração ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); e Q é o escoamento ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).



- a) $\Delta V \cdot \Delta t - 1 = P - E - Q$.
- b) $\Delta V \cdot \Delta t - 2 = P - E - Q$.
- c) $\Delta V \cdot \Delta t - 1 = P - E + Q$.
- d) $\Delta V \cdot \Delta t - 1 = P + E + Q$.
- e) $\Delta V \cdot \Delta t - 3 = P - E - Q$.

33. (CESPE/SLU DF - Ana. de Gestão de Resíduos Sólidos - 2019) Acerca de ciclo hidrológico, balanço hídrico e bacias hidrográficas, julgue o item subsequente.

O balanço hídrico climatológico aplica-se à caracterização de secas, e o balanço hídrico sequencial, ao acompanhamento da disponibilidade de água no solo, tanto em tempo real, como ao longo de vários anos.

34. (FUNCERN - Pref. Trairí - Eng. Civil - 2018) Nos estudos hidrológicos, a variável que representa a quantidade de água que nas condições reais se evapora do solo e transpira das plantas e é de suma importância para o balanço hídrico de uma bacia como um todo é a

- a) precipitação.
- b) umidade relativa.
- c) evapotranspiração.
- d) taxa de infiltração.

35. (FGV/ DPE RJ - Engenharia Civil - 2019) Em um determinado ano, a precipitação média em uma bacia hidrográfica de 30.000 km² foi de 620,6 mm. A descarga anual média do rio que drena a bacia é de 200 m³/s.

Admitindo-se que o divisor topográfico da bacia coincide com o divisor hidrogeológico (não há fugas subterrâneas) e que não ocorrem explorações de água subterrânea na bacia, a evapotranspiração real da região, durante o ano considerado, foi de:

- a) 180,0 mm/ano;
- b) 210,2 mm/ano;
- c) 320,6 mm/ano;
- d) 410,4 mm/ano;
- e) 530,8 mm/ano.

36. (ESAF/ FUNAI - Eng. Civil - 2016) Sobre o ciclo hidrológico, é correto afirmar que:

- a) não é alterado por ações humanas.
- b) é um processo fechado ao nível da bacia hidrográfica.
- c) a água não sofre mudanças em sua qualidade.
- d) a precipitação pode ocorrer na forma de chuva, granizo e neve.
- e) o processo de liberação da água pelas plantas é chamado de condensação.



37. (FGV/ MPE AL - Eng. Civil - 2018) Relacione os tipos de precipitação, listados a seguir, às suas respectivas definições e características.

1. Frontal
2. Orográfica
3. Convectiva

() ocorre quando ventos quentes e úmidos, soprando geralmente dos oceanos para os continentes, encontram uma barreira montanhosa que forçam sua elevação.

() ocorre com grande intensidade e pequena duração, e são restritas a pequenas áreas (escala de bairro).

() possui escala de bacia hidrográfica e apresenta intensidade fraca e longa duração.

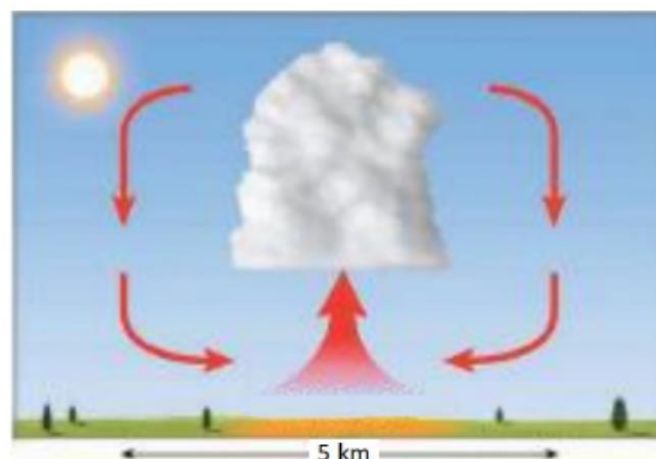
() ocorre na região em que há descontinuidade térmica, quando duas massas de ar de características diferentes se encontram.

Assinale a opção que mostra a relação correta, de cima para baixo.

- a) 2 – 3 – 2 – 1.
- b) 1 – 3 – 1 – 2.
- c) 1 – 2 – 3 – 2.
- d) 2 – 3 – 1 – 1.
- e) 3 – 2 – 3 – 1.

Essa questão a seguir contém vários termos técnicos que você não aprendeu, contudo há uma série de pistas na questão para se descobrir a resposta correta. Vamos lá?

38. FGV/ TJ SC - Engenheiro - 2018 As precipitações são classificadas segundo o mecanismo de ascensão do ar úmido em alguns tipos. Observe a figura:



Esses tipos de precipitação são típicas das regiões tropicais. O aquecimento desigual da superfície terrestre provoca o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes, o que gera uma estratificação térmica da atmosfera em equilíbrio instável, que, uma vez quebrado (vento, superaquecimento), provoca

uma ascensão brusca do ar menos denso, gerando chuvas de grande intensidade e curta duração, concentradas em pequenas áreas.

Esse tipo de precipitação é conhecido como:

- a) orográfica;
- b) fisiográfica;
- c) convectiva;
- d) occipital;
- e) frontal.



39. (CESPE/SLU DF - Eng. Civil - 2019) Julgue o item, acerca de aspectos relacionados aos componentes do ciclo hidrológico.

As precipitações são classificadas em convectivas, orográficas ou frontais.

40. (COSEAC/UFF - Eng. Civil - 2017) O esfriamento dinâmico ou adiabático é a principal causa da condensação e é o responsável pela maioria das precipitações. Existe um tipo de precipitação que está associada com o movimento das massas de ar de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão. Essas diferenças de pressão são causadas por aquecimento desigual da superfície terrestre. Podem ser classificadas como frontal e não frontal. Este tipo de precipitação é denominado:

- a) convectiva.
- b) estratificada.
- c) concentrada.
- d) ciclônica.
- e) orográfica.

41. (FCC - TCE-RS - Eng. Civil - 2014) Precipitação é a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. As precipitações

- a) frontais ou não frontais são, normalmente, de longa duração e apresentam intensidades de baixa a moderada, espalhando-se por grandes áreas.
- b) ciclônicas resultam da ascensão mecânica de correntes de ar úmido horizontal sobre barreiras naturais.
- c) ciclônicas são, normalmente, de grande intensidade e curta duração, concentradas em pequenas áreas.
- d) convectivas estão associadas com o movimento de massas de ar de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão.

e) convectivas ocorrem quando o ar é elevado em consequência de uma convergência horizontal em áreas de baixa pressão.

42. (CESPE/ SLU DF - Eng. Civil - 2019) Julgue o item, acerca de aspectos relacionados aos componentes do ciclo hidrológico.

O volume de chuva correspondente à precipitação média de 40 mm em uma bacia hidrográfica de 7.000 km² é de 280 hm³.

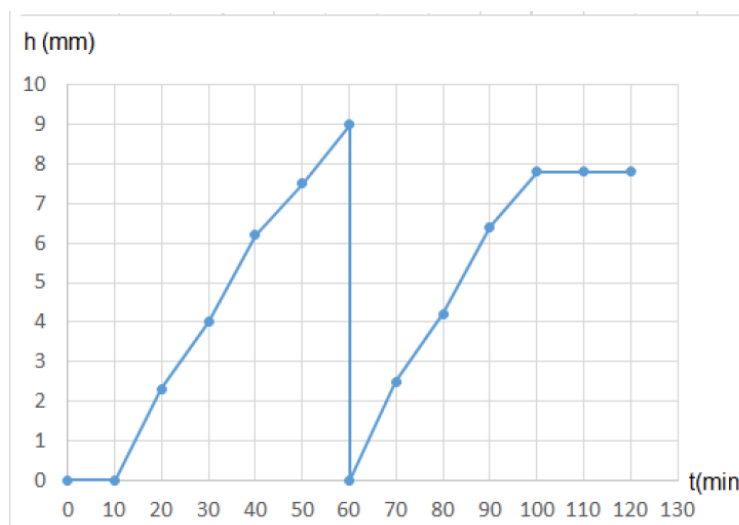
43. (CEV UECE/FUNCEME - Hidrologia Operacional e Experimental - 2018) São instrumentos para registro de intensidade pluviométrica, altura pluviométrica e evapotranspiração, respectivamente:

- a) pluviômetros, molinetes e pluviógrafos.
- b) radares meteorológicos, lisímetros e atmômetros.
- c) pluviógrafos, pluviômetros e lisímetros.
- d) lisímetros, pluviógrafos e atmômetros.

44. (CONSULPLAN/ Pref Sabará - Eng. - 2017) É sabido que a precipitação de chuvas ocorre de um modo aleatório, influenciada por diversas variáveis que, por sua vez, dependam também de outras variáveis aleatórias. Portanto, não há outro recurso senão recorrer ao método estático para se proceder ao seu estudo, onde consideramos alguns conceitos fundamentais para o cálculo de dimensionamento de redes urbanas de drenagem como, EXCETO:

- a) Frequência.
- b) Intensidade.
- c) Tipo de chuva.
- d) Altura pluviométrica.

45. (FGV/ Pref. de Salvador - Eng. Civil - 2019) Observe o pluviograma registrado em um pluviógrafo durante uma chuva com duração de 90 minutos.



Os dados que geraram o pluviograma estão na tabela a seguir.

t (min)	h(mm)
0	0
10	0
20	2.3
30	4
40	6.2
50	7.5
60	9
60	0
70	2.5
80	4.2
90	6.4
100	7.8
110	7.8
120	7.8

A intensidade média de chuva que ocorreu nesse período de 90 minutos, é de

- a) 5,5 mm/h.
- b) 8,6 mm/h.
- c) 9,5 mm/h.
- d) 11,2 mm/h.
- e) 18,6 mm/h.

46. (COSEAC/UFF - Eng. Civil - 2017) A relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação é conhecida como:

- a) descarga temporal.
- b) intensidade da precipitação.
- c) precipitação atmosférica.
- d) intensidade hidrográfica.
- e) dinâmica pluviométrica.

47. (FUNDEP/UFVJM - Hidrologia - 2017) No Brasil, um dos principais instrumentos utilizados na medição de chuvas é o pluviógrafo. Trata-se de um instrumento que mede continuamente os eventos chuvosos, tendo como princípio de funcionamento a coleta sistemática da precipitação em um recipiente que, na maioria das vezes, possui formato de um funil.

São variáveis obtidas por esse equipamento, EXCETO:

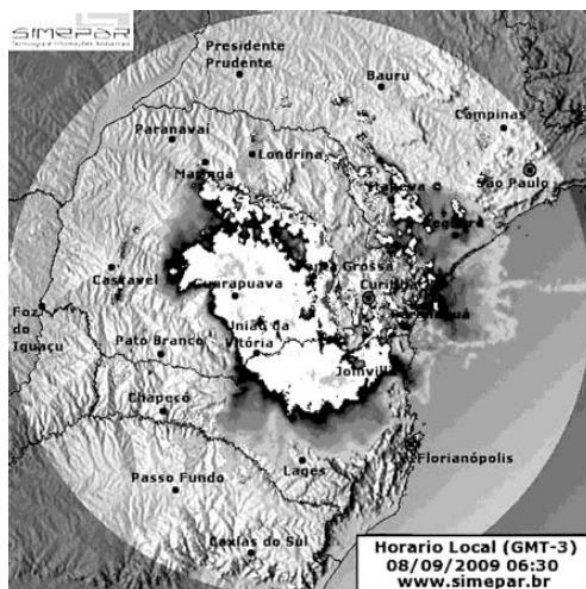
- a) altura de chuva.
- b) duração da chuva.
- c) intensidade da chuva.
- d) temperatura da chuva.



48. (CONSULPLAN/Pref. de VN do Imigrante - Eng. Civil - 2016) É sabido que a precipitação das chuvas ocorre de modo aleatório, influenciada por diversas variáveis que, por sua vez, dependem também de outras variáveis aleatórias. Portanto, não há outro recurso senão recorrer ao método estatístico para se proceder ao seu estudo. São conceitos fundamentais de projetos de drenagem urbana, EXCETO:

- a) A determinação da frequência "n" resulta na análise das estatísticas das chuvas.
- b) A altura pluviométrica pode ser expressa em volume de água precipitada por unidade de área vertical.
- c) A frequência "n" é a indicação do número de vezes que uma chuva de mesma intensidade ocorre num certo tempo (por exemplo, em um ano).
- d) A altura pluviométrica é a medida vertical, geralmente em milímetros, da chuva precipitada num tempo que se considere (minuto, hora, dia, mês, ano) em um recipiente cilíndrico de eixo vertical (pluviômetro).

49. (NC/ UFPR/ITAIPU - Eng. Civil - 2015)



A figura acima mostra uma imagem gerada a partir das informações dos radares meteorológicos do Sistema Meteorológico do Paraná. Essa imagem refere-se à distribuição da chuva num certo intervalo de tempo no estado do Paraná. Sobre radar meteorológico, considere as seguintes afirmativas:

- 1. O radar meteorológico é um equipamento que registra eventos de precipitação de forma quase contínua, numa escala regional (da ordem de 100 a 400 quilômetros).
- 2. O radar meteorológico pode ser calibrado com informações de chuva provenientes de uma rede de pluviômetros automáticos.
- 3. O radar meteorológico é um equipamento que registra eventos de precipitação e de descargas atmosféricas.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.

- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa 3 é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- e) As afirmativas 1, 2 e 3 são verdadeiras.

50. (NC/ UFPR/ITAIPU - Eng. Civil - 2015) O conhecimento da distribuição da precipitação no território é essencial para o projeto de sistemas de interesse público (abastecimento de água, geração de energia e irrigação, entre outros). Sobre a medição da precipitação, é correto afirmar:

- a) Radares meteorológicos, em função de sua abrangência espacial, são os melhores equipamentos para quantificar as chuvas.
- b) A ausência de precipitação é um dos valores observados e não pode ser confundido com falha de observação.
- c) As precipitação acumuladas em 24 horas num pluviômetro e observadas antes do meio-dia podem ser atribuídas ao dia anterior ou ao próprio dia, a critério do observador.
- d) Os pluviômetros são aparelhos adequados para medição de chuvas de pequena duração, pois o observador poderá fazer a leitura imediatamente após essa chuva.
- e) Um pluviógrafo muito difundido no Brasil é o de balança, que pesa a gota da água, motivo pelo qual possui precisão mais elevada.

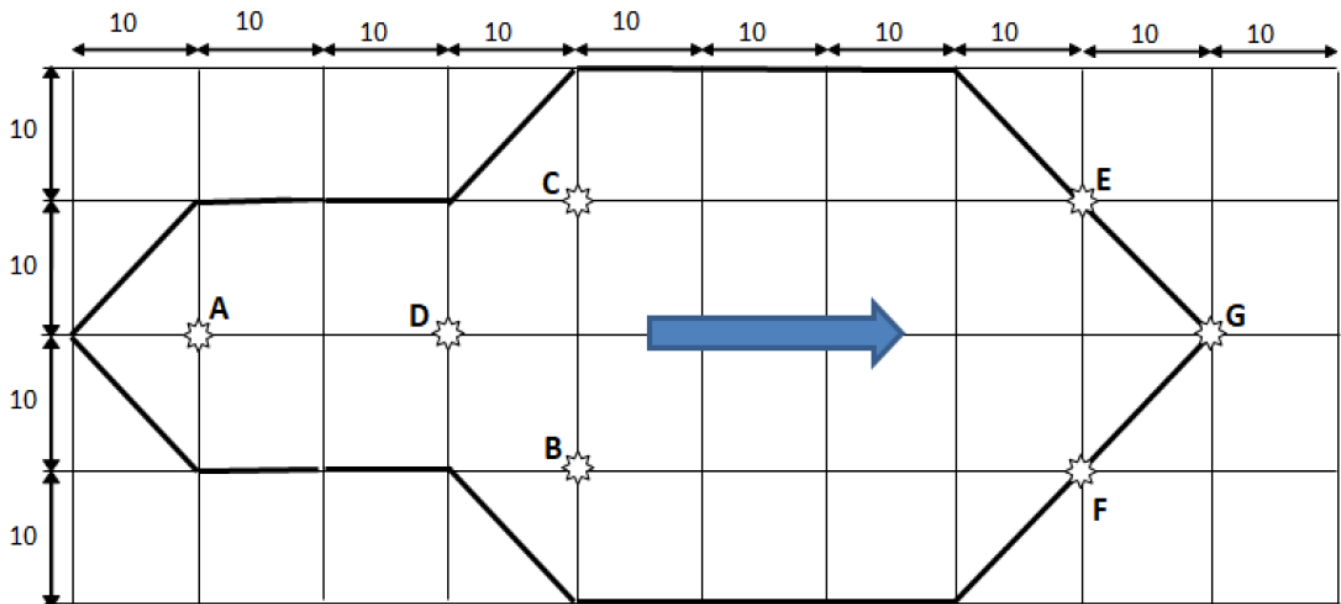
51. (FUNDEP/ ARISB MG - Ana. de Fiscalização e Regulação - Engenharia Civil Sanitária - 2017) As chuvas podem ser medidas pontualmente e podem ser quantificadas por meio da altura da lâmina da água precipitada, da duração e da intensidade.

Com relação à medição das chuvas, é incorreto afirmar:

- a) Os pluviômetros são aparelhos com superfícies de captação horizontal e reservatório para acumular a precipitação ocorrida.
- b) Os pluviógrafos registram continuamente a precipitação de forma automática, em intervalos curtos de tempo, da ordem de minutos.
- c) O efeito do vento na região do entorno próximo aos medidores de precipitação não afeta o armazenamento da água da chuva.
- d) Os radares meteorológicos permitem a avaliação e o comportamento espacial da precipitação.

52. (FGV/ DPE RJ - Eng. Civil - 2019) A figura mostra uma bacia hidrográfica hipotética onde os divisores topográficos são mostrados por linhas em negrito e os postos pluviométricos estão localizados com estrelas.





As precipitações dos postos são: A = 28 mm, B = 62 mm, C = 28 mm, D = 45 mm, E = 60 mm, F = 50 mm e G = 45 mm.

A precipitação média sobre a bacia hipotética, pelo método de Thiessen, é:

- a) 38,3 mm;
- b) 45,4 mm;
- c) 46,0 mm;
- d) 49,2 mm;
- e) 52,5 mm.

53. (IDECAN / INCA - Engenharia de Infraestrutura – Engenharia Civil - 2017) Para se computar a precipitação média em uma superfície qualquer, é necessário utilizar as observações das estações dentro dessas superfícies e nas suas vizinhanças.

O método que dá bons resultados quando o terreno não é muito acidentado, o qual consiste em dar pesos aos totais precipitados em cada aparelho, proporcionais à área de influência de cada um, denomina-se:

- a) Método das Isoietas.
- b) Método Los Angeles.
- c) Método de Thiessen.
- d) Método da média aritmética.

54. (CESPE/ PF - Perito em Eng. Civil - 2018) Com relação a aspectos diversos pertinentes a sistemas de abastecimento de água, saneamento e drenagem de água pluvial, julgue o item subsequente.

O método mais preciso para avaliar a precipitação média em uma área é o método das isoietas.

55. (CESPE/ Pref SL - Engenharia Civil - 2017) Com relação à hidrologia aplicada, assinale a opção correta.

- a) Os cursos d'água efêmeros escoam durante as estações de chuvas e secam na estiagem, de um modo geral.
- b) O coeficiente de compactidade, que varia conforme o tipo de solo, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia.
- c) A área de drenagem de uma bacia hidrográfica é determinada normalmente por meio de levantamentos topográficos.
- d) Tempo de concentração designa o tempo, contado a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial na seção em estudo.
- e) O método das isoietas é o mais adequado para se definir a elevação média de uma bacia hidrográfica.

56. (FGV / DPE RO - Ana. Eng. Civil - 2015) A tabela a seguir apresenta uma série histórica de precipitações diárias máximas anuais, expressas em mm.

Ano	Precipitação	Ano	Precipitação
1945	49,3	1960	44,3
1946	68,5	1961	75,6
1947	85,4	1962	66,8
1948	62	1963	57,2
1949	87,4	1964	58,5
1950	66,5	1965	83,9
1951	75,6	1966	59,1
1952	96,2	1967	98,2
1953	60,2	1968	136
1954	45	1969	53,4
1955	80,2	1970	89,1
1956	116,4	1971	60,6
1957	54,6	1972	68,9
1958	72,1	1973	90
1959	55,6		

Se o cálculo da frequência de ocorrência de um dado m da série for calculada pelo Método Kimbal ($f = m/(N+1)$), onde N é o número total de inferências da série de dados em análise, o Tempo de Recorrência da precipitação de 89,1mm é:

- (A) 7,5 anos;
- (B) 6,0 anos;
- (C) 5,0 anos;
- (D) 4,0 anos;
- (E) 2,5 anos.



57. (CESPE/TCE-SC - Eng. Civil - 2016) Acerca do planejamento e projeto de sistemas públicos de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de drenagem urbana e de coleta e disposição final de resíduos sólidos, julgue o item subsecutivo.

No planejamento de sistemas de drenagem urbana de águas pluviais, menores riscos de inundação de vias públicas estão associados a menores tempos de recorrência T , já que estes possibilitam o escoamento de elevados volumes de água em curtos espaços de tempo.

58. (FGV/TNS/ALBA - Eng. Civil - Questão de fixação - Adaptado) A tabela a seguir apresenta a série histórica de vazões médias diárias anuais de uma seção transversal de uma bacia hidrográfica.

Ano	Q m ³ /s
77	30
78	18
79	9
80	33
81	22
82	25
83	22
84	18
85	13
86	18
87	28
88	24
89	17
90	28
91	29

Supondo a amostra seja representativa do universo de ocorrência e vazões anuais diárias mensais, o tempo de recorrência, em anos, de uma vazão média diária anual maior ou igual a 25 m³/s será de

Usar o critério da Califórnia (não usar o de Weibull).

- (A) 3,75.
- (B) 3,00.
- (C) 2,50.
- (D) 2,14.
- (E) 1,88.

59. (CPCON/UEPB - Eng. Civil - 2016 - Adaptada para V ou F) Julgue a afirmativa a seguir, considerando o conceito de tempo de retorno:

Quanto maior o período de retorno de um sistema de drenagem maior é o risco de inundação.



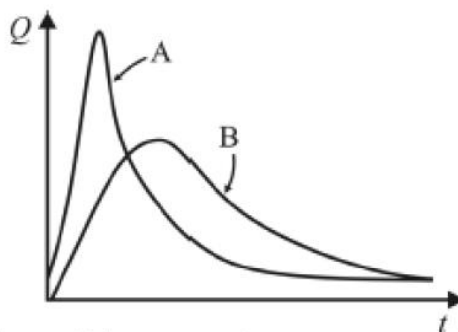
60. (NC-UFPR/ITAIPU - Profissional Nível Técnico I - 2019) O estudo das relações ou curvas IDF (intensidade, duração e frequência) permitem a estimativa da altura pluviométrica associada a uma determinada frequência ou risco, para uma dada duração. Qual é a definição de Tempo de Recorrência ou Retorno (TR)?

- a) É o intervalo médio em anos para que um evento seja igualado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja igualado ou superado.
- b) É o intervalo médio em anos para que um evento seja superado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja igualado ou superado.
- c) É o intervalo médio em anos para que um evento seja igualado ou superado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja igualado.
- d) É o intervalo médio em anos para que um evento seja igualado ou superado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja superado.
- e) É o intervalo médio em anos para que um evento seja igualado ou superado. É dado pelo inverso da probabilidade de que um evento seja igualado ou superado.

61. (COSEAC UFF/ Pref Niterói - Eng Civil - 2016) Em hidrologia existe um tempo que se refere ao espaço de tempo em anos e que provavelmente ocorrerá um fenômeno de grande magnitude, pelo menos uma vez. No caso dos dispositivos de drenagem, este tempo diz respeito a enchentes de projeto que orientarão o dimensionamento, de modo que a estrutura indicada resista a essas enchentes sem risco de superação, resultando desta forma a designação usual de descarga de projeto. Este termo técnico denomina-se tempo de:

- a) retorno.
- b) projeto.
- c) descarga.
- d) recorrência.
- e) segurança.

62. (CESPE/ABIN - Eng. - 2018)



Considerando os hidrogramas A e B representados na figura precedente, julgue o item subsequente, acerca de hidrologia aplicada.

No projeto de um empreendimento que sofrerá alterações devido ao regime de chuvas, quanto menor for o risco que se pretende assumir, menor deverá ser o tempo de retorno adotado.

63. (CESGRANRIO/EPE - Analista de Pesquisa Energética - 2014) A curva intensidade-duração-frequência (IDF) é obtida a partir da análise estatística de uma série longa de dados. Alternativamente, a intensidade de uma chuva (mm/h), em função do seu tempo de retorno em anos (TR) e da sua duração em minutos (t_d), pode ser dada pela equação a seguir:

$$i = \frac{a \cdot TR^b}{(t_d + c)^d}$$

Em determinada localidade na região Sul do Brasil, obteve-se: $a=625$; $b=0,25$; $c=20$ e $d=0,75$.

Para uma chuva com 5 min de duração e um tempo de retorno de 25 anos, portanto, a equação aponta uma intensidade, em mm/h, de

- a) 100
- b) 125
- c) 150
- d) 225
- e) 625



64. (IDECAN/CBM DF - Of BM - Eng. Civil - 2017) Para o dimensionamento de rede de drenagem pluvial, os estudos hidrológicos, com base em dados estatísticos e no cálculo das probabilidades, permitiram o estabelecimento de uma equação geral das chuvas ou fórmulas de intensidade-frequência-duração que é:

$$i = \frac{K \cdot T^a}{(t + b)^c}$$

De acordo com a equação anterior, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

- () i é a intensidade de precipitação em mm (altura de água).
- () T é o período de recorrência ou intervalo em anos.
- () t é a duração da precipitação após um ciclo de estiagem completa.
- () K , a , b e c são parâmetros relativos às unidades empregadas e próprias do regime pluviométrico local.

A sequência está correta em

- a) F, F, F, F.



- b) F, V, F, V.
- c) F, V, V, V.
- d) V, V, V, V.

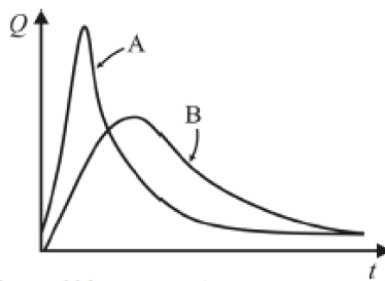
65. (FGV/ DPE RO - Ana. da Defensoria Pública - Ana. Eng. Civil - 2015) Se o tempo de retorno de uma vazão crítica de projeto é de 2,5 anos, o risco de ocorrer uma vazão superior a essa vazão crítica nos próximos 5 anos é de:

- a) 4,45 %;
- b) 7,78 %;
- c) 43,33 %;
- d) 92,22 %;
- e) 95,55 %.

66. (CESPE/CPRM - Hidrologia - 2016 - Adaptado para V ou F) Em relação ao escoamento em uma bacia, julgue a afirmativa a seguir:

Chuva efetiva é, por definição, a parcela da precipitação total com o mesmo volume do escoamento superficial.

67. (CESPE / ABIN - Engenharia - 2018) Considerando os hidrogramas A e B representados na figura precedente, julgue o item subsequente, acerca de hidrologia aplicada.



Nos hidrogramas A e B, o ponto de inflexão após o ponto máximo caracteriza o fim do escoamento subterrâneo e o início do escoamento superficial.

68. (FGV/ MPE AL - Eng. Civil - 2018) Em uma bacia hidrográfica, ocorreu a seguinte chuva:

Intervalo de tempo (h)	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4
Precipitação (mm)	2,5	4,7	10,2	4,0

Segundo o método do Soil Conservation Service (SCS), a relação entre a precipitação efetiva acumulada ($P_{ef\ ac}$) e a precipitação acumulada (P_{ac}) para o solo local, é dada por:

$$0 \text{ se } P_{ac} \leq 3 \text{ mm}$$



$$P_{ef\ ac} = \frac{(P_{ac} - 3)^2}{(P_{ac} + 12)} \text{ se } P_{ac} > 3\text{mm}$$

$$P_{ef\ ac} = (P_{ac} - 3)^2 / (P_{ac} + 12) \text{ se } P_{ac} > 3\text{ mm}$$

Assinale a opção que indica a parcela infiltrada durante a segunda hora.

- a) 2,50 mm.
- b) 3,78 mm.
- c) 4,36 mm.
- d) 6,12 mm.
- e) 7,20 mm.

69. (FEMPERJ/TCE-RJ - Ana. Controle Externo - Eng. Civil - Questão de fixação) A tabela abaixo representa o hidrograma unitário de uma bacia hidrográfica para uma chuva de 10 mm e duração de 1h.

Tempo (h)	0	1	2	3	4	5	6
Vazão (m³/s)	0	15	35	50	60	45	0

Considerando os valores apresentados, a vazão máxima, em m³/s, da onda de cheia formada por uma chuva de 30 mm, seguida por outra chuva de 20mm, ambas com duração de 1h, é:

- a) 175 m³/s;
- b) 280 m³/s;
- c) 300 m³/s;
- d) 325 m³/s;
- e) 400 m³/s.

70. (CESPE/ TRT 8ª Região - Ana. Judiciário Eng. Civil - 2016 - Adaptado para V ou F) Assinale a afirmativa a seguir, referente à hidráulica e hidrologia aplicadas.

Na aplicação do hidrograma unitário, admite-se que a transformação de precipitação efetiva em vazão é linear invariante e que essa precipitação é constante em toda a bacia hidrográfica no intervalo de tempo de cálculo.

71. (CESPE/TRT 8ª Região - Eng. Civil - Exercício de fixação - Adaptado para V ou F) Considerando o escoamento em uma bacia, julgue a afirmativa a seguir:

Os diagramas unitários sintéticos, desenvolvidos com base em dados de algumas bacias que possuem dados históricos, são utilizados quando não existem dados que permitam estabelecer o hidrograma unitário (HU). Os métodos de determinação do HU baseiam-se no valor de algumas abcissas, como tempo de pico e tempo-base e nas ordenadas, como a vazão de pico.

72. (FGV/ALERO - Ana. Legislativo Eng. Civil - 2018) Uma sub-bacia de 2 km², com diferentes usos do solo, contribui para uma seção transversal onde será realizada uma obra hidráulica.



Da área total da sub-bacia, 40% é uma área rochosa com baixa permeabilidade que apresenta coeficiente de runoff $C_1 = 0,85$; 50% é área de mata com coeficiente de runoff $C_2 = 0,2$; e, o restante, área agrícola com coeficiente de runoff $C_3 = 0,3$.

Assinale a opção que indica o escoamento superficial máximo esperado para o dimensionamento da estrutura hidráulica, se a chuva de projeto é de 180 mm/h.

- a) 24 m³/s.
- b) 28 m³/s.
- c) 36 m³/s.
- d) 47 m³/s.
- e) 75 m³/s.

73. (FUNDEP/Pref. Uberaba - Eng. Civil - 2016) A adequada definição dos hidrogramas de projeto nos diversos pontos notáveis do sistema de drenagem é uma atividade essencial para o sucesso da medida proposta.

Sobre os estudos hidrológicos voltados à drenagem urbana, é INCORRETO afirmar:

- a) Em virtude da carência de dados fluviométricos, que poderiam subsidiar análises estatísticas de cheias, normalmente são adotados dados empíricos, obtidos de observações in loco, para a definição dos hidrogramas de projeto.
- b) Os dados necessários à elaboração desses estudos compreendem fundamentalmente as características hidráulicas e geomorfológicas da bacia, suas condições de impermeabilização, tempos de concentração e precipitações de projeto.
- c) Nos projetos de canalização, o parâmetro mais importante a se considerar é a vazão de projeto, ou seja, o pico dos deflúvios associado a uma precipitação crítica e a um determinado risco assumido.
- d) Com relação aos dados pluviométricos, estão disponíveis para as principais cidades brasileiras as relações IDF (intensidade – duração – frequência).

74. (FEPESE/ Fraiburgo Eng. Civil - 2017) Julgue a afirmativa a seguir em relação à drenagem de águas pluviais.

O método racional deve ser utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias hidrográficas de grande extensão.



75. (CESPE - Ana. Judiciário/CNJ - Eng. Civil - Questão de fixação) No que concerne à drenagem de águas pluviais, julgue o próximo item.

O método racional é empregado para o cálculo da vazão média produzida por determinada bacia hidrográfica durante o período de chuva.

76. IDECAN - Oficial Bombeiro Militar (CBM DF)/Complementar/Engenharia Civil/2017

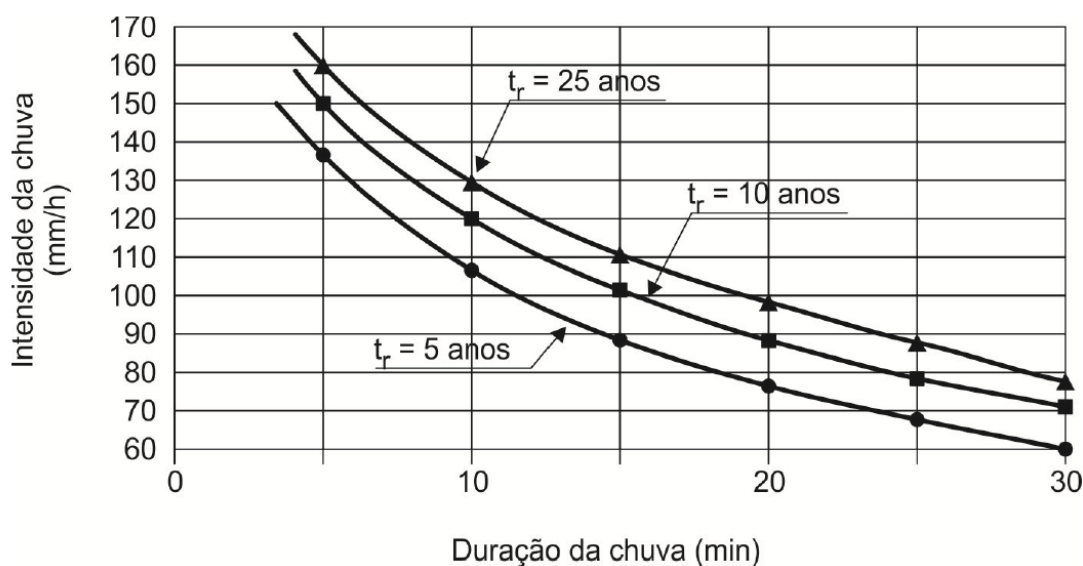
A escolha do coeficiente de Runoff (escoamento superficial ou coeficiente de deflúvio) depende da natureza e das características da bacia hidrográfica a drenar e seus valores usuais (valores de Runoff – f) são, EXCETO:

- a) Para telhados → 0,70 a 0,95.
- b) Para superfícies asfaltadas → 0,35 a 0,40.
- c) Para terrenos descampados → 0,10 a 0,30.
- d) Para estradas não pavimentadas → 0,15 a 0,30.

77. (FCC/ARTESP - Eng. Civil - 2017) Para o dimensionamento hidráulico da drenagem superficial de um projeto de uma rodovia, considere os dados abaixo:

- Sarjetas (valetas) de corte revestidas em concreto.
- Revestimento da pista e do acostamento em concreto asfáltico.
- Declividades das sarjetas iguais a do greide da estrada.
- Tempo de concentração adotado = 5 minutos.
- Período de retorno de 10 anos.
- Descarga de dimensionamento de cada sarjeta calculada pelo Método Racional: $Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para a região do projeto, os estudos hidrológicos apresentam os seguintes valores de intensidade de precipitação em função da duração da chuva e do período de retorno (t_r):



Considerando que a área da bacia e o coeficiente de escoamento permanecem constantes, caso o tempo de concentração aumente para 10 minutos, tem-se a intensidade da chuva igual a

- (A) 30 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta irá diminuir.
- (B) 120 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta irá aumentar.
- (C) 130 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta irá aumentar.



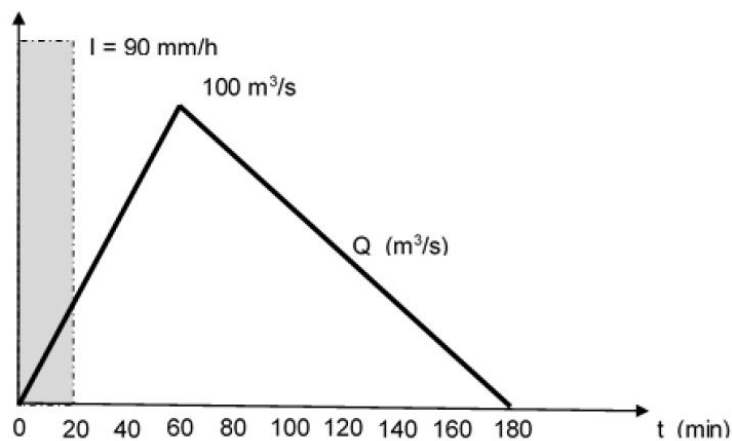
- (D) 150 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta permanecerá a mesma.
(E) 120 mm/h, portanto, a descarga de dimensionamento de cada sarjeta irá diminuir.

78. (CESGRANRIO - EPE - Ana. de Pesquisa Energética - Recursos Hídricos - Questão de fixação) Uma bacia hidrográfica rural tem uma precipitação média anual de 1200 mm sobre seus 500 hectares.

Sabendo-se que o exutório de seu rio principal escoar um volume de 4,8 milhões de m^3 por ano, o coeficiente de escoamento de longo prazo da bacia é

- a) 0,50
- b) 0,60
- c) 0,70
- d) 0,80
- e) 0,90

79. (FGV/TJ BA - Ana.Judiciário - Eng. Civil - Questão de fixação) A figura mostra o hietograma de uma precipitação crítica que caiu uniformemente em uma bacia hidrográfica de 25 km^2 . A intensidade da precipitação foi de 90 mm/h e sua duração de 20 min. Essa chuva gerou no exutório da bacia o hidrograma de cheia triangular com vazão de pico de 100 m^3/s e tempo de base de 3 horas.



O coeficiente de escoamento superficial ou de runoff dessa bacia hidrográfica é:

- (A) 0,24;
- (B) 0,36;
- (C) 0,50;
- (D) 0,64;
- (E) 0,72.

80. (CESPE - CNJ - Eng. Civil - Questão de fixação) No que concerne à drenagem de águas pluviais, julgue o próximo item.



No cálculo da vazão de bacias de drenagem, o coeficiente de deflúvio representa a razão entre o volume precipitado e o volume escoado sobre determinada superfície.

81. (FGV/ALBA - Eng. Civil - Questão de fixação) Na manipulação de séries históricas de vazões, as curvas de frequência simples são usadas para obtenção das curvas de permanência. A tabela abaixo mostra os dados de frequência simples usados para obtenção da curva de permanência relacionado a vazões observadas em uma seção de uma bacia hidrográfica.

Intervalo de Vazão (m ³ /s)	Frequência Simples
0 - 10	110
10 - 20	150
20 - 30	190
30 - 40	280
40 - 50	370
50 - 60	220
60 - 70	120
70 - 80	60

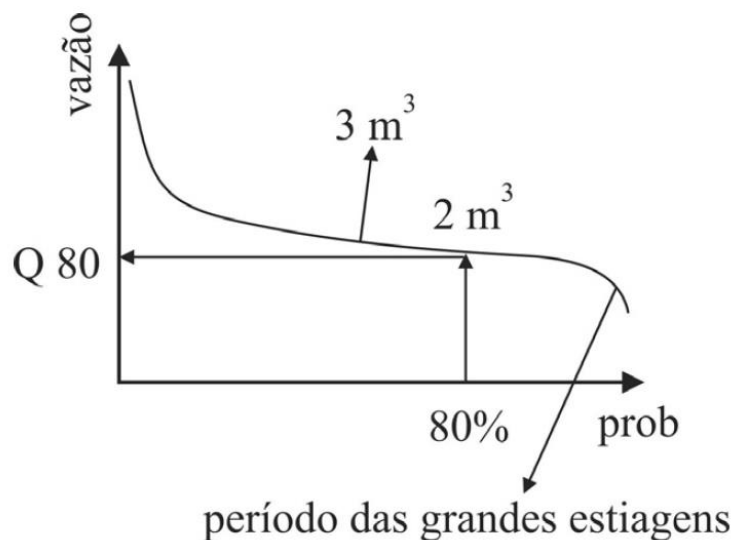
Assinale a opção que indica o valor da vazão, em m³/s, que tem permanência no tempo de 70% (Q₇₀), isto é, as vazões do rio são maiores ou iguais a este valor de vazão em 70% do tempo.

- a) 20
- b) 30
- c) 40
- d) 50
- e) 60



Essa questão a seguir não é muito bem feita, portanto, não se estresse se você errar. Tente aprender com a questão.

82. (CESPE/IFF - Eng. - 2018) Uma indústria deverá ser instalada em determinado local e sua planta industrial demanda uma vazão de 1 m³/s de água para o processo. Antes de adquirir o local, foi feito um estudo de disponibilidade hídrica. Uma curva de permanência, que indica a percentagem de tempo em que determinado valor de vazão foi igualado ou ultrapassado durante o período de observação, foi levantada. A figura seguinte mostra a curva de permanência elaborada.



Considerando-se que seja necessária uma vazão remanescente de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ para atendimento dos demais usos múltiplos da água e que, para a decisão pela instalação é necessário que 80% das vazões de todo o histórico sejam suficientes para a demanda da indústria e para os usos múltiplos, a melhor decisão será pela

- A) instalação, já que sempre haverá disponibilidade hídrica suficiente para a indústria e para os demais usos.
- B) instalação, já que 80% das vazões do histórico são superiores a $3 \text{ m}^3/\text{s}$, suficientes, portanto, para a demanda industrial e para os demais usos.
- C) instalação, já que 80% das vazões do histórico são superiores a $2 \text{ m}^3/\text{s}$, suficientes, portanto, para a demanda industrial e para os demais usos.
- D) não instalação, já que 80% das vazões do histórico são suficientes para a demanda industrial, porém não atenderão os demais usos da água.
- E) não instalação, já que 80% das vazões do histórico não são suficientes para a demanda industrial e para os demais usos.

83. (CESPE/TCE-RN - Inspetor de Controle Externo - Eng. Civil - 2015) Após a inauguração e entrada em operação de uma barragem e de uma estação de captação, verificou-se que, nos períodos de estiagem, a barragem não reservava o volume projetado. A perda do volume era rápida, o que obrigou as autoridades locais a instituírem o racionamento na cidade.

Com referência a essa situação hipotética, julgue o item seguinte.

A disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica em estudo pode ser determinada por meio da curva de permanência de vazões que hierarquiza as vazões em ordem de grandeza em função da ordem cronológica de suas ocorrências, privilegiando a correlação entre vazões.

84. (NC-UFPR/ITAIPU - Hidrologia - 2019) A análise das vazões (descarga) de um rio e o nível (cota) de água correspondente podem ser representados pela relação entre cota e descarga, denominada Curva Chave, conforme a seguinte função exponencial:

$$Q = a \cdot (h - h_0)^n$$

Em que:



Q = vazão (descarga).

h = o nível da régua correspondente à vazão (cota).

h_0 = nível para o qual a vazão é nula.

a = parâmetro constante determinado para o local.

n = parâmetro constante determinado para o local.

A partir do exposto, a Curva Chave de um determinado rio foi equacionada como sendo igual a

$Q = 120 \cdot (h - 2)^2$, sendo Q dado em m^3/s e h em m .

Qual é a vazão desse rio, caso o nível da régua seja de $3,0 m$?

- a) $90 m^3/s$.
- b) $108 m^3/s$.
- c) $360 m^3/s$.
- d) $120 m^3/s$.
- e) $3.000 m^3/s$.

85. (FGV/ DPE MT - Eng. Civil - Questão de fixação) Para acompanhar a vazão de um rio ao longo do tempo, foi instalada uma estação fluviométrica para medição contínua do nível d'água e foram realizadas algumas campanhas de medição de vazão para determinação de uma curva-chave.

Essa curva é uma expressão que relaciona, em uma seção do rio, o nível d'água H (em m) com sua respectiva vazão Q (em m^3/s), do tipo: $Q = a \cdot H^n$, em que a e n são coeficientes.

Após uma campanha para calibração de uma curva-chave foram obtidos os dados mostrados na tabela a seguir.

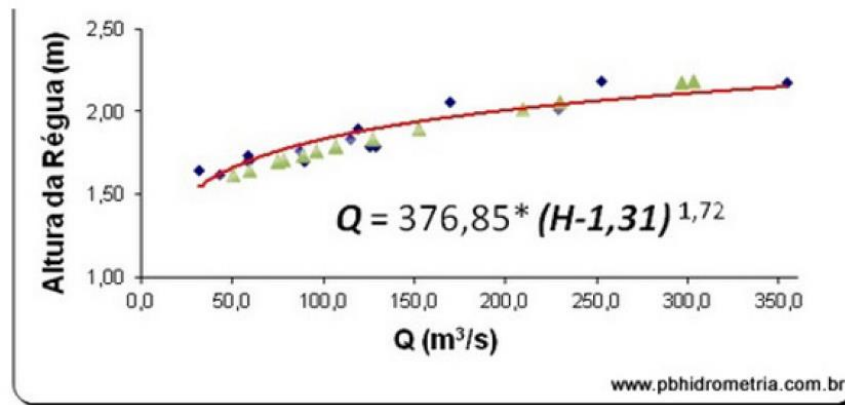
Vazão Q (m^3/s)	2	2,4	8
Nível H (m)	0,125	0,216	8

A partir dos dados dessa campanha pode-se afirmar que os coeficientes da curva-chave são:

- a) $a = 1,0$ e $n = 1$.
- b) $a = 2,0$ e $n = 1/2$.
- c) $a = 4,0$ e $n = 1/3$.
- d) $a = 1/2$ e $n = 2,0$.
- e) $a = 1/3$ e $n = 4,0$.

86. (AOCP/ UFFS - Hidrologia - 2016) Observe a imagem a seguir.





O monitoramento da variação do nível d'água nos rios e da quantidade de precipitação que cai em um determinado local é feito através de estações de monitoramento hidrológico. As informações sobre os níveis do rio e as precipitações registradas podem ser transmitidas de maneira on-line, por meio de telemetria, no decorrer do dia para um servidor de dados instalado no cliente e daí para a ANEEL ou então serem recolhidas mensalmente, conforme as características dos equipamentos instalados. Considerando o exposto, é correto afirmar que a imagem apresentada é um exemplo de

- a) curva de nível.
- b) curva chave.
- c) curva concêntrica.
- d) curva vertical.
- e) curva de Água.

Essa próxima questão contém conceitos não vistos relacionados a outras disciplinas da engenharia, porém não há prejuízo à sua resolução.

87. (AOCP/ UFFS - Hidrologia - 2016) É o resultado da quantidade de água que entra e sai de uma certa porção do solo em um determinado intervalo de tempo. Quando se consideram as condições disponíveis no meio ambiente, torna-se evidente que a humanidade, a civilização e a tecnologia estão sendo rapidamente ameaçadas em seus limites de desenvolvimento. Os limites resultam das reservas naturais de matérias-primas, produção de alimentos e energia e o suprimento de água potável. Em um planejamento sistemático para o futuro, o suprimento e a demanda de água devem ser considerados conjuntamente de forma a se equilibrar esse balanço, com a ajuda do qual será possível o desenvolvimento do homem e do mundo. Representa-se esse equilíbrio de forma matemática, para que ele possa ser considerado em obras de engenharia, planejamento de áreas de uso agrícola, florestal, vias fluviais, entre tantos outros exemplos.

O enunciado se refere ao conceito de

- a) pegada hídrica.
- b) limites de Atterberg.
- c) balanço hídrico.

- d) curva chave
- e) bacia hidrográfica.

88. (FGV/Pref. de Osasco - Agente Fiscal - Questão de fixação - Adaptado para V ou F) O sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo foi destaque na mídia nos últimos meses e a população pôde conhecer melhor o seu funcionamento e algumas de suas fragilidades. Em grande parte, este sistema se baseia em reservatórios, que visam regularizar a vazão ao longo do tempo e atender ao abastecimento de água. Durante a crise de abastecimento, se divulgou que cada um dos reservatórios do sistema de abastecimento está dividido em um volume útil e um volume morto.

Considerando o conceito de volume morto, julgue a afirmativa a seguir:

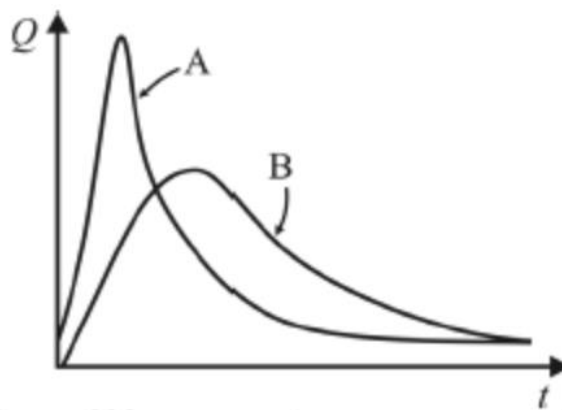
Este último é definido como o volume que é preenchido com sedimentos da bacia hidrográfica ao longo do tempo e que não é utilizado no abastecimento.

89. (CESPE/TCM-BA - Auditor Estadual - Infraestrutura - 2018) Para se instalar em determinado local ainda sem urbanização, uma indústria estima que sua planta industrial demande uma vazão de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ para o processo. Visando realizar o estudo de disponibilidade hídrica, para verificar se haverá água suficiente para o empreendimento, os técnicos da indústria elaboraram uma curva que indica a porcentagem de tempo em que determinado valor de vazão foi igualado ou ultrapassado durante o período de observação.

Nessa situação hipotética, a curva elaborada pelos técnicos é denominada

- a) curva de permanência.
- b) curva de massa das vazões.
- c) fluviograma.
- d) hidrograma unitário.
- e) isoietas de precipitação.

90. (CESPE - ABIN - Oficial Técnico de Inteligência - 2018)



Considerando os hidrogramas A e B representados na figura precedente, julgue o item subsequente, acerca de hidrologia aplicada.

O tipo de cobertura da bacia é um dos fatores que influenciam a forma de um hidrograma. Na figura, o hidrograma A representa uma bacia rural, e o hidrograma B, uma bacia urbana.

91. (CESPE - CPRM - Pesquisador Hidrologia - 2013) No que se refere à drenagem urbana, julgue o item que se segue.

As velocidades do escoamento em sarjetas e em canais artificiais são maiores que em superfícies naturais. Sendo assim, é de se esperar que, com a urbanização da bacia hidrográfica, para um mesmo evento chuvoso, os tempos de pico de vazão dos hidrogramas diminuam junto com o aumento dos valores da vazão de pico.

92. (FUMARC - COPASA - Eng. Meio Ambiente - 2018) São fatores que contribuem para as inundações urbanas, EXCETO:

- a) A redução gradativa do volume de escoamento superficial no solo, decorrente do processo de urbanização sem planejamento.
- b) Afluentes que apresentam talvegues com elevada declividade, que descarregam rapidamente suas águas no rio.
- c) O crescimento do volume de sedimentos aos canais de drenagem, decorrentes da ocupação irregular do solo.
- d) Rios com talvegues de baixa declividade procuram o leito maior no período das chuvas.

93. (FCC - TRF-3 - Téc. Edificações - 2016) Em um sistema de drenagem o objetivo principal é coletar as águas e conduzi-las ao deságue adequado. Em um curso d'água, o fluxo de água ocorre de:

- a) montante a jusante.
- b) jusante a montante.
- c) montante a nascente.
- d) nascente a montante.
- e) jusante a nascente.

94. (UFRRJ - UFRRJ - Eng. Ambiental - 2019) São componentes do sistema de microdrenagem:

- a) Sarjetas, bocas de lobo, ramais, poços de visita, caixas de passagem e reservatórios de acumulação.
- b) Sarjetas, bocas de lobo, ramais, poços de visita, galerias e reservatórios de retardamento.
- c) Sarjetas, bocas de lobo, ramais, poços de visita, caixas de passagem e diques.
- d) Sarjetas, bocas de lobo, ramais, poços de visita, caixas de passagem e galerias.
- e) Sarjetas, bocas de lobo, muros de contenção, poços de visita, caixas de passagem e galerias.



95. (CEPS-UFPA - UNIFESSPA - Eng. Ambiental - 2018) Os componentes de um sistema de drenagem de águas pluviais são:

- a) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação e interceptores.
- b) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação e galerias de águas pluviais.
- c) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação e poço luminar.
- d) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação e laje de fundo.
- e) Sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de ligação, laje de fundo e tampão.

96. (FAUEL - Pref. Goioerê - Eng. Civil - 2018) A rede de macrodrenagem destina-se a receber e realizar a condução final das águas escoadas superficialmente e captadas pela drenagem primária, dando, portanto, prosseguimento aos deflúvios oriundos das ruas, praças, sarjetas. Os principais elementos das redes de macrodrenagem são, EXCETO:

- a) Rios naturais, revestidos ou retificados.
- b) As bocas de lobo.
- c) Os canais artificiais.
- d) As galerias que também funcionam como canais, mesmo sendo subterrâneas.

97. (COMVEST - UFAM - Eng. Civil - 2016) Os sistemas de drenagem urbana de uma cidade têm por objetivo a gestão adequada das águas pluviais incidentes sobre as bacias urbanas, de modo a garantir a segurança dos aparelhos públicos, da propriedade privada e a segurança dos seus habitantes.

Assinale a alternativa CORRETA sobre estes sistemas:

- a) São componentes de microdrenagem as guias, as sarjetas e os canais no fundo de vale.
- b) São componentes de macrodrenagem as tubulações ou galerias profundas posicionadas sob a via de tráfego.
- c) A microdrenagem tem por objetivo principal garantir a segurança do tráfego nas vias, durante e imediatamente após as precipitações.
- d) A macrodrenagem tem por objetivo retirar a água com mais rapidez da via de tráfego e conduzi-la de forma segura para as tubulações profundas.
- e) A conexão do sistema de micro com o de macrodrenagem deve ser realizada por meio de bocas-de-lobo, bocas-de-leão e de bueiros.

98. (CESPE - PCie-PE - Eng. Civil - 2016) O sistema de drenagem é constituído pelo conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais e, tradicionalmente, é composto por dois sistemas distintos: a microdrenagem e a macrodrenagem.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que a microdrenagem é:

- a) um sistema de dispositivos responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais.



- b) constituída pelos principais talvegues, fundos de vales, cursos d'água, independentemente da execução de obras específicas.
- c) constituída pelos principais talvegues, fundos de vales, cursos d'água, independentemente da localização de extensas áreas urbanizadas, por ser o escoadouro natural das águas pluviais.
- d) constituída pela captação de redes coletoras de águas pluviais, mas desconsidera poços de visita, sarjetas, bocas-de-lobo e meios-fios.
- e) um sistema de estruturas que conduzem as águas do escoamento superficial para as galerias ou para os canais urbanos.

99. (FGV - Pref. Florianópolis - Eng. Sanitária e Ambiental - 2014) A macrodrenagem urbana visa, por meio de ações principalmente preventivas, assegurar o escoamento das águas, respeitando as condições naturais e as características das bacias hidrográficas presentes. Já a microdrenagem é constituída de dispositivos de captação e de escoamento das águas pluviais, como:

- a) golas de infiltração, poços de visita e cantoneiras;
- b) cantoneiras, baldrames porosos e caixas de ligação;
- c) boca de lobo, poços de visita e caixas de ligação;
- d) caixas de ligação, sapatas e golas de infiltração;
- e) boca de lobo, sapatas e baldrames porosos.



Essa questão engloba conceitos de hidrologia e de drenagem urbana

100. (FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) Sobre os aspectos relacionados à macrodrenagem urbana, assinale a alternativa incorreta.

- a) Os reservatórios de retenção reduzem a vazão de pico dos hidrogramas de cheias.
- b) O tempo de retorno é a periodicidade com que determinado evento de vazão ou chuva ocorre.
- c) São obras e/ou partes constituintes do sistema de macrodrenagem: ampliação e retificação de seções de canais naturais e bacias de retenção.
- d) Obras de macrodrenagem buscam evitar as enchentes, através de obras que aumentam a capacidade de transporte dos canais da bacia.
- e) A vazão de projeto pode ser estimada através de métodos como hidrograma unitário SCS e método racional.

101. (FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) Drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou



na malha urbana. Em relação aos sistemas de drenagem de águas pluviais, assinale a alternativa incorreta.

- a) Os componente principais da macrodrenagem incluem: sarjetões, médios e grandes canais, tanques de contenção, barragens, comportas, dissipadores de energia, estações elevatórias, pátios de dragagem.
- b) Os sistemas de drenagem trazem vários benefícios para a população: melhoria da qualidade de vida, diminuição dos problemas de saúde, maior segurança dos usuários de vias públicas, diminuição dos problemas de trânsito, diminuição de perdas econômicas, devido a inundações.
- c) A microdrenagem inclui a coleta das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias, enquanto a macrodrenagem engloba, além da rede de microdrenagem, galerias de grande porte e os corpos receptores destas águas (rios ou canais).
- d) Os elementos constituintes dos sistemas de microdrenagem são: meio-fios, sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, galerias, condutos forçados e estações de bombeamento, sarjetões.
- e) O aumento da impermeabilização das superfícies em grandes centros urbanos provoca o aumento do escoamento superficial direto, sobrecarregando o sistema de microdrenagem e, muitas vezes, provocando alagamentos e inundações.

102. (FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais em nível de loteamento ou de rede primária urbana. "Y" são definidas como faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam.

Assinale a alternativa que contém "Y".

- a) Y = sarjetas
- b) Y = galerias
- c) Y = bocas-de-lobo
- d) Y = caixas de ligação
- e) Y = bacias de retenção

103. (FUNRIO - TEC. Manutenção - Câmara Municipal São João de Meriti - 2017) A figura a seguir mostra um dispositivo utilizado no arruamento e drenagem de uma via:

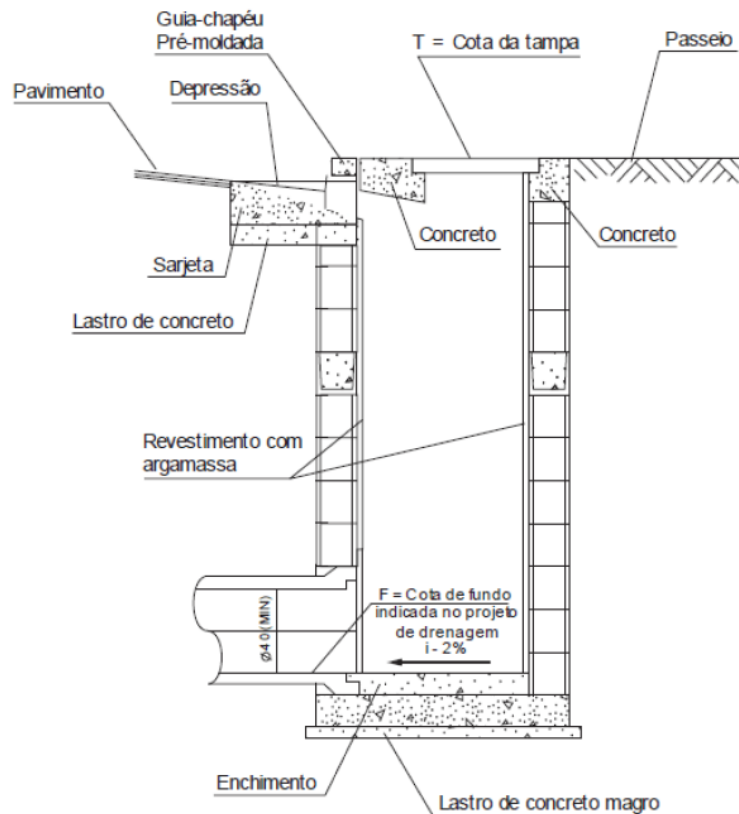




Este dispositivo é denominado:

- a) dreno.
- b) boca de lobo.
- c) banquetta.
- d) filtro.
- e) caixa de areia.

104. (FCC - SERGAS - Eng. Civil - 2013) O sistema de drenagem superficial urbana tem a função de coletar e conduzir a água que escoa pela superfície até pontos de descarga adequados e para isto são utilizados diversos dispositivos. A figura abaixo representa um corte de um dispositivo de coleta, conectado às sarjetas e guias.



Trata-se do dispositivo:

- a) gárgula.
- b) boca de leão.
- c) bueiro tubular.
- d) boca de lobo.
- e) poço de visita.

105. (FCC - DPE-SP - Eng. Civil - 2013) A drenagem urbana é composta de diversos dispositivos, que devem adequadamente captar e conduzir as águas para um ponto de desague adequado. O dispositivo tipo boca-de-leão é utilizado, no sistema de drenagem, para:

- a) conduzir águas subterrâneas.
- b) coletar águas superficiais.
- c) conduzir águas superficiais.
- d) coletar águas subterrâneas.
- e) desaguar águas subterrâneas.

106. (CESPE - TCE-TO - Eng. Civil - Questão de fixação) No que se relaciona a drenagem urbana, entende-se por bocas de lobo:

- a) os dispositivos localizados em pontos convenientes nas sarjetas para captação de águas pluviais.

- b) as canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais.
- c) os dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitir mudança de direção.
- d) os dispositivos destinados a permitir a limpeza de tubulações.
- e) os dispositivos destinados a permitir a mudança de declividade de tubulações.

107. (CEV-UECE - FUNECE - Eng. Civil - 2018) Atente à seguinte descrição: "É uma câmara visitável cuja função principal é permitir o acesso às galerias para inspeção e desobstrução. Para facilidade desse objetivo, é conveniente sua localização nos pontos de reunião dos condutos, mudanças de seção, de declividade e de direção".

O elemento de captação e transporte de drenagem pluvial descrito acima é denominado:

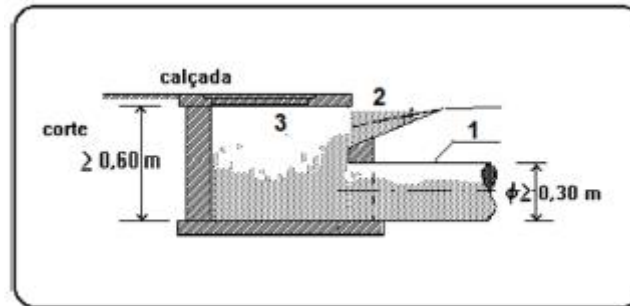
- a) galeria.
- b) boca de lobo.
- c) poço de visita.
- d) sarjeta



108. (FGV - MPE-BA - Eng. Sanitária - 2017) Para possibilitar o acesso às canalizações para limpeza e inspeção de sistemas de drenagem urbana de águas pluviais, devem ser instalados(as):

- a) dutos de passagem;
- b) poços de visita;
- c) caixas de ligação;
- d) bueiros de manutenção;
- e) bocas de lobo.

109. (UEPB - Prefeitura de Monte Horebe - Ag. Fisc. Obras - 2019 - Adaptada) Os componentes de uma rede de drenagem urbana devem captar e conduzir as vazões superficiais para não causar alagamentos nas ruas das cidades. A figura abaixo mostra componentes enumerados de um sistema de drenagem destinados ao transporte das águas pluviais. Analise de modo a responder ao que se pede.



Dado o que se orienta sobre infraestrutura urbana de drenagem, faça a CORRETA associação entre os elementos enumerados na figura e sua respectiva denominação:

- a) 1 – Boca de lobo; 2 – Sarjeta; 3 – Tubo de Ligação.
- b) 1 – Tubo de Ligação; 2 – Boca Coletora; 3 – Sarjeta.
- c) 1 – Boca de lobo; 2 – Tubo de Ligação; 3 – Sarjeta.
- d) 1 – Tubo de Ligação; 2 – Sarjeta; 3 – Boca de lobo.
- e) 1 – Sarjeta; 2 – Tubo de Ligação; 3 – Boca de lobo.

110. (CESGRANRIO - Petrobras - Engenheiro Civil - 2018) Segundo a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), a drenagem é estudada levando-se em conta a macrodrenagem e a microdrenagem, para as quais são considerados diferentes elementos. Em relação a sistemas de drenagem, considere os seguintes elementos: boca de lobo, poço de visita e sarjeta. Faz(em) parte do sistema de microdrenagem o(a):

- a) poço de visita, apenas
- b) sarjeta, apenas
- c) boca de lobo, apenas
- d) boca de lobo e a sarjeta, apenas
- e) boca de lobo, o poço de visita e a sarjeta

111. (CEV-UECE - Prefeitura de Sobral - Auditor de controle interno - 2018) Por drenagem de área urbanizada, entende-se a interceptação e/ou captação dos escoamentos superficiais de áreas urbanas desprovidas de infraestrutura para drenagem, parceladas ou não. A eficiência da drenagem pluvial urbana é atingida através do correto dimensionamento de dispositivos, tais como, galerias, bocas-de-lobo e poços de visita, já que estes dispositivos são destinados à coleta de águas superficiais e condução subterrânea para locais de descarga mais favorável.

No que concerne a esses dispositivos de drenagem pluvial urbana, é INCORRETO afirmar que:

- a) poço de visita é uma câmara isolada, sem conexão aos demais trechos sucessivos de uma rede subterrânea de dutos, permitindo realizar inspeção e serviços de manutenção.

b) galerias são dispositivos destinados à condução dos deflúvios que se desenvolvem na plataforma rodoviária para os coletores de drenagem, através de canalizações subterrâneas, integrando o sistema de drenagem da rodovia ao sistema urbano.

c) bocas-de-lobo são dispositivos de captação, localizados aos bordos dos acostamentos ou meios-fios da malha viária urbana que, através de ramais, transferem os deflúvios para as galerias ou outros coletores.

d) as bocas-de-lobo, por situarem-se em área urbana, por razões de segurança, são capeadas por grelhas metálicas ou de concreto.

112. (VUNESP - AMLURB-SP - Anal. Ord. Territorial - 2016) A microdrenagem urbana é composta de diversos elementos. Entre esses elementos, estão as canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas de lobo. Essas canalizações são denominadas:

a) condutos forçados.

b) sarjetas.

c) meios-fios.

d) poços de visita.

e) galerias.

113. (CPCON-UEPB - Pref. Alagoinha - Eng. Civil - 2016) Os serviços de Saneamento Básico compreendem os sistemas de abastecimento d'água, de esgotos sanitários, de drenagem de águas pluviais e de resíduos sólidos. Estes são os serviços essenciais que, se regularmente bem executados, elevarão o nível de saúde da população de uma cidade. Indique a alternativa INCORRETA sobre os sistemas de drenagem de águas pluviais.

a) Tempo de concentração é o tempo necessário para que toda a bacia de drenagem possa contribuir para a secção em estudo.

b) Tempo de retorno é um período de tempo médio em que uma determinada chuva de projeto é igualada ou superada pelo menos uma vez.

c) Quanto maior o período de retorno de um sistema de drenagem maior é o risco de inundação.

d) Galerias são condutos, em geral, com diâmetro mínimo de 400 mm, destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento.

e) Poços de visita são câmaras visitáveis situadas em pontos previamente determinados, destinados a permitir a manutenção dos condutos.

114. (CESPE - CNJ - Eng. Civil - 2013) No que concerne à drenagem de águas pluviais, julgue o próximo item.

A velocidade de escoamento nos coletores pluviais deve ser controlada, pois tanto velocidades baixas quanto altas são prejudiciais ao seu bom funcionamento.

115. (CETRO - Pref. Manaus - Técnico Edificações - Questão de fixação) Assinale a alternativa incorreta quanto ao serviço de drenagem e os elementos de microdrenagem urbana.



- a) Os elementos principais da microdrenagem são os meio-fios, as sarjetas, as bocas de lobo, os poços de visita, as galerias, os condutos forçados, as estações de bombeamento e os sarjetões.
- b) As galerias são as canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas de lobo.
- c) Sarjetas são as faixas formadas pelo limite da via pública com os meio-fios, formando uma calha que coleta as águas pluviais oriundas da rua.
- d) O meio-fio é constituído de blocos de concreto ou de pedra, situados entre a via pública e o passeio, com sua face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública.
- e) Poços de visita são dispositivos de captação das águas das sarjetas.

116. (CEV-UECE - Prefeitura de Sobral - Auditor de controle interno - 2018) Considerando a locação de bocas-de-lobo de drenagem pluvial urbana, assinale a afirmação FALSA.

- a) Os pontos baixos nos greides das vias devem ser providos de bocas-de-lobo, obrigatoriamente.
- b) A locação de bocas-de-lobo nos cruzamentos das vias deve ser imediatamente à montante dos pontos de tangência ou de curvatura dos passeios situados nos cruzamentos, preservando os rebaixos para passagem de pedestres.
- c) O cálculo do comprimento da sarjeta (L_u) em que o caudal varia de uma largura zero até o limite de alagamento é igual à divisão da vazão específica da via (q) pela capacidade de escoamento na sarjeta (Q_s).
- d) As bocas-de-lobo intermediárias serão locadas com auxílio da determinação do comprimento da sarjeta em que o caudal varia de uma largura de zero até o limite de alagamento, denominado de comprimento útil (L_u).

117. (FAUEL - Pref. Goioerê - Eng. Civil - 2018) As águas, ao caírem nas ruas urbanas, escoarão inicialmente pelos terrenos até chegar às ruas. Sendo as ruas abauladas (declividade transversal) e tendo inclinação longitudinal, as águas escoarão rapidamente para as sarjetas, e destas para rua abaixo.

Se as águas que chegarem às calhas das ruas forem de vazão excessiva, pode ocorrer os seguintes problemas, EXCETO:

- a) Alagamento com o risco de aquaplanagem de carros.
- b) Direcionamento das águas para as bocas de lobo.
- c) Inundação de calçadas.
- d) Velocidades exageradas, erodindo o pavimento.

118. (FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) O sistema pluvial em microdrenagem é composto por diversos elementos, sendo um deles denominado boca-de-lobo.

Sobre as bocas-de-lobo, assinale a alternativa correta.

- a) As bocas-de-lobo devem atender às mudanças de declividade, de diâmetro e de direção.
- b) As bocas-de-lobo nunca devem ser colocadas nos pontos mais baixos do sistema viário.

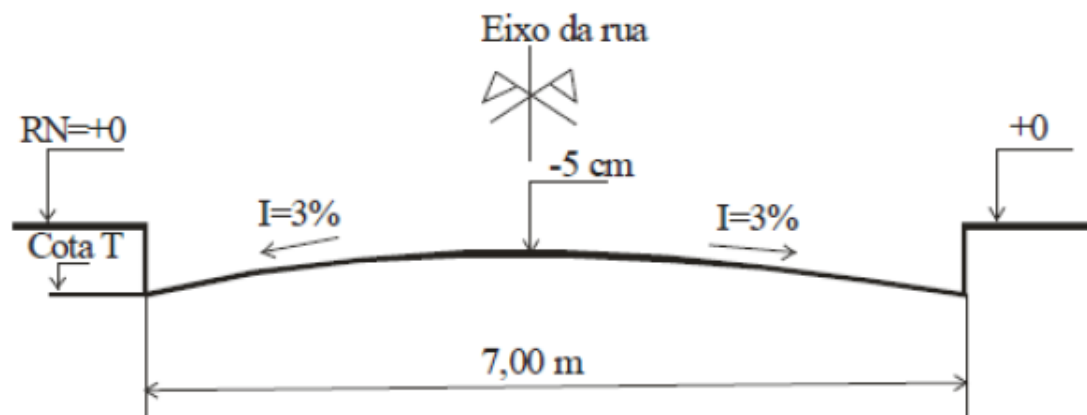


- c) As bocas-de-lobo são dispositivos localizados nas galerias, para captação das águas pluviais.
- d) A principal função das bocas-de-lobo é conduzir adequadamente as vazões superficiais para as galerias.
- e) Uma das funções das bocas-de-lobo é permitir o acesso às canalizações, para o efeito de limpeza e inspeção.

119. (CESPE - Banco da Amazônia - Eng. Sanitária - Questão de fixação) A implantação de sistema de drenagem urbana pressupõe o levantamento topográfico para o traçado da rede de coleta de água a drenar e a definição dos locais de lançamento de excessos na macrodrenagem. Julgue o item a seguir, relativo a esse assunto.

A primeira boca de lobo do sistema de microdrenagem deverá ser posicionada no ponto de maior elevação de cada trecho em que o sistema for subdividido. As bocas de lobo seguintes deverão ser posicionadas segundo o declive em cada interseção de vias de circulação.

120. (FUNRIO - SUFRAMA - Eng. Civil - Questão de fixação) Dado o perfil de uma rua com caimento igual a $I=3\%$, calcule a cota T da tampa de uma boca de lobo a ser executada junto ao meio-fio:



- a) -10,5 cm
- b) -15,5 cm
- c) -15,0 cm
- d) -10,0 cm
- e) -20,0 cm

121. (FGV - MPE-BA - Eng. Sanitária - 2017) Em 2016, uma obra para evitar alagamentos foi motivo de protestos por parte de organizações não governamentais na cidade de Salvador, BA. Segundo reportagens feitas na época, o projeto previa a requalificação de canais e o revestimento de parte das margens, sendo que a canalização seria feita com concreto. Discordando do projeto, no entanto, especialistas ouvidos pela reportagem afirmaram que a canalização não seria a solução dos problemas, que estavam, em sua opinião, ligados à falta de infraestrutura de esgotamento sanitário e ao lixo. Durante o protesto, os manifestantes defenderam alternativas, como a construção, ao longo de alguns

trechos do rio, de estruturas que em períodos de chuva forte pudessem receber o excesso de água, diminuindo o volume das enchentes.

Sobre esse tema, os reservatórios abertos, construídos para receberem a água durante e após as chuvas, mas que permanecem secos durante as estiagens, denominam-se:

- a) reservatórios de emergência;
- b) diques de represamento;
- c) bacias de detenção;
- d) reservatórios de pico;
- e) condutos de contenção

122. (CESPE - CGE-PI - Eng. Civil - 2015) Com relação às obras voltadas para o abastecimento público de água, tratamento de esgotos e obras de defesa contra inundação, julgue o item que se segue.

Em projetos de drenagem urbana ou rural, a bacia de detenção permite atenuação da vazão de pico de um hidrograma e propicia o armazenamento temporário do volume de água que chega a determinada seção, em que a máxima vazão de saída do órgão evacuador deve ser compatível com as condições hidráulicas do canal de jusante.

123. (FGV - TCM-SP - Eng. Civil - 2015) Nos planos diretores de macrodrenagem para defesa contra inundações, podem ser adotadas medidas não estruturais e medidas estruturais intensivas ou extensivas.

Um exemplo de medida estrutural extensiva é a criação de:

- a) reservatórios de detenção em praças ao longo das encostas;
- b) diques marginais com polders ao longo da calha dos rios;
- c) cotas de soleira mínima em planos diretores urbanos;
- d) trechos canalizados nas calhas dos rios;
- e) programas de educação contra as cheias em comunidades lindeiras.

124. (FGV - DPE-MT - Eng. Civil - 2015) As enchentes são fenômenos naturais que podem ser intensificados por práticas antrópicas inadequadas no espaço urbano.

“Entre as influências naturais das enchentes, no que diz respeito a fisiografia da bacia, quanto mais próxima da forma de um círculo ou quadrado, mais _____ a concentração de águas em uma bacia e maior o pico. Quanto mais _____ o solo, mais rápido o estabelecimento do escoamento superficial e maior o potencial de cheias. As inundações podem ser mitigadas por meio de medidas _____ como a construção de diques marginais associados a polders.”

Assinale a opção cujos itens completam corretamente as lacunas do fragmento acima.

- a) lenta – úmido – estruturais intensivas
- b) rápida – seco – estruturais extensivas



- c) rápida – úmido – estruturais intensivas
- d) lenta – seco – não estruturais
- e) rápida – úmido – não estruturais

125. (FGV - TJ-AM - Eng. Amb. e Sanitária - 2013) As medidas de prevenção e correção para a drenagem urbana podem ser estruturais ou não estruturais. Elas visam minimizar os efeitos decorrentes das inundações.

Entre as medidas apresentadas a seguir, assinale a que é definida como uma medida estrutural.

- a) Programas de contingências.
- b) Uso de reservatórios de detenção.
- c) Manutenção.
- d) Utilização de manuais.
- e) Reassentamentos.

126. (FEPESE - UFFS - Sanitarista - Questão de fixação) Atualmente os projetos de gestão da drenagem urbana levam à aplicação de tecnologias mais sustentáveis. Sobre medidas não estruturais em drenagem urbana, assinale a alternativa correta.

- a) Pisos permeáveis
- b) Valas de infiltração
- c) Mapeamento de áreas de inundação
- d) Ampliação da seção de canais naturais
- e) Retificação da seção de canais naturais

127. (CESPE - Banco da Amazônia - Eng. Sanitária - Questão de fixação) A implantação de sistema de drenagem urbana pressupõe o levantamento topográfico para o traçado da rede de coleta de água a drenar e a definição dos locais de lançamento de excessos na macrodrenagem. Julgue o item a seguir, relativo a esse assunto.

O zoneamento das áreas de inundação para cheias de diferentes tempos de recorrência constitui medida estrutural para o planejamento e controle de cheias da localidade considerada.

128. (FCC - MPU - Eng. Sanitária - Questão de fixação) Constituem medidas não estruturais de controle de inundações:

- a) seguros e sistemas de alerta.
- b) reservatórios de amortecimento.
- c) construção de diques e polders nas zonas inundáveis.
- d) dragagem de córregos e rios.
- e) retificações de córregos e rios.



129. (FEPESE - Pref. de Fraiburgo - Eng. Civil - 2017 - Adaptada) Assinale a alternativa correta em relação à drenagem de águas pluviais.

- a) O método racional deve ser utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias hidrográficas de grande extensão.
- b) A macrodrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais no loteamento ou na rede primária urbana.
- c) A impermeabilização produz aumento da vazão máxima e do escoamento superficial.
- d) No projeto da urbanização de uma área, a redução da infiltração da precipitação permite manter condições mais próximas possíveis das condições naturais.

130. (CPCON-EUPB - Pref. de Porto Alegre - Fisc. de obras - 2017) As infraestruturas urbanas de drenagem englobam o conjunto de benfeitorias públicas existentes em uma área urbana, assim como as redes de distribuição de água e de esgotos sanitários. Particularmente, o sistema de drenagem tem o objetivo de fazer escoar as águas das chuvas.

Sobre as infraestruturas de drenagem de um Município, marque a alternativa INCORRETA:

- a) A definição do traçado de um projeto de galeria pluvial exige o levantamento de outras infraestruturas existentes.
- b) A impermeabilização do solo urbano não interfere nas infraestruturas de drenagem.
- c) As galerias podem impedir enchentes, drenando as águas até o corpo receptor, como os rios.
- d) As sarjetas e bocas de lobo são dispositivos de captação de águas pluviais.
- e) A captação de água de chuva através de telhados e cisternas interfere no sistema de drenagem urbana.

131. (FCC - TRF-3 - Téc. Edificações - 2016) Em vias pavimentadas devem ser implantados dispositivos de drenagem superficial, que tem a finalidade de coletar os fluxos de água que escoam sobre a superfície do pavimento. NÃO é um dispositivo de drenagem superficial:

- a) sarjeta
- b) trincheira
- c) boca de lobo
- d) boca de leão
- e) gárgula

132. (UFMT - UFMT - Eng. Ambiental - 2014 - Adaptada) A urbanização intensa, ao longo da segunda metade do século XX, veio evidenciar os limites das soluções clássicas de drenagem urbana no tocante a sua real eficácia. Nas questões relativas à água no meio urbano, técnicas compensatórias de drenagem foram introduzidas de forma a minimizar os impactos da urbanização nos processos hidrológicos. Sobre essas técnicas, considere:



I - Pavimentos porosos destinados ao armazenamento temporário e/ou infiltração, em áreas de estacionamento e no sistema viário.

II - Impermeabilização de cursos d'água, com materiais que favoreçam o escoamento rápido das águas para jusante.

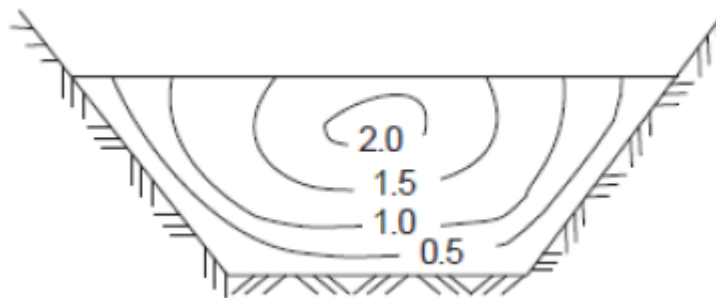
III - Canalização de cursos d'água com técnicas que favoreçam o escoamento lento ou mesmo a detenção temporária das águas.

IV - Bacias ou reservatórios de detenção, também conhecidos como bacias de amortecimento de cheias.

São técnicas compensatórias de drenagem de drenagem:

- a) I, II e IV.
- b) I, III e IV.
- c) I, II e III.
- d) II, III e IV.

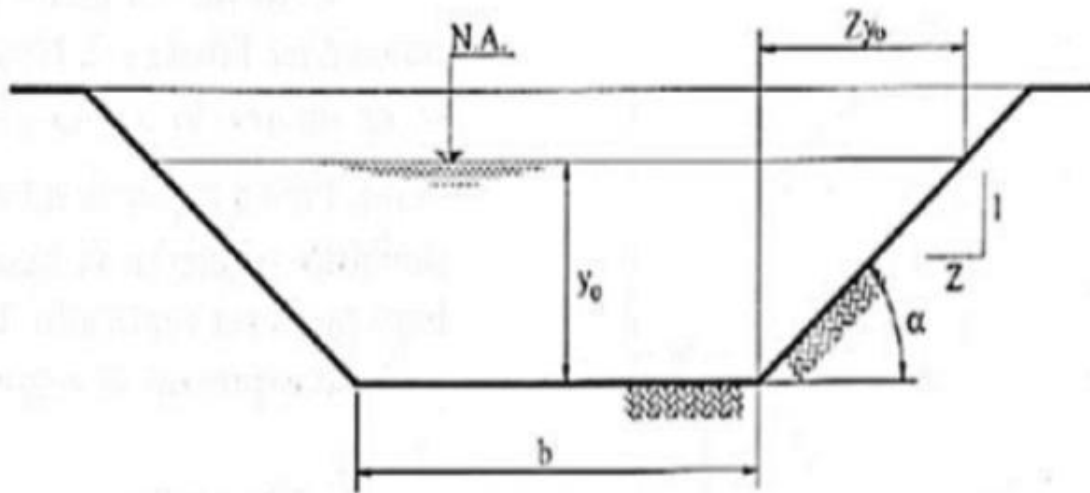
133. (FCC - CEF - Eng. Civil - 2013) Em relação à drenagem urbana, considere a figura abaixo.



Na seção de canal trapezoidal, é ilustrada a distribuição de um dado parâmetro ao longo da seção. Este parâmetro é:

- a) a velocidade.
- b) a temperatura.
- c) a densidade.
- d) a vazão.
- e) o coeficiente de rugosidade.

134. (CEV-EUCE - DETRAN-CE - Eng. Civil - 2018) Atente para a figura abaixo, que representa um canal trapezoidal com paredes rochosas, em um sistema de drenagem de águas pluviais, e para os dados apresentados em seguida.



Dados:

$$y_0 = 3,0 \text{ m};$$

$$b = 6,0 \text{ m};$$

$$Z = 1,0;$$

$$V = 1,8 \text{ m/s}.$$

Fórmulas:

$$B = 2Zy_0 + b$$

$$A = (b + B)/2 \cdot y_0$$

Cálculo da Vazão em m^3/s :

$$Q = A \cdot V$$

Considerando a figura e os dados apresentados acima, é correto afirmar que a vazão "Q" desse canal trapezoidal, em m^3/s , é:

- a) 18,7.
- b) 53,2.
- c) 48,6.
- d) 32,5.

135. (BIO-RIO - Pref. de Mangaratiba - Eng. Civil - 2016) Um sistema de drenagem deve ser capaz de escoar uma vazão de água de $8 \text{ m}^3/\text{s}$ proveniente de chuva. Serão utilizadas mini galerias de concreto com seção retangular de $1,50\text{m}$ de largura e $1,0\text{m}$ de altura, que trabalharão a uma seção cheia de 70% e velocidade de escoamento de 2 m/s .



Sob essas condições, a quantidade de seções em paralelo desse tipo de galeria que devem ser instaladas no sistema de drenagem para escoar a vazão desejada é de:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

136. (FUMARC - Pref. Sete Lagoas - Analista - 2014 - adaptada) Em drenagem urbana, no projeto de um conduto de área molhada quadrada e declividade conhecida, pode-se dizer que a vazão suportada será menor se se utilizar:

- a) canal de concreto sem acabamento, ao invés de gabião caixa sem revestimento.
- b) canal em gabião manta, ao invés de concreto com acabamento liso.
- c) tubo de concreto, ao invés de canal com fundo em cascalho.
- d) tubo de concreto sem acabamento, ao invés de canal de gabião manta.



9 - GABARITO

GABARITO



- | | | |
|-----------|------------|------------|
| 1. B | 36. D | 71. CERTO |
| 2. A | 37. D | 72. D |
| 3. B | 38. C | 73. A |
| 4. E | 39. CERTO | 74. ERRADO |
| 5. CERTO | 40. D | 75. ERRADO |
| 6. CERTO | 41. A | 76. B |
| 7. B | 42. CERTO | 77. E |
| 8. D | 43. C | 78. D |
| 9. A | 44. C | 79. E |
| 10. E | 45. D | 80. ERRADO |
| 11. C | 46. B | 81. B |
| 12. E | 47. D | 82. C |
| 13. C | 48. B | 83. ERRADO |
| 14. A | 49. D | 84. D |
| 15. C | 50. B | 85. C |
| 16. A | 51. C | 86. B |
| 17. A | 52. C | 87. C |
| 18. B | 53. C | 88. CERTO |
| 19. CERTO | 54. CERTO | 89. A |
| 20. D | 55. D | 90. ERRADO |
| 21. A | 56. C | 91. CERTO |
| 22. D | 57. Errado | 92. A |
| 23. CERTO | 58. C | 93. A |
| 24. A | 59. ERRADO | 94. D |
| 25. E | 60. E | 95. B |
| 26. CERTO | 61. D | 96. B |
| 27. B | 62. ERRADO | 97. C |
| 28. C | 63. B | 98. E |
| 29. A, C | 64. B | 99. C |
| 30. E | 65. D | 100. B |
| 31. A | 66. CERTO | 101. A |
| 32. A | 67. ERRADO | 102. A |
| 33. CERTO | 68. B | 103. B |
| 34. C | 69. B | 104. D |
| 35. D | 70. CERTO | 105. B |



- | | | |
|------------|-------------|--------|
| 106. A | 117. B | 128. A |
| 107. C | 118. D | 129. C |
| 108. B | 119. ERRADO | 130. B |
| 109. D | 120. B | 131. B |
| 110. E | 121. C | 132. B |
| 111. A | 122. CERTO | 133. A |
| 112. E | 123. A | 134. C |
| 113. C | 124. C | 135. D |
| 114. CERTO | 125. B | 136. B |
| 115. E | 126. C | |
| 116. C | 127. ERRADO | |



10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Ministério da Ciência e Tecnologia. **Radares meteorológicos**. [201-]. Disponível em: <<https://www.cemaden.gov.br/radares-meteorologicos-2/>>

BRASIL. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Ministério da Ciência e Tecnologia. **Radar Meteorológico**. [20--]. Disponível em: <<https://www.cemaden.gov.br/imagem11/>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. **Carta do Brasil**. [20--]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>.

MATER GROUP (Estados Unidos). Precise Water Balance: SMART FIELD LYSIMETER. 2017. Disponível em: <<https://www.metergroup.com/environment/products/smart-field-lysimeter/#>>.



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.