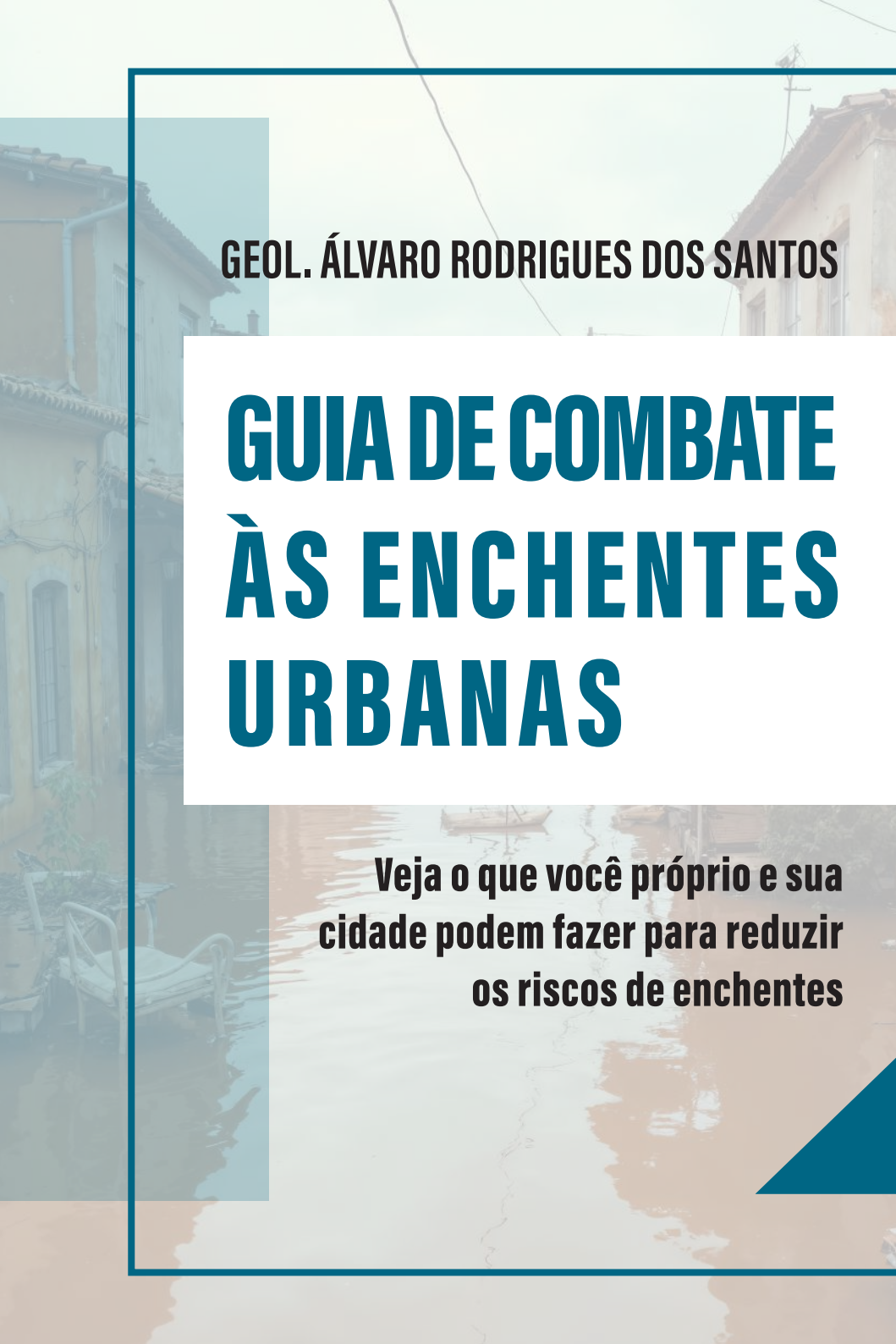




GEOL. ÁLVARO RODRIGUES DOS SANTOS

GUIA DE COMBATE ÀS ENCHENTES URBANAS

**Veja o que você próprio e sua
cidade podem fazer para reduzir
os riscos de enchentes**

Geol. Álvaro Rodrigues dos Santos

GUIA DE COMBATE ÀS ENCHENTES URBANAS

**VEJA O QUE VOCÊ PRÓPRIO E SUA
CIDADE PODEM FAZER PARA REDUZIR
OS RISCOS DE ENCHENTES**

**BASES PARA UMA POLÍTICA
PÚBLICA DE COMBATE ÀS
ENCHENTES URBANAS.**

Copyright 2026. Geol. Álvaro Rodrigues dos Santos

Projeto gráfico/Diagramação/Capa: *Manoela Dourado*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Santos, Alvaro Rodrigues dos

Guia de combate às enchentes urbanas : do diagnóstico à solução / Alvaro Rodrigues dos Santos. -- 1. ed. -- São Paulo : Ed. do Autor, 2026.

ISBN 978-65-02-14010-9

1. Desastres ambientais 2. Desastres socionaturais
3. Enchentes urbanas 4. Erosão do solo - Controle
5. Gerenciamento de crise 6. Inundações 7. Planejamento urbano - Aspectos ambientais I. Título.

26-365116.0

CDD-553

Índices para catálogo sistemático:

1. Enchentes : Geologia e meio ambiente 553

Camila Aparecida Rodrigues - Bibliotecária CRB - SP-010133/O

Agradecimentos

Agradeço o escritório de direito ambiental Milaré Advogados pelo inestimável apoio à edição desse Guia. Agradeço igualmente a todos os colegas e profissionais que com zelo, competência e amizade colaboraram para que essa publicação pudesse se tornar uma realidade.

O autor



CURRÍCULO AUTOR

Álvaro Rodrigues dos Santos, nascido em Batatais, São Paulo, é formado em Geologia pela Universidade de São Paulo no ano de 1968.

Com algumas passagens pela empresa privada, teve sua carreira técnica basicamente desenvolvida no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), desde sua contratação em 1969. Pesquisador V Sênior, ocupou diversos cargos e funções, tendo sido Diretor da Divisão de Minas e Geologia Aplicada e Diretor Executivo de Planejamento e Gestão do IPT.

Teve a oportunidade de trabalhar com os mais diferentes tipos de obras e ações de uso e ocupação do solo e colaborou especialmente para o desenvolvimento da Geologia de Engenharia aplicada a Obras Viárias, Estabilidade de Taludes de Corte e Encostas e Problemas Urbanos.

Ao longo de sua carreira, dedicou especial atenção à formulação conceitual e metodológica da Geologia de Engenharia brasileira, pleiteando para esta seu entendimento como uma Geociência Aplicada, com plena e intrínseca vinculação ao universo científico e analítico da Geologia, tese consagrada em seu livro “Geologia de Engenharia:

conceitos, método e prática”, com sua 1ª edição lançada em 2002 e já em sua 4ª edição.

Em sequência publicou os seguintes livros, vários já reeditados: “Manual Técnico para Conservação e Recuperação de Estradas Vicinais de Terra”, “A grande barreira da Serra do Mar: da Trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes”, “Diálogos Geológicos”, “Cubatão”, “Enchentes e Deslizamentos: Causas e Soluções”, “Manual Básico para elaboração e uso da Carta Geotécnica”, “Cidades e Geologia”, “Manual de Execução da Técnica Cal-Jet de Proteção de Solos contra a Erosão”, Manual Técnico para Identificação de Nascentes, Guia de Combate às Enchentes Urbanas, além de coautor de várias publicações técnicas na área de Geologia e Geologia de Engenharia.

Em 2011 recebe o Prêmio Ernesto Pichler da Geologia de Engenharia brasileira, conferido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE em seu 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia.

Atualmente o geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos é Diretor-presidente da ARS Geologia Ltda.

SUMÁRIO

■	Apresentação	15
■	Prefácio	19
■	Opção pelo problema.....	19
■	1. Princípios básicos que orientam o presente guia	23
	Do diagnóstico à solução	23
	Objetivo do guia.....	23
■	2. Introdução - diagnóstico das enchentes urbanas	25
	2.1 Lençol freático: o melhor reservatório urbano para as águas de chuva.....	37
	2.2 O binômio erosão/assoreamento (tema desenvolvido no item 3.12 Desse guia)	39
	2.3 O lixo urbano	39
	2.4 O entulho de construção civil	42

3. Elenco de medidas voltadas à recuperação da capacidade da cidade reter águas de chuva 49

- 3.1** Sistemas simples de captação de águas de chuva para usos brutos 50
- 3.2** Sistemas para acumulação e infiltração de águas de chuva. Trincheiras e poços drenantes 54
- Sequência construtiva de uma trincheira drenante.....57
- 3.3** Uma idéia a se pensar: taxa de permeabilidade ou cota de acumulação/infiltração por lote? 60
- 3.4** Sugestão de minuta (aspectos técnicos) de lei municipal para tornar obrigatória a instalação de dispositivos de acumulação/infiltração de águas de chuva no interior dos lotes imobiliários..... 63
- 3.5** Piscinões, obra de grande eficiência hidrológica.....67
- 3.6** Calçadas ajardinadas e valeta drenante.....72
- 3.7** Sugestão minuta de lei municipal para o aumento da capacidade de retenção/infiltração de águas de chuva na área urbana por meio da instalação de canteiros verdes em calçadas74
- 3.8** Disseminação de bosques florestados por todo o espaço urbano77
- 3.9** Sugestão de minuta de lei municipal para implantação de bosques florestados..... 83
- 3.10** Pisos drenantes em estacionamentos, pátios etc.... 88

3.11 Sugestão de minuta de lei tornando obrigatória a utilização de pavimentos drenantes em espaços urbanos livres.	97
3.12 Reduzir o assoreamento do sistema de drenagem urbano.	101
3.13 Folheto tecnológico contra a erosão	111
3.14 Sugestão de lei para coibição da erosão urbana	114

ENCHENTES OU INUNDAÇÕES?

NOTA: A correta linguagem técnico-científica distingue enchente e inundação como dois fenômenos diferentes. A enchente corresponderia ao canal do curso d'água (leito natural) totalmente cheio, mas sem extravasamentos. Já inundação corresponderia às águas de extravasamento avançando sobre áreas baixas próximas ao curso d'água.

Há ainda o fenômeno chamado alagamento, que corresponderia a um acúmulo de água associado a deficiências de drenagens em pontos isolados.

Por não se constituir um trabalho dirigido especificamente ao setor técnico-científico, mas também à população e a profissionais dos setores público e privado, preferiu-se nesse Guia, em sintonia com o entendimento popular e midiático mais geral, adotar o termo enchente como abrangente de todos os fenômenos referidos.

APRESENTAÇÃO

As enchentes urbanas tem progressivamente aumentado sua frequência, sua intensidade e, infelizmente, sua letalidade, constituindo hoje um dos mais graves flagelos impostos à população de um número sempre crescente de cidades brasileiras.

Dentro desse preocupante cenário o presente Guia pode e deve, na expectativa de seu autor, também ser entendido como uma proposta de **BASES PARA UMA POLÍTICA PÚBLICA DE COMBATE ÀS ENCHENTES URBANAS.**

Para ser exitoso um programa de combate às enchentes deve partir do diagnóstico de suas causas, o que o levaria, no caso da grande maioria das cidades brasileiras, a considerar e executar concomitantemente as seguintes frentes de ação:

1. a primeira, voltada a aumentar a capacidade de vazão de toda a rede de drenagem;
2. a segunda, voltada a recuperar a capacidade da cidade reter uma boa parte de suas águas pluviais, reduzindo assim o volume dessas águas que é lançado sobre as drenagens;
3. a terceira, voltada a produzir uma drástica redução dos processos erosivos que ocorrem especialmente nas zonas periféricas de expansão urbana

gerando um imenso volume de sedimentos, e do lançamento irregular de entulho da construção civil e do lixo urbano, materiais responsáveis pelo assoreamento das drenagens e decorrente redução de sua capacidade de vazão.

Infelizmente os atuais programas de combate às enchentes quando muito concentram-se exclusivamente na primeira frente de ação **(1)**, o que tem se mostrado totalmente insuficiente para o objetivo a que se propõem. Sobre a implementação das medidas decorrentes das duas outras frentes de ação **(2 e 3)**, salvo a implantação de alguns reservatórios de detenção (“piscinões”), praticamente nada tem sido feito, estão totalmente ausentes nos atuais programas oficiais. O motivo dessa ausência certamente se explica na deficiência de diagnósticos mais precisos das reais causas das enchentes urbanas.

No sentido de colaborar para uma drástica e indispensável correção de rumos, esse Guia tem o claro objetivo de, a partir da explicitação do diagnóstico causal das enchentes urbanas, ressaltar a vital importância de implementação das outras duas frentes de ação **(2 e 3)**, objetivo que é alcançado com a orientação técnica necessária à implementação das obras e serviços que estarão sob a responsabilidade das administrações públicas municipais e da própria população.

O autor

NOTA:

Foram utilizadas nessa publicação algumas imagens para as quais não foi possível encontrar a devida autoria. A decisão por sua utilização deveu-se à excelência dessas imagens para a ilustração dos problemas técnicos tratados. Solicitamos a compreensão dos eventuais autores e sua comunicação com o autor desse Guia para que esse registro seja devidamente consignado em uma próxima edição.

PREFÁCIO

OPÇÃO PELO PROBLEMA

Quando se convive por um século com um problema, pode-se afirmar que este não é, de fato, um problema: é *uma opção*.

As enchentes urbanas assim se enquadram, no campo da opção. Longe de serem acidentes naturais ou fatalidades são, antes de tudo, a expressão visível e dramática de um modo de ocupar o planeta e produzir a cidade que, ao longo do tempo, dissociou drasticamente, entre outros fatores, urbanização, solo, água, cultura, direitos humanos, economia entre si. E estes da qualidade de vida cotidiana da Humanidade.

Sendo esta uma escolha, como tal deve ser considerada para que, então, possam ser superados seus efeitos, um deles objeto deste Guia. Como sintetiza o próprio autor as enchentes urbanas são resultado de "(...) 'volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente

menores, sendo escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão’.”

As enchentes, assim como alagamentos e inundações, resultam de opções técnicas, políticas e culturais que privilegiaram a impermeabilização extensiva, a canalização apressada e a crença recorrente de que grandes obras hidráulicas isoladas do território vivido e no território ocupado seriam capazes de resolver problemas essencialmente urbanos, ligados ao modelo de produção da cidade e, mais amplamente, ao modelo de produção e consumo adotado ao longo do século passado.

Se percebe que estas são claramente decorrentes do uso e ocupação do solo que adotando o modelo de exploração extrativista da terra urbana prioriza sua mercantilização primária sem compreendê-la em sua tridimensionalidade. Trata-se de um modelo que se mostra impermeável à percepção de que além do chão da cidade e seu potencial construtivo aéreo, existem seu subsolo e sua inserção no território, o que lhe agrega qualidade e valor.

O que se tem hoje, em especial nas grandes cidades, nas metrópoles e nas megametrópoles é o acúmulo dos efeitos nocivos desta sua característica de produção e do apagão urbanístico vivenciado sobretudo nos últimos quarenta anos. Verifica-se a impossibilidade, neste modelo, de que a curva de crescimento das necessidades, onde se incluem equipamentos, serviços e infraestrutura básica, e a curva de crescimento da oferta possam se encontrar ou se alinhar.

É nesse contexto que se percebe, por exemplo, que no caso das enchentes urbanas as mudanças climáticas contribuem para sua explicação, mas não dão conta de todo o fenômeno, uma vez que são, elas próprias, decorrência dessas mesmas opções.

Assim sendo, é incontornável o reconhecimento de que as soluções locais, descentralizadas, participativas e colaborativas, onde haja o envolvimento da sociedade, do poder público e da iniciativa privada, vizinhos de infortúnio quando da enchente devastadora, é o caminho contemporâneo, eficiente e eficaz a ser adotado.

Não se trata mais, ao final desta terceira década do século XXI, de se apostar na transição lenta, mas de encarar a necessidade da ruptura final com o modelo pretérito, que jaz no século passado ainda que persista nos mecanismos oficiais de produção da cidade.

Compreender o solo urbano como infraestrutura estratégica, capaz de reter, infiltrar e regular as águas de chuva, é parte desta mudança de paradigma que dialoga diretamente com a noção de cidade como sistema complexo, multiescalar e socialmente desigual, mas que deve ser, não obstante, equilibrado e acessível.

Diferenciar com clareza Política, Plano, Programa e Projeto é a PPP que se faz mais do que necessária. Resgatar a importância do lugar como sendo o espaço de encontro e convergência decisiva entre conhecimento técnico, responsabilidade pública e ação cidadã.

O enfrentamento das enchentes exige políticas estruturais, legislação indutora e investimento público consistente, mas também depende da revalorização do cotidiano urbano: do lote, da calçada, da rua, do bairro. Pequenas decisões, quando pensadas de forma sistêmica, tornam-se poderosos instrumentos de transformação territorial.

Este Guia parte exatamente desse ponto de inflexão: distante de modismos técnicos ou de terminologias mal traduzidas, de consumo fácil, reconhece que as enchentes urbanas não se enfrentam apenas com mais engenharia pesada, mas com uma profunda revisão da relação entre cidade e natureza, entre projeto urbano e processos ambientais, entre a Humanidade e seu próprio *_ethos_*.

Ao articular diagnóstico rigoroso, crítica às soluções simplificadoras e um conjunto claro de medidas replicáveis, este Guia contribui para superar a falsa oposição entre planejamento e participação, entre técnica e política.

Mais do que um manual operacional, ele afirma uma posição: a de que combater enchentes é, simultaneamente, fazer urbanismo, promover justiça espacial e reconstruir uma cultura técnica comprometida com o futuro das cidades e com o direito coletivo ao chão da cidade.

VALTER CALDANA

Arquiteto e Urbanista, professor da FAU Mackenzie

1

PRINCÍPIOS BÁSICOS QUE ORIENTAM O PRESENTE GUIA

DO DIAGNÓSTICO À SOLUÇÃO

As recomendações e orientações técnicas expostas nesse Guia, dirigidas aos cidadãos e às administrações públicas municipais e estaduais, estão diretamente associadas ao diagnóstico das enchentes urbanas expresso a seguir no item INTRODUÇÃO. Do que se depreende que o Guia é solidário e aderente aos conceitos geológicos, hidrológicos e hidrogeológicos das Cidades Esponja.

OBJETIVO DO GUIA

Orientar tecnicamente a população e as administrações públicas municipais e estaduais, assim como as

empresas privadas, para a adoção de medidas práticas eficazes que, somadas, terão a capacidade de estabelecer um exitoso enfrentamento do perverso fenômeno das enchentes urbanas.

AS MEDIDAS PROPOSTAS NESSE GUIA DIVIDEM-SE EM DOIS GRUPOS:

- Aquelas que, por sua simplicidade e direito legal, poderão ser implantadas pelos próprios cidadãos no interior e fora de seus lotes. Para tanto muito contribuiria a participação ativa da Administração Municipal, seja via estímulos como descontos em taxas municipais e/ou benefícios fiscais, seja via distribuição de material de construção, orientação técnica, etc.
- Aquelas que, pelo seu porte e características, exigirão a participação da administração pública, seja na implantação efetiva das medidas, seja na adoção de legislações específicas que as incentivem e, eventualmente, as tornem obrigatórias.

O AUTOR

2

INTRODUÇÃO – DIAGNÓSTICO DAS ENCHENTES URBANAS

Apesar dos grandes recursos financeiros já investidos em obras e serviços de infraestrutura hidráulica, como ampliação das calhas de seus grandes rios, retificação de córregos, piscinões, operações de desassoreamento, etc., a dura realidade vem mostrando que um enorme número de médias e grandes cidades brasileiras estão cada vez mais vulneráveis a episódios de enchentes. E há uma explicação elementar para tanto: **todas essas cidades continuam a cometer os mesmos erros básicos que estão na origem causal das enchentes urbanas.**

Resultado, as enchentes urbanas estão se mostrando a cada dia mais frequentes, mais abrangentes e mais trágicas, tendência que se agravará em muito sob as alterações climáticas associadas ao aquecimento global.

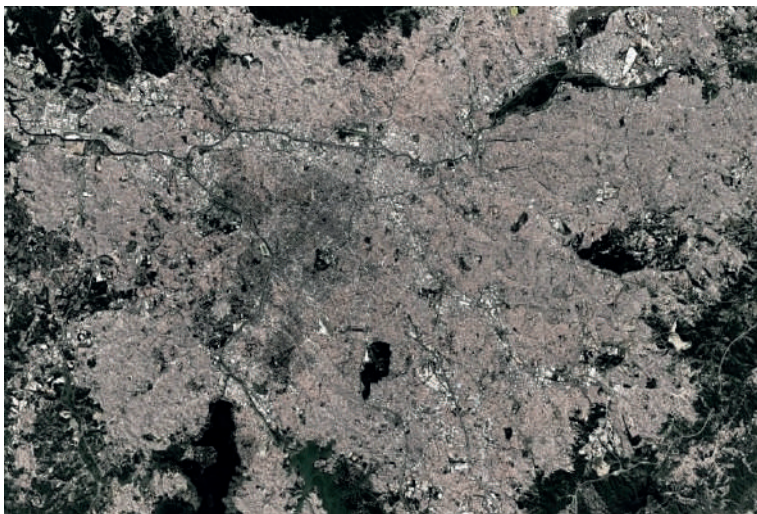
Cada contexto fisiográfico – relevo, geologia, hidrologia, clima...) determinará particularidades próprias na dinâmica de suas águas e de suas enchentes. Por exemplo, uma cidade litorânea sofrerá os efeitos das marés altas que dificultam o vazamento das águas continentais. Mas há um fator básico que é comum a todos contextos e necessitará ser equacionado de forma a se evitar suas graves consequências: o **grande aumento do Coeficiente de Escoamento Superficial (CES)** propiciado pela generalizada impermeabilização do espaço urbano. O CES é o índice que mostra a relação entre o volume da chuva que esco superficialmente e o volume de chuva que é retido pelo terreno

Para se ter uma idéia da dimensão desse problema da impermeabilização considere-se que o Coeficiente de Escoamento Superficial na cidade de São Paulo está em torno de 80%; ou seja, 80% do volume de uma chuva esco superficialmente comprometendo rapidamente o sistema de drenagem. Em uma floresta, ou um bosque florestado urbano, acontece exatamente o contrário, o CES fica em torno de 20%, ou seja, durante um temporal cerca de 80% do volume das chuvas são retidos na área florestada.

E para se ter idéia do perverso efeito do binômio erosão/assoreamento, acrescido do aporte irregular de entulho da construção civil (RCD – resíduos de construção e demolição) e do lixo doméstico, saiba-se que é responsável por reduções de até 80% da capacidade de vazão das drenagens urbanas.

Suscintamente, mas sem prejuízo da precisão, a equação básica das enchentes urbanas pode assim ser formulada: **“volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente menores, sendo escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão”**.

Ou seja, a cidade, por força de sua impermeabilização, perde a capacidade de reter as águas de chuva, lançando-as em grande volume e muito rapidamente sobre um sistema de drenagem – valetas, galerias, bueiros, córregos e rios – não dimensionado para tal desempenho. E aí, as enchentes. Ao menos em seu tipo mais comum.



A grande placa de cimento e asfalto que impermeabiliza já cerca de 3 mil km² da Região Metropolitana de São Paulo (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



A cidade lançando um volume imenso de águas pluviais sobre um sistema de drenagem urbana progressivamente incapaz de lhe dar vazão. São Carlos – SP
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

Excessiva canalização de córregos e o enorme assoreamento de todo o sistema de drenagem por sedimentos oriundos de processos erosivos e por toda ordem de entulhos de construção civil e lixo urbano compõem fatores adicionais que contribuem para lançar as cidades a níveis críticos de dramaticidade no que se refere aos danos humanos e materiais associados aos fenômenos de enchentes. E, lamentável e inexplicavelmente, as cidades continuam a cometer todos esses mesmos erros.



Enchentes – cenas que tem se tornado comuns em muitas cidades brasileiras
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



As enchentes comumente atingem bairros de população de média a baixa renda, onde destrói patrimônios domésticos duramente construídos ao longo de décadas (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Enchentes e deslizamentos ocorridos em Juiz de Fora em fevereiro de 2026.
Foto Túlio Santos-EM-DA Press.



Cenas comuns de enchentes na cidade de São Paulo
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

Da equação hidrológica enunciada, a qual se traduz em um vertiginoso aumento do Coeficiente de Escoamento

Superficial urbano, decorrem três linhas básicas e lógicas de ação para a redução das enchentes urbanas, as quais, para o sucesso pretendido em um programa de combate às enchentes, deverão ser implementadas conjuntamente e concomitantemente:

- aumento da capacidade de vazão das drenagens naturais (rios e córregos) e construídas (bueiros, tubulações, galerias, valetas), através de sua ampliação e de seu constante desassoreamento e limpeza;
- recuperação máxima da capacidade da cidade em reter água de chuva, seja por acumulação, seja por infiltração. Isso significará a adoção de uma nova cultura técnica, em substituição da atual cultura da impermeabilização, e que será implementada pela soma de uma série de medidas de fácil execução sugeridas nesse Guia;
- drástica redução dos processos erosivos que ocorrem especialmente nas zonas periféricas de expansão urbana gerando um imenso volume de sedimentos e do lançamento irregular de entulho da construção civil e do lixo urbano, materiais responsáveis pelo assoreamento das drenagens e decorrente redução de sua capacidade de vazão.

Muitas cidades tem, infelizmente, se restringido a atuar na primeira linha básica de ação, ou seja, procurando aumentar a capacidade de vazão de córregos e rios principais através de grandes obras de alargamento e aprofundamento de suas calhas e de intensos e intermináveis serviços de desassoreamento, a um custo extraordinário e com resultados altamente comprometidos pela livre ação da diabólica combinação erosão/assoreamento a que todo esse sistema de drenagem continua sendo submetido. No âmbito dessa primeira linha de ação tem-se dado pouca atenção à modernização e ampliação da rede de drenagem construída (bocas de lobo, galerias de drenagem, condutos enterrados, canais de macrodrenagem...) originalmente dimensionada para vazões menores que as atuais.

No que diz respeito à segunda linha de ação, a qual objetiva a “desimpermeabilização” da cidade recuperando sua capacidade em reter uma boa parte de suas águas pluviais, há um enorme elenco de medidas, virtuosamente utilizadas em vários países que sequer foram consideradas no Brasil, apesar das insistentes cobranças do meio técnico nacional: reservatórios domésticos e empresariais para acumulação e infiltração de águas de chuva, calçadas e sarjetas drenantes, pátios e estacionamentos drenantes, valetas, trincheiras e poços drenantes, multiplicação de bosques florestados por todo o espaço urbano etc., que

adotadas em seu conjunto, atuam diretamente sobre os fatores causais essenciais das enchentes urbanas.

Essas medidas voltadas à maior retenção de águas de chuva, seja por acumulação, seja por infiltração, com consequente redução do Coeficiente de Escoamento Superficial urbano, constituem o cerne estratégico da proposta que se resolveu denominar Cidades Esponja. Medidas que uma vez aliadas a um vigoroso combate aos processos erosivos e a uma radical coibição do lançamento irregular de lixo urbano e entulho da construção civil, constituem providência indispensável para o sucesso de qualquer programa de combate às enchentes.

Vale registrar que a infiltração é normalmente um processo lento e os expedientes de retenção não podem depender apenas dela para cumprirem seu papel. No combate às inundações ou se retém de imediato as águas de um forte episódio pluviométrico, ou os efeitos hidrológicos serão mínimos. Para tanto, todos os sistemas de maior retenção devem cumprir em um primeiro momento também a função primeira de acumulação. Será esse volume imediatamente acumulado que irá aliviar o sistema público de drenagem urbana de um determinado volume excessivo de água. Obviamente, a infiltração interessa, mas por outro motivo também nobre, para a alimentação dos sacrificados aquíferos subterrâneos das áreas urbanizadas, os quais constituem a reserva estratégica de água das populações urbanas.

Um exemplo: um estacionamento a céu aberto com piso permeável deverá ser projetado de forma a permitir a acumulação de água em uma base porosa (por exemplo: brita) de algo como 0,5 m de espessura. Imaginando um estacionamento de 5 mil m² será essa base porosa que propiciará a acumulação de algo como 2 mil m³ de águas pluviais. Que, passada a chuva, irão então lentamente infiltrando-se no solo. Da mesma forma devem ser concebidos os reservatórios prediais e demais reservatórios que venham a coletar águas pluviais.

No caso dos bosques florestados, um dos melhores expedientes para a retenção de águas de chuva na área urbana, essa retenção também não se dá por uma imediata infiltração, mas pelo encharcamento de todo o corpo florestal: copas, galharia, epífitas, lianas, serapilheira e o horizonte A de solo orgânico (esse extremamente poroso). É dessa maneira que as florestas conseguem reter de imediato até 85% das águas de um episódio pluviométrico significativo. A infiltração dessas águas em direção ao lençol freático somente vai acontecer mais vagarosamente ao longo do tempo. No sentido inverso às florestas, o espaço urbanizado, pela extensa impermeabilização promovida, consegue reter apenas algo em torno de 20% do volume de chuvas que recebe, lançando sobre seu sistema de drenagem algo como 80% desse volume.

Há finalmente que se considerar que do ponto de vista técnico-hidrológico, em muitos casos não há como agindo somente no espaço urbano reduzir totalmente os efeitos de fenômeno pluviométricos de grande magnitude. **Nesses casos, impõe-se a necessidade de se combinar medidas no espaço urbano e medidas junto às bacias hidrográficas envolvidas, e que se estendam pela área rural. Isso explica-se pelo fato de também nas áreas rurais, por direta decorrência de práticas agrícolas equivocadas, estar-se verificando um substancial aumento do Coeficiente de Escoamento Superficial, o que significa maior volume de águas de chuva, em tempo sucessivamente menores, sendo levadas às calhas hidrográficas naturais.**

O esforço nesses dois espaços, urbano e rural, estará sempre em reduzir o Coeficiente de Escoamento Superficial, via medidas e dispositivos que recuperem a capacidade geral de reter águas de chuva, seja por acumulação, seja por infiltração. No meio rural destacam-se para esse fim a adoção de terraceamentos agrícolas, de técnicas de plantio direto, de execução de cavas (barraginhas) de infiltração/acumulação, manutenção ou implantação de porções florestadas, proteção das APPs, etc.

Em resumo, o propósito de um programa de recuperação da capacidade de retenção de águas de chuva está justamente em inverter, ao máximo que for possível, as ordens de grandeza dessa atual equação pluviométrica,

com o que fica claro o objetivo do presente **GUIA DE COMBATE ÀS ENCHENTES URBANAS**: estimular e orientar tecnicamente a população e as administrações públicas municipais e estaduais para a adoção de medidas práticas eficazes que, somadas, terão a capacidade de estabelecer um exitoso enfrentamento do perverso fenômeno das enchentes urbanas.

2.1 LENÇOL FREÁTICO: O MELHOR RESERVATÓRIO URBANO PARA AS ÁGUAS DE CHUVA

A ocorrência de crises hídricas em várias regiões e centros urbanos do País tem virtuosamente servido a um despertar de leigos e especialistas para certos aspectos de ordem hidrológica que somente não se destacaram antes porque nessas mesmas regiões que hoje sofrem com a falta do recurso hídrico predominava uma certa cultura da bonança hídrica, no âmbito da qual era inimaginável uma circunstância de escassez grave e prolongada.

O absurdo das perdas de água nas canalizações de adução e distribuição, o desperdício por parte os usuários finais, a criminosa poluição de águas urbanas, o desmatamento generalizado dos mananciais ou sua ocupação urbana, o não

aproveitamento direto das águas de chuvas para usos brutos, compõem alguns desses paradoxos e aberrações.

No caso específico do melhor aproveitamento das águas de chuva o país pode, a partir dessas constatações, dar um enorme salto de qualidade em um período de tempo razoavelmente curto, com resultado fantástico para o balanço hídrico de suas cidades. Até porque em muitas de nossas cidades, e especialmente em épocas como as de crise hídrica, choca-nos testemunhar o enorme desperdício de boa água quando de chuvas torrenciais urbanas. É um paradoxo, como uma cidade em crise hídrica pode permitir que tal caudal de água boa se esvaia pelo sistema de drenagem sem um mínimo aproveitamento.

Precisamos distinguir nesse caso dois tipos de aproveitamento de águas de chuva: o direto e o indireto.

Sobre o **armazenamento direto**, não há dúvida que os reservatórios domésticos e empresariais de águas de chuva para usos mais brutos, como lavagem de pisos internos, praças, arruamentos, autos, regas de vegetação, descargas sanitárias, operações em caldeiras e processos industriais etc., em muito aliviariam o sistema público de oferta de água tratada potável.

Há também a excepcional e esquecida possibilidade de **armazenamento indireto**, ou seja, armazenamento da água de chuva devidamente infiltrada no solo e acumulada nas camadas que compõem o substrato geológico das

ciudades; em outras palavras a água subterrânea, ou seja, os aquíferos subterrâneos naturais. É conhecida a propriedade das cidades em impermeabilizar os terrenos e impedir a infiltração das águas de chuva, lançando-as rápida e diretamente nos sistemas de drenagem superficial, que ao fim, através de córregos e rios as conduzem e levam para fora do município. Se, através de uma série de dispositivos, como os próprios reservatórios domésticos e empresariais aliados à capacidade de infiltração, a disseminação de bosques florestados, a obrigatoriedade de adoção de pisos e pavimentos drenantes etc., a cidade aumentar sua capacidade de infiltrar águas de chuva, estaremos “abastecendo” o grande reservatório subterrâneo com milhões de metros cúbicos de boa água; a ser retirada e aproveitada através da instalação de uma rede de poços profundos. Essa alternativa ainda trará uma enorme colaboração para a redução de riscos de enchentes urbanas.

2.2 O BINÔMIO EROSÃO/ASSOREAMENTO **(tema desenvolvido no item 3.12 desse Guia)**

2.3 O LIXO URBANO

**O LIXO ATRAPALHA, MAS NÃO É
O VILÃO DAS ENCHENTES**

O lixo urbano irregularmente lançado ou disposto tem sido apontado por um sem número de vozes como o responsável maior pelas enchentes. Essa tese tem sido insistentemente sustentada por autoridades públicas, tendo acrítica aceitação por boa parte da mídia e inclusive pela própria população de nossas cidades.

No entanto, é uma tese perigosa e equivocada que tem servido a que se jogue à população, por consequência de uma sua eventual falta de conhecimento, a culpa pelas enchentes, como também se jogam as chuvas às costas de Deus. Enfim, uma tese que desvia o foco das atenções, subtrai a importância das verdadeiras maiores causas.

Como ficou claro nos itens anteriores, as enchentes urbanas são explicadas pelo incrível aumento do volume de águas de chuva que aflui, em tempos sucessivamente menores, para um sistema de drenagem (córregos, rios, bueiros, galerias, canais...) progressivamente incapaz de lhe dar a devida vazão.

Esse aumento do volume de água e a redução do tempo em que chega às drenagens são promovidos essencialmente pela impermeabilização do solo urbano e pela cultura de canalização e retificação de drenagens naturais.

Como um enorme agravante a esse quadro, considere-se ainda o fantástico grau de assoreamento dessas drenagens por sedimentos provenientes dos intensos processos erosivos que ocorrem particularmente nas faixas

periféricas de expansão das cidadees. Esse assoreamento acaba por reduzir ainda mais a já comprometida capacidade de vazão de toda a rede drenagem.

E o lixo? Claro que o lixo é um fator complicante, e seu lançamento irregular deve ser combatido de todas as formas. Mas seus efeitos principais são para um tipo de enchente muito localizado, junto às proximidades de um bueiro obstruído ou em uma situação que exija o funcionamento de bombas de sucção, por exemplo.

Por outro lado, é importante considerar que do volume total do material de assoreamento das drenagens 90% são constituídos por sedimentos provenientes dos processos erosivos nas frentes de expansão das cidades, e apenas 10% são constituídos por lixo urbano e entulho de construção civil.

Note-se ainda que muito provavelmente apenas uma pequena parte do lixo disperso nas drenagens da cidade seria proveniente do ato deseducado de se lançá-lo irregularmente, há problemas ainda bem sérios de deficiências de recolhimento do lixo doméstico, especialmente em áreas habitacionais irregulares de baixa renda. Aliás, esta´aí um campo aberto para pesquisas mais aprofundadas sobre as principais origens do lixo que colabora para enchentes urbanas. Esse seria o primeiro passo para o bom equacionamento da questão.

Enfim, o sucesso de um programa de combate às enchentes exige, antes de mais nada, a compreensão exata

de toda a dinâmica causal do fenômeno, assim como a corajosa decisão das autoridades públicas e privadas em assumir suas intrínsecas responsabilidades. O que não condiz com a comodidade de se jogar às costas da população a culpa pelos problemas.

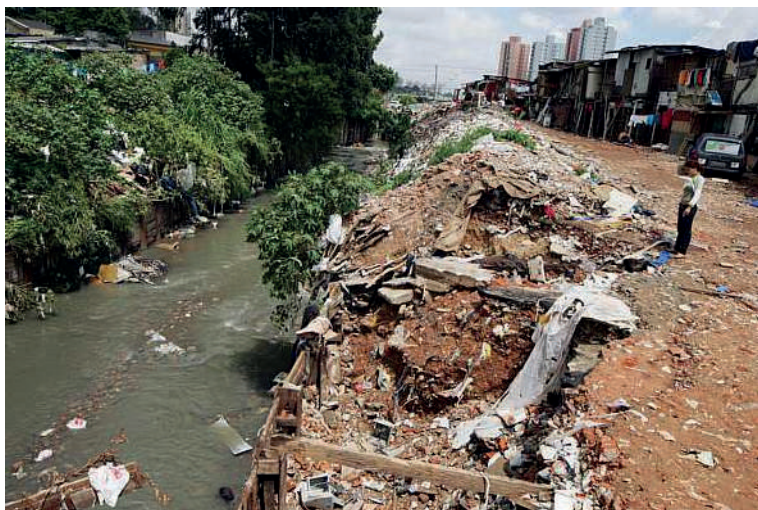
2.4 O ENTULHO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

ENTULHO DE CONSTRUÇÃO CIVIL: PARA EVITAR SEU LANÇAMENTO IRREGULAR É PRECISO CONSUMI-LO EM GRANDES QUANTIDADES, O QUE IMPLICA EM AGREGAR-LHE VALOR E ESTIMULAR SEU USO BRUTO OU SEMI-BRUTO

Somente com agregação de valor como matéria prima para os mais variados usos poder-se-á conseguir reduzir o deletério lançamento irregular do entulho de construção civil. Esse futuro mercado para a matéria prima entulho só será estabelecido com a progressiva obrigatoriedade de seu uso para determinados serviços públicos.

Para termos uma pálida idéia da dimensão dos problemas decorrentes do descarte irregular do entulho inerte de construção civil (ECC) tenha-se em conta que em todo o país algo em torno de 70% do enorme volume de entulho gerado é disposto clandestinamente em terrenos baldios, margens e leitos de córregos, grotas e encostas de alta declividade, laterais de ruas desertas e de bairros

periféricos, estradas rurais peri-urbanas e, quando não, no silêncio das madrugadas, até em vias e espaços urbanos já consolidados. Os graves problemas decorrentes são conhecidos, ou fáceis de se imaginar: degradação sanitária, ambiental, social e vivencial de áreas urbanas, instalação de áreas de risco a deslizamentos, aumento da população de animais e insetos perigosos como vetores de acidentes e doenças, enchentes associadas ao assoreamento e obstrução da rede de drenagem natural e construída, prejuízos financeiros e patrimoniais diretos e indiretos para o cidadão e para a administração pública etc.



Cena comum descarte irregular de entulho de construção civil em margens de córregos urbanos

Como exemplo, a cidade de São Paulo está a produzir cerca de 5 milhões de toneladas de entulho/ano, em grande parte oriundas de uma profusão enorme de pequenas reformas domésticas espalhadas por todo o espaço urbanizado. Estima-se que estejam em operação na cidade cerca de 30 mil caçambas recolhedoras de entulho, das quais perto de 50% em condição irregular. Ou seja, se já é difícil o controle do descarte do entulho recolhido por caçambas regularizadas, o que dizer das irregulares. Pior, opera ainda no município um enorme número, não devidamente quantificado, de caçambas não só irregulares, mas totalmente clandestinas, sobre as quais não há qualquer controle de origem e destino. Tenha-se por fim em conta que o recolhimento em e por caçambas constitui apenas uma das muitas formas que o produtor de entulho tem à sua disposição para se ver livre desse seu indesejável resíduo. Como já referido esses outros expedientes de descarte irregular são responsáveis por mais de 70% do volume total gerado na cidade.

Especialmente a partir da aprovação da Resolução CONAMA nº 307, de 05/07/2002, da qual decorreram termos legais estaduais e municipais dando providências às suas determinações, muitas pesquisas e iniciativas vêm colocando o país em um avançado patamar de conhecimentos e disposições regulatórias para a boa gestão dos resíduos inertes da construção civil. No caso presente, resíduos da

Classe A, alvenarias, concreto, argamassas de todo o tipo e materiais granulares naturais ou beneficiados. Um animador número de municípios tem adotado e implementado ambiciosos programas de gestão do ECC, havendo, por decorrência, já boa experiência acumulada na atividade.

Entretanto, esse bom estímulo ao uso do entulho vem privilegiando aplicações que exigem seu beneficiamento industrial, via coleta, armazenamento centralizado, separação primária, britagem e seleção granulométrica, além de uma estrutura logística e comercial específica e operacionalmente capaz dos atendimentos inerentes à comercialização e distribuição desse tipo de insumo de construção. Essas operações, ditas de reciclagem, acabam por conferir um valor real ao produto final que, em grande parte das situações, inibe seu uso mais generalizado.

Diante dessas dificuldades econômicas, comerciais e logísticas, e considerado o altíssimo volume de ECC que vem sendo diariamente gerado por nossas cidades, continua na prática prevalecendo o convidativo convite ao cômodo e barato, ainda que anti-social e criminoso, descarte irregular do entulho gerado.

Não há outro caminho, a única forma de se inibir o lançamento irregular do ECC está em agregar-lhe valor como insumo da própria construção civil, de tal forma que, uma vez lucrativa sua comercialização, as ordens de grandeza entre o entulho produzido e o entulho utilizado venham

a ser ao menos similares. Para tanto, paralelamente ao que já vem sendo feito, é preciso criar condições para seu uso em grandes volumes. Essa meta exige como condição elementar a redução máxima de seus custos, o que será possível com o estímulo a aplicações do ECC em estado bruto ou semi-bruto, ou seja, não demandadoras de prévias operações de beneficiamento industrial.

Do ponto de vista mais comercial esse objetivo será tão mais facilmente e rapidamente atingido quanto mais sustentado por legislações municipais específicas que propiciem mercado garantido para a aquisição e aplicação do ECC em estado bruto e semi-bruto. Criado um mercado firme, ou seja, garantida a demanda, certamente o setor privado, com o devido estímulo e regulamentação oficiais, organizar-se-á e equacionará a questão da oferta.

Entre as aplicações de ECC bruto ou semi-bruto, que demandariam grandes volumes desse insumo, destacam-se: aterros e proteções de saias de aterro, barragens de enrocamento, preenchimento de feições erosivas como ravinas e bossorocas, berços de tubulações, base e reforço de sub-leito de vias urbanas e rurais e grandes pátios abertos, encascalhamento de vias não pavimentadas, obras de proteção costeira, estruturas de contenção (gabiões...) de taludes de cortes e aterros, elementos drenantes, sistemas de dissipação de energia hidráulica, etc.



Execução de berço de galeria de drenagem com rachão selecionado e brita graduada, serviço que poderia ser perfeitamente realizado com a utilização de entulho de construção civil em estado bruto ou semi-bruto, com grande economia para a administração pública e enorme benefício para a sociedade. São Paulo, Capital. Foto ARSantos

Enfim, as pesquisas e experiências práticas já executadas e em execução nos proveram conhecimento acumulado para um bom equacionamento dos problemas urbanos gerados pelo lançamento irregular do entulho inerte de construção civil. Todas as condições estão hoje dadas para um passo mais ambicioso à frente, que traria como virtuosa decorrência uma redução drástica das disposições irregulares. O largo uso bruto ou semi-bruto do entulho representa a essência técnico-logística desse novo avanço.

3

ELENCO DE MEDIDAS VOLTADAS À RECUPERAÇÃO DA CAPACIDADE DA CIDADE RETER ÁGUAS DE CHUVA

Quanto às medidas que podem ser implantadas autonomamente pelos próprios cidadãos no interior de seus lotes e em áreas públicas, muito contribuiria a participação ativa da Administração Municipal, seja via descontos em taxas municipais e/ou benefícios fiscais, seja via distribuição de material de construção, fornecimentos de insumos, orientação técnica aos cidadãos etc.

3.1 SISTEMAS SIMPLES DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA PARA USOS BRUTOS

Os dispositivos de acumulação de águas de chuva, seja por simples reservação para utilização ou posterior descarte, seja por reservação com infiltração, pelo que muito agradeceriam nossas águas subterrâneas, destacam-se dos demais pelo grande volume que podem reter uma vez transformados em prática urbana comum. Esses dispositivos aumentam em muito a capacidade de retenção das águas pluviais no momento de pico de um episódio pluviométrico com potencial de causar inundações. Importante ainda considerar que os dispositivos e providências a seguir descritos não são frutos de uma imaginação criativa, são com sucesso largamente utilizados em cidades americanas, européias e asiáticas submetidas ao risco de enchentes.

Importante frisar-se que a água pluvial captada por esses dispositivos deverá ter **destino único para usos brutos, como lavagem de pisos e veículos, rega de plantas, descargas sanitárias, etc.**, ou seja destinos que não exijam anterior procedimento tecnológico que a torne passível para consumo humano, o que exigiria a instalação de equipamento mais sofisticado, cuidados operacionais severos e custos de implantação decorrentemente excessivos.

Como deixam claro as figuras e imagens a seguir a instalação de dispositivo de captação de águas de chuva para

usos brutos é extremamente simples, resumindo-se em adaptações que permitam que as águas incidentes sobre telhados e coberturas sejam dirigidas a reservatórios estrategicamente posicionados. Será ideal que esses reservatórios sejam posicionados em razoável altura, de forma a que todo o uso da água acumulada possa ser realizado por simples gravidade. Em situações especiais onde os reservatórios só possam ser instalados em cotas baixas, deverá ser adotado um sistema de bombeamento simples.

Serviços de manutenção e limpeza do sistema poderão obedecer uma periodicidade anual.

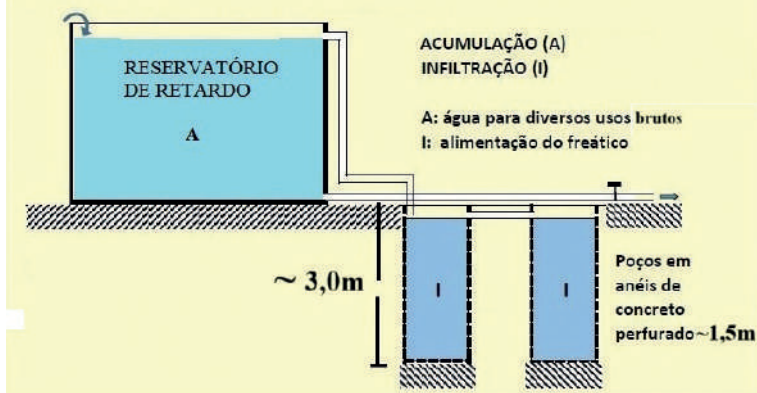




Sistemas simples de captação de águas de chuva para usos brutos. Tudo muito prático e muito simples. Instalar e começar a usar (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

**SISTEMA PREDIAL OU EMPRESARIAL PARA
ARMAZENAMENTO E INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**
(concepção esquemática)

ARSantos



Sistemas de captação de águas de chuva em edifícios prediais.
Também tudo muito simples.

A adoção desses dispositivos poderá em uma etapa final ser de obrigatoriedade legal, mas seria extremamente recomendável que, ao menos em uma fase inicial, houvesse do poder público algum tipo de incentivo fiscal que em parte compensasse os gastos privados em sua implantação.

Para que se obtenha a maior funcionalidade desses dispositivos de acumulação dentro de um programa de combate às enchentes será necessário que estejam vazios quando da iminência de chuvas mais pesadas. O esgotamento prévio dos dispositivos de acumulação poderá ser coordenado centralizadamente pelo município através dos canais de comunicação entre os órgãos

de Defesa Civil e a população, ou na falta dessa coordenação, ser acionado autonomamente pelos próprios cidadãos, de forma que frente a cada nova possibilidade de chuvas críticas a capacidade de acumulação esteja sempre disponível.

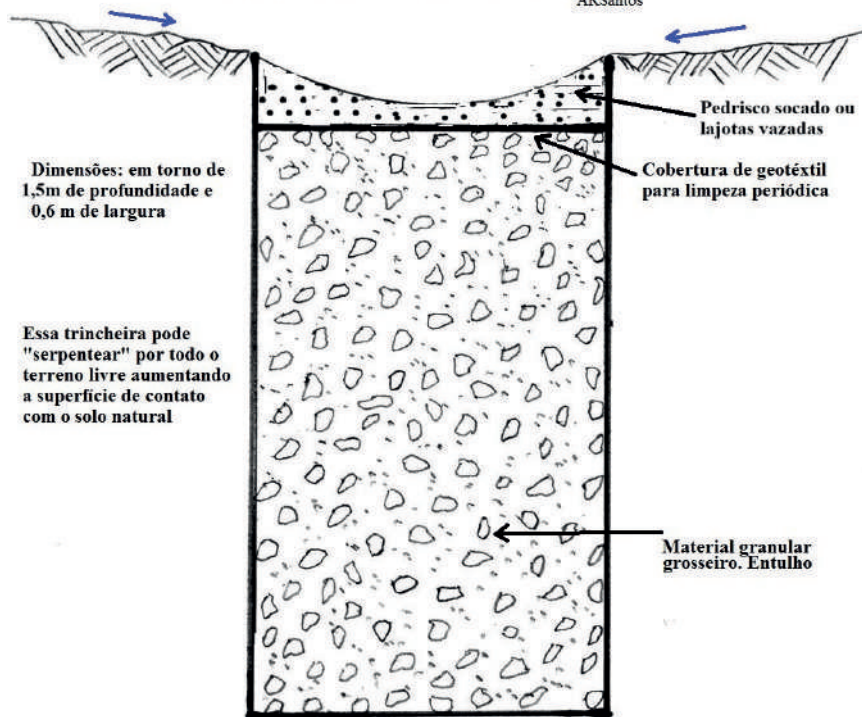
3.2 SISTEMAS PARA ACUMULAÇÃO E INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA. TRINCHEIRAS E POÇOS DRENANTES

Os sistemas de acumulação/infiltração de águas de chuva a seguir tratados são de execução bastante simples e econômica. Devem ser instalados no interior de lotes, por iniciativa do próprio cidadão proprietário, ou em áreas públicas (jardins, parques, praças...) por iniciativa das prefeituras.

Deverão ser instalados em locais para onde naturalmente fluem águas pluviais que atingem o terreno (pisos de quintais, pátios, áreas amplas impermeabilizadas...).

VALA OU TRINCHEIRA DRENANTE SIMPLES

ARSantos



(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

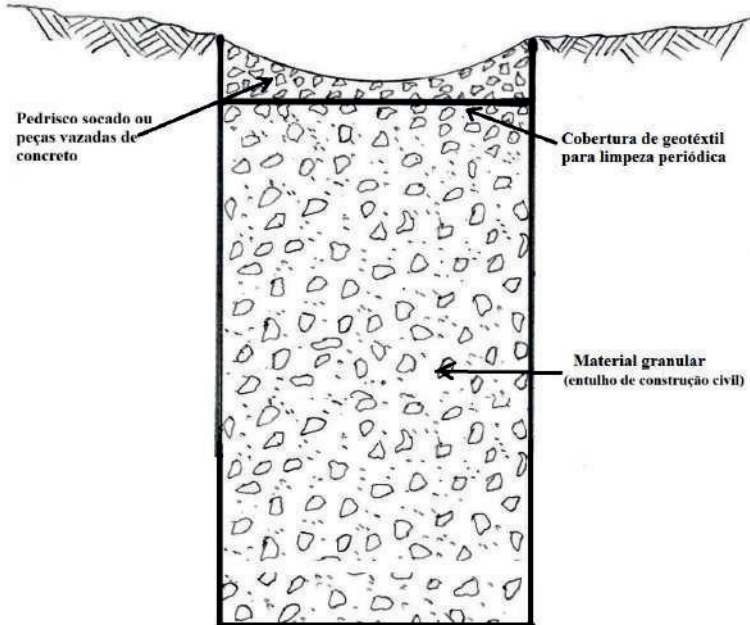
POÇO DRENANTE SIMPLES

ARSantos

Dimensões:
3,0 a 5,0 m de profundidade
1,0 a 1,5 m de diâmetro

ATENÇÃO!

Por medida de segurança contra eventuais desmoronamentos, esse tipo de poço deverá contar com escoramentos laterais desde os trabalhos de sua abertura, para tanto utilizando estroncas ou recebendo o revestimento de anéis perfurados de concreto.



(foto de domínio público pelo critério de fair use).

Detalhe executivo: após o enchimento com material granular grosseiro e antes da camada final de pedrisco socado ou peças vazadas de concreto, deverá ser colocada uma manta geotêxtil de cobertura, de forma a permitir limpezas periódicas (2 em dois anos) que evitem a colmatagem superficial e prejudiquem a infiltração das águas.

SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA DE UMA TRINCHEIRA DRENANTE



Trincheira drenante implantada em quintal doméstico
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



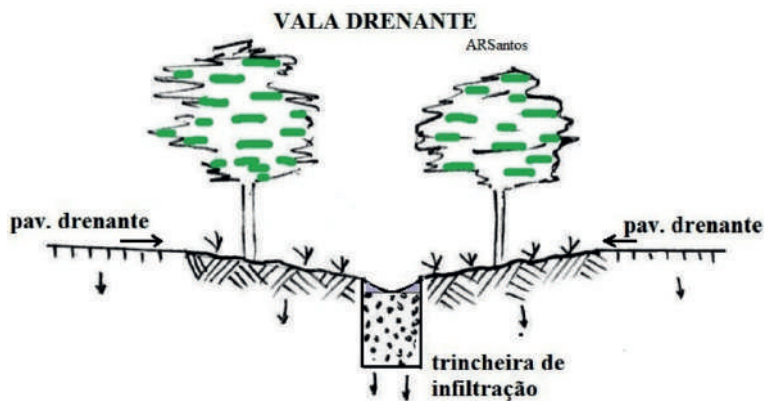
Trincheira drenante – fase executiva 1 – quebrando o piso
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Fase executiva 2 – enchendo a vala aberta de entulho de construção civil bruto
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Fase executiva 3 – acabamento com colocação da manta geotêxtil, pedrisco de brita e peças vazadas de concreto (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Aplicação da trincheira drenante em lay-outs de pátios e estacionamentos (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

3.3 UMA IDÉIA A SE PENSAR: TAXA DE PERMEABILIDADE OU COTA DE ACUMULAÇÃO/ INFILTRAÇÃO POR LOTE?

Como providência de grande importância, por se tratar de uma rara medida não estrutural de combate às enchentes, foi introduzido nas legislações municipais o conceito da Taxa de Permeabilidade, o que significou a obrigatoriedade legal de se manter um percentual da área de um lote em condições de permitir a infiltração de águas de chuva, assim definindo essa taxa: é a relação entre a área permeável, que permite a *infiltração da água no solo, livre de qualquer edificação ou pavimentação não drenante*, e a área do lote. Com alguma variação essa taxa tem sido fixada em algo em torno de 20%.

Mas, em que pese a boa intenção dessa legislação, seus resultados hidrológicos ficam muitíssimo aquém do que seria hidraulicamente necessário para cumprir um real significado no combate às enchentes. Vejamos porque. Mesmo que imaginemos a hipótese ilusória de que toda a chuva que incida sobre a parcela “permeável” de 20% da área de um lote seja nela retida por molhamento e infiltração, esse lote continuará jogando sobre a cidade (conceitualmente um claro impacto de vizinhança de consequências extremamente negativas) perto de 80% das águas de chuva que recebe, desta maneira pouco ou

nada colaborando para o rebaixamento do Coeficiente de Escoamento Superficial urbano, hoje perto de 80%. E há que se considerar as diferentes permeabilidades naturais dos solos da cidade, os diferentes graus de compactação desses solos (terra batida), a existência de lajes superiores de garagens subterrâneas a baixa profundidade, a forma como essas áreas teoricamente permeáveis são computadas, etc., fatores todos que implicam em consideráveis reduções do volume de água realmente retido e infiltrado.

Muito mais eficiente no objetivo de combater as enchentes, via o aumento da capacidade de retenção das águas de chuva no espaço urbano, seria adotarmos cotas obrigatórias de acumulação/infiltração de águas de chuva no interior dos lotes. Esses dispositivos de acumulação imediata de águas de chuva deverão também contar com expedientes de infiltração para que ao menos uma parte das águas acumuladas infiltrem-se alimentando o já deplecionado lençol freático urbano.

Buscando a máxima simplicidade para seu fácil entendimento e aplicabilidade, a nova proposta constituiria na determinação de que todos os lotes, já ocupados ou não, maiores que 500m^2 fossem obrigados a implantar dispositivos de acumulação/infiltração na proporção de 2 m^3 para cada 100m^2 do terreno total. Em termos hidrológicos isso significaria que um lote maior que 500m^2 estaria em condições de acumular durante o momento

crítico de um episódio pluviométrico de 20mm/hora, intensidade pluviométrica que começa a ser crítica para a ocorrência de enchentes urbanas, 100% do volume total das chuvas que recebe. Para um episódio de 30mm/hora estaria acumulando 66,5% desse volume. Lotes menores que 500m² estariam obrigados a instalar dispositivos de acumulação/infiltração na proporção de 1m³/100m².

Considerando que em uma região de urbanização consolidada a área ocupada por lotes corresponde a cerca de 50% ou mais da área total urbanizada, depreende-se o alcance hidrológico de tal operação e seu significado na redução do atual altíssimo Coeficiente de Escoamento Superficial urbano.

Note-se, pela importância, que diferentemente dos problemáticos “piscinões”, que, por interceptarem córregos urbanos, acumulam água de alto grau de contaminação, o que os transforma em verdadeiras ameaças urbanísticas, sanitárias e ambientais, os reservatórios por lote acumularão águas relativamente limpas, o que proporcionará a oportunidade de seu uso bruto em serviços internos de rega e limpeza geral, trazendo benefícios paralelos enormes para economias no uso da água tratada e servida.

Importante ter em conta que esses dispositivos de acumulação/infiltração, já expostos nesse Guia, são de baixo custo e de fácil instalação, devendo as Prefeituras Municipais orientar os usuários com projetos básicos

de vários modelos e diretrizes para sua instalação, manutenção e operação. A nova legislação deverá, por óbvio, estabelecer um período de transição de alguns anos para que os lotes já construídos se adequem às novas regras, assim como deverão ser propiciados o apoio técnico e os incentivos que se façam pertinentes e necessários.

3.4 SUGESTÃO DE MINUTA (ASPECTOS TÉCNICOS) DE LEI MUNICIPAL PARA TORNAR OBRIGATÓRIA A INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ACUMULAÇÃO/INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NO INTERIOR DOS LOTES IMOBILIÁRIOS.

**MINUTA DE LEI MUNICIPAL OBJETIVANDO A
INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ACUMULAÇÃO/
INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA PARA USOS BRUTOS,
CONSIDERADO O INTERIOR DE LOTES IMOBILIÁRIOS**

PROJETO DE LEI Nº

Estabelece regras e orientações técnicas para a instalação de dispositivos de retenção de águas de chuva para usos brutos no interior de lotes imobiliários privados ou públicos na cidade de e dá outras providências.

Considerando que:

- a principal causa das enchentes urbanas está associada à generalizada impermeabilização das cidades, o que faz com que volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente menores, sejam escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão;
- essa condição urbana impõe a necessidade de recuperar a capacidade da cidade em reter grande parte das águas de chuva como condição absoluta para o sucesso de programas de combate às enchentes;
- o uso das águas de chuva em operações que não exijam sua potabilidade implica em uma virtuosa oportunidade de economia do uso de águas tratadas distribuídas pela rede pública;
- uma maior infiltração de águas de chuva é adicionalmente essencial para a recarga dos aquíferos subterrâneos, reservas estratégicas de água para a população, a presente lei determina:

Art. 1º Esta lei objetiva a redução de enchentes, a economia no uso de águas tratadas distribuídas pela rede pública, assim como uma recarga mais efetiva dos aquíferos subterrâneo através do aumento da capacidade de retenção das

águas de chuva na área urbana do município de
.....

Art. 2º Todo lote urbano, ocupado ou não por edificações, com área total igual ou maior que quinhentos metros quadrados (500 m²) deverá instalar, operar e manter em condições de plena operação dispositivos de acumulação ou de acumulação/infiltração de águas de chuva na proporção de 2 m³ de água para cada 100 m² da área total do lote.

Art. 3º Todo lote urbano, ocupado ou não por edificações, com área total menor que 500 m² (quinhentos metros quadrados) e maior que 150 m² (cento e cinquenta metros quadrados), deverá instalar, operar e manter permanentemente em condições de plena operação dispositivos de acumulação ou de acumulação/infiltração de águas de chuva na proporção de 1 m³ de água para cada 100 m² (cem metros quadrados) da área total do lote.

Art. 4º As penalidades previstas na presente lei aplicar-se-ão a proprietários ou responsáveis legais, privados e públicos, das propriedades

urbanas como as especificadas nesta lei e que não estejam observando suas determinações.

Parágrafo único – A penalidade será calculada em função do tamanho total do lote considerado.

Art. 5º O Poder Público Municipal deverá oferecer a orientação técnica necessária ao cumprimento dessa lei.

§ único – O Poder Público Municipal poderá oferecer estímulos fiscais e apoio material para que proprietários de lotes urbanos menores que cento e cinquenta metros quadrados (150 m²), que não se enquadram nas especificações dessa lei, adotem dispositivos de acumulação e infiltração de águas de chuva em proporção a ser definida caso a caso.

Art. 6º A fiscalização do cumprimento do disposto nesta lei será exercida pelo órgão competente do Executivo Municipal, na forma que a regulamentação assim delegar.

3.5 PISCINÕES, OBRA DE GRANDE EFICIÊNCIA HIDROLÓGICA

Os piscinões compõem o elenco de possíveis providências para aumentar a capacidade de retenção de água em sub-bacias hidrográficas afluentes. Não são mais que grandes reservatórios destinados a reduzir o volume e retardar no tempo o escoamento das águas de chuva em direção às drenagens por ocasião de chuvas intensas. Em um episódio de chuva intensa uma parte das águas de um córrego é então desviada para o enchimento do reservatório (piscinão), aliviando naquele momento crítico o córrego e as drenagens de jusante de um determinado volume de água. Passado o pico maior das chuvas, as águas do reservatório são liberadas lentamente sem colaborar, então, para o risco de enchentes. Um raciocínio perfeito do ponto de vista hidráulico.

Os piscinões não constituem uma técnica nova, são e já foram muito usados nos EUA, Europa, Japão e China dentro de programas de combate às enchentes. O grande problema é que, diferentemente das cidades de países desenvolvidos que o adotam, as grandes cidades brasileiras comumente apresentam duas características comprometedoras, que obrigam técnicos, administradores públicos e sociedade entenderem o piscinão como a última das

alternativas técnicas a se lançar mão para o retardamento do escoamento das águas de chuva:

- a enorme e perigosa carga de poluição química e biológica das águas superficiais urbanas , o que faz de nossos córregos urbanos verdadeiros canais de esgoto a céu aberto, e
- a fantástica carga de sedimentos originados especialmente da erosão nas zonas periféricas de expansão urbana que, acrescida de lixo e entulho de construção civil, acaba por provocar o rápido assoreamento de todo o sistema natural e construído de drenagem, aí incluídos os piscinões.

Assim, ao lado de seus esperados efeitos hidrológicos positivos, os piscinões implicam em graves problemas sanitários, ambientais e econômicos para as municipalidades e para a sociedade, exigindo que uma decisão sobre sua implantação seja anteriormente submetida a exigentes ponderações técnicas, sanitárias, econômicas e sociais.

Os problemas associados aos piscinões podem assim ser sistematizados e descritos:

- são obras de elevado custo, considerada a obra propriamente dita, as desapropriações necessárias

à sua implantação e operação e o alto custo de sua manutenção;

- boa parte do material de assoreamento produzido nas sub-bacias hidrográficas em episódios de chuvas intensas passará a se depositar nos reservatórios, inclusive um grande volume de sedimentos finos (siltes e argilas) que antes, sem a nova condição de lago (águas paradas), seriam normalmente levados em suspensão pelas águas correntes; acresça-se que um piscinão assoreado por sedimentos e lixo tem seu volume útil comprometido, assim como, portanto, sua capacidade de colaborar no controle de enchentes em episódios pluviométricos subsequentes;
- as operações de desassoreamento desses reservatórios passam à total responsabilidade dos municípios, normalmente despreparados financeira e fisicamente para esta complexa, dispendiosa e exigente operação;
- tanto as águas a serem retidas, como o material de assoreamento e o lixo que se depositarão nos reservatórios, propiciarão a ação direta e mais prolongada do mau cheiro, proliferação de insetos e animais e de sua perigosa carga químico-biológica poluente no âmbito da região urbanizada de entorno, implicando em riscos evidentes de possíveis contaminações e acidentes além de desvalorização imobiliária;

- para a disposição final do material proveniente do desassoreamento (limpeza) dos piscinões será natural a necessidade econômica de se encontrar local adequado próximo, ou seja, no próprio bairro, o que exige lidar-se com cuidados técnicos e operacionais específicos e dispendiosos para que esse bota-fora não venha a contaminar solos, águas ou diretamente a população;
- a implantação dos piscinões e dos bota-foras que receberão o material proveniente das operações de desassoreamento ocuparão e imobilização preciosas áreas urbanas que poderiam ser aproveitadas para o atendimento de necessidades e aspirações da população local em educação, lazer, moradias, esporte, etc.

Enfim, em que pese sua lógica hidráulica, em nossas cidades os piscinões comportam-se como um atentado sanitário, urbanístico, financeiro e ambiental. Ou seja, será sempre melhor não se precisar de piscinões, reservando sua instalação somente para situações muito particulares e extremas em que eles se mostrem imprescindíveis.



Cena do piscinão do Caaguaçu, na capital paulista, mostrando intenso assoreamento após chuvas intensas (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Lixo acumulado no piscinão do Jabaquara, cidade de São Paulo (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

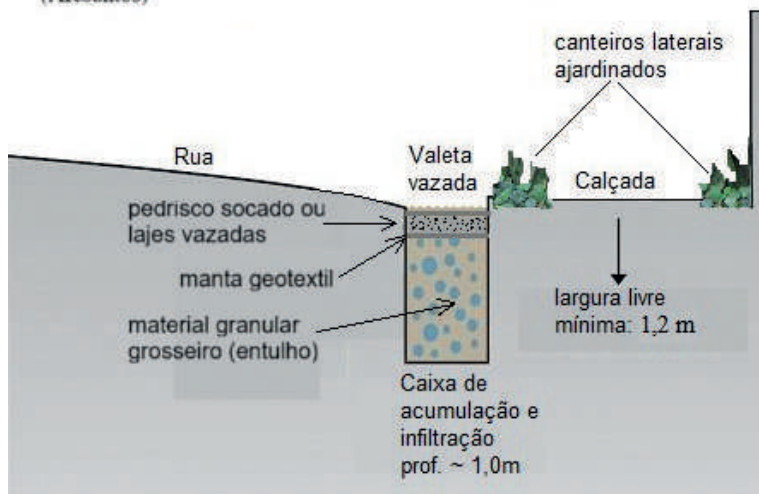
3.6 CALÇADAS AJARDINADAS E VALETA DRENANTE

Calçadas ajardinadas, unilateralmente ou em ambos os lados, desde que guardada uma faixa livre mínima de 1,20m, dependem unicamente da decisão do morador contíguo para ser implantada. Essa implantação não tem segredos, devendo apenas privilegiar o plantio de espécies de pequeno porte e grande efeito estético. Calçadas ajardinadas dão uma graça ímpar ao bairros que as adotam e colaboram efetivamente no esforço para reter águas de chuva por infiltração.



(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

CALÇADAS AJARDINADAS E VALETA DRENANTE (ARSantos)



(foto de domínio público pelo critério de fair use).

Quanto às valetas drenantes, cuja instalação teria de ser feita pela Prefeitura, constituem um dos mais efetivos dispositivos para retenção de águas de chuva. Isso porque as águas de chuva obrigatoriamente passam em algum momento pelas valetas urbanas, sendo por elas levadas ao bueiro mais próximo. Essa propriedade as qualifica como ótima oportunidade de acumulação e infiltração de um bom volume dessas águas. Chega a ser um enorme absurdo que todas nossas valetas das redes viárias urbanas sejam mantidas totalmente impermeáveis. Veja jogo de fotos comparativas de antes e depois de instaladas a valeta drenante e a calçada drenante.



Simulação de situações antes e depois da integração de calçada aos dispositivos voltados a aumentar a capacidade da cidade em reter águas de chuva (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

A seguir é sugerida minuta de lei estabelecendo a adoção de programas municipais de incentivo à adoção de calçadas ajardinadas.

3.7 SUGESTÃO MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA O AUMENTO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO/ INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NA ÁREA URBANA POR MEIO DA INSTALAÇÃO DE CANTEIROS VERDES EM CALÇADAS

MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA O AUMENTO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO/INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NA ÁREA URBANA POR MEIO DA INSTALAÇÃO DE CANTEIROS VERDES EM CALÇADAS

PROJETO DE LEI Nº

Estabelece a obrigatoriedade de programas de incentivo, regras e orientações técnicas para a retenção de água de chuva na área urbana por meio de canteiros verdes instalados em calçadas

Considerando que:

- a principal causa das enchentes urbanas refere-se à generalizada impermeabilização das cidades, que faz com que volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente menores, sejam escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão;
- essa condição urbana impõe a necessidade de recuperar a capacidade da cidade reter grande parte das águas de chuva como condição absoluta para o sucesso de programas de combate às enchentes;
- uma maior infiltração de águas de chuva é adicionalmente essencial para a recarga dos aquíferos subterrâneos, reservas estratégicas de água para a população, a presente lei determina:

Art. 1º Fica por essa lei o poder público municipal obrigado a desenvolver campanhas de estímulo para a implantação de canteiros verdes ao longo das calçadas.

- Art. 2º** O estímulo a que se refere a presente lei refere-se a isenções fiscais e a prêmios de emulação para os moradores que atenderem o objetivo definido nessa lei.
- Art. 3º** A Prefeitura Municipal, por meio de seus órgãos competentes, deverá definir os tipos calçadas onde poder-se-á fazer a implantação dos canteiros verdes e aquelas calçadas que, por sua dimensão, ou por seu volume de tráfego de pedestres, não poderão comportar tal dispositivo.
- Art. 4º** A Prefeitura Municipal, por meio de seus órgãos competentes, deverá definir os tipos de vegetação que poderão ser aplicados nos canteiros de calçadas.
- Art. 5º** Em qualquer condição deverá ser preservada uma faixa mínima de 1,2 metros de largura para livre trânsito de pedestres e pleno acesso de cadeirantes.
- Art. 6º** Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação.

3.8 DISSEMINAÇÃO DE BOSQUES FLORESTADOS POR TODO O ESPAÇO URBANO

Bosque florestado urbano é um espaço (um parque, uma praça, um fundo de vale/parque linear, um terreno livre público ou privado, etc.) inteiramente tomado por árvores de pequeno, médio e grande portes. Comporta-se como se fosse **uma porção de uma verdadeira floresta natural**. Um bom e conhecido exemplo seria a parte alta do Parque do Trianon, na badalada Av. Paulista da cidade de São Paulo.

Observe-se que no caso dos bosques florestados, um dos melhores expedientes para a retenção de águas de chuva na área urbana, essa retenção também não se dá por uma imediata infiltração das águas de chuva no solo, mas pelo encharcamento de todo o corpo florestal: copas, galharia, epífitas, lianas, serapilheira e o horizonte A de solo orgânico (esse extremamente poroso).

Como exemplo, um dos componentes do bosque florestado é a serapilheira, aquele espesso colchão de folhas caídas e restos vegetais que vai se acumulando no chão das florestas naturais, e que nossa equivocada cultura de manutenção de praças submete à varrição por considera-la sujeira. É a serapilheira que proporciona a proteção do solo contra a erosão, dá vida biológica ao solo superficial, enriquece-o agromomicamente, torna-o solo mais poroso e permeável. Outra característica formidável da serapilheira é, comportando-se

como uma esponja, absorver ela própria de imediato uma grande quantidade da água das chuvas, reduzindo em muito o volume de água que escorre sobre a superfície do solo e que acabaria chegando aos cursos d'água.



Serapilheira, uma verdadeira esponja absorvedora de água
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

Ou seja, os bosques florestados tem que ser integralmente respeitados em todas suas características naturais de corpo florestal. Comportar-se-iam como verdadeiros e virtuosos piscinões verdes, tão diversos dos atuais deletérios piscinões, que se portam como verdadeiros agentes de deterioração sanitária, ambiental e urbanística das cidades onde vem sendo instalados.

Para que os bosques florestados realmente venham a cumprir um papel quantitativo mais representativo no combate às enchentes teriam que ser disseminados em profusão por toda a área urbana, o que do ponto de vista ambiental já seria um espetacular ganho. Pode-se trabalhar no sentido de ao final de um determinado prazo cada sub-bacia hidrográfica urbana contar com um mínimo de 12% de sua área total cobertos por pequenos, médios e grandes bosques florestados. Em termos hidrológicos isso significaria estarmos reduzindo em praticamente 10% o CES – Coeficiente de Escoamento Superficial dessas bacias hidrográficas, com direto reflexo na redução do risco e da intensidade das enchentes urbanas.

Além das ações diretas da administração pública na implantação de bosques florestados, pode-se trabalhar com incentivos, por exemplo a isenção do IPTU, para a instalação de bosques florestados em áreas privadas.

Áreas preferenciais e vocacionadas para receber um bosque florestado:

- os atuais parques municipais, praças públicas, terrenos públicos livres, fundos de vale/parques lineares, etc.
- terrenos privados livres passíveis de desapropriação ou contratos de uso;

- feições de relevo chamadas grotas ou cabeceiras de drenagem;
- encostas com inclinação superior a 30°;
- bordas e sopés de encostas de grande declividade;
- margens de cursos d'água e lagos e entorno de nascentes;

A seguir, alguns exemplos de parques florestados em cidades brasileiras. Ainda são raros, e devem ser multiplicados para fazerem valer seus benefícios hidrológicos e ambientais.



Bosque florestado do Trianon na cidade de São Paulo
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Três grandes bosques florestados na cidade de Maringá – PR (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Bosques florestados em Salvador BA. 1 – 1- Mata de Ondina; 2- Parque da Cidade; 3- Mata do Cascão; 4- Parque do Pituauçu (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

Obviamente, grandes parques florestados só poderão ser implantados pela Administração Municipal ou por proprietários privados de áreas livres urbanas.

Porém há inúmeras situações de pequenas e médias áreas públicas livres que poderão ser “florestadas” por moradores próximos, com permissão ou envolvimento direto da Administração Municipal. Segue um exemplo:



Exemplo de pequeno espaço urbano hoje com poucas árvores e chão batido praticamente impermeável que poderia ser transformado pelos moradores locais em um pequeno bolsão florestado. É possível imaginar uma cidade média ou grande com centenas desses bolsões cumprindo funções de retenção de águas de chuva (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Parque Linear do Tiquatira, na cidade de São Paulo, hoje um bosque florestado, resultado da iniciativa e do trabalho da comunidade local.

3.9 SUGESTÃO DE MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA IMPLANTAÇÃO DE BOSQUES FLORESTADOS

**MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA O AUMENTO DA
CAPACIDADE DE RETENÇÃO/INFILTRAÇÃO DA ÁGUA
DE CHUVA NA ÁREA URBANA COMO DECORRÊNCIA DA
DISSEMINAÇÃO DE BOSQUES FLORESTADOS**

PROJETO DE LEI Nº

Estabelece regras e orientações técnicas para a retenção de água de chuva na área urbana por meio da disseminação de bosques florestados na cidade de e dá outras providências.

Considerando que:

- a principal causa das enchentes urbanas refere-se à generalizada impermeabilização das cidades, que faz com que volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente menores, sejam escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão;
- essa condição urbana impõe a necessidade de recuperar a capacidade da cidade reter grande parte das águas de chuva como condição absoluta para o sucesso de programas de combate às enchentes;
- as áreas florestadas tem a capacidade de reter até 85% (oitenta e cinco por cento) das águas de chuva associadas a um episódio pluviométrico de grande porte, diferentemente do espaço urbano comum que retém apenas 20% de um episódio de chuva da mesma natureza;
- uma maior infiltração de águas de chuva é adicionalmente essencial para a recarga dos aquíferos subterrâneos, reservas estratégicas de água para a população, a presente lei determina:

Art. 1º Esta lei objetiva a redução da ocorrência e da intensidade de enchentes através do aumento

da capacidade de retenção das águas de chuva na área urbana do município de

Art. 2º Todas as sub-bacias hidrográficas da área urbanizada deverão contar com um mínimo de 12% de sua área total cobertos por pequenos, médios ou grandes bosques florestados, de forma a permitir a máxima retenção possível de águas de chuva.

§ 1º - Para os efeitos dessa lei a sub-bacia hidrográfica considerada deverá ter área máxima de 10 (dez) quilômetros quadrados.

§ 2º - Os 12% das áreas das bacias hidrográficas urbanas a serem cobertos por bosques florestados deverão estar integralmente concluídos em até 10 anos após a aprovação da presente lei, sendo que os 5% iniciais das áreas das bacias hidrográficas deverão estar concluídos em até 2,5 anos após a aprovação da presente lei.

Art. 3º Para os efeitos da presente lei entende-se por bosque florestado o espaço público ou privado com área mínima contínua de 100 m² plenamente e permanentemente tomado por um corpo vegetal arbóreo compacto, natural ou plantado, com predomínio de espécies nativas da região.

§ 1º - O bosque florestado tratado nessa lei deverá manter sua serapilheira inteiramente conservada no chão da área florestada. Para os efeitos dessa lei entende-se por serapilheira o manto de restos vegetais que com o tempo forma-se sobre os terrenos florestados.

§ 2º - Um bosque florestado poderá contemplar trilhas e equipamentos rústicos de lazer assegurado o bom cumprimento de suas funções hidrológicas.

Art. 4º - A implantação de bosques florestados deverá atender as seguintes orientações:

- obrigatória para as feições de relevo chamadas grotas ou cabeceiras de drenagem;
- obrigatória para encostas com inclinação superior a 30º;
- recomendável para bordas e sopés de encostas de alta declividade;
- recomendável para margens de cursos d'água e lagos e entorno de nascentes;
- adequada a qualquer tipo de área municipal para tanto destinada pelo poder público ou pelo interesse privado, como os atuais parques municipais,

praças públicas, terrenos públicos livres, fundos de vale/parques lineares, etc.

Art. 5º A implantação dos bosques florestados será de responsabilidade da administração municipal.

Parágrafo único - A administração pública, além de proceder a implantação de bosques florestados em áreas públicas já existentes ou para tanto desapropriadas nos termos da lei, poderá conceder estímulos fiscais para que também o setor privado os implante em áreas privadas, observado o caráter definitivo dessa implantação.

Art. 6º A fiscalização do cumprimento do disposto nesta lei será exercida pelo órgão competente do Executivo Municipal, na forma que a regulamentação assim delegar.

Parágrafo único - A fiscalização a que se refere este artigo poderá, mediante convênio, ser exercida por outros órgãos ou entidades da Administração Direta e Indireta do Estado ou da União.

Art. 7º Esta Lei, no que couber, será regulamentada por decreto a ser baixado pelo chefe do Poder Executivo.

Art. 8º Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação.

3.10 PISOS DRENANTES EM ESTACIONAMENTOS, PÁTIOS ETC.

Em uma cidade que adota generalizadamente uma cultura técnica urbanística e construtiva que está na origem causal das enchentes, a presença e multiplicação de grandes áreas contínuas impermeabilizadas, como estacionamentos e pátios de serviços, representa a forma mais ostensiva de desrespeito à população no que toca à questão das enchentes urbanas, mais até que o caricato e odiado ato de um cidadão jogar lixo em plena rua; especialmente considerando-se o pleno conhecimento que se tem dos males que causam às cidades suas áreas impermeabilizadas.

Cresce ainda essa indignação ao sabermos que desde há muito há tecnologias especialmente desenvolvidas para dotar esses amplos espaços de considerável condição de permeabilidade para acumulação e infiltração de águas de chuva.

Essas soluções podem envolver tanto o lay-out de um estacionamento como a constituição de seu pavimento. Do ponto de vista paisagístico não há porque um

estacionamento ou uma área aberta para feiras e eventos não possam ser esteticamente agradáveis, com muito verde e sombreamentos naturais. A idéia do estacionamento esteticamente e ambientalmente estéril é de uma pobreza imaginativa ímpar.

Ainda no que se refere ao desenho do estacionamento, pode-se trabalhar com longos canteiros arborizados de separação dos bolsões, com valas ajardinadas dotadas centralmente de trincheiras drenantes para receber eventuais águas de escoamento, enfim, com um conjunto enorme de arranjos destinados a reduzir substancialmente o Coeficiente de Escoamento Superficial da área total utilizada.

No que se refere aos pavimentos drenantes as possibilidades também são várias: pisos intertravados assentados sob base de areia, blocos vazados, concreto permeável, piso asfáltico permeável, ou até alguma combinação dessas possibilidades. O concreto permeável e o piso asfáltico permeável chegam a permitir uma infiltração de até algo como $300 \text{ l/m}^2 / \text{min}$.

Há pavimentos de tal ordem drenantes que a limitação de infiltração acaba sendo definida pela permeabilidade do solo natural de base. Importante nesse sentido, que cuidados construtivos, como por exemplo a escarificação anterior do solo natural, a execução de bases granulares mais espessas, etc., sejam adotados para possibilitar sempre a máxima acumulação e a máxima infiltração.

Da mesma forma, cuidados construtivos deverão ser adotados para a conformação de uma base permeável composta por material granular devidamente compactada, de forma a evitar-se com o tempo deformações indesejáveis. Enfim, procedimentos que a engenharia domina por completo.

Estudos realizados sobre o desempenho de pisos drenantes, seja qual for sua natureza, desde que adotados os cuidados técnicos inerentes aos objetivos definidos, qual seja permitir a máxima infiltração de águas de chuva, indicam que o Coeficiente de Escoamento Superficial chega a ser reduzido a até 5%, número irrisório se comparado ao Coeficiente de Escoamento Superficial próprio de um pavimento impermeável asfáltico ou de concreto, em torno de 90%; o que demonstra a eficácia desse dispositivo, pavimento drenante, como elemento de um programa de combate às enchentes urbanas.

Uma legislação específica para que os proprietários de estacionamentos e pátios sejam obrigados a adotar dispositivos drenantes pode vir a ser oportuna.



Extensas áreas impermeáveis associadas a um shopping center
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Cena comum de estacionamentos urbanos. A total impermeabilização do terreno
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Não importa a extensão do estacionamento, sempre impermeáveis (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



A cultura de pisos impermeáveis está, infelizmente, impregnada na sociedade urbana, seja para pátios e estacionamentos de pequeno, médio ou grande porte. Será preciso muito empenho de convencimento e exigências legais para que a cultura atual seja superada por uma cultura voltada ao combate às enchentes (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Solução de estacionamento drenante que pode e deve ser adotada como iniciativa e decisão espontânea da população (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

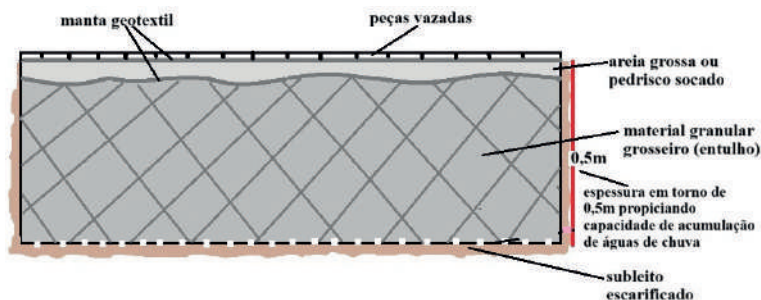


Um estacionamento arborizado com piso drenante. Porque não? (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



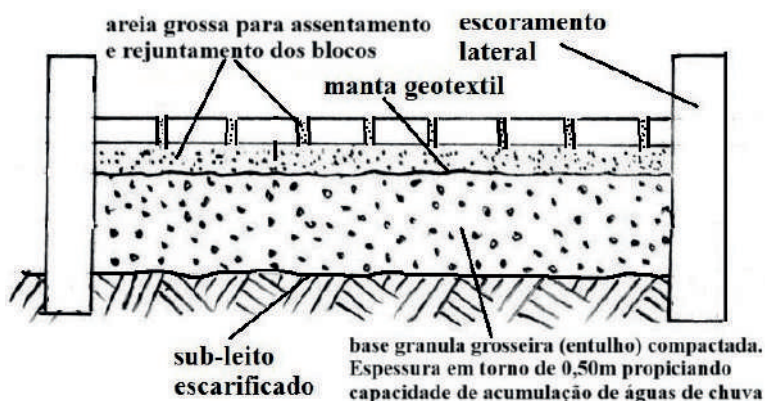
Exemplo de pisos drenantes. Funcionais além de esteticamente atraentes
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

CROQUI DE PAVIMENTO DRENANTE COM CAPACIDADE DE ACUMULAR E INFILTRAR ÁGUAS DE CHUVA (ARSantos)



BLOCOS INTERTRAVADOS DRENANTES

ARSantos



Exemplos de pavimentos drenantes com capacidade de acumulação de águas de chuva (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Exemplo de peça vazada de cobertura
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

3.11 SUGESTÃO DE MINUTA DE LEI TORNANDO OBRIGATÓRIA A UTILIZAÇÃO DE PAVIMENTOS DRENANTES EM ESPAÇOS URBANOS LIVRES.

MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA O AUMENTO DA CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO/INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS DE CHUVA NA ÁREA URBANA, CONSIDERADOS PÁTIOS DE ESTACIONAMENTO, FRENTES PREDIAIS DE ESTACIONAMENTO E ÁREAS A CÉU ABERTO UTILIZADAS PARA FEIRAS, EXPOSIÇÕES, EVENTOS OU QUALQUER OUTRO FIM

PROJETO DE LEI Nº

Estabelece regras e orientações técnicas para que pátios de estacionamento, frentes prediais de estacionamento e pátios e áreas a céu aberto utilizadas para qualquer outro fim na cidade de tenham capacidade drenante para águas de chuva na cidade de e dá outras providências.

Considerando que:

- a principal causa das enchentes urbanas refere-se à generalizada impermeabilização das cidades, que faz com que volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente menores, sejam escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão;

- essa condição urbana impõe a necessidade de recuperar a capacidade da cidade em reter grande parte das águas de chuva como condição absoluta para o sucesso de programas de combate às enchentes;
- uma maior infiltração de águas de chuva é adicionalmente essencial para a recarga dos aquíferos subterrâneos, reservas estratégicas de água para a população, a presente lei determina:

Art. 1º Esta lei objetiva a redução da ocorrência e da intensidade de enchentes, assim como uma recarga mais efetiva do lençol d'água subterrâneo através do aumento da capacidade de retenção das águas de chuva na área urbana do município de

Art. 2º - Todos os pátios de estacionamento, frentes prediais de estacionamento e pátios e áreas a céu aberto utilizadas para qualquer outro fim deverão utilizar em toda sua extensão pavimentos drenantes com capacidade de acumular e infiltrar águas de chuva.

§ único - os referidos pavimentos deverão conter uma base granular para acumulação imediata das águas de chuva com espessura mínima de meio metro linear (0,5 m).

Art. 3º As penalidades previstas na presente lei aplicar-se-ão a proprietários ou responsáveis legais, privados e públicos, das propriedades urbanas como as especificadas nesta lei e que não estejam observando suas determinações.

Art. 4º A penalidade será calculada em função do tamanho total do terreno considerado.

Art. 5º O Poder Público Municipal poderá oferecer estímulos fiscais para que proprietários de empreendimentos ou lotes urbanos que não se enquadram nas especificações dessa lei adotem dispositivos de acumulação e infiltração de águas de chuva em proporção a ser definida caso a caso.

Art. 6º A fiscalização do cumprimento do disposto nesta lei será exercida pelo órgão competente do Executivo Municipal, na forma que a regulamentação assim delegar.

Parágrafo único – A fiscalização a que se refere este artigo poderá, mediante convênio, ser exercida por outros órgãos ou entidades da Administração Direta e Indireta do Estado ou da União.

Art. 9º As penalidades incidirão sobre os autores, sejam eles:

a) diretos;

b) locatários, parceiros, posseiros, gerentes, administradores, diretores, promitentes compradores ou proprietários das áreas acionadas, desde que praticadas por estes, por prepostos ou subordinados, e no interesse dos preponentes ou superiores hierárquicos, independente de determinação superior;

Art. 10º O Poder Executivo deverá, por meio de campanhas educativas, dar o pleno conhecimento desta lei à população, assim como preparar tecnicamente os funcionários municipais encarregados de sua aplicação.

Art. 11º Esta lei, no que couber, será regulamentada por decreto a ser baixado pelo chefe do Poder Executivo.

Art. 12º Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação.

3.12 REDUZIR O ASSOREAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANO.

O assoreamento do sistema de drenagem urbano (rios, córregos, galerias, bueiros, etc.) por sedimentos oriundos de processos erosivos e pelo lançamento irregular de entulho de construção civil e do lixo urbano, constitui hoje uma das principais causas de nossas enchentes, chegando a comprometer até 80% da capacidade de vazão das drenagens urbanas.



Assoreamento do Córrego Cabuçu de Cima, cidade de São Paulo, comprometendo sua capacidade de vazão em cerca de 80% (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Enorme intensidade de assoreamento promovida por processos erosivos nas frentes de expansão urbana (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Enorme intensidade de assoreamento promovida por processos erosivos nas frentes de expansão urbana (mesma área)
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Enorme intensidade de assoreamento promovida por processos erosivos nas frentes de expansão urbana (mesma área)
(foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Bancos de assoreamento na calha do rio Tietê – Região Metropolitana de São Paulo (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Bancos de assoreamento na calha do rio Tietê – Região Metropolitana de São Paulo (mesma área) (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

Note-se que conquanto o lixo urbano represente sérios problemas para o bom escoamento das águas em alguns dispositivos de drenagem como bueiros, galerias, sistemas de bombeamento, o principal componente do assoreamento são os sedimentos originados de processos erosivos incidentes especialmente nas zonas urbanas periféricas, representando mais de 90% do total material assoreado.

É natural que no crescimento das cidades sejam primeiramente ocupadas as áreas de topografia mais suave, sendo com o tempo progressivamente ocupados os terrenos mais periféricos, de relevo mais acidentado e com solos normalmente mais vulneráveis à erosão. Opta-se, nessas novas condições topográficas, em todos padrões sociais de empreendimentos, por produzir artificialmente, através de operações de terraplenagem pontuais ou generalizadas, áreas planas e suaves, platôs, para assentar as novas edificações, o que implica em exposições cada vez maiores e mais prolongadas dos solos aos processos erosivos.



Imagens que mostram o desencontro entre projetos de terraplenagem e os potenciais processos erosivos e de assoreamento que irão provocar (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).



Imagem que mostra o desencontro entre projetos de terraplenagem e os potenciais processos erosivos e de assoreamento que irá provocar (foto de domínio público pelo critério de *fair use*).

Para se ter uma idéia desse caos geotécnico, na Região Metropolitana de São Paulo a perda média de solos por erosão está estimada em algo próximo a $13,5 \text{ m}^3$ de solo por hectare/ano, do decorre a produção anual por erosão de até $8.100.000 \text{ m}^3/\text{ano}$ de sedimentos e sua decorrente liberação para o assoreamento da rede de drenagem natural e construída. Especialmente as frações arenosas desse volume ($3.250.000 \text{ m}^3$) depositam-se nos leitos de rios e córregos, e as frações silto-argilosas ($4.850.000 \text{ m}^3$) são levadas em suspensão e depositadas mais à frente ou em condições de águas paradas, como os piscinões.

A correção dessa deformação técnica passa por uma decisão radical de se voltar a categorizar a erosão

como um mal de primeira categoria para a engenharia e para a sociedade. Um inimigo a ser batido. Em outras palavras, no âmbito dos procedimentos de qualidade impõe-se uma decisão de se adotar como referência o conceito de Erosão Zero.

Seis cuidados técnicos compõem o suporte tecnológico básico a essa decisão:

1. do ponto de vista preventivo é imperioso que a arquitetura e a engenharia brasileiras abandonem o preguiçoso cacoete de adequar o terreno aos seus projetos de prancheta ao invés de adequar seus projetos às características geológicas e topográficas do terreno. Ou seja, deixar de “fabricar”, via intensas e extensas terraplenagens, as áreas planas que seus burocráticos projetos exigem. Os serviços de terraplenagem serão dispensáveis, ou ao menos em muito reduzidos, caso os projetos criativamente se adaptem às condições naturais dos terrenos onde serão implantados. Ganha o empreendimento, ganha a estética, ganha o ambiente.
2. uma vez indispensável a terraplenagem, sempre ter em conta que os solos superficiais (em nosso clima com 2 metros de profundidade em média), por serem geologicamente mais argilosos e pela cimentação de seus grãos por diversos tipos de

óxidos, são muitíssimo mais resistentes à erosão do que os solos saprolíticos inferiores. O ideal, portanto, é não se retirar essa camada superficial de solo; mas no caso em que a terraplenagem necessária imponha essa retirada, estocar esse solo superficial para o futuro uso no recobrimento das áreas terraplenadas que ficarão expostas à ação dos processos erosivos. Além de mais resistentes à erosão, os solos superficiais têm melhores características geotécnicas e são mais férteis.

3. os serviços de terraplenagem têm que ser planejados. É um grave erro proceder-se toda a terraplenagem para só então “iniciar-se” a obra. Esse erro implica que por um grande período, na verdade por todo o tempo de duração da obra civil, as áreas terraplenadas fiquem submetidas à erosão. O correto é que a terraplenagem caminhe junto com a implantação da obra civil, ou seja, vai-se executando a terraplenagem na medida que o avanço da obra a exige.
4. um outro expediente prático que reduz em muito a erosão é adotar-se uma proteção, ainda que provisória, dos taludes à medida do aprofundamento da terraplenagem. Exemplificando, assim que a terraplenagem produza o primeiro degrau com um talude de dois metros de altura, já de imediato

se protege esse talude provisoriamente contra a erosão. De forma que quando a terraplenagem atingir a cota inferior de projeto todo o talude já estará protegido. Como proteção provisória pode-se adotar, por exemplo, a tecnologia Cal-Jet, que consiste na pulverização de uma calda de cal fluida sobre o talude, ou outra técnica qualquer que apresente essas características de economia e facilidade de aplicação.

5. finalmente, é imperativo que nossos estudantes de engenharia, arquitetura, geologia, loteadores, técnicos municipais e outros agentes sociais que lidam com o uso do solo urbano sejam devidamente orientados sobre os fenômenos erosivos, sobre como e porque evitá-los. É preciso cultivar uma cultura técnica adversária da erosão.

Enfim, como foi dito, a erosão é madrasta, mas é perfeitamente possível vencê-la. Apenas uma questão de decisão para a administração pública e para a boa Engenharia brasileiras.

3.13 FOLHETO TECNOLÓGICO CONTRA A EROÇÃO

Geól. Álvaro Rodrigues dos Santos
(santosalvaro@uol.com.br)

OS 7 MANDAMENTOS DO BOM LOTEAMENTO

1 - Evitar ao máximo as terraplenagens:

- Usar a criatividade e adaptar seu projeto à topografia e não a topografia ao seu projeto;
- Demarcar os lotes sem retirar a vegetação e o solo superficial. Somente retirar a vegetação e o solo superficial, se realmente necessário, no momento da construção de cada edificação, ou seja, lote a lote;
- Em terrenos com declividade acima de 20% (11,3º) adotar lotes com a maior dimensão paralela às curvas de nível e estimular que as habitações tenham a parte frontal apoiada sobre pilotis (ou expedientes equivalentes), assim evitando encaixes profundos na encosta;

OS 7 MANDAMENTOS DO BOM LOTEAMENTO

- Em terrenos inclinados reduzir o número de ruas a nível, devendo ser privilegiadas as ruas em rampa o acesso a pé às moradias.
- Não implantar loteamentos em terrenos com declividade superior a 35% (19,3°). Acima dessa declividade criar áreas verdes reflorestadas permanentes.

2 - Caso alguma terraplenagem seja mesmo indispensável, retirar antes a capa de solo superficial (+ou- 150 cm) e estocá-la, para depois utilizá-la no recobrimento de áreas terraplenadas a serem protegidas com vegetação. O solo superficial é o solo de melhores características agronômicas e construtivas: mais fértil, mais resistente à erosão e melhor para compactar.

3 - Nunca lançar o solo resultante de escavações e terraplenagens encosta abaixo. Retirá-lo da área e levá-lo para um bota-fora regularizado sugerido pela Prefeitura.

4 - Logo de imediato à abertura, promover a pavimentação das ruas e a instalação do sistema de drenagem das águas pluviais. Liberar o loteamento para a construção

OS 7 MANDAMENTOS DO BOM LOTEAMENTO

de habitações somente após a infra-estrutura básica implantada.

5 - Programar as operações de terraplenagem de forma a liberar o mais cedo possível os taludes para proteção superficial, ou seja, conduzir a terraplenagem de “cima para baixo” ou em painéis sucessivos.

6 - Taludes de cortes e aterros resultantes de terraplenagem deverão ser de imediato protegidos com pintura de calda de cal. Mais tarde essa proteção poderá ser substituída por alguma opção vegetal de caráter paisagístico, caso assim se deseje.

7 - Programar os eventuais serviços de terraplenagem para os meses menos chuvosos, de forma que na época das chuvas as superfícies de solo porventura expostas já estejam devidamente protegidas.

3.14 SUGESTÃO DE LEI PARA COIBIÇÃO DA EROSÃO URBANA

MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA COIBIÇÃO DA EROSÃO URBANA

PROJETO DE LEI Nº

Coibe a erosão sobre superfícies de solo exposto no âmbito do perímetro urbano do município, evitando a destruição da infraestrutura urbana e o assoreamento do sistema municipal de drenagens naturais e construídas, e dá outras providências

Considerando que:

- a erosão urbana está na origem do fantástico assoreamento de córregos, rios, bueiros, galerias de drenagem, constituindo, ao lado da impermeabilização do solo urbano, uma das principais causas das enchentes urbanas;
- os processos erosivos urbanos provocam a deterioração da infraestrutura urbana nos locais onde ocorre, essa lei determina:

Art. 1º A presente lei, através da penalização pecuniária dos responsáveis, objetiva a redução da destruição da infraestrutura urbana e do assoreamento do sistema municipal de drenagens

naturais e construídas por sedimentos terrosos originados de processos erosivos sobre superfícies de solo exposto no âmbito do perímetro urbano do município.

§ 1º – Para os efeitos dessa lei considera-se superfície de solo exposto toda área com solo em superfície desprovido de cobertura vegetal ou outro tipo de cobertura que o proteja da ação erosiva das águas de chuva, como cortes de terrenos, taludes e superfícies de corte, taludes de aterros, áreas terraplenadas, desmatadas e outras.

§ 2º – Para os efeitos dessa Lei entende-se por sedimentos terrosos qualquer quantidade de partículas de solo, em qualquer de suas frações granulométricas, que tenham sido removidas de sua posição original por agentes erosivos – água e ventos – e tenham sido carreadas e depositadas em um outro lugar, ou estejam ainda em percurso para essa nova situação.

Art. 2º Para instalação de edificações individuais ou de loteamentos deverão ser rigorosamente atendidas as seguintes orientações técnicas;

Logo de imediato os novos loteamentos deverão promover a pavimentação das ruas e a instalação do sistema de drenagem das águas pluviais. Liberar a construção de habitações somente após a infra-estrutura básica implantada;

Demarcar os lotes sem retirar a vegetação e o solo superficial. Somente retirar a vegetação e o solo superficial, se realmente necessário, no momento da construção de cada edificação, ou seja, lote a lote;

Caso alguma terraplenagem seja mesmo indispensável, retirar antes a capa de solo superficial (+ou- 1,50 m) e estocá-la, para depois utilizá-la no recobrimento de áreas terraplenadas a serem protegidas com vegetação;

Programar as operações da terraplenagem eventualmente necessária de forma a liberar o mais cedo possível os taludes finais para proteção superficial contra a erosão, ou seja, conduzir a terraplenagem de “cima para baixo” ou em painéis sucessivos;

Da mesma forma, caso alguma terraplenagem seja indispensável, programá-la para os meses menos chuvosos, de forma que na época das chuvas as superfícies de solo porventura expostas já estejam devidamente protegidas;

Nunca lançar o solo resultante de escavações e terraplenagens encosta abaixo. Retirá-lo da área e levá-lo para um bota-fora regularizado sugerido pela Prefeitura.

Art. 3º As penalidades previstas na presente lei aplicar-se-ão a proprietários ou responsáveis legais, privados e públicos, de terrenos que estejam originando, por erosão, sedimentos terrosos para fora dos limites da propriedade, ou para drenagens naturais ou construídas existentes no interior da própria propriedade.

§ 1º - A penalidade será calculada em função direta da extensão da superfície de solo exposto que esteja produzindo, por erosão, sedimentos terrosos para fora da propriedade ou para drenagens interiores.

Art. 4º A fiscalização do cumprimento do disposto nesta Lei será exercida pelo órgão competente do Executivo Municipal, na forma que a regulamentação assim delegar.

§ único - A fiscalização a que se refere este artigo poderá, mediante convênio, ser exercida por outros órgãos ou entidades da Administração Direta e Indireta do Estado ou da União.

Art. 5º A penalidade referida nesta Lei constituir-se-á de multas pecuniárias, a serem aplicadas progressivamente aos proprietários ou

responsáveis legais dos terrenos onde tenha sido detectada a infração.

§ 1º – No caso de terrenos públicos a penalidade será aplicada à autoridades pública diretamente responsável pela integridade física do terreno público onde foi constatada a infração.

Art. 6º O valor inicial da multa pecuniária deverá ser calculado com base na relação R\$...... (..... reais) por metro quadrado da superfície de solo exposto que esteja produzindo, por erosão, sedimentos terrosos para fora da propriedade ou para drenagens interiores.

§ 1º – Caso a partir da multa inicial as providências para a eliminação do problema não tenham sido adotadas no prazo estabelecido serão aplicadas novas multas em valores aumentados em R\$...... (..... reais) por metro quadrado da superfície de solo exposto à erosão por dia passado além do prazo estabelecido quando da primeira multa.

Art. 7º O Poder Executivo deverá, através de campanhas educativas, dar o pleno conhecimento desta lei à população, assim como preparar

tecnicamente os funcionários municipais encarregados de sua aplicação.

Art. 8º Esta Lei, no que couber, será regulamentada por decreto a ser baixado pelo chefe do Poder Executivo.

Art. 9º Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação.

SOMENTE UM COMPLETO DIAGNÓSTICO DO FENÔMENO DAS ENCHENTES GARANTIRÁ O ACERTO E O SUCESSO DAS MEDIDAS ADOTADAS PARA COMBATÊ-LAS.

A pesar dos grandes recursos financeiros já investidos em obras e serviços de infraestrutura hidráulica, como ampliação das calhas de seus grandes rios, retificação de córregos, piscinões, operações de desassoreamento, etc., a dura realidade vem mostrando que um enorme número de médias e grandes cidades brasileiras estão cada vez mais vulneráveis a episódios de enchentes. E há uma explicação elementar para tanto: **todas essas cidades continuam a cometer os mesmos erros básicos que estão na origem causal das enchentes urbanas.**

Resultado, as enchentes urbanas estão se mostrando a cada dia mais frequentes, mais abrangentes e mais trágicas, tendência que se agravará em muito sob as alterações climáticas associadas ao aquecimento global.

Essa grande ameaça urbana real está em grande parte associada à não adoção de diagnósticos seguros e confiáveis para o fenômeno das enchentes urbanas, o que leva à deficiência ou insuficiência técnica dos tratamentos que vem sendo adotados.

Esse o principal objetivo desse Guia, ou seja, a partir de um amplo diagnóstico do fenômeno das enchentes propor as medidas práticas para sua erradicação ou sua satisfatória mitigação.

O autor