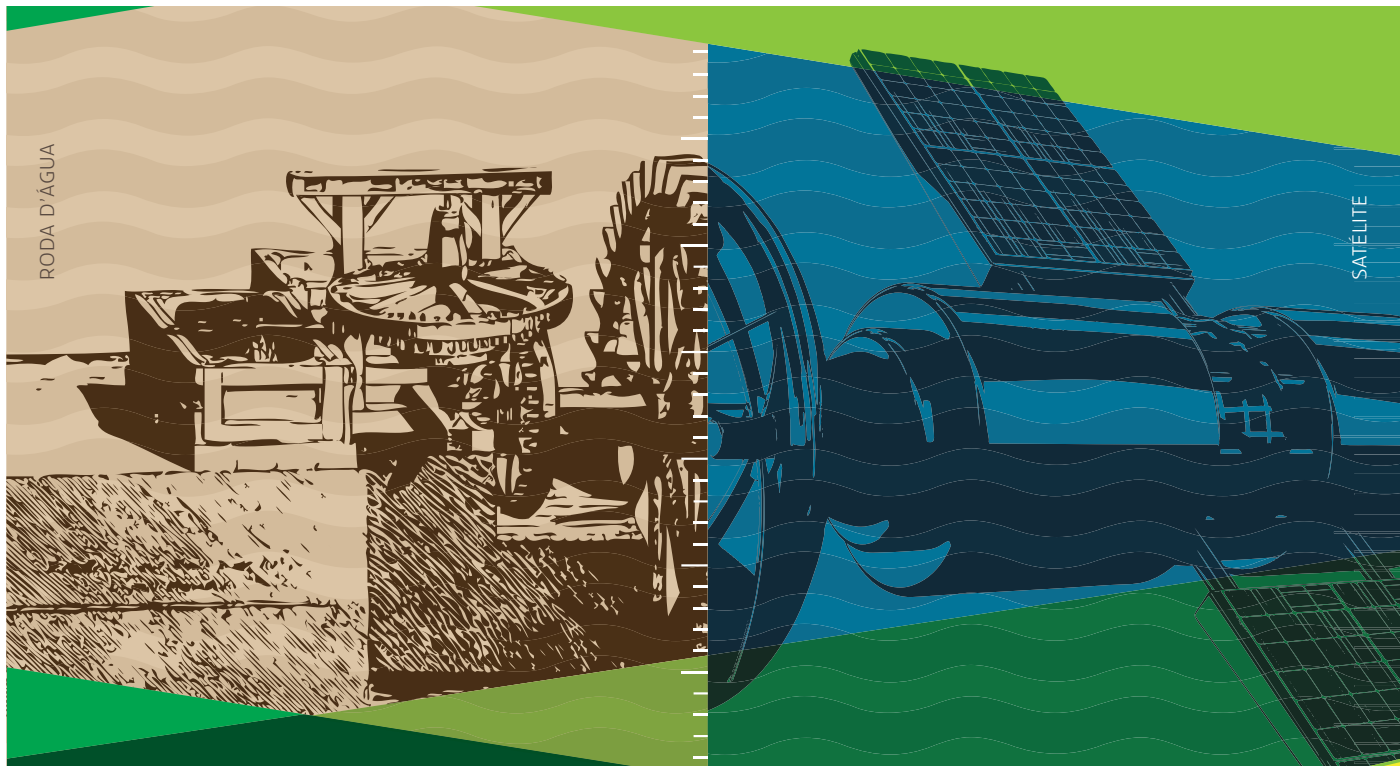


Agência Nacional de Águas
Ministério do Meio Ambiente

ÁGUA NA MEDIDA CERTA

A HIDROMETRIA NO BRASIL



Brasília – DF
2012

© Agência Nacional de Águas (ANA), 2012.
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M e T.
CEP 70610-200, Brasília, DF
PABX: (61) 2109 5400 / (61) 2109-5252
www.ana.gov.br

Equipe Editorial

Elaboração do Texto

Antonio Cardoso Neto

Colaboração

Eurides de Oliveira

Coordenação Geral

Valdemar Santos Guimarães

Eurides de Oliveira

Cláudio Henrique de Oliveira Brandão

Antonio Cardoso Neto

Bruno Pagnoccheschi

Fotografias:

Banco de Imagens ANA, Shutterstock e Stock.XCHNG

Projeto gráfico e editoração

tda.brasil

Direção de Arte – Carlos André Cascelli

Editoração e Ilustração – Rael Lamarques

Revisão – Danúzia Queiroz

www.tdabrasil.com.br

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nessa publicação, desde que citada a fonte.

Catálogo na fonte: CEDOC / BIBLIOTECA

A265a Agência Nacional de Águas (Brasil).
Água na medida certa: a hidrometria no Brasil / Agência Nacional de
Águas ; textos elaborados por Antonio Cardoso Neto. -- Brasília: ANA, 2012.

72 p.: il.

1. Recursos hídricos, Brasil 2. Hidrometria 3. Bacia hidrográfica
I. Agência Nacional de Águas (Brasil) II. Cardoso Neto, Antonio III. Título

CDU 556.08 (81)

5

*DO QUE É FEITO
O NOSSO PLANETA?*

19

*O QUE É O
CICLO HIDROLÓGICO?*

39

*O QUE É
BACIA HIDROGRÁFICA?*

9

*POR QUE O NOSSO
PLANETA SE CHAMA TERRA?*

25

*A ÁGUA É
FARTA OU ESCASSA?*

43

*PARA QUE MEDIR A
VAZÃO DE UM RIO?*

13

*EXISTE MUITA
ÁGUA NO MUNDO?*

29

*COMO É USADA
A ÁGUA NO MUNDO?*

47

*COMO MEDIR A
VAZÃO DE UM RIO?*



DO QUE É FEITO O NOSSO PLANETA?

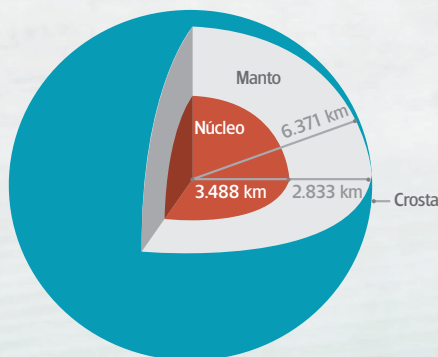
O planeta em que vivemos, chamado Terra, tem a forma aproximada de uma esfera, com pouco mais de 12.000 quilômetros de diâmetro, e gira em torno de uma estrela que chamamos de Sol. Para os propósitos desta cartilha, o assunto que nos interessa é a composição deste planeta, que, para simplificar, dividimos em Núcleo (interno e externo), Manto e Crosta.

O Núcleo interno é representado como uma figura quase esférica, de uns 2.500 quilômetros de diâmetro, constituída basicamente de ferro e níquel, submetida a uma pressão tão gigantesca que se

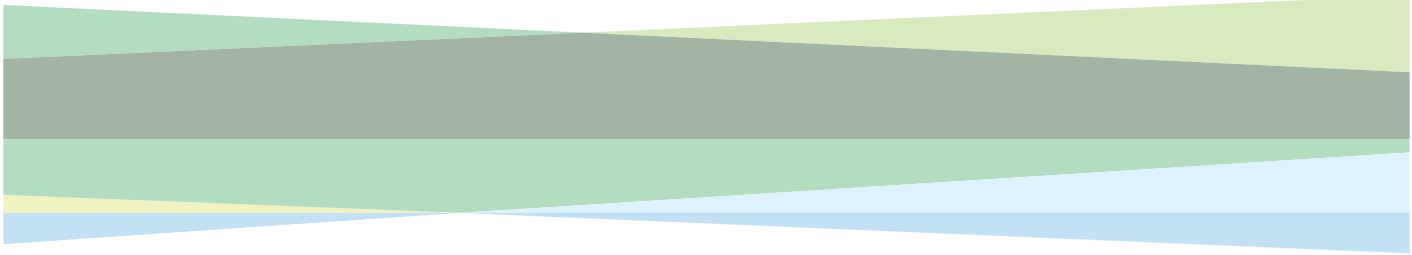
mantém sólida, mesmo estando a uma temperatura de quase 6.000° C. Envolvendo o Núcleo interno há o Núcleo externo, constituído de uma camada viscosa de quase 2.300 quilômetros de espessura, sendo composto do mesmo material do Núcleo interno e com aproximadamente a mesma temperatura, porém, por estar sujeita a uma pressão menor, apresenta-se como uma camada de metal derretido.

O Manto, que envolve o Núcleo, é formado por uma camada pastosa de uns 2.800 quilômetros de espessura, composta por substâncias ricas em ferro e magnésio.

A Crosta é uma capa que reveste o Manto e é basicamente composta de silicatos de



Composição geológica do planeta.



alumínio, cuja espessura varia de 40 a 70 quilômetros.

Esta bola está envolta por uma tênue camada de gás que vai tornando-se cada vez mais rarefeita à medida que se afasta da superfície. Essa camada gasosa, denominada Atmosfera, é dividida basicamente em cinco subcamadas.

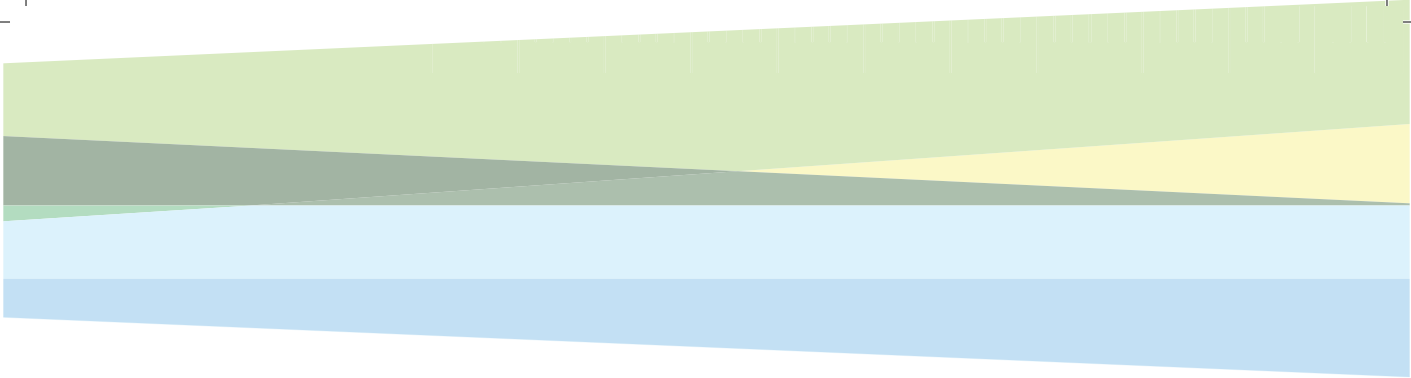
A que fica imediatamente sobre a Crosta Terrestre é chamada Troposfera. Mais de 80% de toda a massa atmosférica fica nessa camada, que tem de 12 a 17 quilômetros de espessura. Uma característica importante da Troposfera é o fato de que a temperatura diminui à medida que a altitude aumenta. De maneira geral, a cada quilômetro que

subimos, a temperatura diminui de $5^{\circ}C$ a $7^{\circ}C$. É por isso que os cumes das cordilheiras mais altas estão eternamente cobertos por neve. As nuvens estão confinadas à Troposfera, nela ocorrem as chuvas, os furacões e os tornados. Quase todo o vapor d'água está na Troposfera. No topo dessa camada, há uma estreita faixa conhecida pelo nome de Tropopausa, em que a temperatura cessa subitamente de diminuir com a altitude.

A seguir, há uma camada de cerca de 30 quilômetros, denominada Estratosfera, cuja característica principal é o aumento da temperatura com a altitude. Na Estratosfera ainda há um pouco de vapor d'água, mas os fenômenos atmosféricos

mais importantes decorrentes da água na Atmosfera não ocorrem nessa camada. Depois da Estratosfera há uma zona de transição em que a temperatura se mantém aproximadamente constante, chamada Estratopausa. Daí vem a Mesosfera, com uns 35 quilômetros de espessura, na qual a temperatura volta a diminuir com a altitude. A seguir, vem a Mesopausa, que é uma faixa em que são encontradas as temperaturas mais baixas do planeta. Depois da Mesopausa, a temperatura volta a aumentar substancialmente à medida que a altura aumenta, na camada conhecida como Termosfera, que chega a ter de 350 a 800 quilômetros. Por fim, há uma breve faixa de transição, chamada Termopausa, a que se segue





a Exosfera, uma camada rarefeita em que vagam solitárias algumas moléculas de hidrogênio e de hélio, além da qual está o vazio entre os corpos celestes, chamado Espaço Sideral.


Nem todos os fenômenos atmosféricos decorrem da presença de água, o que faz que também ocorram fenômenos importantes além da troposfera, como, por exemplo, as auroras polares, que costumam ocorrer a uma altura de aproximadamente 150 quilômetros. Em termos práticos, podemos considerar que a atmosfera que separa a Crosta Terrestre do Espaço Sideral tem uns 200 quilômetros de altura.

Para que possamos conceber essas proporções, imaginemos

uma bola de futebol feita de couro. A bola de futebol oficial tem 22 centímetros de diâmetro, e o couro de que é feita é uma capa com menos de 2 milímetros de espessura. A nossa bola, em vez de estar cheia de ar, está cheia de uma liga metálica.


Na capa de couro da bola estão os cumes de todas as montanhas e os fundos de todos os mares; é nela que estão as nossas indústrias e as minas mais profundas; é nela que estão as cidades, as plantações, os desertos e as florestas; é nela que jazem os restos dos dinossauros e o petróleo; deslizam rentes a ela nossos aviões mais possantes; a atmosfera é uma película gasosa com 4 milímetros de espessura; as estações orbitais em

que trabalham alguns cosmonautas e a maioria dos satélites artificiais giram em torno da bola, descolados a pouco mais de 5 centímetros de sua capa de couro. Vivemos todos na superfície dessa capa.

Há um pequeno número de artefatos em órbita, utilizados basicamente para telecomunicação (denominados **satélites geoestacionários**) que, nessa proporção, situam-se a uns 65 centímetros da bola. A Lua, o lugar mais distante a que já chegaram alguns poucos indivíduos de nossa espécie, é uma bola de tênis a pouco mais de 7 metros de distância. O Sol é uma bola de 25,66 metros de diâmetro, a 2.750 metros de distância da nossa bola de futebol 







POR QUE O NOSSO PLANETA SE CHAMA TERRA?

Sabemos que cerca de 70% da superfície da Terra é coberta por mares e oceanos. O restante da área é ocupado pelos continentes e pelas ilhas, ou seja, por aquilo que nos acostumamos a chamar de **terra firme**. Devido a isso, há quem defenda que o planeta deveria chamar-se Água, e não Terra.

A Fossa das Marianas, situada a mais de 2.500 quilômetros a leste do arquipélago das Filipinas, é o lugar mais profundo do oceano, com quase 11 quilômetros de



profundidade. No entanto, a profundidade média dos oceanos não chega a 4 quilômetros. Isso significa que todos os mares e oceanos do mundo podem ser representados pela fina camada de tinta com que está pintado o couro da nossa bola de futebol, além disso, não se esqueça de que é apenas 70% da tinta.

Todos sabemos que uma molécula de água é composta de um átomo de oxigênio e dois de hidrogênio. Cerca de 20% da atmosfera é composta por oxigênio, mas apenas uma ínfima parte de seus átomos está combinada com hidrogênio.

O elemento mais abundante na Terra é o ferro, compondo

mais de 1/3 da massa do planeta. Não há registro em nenhum idioma de que o nome do planeta em que vivemos e o do elemento ferro sejam palavras homônimas.

Porém, podemos observar que muitos nomes de lugares referem-se à terra de algum povo: Inglaterra significa Terra dos Anglos, antigos habitantes das ilhas britânicas; Suazilândia, Terra do Povo Suazi. Denominamos o lugar onde nascemos de terra natal. Depois de meses no mar, o som pelo qual os marinheiros mais anseiam é o grito de "terra à vista"! Por sermos animais terrestres, presume-se que chamemos nosso planeta de Terra, no sentido de lar 🌊





Foto: Zig Koch / Banco de Imagens da ANA



EXISTE MUITA ÁGUA NO MUNDO?

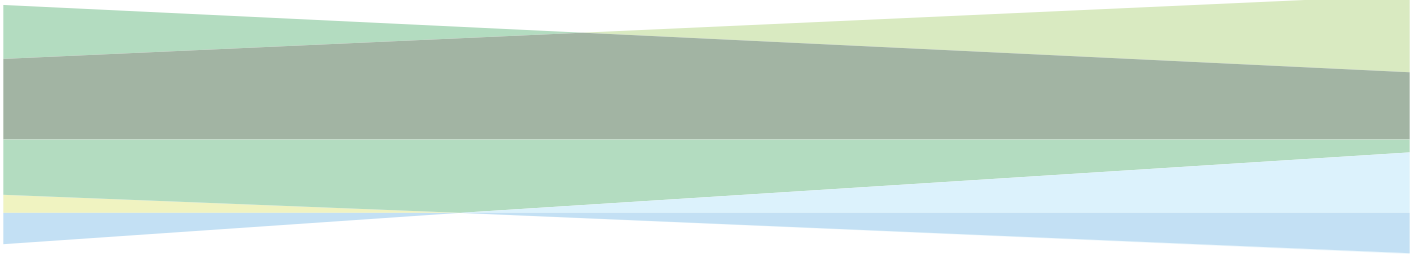
Há muito mais animais e plantas no mar do que em terra firme. Abastecemos-nos com muitos deles. Os portugueses, os gregos, os holandeses, os chilenos, os japoneses, os noruegueses e muitos outros povos possuem dietas baseadas grandemente no que lhes fornece o mar. Porém, por ser salgada, essa água toda não se presta ao consumo direto dos animais terrestres (entre os quais nos incluímos) nem à irrigação das plantas terrestres que alimentam esses animais.

Estima-se que 96,54% da água que existe no mundo esteja no mar. Há também muitos lagos salgados e presume-se que mais da metade da água subterrânea também seja salgada. No cômputo geral, portanto, podemos dizer que 97,5% da água que existe é salgada.

Apesar de o sal poder ser separado da água por meio de usinas de dessalinização, recorrer a tal procedimento só se justifica em casos extremos, devido, principalmente, ao dispêndio descomunal de energia no processo.

O Coveite é um país árabe do Golfo Pérsico, mais conhecido entre nós pelo nome inglês Kuwait. A quase totalidade da energia elétrica consumida no Coveite provém de centrais movidas a gás natural. Parte desta energia é utilizada pelas usinas de dessalinização para produzir água potável. Não é de causar surpresa o fato de os coveitianos pagarem mais por um litro de água do que por um litro de gasolina.

Entre os 2,5% do volume restante, há ainda muita água que não é salgada, mas que não é propriamente doce. É a chamada água salobra, o que significa que é “um pouquinho” salgada. Essa **água salobra** pode ser encontrada em alguns lagos, lagoas, deltas,



pântanos e até no solo. Embora as técnicas de dessalinização de águas salobras sejam mais simples que as de água salgada, continuam sendo financeiramente dispendiosas, principalmente por conta da energia requerida pelos processos. De qualquer maneira, no contexto desta cartilha, podemos considerar como sendo doce toda água que não é salgada. Dessa forma, podemos considerar que 2,5% da água que existe no mundo é doce.

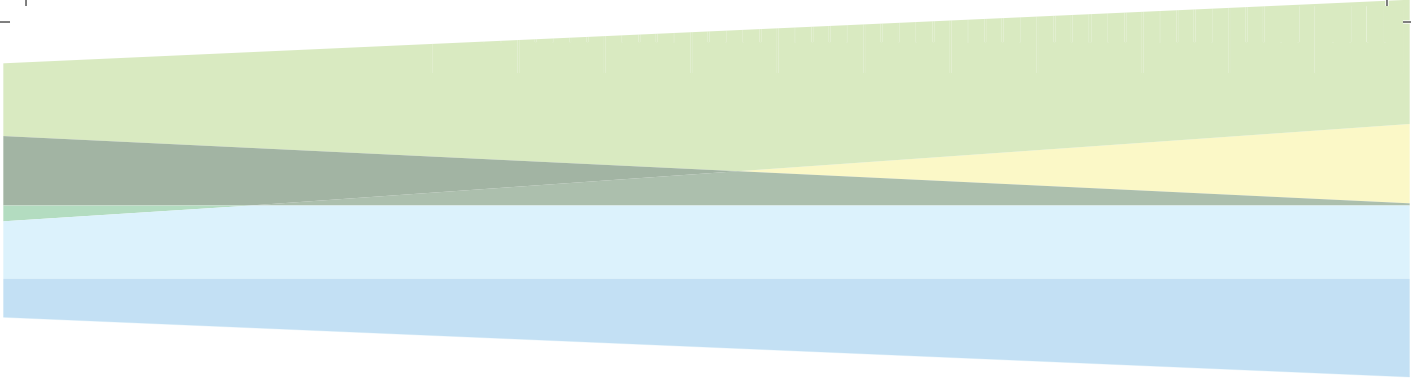
Acontece que mais de 2/3 da água doce fica nas geleiras e na cobertura permanente de neve sobre as montanhas e as regiões polares. O uso dessa água pela sociedade requereria um esforço colossal de transporte, com consumo energético talvez

superior ao requerido pelos processos de dessalinização.

Resta ainda quase 1/3 da água doce existente. Contudo, mais de 96% dessa água doce restante está confinada nos poros ou entranhada nas fissuras das rochas subterrâneas, em formações conhecidas como **aquíferos**. De acordo com diversos estudos confiáveis, cerca de 20% do suprimento de água no mundo é proveniente de água subterrânea. O esforço utilizado para a captação da água subterrânea é inferior ao que seria necessário para obter a mesma quantidade de água por meio de dessalinização ou de transporte de geleiras. Infelizmente, boa parte da água doce encerrada em depósitos

subterrâneos está em repouso há milhões de anos e, uma vez utilizada, não é devolvida aos locais em que jazia. De maneira similar ao que ocorre com o petróleo, essas águas (conhecidas como **águas fósseis**) constituem um recurso não renovável. Há, no entanto, alguns aquíferos de água doce que a própria natureza se encarrega de recarregar e, se forem bem administrados, podem fornecer água de boa qualidade durante um período teoricamente infinito.

Ainda resta um pouco de água doce (pouco mais de 0,3%). Porém, mais de 3/4 desse volume restante são placas de gelo flutuantes, estão em pântanos ou em forma de umidade do solo em grande parte



permanentemente congelado. O acesso a essa água também exigiria um esforço considerável por parte da sociedade.

A outra quarta parte que restou está nos rios e nos lagos, na atmosfera — em forma de vapor e de nuvens — e na composição do corpo dos vegetais e dos animais da Terra.

Para percebermos essas proporções, podemos proceder da seguinte forma:

1. Enchemos de água 2 garrafas de 1 litro cada.
2. Abrimos uma das garrafas e, com um conta-gotas¹,

transferimos 694 gotas para um copo.

3. A seguir, pingamos 304 gotas que estavam na garrafa em uma caneca.
4. Pingamos 9 gotas em uma xícara.
5. Pingamos 3 gotas em um pires. Se o conta-gotas ainda tiver água dentro, recolocamos esse excesso de água na garrafa e a fechamos.

Coloquemos esses recipientes lado a lado e imaginemos que toda a água que existe no mundo possa ser representada por 2 litros. Poderemos notar que uma garrafa nem foi tocada,

e que a outra continua quase cheia. A água das garrafas representa a água salgada.

A água que está no copo equivale, em nossa escala, à água doce das geleiras dos polos e das neves eternas das montanhas. A água da caneca faz o papel da água doce subterrânea. A que está na xícara é a água dos pântanos e dos solos.

Restam três gotas no pires. Além da água doce dos rios e dos lagos, essas gotas também representam a água que está na atmosfera e a que compõe os corpos de todos os seres vivos.

>> 1 O volume de uma gota de água destilada a 25° C produzida por um conta-gotas padrão é de 1/20 de mililitro (em outras palavras, um litro tem cerca de 20.000 gotas).

Após compararmos a ocorrência da água doce disponível com toda a água existente, que, por sua vez, já havia sido comparada com a composição geológica do planeta, chegamos à conclusão de que a água que pode ser usada pela sociedade é, na verdade, um recurso extremamente escasso.

Olhemos para as três gotinhas solitárias no pires. Se pudéssemos dividi-las em 140 partes iguais, 122 dessas partes

representariam a água doce dos rios e dos lagos, 17 partes comporiam a água que circula na atmosfera e 1 parte representaria a água presente nos corpos de todos os seres vivos.

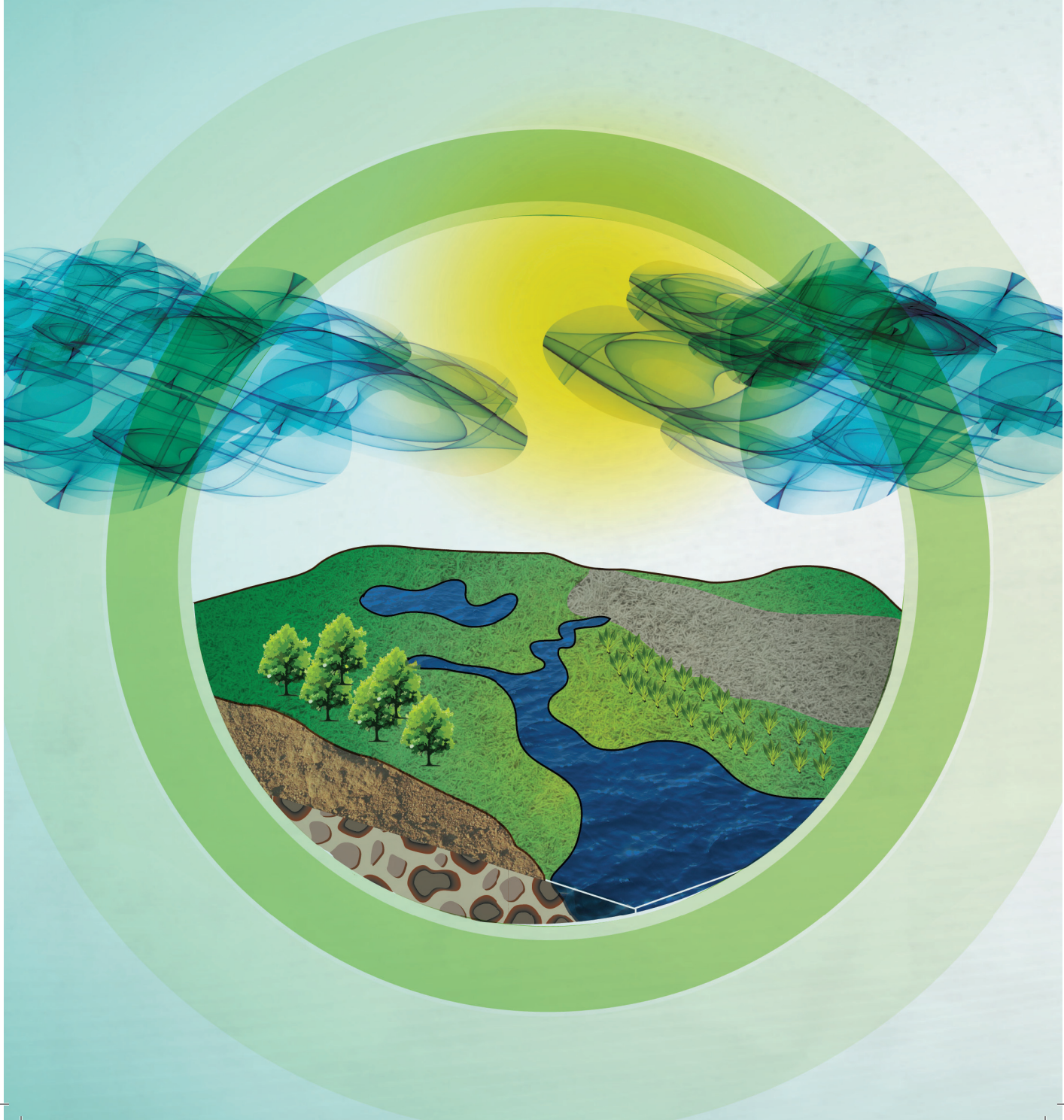
Ao focarmos nossa atenção apenas nessas três gotas, concluímos que a água doce dos rios e dos lagos é cerca de 122 vezes maior que a água contida em todos os animais e vegetais da Terra. Há, portanto, água em abundância para

a manutenção da vida. Visto por este prisma, a água é um recurso bem farto.

Chegamos a duas conclusões até certo ponto contraditórias e não respondemos satisfatoriamente à pergunta se a água é um recurso escasso ou abundante. Antes de afirmarmos qualquer coisa de maneira categórica, temos de considerar outros fatores que serão esclarecidos ao respondermos a outras perguntas mais adiante 💧




Foto: Zlg Koch / Banco de Imagens da ANA





O QUE É O CICLO HIDROLÓGICO?



Ao falarmos agora há pouco da quantidade de água que há no mundo, e mesmo quando falamos sobre a água representada pelas gotas no pires, não fizemos qualquer referência, por exemplo, ao fato de que a água na Atmosfera se transforma em nuvens e, posteriormente, em chuva; omitimos mencionar que as águas dos rios correm e que as dos lagos também não ficam paradas e que

os organismos se reproduzem e morrem para dar lugar aos mais jovens. Em resumo, não nos referimos ainda ao fato de que toda a água do mundo está em constante movimento. Os valores de que falamos são valores médios.



O movimento da água na Terra é uma sucessão de deslocamentos e mudanças que se denomina **Ciclo Hidrológico**.


Uma minúscula parte da energia emanada pelo Sol chega à Terra em forma de luz e calor. Ao aquecer a superfície na qual há água, ocorre a evaporação da superfície. Já sabemos que a maior parte da superfície em que há água é a dos oceanos e dos mares. A superfície líquida transforma-se em vapor d'água que inicia seu movimento de ascensão na atmosfera, deixando o sal para trás. Ao subir na Troposfera, essa água destilada, em forma de vapor, vai se tornando cada vez mais fria. Os movimentos complexos das gotículas

acabam por fazê-las se chocarem entre si e se unirem em gotas maiores, fenômeno conhecido como **coalescência**, formando as nuvens.

Fenômenos altamente complexos – em que influem o calor do sol, a rotação da Terra, a conformação dos continentes e a temperatura dos oceanos entre inúmeros outros – fazem que a atmosfera se movimente.

Os ventos carregam as nuvens para lugares distantes de onde se originaram as gotículas de vapor. As gotas são mantidas suspensas, devido a movimentos turbulentos no interior das nuvens. Esses movimentos caóticos e

bruscos permitem que as gotas não caiam, mas também fazem que a coalescência ocorra com maior frequência, acarretando aumento do tamanho das gotas. Ao atingirem determinado tamanho, as gotas, até então sustentadas pelas correntes de ar, tornam-se suficientemente pesadas para que a atração gravitacional as faça se precipitarem de volta à superfície. Dependendo das condições atmosféricas elas podem chegar à superfície em forma de pequenas esferas de gelo (granizo), flocos gelados (neve) ou simplesmente como gotas de água (chuva). Embora o granizo, a neve e a chuva sejam diferentes manifestações do que se conhece



por precipitação, chamaremos, nessa cartilha, de chuva, qualquer precipitação. Como é de se esperar, a maior parte da chuva cai no oceano.

Em terra firme, as chuvas podem cair nas regiões urbanas ou nas zonas rurais. As que caem nos telhados das casas se concentram nas calhas. Daí escorrem para pavimentos e vias públicas, onde são coletadas pelas galerias pluviais que as escoam para os rios.

As chuvas que caem nos campos encharcam as folhas das árvores e escorrem pelos caules, atravessam os vãos entre as folhas e chegam ao chão, preenchem as tocas dos animais e os troncos ocos. As primeiras

gotas a tocar o solo começam a se infiltrar nos poros da terra. A água que se infiltrou no solo começa a se movimentar lentamente, cada vez mais em direção ao fundo. Os vegetais aproveitam para absorver essa água por meio de suas raízes. A água que chegou a um ponto mais abaixo das raízes pode continuar seu movimento descendente até chegar a um lugar onde não há mais poros vazios. Essa região onde todos os poros estão saturados de água é chamada de **lençol freático**, sendo a água subterrânea de mais fácil acesso. É aquela água que fica no fundo daqueles poços tão comuns na zona rural. Mas a água pode continuar descendo até encontrar uma rocha, penetrar por suas fendas

e ir parar em locais de acesso difícil e dispendioso embaixo das rochas impermeáveis. Esses são os chamados **lençóis cativos** ou **aquíferos confinados**. Muitas vezes, devido à conformação topográfica ou a rachaduras nas rochas, os lençóis freáticos e até mesmo os cativos afloram na superfície e formam os chamados olhos d'água, minas ou fontes. Alguns riachos são formados por essas minas. Parte da água subterrânea pode aflorar no mar.

Se a intensidade da chuva for superior à capacidade do solo de absorver a água, as depressões na superfície do solo começam a se alagar. Se a chuva continuar, esses alagados começam

a transbordar e surgem pequenos filetes d'água nos terrenos. Os filetes vão se juntando e formando enxurradas que vão descendo as colinas, se dirigindo aos fundos dos vales e correndo para os rios. Esse excesso de água é levado pelos rios, que desembocam em outros, e assim por diante, até chegar ao mar. Durante esse

trajeto, a água da superfície dos rios e dos lagos não para de se evaporar.

A água absorvida pelas plantas participa do processo metabólico de seu crescimento corporal. Um dos processos é a transpiração, que devolve parte da água absorvida para a atmosfera em forma de vapor.


O Ciclo Hidrológico é um processo em que intervêm incontáveis fatores. Há pessoas que dedicam a vida inteira ao aprofundamento de seus detalhes, e existem instituições de pesquisa que tratam exclusivamente dessa sequência intrincada de fenômenos. Mas, de maneira geral, você já sabe do que se trata 



Foto: Zig Koch / Banco de Imagens da ANA





A ÁGUA É FARTA OU ESCASSA?

Uma das conclusões a que havíamos chegado foi que, até certo ponto, há abundância de água disponível no mundo.

Porém, a abundância de água doce diz respeito apenas a valores médios. A distribuição de água doce no mundo está longe de ser homogênea. Por um lado, nas selvas tropicais da Amazônia, do Congo

e de Bornéu, por exemplo, há grande quantidade de água e uma variedade enorme de fauna e de flora. Por outro lado, nas vastidões dos desertos de Atacama, de Gobi e do Saara, a água é quase inexistente, e os vegetais e animais resumem-se a

pouquíssimas espécies com um número também muito reduzido de indivíduos. Em suma, a vida em terra firme se concentra onde há abundância de água e escasseia nas regiões em que a água é rara. De qualquer forma, com sua distribuição não uniforme, a água doce que existe é suficiente para a manutenção da fauna e da flora existentes na natureza.

Assim foi durante milhões de anos. Porém, a difusão da humanidade em praticamente todos os quadrantes da Terra, o surgimento das comunidades humanas nos mais diversos lugares do mundo, a diversidade de tarefas dos grupos da sociedade, a especialização dos inúmeros serviços dos indivíduos, o desenvolvimento tecnológico e a rede cada vez mais emaranhada de atividades humanas passaram

a exigir, cada vez mais, grande variedade de usos da água.

Há lugares, como a Amazônia, onde há uma imensidão de água doce e poucos habitantes e lugares no Sertão do Nordeste em que os poucos rios chegam a secar por completo de tempos em tempos, e concentram uma população consideravelmente grande.

O fato de determinada água não ser salgada não é condição suficiente para que ela possa ser consumida. Na região Sudeste do Brasil, há problemas seriíssimos com relação à má qualidade da água. Existem muitas enfermidades cujo principal veículo de propagação é a água. São as chamadas **doenças de veiculação hídrica**. Água doce não significa água limpa.

Também tínhamos visto que a água se movimenta o tempo todo. Tal propriedade da água faz que, mesmo em lugares em que há normalmente água em abundância, surjam às vezes épocas prolongadas de estiagem, com consequências às vezes devastadoras. Outras épocas há em que o excesso de água pode causar graves calamidades, como é o caso de inundações das várzeas dos rios e deslizamentos de encostas de morros.

Assim sendo, do ponto de vista da civilização, concluímos que a água, devido à sua mobilidade e à sua distribuição não uniforme, deve ser considerada como sendo um recurso limitado, cujos usos devem ser planejados da maneira mais eficiente possível 💧



Foto: Zig Koch / Banco de Imagens da ANA



COMO É USADA A ÁGUA NO MUNDO?

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), há evidências de que atualmente cerca de 54% da água doce acessível contida em rios, lagos e aquíferos já esteja sendo utilizada pela sociedade. Em termos globais, 69% dessa água destina-se à irrigação das lavouras, 23% é usada pela indústria e 8% destina-se aos diversos usos domésticos.

Assim como a distribuição da água doce no mundo não é uniforme, também não é o seu uso. Por exemplo, 88% da água captada pelos africanos destina-se à agricultura, enquanto os europeus utilizam para a irrigação apenas 33% da água que captam; 13% da água captada pelos europeus é gasta em usos domésticos, ao passo que os africanos usam 7% do que captam para suas necessidades básicas; enquanto a indústria europeia consome 54% da água captada, o parque industrial africano emprega somente 5% da água obtida.

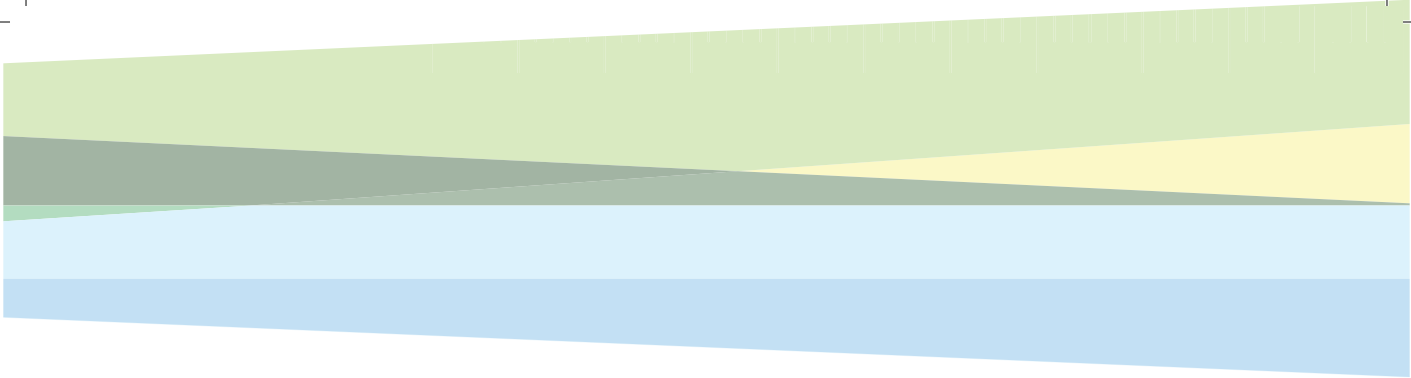
Ainda segundo as informações oficiais das Nações Unidas, um bilhão de pessoas não têm acesso a água potável de qualidade confiável, e dois bilhões e meio vivem em condições sanitárias inadequadas.

Os dados fornecidos pelas agências internacionais que tratam dos recursos hídricos não são nada animadores: 70% dos dejetos industriais nos países em desenvolvimento são despejados diretamente nos corpos d'água, sem qualquer tipo de tratamento. Estima-se que 2 milhões de toneladas de dejetos humanos são despejados diariamente nos rios, na forma de esgoto bruto; cerca de 1/5 da humanidade vive em locais nos quais o uso a água excede os níveis mínimos

Utilização da água relacionada com usos e funções		
Utilização	Usos consuntivos	Usos não consuntivos
Doméstica	Bebida, alimentação, higiene, limpeza, saúde, climatização, decoração/paisagismo	
Pública (municipal/urbana)	Limpeza, irrigação de jardins, fontes decorativas e combate a incêndio/segurança	Lazer
Agricultura/pecuária	Agricultura irrigada, dessedentação de animais (bebida), geração de alimentação para pecuária e higiene	Piscicultura, aquíicultura
Industrial/ agroindustrial	Produção com uso de água no processo de fabricação, reprocessamento, refrigeração, higiene, limpeza e preparo de alimentos	Conservação, transporte hidráulico
Energética		Hidroeletricidade, refrigeração e produção matriz
Navegação		Transporte e suporte aos meios de transporte
Recreação/lazer	Paisagismo, efeito estético e turismo	Desporte e lazer
Águas minerais/ termais/terapêuticas	Bebida e alimentação	Lazer, turismo, saúde e terapêutica
Diluição/destino final (rejeição)	Diluição, transportes de resíduos e recuperação dos corpos d'água	(1)
Controle/ecológica		Controle de cheias, microdrenagem urbana, drenagem agrícola, macrodrenagem, controle de erosão/assoreamento e conservação da flora e da fauna (proteção de ecossistemas)

Fonte: adaptado de Frade e Alves (1991).

(1) Do ponto de vista de quantidade e qualidade da água e de sua utilização, há situações em que ela pode ser considerada como uso não consuntivo.



de recarga, o que tem levado à diminuição gradual da água disponível. A continuar inalterada a tendência atual, 1 bilhão e 800 milhões de pessoas estarão vivendo com escassez absoluta de água, e 2/3 da população mundial pode passar a viver sob condições de escassez moderada, por volta de 2025.

AGRICULTURA E SAÚDE

As práticas ineficientes de irrigação e drenagem em diversas regiões têm levado à salinização e à erosão de aproximadamente 10% das terras irrigadas do mundo.

Estima-se que o consumo de água pela agricultura na Península Arábica, no Norte

Consumo de água no mundo						
	Mundo	Am. NC	Am. Sul	África	Ásia	Europa
Doméstico	8	8	14	6	6	18
Industrial	22	41	24	4	8	34
Agrícola	70	51	58	90	86	52

da África, nos Estados Unidos, na Índia e na China supera em 160 trilhões de litros por ano a capacidade de recarga natural dos corpos d'água de que se utilizam. Essa quantidade equivale à vazão de quase três rios do porte do São Francisco.

A agricultura é a maior responsável pela diminuição da água armazenada nos aquíferos. Ademais, a produção de alimentos é imprescindível para a humanidade. Há pesquisas que indicam que 60% das cidades

europeias com mais de 100.000 habitantes estão retirando água dos reservatórios subterrâneos a taxas de extração superiores à capacidade de recarga.

Um estudo da FAO demonstrou que, durante o século passado, enquanto a população mundial triplicou, o consumo de água aumentou mais de seis vezes. O consumo global de água tem dobrado a cada 20 anos, ao mesmo tempo em que a extração a taxas superiores às da reposição, somada ao aumento

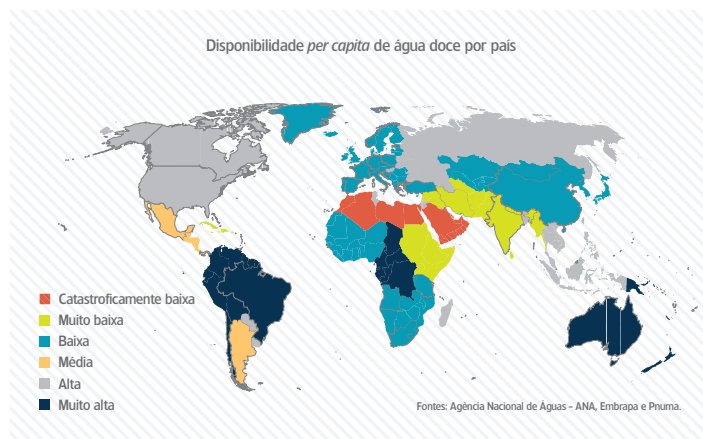
paulatino da poluição, vem reduzindo a cada dia que passa a capacidade natural de suprir essa crescente demanda por água.

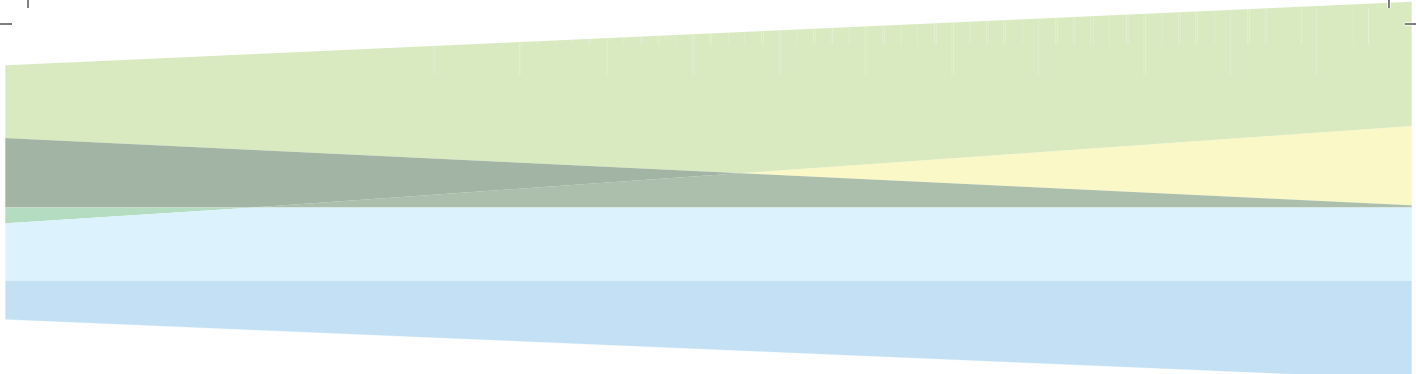
Presume-se que em 1989 cada pessoa dispunha de 9.000.000 de litros de água doce para gastar durante o decorrer do ano. Esse valor caiu para 7.800.000 litros no ano 2000, e as previsões indicam que deverá baixar para 5.100.000 litros em 2025. Se o consumo de água continuar a crescer nas taxas atuais, estima-se que, por volta de 2025, a humanidade estará usando 90% das fontes renováveis de água doce disponíveis na Terra.

A taxa incessante de aumento populacional tem feito que a demanda por água doce cresça em 64 trilhões de litro por ano

a cada ano. Esse valor é aproximadamente igual à vazão média da foz do rio São Francisco. Para classificar a “saúde hídrica” das nações, adota-se o critério de que um país está sob estresse hídrico se a reserva anual de água for inferior a 1.700 metros cúbicos *per capita*. Se esse parâmetro for inferior a 1.000 metros cúbicos, diz-se que o

país enfrenta escassez severa. Estima-se que 54 países estarão enfrentando escassez severa, por volta de 2050. De acordo com as projeções demográficas, a população desses países será de 4 bilhões de pessoas, ou 40% da população global projetada para essa época. As regiões mais preocupantes são o continente africano e o Oriente Médio.





Relatórios da ONU sugerem que cada pessoa necessita diariamente de 20 a 50 litros de água doce de qualidade aceitável para garantir suas necessidades básicas de dessedentação, alimentação e higiene. Em um grupo de seis pessoas, pelo menos uma delas não tem acesso a essa quantidade mínima de água doce de qualidade aceitável.

Em termos globais, a diarreia é a principal causa de enfermidades e de morte. Aproximadamente 88% das mortes por diarreia são causadas por falta de saneamento básico, por ingestão de água infectada e por escassez de água para asseio pessoal. Dois bilhões e meio de pessoas, incluindo um bilhão de

crianças, vivem desprovidas das mais elementares condições sanitárias. Calcula-se que a cada 20 segundos morre uma criança vitimada pela falta de saneamento. Ainda de acordo com a ONU, de cada 25 dólares gastos pelos governos africanos ao sul do Sahara, 3 dólares são consumidos para o tratamento de diarreia. Mais da metade dos leitos hospitalares da África Sub-sahariana estão continuamente ocupados por pacientes em tratamento de doenças causadas por má qualidade da água.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que cada pessoa deve beber de 2 a 4 litros de água diariamente. Segundo cálculos da FAO, a alimentação diária de

uma pessoa exige de 2.000 a 5.000 litros para ser produzida.

A título ilustrativo, podemos citar que a produção de 1 quilograma de arroz (que sabemos ser um dos cereais mais consumidos no mundo) consome de 1.000 a 3.000 litros de água, desde sua germinação até a colheita; a de um quilograma de carne bovina, de 13.000 a 15.000 litros.

Na maioria dos cultivos, a irrigação artificial duplica (chegando até a quintuplicar) a produtividade agrícola. Atualmente, a agricultura artificialmente irrigada é responsável por 40% da produção.

Devido ao aumento populacional contínuo, as estimativas da FAO



Água na produção de bens industriais

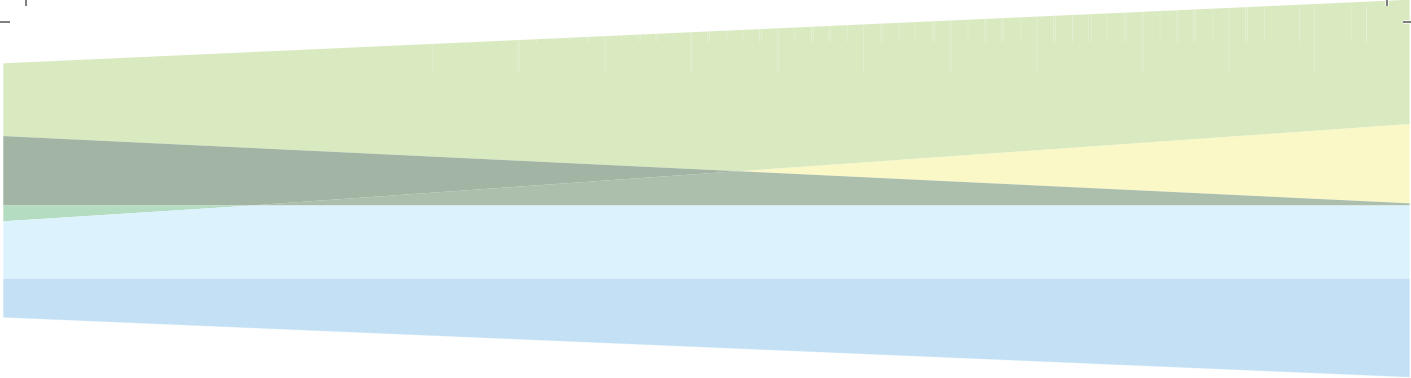
Produto	Unidade	Litros de água
Automóvel	Veículo	38.000
Cimento portland	Tonelada	550 a 2.500
Revestimento cerâmico	Tonelada	1.800 a 2.000
Carvão de pedra (hulha)	Tonelada	1.000 a 3.000
Explosivos	Tonelada	80.000 a 83.500
Vidro	Tonelada	88.000
Lavadora	T (produto lavado)	30.000 a 50.000
Couro	Tonelada	50.000 a 125.000
	m ² de couro	20 a 440
	m ² (pela peq. animais)	110
Borracha sintética - butadiene bunas - grade GR-S	Tonelada	83.500 a 2.750.000
	Tonelada	125.000 a 2.630.000
	Tonelada	117.000 a 2.800.000
Polvilho/amido	Tonelada	10.000 a 18.000

Fonte: WE (1990).

A água na produção de alimentos

São necessários	Água necessária para produzir 1 kg de alimento	
	Produto 1 kg	Água necessária (litros)
2.000 litros de água para cultivar 1 quilograma de soja	Batata	500
	Trigo	900
	Alfafa	900
500 litros de água para cultivar 1 quilograma de batatas	Sorgo	900
	Milho	1.100
100.000 litros de água para criar 1 boi (manutenção, pastagens e rações)	Arroz	1.900
	Soja	2.000

Fonte: Bioscience pesquisadores da Universidade de Cornell / David Pimentel (1997).



são de que até 2050 a água do mundo deverá ser capaz de sustentar sistemas agrícolas que possam alimentar e criar condições de vida para 2 bilhões e 700 milhões de pessoas a mais do que as que existem nos dias de hoje. Não nos esqueçamos de que atualmente já há muita gente passando fome.

A área artificialmente irrigada em todo o mundo é de 277 milhões de hectares², que corresponde a 1/5 de toda a área cultivável do planeta. Os restantes 80% da terra arável utilizam água diretamente da chuva.

O IPCC³ prevê que, em decorrência das mudanças

climáticas globais, a área agrícola que depende diretamente da chuva deverá sofrer uma redução de 50% até 2020. O Painel também conjectura que, devido às mudanças climáticas, a neve e o gelo da Cordilheira do Himalaia – cuja regularidade sazonal do degelo garante uma enorme quantidade de água para a agricultura asiática – deverão ter sofrido uma redução de 20% por volta de 2030.

O aumento do uso de fertilizantes na produção de alimentos e seu despejo nos corpos d'água durante as três últimas décadas dão a entender que haverá um aumento em nível

global entre 10% e 20% na descarga de nitrogênio para os rios e daí para os ecossistemas costeiros. Hoje em dia, o setor de alimentação dos países ricos é responsável por 40% da produção de poluentes orgânicos de suas águas; os países pobres, por 54%.

ENERGIA

A geração de energia elétrica por meio de usinas hidroelétricas é a fonte de energia renovável mais amplamente usada no mundo, representando 19% da produção mundial de eletricidade. Os dados de diversas organizações da ONU dão conta de que a maioria das áreas inundadas

>> 2 Um hectare corresponde a 10.000 metros quadrados. Em outras palavras, é um quadrado de 100 metros de lado.

3 Sigla inglesa do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (International Panel on Climatic Change).

pelos reservatórios criados para a geração de energia elétrica e/ou irrigação são terras produtivas. A propósito, estima-se que a irrigação proveniente de reservatórios artificiais é responsável pela produção de 16% da comida do mundo. Além disso, a produção de energia elétrica por meios hidráulicos (o que se chama **hidroeletricidade**) desempenha um enorme papel na redução de gases de efeito estufa quando comparada com as usinas termoelétricas a carvão ou óleo diesel. Segundo cálculos de agências internacionais das Nações Unidas, se metade do potencial hidroelétrico ainda

intocado fosse utilizado em substituição às usinas termoelétricas, as emissões de gases de efeito estufa poderiam ser reduzidas em cerca de 13% da atual taxa de emissão. Porém, não se pode perder de vista que a construção de represas modifica as condições biológicas preexistentes, levando a alterações da fauna e flora aquáticas, com consequências muitas vezes dramáticas para a economia, a ecologia, a sociedade e a cultura locais.

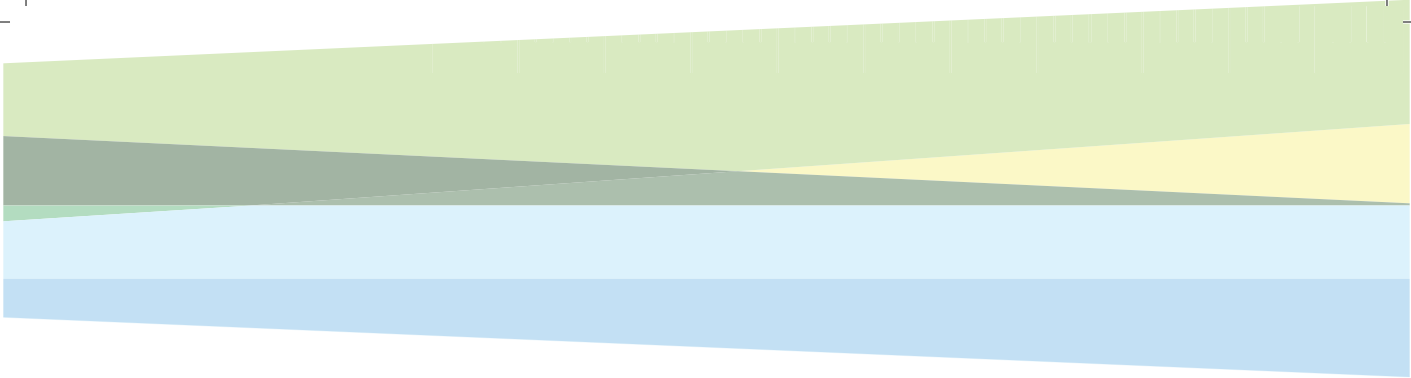
SEGURANÇA

Assim como há tragédias causadas pelos longos períodos de estio, há também as

decorrentes de inundações, avalanches torrenciais e deslizamentos de encostas de morros. De acordo com dados confiáveis⁴, 90% dos desastres naturais ocorridos entre o ano 1991 e o ano 2000 foram calamidades relacionadas à água.

Um outro problema relacionado com os recursos hídricos tem a ver com as relações entre as nações, envolvendo a diplomacia, os serviços de inteligência e até as Forças Armadas. Três em cada quatro países compartilham bacias hidrográficas entre si. Essas bacias, chamadas **bacias transfronteiriças**, são, às vezes, o objeto principal de discórdia entre dois ou mais países. Muitas


>> 4 Programa Mundial de Avaliação de Recursos Hídricos (WWAP/Unesco).

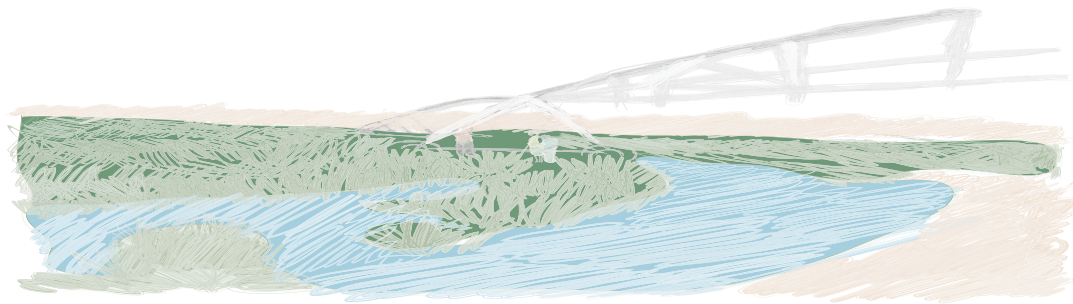


fronteiras são delineadas a partir dos leitos de rios. Em consequência disso, esses rios acabam por serem submetidos a legislações diferentes: há atividades que podem ser feitas na margem direita e são proibidas na margem esquerda; algumas restrições são impostas em uma margem, e outras (às vezes inconciliáveis entre si), na outra margem.

Por ser um recurso escasso, a multiplicidade dos usos da água leva frequentemente a conflitos

pela sua apropriação. Uma represa, por exemplo, pode servir tanto para a geração de eletricidade quanto para o armazenamento de água para irrigação de lavouras ou para o abastecimento de uma cidade. Também pode ser utilizada para regularizar a vazão de um rio e atenuar os efeitos de enchentes. No caso de haver um período de estio muito prolongado, essa mesma represa pode ter de ser utilizada para armazenamento de emergência. A preponderância de um

desses usos pode prejudicar os outros, pois nem sempre esses usos são compatíveis entre si. Não são raros os conflitos entre os setores de transportes, elétrico, pesqueiro, agrícola e ambiental pelos usos destinados à navegação, à geração de energia, à pesca, à irrigação e à preservação natural, respectivamente. Tal conjuntura leva a restrições de uso pelos diversos setores, o que requer planejamento 





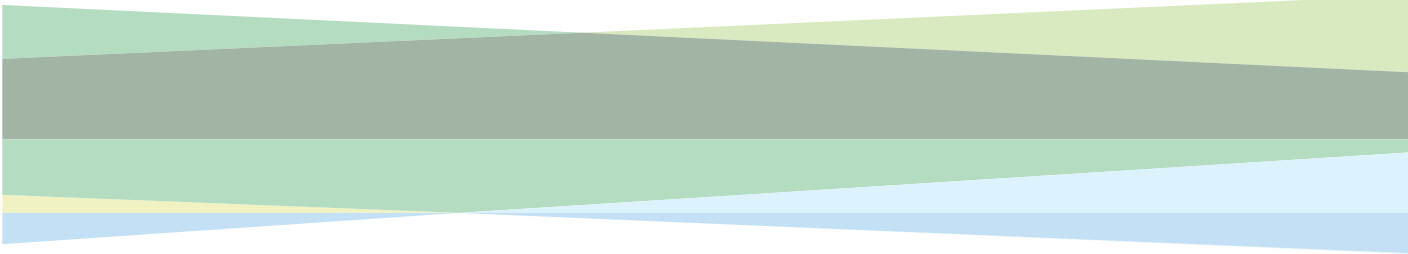
O QUE É BACIA HIDROGRÁFICA?

Agora há pouco falamos em bacia hidrográfica e não explicamos o que vem a ser. Este é um termo que, se você ainda não ouviu falar, deve se preparar para ouvir cada vez mais. Então vamos, em poucas palavras, explicar do que se trata.

Em primeiro lugar, devemos esclarecer que os rios, os ribeirões, os igarapés, os arroios, os

riachos, os córregos e quaisquer corpos d'água que sigam um curso na superfície da terra firme são chamados de **cursos d'água**.

Bacia hidrográfica, também chamada **bacia de drenagem**,



é uma área delimitada da superfície da terra firme em que as águas decorrentes das chuvas ou do derretimento do gelo e da neve das montanhas convergem para um único ponto. Tipicamente, esse ponto é a foz do rio que dá nome à bacia. A bacia é como se fosse um funil que faz que toda a água que entra depois saia por uma área menor que a entrada. A bacia é, portanto, um enorme coletor de água da atmosfera.

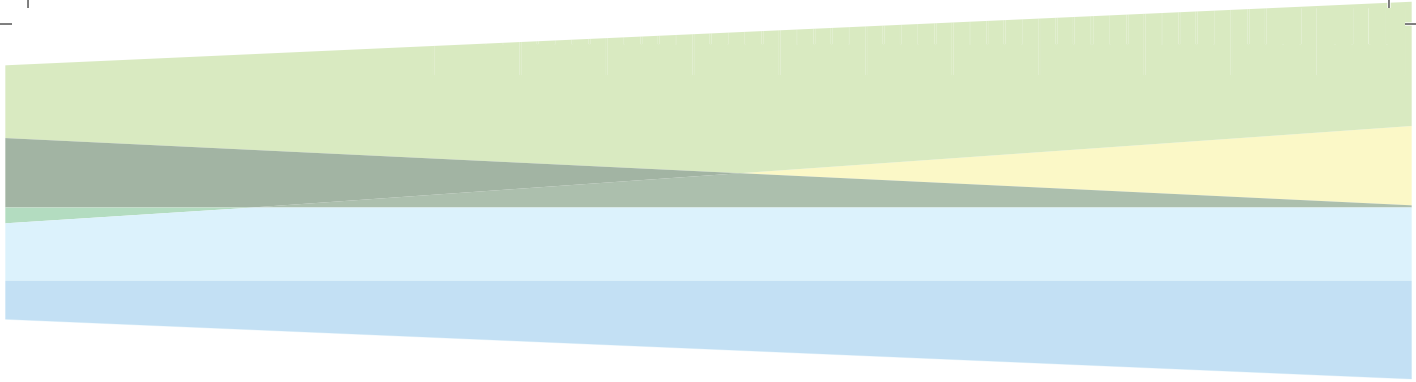
Por exemplo, uma chuva que cai no chão e escorre até o leito do riacho do Navio acaba desembocando no rio Pajeú que,

por sua vez, vai despejar a água no rio São Francisco, que vai bater “no meio do mar”. Nessa conhecida canção, do grande compositor brasileiro Luiz Gonzaga, podemos perceber que o riacho do Navio é afluente do rio Pajeú, que é afluente do rio São Francisco, que desemboca no Oceano Atlântico. Observemos que a bacia do riacho do Navio está dentro da bacia do rio Pajeú, que é parte da bacia do rio São Francisco.

As bacias hidrográficas são separadas topograficamente umas das outras pelos cumes dos morros, pelos espinhaços das serras e pelas montanhas,

que, nesse contexto, são chamados de **divisores de água**.

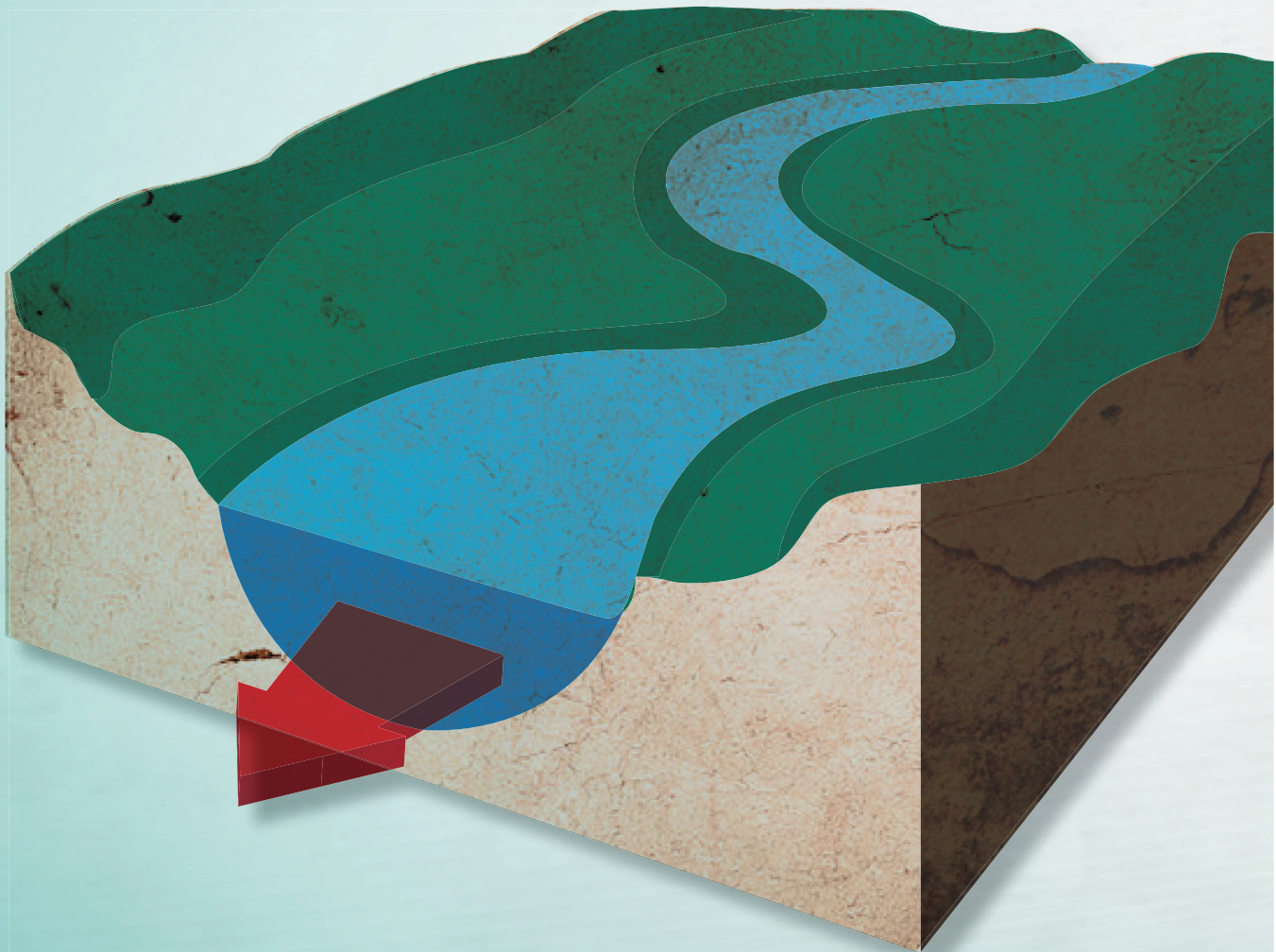
Ao adotarmos o conceito de bacia hidrográfica no lugar do conceito de curso d’água, estabelecemos uma abordagem mais racional de planejamento dos recursos hídricos, pois as regras às quais estão submetidas as águas da margem direita passam a ser as mesmas que regem o planejamento da margem esquerda. Este foi um dos motivos que levou a chamada Lei das Águas do Brasil a decretar a bacia hidrográfica como sendo a unidade de planejamento dos recursos hídricos da União 💧



As regiões hidrográficas do Brasil




Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA.





PARA QUE MEDIR A VAZÃO DE UM RIO?



Se navegarmos por um curso d'água desde as suas cabeceiras até a sua foz, notaremos que às vezes passamos pelas desembocaduras de afluentes vindos de ambas as margens. Também observaremos que o rio vai se tornando mais caudaloso à medida que nos aproximamos da foz. Ao chegarmos à foz, teremos visto que a vazão do rio foi mudando desde o começo da nossa viagem. Concluímos que a vazão de um rio não é constante, mas depende do local do rio a que estamos nos referindo.

Digamos que, assim que chegarmos ao final da viagem, comece a chover. Daí também vamos observar que, mesmo sem sair do lugar, a vazão do rio vai aumentando, e já sabemos o porquê.

Deduzimos que deve estar chovendo em outros lugares da bacia, e que os afluentes que vimos durante a viagem devem estar, nesse momento, derramando mais água pelas suas desembocaduras do que quando passávamos por eles. Teremos compreendido que a vazão de um rio varia de lugar para lugar e de tempos em tempos. Quando ouvir um hidrólogo dizer que a vazão varia continuamente no espaço e no tempo, você já saberá o que ele quer dizer com isso.

Desde tempos imemoriais, algumas pessoas vêm se preocupando em saber quanto de água os agrupamentos humanos dispõem para suas tarefas vitais, como beber água, regar as plantas, dar de beber aos animais domésticos, cozinhar, banhar-se e outras atividades fundamentais. Com a evolução das atividades sociais, o conhecimento da quantidade de água disponível para os diversos usos tem se tornado uma informação indispensável para as decisões a serem tomadas quanto às quotas destinadas a cada setor da sociedade.

Fazendo uso de um instrumental matemático apropriado, é possível inferir criteriosamente a disponibilidade de água, com margens de erro

aceitáveis, desde que estejam disponíveis séries de vazões observadas nos lugares de interesse durante um período adequado de tempo.

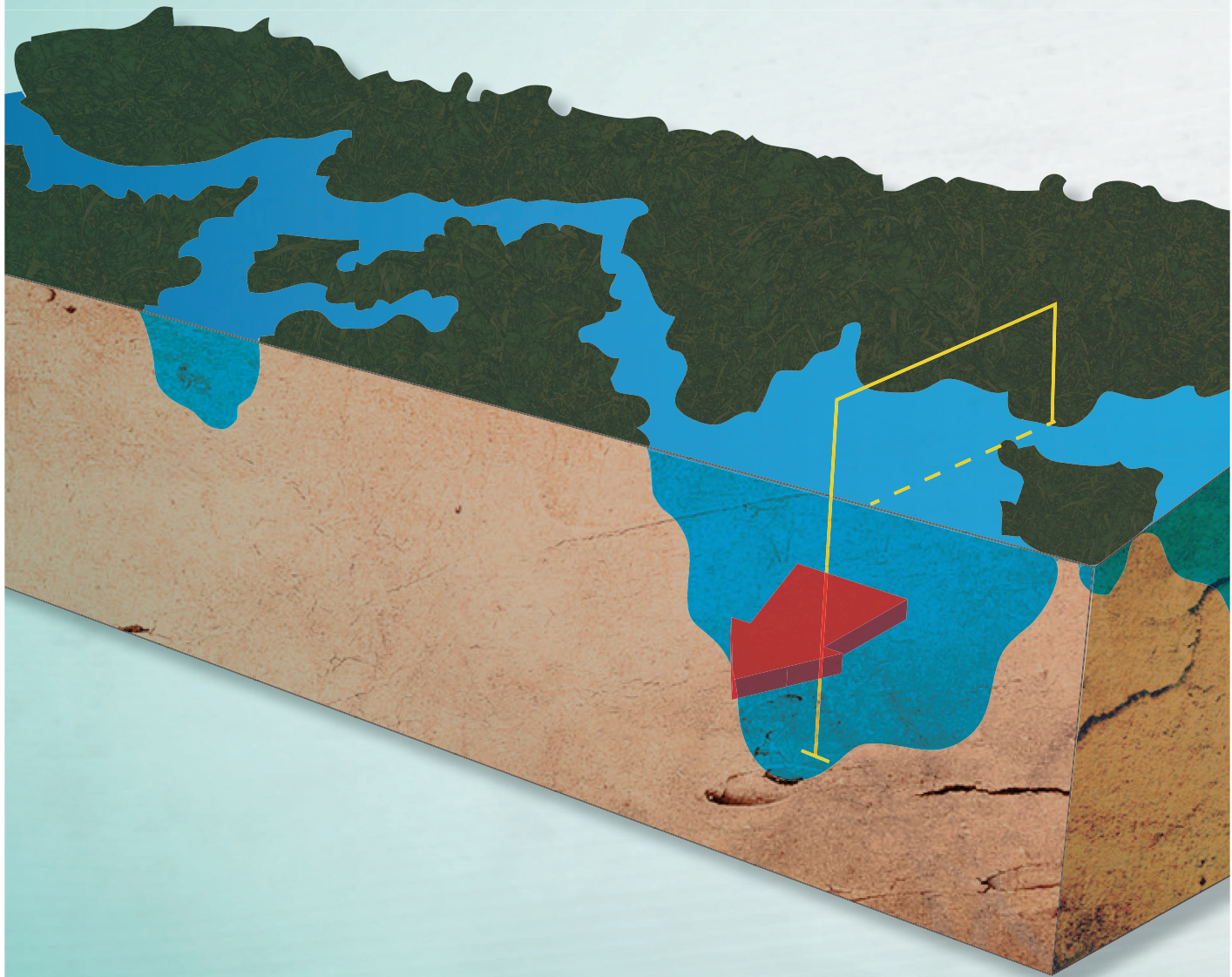
Essas observações não se limitam à quantidade de água que passa por determinada seção de um rio em certo dia, mas também às substâncias que compõem a água, a parâmetros químicos, físicos e biológicos que dizem respeito à qualidade da água. Porém, no âmbito desta cartilha, discutiremos apenas o conhecimento da quantidade disponível.

Um parâmetro muito utilizado no planejamento da distribuição dos recursos hídricos em determinado local de um curso

d'água genérico é a vazão mínima estatisticamente garantida em 95% do tempo. Esse parâmetro, conhecido como Q95, é essencial para a alocação da água. Trata-se de um índice estatístico extraído a partir de uma curva denominada **Curva de Permanência**, que é obtida a partir de uma série conhecida de vazões observadas. Essas séries que narram a cronologia das vazões devem abranger um período de diversos anos para que as variações sazonais possam ser levadas em conta. Quando a região em estudo tiver sofrido modificações muito grandes de atividade humana, o período observado deve ser, a rigor, maior para que essas alterações também sejam levadas em consideração 💧



Foto: Zlg Koch / Banco de Imagens da ANA



COMO MEDIR A VAZÃO DE UM RIO?

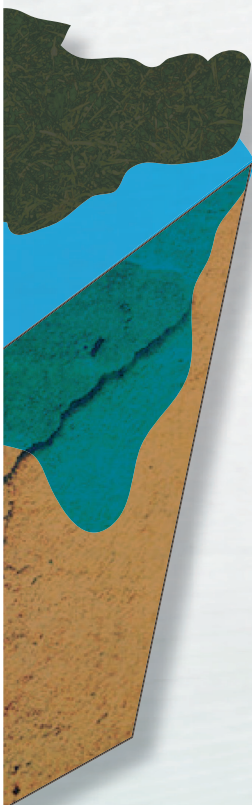
Acabamos de ver que o conhecimento das vazões durante um período adequado de tempo é essencial para delimitar a disponibilidade de água em determinado local de determinado curso d'água. Logo, o dado fundamental para produzir a informação necessária para as tomadas de decisão no que diz respeito à partilha dos recursos hídricos de determinado trecho de um rio é a vazão.

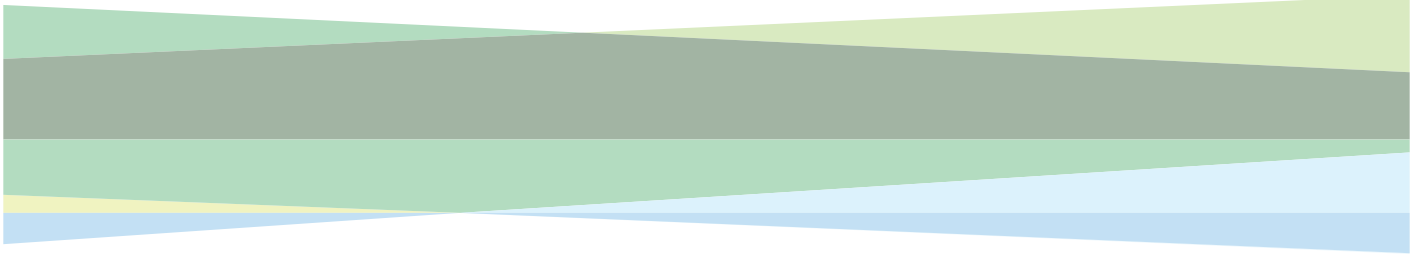
Medir a vazão de determinado local de um rio não é uma tarefa trivial. Há inúmeros métodos. Para citar apenas um deles, pode-se estrangular a seção transversal⁵ de um riacho pouco caudaloso com uma prancha e fazer toda sua água verter por uma abertura conhecida pelo nome de **vertedouro** ou **vertedor**. Esses vertedouros possuem equações matemáticas previamente determinadas a partir de suposições baseadas na mecânica clássica que relaciona a altura com que a água passa por eles

e a respectiva vazão. Um rio de grande porte, no entanto, não pode ser obstruído por um vertedouro para simplesmente permitir que sua vazão seja mensurada.

Imagine um longo canal, com seção transversal retangular. É intuitivo perceber que a quantidade de água que passa pelo canal é tanto maior quanto mais alta for a superfície da água (maior a profundidade do escoamento) e maior for a velocidade com que a água escoou. Num curso d'água natural não é diferente. Quanto mais largo e profundo for um rio,

>> 5 Seção transversal é o corte transversal à direção e ao sentido do escoamento de um curso d'água.



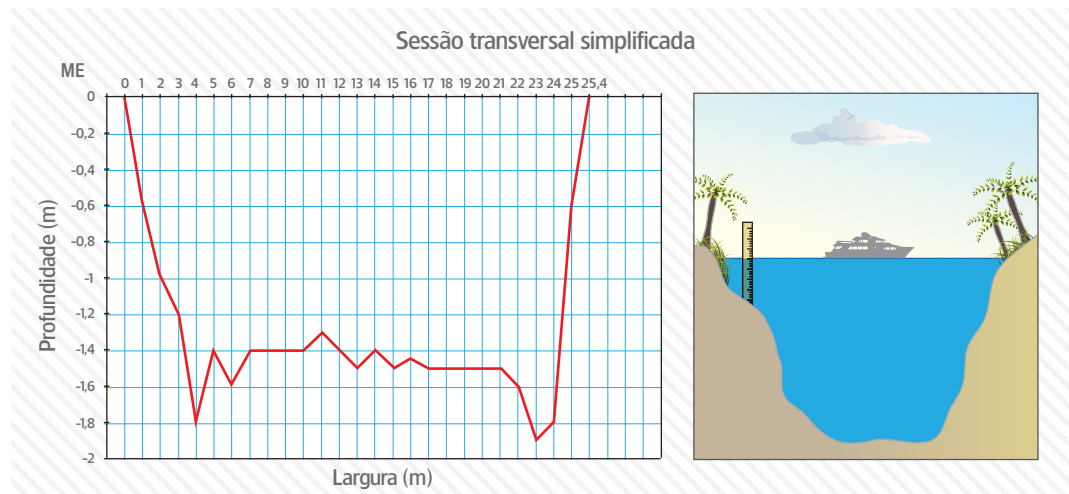


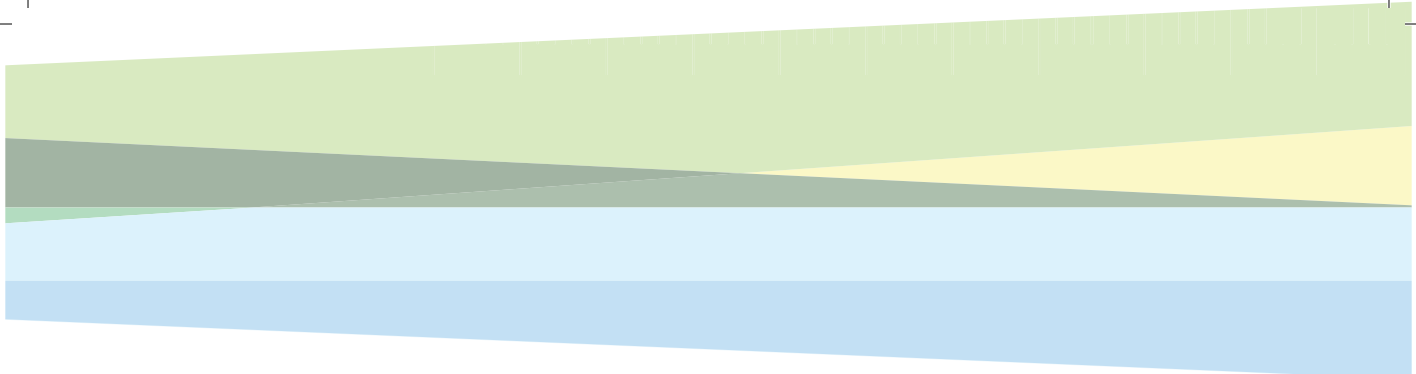
mais altas estiverem suas águas e maior for sua velocidade, maior será a vazão.

No entanto, a seção transversal de um curso d'água natural tem os formatos mais diversos e mudam não apenas ao longo do percurso, como também

localmente com o passar do tempo. Além disso, é fácil observar que a velocidade da superfície da água nas proximidades das margens não é mesma que no meio do rio. Menos fácil de observar, porém não tão difícil de concluir, é que as velocidades abaixo da superfície também variam desde

o fundo até em cima. O cálculo da medição da vazão de um determinado local de interesse de um curso d'água deve, então, levar em conta o formato da seção transversal e as velocidades de diversos pontos da seção no instante em que a medição foi realizada.





Um instrumento utilizado desde há muito tempo nas medições de velocidades de escoamento de cursos d'água é o **molinete**. Esse instrumento tem o formato de um torpedo que o possibilita permanecer com a popa voltada para o sentido da correnteza. Na proa há uma hélice cuja velocidade de rotação é proporcional à velocidade da água que a faz girar. O número de voltas da hélice é registrado por um conta-giros, que fica com um hidrometrista que está no barco, e é ligado ao molinete por um cabo elétrico. Quando o molinete se estabiliza em determinada posição, o hidrometrista⁶ “zera” o conta-giros e o dispara simultaneamente

a um cronômetro. Após alguns minutos, o hidrometrista interrompe a contagem do conta-giros e do cronômetro e anota seus valores na caderneta. Geralmente, essas operações de medição de velocidade são feitas para quatro posições em cada vertical: a 20%, 40%, 60% e 80% de profundidade.

Durante muito tempo, os procedimentos para mensurar a vazão de um curso d'água seguiram as seguintes etapas:

1. No caso de rios estreitos, esticava-se um cabo de aço transversalmente ao rio e um barco se enganchava a ele enquanto fazia

as medições com molinete. Como as distâncias entre o barco e a margem eram conhecidas por meio de marcas previamente feitas no cabo de aço, os dados eram anotados tendo como referência a distância a um ponto conhecido da margem. Após fazer as medições em uma vertical, o barco se deslocava até a marca seguinte e repetia os procedimentos. As operações se repetiam em intervalos regulares até o barco chegar à outra margem.

2. No caso de rios mais largos, era colocado um

>> 6 Os hidrometristas são técnicos em medição da água em diversas etapas do Ciclo Hidrológico. As medições mais frequentemente feitas pelos hidrometristas são as de vazão dos cursos d'água.

topógrafo em cada margem do rio. O barco ancorava em determinado ponto do rio, esforçando-se para ficar alinhado com estacas pré-fixadas nas margens. Por meio de comunicação com bandeirolas, os tripulantes informavam os topógrafos o início e o final das medições que estavam fazendo naquele momento. Os topógrafos mediam a posição angular do barco e anotavam seus valores de maneira sistemática em suas cadernetas. O barco se deslocava para o ponto seguinte, e as operações se repetiam até chegar ao outro lado do rio.

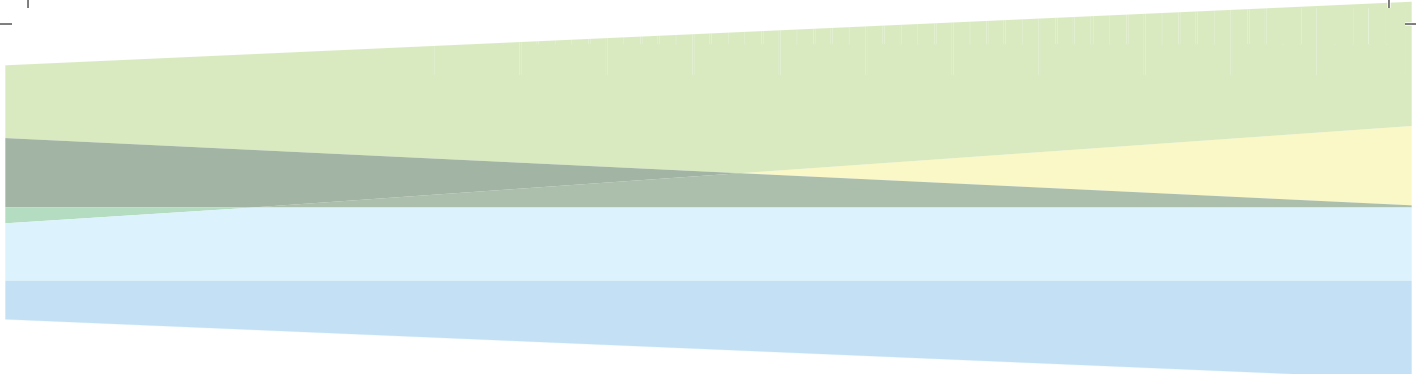
3. Em se tratando de rios ainda mais caudalosos, é

praticamente impossível ancorar o barco em um ponto fixo no meio do rio. Nesses casos, as bandeirolas dos tripulantes informavam aos topógrafos os momentos inicial e final de cada série de operações que deveriam ter sido feitas com o barco ancorado, mas que foram feitas com a proa da embarcação voltada para montante e o motor ligado para que a corrente arrastasse pouco o barco durante as medições em cada vertical. Em suas respectivas cadernetas, os topógrafos anotavam as posições angulares do início e do fim de cada série de operações em cada vertical. Nesse caso, as operações de medição eram

cronometradas e anotadas pelos hidrometristas. O barco se deslocava para o ponto seguinte e iniciava todo o processo, até atingir a outra margem.

As medições que eram feitas em cada ponto previamente escolhido do rio eram as seguintes:

1. Um lastro pesado era pendurado em um cabo de aço que, por sua vez, ficava em um carretel em um guincho. O objeto era lançado ao rio e atingia rapidamente o fundo. Por meio de uma manivela conectada por uma engrenagem ao carretel, era anotado o número de voltas da manivela para içar o lastro desde o fundo



até a superfície. Conhecendo o número de voltas do carretel, passava-se a saber a profundidade do rio naquele ponto.

2. Por meio de um outro guincho, semelhante ao anterior, posicionava-se o molinete em pontos predeterminados da vertical que ligava o fundo do rio à superfície.

No início e no final das operações, um observador lia as marcas da superfície da água em uma régua fixada ao local. A régua era (e continua sendo) um instrumento que fica fixo em uma das margens do rio e serve para observar a cota da superfície da água em relação a um plano horizontal

de referência conhecido como **zero da régua**.

A caderneta com os dados e as observações dos hidrometristas, dos topógrafos e do observador da régua eram então enviadas ao escritório, onde uma equipe se encarregava de extrair das anotações os dados relevantes. Os primeiros dados a serem registrados eram as cotas da régua no início e no fim da medição.

Depois, o engenheiro determinava as posições das verticais em que o barco ficou parado. Dependendo do método utilizado, essas posições eram calculadas diretamente a partir das marcas do cabo em relação a um referencial fixo

(geralmente a própria régua) ou por meio das observações feitas pelos topógrafos. No caso de medições feitas com barco ancorado, as posições das verticais eram determinadas mediante triangulação das observações dos topógrafos. No caso de barcos em movimento, as triangulações das observações topográficas forneciam os pontos inicial e final de cada série de medições.

O engenheiro fornecia as posições das verticais a um desenhista que, de posse dos dados de profundidade medidos com o guincho do lastro, se encarregava de desenhar a seção transversal do curso d'água em papel milimetrado. A partir desse desenho, obtinha-se a

área da seção transversal, chamada área molhada, por meio de um instrumento chamado **planímetro**, e o perímetro do fundo, chamado de perímetro molhado, mediante um outro aparelho, denominado **curvímetro**. Um dado medido imediatamente a partir do desenho era a largura do rio. Ao dividir a área molhada pela largura, obtinha-se a profundidade média.

A posição de cada vertical permitia também ao desenhista marcar no desenho da seção transversal todas as posições em que o molinete foi posicionado.

Geralmente era um estagiário que costumava calcular as velocidades de rotação da

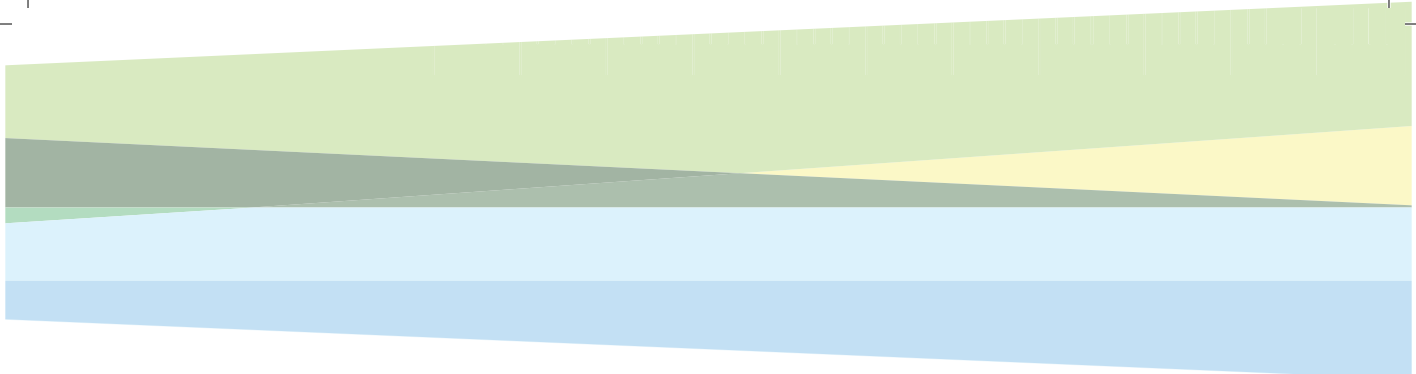
hélice do molinete para cada ponto. Bastava dividir o número de rotações pelo tempo cronometrado. Ambas as informações estavam disponíveis na caderneta.

Como se trata de um instrumento mecânico, cada molinete tem sua própria equação que relaciona a velocidade de rotação de sua hélice com a velocidade da água que a provocou. A partir das velocidades de rotação da hélice, o engenheiro calculava as velocidades da corrente líquida em cada ponto e as anotava no desenho da seção transversal.

Havia diversos métodos de calcular a vazão, sendo que os mais populares eram o da meia seção e o da seção média.

Ambos fatiavam a seção transversal em verticais e calculavam as velocidades médias de cada fatia. Os produtos das velocidades médias e das fatias eram partes da vazão que, somadas fatia a fatia, forneciam a vazão que passava por toda a seção transversal. A diferença entre os dois métodos era basicamente a maneira de fatiar a seção.

Um outro procedimento usual era encarregar o desenhista de, a partir do desenho com os valores das velocidades nos pontos, desenhar curvas de igual velocidade, chamadas **isótacas**. A partir das isótacas, o engenheiro calculava as áreas entre essas curvas com o planímetro, multiplicava essas áreas pelas velocidades correspondentes,



e as somava, obtendo a vazão. O quociente da vazão pela área molhada fornecia a velocidade média da corrente.

Se, no entanto, as cotas da régua observadas no início e no final das operações de medição fossem muito diferentes uma da outra (o que acontecia com frequência no caso de medições em grandes rios), era ainda necessário fazer ajustes para compatibilizar as medições feitas com a variação dos níveis da superfície.

Obtinha-se, dessa maneira, a largura do rio, a profundidade média, a área molhada, o perímetro molhado, a cota da superfície, a velocidade média e a vazão.

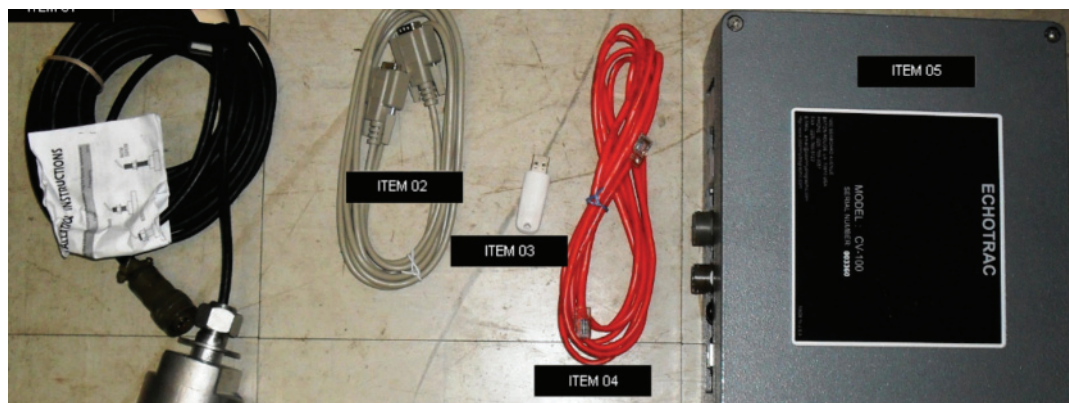
AVANÇOS TECNOLÓGICOS

Com o avanço tecnológico, muitos procedimentos foram paulatinamente mudando. Um deles foi a troca da utilização de bandeirolas de sinalização entre a tripulação do barco e os topógrafos por rádios transmissores, *walkie-talkies* e, posteriormente, por telefones celulares. A comercialização a preços não muito altos de um sonar chamado **ecobatímetro** possibilitou mapear o fundo do rio sem o incômodo do uso do lastro pendurado em um guincho. Outra alteração radical na medição foi causada pelo surgimento do GPS⁷, que

tornou obsoleta a função dos topógrafos na determinação das posições do barco.

No escritório, os cálculos eram feitos com régua de cálculo ou calculadoras mecânicas e anotadas a lápis no papel. Depois surgiram as calculadoras eletrônicas que tornaram o trabalho mais rápido. Com o surgimento dos grandes computadores, foram construídos programas especializados que passaram a fazer a maioria das tarefas do escritório. Por meio de um método numérico chamado **Método dos Elementos Finitos**, os desenhos da seção transversal e das isotacas também passaram a

>> 7 Sigla inglesa para Sistema de Posicionamento Geográfico.



Ecobatímetro.

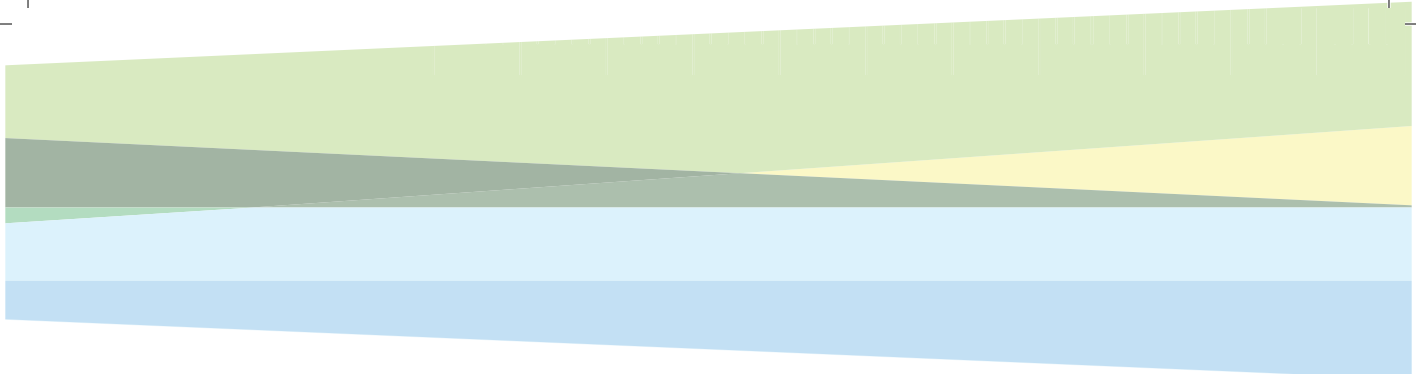
ser feitos automaticamente. Quando os computadores de mesa passaram a ser instrumentos pessoais de cada um dos funcionários do escritório, todas as etapas de cálculo passaram a ser feitas por uma mesma pessoa.

Com relação à medição de vazão propriamente dita, houve

enorme mudança metodológica com a chegada no mercado do Perfilador de Corrente Doppler-Acústico.

Esse aparelho é uma sonda que se utiliza do chamado efeito *Doppler-Fizeau* para medir a velocidade de partículas suspensas na água. O aparelho é colocado na água, ao lado do barco, e conectado a um

computador portátil em que há um aplicativo específico para tal finalidade. O barco atravessa o rio e, ao chegar à outra margem, o programa já fornece todos os parâmetros essenciais: velocidade média, área molhada, vazão, largura e profundidade média. Para medir a vazão de um rio, hoje em dia, são suficientes o piloto do barco e o hidrometrista.



Para exemplificar, podemos citar que a medição da vazão do rio Solimões na cidade amazonense de Manacapuru chegava a demorar 7 horas, sem contar o tempo despendido no escritório para calcular finalmente a vazão. Hoje em dia, a medição demora 35 minutos, que é o tempo necessário para cruzar o rio Solimões em Manacapuru.

SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÕES

A informação sobre a vazão em determinado dia não é suficiente para subsidiar tomadas de decisão que envolvem disponibilidade hídrica, pois já vimos que

é necessário conhecer uma série histórica de vazões que ocorreram durante certo período de tempo no local em consideração.

A rigor, seria necessário medir a vazão no local todos os dias durante anos, mas, mesmo hoje, após o surgimento do Perfilador de Corrente Doppler-Acústico isso não é viável, por motivos financeiros e logísticos.

É árduo medir a vazão, mas, em compensação, observar o nível da água na régua e anotar seu valor na caderneta são tarefas bastante fáceis. Tão fáceis que são geralmente feitas duas vezes por dia: às 7

da manhã e às 5 da tarde. E é aí que está o pulo do gato.

Pode-se medir a vazão de um rio em qualquer lugar que se queira. Porém, ao escolher os locais mais apropriados para instalar uma **régua limnimétrica**⁸, o **hidrólogo**⁹ obedece a certas normas e respeita determinadas restrições para que seja um local em que haja uma relação biunívoca entre cota e vazão. Relação biunívoca entre cota e vazão significa que cada vazão tenha sua própria cota e que cada cota só corresponda a uma vazão. As normas e restrições para a escolha dos locais mais

>> 8 É esse o nome com que são chamadas essas régua.

9 Hidrólogo é o nome que se dá ao profissional que trata de assuntos relacionados à hidrologia. De maneira geral e típica, a formação profissional do hidrólogo é a engenharia civil.

apropriados estão fora do escopo desta cartilha, mas é conveniente mencionar que não são regras arbitrárias, sendo oriundas de estudos da Hidráulica e da Mecânica dos Fluidos.

Se o local de instalação da régua for estabelecido levando em conta os critérios corretos, a cada vazão corresponderá uma e somente uma marca na régua. A correspondência entre essas duas grandezas é estabelecida pela equipe de hidrologia após diversas medições nas estações secas e úmidas e observação contínua das marcas da linha d'água na régua, durante vários anos. A essa correspondência entre cota da régua e vazão do rio

dá-se o nome de **curva-chave**, que possui equações às vezes um pouco complicadas.

Uma das imposições que fogem das regras hidráulicas para escolher o local de instalação de uma determinada régua é que haja algum morador minimamente alfabetizado nas redondezas e que aceite ficar responsável pela observação, anotação e manutenção da régua. Periodicamente, uma equipe de hidrometria passa por lá para fazer a medição de vazão, recolher a caderneta, entregar cadernetas virgens e pagar o soldo do observador.

Por meio da curva-chave, a série de cotas fornece a série

de vazões que será utilizada das mais diversas maneiras, sendo que uma delas é a obtenção da curva de permanência e a consequente determinação do valor do Q95.


No entanto, a vastidão do Brasil não permite que haja observadores à disposição em todos os rincões do país, principalmente na Amazônia em que há tantos rios a serem medidos. Hoje em dia há diversos equipamentos eletrônicos que possibilitam o envio automático e periódico do valor da cota observada do nível dos rios, via satélite. Porém, o preço desse tipo de equipamento é um fator limitante para sua utilização. Essa limitação não é tanto com relação à sua aquisição, mas

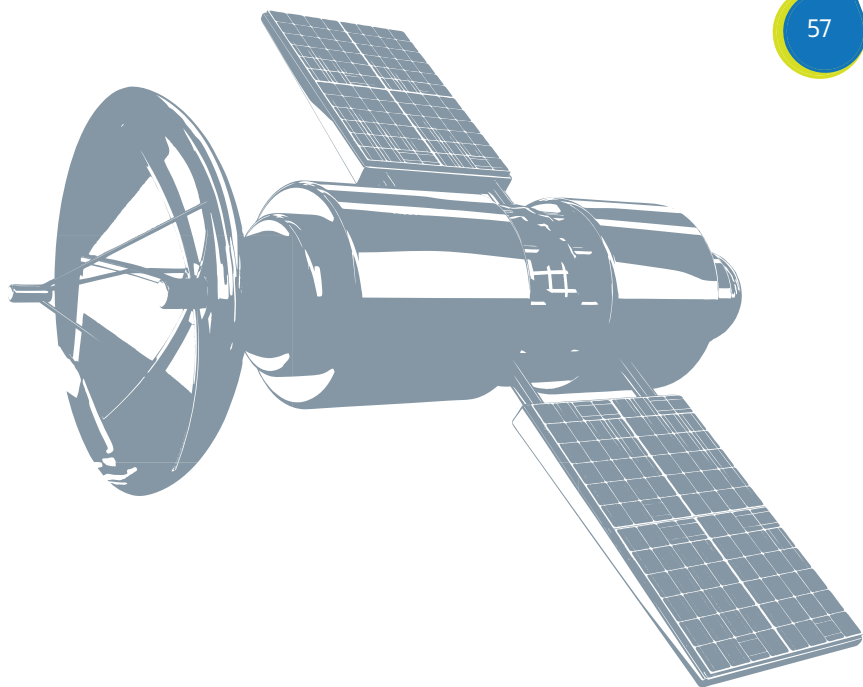
muito mais pela sua alta probabilidade de perda por furto. O vandalismo também tem se mostrado bastante frequente.

AVANÇOS RECENTES

Recentemente, vem surgindo uma nova metodologia na medição da vazão dos rios. Essa metodologia tem fornecido resultados bastante promissores. Trata-se da medição da cota dos rios por meio de radares altimétricos instalados em satélites orbitais que, associada a uma série de asserções para determinar as curvas-chave dos locais dos quais o satélite envia dados de cota, possibilita estimar a vazão, sem a necessidade de enviar equipes ao local nem de haver observador nas

redondezas, além de evitar furto ou qualquer ato de vandalismo. Essa metodologia, ainda embrionária, tem sido

chamada de **hidrologia espacial** e há enorme possibilidade de que você venha a ouvir falar dela cada vez mais 





GLOSSÁRIO



58

Afluente (ou Tributário)

Curso d'água que deságua num curso mais caudaloso ou num lago.

Água doce

Água cuja concentração de sais é baixa o suficiente para que possa ser consumida.

(ps) O fato de a água ser doce não é suficiente para garantir sua potabilidade.

Água salgada

Água que possui concentração de sais superior a 10.000 miligramas por litro.

Água salobra

Água cuja concentração de sais dissolvidos está normalmente compreendida entre 1.000 e 10.000 miligramas por litro. Esta proporção de sal é menor que a da água do mar.

A jusante

No sentido da foz de um curso d'água. Sinônimo de Águas abaixo.

A montante

No sentido das cabeceiras de um curso d'água. Sinônimo de Águas acima.

Aquífero confinado ou Aquífero cativo

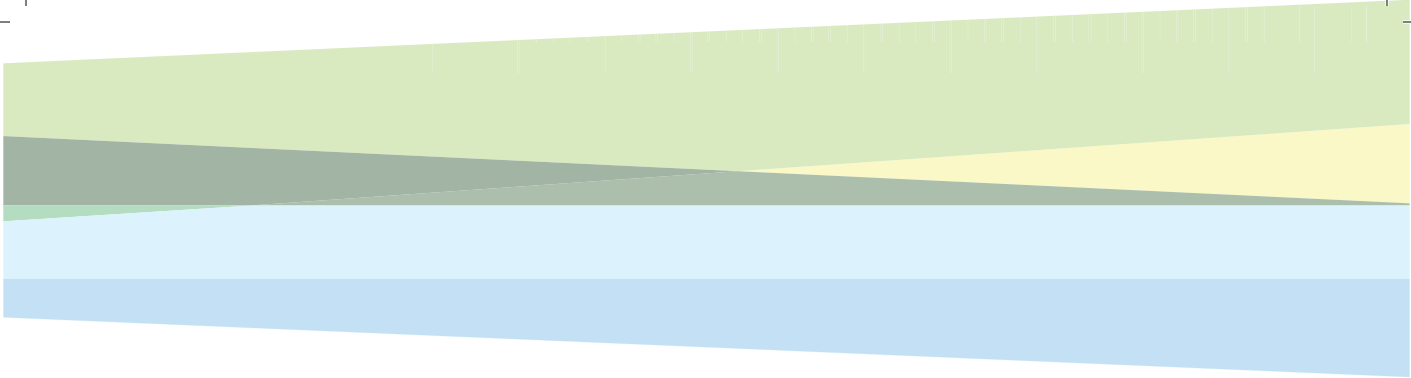
Aquífero aprisionado em formações impermeáveis ou semipermeáveis.

Aquífero não confinado (Aquífero livre, Aquífero freático ou Lençol freático)

Aquífero cuja superfície superior é livre. As águas dos poços comuns que são vistos frequentemente na zona rural são provenientes dos lençóis freáticos.

Aquífero ou Reservatório de água subterrânea

Formação subterrânea porosa permeável com capacidade de



armazenar água e possibilitar que essa água escoe entre seus poros.

Há também aquíferos nos quais a água ocupa o espaço criado por fendas e rachaduras em rochas.

Avalanche

Massa de neve, de gelo ou de água, que escoa bruscamente pelas encostas dos morros e das montanhas, arrastando consigo terra, rochas, árvores e demais detritos.

Balanco hídrico

Contabilidade baseada no princípio racional de que, durante determinado intervalo de tempo, a variação do volume de água armazenado numa certa massa d'água previamente delimitada

(uma bacia, um trecho de curso d'água, uma região hidrográfica, um corpo d'água qualquer etc.) é igual à diferença entre a quantidade de água que entrou e a quantidade de água que saiu dessa massa d'água durante o período de tempo considerado.

Barragem

Construção elevada no leito de um curso d'água, dotada de mecanismos de controle de liberação da água armazenada, cuja finalidade é garantir a regulação da vazão, armazenar água para irrigação, prover abastecimento a comunidades urbanas e rurais, assegurar a geração de energia e permitir demais usos do recurso hídrico.

Cheia (ou Enchente)

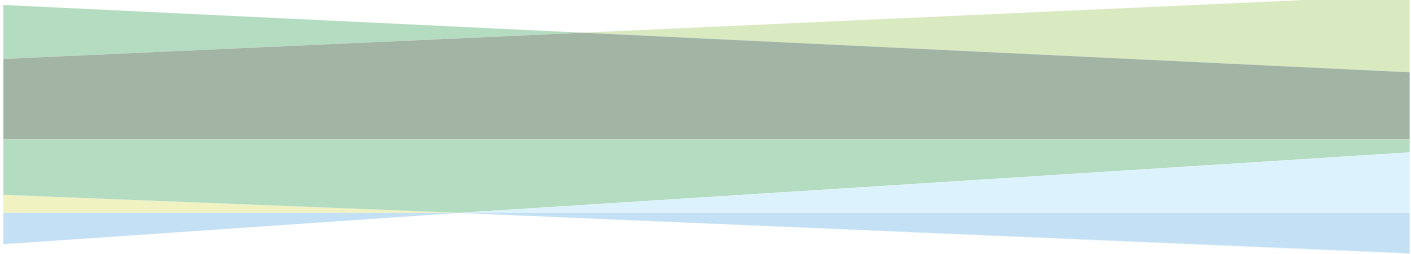
Elevação do nível de um curso d'água (ou de um corpo d'água qualquer) geralmente decorrente de um aumento de vazão. Normalmente as cheias dos cursos d'água ocorrem periodicamente durante a época das chuvas. Há, no entanto, cheias que podem ser causadas, por exemplo, pela liberação de água em uma barragem a montante.

Cheia repentina

Cheia súbita e de curta duração com uma vazão máxima consideravelmente alta.

Chuva

Precipitação de partículas de água líquida, sob a forma de gotas.



Chuvisco

Precipitação densa e razoavelmente uniforme de gotas de água líquida com diâmetro inferior a 1/2 milímetro.

Ciclo hidrológico

Sucessão cíclica das fases pelas quais passa a água ao circular na atmosfera, na superfície dos continentes e ilhas, nos oceanos e mares, e no subsolo. O ciclo hidrológico envolve evaporação, transpiração, condensação, precipitação, infiltração, percolação, escoamento superficial, escoamento subterrâneo, circulação de correntes marítimas e todas as demais maneiras em que a água ocorre no nosso planeta.

Clima

É o padrão de tempo médio em um lugar durante muitos anos. Conjunto de condições meteorológicas predominantes em determinada região, caracterizado por estatísticas de longo prazo dos elementos meteorológicos nessa região.

Condensação

Passagem da fase de vapor da água para a fase líquida.

Curso d'água

Canal através do qual a água pode escoar. Pode ser natural ou artificial.

Curso d'água efêmero

Curso d'água que flui apenas como resposta direta

à precipitação. É o caso de vincos na superfície do solo que formam ravinas através das quais escoam enxurradas colina abaixo durante a chuva, e secam pouco após cessar a chuva.

Curso d'água intermitente

Curso d'água no qual só há escoamento durante a estação das chuvas, ficando seco durante o restante do ano. Na região semi-árida do Nordeste do Brasil há muitos rios intermitentes.

Curso d'água perene

Curso d'água que continua fluindo mesmo durante a estação seca, e nunca fica seco.

Curva chave

Curva que relaciona o nível da superfície de um curso d'água em determinado local e a vazão que atravessa a seção transversal do curso d'água nesse mesmo local.

Curva de permanência

Curva que relaciona os valores de vazões em determinado local de um curso d'água e a probabilidade desses valores serem iguais ou superados. Por meio dessa curva, é extraído um valor muito utilizado pelos especialistas em Recursos Hídricos, chamado Q95, equivalente ao valor da vazão que tem 95% de probabilidade de ser

igualada ou superada. Em outras palavras, é a vazão mínima garantida estatisticamente em 95% do tempo.

Dessalinização

É o processo a partir do qual a quantidade de sal na água é reduzida até uma dose suficientemente baixa para que essa água possa ser consumida.

Eco-sonda

Instrumento que emite um sinal acústico ao fundo de um corpo d'água e utiliza o intervalo de tempo entre a emissão e sua reflexão para determinar a profundidade do corpo d'água nesse local.

Efluente

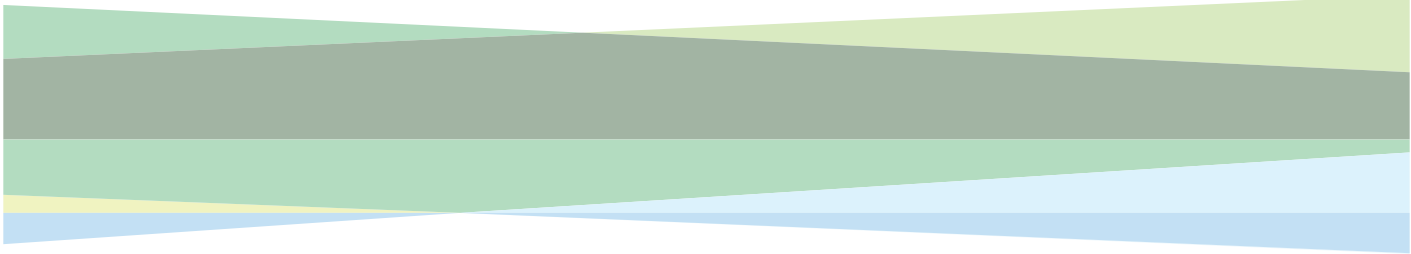
Em termos gerais, é a água que flui de um recipiente. O efluente de uma indústria, por exemplo, é a vazão que sai da indústria; o efluente de um lago é a vazão que sai do lago; o efluente de um rio é a vazão que sai de um rio. Pode-se dizer que é o contrário de um afluente.

Estuário

Parte de um curso d'água, nas proximidades da foz, em que as águas se tornam geralmente rasas e largas.

Evaporação

Emissão de vapor d'água da superfície livre de um corpo d'água genérico.



Foz ou Desembocadura

É o local em que um curso d'água desagua num lago, no mar ou noutro curso d'água.

Geadas

Cobertura de gelo produzida pela sublimação do vapor d'água sobre objetos. Em suma, a geada é orvalho congelado.

Granizo

Precipitação de partículas de gelo de forma esférica ou irregular. Também conhecido por Chuva de pedra.

Hidráulica

Ramo da Mecânica dos Fluidos que estuda o escoamento da água em condutos fechados (tubos) e canais abertos.

Hidrogeologia

Ramo da Hidrologia e/ou da Geologia que estuda a água subterrânea e sua ocorrência.

Hidrografia

Em termos gerais, refere-se à ciência que trata da descrição e da medição de corpos d'água. Particularmente, trata-se da ciência que se ocupa da cartografia de corpos d'água com o intuito de navegação.

Hidrologia

Ciência que estuda todas as fases do ciclo hidrológico.

Hidrometria

É a ciência que trata da medição das fases do ciclo hidrológico e da análise da água.

A instalação de réguas limnométricas nas estações de medição, as medições de vazão, os eventuais reparos nos instrumentos e até a pilotagem de barcos são tarefas muitas vezes levadas a cabo por hidrometristas.

Infiltração

Movimento da água da superfície de um meio poroso para seu interior. Na natureza, quando a água da chuva penetra no solo logo após se chocar com sua superfície, diz-se que houve infiltração.

Intercepção

Processo por meio do qual parte da precipitação é retida pela vegetação e depressões no terreno.

Inundação

Submersão de áreas situadas fora dos limites normais de um curso d'água. Logo, nem toda enchente pode ser chamada de inundação. A acumulação de água proveniente de drenagens, em zonas que normalmente não se encontram submersas, também é chamada de inundação.

Irrigação

Aplicação artificial de água com finalidade agrícola.

Isotácas

Linhas de igual velocidade na seção transversal de um curso d'água.

Leito de um curso d'água

A parte mais funda de um curso d'água, por onde passa a maior

parte da água e dos sedimentos durante o período entre cheias.

Linígrafo

Instrumento que registra as variações do nível d'água em função do tempo.

Mecânica dos Fluidos

Área da Mecânica Clássica que se encarrega da estabilidade, do movimento e da dinâmica dos corpos deformáveis, tais como os líquidos e os gases.

Meteorologia

Ciência que estuda a atmosfera.

Molinete

Instrumento usado para medir a velocidade da água num ponto, por meio da velocidade de

rotação de uma hélice que gira em torno de um eixo paralelo ao escoamento que se deseja medir.

Nascente

Local de onde a água brota naturalmente de uma rocha ou do solo. Ela pode brotar tanto na superfície seca do solo quanto em uma massa d'água.

Neve

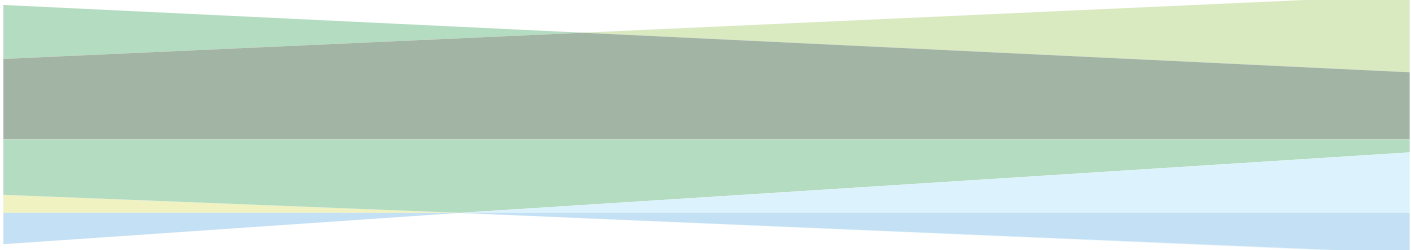
Precipitação de cristais de gelo, geralmente aglomerados em flocos.

Órbita polar

Órbita que passa sobre o Polo Sul e o Polo Norte.

Orvalho

Depósito de gotas d'água nos objetos próximos ao solo,



provenientes da condensação do vapor d'água contido no ar.

Percolação

Movimento descendente da água desde a superfície do solo até o lençol freático.

Perímetro molhado

Perímetro da seção transversal de um curso d'água que está em contato com a água.

Pluviógrafo

Instrumento que registra as alturas de água precipitada em função do tempo.

Pluviômetro

Dispositivo que mede a altura de água precipitada. Diferentemente do pluviógrafo, o pluviômetro não registra a altura precipitada, exigindo que um observador o faça.

Precipitação

Partículas de água sob as formas líquida e/ou sólida, decorrente da condensação do vapor d'água, que caem sobre o solo.

Raio hidráulico

Relação entre a área da seção transversal líquida e o perímetro molhado de um curso d'água.

Reservatório

Qualquer corpo d'água, natural ou artificial, utilizado para armazenar, regular ou controlar os recursos hídricos.

Salmoura

Solução salina com concentração superior a 100.000 miligramas por litro.

Satélite estacionário

Satélite com órbita equatorial cuja velocidade angular é

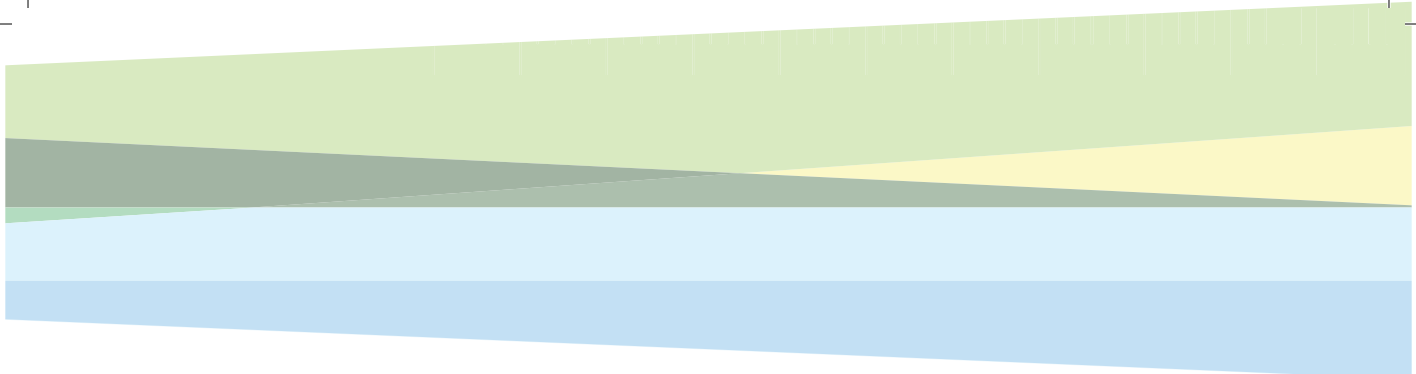
igual à da rotação da Terra. Como consequência, o satélite fica parado sobre um mesmo ponto da superfície do planeta, como se fosse uma antena com 35.900 quilômetros de altura.

Satélite geo-síncrono

Satélite equatorial que se desloca no sentido oeste-leste, a uma altitude de 35 900 km, o que lhe permite efetuar uma órbita completa em torno do equador terrestre a cada 24 horas. Sendo assim, ele passa diariamente sobre o mesmo lugar do equador no mesmo horário.

Satélite helio-síncrono

Satélite cuja órbita é quase polar e sua altitude é tal que faz com que sua velocidade angular permita que cruze as



mesmas latitudes duas vezes por dia no mesmo horário.

Secção transversal de um curso d'água

Seção de um curso d'água perpendicular à direção principal do escoamento.

Telemetria

Registo remoto de dados transmitidos via satélite, telefone celular, rádio e outros meios.

Tempo

É a combinação de eventos meteorológicos (temperatura, pressão, umidade, precipitação etc.) que ocorrem a cada dia na atmosfera. O Tempo não é o mesmo em todos os lugares. Pode estar quente, seco e ensolarado em um lugar, ao mesmo tempo em que está

nublado, chovendo ou até nevando em outros locais.

Transpiração

Processo pelo qual os vegetais e animais transferem água para a atmosfera sob a forma de vapor.

Uso consuntivo

Utilização da água de um corpo d'água como insumo que a consome durante os processos envolvidos. Por exemplo, a água consumida na fabricação de cerveja.

Uso não consuntivo

Utilização da água de um corpo d'água como insumo que não a consome durante os processos envolvidos. Por exemplo, a água utilizada para movimentar um monjolo não a consome; somente utiliza sua energia.

Vazão

Volume de água que passa por determinado local por unidade de tempo.

Exemplos:

- 1) A vazão de uma torneira de jardim é de uns 40 litros por minuto.
- 2) A vazão média na foz do rio Amazonas é de aproximadamente 210.000 metros cúbicos por segundo.

TABELAS DE CONVERSÃO DE UNIDADES

Há diversas maneiras de medir uma mesma grandeza. Por exemplo, podemos nos referir a um mesmo volume como sendo de um metro cúbico, mil litros, ou até mesmo cinco mil copos americanos. Embora o Brasil adote o Sistema Métrico Internacional, há diversas unidades de medida muito usadas no comércio, na indústria e na vida cotidiana em geral. Por isso, é bom conhecê-las.

A polegada e as unidades que dela derivam são muito usadas na indústria e no comércio de tubulações; também são usadas na armazenagem e na indústria de móveis. O quilômetro é a unidade mais usual para se referir a distâncias entre localidades.

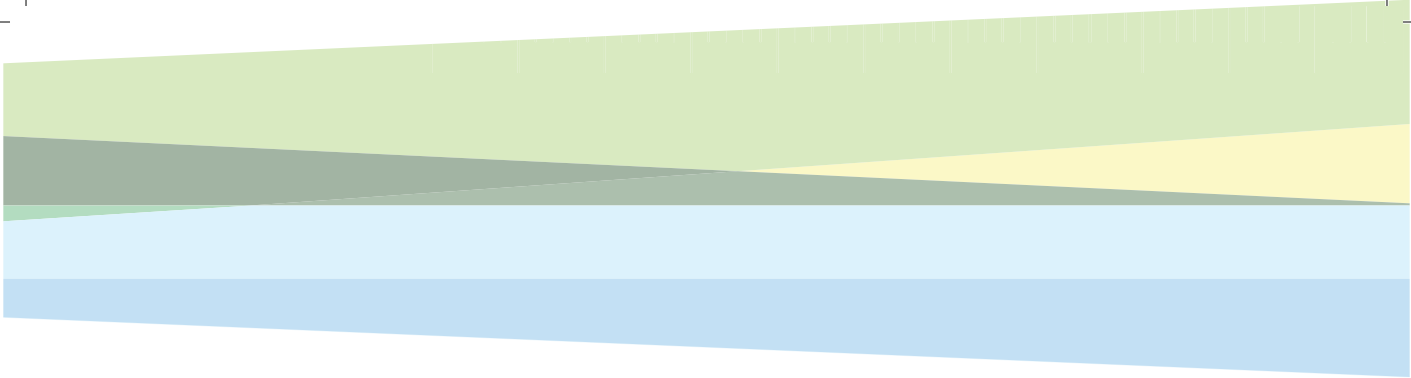
A milha náutica é a unidade mais usada na navegação.

O alqueire é a unidade preferida para medir o tamanho de propriedades rurais. O m^2 é a unidade de área mais usada na medição de lotes urbanos. O quilômetro quadrado é a unidade usada nas medições do tamanho dos Municípios, dos Estados e do nosso próprio país.

A gota é uma unidade de volume bastante usual na indústria farmacêutica. O barril é a unidade usada quando se trata de petróleo. O hectômetro cúbico é a unidade mais usada para volumes de lagos e reservatórios. O galão é uma unidade ainda usada no comércio de gasolina.

O copo americano, o gill e o pint são muito utilizados na indústria alimentícia. A unidade de volume mais utilizada no balanço hídrico anual de grandes massas d'água é o quilômetro cúbico.

Embora a libra seja a unidade monetária do Reino Unido, a libra desta tabela é a unidade de massa ainda usada em alguns países de língua inglesa. A arroba é muito empregada no comércio e na produção de carne. Não se esqueça de que grama é uma palavra masculina, diferentemente do vegetal grama; logo, assim como ninguém diz "uma quilograma", você não deve dizer "duzentas gramas", mas sim "duzentos gramas".



No Brasil, é usual nos referirmos a quilograma simplesmente como quilo. Porém, é conveniente saber que quilo é um prefixo que significa mil; portanto um quilograma é igual a mil gramas. Você também ouviu bastante as palavras megabyte e gigabyte, e está começando a ouvir cada vez mais frequentemente a palavra terabyte. Mega, giga e tera significam, respectivamente, um milhão, um bilhão e um trilhão. O prefixo mili significa a milésima parte (como em milímetro); micro é a milionésima parte (como em microscópio); nano é a bilionésima parte (como em nanotecnologia).

O nó é a unidade de velocidade usada na navegação. Na Hidrometria utiliza-se

normalmente metro por segundo. Nos assuntos relacionados a transportes em geral, usa-se quilômetros por hora.

Na indústria e no comércio de torneiras, pias, chuveiros e demais equipamentos hidráulicos domésticos, usam-se muito as unidades litro por hora e litro por segundo. A variação de volume de reservatórios é muitas vezes medida em hectômetros cúbicos por dia. As medições de evaporação da água de um grande lago, dos mares e dos oceanos são comumente feitas em quilômetros cúbicos por ano.

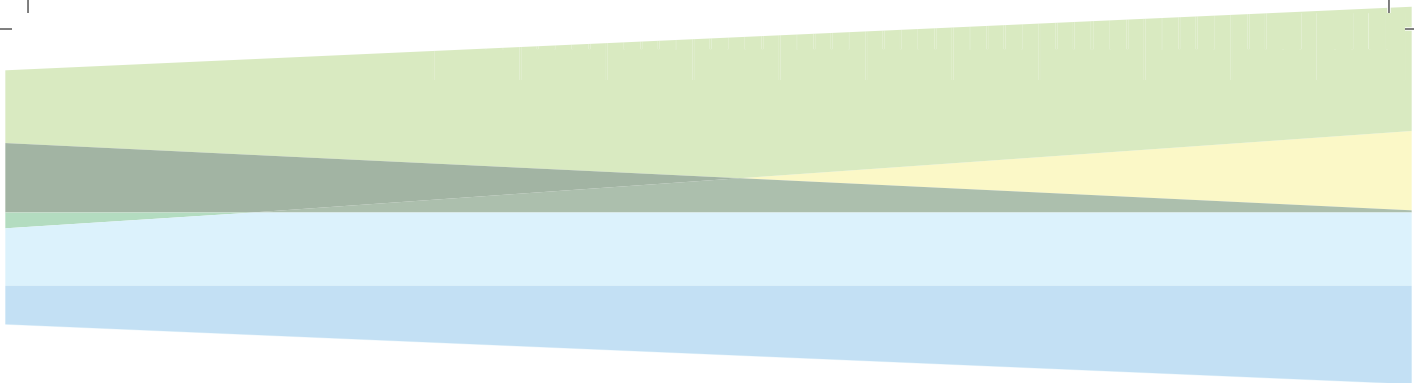
O joule é a unidade de energia no Sistema Métrico Internacional. A quilocaloria é a unidade de energia mais

usada nas indústrias alimentícias e farmacêuticas, na Medicina e na Biologia. O quilowatt-hora é a unidade usada para medir o consumo residencial de energia.

O Watt é a unidade de potência do Sistema Métrico Internacional. Um watt equivale a um joule por segundo. O watt é a unidade usada pelo comércio de lâmpadas. O quilowatt é utilizado pelos fabricantes de eletrodomésticos, tais como geladeiras e lavadoras de roupa. O megawatt é a unidade usada para nos referirmos à potência de usinas de geração de energia elétrica. O gigawatt é a unidade usada para compararmos as maiores usinas do mundo; por exemplo: a potência média de Itaipu é de 14 gigawatts.

Comprimento	
1 centímetro	10 milímetros
1 decímetro	10 centímetros
1 metro	10 decímetros
1 decâmetro	10 metros
1 hectômetro	10 decâmetros
1 quilômetro	10 hectômetros
1 polegada	25,4 milímetros
1 pé	12 polegadas
1 jarda	3 pés
1 estádio	220 jardas
1 milha inglesa	8 estádios
1 milha náutica	1.852 metros

Área	
1 are	100 metros quadrados
1 hectare	100 ares
1 quilômetro quadrado	100 hectares
1 alqueire paulista (ou alqueirinho)	2,42 hectares
1 alqueire mineiro (ou alqueirão)	2 alqueires paulistas
1 acre	4.840 jardas quadradas



Volume	
1 centímetro cúbico	1.000 milímetros cúbicos
1 mililitro	1 centímetro cúbico
1 decímetro cúbico	1.000 centímetros cúbicos
1 litro	1 decímetro cúbico
1 metro cúbico	1.000 litros
1 hectômetro cúbico	1 bilhão de litros
1 quilômetro cúbico	1 trilhão de litros
1 copo americano	1/5 de litro
1 gota d'água	Aproximadamente 50 milímetros cúbicos
1 mililitro	Aproximadamente 20 gotas d'água
1 gill	118,3 mililitros
1 pint	4 gill
1 galão inglês	8 pints
1 barril	Aproximadamente 159 litros

Tempo	
1 minuto	60 segundos
1 hora	60 minutos
1 dia	24 horas
1 ano	365,25 dias
1 século	100 anos
1 milênio	10 séculos





Massa

1 grama	1.000 miligramas
1 quilograma	1.000 gramas
1 tonelada	1.000 quilogramas
1 arroba	14,688 quilogramas
1 libra inglesa	453,6 gramas

Velocidade

1 metro por segundo	3,6 quilômetros por hora
1 nó	1 milha náutica por hora

Vazão

1 litro por segundo	3,6 metros cúbicos por hora
1 metro cúbico por hora	1.000 litros por hora
1 quilômetro cúbico por ano	Aproximadamente 31.710 litros por segundo
1 hectômetro cúbico por dia	Aproximadamente 11.574 litros por segundo

Energia

1 quilocaloria	4.186,8 joules
1 quilowatt-hora	Aproximadamente 860 quilocalorias

Potência

1 quilowatt	1.000 watts
1 megawatt	1.000 quilowatts
1 gigawatt	1.000 megawatts

