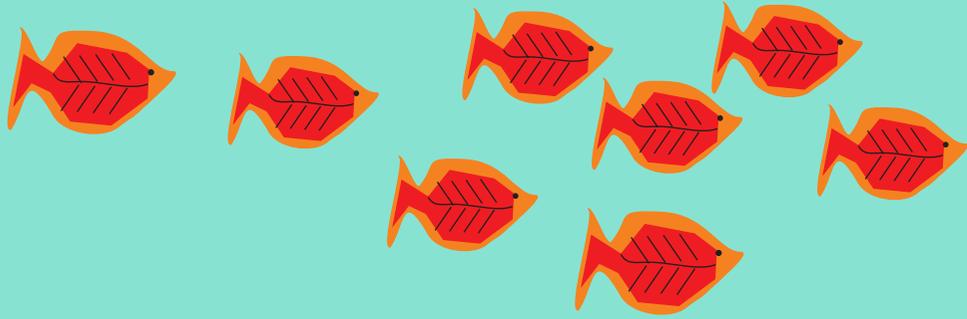




**A Engenharia e a**  
*sustentabilidade*

ÁGUA



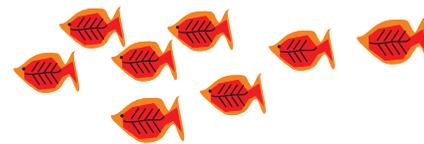


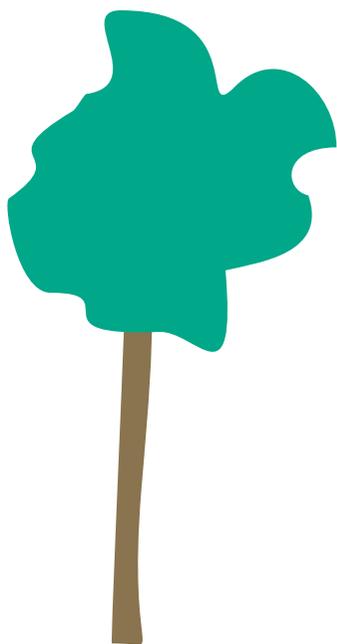
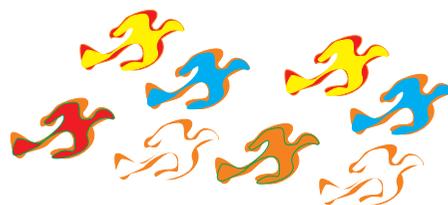
# A Engenharia e a *sustentabilidade*

Belo Horizonte, 2018



# ÁGUA





Água: a engenharia e a sustentabilidade / Organização,  
Marília Melo e Paulo Bretas; Ilustração, Sinésio Bastos.  
– Belo Horizonte: Conselho Regional de Engenharia e  
Agronomia de Minas Gerais - CREA-MG, 2018.

48p.: il.; color;

1. Água. 2. Sustentabilidade. 3. Engenharia. 4. Agricultura.  
5. Reúso da água. 6. Meio Ambiente. I. Melo, Marília.  
II. Bretas, Paulo. IV. Título

CDU – 628.1-022.316



## APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios da engenharia sustentável hoje é a preservação de um dos recursos mais importantes para a manutenção de todas as espécies vivas, a água. Esta publicação trata especificamente do tema, jogando luz sobre a busca da engenharia pelo equilíbrio entre o consumo humano e a sustentabilidade ambiental.

A degradação dos recursos naturais causada pelo homem, a desigualdade social e as mudanças climáticas levam a um questionamento sobre como promover um desenvolvimento sustentável. Diante desse cenário, o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais elaborou uma série de cinco cartilhas com o propósito de informar aos futuros profissionais da área tecnológica sobre a importância da contribuição desse setor para a promoção do desenvolvimento sustentável do Brasil e do mundo.

O material produzido baseia-se nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), pactuados pelos 193 países-membros na 70ª Assembleia Geral das Nações Unidas, realizada em 2015, na cidade do Rio de Janeiro, por ocasião da Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, a Rio+ 20.

O objetivo das cartilhas é o de disseminar conhecimento, estratégias e ferramentas para integrar os ODS ao exercício profissional da engenharia e das profissões das áreas tecnológicas, exercendo assim a sua função técnica e a responsabilidade social para participar da construção de um planeta mais justo, igualitário e pacífico, com a erradicação da pobreza, o crescimento econômico e a sustentabilidade.

Esperamos, assim, dar essa contribuição para a formação de profissionais mais conscientes e capacitados, reforçando o protagonismo da área tecnológica na construção de um planeta sustentável.



**Lucio Borges**  
Presidente do Crea-Minas



|  |    |  |    |
|--|----|--|----|
| <b>Introdução</b> .....  | 09 | Técnicas compensatórias para drenagem urbana.....    | 29 |
| <b>A água e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável</b> .....                      | 13 | Reúso e reciclagem.....                              | 30 |
| <b>Desafio de compatibilizar desenvolvimento e preservação</b> .....                   | 15 | Aproveitamento de águas de chuva em edificações..... | 35 |
| Crescente demanda de água .....  | 16 | Infraestrutura verde em bacias hidrográficas .....   | 36 |
| Escassez hídrica.....  | 17 | <b>Casos de sucesso/exemplos</b> .....               | 38 |
| Saneamento .....   | 18 | Reúso industrial .....                               | 38 |
| Enchentes e águas urbanas .....  | 19 | Eficiência de irrigação .....                        | 39 |
| Água e agricultura .....   | 20 | Revitalização de rios urbanos .....                  | 39 |
| Água e indústria .....   | 22 | Infraestrutura verde.....                            | 40 |
| <b>A busca de soluções sustentáveis, a convergência tecnológica e a inovação</b> ..... | 24 | Conservação de mananciais .....                      | 41 |
| Ecohidrologia .....  | 25 | Técnicas compensatórias de drenagem urbana.....      | 42 |
| Tratamento de esgoto e provimento de água.....   | 26 | <b>Conclusões</b> .....                              | 44 |
| Revitalização de corpos de água .....  | 29 | <b>Bibliografia</b> .....                            | 45 |

---

Engenharia sustentável é aquela que parte da realidade concreta, usa a teoria validada na prática e na solução dos problemas, e envolve as pessoas impactadas não só no problema como na solução.

**Izabel Cristina Chiodi** engenheira civil e sanitária | INCT-ETEs Sustentáveis

---

---

Engenharia sustentável é aquela que prepara o futuro da sociedade, refletindo sobre a nossa realidade a partir do passado, incorporando a ética, as novas tecnologias, as lições da natureza e a visão de um mundo equilibrado para todos os seres.

**Cláudio Jorge Cançado**, engenheiro civil | pesquisador da Fundação João Pinheiro

---

---

Engenharia sustentável é aquela que propõe soluções sem desconsiderar seus impactos sociais e ambientais, e emprega todas as tecnologias disponíveis para mitigá-los.

**Marcelo da Fonseca**, engenheiro civil | Superintendente de Estratégia e Fiscalização Ambiental

---



NÃO IMPORTA QUE DOA:  
É TEMPO  
DE AVANÇAR DE MÃO DADA  
COM QUEM VAI  
NO MESMO RITMO,  
MESMO QUE LONGE  
AINDA ESTEJA  
DE APRENDER A CONJUGAR  
O VERBO AMAR.  
Fragmento do poema «Aos que Virão» - Thiago de Mello



Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram adotados na 70ª Assembleia Geral das Nações Unidas pelos 193 países-membros. Os ODS integram a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que visa alcançar um desenvolvimento social, econômico e ambiental de forma duradoura e sustentável com a pobreza, reduzir a desigualdade e a injustiça e combater as mudanças climáticas. Os objetivos foram formatados a partir do legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e estão balizados nos 5Ps: pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria.

Os ODS são integrados, interligados e indivisíveis e equilibram as dimensões do desenvolvimento sustentável. Pensar numa engenharia sustentável é trabalhar e educar os profissionais para que os compromissos dessas categorias estejam voltados para promoção do desenvolvimento sustentável. O exercício profissional qualificado pode contribuir intensamente para a sustentabilidade e, ao mesmo tempo, demonstrar à sociedade a importância destas profissões no desenvolvimento do país e do mundo.

A motivação para esse trabalho é a centralidade dos engenheiros, das profissões tecnológicas e da tecnologia para a superação dos problemas sociais, econômicos e ambientais do planeta. O avanço da pesquisa e do desenvolvimento nas áreas do saneamento, das energias renováveis, das melhorias na agricultura e na saúde tem o potencial de redução da pobreza e da exclusão.

Países em desenvolvimento, como o Brasil, necessitam do engajamento dos profissionais dessas áreas para a promoção do aumento de produtividade, barateamento de tecnologias e aumento da proteção ao meio ambiente. A sustentabilidade dos negócios e das políticas públicas será o motor de todas as transformações em direção a um mundo melhor, proposto pelo Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Assim sendo, o conceito norteador da série de cartilhas voltada para a inserção da engenharia e demais profissões da área tecnológica na construção de uma engenharia sustentável, será representado a partir da seguinte indagação: “como a engenharia e demais profissões da área tecnológica podem contribuir para os Objetivos de desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pelas ONU?”.



Torna-se premente a necessidade de organização e mobilização dos profissionais de forma a contribuir para o desenvolvimento sustentável do Brasil e do mundo, exercendo assim a sua função técnica e a responsabilidade social para participar ativamente da promoção do bem-estar da nação com respeito à natureza e às gerações futuras. É preciso despertar para o enorme poder de multiplicação que esses profissionais têm, bem como seu poder de influência e de mudança, no caminho de uma sociedade melhor.

A série é complementada por uma cartilha geral – A Engenharia e a Sustentabilidade – e outras três cartilhas temáticas, que tratam especificamente das questões de Solo e Florestas, de Mudanças Climáticas e Energia, e de Cidades. A cartilha geral traz uma abordagem ampla da importância da engenharia para a consecução do desenvolvimento sustentável, discutindo o papel da categoria profissional do Sistema Confea/Crea e o perfil para o exercício profissional com base nas premissas da sustentabilidade. As cartilhas temáticas desenvolvem os temas transversais nos ODS, na perspectiva do papel da engenharia nos pilares econômico, social e ambiental do desenvolvimento sustentável.

O projeto, que conta com a parceria da Unesco, está sendo construído em rede com especialistas das diversas áreas da engenharia e demais profissões tecnológicas, como geógrafos, geólogos, agrônomos, meteorologistas e técnicos.

# **OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**



## Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

A fim de materializar metas para o desenvolvimento sustentável, as Nações Unidas no encontro realizado na cidade do Rio de Janeiro, Rio + 20, propôs "Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS" que foram concluídos em 2015, por ocasião da Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável integram uma agenda mundial composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030.



**1 ERRADICAÇÃO DA POBREZA:** Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.



**2 FOME ZERO:** Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e a melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.



**3 BOA SAÚDE E BEM-ESTAR:** Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.



**4 EDUCAÇÃO DE QUALIDADE:** Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.



**5 IGUALDADE DE GÊNERO:** Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.



**6 ÁGUA LIMPA E SANEAMENTO:** Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e o saneamento para todos.



**7 ENERGIA ACESSÍVEL E LIMPA:** Assegurar a todos o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia.



**8 EMPREGO DIGNO E CRESCIMENTO ECONÔMICO:** Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.



**9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA:** Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.



**10 REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES:** Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.



**11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS:** Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.



**12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS:** Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.



**13 COMBATE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS:** Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e os seus impactos.



**14 VIDA DE BAIXO D'ÁGUA:** Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.



**15 VIDA SOBRE A TERRA:** Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.



**16 PAZ, JUSTIÇA E INSTITUIÇÕES FORTES:** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.



**17 PARCERIAS EM PROL DAS METAS:** Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.



## A ÁGUA E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**N**as perspectivas econômica e social, a água se relaciona à produção de alimentos, de energia e produção industrial, à saúde e ao equilíbrio ecológico. Embora a água não seja o único fator para a promoção dos temas enumerados, sua ausência, restrição ou oferta em más condições torna-se um fator limitante.

As ações para a implementação dos ODS não devem ser isoladas e verticais. Os aspectos relacionados à água exemplificam a necessidade de uma abordagem transversal e interdisciplinar, pois contribuem direta ou indiretamente para o alcance da maioria dos demais objetivos. Dos temas abordados nesta série de cartilha, a água aparece transversalmente na maioria deles, bem como tem grande recorrência na maioria dos ODS.



### CONCEITOS E DEFINIÇÕES

**Água:** denominação comum do monóxido de hidrogênio, substância composta de um átomo de oxigênio e dois de hidrogênio, nome dado à fase líquida do monóxido de hidrogênio e às soluções a ela associadas. A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico.

**Água superficial:** toda a água que se escoou ou que é armazenada na superfície terrestre sob a forma de rios, lagos, zonas úmidas ou oceanos.

**Água subterrânea:** água que se infiltra e satura o solo ou a rocha, por vezes, suprimindo nascentes e poços. A superfície superior da zona saturada é chama-

da de lençol freático. A água subterrânea é armazenada em fendas de rocha e nos poros de materiais geológicos que compõem a crosta terrestre.

**Água residuária ou residual:** esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não.

**Água de reúso:** água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.

**Ciclo hidrológico:** fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre.

**Reúso:** é o ato de processar águas utilizadas ou residuais em um ou mais ciclos de uso antes do seu encaminhamento para o tratamento e descarte final no meio ambiente. Refere-se ao uso de águas residuais tratadas para fins benéficos.

**Bacia hidrográfica:** espaço geográfico delimitado pelo respectivo divisor de águas, cujo escoamento superficial converge para seu interior sendo captado pela rede de drenagem que lhe concerne.

**Enchente:** fenômeno da ocorrência de vazões relativamente grandes e que, normalmente, causam inundações ou elevação, geralmente rápida, do nível da água de um rio até um máximo, a partir do qual o nível desce mais lentamente.

**Escassez hídrica:** falta de acesso a quantidades adequadas de água para uso humano e ambiental. Existem vários métodos de quantificação e medição de escassez de água que capturam diferentes aspectos, como falhas físicas, estiagem severa ou situação de aridez, falta de capacidade de adaptação (como infraestrutura insuficiente), altos níveis de uso de água em relação a sua disponibilidade etc.

**Recursos hídricos:** numa determinada região ou bacia, é a água disponível para qualquer uso. Água designada enquanto insumo para usos múltiplos.

**Saneamento:** é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem-estar físico, mental e social.

**Direito Humano à água e saneamento:** Para além da relação custo-benefício, o abastecimento de água e a coleta e tratamento de esgoto é um direito de todo cidadão. Recentemente, a Resolução 64/292, expedida em 2010 pela Assembleia Geral da ONU, reconheceu formalmente o direito humano à água e ao esgotamento sanitário. Os princípios aplicáveis ao direito humano à água e saneamento são equivalentes a outros direitos humanos: não discriminação e igualdade; acesso à informação e transparência; participação; prestação de contas (accountability); sustentabilidade. Já os conteúdos específicos do direito humano à água e saneamento são: disponibilidade; acessibilidade física; qualidade e segurança; acessibilidade econômica e aceitabilidade; dignidade e privacidade.



**O DESAFIO  
DE COMPATIBILIZAR  
DESENVOLVIMENTO E  
PRESERVAÇÃO**

---

A necessidade de compatibilizar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, construindo assim os pilares para um desenvolvimento realmente sustentável, integra a expectativa em relação à atividade profissional do engenheiro e demais profissões tecnológicas.

Em todas as profissões tecnológicas, as buscas pela sustentabilidade devem conter soluções em grandes e pequenos projetos, otimizando o uso dos recursos naturais. A água é um recurso natural limitado e que, em várias regiões no globo, encontra-se em escassez, seja por qualidade inadequada aos usos múltiplos ou quantidade insuficiente, ou ainda pelo uso e ocupação inadequados do solo, muitas vezes engendrados pelos projetos ligados à engenharia nas suas múltiplas faces.

A água é insumo em diversas atividades desenvolvidas pelo engenheiro. Seja para o abastecimento de água potável às populações, tratamento, controle de inundações, geração de energia elétrica, extração mineral, execução de pequenas, médias e grandes obras civis, irrigação, paisagismo, entre outros.

Neste contexto, o engenheiro e demais profissionais das áreas tecnológicas, sob a perspectiva da sustentabilidade, sendo capacitados, podem se destacar no mercado de trabalho, por meio da melhor técnica, eficiência econômica e socioambiental, e, portanto, podendo contribuir significativamente para um mundo melhor.

## Crescente demanda de água

○ aumento da população exerce pressão crescente sobre a demanda pela água para atender às necessidades humanas e à produção para suprir o padrão de consumo da sociedade. Cerca de 500 milhões de pessoas vivem em áreas onde o consumo de água excede duas vezes os recursos hídricos localmente disponíveis.

### Águas residuais: o recurso inexplorado

○ relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 2017 defende que a melhoria do gerenciamento de águas residuais é fator crítico no contexto de uma economia circular, na qual o desenvolvimento econômico é equilibrado com a proteção dos recursos naturais e a sustentabilidade. Na América Latina e Caribe cerca de 70% das águas residuais não recebem qualquer tratamento antes de serem introduzidas nos rios e lagos.



<http://bit.ly/es-agua01>

Nas áreas urbanas, esse quadro ainda se agrava. A população urbana do mundo deverá crescer de 3,4 bilhões em 2009 para 6,3 bilhões de pessoas em 2050 e a concentração urbana será acentuada pelo movimento da população rural para essas áreas. Com isso, os problemas de abastecimento de água, saneamento e drenagem adequados aumentarão nas cidades, especialmente em áreas de vulnerabilidade social, como vilas e favelas urbanas.

A Unesco publicou, em 2012, um estudo de avaliação dos riscos associados à gestão das águas. O documento apresenta a demanda atual e a projeção em relação aos principais usos. A água é um elemento fundamental para a segurança alimentar e a projeção é que o aumento populacional de 2 a 3 bilhões de pessoas em 40 anos resultará em um aumento na demanda de alimento de 70% até 2050.

○ estudo aponta uma relação recíproca entre energia e água, não apenas na produção energética, mas especialmente na adução, processamento, tratamento, bem como na distribuição e uso da água. A projeção, no setor energético, é de um aumento de 50% na demanda entre 2007 e 2035.

Entre 2012 e 2015, a demanda média global na indústria foi de 20% em rela-

ção ao total de água consumida e o setor é responsável por 4% das captações globais. Entretanto, o consumo de água varia muito entre os países mais ou menos industrializados, com projeção de até 400% de aumento até 2050.

### Incerteza e risco



○ volume Gestão da água em situações de incerteza e risco é o primeiro da série de três volumes que compõem o Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos. O documento alerta para a má gestão da água e aponta pressões do clima, do crescimento demográfico e do aumento da demanda por energia e alimentos para atingir o uso sustentável do recurso.

<http://bit.ly/es-agua02>

### Segurança hídrica



○ texto enfoca a importância da segurança hídrica e oferece soluções para a crise iminente e os passos que devem ser empreendidos. O relatório do World Economic Forum, de 2011, ressalta a aceleração das taxas de uso de água nos últimos anos. Entre o ano de 1990 e 2000, as retiradas de água cresceram em proporção duas vezes maior que a população mundial.

<http://bit.ly/es-agua03>

---

## Escassez hídrica

○ cenário aponta que dois terços da população mundial atualmente vive em áreas que experimentam escassez de água, por pelo menos um mês por ano. A escassez hídrica ocorre por diversos fatores naturais e antrópicos.

Na ausência de melhorias tecnológicas ou intervenções políticas, as polaridades econômicas aumentarão entre os países ricos em água e os países pobres em água, bem como entre setores ou regiões dentro dos países. Isso significa que haverá um maior número de pessoas com grandes demandas competindo por menos água e de menor qualidade.

○ quadro de escassez natural é agravado em países em desenvolvimento com lacuna de infraestrutura hídrica, menores índices de tratamento de efluentes domésticos ou industriais e pouco uso de tecnologias apropriadas que permitam mitigar as condições naturais. Outro agravante é a distribuição heterogênea da água no Brasil e no mundo, o que, em algumas situações, é intensificado pelo adensamento da população, não coincidente com as áreas de maior disponibilidade hídrica.

Complementarmente, as mudanças climáticas vêm inserindo mais uma variável de risco na disponibilidade de águas. A tendência de impacto da mudança do clima no regime de chuvas é o agravamento dos eventos climáticos extremos, ou seja, o aumento de precipitações com grandes intensidades e concentradas no tempo e, por outro lado, o prolongamento do período de seca, com estiagens mais severas.

As medidas de mitigação estão concentradas em torno da redução do consumo de energia e das emissões de carbono, enquanto a adaptação significa planejar e preparar-se para o aumento da variabilidade hidrológica e eventos climáticos extremos. Isso significa ações estruturais e não estruturais para armazenamento de água que suporte períodos de estiagem e estruturas de proteção contra eventos extremos de chuva, especialmente em centros urbanos.

---

## Saneamento

○ segmento de abastecimento de água, esgotamento sanitário e higiene tem sido determinante no debate sobre a água, tanto pela ótica social e econômica, quanto ambiental.

---

No debate internacional, o saneamento é designado pela sigla, em inglês, WASH - **W**ater, **S**anitation and **H**ygien.

A contaminação das águas representa um dos principais riscos à saúde pública. Existe uma estreita correlação entre a qualidade da água, a degradação dos ecossistemas e as inúmeras enfermidades que acometem as populações, especialmente aquelas não atendidas por serviços de saneamento básico, além de se relacionar com a mortalidade infantil.

A lacuna de tratamento de esgoto no Brasil gera a degradação da qualidade das águas dos rios. Em 2015, o Brasil conseguiu vencer a barreira de ter mais da

metade da população com coleta de esgotos (50,3%), mas apenas 42% desse volume é tratado. Com isso, as características da água podem ser substancialmente alteradas ao ponto de comprometer determinados usos. Isso porque a qualidade da água é um atributo dinâmico no tempo e no espaço que se encontra relacionado com os usos de uma determinada fonte.

No que se refere ao abastecimento público, ainda há mais de 34 milhões de brasileiros sem acesso à água tratada, expostos, portanto, à fontes de água não confiáveis que potencializam o risco de adquirir doenças de veiculação hídrica.

Segundo o Banco Mundial, os investimentos necessários para atingir as metas ODS 6.1 e 6.2 (abastecimento de água, esgotamento sanitário e higiene) são três vezes maior que o atual nível de investimentos: a necessidade de recursos é da ordem de 114 bilhões de dólares por ano (até 2030) e representa 0,39% do Produto Global (análise de 140 países).

---

## Enchentes e águas urbanas

---

### Rio não é acidente geográfico nas cidades

O manejo das águas pluviais vai além do sistema de drenagem e é composto também por uma série de infraestruturas existentes em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas pluviais. Inclui ainda a hidrografia e os talwegues. É constituído, também, por uma série de medidas que visam a minimizar os riscos a que estão expostas as populações, diminuindo os prejuízos causados pelas inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e ambientalmente sustentável.

A falta de planejamento urbano somada às alterações que o meio sofre em decorrência do uso inadequado do solo são ingredientes favoráveis à geração de problemas urbanos como as inundações e deslizamentos de encostas. Anualmente, durante o período chuvoso, as enchentes urbanas colocam populações em áreas vulneráveis em risco.

---

Do rio que tudo arrasta se diz que é violento. Mas ninguém diz violentas as margens que o comprimem.

Bertolt Brecht

---

○ modelo de drenagem urbana no Brasil sempre favoreceu as soluções convencionais em concreto que, via de regra, tampam os rios urbanos, normalmente poluídos, e deslocam o problema para jusante da cidade, ou seja, a enchente fica para o município vizinho. Este modelo já se demonstrou inadequado para tratar as águas urbanas, o que é comprovado pela quantificação dos danos materiais e prejuízos econômicos. Dados da Defesa Civil de Minas Gerais apontam que, no período 2011/2012, o montante foi de mais de R\$ 1,5 bilhões e, em 2013/2014, os danos e prejuízos ultrapassaram o valor de R\$ 2 bilhões.

---

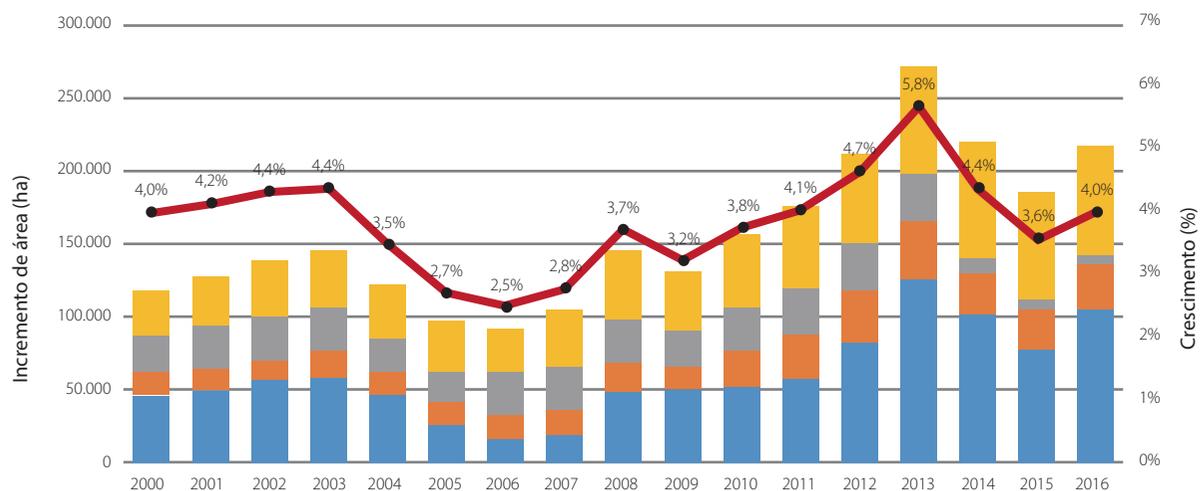
## Água e agricultura

○ Brasil está entre os dez países com a maior área equipada para irrigação do mundo. Em relação ao uso da água para a atividade de irrigação, considerando os usos consuntivos, a atividade é responsável por 46% da retirada (2.105 m<sup>3</sup>/s) e 67% da vazão de consumo (1.110 m<sup>3</sup>/s).

Entretanto, a irrigação é considerada pequena frente ao potencial estimado, à área agrícola total, à extensão territorial e ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis, inclusive a boa disponibilidade hídrica. Ainda assim, uma avaliação do histórico recente demonstra que o incremento da área irrigada no Brasil é considerável, o que gera uma pressão sobre o uso da água e o desafio da técnica e do aprimoramento tecnológico na prática brasileira.

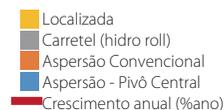
Segundo o Atlas de irrigação, o potencial de expansão da área irrigada no Brasil é de 76.195.000 ha.

## Incremento Anual da Área Irrigada



Incremento anual de área irrigada mecanizada, por grupos de sistemas (2000-2016)

Fonte: CSEI/Abimaq(2017)



## Uso da água na agricultura irrigada

○ Atlas de Irrigação fornece dados relevantes sobre a agricultura irrigada brasileira e sua relação com os recursos hídricos. As informações têm o propósito de subsidiar as tomadas de decisão, com ênfase na segurança hídrica e na garantia dos usos múltiplos da água.

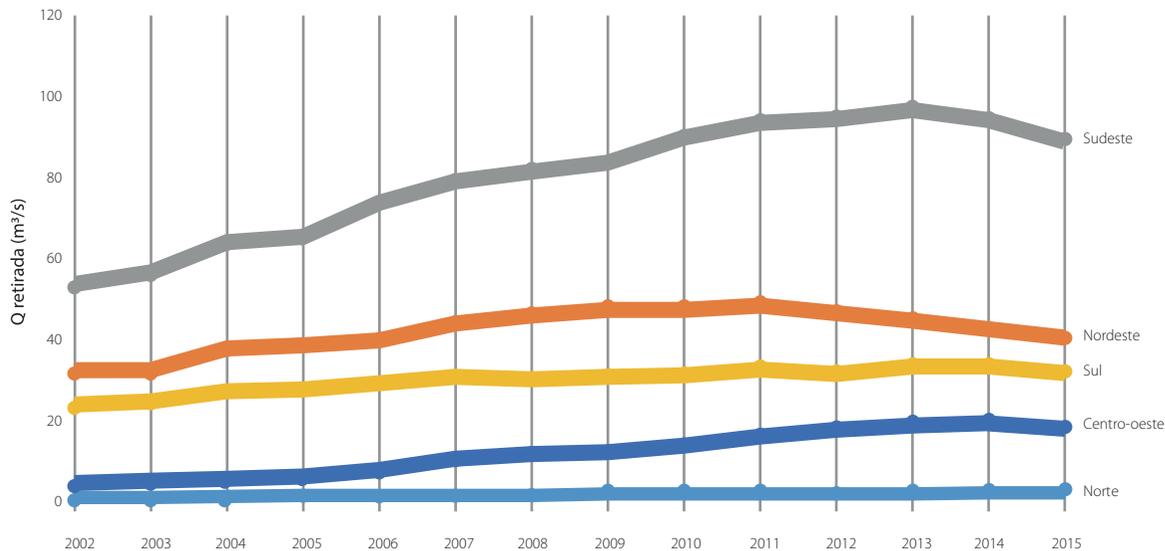


<http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>

## Água e indústria

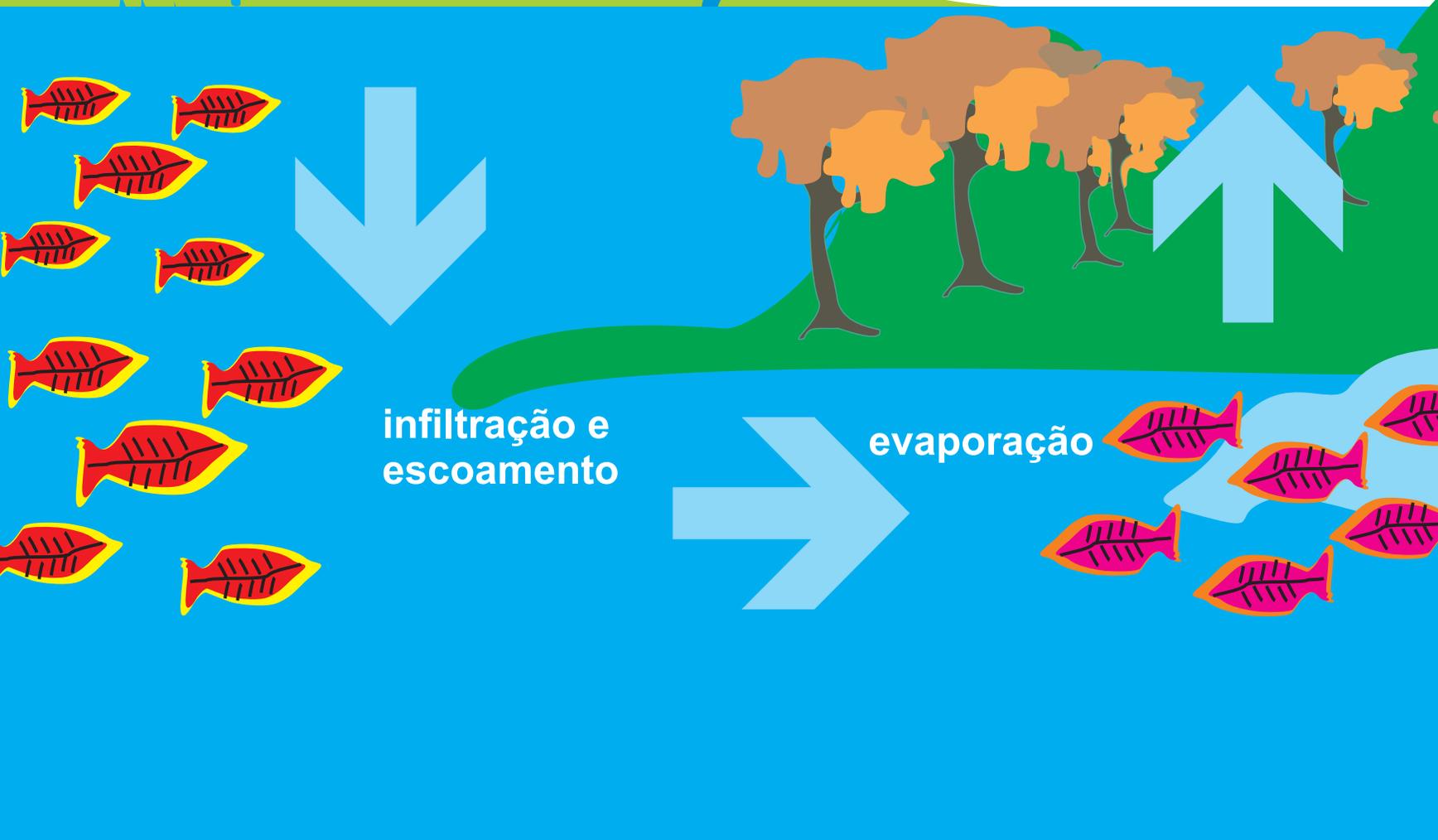
A Agência Nacional de Águas publicou, em 2017, um estudo denominado “Água na Indústria: uso e coeficientes técnicos”. O estudo demonstra que o crescimento da demanda hídrica industrial acompanha a conjuntura econômica do Brasil. No período analisado, entre 2002 e 2015, a vazão consumida equivale a aproximadamente 55% do total retirado e apresenta o comportamento demonstrado no gráfico abaixo:

**Vazão hídrica consumida pela indústria**



Fonte: Ana, 2017 - <https://drive.google.com/file/d/0B3aE-dABPLJ8QmQyeTlnNhxNDQ/view>

Mais uma vez, os profissionais da área tecnológica precisam responder ao desafio de tornar eficiente o uso da água em processos industriais e tratar seus efluentes de forma que possam ou ser reutilizados ou lançados no ambiente natural, com o menor impacto possível ao meio ambiente.





## A BUSCA DE SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS. A CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA E A INOVAÇÃO

---

Água é vida, água é saúde.

Para cada dólar investido em água e saneamento, são economizados 4,3 dólares em custos de saúde no mundo.

---

Água é indutor de desenvolvimento

Algumas regiões observaram que o crescimento pode ser acelerado em 6% com o melhor gerenciamento de recursos hídricos.

---

Água é indutor da produção de alimentos

A irrigação aumenta os rendimentos da maioria das culturas entre 100 e 400%.

---

Água é energia

Aproximadamente 90% da geração de energia global é intensiva em uso de água.

---

Água gera emprego e renda

Metade da força de trabalho global é empregada em indústrias dependentes de água e recursos naturais, como: agricultura, silvicultura, pesca, energia, indústrias de base, reciclagem, construção e transporte. Estima-se que mais de 1,4 bilhão de

empregos, ou 42% da força de trabalho total do mundo, são fortemente dependentes da água.

○ compromisso com a sustentabilidade deverá ser absorvido por todos profissionais das áreas tecnológicas, de forma a garantir o alcance dos ODS. A ausência desse compromisso durante a elaboração/execução de estudos e projetos contribui diretamente para o surgimento dos problemas apresentados anteriormente. A seguir, são apresentadas soluções tecnológicas que incorporam os princípios da sustentabilidade e que poderão ser adotadas, pelos profissionais, como referência para contornar, evitar ou mitigar tais problemas.

---

## Ecohidrologia

A ecohidrologia refere-se à compreensão integrada de processos biológicos e hidrológicos em uma escala de bacia hidrográfica. A água é entendida como um recurso abiótico e também como um serviço prestado pelos processos ecossistêmicos. Esta abordagem permite identificar, quantificar e melhorar as interações críticas para sustentabilidade ambiental em uma bacia hidrográfica.

Os princípios da ecohidrologia são:

- Reverter a degradação e regular os processos cíclicos de água e nutrientes, bem como os fluxos energéticos em uma bacia hidrográfica.
- Melhorar a capacidade de suporte dos ecossistemas aos impactos antrópicos (resiliência, robustez, biodiversidade e serviços ecossistêmicos para a sociedade).
- Utilizar a interação da biota aquática como ferramenta de gerenciamento.
- Ecohidrologia para a sustentabilidade.



<http://bit.ly/es-agua12>

## Tratamento de esgoto e provimento de água

Os benefícios do saneamento e a importância dos serviços de saneamento já são bastante reconhecidos, múltiplos e de diversas naturezas. O quadro seguinte apresenta uma tipologia de benefícios associada aos investimentos.

### Quadro – Tipologia de benefícios ao longo da cadeia de valor dos sistemas de água e esgoto

#### Tipos de investimento

##### Investimentos a montante – gestão sustentável do balanço entre oferta e demanda

##### Proteção dos recursos hídricos

Estabelecimento de proteção nas zonas de captação  
Estabelecimento de acordos voluntários  
Estabelecimento de regulação

##### Aumento e garantia da oferta

Construção de capacidade de reservação

Construção de capacidade de captação  
Desenvolvimento de fontes alternativas  
Adoção de planos de gestão de enchentes e secas

##### Gestão da demanda

Redução de perdas  
Introdução de incentivos tarifários  
Instalação de equipamentos economizadores de água  
Aumento da conscientização, educação ambiental e sanitária

#### Tipos de benefícios

##### Benefícios ambientais

Redução da pressão sobre os recursos disponíveis e melhoria nas vazões  
Benefícios econômicos  
Redução dos custos de pré-tratamento

##### Continuidade na oferta para processos produtivos

Impacto econômico no uso da água em atividades econômicas (agricultura, hidrelétrica)  
Diminuição nas instalações  
Redução da necessidade de dessalinização  
Outros benefícios

##### Melhoria na qualidade de vida

Atividades recreativas em barragens e reservatórios

##### Promoção do acesso à água e ao esgotamento sanitário

##### Acesso à água segura perto/no domicílio

Construção de ligações de água  
Construção e expansão de redes (água/esgoto)  
Construção e operação de ETAs

##### Acesso ao esgotamento e à higiene

Construir instalações sanitárias domiciliares

##### Benefícios de saúde

Redução da incidência de doenças  
Benefícios econômicos  
Aumento na produtividade

##### Impacto no turismo

Outros benefícios

Promover adoção de práticas de higiene

### **Coleta e transporte de esgoto**

Coleta dinâmica de esgoto por redes

Coleta estática e transporte do esgoto por fossa

Aumento na higiene, dignidade e orgulho

### **Aumento na frequência escolar**

## **Investimentos a jusante - tratamento de esgoto para disposição segura e reúso**

### **Tratamento de esgoto**

Construção e operação de ETEs

Disposição segura do lodo

### **Benefícios de saúde**

Benefícios adicionais, decorrentes da melhoria da qualidade da água

### **Benefícios ambientais**

Redução da eutrofização

### **Benefícios econômicos**

Redução de custos do pré-tratamento a jusante

Fortalecimento das atividades de turismo

Aumento na oferta de água para irrigação

### **Outros benefícios**

Aumento dos valores das propriedades

Fonte: adaptado de OCDE (2011).

No Brasil, o método convencional de tratamento de esgoto é o mais utilizado por ter bom custo/benefício, o que viabiliza a universalização do abastecimento público. A utilização dessa técnica é possível graças à qualidade da água no manancial. O custo do tratamento obedece a uma correlação: quanto mais distante estiverem as características da água a ser tratada do padrão estabelecido pela Portaria MS 2.914/2011, mais caro será o tratamento dessa água.

Em algumas ocasiões o processo de tratamento avançado tem que ser adotado. Situações de escassez hídrica ou de poluição extrema, por exemplo, podem fazer com que a solução mais viável de tratamento seja o processo de dessalinização da água do mar. Soluções de engenharia permitem transformar as características dessas águas em padrões de potabilidade. A maioria dos contaminantes é passível de ser removida da água, com maior ou menor custo. À medida que os recursos hídricos alternativos se tornam cada vez menos disponíveis, a necessidade de tecnologias de tratamento inovadoras e econômicas aumenta de forma constante.



○ desenvolvimento e a implementação de tecnologias de tratamento de água têm sido impulsionados por três fatores principais: a descoberta de contaminantes mais raros, a promulgação de novos padrões de qualidade da água e o custo.

A transformação das características físico-químicas e biológicas coerente com a capacidade de autodepuração do corpo hídrico receptor pode ter um custo com o qual nem sempre os municípios estão preparados para arcar.

○ tratamento de esgoto pode ser classificado através dos seguintes níveis: preliminar, primário, secundário e terciário. A definição sobre o nível de tratamento do esgoto dependerá da legislação vigente e dos objetivos do tratamento.

As tecnologias para tratamento de esgoto variam entre sistemas simplificados ou mecanizados e processos aeróbios ou anaeróbios.

- Filtros biológicos
- Lagoas anaeróbias e aeróbias
- Lodos ativados e suas variações (sequenciais/bateladas/MBBR)
- Tratamento anaeróbio (UASB) seguido de lodos ativados
- Lodo ativado com remoção de nitrogênio e fósforo
- Tratamento por membranas (MBR)

São normas técnicas dirigidas aos serviços públicos de água e de esgoto:

ISO ABNT 24510:2012 - Diretrizes para a avaliação e a melhoria do serviço prestado aos usuários;

ISO ABNT 24511:2012 - Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviço de esgoto e para a avaliação dos serviços de esgoto;

ISO ABNT 24512:2012 - Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água potável e para a avaliação dos serviços de água potável.

---

## Revitalização de corpos de água

A revitalização de rios urbanos gera para a cidade benefícios que vão desde a minimização de enchentes urbanas até o resgate da relação cultural da sociedade com o rio. As medidas a serem adotadas podem variar de acordo com o grau de urbanização da bacia hidrográfica ou da cidade que nela se insere, ressaltando que quanto mais urbanizada, maior o custo associado às soluções a serem implantadas.

As soluções que podem ser adotadas em uma bacia hidrográfica são:

- Revitalizar o curso d'água com recuperação dos taludes e recomposição da vegetação ciliar;
- Manter o leito em suas condições naturais;
- Implantar interceptores de esgotos, viabilizando futuro tratamento;
- Promover o reflorestamento de áreas degradadas para prevenir a erosão e o assoreamento do curso d'água;
- Estabelecer o zoneamento das áreas não ocupadas e a adoção de medidas para que não ocorram ocupações nas áreas de risco;
- Preservar a faixa non aedificandi ao longo dos cursos d'água;
- Remover as famílias dos locais suscetíveis à inundação, se necessário;
- Implementar o reflorestamento para prevenir a erosão e o assoreamento do curso d'água.

---

## Técnicas compensatórias para drenagem urbana

A visão de que o processo de urbanização é contraditório ao conceito de sustentabilidade surgiu quando se compreendeu que as falhas dos sistemas de drenagem em regiões urbanizadas, manifestadas pela redução do espaço para escoamento das águas, não provêm de um processo natural, mas do uso incorreto e desregulado do solo, assim como da falta de planejamento.

À medida que os problemas de drenagem urbana se tornam mais complexos, são necessárias análises mais abrangentes e integradas, que considerem as interrelações existentes entre o meio físico e as intervenções humanas.

No que se refere ao aumento da capacidade estrutural dos sistemas de drenagem urbana, o desenvolvimento de técnicas alternativas busca compensar o efeito da expansão urbana, otimizando o uso do solo nas cidades e limitando os custos com investimento.

Também conhecidas como técnicas compensatórias, elas objetivam reduzir o volume de escoamento, as vazões de pico, a vulnerabilidade das áreas urbanas a inundações e, em menor medida, proteger a qualidade dos ambientes receptores do escoamento produzido. Um dos princípios associados às técnicas está na manutenção das vazões produzidas em condições naturais.

Nesse contexto, alguns dispositivos de fácil instalação em conjunto com a paisagem urbana são: os jardins de chuva; as trincheiras de infiltração, que são estruturas longitudinais construídas para facilitar a infiltração das águas pluviais; o pavimento permeável que, construído com materiais permeáveis, possibilita a infiltração da água; os poços de infiltração, que aumentam a capacidade de infiltração do solo e permitem um armazenamento no desnível produzido; e os telhados verdes ou armazenadores, que, apesar de terem um efeito menos expressivo no controle de enchentes, agregam uma série de benefícios para a cidade.

As abordagens citadas atribuem às águas urbanas um papel crescente na sociedade, agregando-se diversas funções que extrapolam os aspectos hidráulicos e sanitários, únicos originalmente considerados nos sistemas clássicos de drenagem, oferecendo uma base para o uso de ferramentas integradas e associadas com a gestão das águas urbanas.

---

## Reúso e reciclagem

### Na indústria

As mesmas técnicas utilizadas para tratar águas de qualidade inadequada podem ser usadas para o tratamento de efluentes e para possibilitar o seu reúso. Em um cenário em que os recursos hídricos estão cada dia mais escassos, a água de reúso se torna uma alternativa para lavagem de pátios, resfriamento de caldeiras e irrigação de

jardins, por exemplo. Essas medidas economizam água de boa qualidade que pode ser utilizada para consumo humano e como matéria-prima para os mais diversos processos industriais, além de diminuir o aporte de poluentes lançados no ambiente natural.

No Brasil é vedado reúso da água para abastecimento público. Todavia, é possível destiná-la para usos menos nobres na indústria e/ou agronegócio.

○ reúso de água e a reciclagem na indústria são técnicas incipientes no Brasil e que vêm se consolidando no meio como alternativas viáveis. Como não há legislação específica sobre o tema no país, faz-se necessário estabelecer regras sobre o reúso da água e a recuperação de subprodutos das águas residuais.

## Reúso

- Reúso indireto e reciclagem externa – a água utilizada é despejada em meio aquático, passando pelo processo de autodepuração para ser novamente usada;
- Reúso direto – trata-se do uso direto e planejado dessas águas para fins específicos como irrigação, arrefecimento industrial, e transporte de materiais;
- Reciclagem interna – é o aproveitamento pelo reúso interno da água após tratamento visando ao seu uso original;
- Reúso potável direto: ocorre quando o esgoto recuperado, através de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável. É usado em condições de difícil acesso à água, em estações espaciais, na Antártida, dentre outros casos. No Brasil, entretanto, seu uso não é permitido;
- Reúso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilização como água potável. Compreende o fluxo-grama onde o tratamento do esgoto é empregado visando adequar a qualidade do efluente à estação aos padrões de emissão e lançamento nos corpos d'água.

○ reúso na indústria proporciona vantagens como aumento da produção, diminuição do custo da água industrial, diminuição do uso da água para limpeza urbana, aumento da disponibilidade de água para recarga de aquíferos, redução da poluição hídrica e conservação do solo. Contudo, é necessário observar algumas situações indesejáveis, prevenindo a sua ocorrência: poluição de aquíferos subterrâneos, aumento

da salinidade do solo e riscos à saúde pública por contato direto com o efluente.

O reúso de recursos hídricos na indústria tem que ser aplicado em concomitância com as práticas que otimizem o seu uso, tais como o mapeamento do uso da água, troca de equipamentos danificados, programas de conscientização e o aproveitamento de água de chuva.

| Tecnologia                             | Pecuária | Agricultura:<br>soja e cana | Processam.<br>de alimentos | Automotiva | Petroquímica | Aço e<br>metalurgia | Mineração | Bebidas | Papel e<br>celulose |
|--|----------|-----------------------------|----------------------------|------------|--------------|---------------------|-----------|---------|---------------------|
| Hidrômetro para segmentação de consumo |          |                             | ●                          | ●          | ●            | ●                   | ●         | ●       | ●                   |
| Irrigação por gotejamento              |          | ●                           |                            |            |              |                     |           |         |                     |
| Dispersador de poeira                  |          |                             |                            |            |              |                     | ●         |         |                     |
| Esgoto para aquicultura                | ●        |                             |                            |            |              |                     |           |         |                     |
| Evaporação por concentração de vinhaça |          |                             | ●                          |            |              |                     |           |         |                     |
| Detector de perda de água              |          |                             | ●                          | ●          | ●            | ●                   | ●         | ●       | ●                   |
| Torres de resfriamento sem químicos    |          |                             | ●                          | ●          | ●            | ●                   | ●         |         | ●                   |
| Aproveitamento de água pluvial         |          |                             | ●                          | ●          | ●            | ●                   | ●         | ●       | ●                   |
| Tratamento de ozônio                   |          |                             | ●                          |            |              |                     |           | ●       |                     |
| Zonas úmidas artificiais               | ●        | ●                           | ●                          | ●          | ●            | ●                   | ●         | ●       | ●                   |
| Ultra filtração                        | ●        | ●                           | ●                          | ●          | ●            | ●                   | ●         | ●       | ●                   |
| Osmose reversa                         |          |                             | ●                          | ●          | ●            | ●                   | ●         | ●       | ●                   |
| Destilação térmica                     |          |                             | ●                          | ●          | ●            | ●                   | ●         | ●       | ●                   |
| Reflorestamento                        | ●        | ●                           | ●                          | ●          | ●            | ●                   | ●         | ●       | ●                   |

## Potencial

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBEDS) analisou 14 tecnologias que fazem uso eficiente da água. A eficiência do uso na indústria contribui para a redução da captação de água tratada, gerando economia e minimizando os riscos de desabastecimento em futuros períodos de escassez. A economia potencial dessas tecnologias equivale a 19% da retirada de água na indústria e 3% da retirada de água na agricultura.

## Na agricultura

As águas de qualidade inferior, tais como esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos.

Dentre as vantagens da utilização da fertirrigação (utilização simultânea de fertilizantes e água), destacam-se as menores perdas dos fertilizantes por lixiviação e volatilização, além de uma maior eficiência na aplicação de fertilizantes, sendo estes pontualmente aplicados próximos ao sistema radicular das plantas em pequenas dosagens durante todo o ciclo, ajustando as necessidades nas diferentes fases das culturas.

No Brasil, através da Resolução CNRH no 54/05, o reúso agrícola tornou-se uma das modalidades de reúso direto, não potável de água, e com isso, prática integrante dos mecanismos de gestão dos recursos hídricos.

## Recomendações quanto ao reúso:

- O uso de esgoto doméstico em atividades agrícolas é viável, mas só poderá ser feito com esgoto tratado e, de preferência, aquele produzido por métodos eficientes na redução de microorganismos de contaminação fecal (coliformes termotolerantes, ovos de helmintos), como, por exemplo, lagoas de estabilização em série (anaeróbia – facultativa – maturação) e reatores anaeróbios tipo UASB seguidos de lagoas de estabilização ou polimento;
- A quantidade de água a ser aplicada, seja qual for o solo a ser utilizado, o método de irrigação escolhido e planta a ser cultivada, deve ser calculada corretamente para que não ocorra a lixiviação e a possível contaminação do lençol freático;
- Para qualquer recomendação no uso de esgoto e lodo tratado na atividade agrícola, o solo deverá ser analisado antes de iniciar os trabalhos e durante a atividade agrícola para monitorar possíveis danos à

sua qualidade (por exemplo: salinização);

- Deve haver um monitoramento sistemático da qualidade física, química, bacteriológica e parasitológica da água residuária tratada;
- Há necessidade de monitorar a qualidade microbiológica e parasitológica das culturas escolhidas para garantir que os padrões da Vigilância Sanitária sejam atingidos (Ministério da Saúde - Portaria nº 451/1997);
- Os trabalhadores envolvidos devem ser orientados sobre os riscos dessa atividade para a saúde, assim como a necessidade de uso de EPIs específicos;
- Há necessidade de se atentar para a contaminação parasitológica do solo e da cultura no caso de hortaliças, mesmo que as análises parasitológicas no efluente utilizado tenham mostrado ausência de ovos de parasitos;
- A irrigação por aspersão deve ser evitada, devido à formação de aerossóis.

Dentre os benefícios do reúso, pode-se destacar a redução de adução de água diretamente do ambiente natural e o descarte dos efluentes; redução de custos com transporte pela descentralização do reúso; melhor aproveitamento de nutrientes no setor agrícola; redução de consumo de energia associado à produção e de custos regulatórios com o descarte da água. Além desses, o reúso da água introduz recursos alternativos necessários às demandas locais, quando não se dispõe água em quantidade suficiente, seja por alta demanda ou por situação de escassez.

### Desproporção

Em média, os países de alta renda tratam cerca de 70% das águas residuárias que geram, enquanto essa proporção cai para 38% nos países de renda média e para 28% nos países de baixa renda. Nos países de baixa renda, apenas 8% das águas residuárias industriais e municipais são submetidas a tratamento de qualquer tipo.

A água residual também pode ser uma fonte econômica e sustentável de energia, nutrientes, matéria orgânica e outros subprodutos úteis. Em um cenário de demanda crescente e disponibilidade limitada, ações de uso eficiente da água em todos os setores usuários devem ser potencializadas para a sustentabilidade do recurso e das atividades decorrentes dele. Essa eficiência só se torna possível pela prática da engenharia, aprimoramento de processos industriais e aplicação de tecnologias apropriadas.

## Uso seguro de água de reúso

O documento fundamenta o uso seguro de água residual, tratada dentro de uma nova cultura da água, traça o panorama mundial e discute as perspectivas e tecnologias para implementação do reúso.



<http://bit.ly/es-agua14>

---

## Aproveitamento de águas de chuva em edificações

O aproveitamento de águas de chuva em edificações para usos não potáveis é uma técnica para minimizar a utilização de água tratada, diminuindo a captação de água nos corpos hídricos, ao mesmo tempo em que ajuda no amortecimento do pico de cheia no sistema público de drenagem.

Quando a definição de aproveitamento de água de chuva se dá na fase de projeto, o potencial de economia é maior, pois a água não potável pode ser utilizada em bacias sanitárias, em máquinas de lavar roupas, além de limpeza de piso e áreas comuns e irrigação de jardins.

## Água da chuva



A cartilha publicada pela Feam e Fiemg apresenta como calcular os reservatórios, considerando a área de coleta de água pluvial da edificação.

<http://bit.ly/es-agua04>

## Legislação sobre água de chuva



Em Belo Horizonte foram editadas leis de incentivo ao uso de água de chuva e racionalização do uso de água.

Lei 10.857/2015, que dispõe sobre políticas para o consumo racional da água tratada fornecida aos municípios, <http://bit.ly/es-agua05>



Lei 10.840/2015, que dispõe sobre o reúso de água em edificações públicas e privadas, <http://bit.ly/es-agua06>

---

## Infraestrutura verde em bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas captam água de precipitação, armazenam a água subterrânea em aquíferos, liberam o fluxo de água superficial e fornecem habitat para plantas e animais. Na medida em que os ecossistemas naturais presentes nessas bacias tratam, armazenam e distribuem água ao longo da bacia, eles modulam a qualidade e até a quantidade e periodicidade da água que flui a jusante para os usuários urbanos e agricultura.

Segundo a European Commission, a infraestrutura verde é uma rede de ecossistemas saudáveis que atende os interesses das pessoas e da natureza. Garante que a qualidade dos ecossistemas seja mantida ou restaurada e que as áreas naturais sejam interconectadas. A infraestrutura verde gera, portanto, os benefícios da natureza, como ar limpo e água disponível, prevenção de inundações, polinização de culturas, armazenamento de carbono, resfriamento de ilhas de calor urbanas. Assim saúde e bem-estar são entregues aos cidadãos.

A infraestrutura verde diminui o aporte de sedimentos nos corpos de água que, além de responsáveis pelo assoreamento dos rios, deterioram a qualidade da água.

A infraestrutura verde é uma ferramenta importante na conservação das bacias hidrográficas e tem como estratégia:

| Estratégia                 | Descrição   |
|----------------------------|---|
| Conservação florestal      | Conservação de áreas naturais a partir de isolamento dos fatores de degradação (gado, fogo, pragas etc), para proteger as bacias hidrográficas. |
| Restauração florestal      | Restauração de plantio de árvores, gramíneas e arbustos nativos em áreas críticas para reduzir a erosão e o transporte de sedimentos.           |
| Restauração de mata ciliar | Conservação e restauração das margens dos rios para reduzir a erosão e melhorar a qualidade da água.  |

Fonte: McDonald e D.Shemie: Mapa de Recursos Hídricos Urbanos. Mapeando soluções de conservação para o desafio global da água 2014. The Nature Conservancy: Washington D.C.

A disponibilidade de água pode ser aumentada mediante a combinação da infraestrutura verde com a infraestrutura cinza, que busca garantir a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos por meio de soluções de engenharia. Exemplos dessas soluções tradicionais da infraestrutura cinza são a ampliação da estrutura dos sistemas de produção de água, a construção de novos reservatórios, a redução da poluição, estendendo o sistema de coleta e tratamento de esgoto, e a prospecção de novas mananciais para a importação da água.

A conservação das bacias hidrográficas também cria valores agregados que vão além da água, incluindo desenvolvimento socioeconômico e empregos, recreação, proteção da biodiversidade e resiliência climática (mitigação de secas e inundações). As cidades capazes de equilibrar soluções verdes e cinzas a adaptá-las para atender aos seus desafios particulares, liderarão o caminho para um futuro sustentável para as pessoas e a natureza.

Um estudo de 2016 da The Nature Conservancy - TNC estimou que a degradação das bacias hidrográficas custa anualmente às cidades globais US\$ 5,4 bilhões em tratamento de água, e muitos governos municipais estão percebendo a importância de investir em suas bacias hidrográficas.



## CASOS DE SUCESSO/ EXEMPLOS

A água não nasce em reservatórios.

José Carlos Carvalho

### Reúso industrial

○ Aquapolo é o maior empreendimento para a produção de água de reúso industrial na América do Sul. Resultado de parceria entre a BRK Ambiental e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), fornece por contrato 650 litros/segundo de água de reúso para o Polo Petroquímico da Região do ABC Paulista.

○ O processo começa nas Estações Elevatórias da Sabesp, onde foram inseridos sensores que determinam o nível de toxicidade da carga que chegará à ETE no curto prazo. O esgoto é bombeado até a ETE do ABC e serve de insumo para o Aquapolo. O volume de 1.350 litros/segundo é despejado no Córrego dos Meninos com a qualidade exigida pela legislação. Outros 650 litros/segundo são desviados e transformados em água de reúso. Ao fim do processo de tratamento, ele está pronto para retornar à natureza.

Os parâmetros de qualidade da água que devem ser alcançados ao final de todo o processo foram determinadas pelo próprio Polo Petroquímico, considerando o uso destinado à água que, neste caso, é principalmente para limpar torres de resfriamento e caldeiras. Para condução e distribuição da água produzida, foi construída uma adutora de 17km, que vai de São Paulo e percorre os municípios de São Caetano do Sul e Santo André, até chegar a uma torre de distribuição em Capuava, Mauá, onde está o Polo. A partir dela, uma rede de distribuição de 3,6 km entrega a água para cada um dos clientes ali instalados. A adutora foi projetada para permitir derivações, viabilizando o atendimento a outros potenciais clientes.



<http://www.aquapolo.com.br>

---

## Eficiência de irrigação

A propriedade de Makoto Harano, na região de Salesópolis (SP), está localizada em uma região crítica em água, numa área de represas que fornecem água para a região metropolitana de São Paulo.

○ sítio possui área de plantio de hortaliças folhosas com cobertura plástica mulching, utilizando aspersores auto compensados de baixa precipitação e emissores setoriais nas bordas da área. A condução da cultura é feita com o plantio em furos alternados do plástico, para permitir não só a entrada da água, mas também para permitir a colocação manual de fertilizantes.

A malha hidráulica é fixa e composta de tubos de polietileno, o que possibilitou utilizar a técnica de fertirrigação com economia de cerca de 30% de fertilizantes e de 50% no volume de água de irrigação e de energia elétrica.



<http://www.naandanjain.com.br>

---

## Revitalização de rios urbanos

○ Rio Sena (*la Seine*, em francês) é um rio que banha a capital, Paris, e que deságua no Oceano Atlântico. Sua bacia tem extensão equivalente a 18% do território francês e concentra 30% da indústria nacional.

A experiência de revitalização do Rio Sena demonstra a importância das intervenções de engenharia integradas a políticas públicas de uso e ocupação do solo e instrumentos econômicos para despoluição dos rios urbanos, resgatando assim a relação cultural entre a população e os rios de sua cidade.

○ principal fundamento do processo de revitalização do Rio Sena é o tratamento de esgoto. No que se refere à poluição industrial, a base do trabalho é minimizar a carga poluidora a ser lançada no rio e tornar mais eficiente o uso da água. No trato da poluição difusa, trabalha-se a minimização do aporte de nutrientes provenientes da agricultura e ao sistema de drenagem urbana de águas pluviais, por meio de protocolos junto aos fazendeiros e contratos da agência das águas com os municípios, respectivamente.

Dentre as ações futuras, estão melhorias das estações de tratamento existentes, aprimoramento do sistema de drenagem urbana e minimização das ligações clandestinas de esgoto doméstico na rede pluvial.

### Um banho no sena



<http://bit.ly/es-agua10>



<http://bit.ly/es-agua11>

---

## Infraestrutura verde

A cidade de Nova York elaborou o Plano de Infraestrutura Verde que apresenta uma abordagem alternativa para melhorar a qualidade da água que integra a “infraestrutura verde”, como valas vegetadas e telhados verdes, com investimentos para otimizar o sistema existente e para construir uma infraestrutura “cinza” ou tradicional direcionada e de menor escala.

### O plano apresenta como objetivos:

- A melhoria da qualidade das águas;
- A redução do escoamento superficial de águas pluviais em superfícies impermeáveis no período de chuva; e
- Fornecer benefícios substanciais e quantificáveis de sustentabilidade - resfriando a cidade, reduzindo o uso de energia, aumentando os valores da propriedade e melhorando a qualidade do ar.

Para alcançar os objetivos propostos, o plano é composto de cinco componentes, a saber:

- Construir infraestrutura “cinza” com balanço favorável de custo e benefício que inclui sistemas de coleta de esgoto, estações de tratamento de esgoto e sistemas de abastecimento público;

- Otimizar o sistema de água pluvial existente;
- Controlar o escoamento de águas pluviais em 10%, com o uso de infraestrutura verde, como interceptação por árvores nas ruas, telhados verdes, valas de infiltração, retenção e infiltração subterrânea e áreas verdes em espaços públicos;
- Institucionalizar o gerenciamento adaptativo, modelar impactos, e monitorar a qualidade da água;
- Identificar e engajar os stakeholders.

Essas estratégias na área urbana foram complementadas por ações de conservação da bacia doadora de água bruta que abastece Nova York. Em 10 anos, a cidade aplicou mais de US\$ 1,5 bilhão em sua bacia hidrográfica e o investimento em infraestrutura natural permitiu um baixo índice de sedimentos na água e evitou a construção de uma planta de filtração, economizando US\$ 110 milhões por ano.



**Infraestrutura Natural** / *Natural Infrastructure*, <http://bit.ly/es-agua07>



**Águas urbanas** / *Urban Water Blueprint*, <http://bit.ly/es-agua08>

---

## Conservação de mananciais

A Agência Reguladora dos Serviços Públicos de Santa Catarina (Aresc) permite que os investimentos na conservação de mananciais sejam incorporados aos seus custos de operação. O objetivo é evitar que o consumidor pague mais caro pela água no longo prazo e assegurar recursos permanentes para as iniciativas com a restauração e preservação dos ecossistemas em áreas estratégicas da bacia hidrográfica responsáveis pela garantia da qualidade e da quantidade de água no longo prazo.

A incorporação dos investimentos na conservação do manancial na forma de componentes financeiros da estrutura tarifária permite o controle dos investimentos pela companhia de água e pela agência reguladora, garantindo ao cidadão uma tarifa justa e transparente.

O Programa Produtor de Água Camboriú tem sido um modelo de gestão para a operação dos investimentos na conservação de mananciais. Nele, os interessados compõem a Unidade de Gestão do Projeto (UGP), instância deliberativa que realiza os estudos técnicos necessários e elabora o plano de conservação, que estabelece as ações específicas de conservação a serem implantadas bem como os seus custos. A implantação do plano de conservação é financiada através da alocação de recursos por parte da companhia de água, solicitados anualmente à agência reguladora. Com isto, é estabelecido um fluxo de caixa que confere transparência e boa governança ao processo, garantindo ao cidadão que seus recursos sejam bem aplicados.

Em um horizonte de 20 anos, a redução no custo do tratamento compensa 80% do investimento feito no projeto. Isso sem computar os benefícios não quantificados, como a redução do risco de enchentes e a redução do risco de desabastecimento de água durante a alta estação.



<http://bit.ly/es-agua09>.

---

## Técnicas compensatórias de drenagem urbana

### Bacia de Detenção do Engenho Nogueira – Belo Horizonte

O Campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizado em Belo Horizonte, sofria com recorrentes problemas de inundação. Pensando na solução do problema em escala local e no amortecimento de cheias em maior escala, a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, em parceria com a universidade, decidiu implantar uma bacia de detenção.

A bacia de detenção do Engenho Nogueira, localizada na região da Pampulha, drena uma área urbanizada de aproximadamente 3,4 km<sup>2</sup>. É uma bacia sem armazenamento de água (bacia seca) em períodos de estiagem, apresentando em sua com-

posição o Córrego Engenho Nogueira, que escoar por ela, havendo acúmulo de água apenas em situações em que há aumento de vazão (bacia in-line). A bacia é formada por um barramento em terra e enrocamento, possuindo uma descarga de fundo que permite a passagem do córrego em períodos de estiagem.

Após a implantação da bacia, foi notória a atenuação dos problemas de inundação na Universidade, porém os esgotos sanitários e os efluentes industriais provenientes das empresas instaladas na bacia hidrográfica ainda são lançados no córrego Engenho Nogueira, o que causa significativa contaminação de suas águas.

## Telhados verdes

A utilização de telhados verdes está associada à minimização dos impactos decorrentes do aumento da temperatura em centros urbanos e ao armazenamento de águas pluviais. Em Chicago (EUA), foram construídos telhados verdes em diversos edifícios. Só no teto da prefeitura há mais de 20 mil plantas, de mais de 150 variedades, incluindo 100 arbustos, 40 trepadeiras e 2 árvores. A cidade está monitorando a temperatura, a chuva e a velocidade e direção do vento, o que vai ajudar a avaliar como o telhado verde tem contribuído para a qualidade de vida no local.

Outro exemplo de trabalho foi desenvolvido na Universidade de São Paulo (USP), comparando dois prédios da capital paulista, um com área verde e outro com laje de concreto, sendo então verificado que a temperatura no topo do edifício com jardim ficou até 5,3 graus Celsius (°C) mais baixa. Também houve ganho de 15,7% em relação à umidade relativa do ar.



## CONCLUSÕES

A segurança hídrica é hoje agenda prioritária de setores públicos e privados e é definida pela ONU como a capacidade de garantir à população o acesso sustentável, a água em quantidade adequada e com qualidade aceitável para os meios de subsistência, bem-estar humano e desenvolvimento socioeconômico. O conceito abrange, ainda, a capacidade de assegurar proteção contra a poluição e os desastres relacionados à água, e a preservação dos ecossistemas, em um clima de paz e estabilidade política.

O conceito permite identificar que ações prioritárias para que ela possa ser atingida são, dentre outras, a promoção da eficiência no uso da água, o incentivo ao reúso, o tratamento de efluentes e sistemas de drenagem que não coloquem a população em risco.

Complementarmente, a economia verde é entendida como aquela que resulta em melhor qualidade de vida humana e equidade social, enquanto reduz os riscos ambientais e a escassez ecológica, e cuja forma de se atingir requer a combinação de esforços políticos, desenvolvimento tecnológico e maior consciência, que resultem na redução da “pegada hídrica” nos diversos setores, decorrente do aumento da conservação, reúso e eficiência no uso da água.

Estas abordagens reforçam ações de gestão adequada da água em seus diversos aspectos abordados ao longo desta cartilha, justificando-se assim a relevância do aprimoramento das técnicas e tecnologias relacionadas à atuação dos profissionais de engenharia.

## BIBLIOGRAFIA

- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2º ed. Porto Alegre: ABRH, 2011.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano...** Brasília: Funasa, 2017.
- CHOUKR-ALLAH R. Perspectives of Wastewater Reuse in the Mediterranean Region. In: CHOUKR-ALLAH R., RAGAB R., RODRIGUEZ-CLEMENTE R. (ed.) **Integrated Water Resources Management in the Mediterranean Region**. Dordrecht: Springer, 2012.
- FLETCHER T. D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v. 12 (7), p. 525-542, 2014.
- FORTUNATO, A.; OLIVERI, E.; MAZZOLA, M. R. Selection of the Optimal Design Rainfall Return Period of Urban Drainage Systems. **Procedia Engineering**, v.89, p.742-749, 2014.
- GERSONIUS, B. Can resilience support integrated approaches to urban drainage management? **11th International Conference on Urban Drainage**, Edinburgh. Scotland, UK, 2008.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. Trata Brasil. Site institucional: [www.tratabrasil.org.br](http://www.tratabrasil.org.br)
- MELO, M.C. **Segurança Hídrica para Abastecimento Urbano: Proposta de Modelo Analítico e Aplicação na Bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Engenharia) Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016
- MOURA, P.; LARA, M.; BAPTISTA, M. Análise da efetividade de bacias de retenção para controle de inundações em meio urbano: estudo de caso em Belo Horizonte. **XXV Congresso Latinoamericano de Hidráulica San José**: Costa Rica. 2012.
- NEVES-SILVA, Priscila; HELLER, Léo. O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, Jun 2016, Volume 21 Nº 6 Páginas 1861 – 1870
- SILVA, A. O. et al. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11. p. 1143-1151, 2013.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Site institucional. [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br)
- SOUZA, T. R. et al. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 846-854, 2012.
- SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.



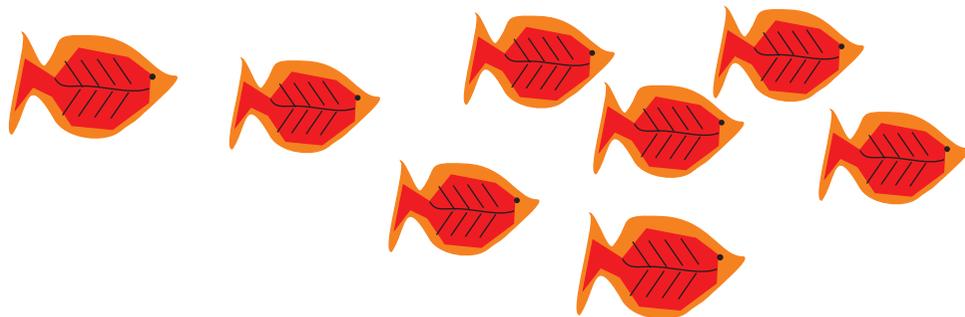
## FICHA TÉCNICA

**A** Engenharia e a Sustentabilidade: águas é uma publicação do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais • **Presidente:** engenheiro civil Lucio Borges • **Vice-Presidente:** engenheiro civil David Thomaz Neto • **Diretor Administrativo e Financeiro:** engenheiro civil Walmir Januário • **Diretor de Atendimento e Acervo:** engenheiro agrônomo Edson dos Santos • **Diretor de Planejamento, Gestão e Tecnologia:** engenheiro mecânico Waldimir Teles Filho • **Diretor de Relações Institucionais:** engenheiro civil Pedrinho da Mata • **Diretora Técnica e de Fiscalização:** engenheira civil Maria das Graças Lage • **Diretor de Recursos Humanos:** engenheiro eletricitista Flávio Vianna • **Superintendente de Relações Institucionais:** engenheiro civil e de segurança do trabalho Marcos Venícios Gervásio • **Gerente de Comunicação e Publicidade:** Debi Sarmento.

**Organização:** engenheira civil Marília Carvalho de Melo e economista Paulo Roberto Bretas • **Textos:** engenheira civil Marília Carvalho de Melo (Igam), engenheiro civil Vítor Carvalho Queiroz (HidroBR Consultoria), engenheiro ambiental Heitor Soares Moreira (Igam), engenheira agrícola e ambiental Aline de Araújo Nunes (PUC-Minas), engenheiro florestal Ricardo Galeno (The Nature Conservancy), Miguel de França Doria (Hidrólogo Regional da Unesco para América Latina e Caribe) e Soledad Benitez (Assistente do Programa Hidrológico Internacional para América Latina e Caribe) • **Colaboradores:** engenheira civil e sanitarista Izabel Cristina Chiodi (INCT-ETEs Sustentáveis), engenheiro de minas e metalurgista Octávio Elisio Alves de Brito (Fiemg) • **Ilustrações:** Sinésio Bastos • **Projeto Gráfico e diagramação:** Antônio Bosco • **Edição:** Marília Melo, Debi Sarmento • **Revisão:** Kelly Barbosa • **Tiragem:** 500 exemplares • **Impressão:** Global Print

O conteúdo desta cartilha está disponível no site do Crea-Minas (<http://www.crea-mg.org.br/images/es-agua-ptbr.pdf>). Pode e deve ser reproduzido! Você pode compartilhar e adaptar o presente trabalho, desde que citada a fonte, dando o devido crédito aos autores, conforme os termos da licença Creative Commons 4.0 Atribuição Internacional.





# CREA-MG

Conselho Regional de Engenharia  
e Agronomia de Minas Gerais

Av. Álvares Cabral, 1600 - Santo Agostinho  
Belo Horizonte - MG  
Cep: 30170-917  
Telefone: 0800.0312732  
[www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br)



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura



Programa  
Hidroológico  
Internacional

