

8

ENCHENTES

NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

UMA ABORDAGEM GERAL

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Estado do Rio de Janeiro

Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ



**SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE
E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMADS**

FUNDAÇÃO SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE RIOS E LAGOAS - SERLA

ENCHENTES NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Uma Abordagem Geral

Projeto PLANÁGUA SEMADS / GTZ de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha

Agosto de 2001

SEMADS - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Palácio Guanabara – Prédio Anexo – sala 210

Rua Pinheiro Machado s/nº – Laranjeiras

22.238-900 – Rio de Janeiro – RJ

Tel: 21-2299-5290 – Fax: 21-2299-5285

e-mail comunicacao@semads.rj.gov.br

SERLA - Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas

Campo de São Cristóvão, 138/3º andar – S. Cristóvão

20921-440 – Rio de Janeiro – RJ

Tel: 21-2580-7218/0998

e-mail serla@serla.rj.gov.br

APRESENTAÇÃO

Águas pluviais, tão necessárias a sobrevivência humana e fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas com os quais interagimos são, muitas vezes, entregues pela natureza com o rigor dos eventos naturais extremos, isto é, pela ocorrência de estiagens prolongadas, onde a escassez é o fator relevante, ou pelas enchentes, onde a abundância das águas concentradas no tempo e no espaço, gera desconfortos, preocupações, prejuízos e, eventualmente, perda de vidas humanas.

Controlar as enchentes e diminuir seu poder muitas vezes devastador sobre os bens públicos e privados, assegurar a integridade física e garantir o bem estar do cidadão, é dever constitucional das autoridades estabelecidas, embora haja necessidade de estreita colaboração e envolvimento da própria sociedade.

O avanço da ocupação territorial sobre áreas historicamente sujeitas a inundação, a descaracterização da mata ciliar, o desmatamento desenfreado, o descarte irresponsável dos resíduos domiciliares sobre as encostas e nos cursos de água, a impermeabilização dos terrenos, as obras locais de caráter imediatista e outras ações que por dezenas de anos foram praticadas pelo homem em nome do desenvolvimento, hoje se tornam fatores agravantes na formação das enchentes.

O presente relatório, fruto de um amplo trabalho de pesquisa no âmbito do projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ, reúne uma série de esclarecimentos sobre esses eventos naturais, inclui uma abordagem especial para a situação no Estado do Rio de Janeiro, ressalta a necessidade da adoção da área da bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão, bem como, apresenta novos conceitos para o controle das enchentes e redução dos riscos de inundação e os conseqüentes prejuízos.

O objetivo principal do trabalho é abrir discussões sobre o tema, de forma a permitir a reavaliação e reflexão sobre os procedimentos e critérios usualmente empregados e análise de medidas alternativas e complementares no controle das enchentes.

**Secretaria de Estado de Meio Ambiente e
Desenvolvimento Sustentável**

Depósito legal na Biblioteca Nacional conforme decreto nº 1.825 de 20 de dezembro de 1907.

C 837

Costa, Helder
Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma Abordagem Geral /
Helder Costa, Wilfried Teuber.
Rio de Janeiro: SEMADS 2001
160p.: il.
ISBN 85-87206-08-7
Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto PLANÁGUA-
SEMADS/GTZ
Inclui Bibliografia.
1. Recursos Hídricos. 2. Cheias. 3. Saneamento Ambiental.
I. PLANÁGUA. II Título. III. Rio de Janeiro (Estado). IV. SERLA

CDD 627.4

Capa

Publicidade 2001

Foto da Capa: Enchente em Itaperuna / Rio Muriaé - Janeiro 1997

Antônio Cruz

Diagramação

Cláudio Alecrim

Editoração

Jackeline Motta dos Santos

Raul Lardosa Rebelo

Projeto PLANÁGUA SEMADS / GTZ

O Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ, de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha, vem apoiando o Estado do Rio de Janeiro no gerenciamento de recursos hídricos com enfoque na proteção de ecossistemas aquáticos.

Coordenadores: **Antônio da Hora**, Subsecretário Adjunto de Meio Ambiente SEMADS
Wilfried Teuber, Planco Consulting / GTZ

Campo de São Cristóvão, 138/315
20.921-440 Rio de Janeiro - Brasil
Tel/Fax [0055] (21) 2580-0198
E-mail: serla@montreal.com.br

Coordenação

Helder Costa

Consultor do Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ

Wilfried Teuber

Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ

Colaboração

Alan Carlos Vieira Vargas
Antonio Ferreira da Hora

Capitão Ivan Vieira da Silva

Cláudio Alecrim
David Pacheco

Durval Alves Mello Neto
Eliane Pinto Barbosa
Eny Gomes de Lannes
Eugenio Enrique Monteiro
Fernando Riker Branco
Ignez Muchelin Selles
Jackeline Motta dos Santos
Joana Araújo

Jorge Paes Rios
Leila Heizer Santos
Lígia Maria Nascimento de Araújo

Lúcio Bandeira

Major Djalma Antonio Filho
Marlene Leal de Almeida Souza
Mônica da Hora
Nelson Martins Paez
Paulo Carneiro
Paulo Roberto Moreira Goulart
Rachel Saldanha de Alencar

Raul Lardosa Rebelo
Rodrigo Raposo de Almeida

Rogério Luiz Feijor
Rosana Fânzeres Caminha

Sérgio Ayres Bloise
Silvio Torres
Tenente Arruda
Thiago Soares Rodrigues
Valdo da Silva Marques

Valdemar Guimarães
Walter Binder

Vanderlei de Souza Napoleão

SERLA
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e
Desenvolvimento Sustentável - Semads
Secretaria de Defesa Civil
Município do Rio de Janeiro
Consultor de diagramação
Faculdade de Cinema
Universidade Federal Fluminense - UFF
Rio-Águas, Município do Rio de Janeiro
SERLA
SERLA
Rio-Águas, Município do Rio de Janeiro
SERLA
SERLA
Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ
Faculdade de Cinema
Universidade Federal Fluminense - UFF
SERLA
SERLA
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPRM
Secretaria de Estado de Saneamento e
Recursos Hídricos
Secretaria de Estado de Defesa Civil
Instituto Nacional de Meteorologia - INMET
SERLA
Geo-Rio, Município do Rio de Janeiro
Laboratório de Hidrologia - COOPE / URFJ
Secretaria de Estado de Defesa Civil
Fundação Centro de informações do Estado do
Rio de Janeiro - CIDE
Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ
Projeto Managé
Universidade Federal Fluminense - UFF
Geo-Rio, Município do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado de Saneamento e
Recursos Hídricos
SERLA
SERLA
Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN
Estagiário
Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia
SIMERJ
Agência Nacional de Águas - ANA
Departamento Estadual de Recursos Hídricos
Baviera/Alemanha
SERLA

RESUMO

É secular o problema de enchentes no Estado do Rio de Janeiro, fenômeno natural condicionado a fatores climáticos, principalmente às chuvas intensas de verão, cujos efeitos são agravados pelas características do relevo: rios e córregos com forte declividade drenando bruscamente das serras para as baixadas, quase ao nível do mar. A ocupação dessas baixadas, áreas naturais de retenção das águas, pântanos e brejos, só foi possível mediante grandes obras de drenagem e de diques de proteção.

O principal objetivo dessas intervenções, a exemplo das obras de retificação e canalização, era, como em todo mundo, direcionar e conduzir as águas das enchentes o mais rápido possível rio abaixo, esperando assim, dominar os desafios da natureza.

Sabe-se hoje que essas obras, embora proporcionem grandes melhorias locais em épocas de enchentes mais freqüentes, muitas vezes transferem o problema para jusante e agravam significativamente a situação das enchentes excepcionais. Outros fatores antrópicos, como o desmatamento em grande escala, a urbanização e as atividades que reduzem as áreas naturais de retenção, inclusive áreas de inundação, aumentaram consideravelmente os volumes e os picos das cheias.

Nas enchentes recentes podemos observar um crescimento dos prejuízos, resultado da ocupação sempre mais progressiva de áreas naturais de inundação, e pela falta de conscientização da população relativa aos riscos envolvidos.

Para tentar reverter esse quadro, é importante avaliar e adaptar novas estratégias no controle de enchentes já em andamento em outros países. Nessas novas concepções os interesses locais de proteger a própria área devem ser harmonizados aos interesses de toda a bacia, incluindo a proteção de toda a população, considerando os aspectos sociais e econômicos, o ecossistema e as necessidades do próprio rio. Somente medidas em harmonia com a natureza, e não contra ela, terão sucesso.

Ou seja, em lugar de direcionar e acelerar as águas das enchentes rio abaixo, deve-se restabelecer o quanto possível a retenção natural já nas cabeceiras, nas matas, nas áreas ribeirinhas e conservar as áreas de inundação ainda existentes. É impossível evitar as enchentes excepcionais, porém, é possível conter o agravamento contínuo das mesmas e reduzir os prejuízos. Precisamos aprender a conviver com o fenômeno. Precisamos divulgar medidas preventivas e conscientizar a população sobre os riscos aos quais está exposta.

Não urbanizar áreas de inundação é o melhor e economicamente mais viável método para evitar e reduzir os riscos e prejuízos de enchentes.

Somente ações solidárias envolvendo a sociedade, os órgãos públicos do estado e dos municípios, somados com a responsabilidade individual de cada cidadão por toda a unidade territorial da bacia hidrográfica, podem produzir resultados positivos concretos.

A legislação federal e estadual sobre a gestão de recursos hídricos, estabelece condições para a integração das ações em todas as bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, com a participação da sociedade civil.

O objetivo dessa publicação é informar e conscientizar a sociedade sobre o fenômeno das enchentes, especialmente na área de planejamento regional urbano e rural, e sobre os aspectos naturais e antrópicos das enchentes. Decisões sobre o uso do solo em áreas de risco, caso as necessidades do rio e da natureza forem negligenciadas, podem acarretar sérios problemas a proteção da população e aumentar os prejuízos decorrentes.

ENCHENTES NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

UMA ABORDAGEM GERAL

Enchentes – Considerações Gerais.....	10
Causas Naturais das Enchentes.....	13
Ciclo Hidrológico.....	14
Chuvas.....	19
Características das Chuvas no Estado do Rio de Janeiro.....	22
Escoamentos das Águas de Chuva.....	29
Formação das Enchentes.....	35
Bacia Hidrográfica.....	37
Tempo de Concentração.....	37
Geometria das Bacias.....	38
Tipo de Solo e Cobertura Vegetal.....	38
Relevo e Declividades.....	40
Densidade de Drenagem.....	41
Superposição de Hidrogramas.....	41
Características Gerais das Bacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.....	43
Fatores Agravantes das Enchentes.....	49
Redução da Capacidade de Retenção Natural.....	50
Obras de Macrodrenagem.....	56
Obstáculos Artificiais aos Escoamentos Superficiais.....	62

Enchentes no Estado do Rio de Janeiro.....	71
Início da Ocupação do Solo.....	72
Enchentes Históricas na Cidade do Rio de Janeiro.....	79
Principais Obras de Controle de Enchentes.....	83
Áreas Inundáveis no Estado do Rio de Janeiro.....	94
Sistemas de Alerta.....	110
Conseqüências das Inundações.....	117
Obras de Controle de Enchentes.....	126
Medidas Preventivas Complementares.....	136
Controle de Enchentes e Engenharia Ambiental – Um Novo Conceito.....	138
Recomendações.....	145
Bibliografia.....	151
Informações à População.....	153
Projeto PLANÁGUA.....	157

ENCHENTES: CONSIDERAÇÕES GERAIS

Enchente é o escoamento superficial das águas decorrentes de chuvas fortes. Após suprir a retenção natural da cobertura vegetal, saturar os vazios do solo e preencher as depressões do terreno, as águas pluviais buscam os caminhos oferecidos pela drenagem natural e / ou artificial, fluindo até a capacidade máxima disponível, no sentido do corpo de água receptor final. Dependendo de uma série de fatores físicos e das proporções das chuvas, tais limites podem ser superados e os volumes excedentes invadem áreas marginais. Quando essas áreas são ocupadas pelo homem, as águas entram em conflito direto com suas economias, benfeitorias e atividades.

A enchente é parte integrante do ciclo da água na natureza e, portanto, trata-se de um fenômeno natural cujas conseqüências só trarão danos e prejuízos, à medida em que seus efeitos interfiram no bem estar da sociedade.

A expansão urbana e as intervenções mínimas

necessárias para garantir acessibilidade às novas áreas, alteram drasticamente os padrões de drenagem natural. Essa dinâmica gera constantes modificações na configuração das enchentes e nas dimensões das áreas sujeitas às inundações.

Quanto maior a transformação e a modificação da superfície dos terrenos, tornando-os menos permeáveis à infiltração das águas e diminuindo a capacidade de retenção natural, maior será a parcela contribuinte para os escoamentos superficiais e maior a probabilidade de inundações.

Em geral, não se dispõe de programas de investimentos direcionados para intervenções de controle e amenização dos efeitos das inundações, implementados, gradativamente, durante o crescimento urbano. Pelo contrário, quando as conseqüências das enchentes ordinárias se agravam irremediavelmente, permanece a prática de grandes investimentos em obras locais, conceitualmente superadas e impactantes.

Convém ressaltar que tais intervenções podem, a princípio, garantir proteção local

até um certo risco e não atenderão sua finalidade para enchentes decorrentes de chuvas além daquelas estabelecidas no projeto. Além disso, muitas vezes, simplesmente transferem e agravam o problema de um local para outro, águas abaixo.

Na dificuldade de direcionar a dinâmica do crescimento urbano nas grandes cidades, que muitas vezes desconsidera as funções naturais dos rios e impermeabiliza e ocupa novas áreas, inclusive aquelas sujeitas a inundações, depara-se freqüentemente com a necessidade de revisão dos critérios e dados de projeto para mais intervenções.

Obras anteriores já não atendem os objetivos previstos. Surge o impasse da decisão sobre os limites dos riscos possíveis e aceitáveis a serem cobertos por novos investimentos.

O confronto do homem com a natureza será em vão, pois a dinâmica das mutações climatológicas a nível local, regional e planetário, levam, com relação aos eventos pluviométricos, à expectativa do imprevisível.

Conclui-se que enchentes não podem ser evitadas, mas por outro lado, é

bem possível reduzir os prejuízos ou mesmo torná-los mínimos. Assim sendo, novos conceitos e práticas devem ser introduzidas para melhor convivência com o fenômeno.

Enchentes históricas, isto é, aquelas que acarretam prejuízos significativos à sociedade em consequência das inundações, são estudadas estatisticamente e enquadradas dentro de uma escala de probabilidade que as caracterizam segundo a frequência de ocorrência. Apesar de uma enchente histórica estar associada a uma pequena probabilidade de ocorrência a cada ano, a sociedade deve estar consciente que o mesmo evento pode se manifestar no dia seguinte e de novo nos anos subseqüentes. Portanto, medidas preventivas devem ser adotadas para que os impactos e os prejuízos não tenham as mesmas proporções.

É comum na cultura popular pensar que uma grande inundação levará muito tempo para que ocorra novamente. O fato com o tempo é esquecido, simples providências deixam de ser tomadas como por exemplo, planejar o remanejamento de bens materiais para níveis

mais seguros, assim que os primeiros indícios de inundação se manifestarem.

Tanto maior será o prejuízo quanto maior forem os bens materiais que o homem mantém nas áreas sujeitas às inundações. É importante que o cidadão esteja consciente do risco que corre durante chuvas intensas, e que lhe seja dada a oportunidade de tomar pequenas providências a partir de sistemas de alerta eficientes, desenvolvidos e implantados pelo Poder Público, com o mínimo da tecnologia hoje disponível.

Medidas de simples implementação para retenção superficial das águas de chuva ou mesmo a manutenção de áreas livres para infiltração, ainda não fazem parte do planejamento da ocupação do solo pelo homem e, sequer, são sugeridas, a nível de projeto, pelos órgãos competentes.

Idéias, sugestões e ações fundamentadas na compreensão dos conceitos básicos do ciclo hidrológico, devem ser incorporadas ao planejamento global, fortalecendo os efeitos esperados por obras estrategicamente projetadas no âmbito da bacia hidrográfica.

Solidário a essas iniciativas, deve estar o próprio cidadão, devidamente esclarecido sobre as causas das enchentes e induzido pelo Poder Público a participar e realizar pequenas modificações, apesar de modestas, para propiciar maior retenção temporária e/ou infiltração das águas pluviais dentro da sua propriedade ou do seu empreendimento.

O somatório dessas pequenas iniciativas, certamente representaria um ganho global enorme para a sociedade, diminuindo o risco e os transtornos das inundações.

Caberia ao Poder Público implementar as etapas do planejamento dentro de uma ação setorial, integrada a uma política maior, compatível, por exemplo, com as pretensões das novas leis, que instituíram as Políticas Nacional (Lei Federal nº 9433) e Estadual (Lei Estadual nº 3239) de Recursos Hídricos.

Dentre os objetivos de ambas, está a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou do uso inadequado dos recursos naturais, adotando a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão.

Sob essa nova perspectiva, pelo menos para as bacias ou sub-bacias hidrográficas ainda menos ocupadas, vislumbra-se a oportunidade de introduzir práticas e conceitos contemporâneos para o controle de enchentes através de ações a serem implementadas pelos planos de recursos hídricos, instrumentos das referidas políticas.

Iniciativa recente do Ministério do Meio Ambiente, através da Secretaria de Recursos Hídricos, na sua missão institucional de promover e divulgar os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, constituiu grupo de trabalho para discutir e elaborar o Plano Nacional de Prevenção e Defesa Contra Eventos Hidrológicos Críticos de Origem Natural ou Decorrentes do Uso Inadequado dos Recursos Naturais. O Plano está inserido como meta do Programa Águas do Brasil (Avança Brasil).

Plano de tamanha proporção, certamente contemplará as grandes bacias hidrográficas de rios federais e, portanto, com abrangência significativamente

superior àquelas pequenas sub-bacias que abrigam, muitas vezes, parte de grandes centros urbanos, onde a questão do controle das enchentes requer soluções de responsabilidade do Poder Público local. Por outro lado, o referido Plano pode e deve fixar diretrizes gerais que contemplem a adoção de novos conceitos e critérios, tais como, conservar ao máximo a retenção natural das águas de chuva e a proibição de urbanizar áreas sujeitas a inundações.

A recuperação de áreas para infiltração, o aumento da capacidade de retenção, através de soluções pontuais e regionais, a utilização sustentável das águas de chuva e a revitalização dos cursos de água, fazem parte de um conjunto de medidas postas em prática em países como Alemanha, Japão e Estados Unidos.

O risco do colapso de grandes obras como barragens de laminação de enchentes e diques de contenção, que podem gerar conseqüências catastróficas, levaram estes países a rever a política para o setor, em busca de alternativas estruturais e não estruturais,

mais econômicas e eficazes.

Os diferentes temas desenvolvidos a seguir tem a pretensão de dotar o cidadão comum, autoridades públicas, lideranças comunitárias, estudantes, professores e políticos interessados, do conhecimento básico necessário para melhor compreensão dos principais agentes formadores das enchentes, dos fatores físicos agravantes, das possíveis conseqüências envolvidas e das grandes mudanças conceituais que devem ser introduzidas na gestão e na prática das intervenções para controlar e amenizar os efeitos das mesmas.



CAUSAS NATURAIS DAS ENCHENTES

- ciclo hidrológico
- chuvas
- características das chuvas no Estado do Rio de Janeiro
- escoamento das águas de chuva

CICLO HIDROLÓGICO

As águas na natureza se movimentam, circulam e se transformam no interior das três unidades principais que compõe o nosso Planeta, que são a atmosfera (camada gasosa que circunda a Terra), a hidrosfera (águas oceânicas e continentais) e litosfera (crosta terrestre).

A dinâmica de suas transformações e a circulação nas referidas unidades, formam um grande, complexo e intrínseco ciclo chamado **ciclo hidrológico**.

Por se tratar do ciclo representativo do caminho das águas nos seus diversos estados físicos (sólido, líquido e gasoso) não permite, claramente, a identificação do início do mesmo.

Pegando uma “carona” no circuito, no momento em que a água evapora dos oceanos e da superfície da terra, passa a integrar o conteúdo da atmosfera na forma de umidade (vapor d’água). Dependendo das condições climáticas e da



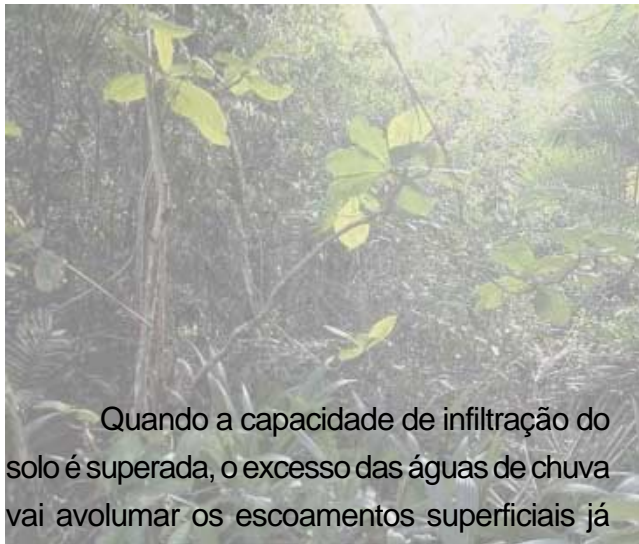
combinação de outros fatores físicos, o vapor d’água se concentra nas camadas mais altas, formando nuvens que se modelam e se movimentam em função do deslocamento das massas de ar (vento).

Em determinadas condições físicas, surgem gotículas de água que se precipitam das nuvens e, sob a ação da força da gravidade, formam a precipitação pluviométrica, ou seja, a **chuva**. As águas de chuva podem ser interceptadas, em parte, pela vegetação (copa das árvores) que cobre o terreno e/ou pelas

superfícies superiores das construções por ventura existentes (telhados, terraços, outros).

O que excede à essa retenção, soma-se àquela parcela de chuva que atingiu diretamente o solo, se infiltrando através dos vazios entre os grãos do solo.

A água infiltrada percola (escoa através dos vazios do solo) na direção das camadas mais profundas, contribuindo para o abastecimento dos reservatórios subterrâneos rasos (lençol freático) e profundos (aquíferos).



Quando a capacidade de infiltração do solo é superada, o excesso das águas de chuva vai avolumar os escoamentos superficiais já iniciados sobre as áreas impermeáveis e as de menor permeabilidade, na direção das regiões mais baixas, através das galerias de águas pluviais, quando houver, dos córregos, riachos e rios, chegando, por fim, ao oceano onde a continuidade do ciclo se manifesta novamente através dos mecanismos de evaporação.

Convém lembrar que a água retida na vegetação, bem como, aquela que ficou armazenada nas pequenas depressões do terreno, nos lagos, lagoas, lagunas e reservatórios construídos pelo homem, também passam pelo processo de evaporação, aumentando a umidade da atmosfera.

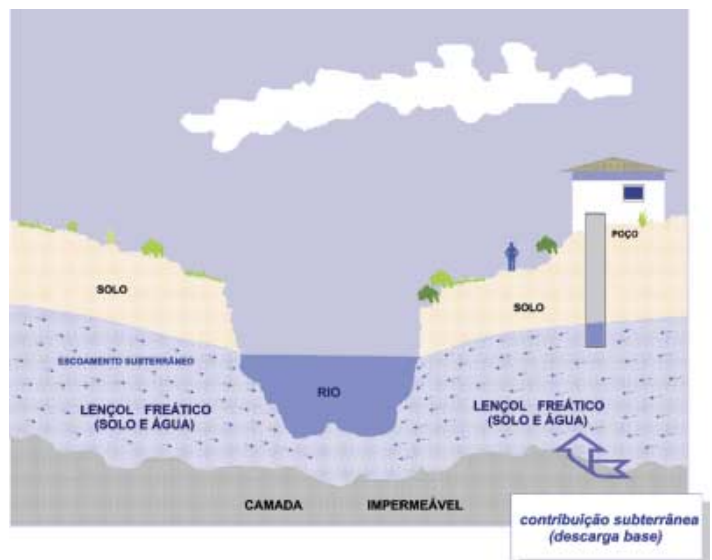
É importante esclarecer que durante os períodos sem chuva, as águas armazenadas nos reservatórios subterrâneos fluem lentamente, pela ação da gravidade, para áreas mais baixas, abastecendo os corpos de água, (rios, lagos, lagunas, reservatórios). Essa contribuição é chamada de **descarga base** ou **escoamento base**.

Portanto, pode-se constatar que quanto maior for a retenção na cobertura vegetal e a infiltração das águas de chuva, menor será o volume excedente disponível para o escoamento superficial e, a princípio, pressupõe-se menor chance de ocorrência de enchentes e inundações.

Deve ficar claro que tudo dependerá da quantidade de chuva, dos limites das capacidades de retenção superficial, das taxas de infiltração características do solo existente e das chuvas antecedentes.

Assim, quanto maior as oportunidades das águas de chuva se infiltrarem, maior será a recarga dos reservatórios subterrâneos, fortalecendo a capacidade de abastecimento dos corpos de água durante os períodos típicos de estiagem (sem chuva). Estes conceitos serão melhor abordados adiante.

Com o propósito de proporcionar melhor entendimento das diferentes etapas que compõe o ciclo hidrológico, são apresentados, a seguir, algumas definições e comentários úteis para o acompanhamento dos assuntos tratados.



Atmosfera

A atmosfera é constituída de diferentes camadas com características distintas. A primeira chama-se **troposfera** e alcança altitudes médias de 6 km nos pólos e 17km, no Equador, com temperaturas variáveis e onde estão cerca de 90% do vapor d'água total da atmosfera, principalmente nos 5km iniciais.

Portanto, a troposfera é a camada da **atmosfera** que mais interesse desperta para os estudos de formação das nuvens e chuvas.

A segunda camada denomina-se **estratosfera**, com temperatura constante, até cerca de 40km de altitude.

A terceira, é a **mesosfera**, até 80km e, em seguida, a **termosfera**, acima desse limite.

Como citado anteriormente, a umidade atmosférica é proveniente basicamente do resultado do processo de evaporação.

Evaporação

A evaporação é a transformação física do estado líquido para o estado gasoso, sob a forma de vapor d'água. Pode ocorrer em situações diversas sob diferentes condições físicas.

De uma maneira geral, pode-se identificar os seguintes tipos de evaporação:

- evaporação direta – ocorre diretamente sobre a precipitação, isto é, durante sua queda e antes de alcançar a superfície da Terra;
- evaporação das superfícies líquidas – ocorre em todas as superfícies líquidas disponíveis, isto é, nos lagos, lagoas, lagunas, cursos de água, reservatórios, oceanos, nas águas acumuladas nas depressões do terreno e naquelas retidas sobre a vegetação em geral.
- evaporação do solo – ocorre a partir da água retida nas camadas superiores do solo, seja por encharcamento, retidas nos interstícios, ou por elevação através do efeito de capilaridade.
- evaporação por transpiração – os vegetais depois de retirarem através do seu sistema radicular, a água e as substâncias minerais nela dissolvidas, devolvem a água para a atmosfera, através das folhas, pelo processo de transpiração.



Condensação Atmosférica

A condensação é a alteração do estado de vapor atmosférico para a forma líquida, proporcionando a criação de minúsculas gotas d'água, que, dado ao peso insignificante, permanecem na atmosfera formando as nuvens.

A capacidade máxima do ar de reter vapor, depende, entre outros fatores, da temperatura. Ar quente pode reter muito mais vapor do que o ar frio. A umidade específica oscila de 25g por kg de ar tropical marítimo à 0,5g por kg de ar polar continental. Por isso quando o ar úmido ascendente se esfria e o limite de saturação é atingido, acontece a condensação: a transformação do vapor em água.

As gotículas não se precipitam de imediato, devido ao peso reduzido e a influência das correntes de ar ascendentes típicas da turbulência atmosférica.

A nuvem tem o comportamento de um meio coloidal disperso onde as gotículas se aglutinam ou se coagulam em torno de núcleos de condensação existentes em condições naturais, podendo ser cristais de cloreto de sódio e de cloreto de cálcio, sais de enxofre ou óxidos de nitrogênio, cristais de quartzo ou sílica, anidrido carbônico, cristais de gelo e poeiras. Tais núcleos possuem diâmetro entre 1 a 5 vezes a milésima parte do milímetro.

Precipitação

O processo de aglutinação e coagulação contribuem para o aumento do volume e peso das gotículas, alcançando diâmetros da ordem de 0.2 a 0.5 milímetros, podendo então, ocorrer a precipitação.

As gotas assim formadas, caem sob o efeito da gravidade, à qual se contrapõem o empuxo e o atrito do ar atmosférico, proporcionando, ainda mais, o aumento do volume da gotícula, determinando e caracterizando o diâmetro e a velocidade de queda máximos.

A precipitação pode ocorrer sob diversas formas:

- chuva – precipitação em forma líquida, com diâmetros variando entre 200 milésimos de milímetros e alguns milímetros;

A chuva formada por gotículas cujos diâmetros são inferiores a 0.5 milímetros é conhecida como garoa ou chuvisco;

- neve – quando a condensação do vapor d'água ocorre em temperaturas muito baixas (sublimação), formam-se cristais de gelo que coagulam e se precipitam em forma de flocos;

- granizo – precipitação em forma de pedras de gelo.

Tal precipitação pode ocorrer pelo congelamento da gota d'água ao atravessar camadas atmosféricas mais frias ou pela recirculação de cristais de gelo no interior das nuvens;

- nevoeiro – o nevoeiro é uma nuvem ao nível do solo, com gotículas de diâmetro médio em torno de 0.02 milímetros, conhecido também como cerração ou russo;

- orvalho – deposição de água sobre superfícies frias, à noite, como resultado do esfriamento do solo e do ar atmosférico adjacente, por efeito de irradiação de calor;

- geada – deposição de uma finíssima camada de gelo decorrente de processo de irradiação térmica, ocorrendo em temperaturas muito baixas (sublimação do vapor d'água).

Retenção Superficial

Ocorrência no processo do ciclo hidrológico que pode acumular água de duas formas:

- interceptação vegetal – relativa à parcela da precipitação que fica retida sobre a vegetação de uma maneira geral;

- acumulação nas depressões – relativa à parcela retidas nas depressões do terreno.

A água da retenção superficial retorna à atmosfera pela evaporação conforme anteriormente citado.



Infiltração

É a parcela da precipitação que infiltra no terreno através dos vazios do solo, contribuindo para as águas subterrâneas dos lençóis superficiais e para as camadas mais profundas impermeáveis que cortam o fluxo vertical restando grande quantidade de água no solo acima delas.



Escoamento Subterrâneo

Ocorre através dos interstícios do solo totalmente encharcado, com direção predominantemente horizontal, onde prevalecem as forças de gravidade e pressão. Tal escoamento se dá na direção dos pontos mais baixos ou de menor potencial e, desta forma, retornam suas águas aos corpos hídricos.

Escoamento Superficial

É a parcela das águas de chuva que flui sobre os terrenos, sob a ação da gravidade, buscando as linhas de talvegue, alcançando os cursos de água, os lagos, os oceanos.

CHUVAS

Como visto antes, as nuvens nada mais são que massas concentradas de gotículas de água suspensas. Tais gotículas são formadas em consequência da condensação do vapor d'água ao redor de pequenas partículas presentes na atmosfera.

As condições físicas para a condensação são estabelecidas pela expansão das correntes de ar em ascensão que se esfriam com a altitude e perdem a capacidade de reter vapor d'água.

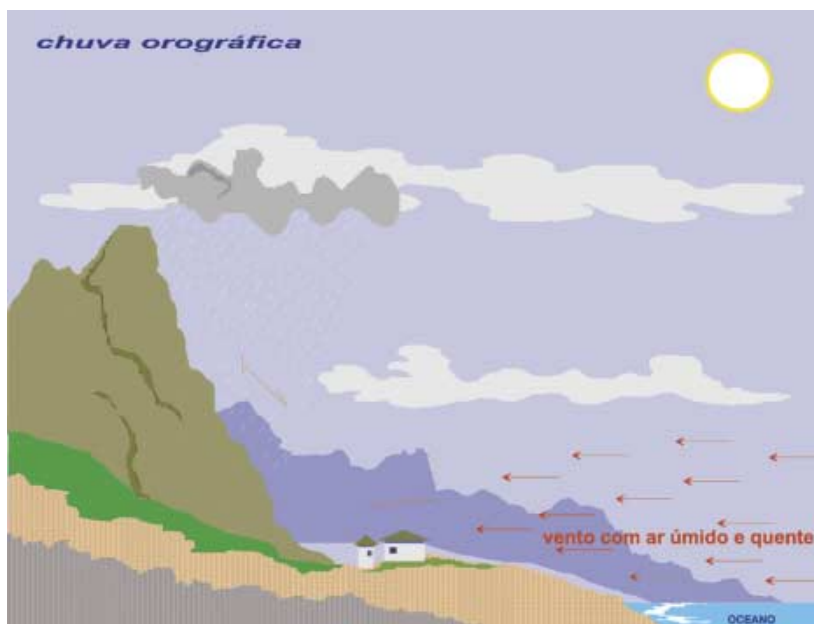
Verifica-se que a ocorrência de chuvas tem ligação direta com a rapidez com que as massas de ar se esfriam, intensificando o crescimento do tamanho da gotícula pela condensação e aglutinação, até a instabilidade da sustentação no ar e a consequente queda pela ação da força da gravidade, caracterizando a precipitação pluviométrica.

Tipos de Precipitação Pluviométrica

As precipitações podem ser grupadas em três tipos fundamentais, em função dos agentes que lhes dão origem.

- **Precipitação Orográfica**

As massas de ar úmido e quente que se formam sobre os continentes ou sobre os oceanos, com grandes quantidades de vapor d'água decorrentes dos processos de evaporação, podem ser deslocadas pelos ventos contra barreiras orográficas (montanhas ou cordilheiras). O contato com essas barreiras defletem rapidamente essas massas para o alto, fazendo com que se esfriem e sofram os processos de condensação e precipitação.



Pela rapidez com que a massa de ar se eleva, dependendo da topografia e quantidade de umidade, pode gerar chuvas muito intensas.

- **Precipitação Ciclônica**

Existem grandes áreas da superfície terrestre que apresentam características térmicas e de umidade uniformes que são transmitidas gradativamente às massas de ar acima estagnadas ou que sobre elas se deslocam lentamente. Essas massas de ar, em grande volume e extensão, passam a apresentar também, características térmicas de umidade que as caracterizam.

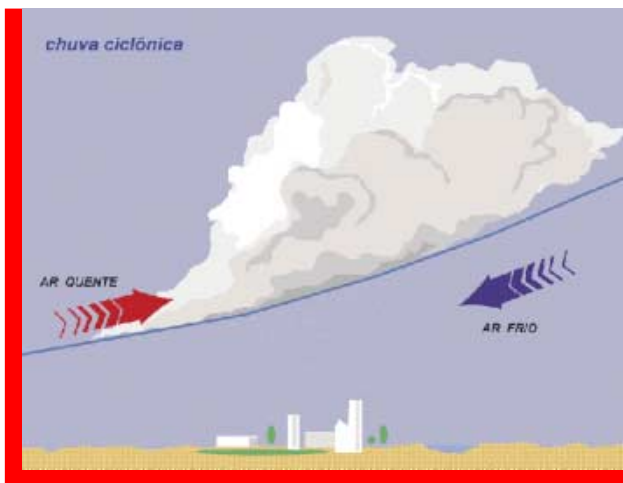
Em geral, essas massas de ar formam-se em regiões como o Ártico, a Antártica, a Patagônia, o Pantanal Mato-grossense, o Deserto do Saara, e outros, e podem se encontrar umas com as outras, à medida que se deslocam sobre o globo terrestre.

Quando duas massas de ar de diferentes temperaturas se encontram, a tendência será a formação de uma cunha da massa de ar mais fria sob a massa mais quente, empurrando-a para cima.

Forma-se uma grande superfície frontal cuja linha de contato com a crosta terrestre chama-se **frente**.

Em decorrência da oposição das duas massas, a de maior energia empurrará a outra, e se chamará fria ou quente, conforme seja mais fria ou quente com relação à outra massa de ar.

Quando houver equilíbrio energético, a frente criada chama-se “frente quase estacionária”.



O ar quente é empurrado para o alto, configurando-se as condições favoráveis à condensação e à precipitação.

As chuvas ciclônicas são, em geral, pouco intensas e muito duráveis.

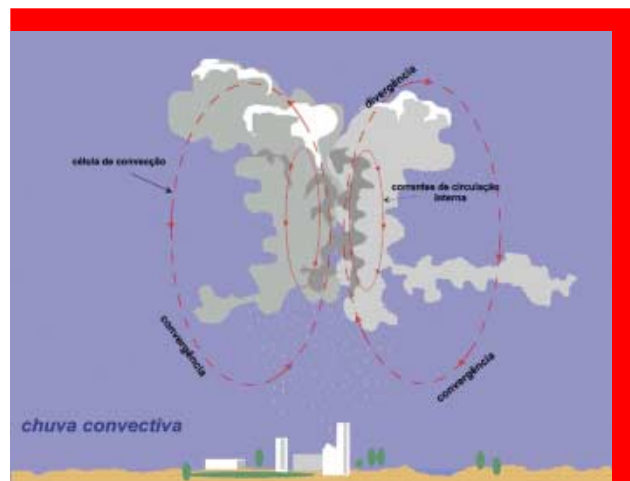
• Precipitação Convectiva

Resulta da ascensão do ar úmido e quente, em regiões de clima quente, em função da densidade, criando um processo de convecção térmica.

Tal fenômeno cria uma célula de convecção onde o ar quente sobe rapidamente pelo centro da nuvem, esfriando-se, propiciando a condensação e a precipitação. Quando o ar mais seco chega ao topo da nuvem, após a perda de umidade, diverge para a atmosfera retornando ao solo de forma convergente por baixo da nuvem, realimentando-a de umidade carregada do ar adjacente à célula de convecção. Novamente, o ar úmido sobe, e o ciclo se repete até que a intensidade de realimentação diminua.

As chuvas convectivas são geradas a partir de nuvens de grande desenvolvimento vertical (*cumulus nimbus*), ocorrendo com muita intensidade em períodos curtos, promovendo uma varredura na umidade atmosférica, deixando geralmente, ao seu término, o céu límpido e tempo bom.

O Rio de Janeiro, pelo seu clima quente, é marcado pelas chuvas convectivas com “pancadas” de fim de tarde durante o verão.





Distribuição Espacial

A distribuição espacial da chuva não é uniforme, isto é, não cai a mesma quantidade de água igualmente sobre uma região durante o mesmo intervalo de tempo. Pode ocorrer, inclusive, chuva numa área e nenhuma sobre uma outra vizinha. É comum isto ocorrer e, certamente, o leitor já constatou esse fato ao ler os jornais ou telefonar para um amigo que está se preparando para passear enquanto você liga para comentar a chuva que está caindo na sua área.

Portanto, a ocorrência de chuvas está vinculada a uma série de fatores locais e regionais como a circulação das massas de ar, temperatura, topografia, umidade do ar, ventos, etc..

Medição da Chuva

Desde a época do Império Romano e, mesmo em tempo anteriores, na Índia (século IV AC), o homem já se interessava e estudava a ocorrência e a circulação das águas na natureza.

Entre os anos 1400 e 1600, grandes pesquisadores deixam a especulação filosófica sobre as questões hidrológicas para iniciar efetivamente, observações do ciclo das águas na natureza.

As chuvas mereciam atenção especial em função das diferentes **variações** no tempo e no espaço.

As águas vindas dos céus eram muito bem recebidas durante o plantio e o crescimento das lavouras. Ao mesmo tempo, que temida pela possibilidade de provocar enchentes e inundações.

Data do século XVII, na Europa, as primeiras iniciativas para medir as chuvas na tentativa de comparar e quantificar os volumes entre as águas precipitadas e aquelas escoadas superficialmente nos cursos d'água.

As grandezas estabelecidas e adotadas ao longo dos tempos para medição das chuvas são altura, duração, intensidade e frequência. Tais grandezas têm sido utilizadas no mundo científico e tomadas como medidas de comparação universal entre chuvas ocorridas em diversas regiões do planeta.

Conceituação e esclarecimentos adicionais sobre essas grandezas:

Altura:

é a medida vertical, em geral em milímetros, do volume da chuva ocorrido e acumulado em um recipiente cilíndrico;

Duração:

é o intervalo de tempo considerado durante a precipitação. Pode ser do total ou de parte da chuva. A duração da chuva é expressa em minutos, horas ou dias;

Intensidade:

é a altura de chuva na unidade de tempo, isto é, o quociente entre a altura e a duração.

Frequência:

é uma característica estatística relativa a ocorrência das chuvas.

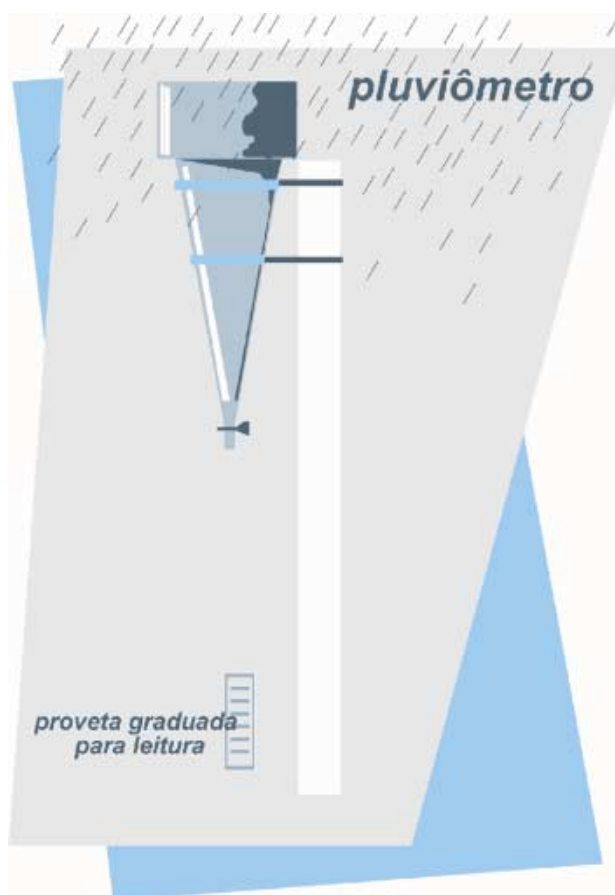
As chuvas são medidas nas estações pluviométricas. As estações podem ser equipadas com aparelhos totalizadores (**pluviômetros**) e/ou registradores (**pluviógrafos**).

Os pluviômetros acumulam as águas de chuva captadas através de uma pequena bacia de recepção. O volume precipitado é medido com o auxílio de uma proveta calibrada que acompanha o equipamento.

Em geral, no Brasil, os pluviômetros são empregados como totalizadores das precipitações de 1 dia de duração. Cada estação é operada por um observador, morador da região, treinado para efetuar a leitura todo o dia, às 7 horas da manhã, conforme convenção nacional.

Os pluviógrafos funcionam sob os mesmos princípios que um pluviômetro, inclusive com o mesmo tamanho da bacia de recepção. A diferença está na vantagem de registrar, continuamente, através de mecanismos específicos, a variação da altura de chuva durante o período de precipitação.

Os pluviógrafos são equipados com pequenos reservatórios cilíndricos que acumulam as águas de chuva. A variação dos níveis no reservatório é registrada



diretamente sobre gráficos especiais ou, mais modernamente, detectada por sensores, transformada em sinais elétricos e gravada como leituras digitais em meio magnético a intervalos de tempo pré estabelecidos.

A grande vantagem do pluviógrafo é permitir a determinação da intensidade da chuva a intervalos de tempo tão pequenos quanto se queira. Além disso, os pluviógrafos tem uma autonomia maior, dependendo dos mecanismos instalados e do comprimento do papel do pluviograma, podendo cobrir períodos de até 6 meses de observação.

Embora se desfrute, a princípio, dessa autonomia, os

pluviógrafos por serem constituídos de mecanismos de relojoaria, baterias e pequenas peças móveis, estão sujeitos a defeitos e interrupções dos registros.

Características das Chuvas no Estado do Rio de Janeiro

As chuvas que ocorrem no Estado do Rio de Janeiro apresentam, de um modo geral, características sazonais bem definidas. São influenciadas a nível local, pela proximidade do Oceano Atlântico e pela topografia acidentada, a nível regional,

pelo padrão de circulação das massas de ar na atmosfera e, a nível planetário por eventos de grande escala.

No outono e no inverno, os dias são claros, tempo bom, com baixa umidade do ar, havendo formação de nevoeiro na madrugada, na Região Serrana e, mais tarde, no início da manhã, no litoral. Os nevoeiros são freqüentes e causam transtornos para navegação marítima e aérea.

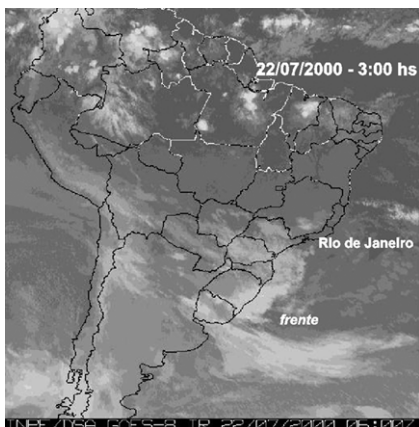
As chuvas nessa época, são normalmente ocasionadas por entradas de frentes frias. No dia anterior ao início das chuvas, observa-se o aumento da nebulosidade e

o aquecimento do ar. Esses eventos são freqüentes, têm longa duração, cerca de três a quatro dias, abrangem todo o Estado e são acompanhados de ventos e queda da temperatura. Nos dias de primavera e verão, a situação típica é de temperaturas elevadas, com formação de nuvens tipo **cumulu nimbus** no final da tarde, dando origem a chuvas convectivas, pela simples ascensão e esfriamento das massas de ar. Estes eventos, de pequena abrangência espacial, curta duração e grandes intensidades, chamados de tempestades,

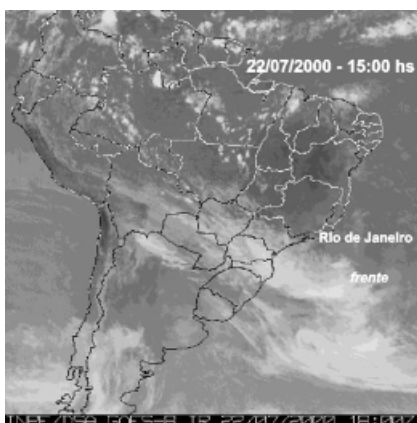
iniciam-se geralmente na Região Serrana e caminham no sentido do litoral. São precedidos por trovoadas, relâmpagos e ventos de rajada.

Essas chuvas podem ocorrer simultaneamente com períodos de maré alta, bloqueando e dificultando os escoamentos das águas. É o que se observa nos trechos inferiores dos rios da baixada que deságuam na Baía de Guanabara. Essa coincidência leva, muitas vezes, as águas procurarem outros caminhos, transbordando do seu curso natural e causando inundações.

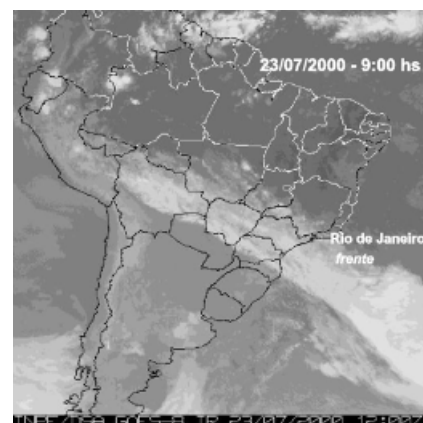
22/07/2000 3:00hs



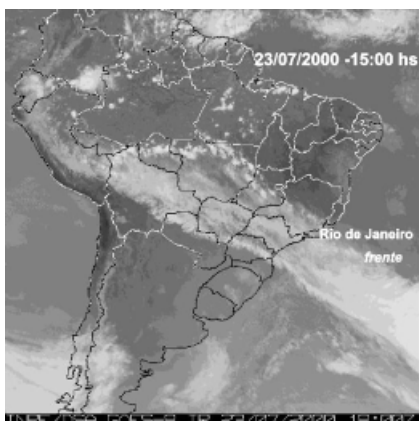
22/07/2000 15:00hs



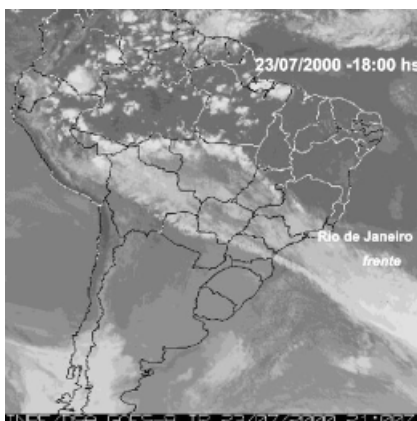
23/07/2000 9:00hs



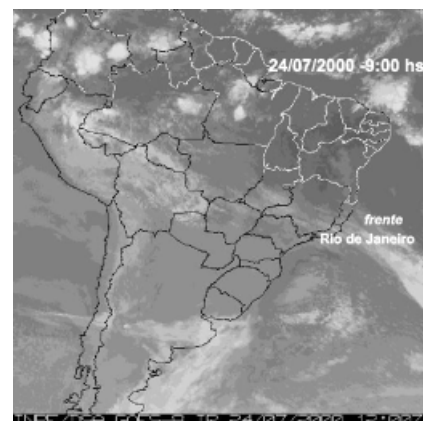
23/07/2000 15:00hs



23/07/2000 18:00hs



24/07/2000 0:00hs



Chuvas ciclônicas podem também se formar em ocasiões de aproximação de frentes frias, quando ventos de sudoeste, vindos do Oceano Atlântico, empurram as nuvens para cima, funcionando como uma cunha, dando início ao processo de condensação e precipitação.

Eugênio Monteiro



Quando a frente fria incide sobre a área continental no período do verão, as diferenças de temperatura das massas de ar são grandes e podem provocar chuvas com maior intensidade do que aquelas observadas no inverno.

Em situações de bloqueio da frente fria, isto é, quando uma massa de ar quente impede seu caminho, ela pode ficar estacionária por vários dias em uma mesma região. Nessas ocasiões, o solo saturado pelas chuvas antecedentes, pode deslizar das encostas, carreando sólidos para os cursos de água, contribuindo para o gradual assoreamento e obstrução parcial dos caminhos das águas. Tal fato preocupante, tendo em vista que, ao mesmo tempo, ocorre o aumento da percentagem da chuva que contribui para o escoamento superficial, é comum na região ao longo da Serra do Mar, onde

as áreas mais inclinadas são ocupadas e desmatadas pelo homem. A inundação dos terrenos marginais é iminente.

Chuvas orográficas incidem nas áreas dos contrafortes das Serras do Mar e da Mantiqueira quando, por efeito da mudança brusca do relevo provocam chuvas intensas de curta duração.



Estado do Rio de Janeiro
Relevo

Estudo realizado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, a partir de observações dos temporais que incidiram sobre a Cidade do Rio de Janeiro no período de 1882 a 1996, onde são grupadas as chuvas com totais diários de 40 a 100mm e maiores que 100mm, mostra que o número de eventos ao longo do ano para esses dois grupos é muito maior no período do verão.



Para se ter uma idéia do que realmente representa uma chuva de 100mm de duração definida, pode-se imaginar que, ao incidir sobre a área de um campo de futebol, com dimensões de 75m x 110m, produz um volume de 825m³ ou 825 caixas de água de 1000 litros. No caso de uma bacia hidrográfica de pequeno porte como é a do Rio Maracanã, com área de drenagem de cerca de 13.110.000m², o volume produzido seria de 1.311.000 caixas de 1000 litros. Quase a totalidade desse volume dirigir-se-á à seção de fechamento da Bacia do Rio Maracanã. Se essa chuva se distribuir ao longo de 1 dia, provocará significativa elevação do nível d'água, podendo causar, em alguns trechos, transbordamento da calha, transtornos a população e ao trânsito.

Se os 100mm concentrarem-se em poucas horas, o resultado será bem mais grave.

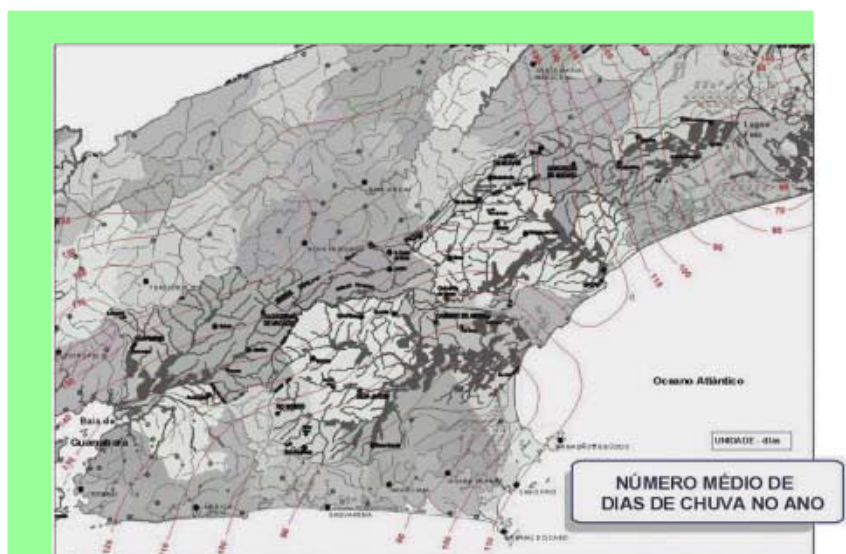
Esse padrão sazonal pode ser alterado em função de fenômenos meteorológicos que influenciam o regime de chuvas, não somente na região do Estado do Rio de Janeiro como em todo o planeta, por meio da interação do Oceano Pacífico e a atmosfera.

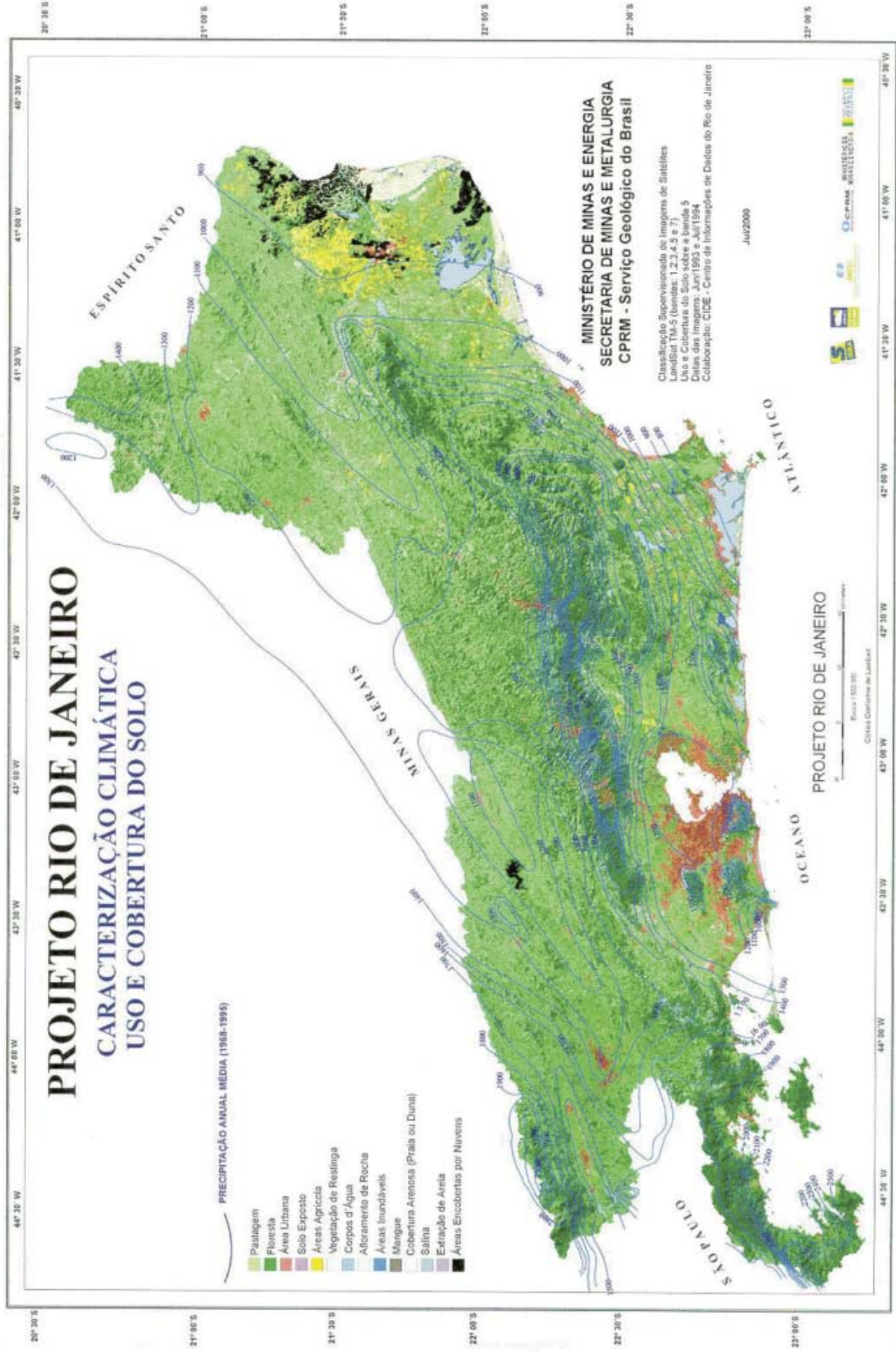
O fenômeno El Niño, que em espanhol quer dizer “Menino Jesus” pela sua ocorrência próximo ao natal, é o resultado do aquecimento das águas do Pacífico Equatorial. No Brasil, vem provocando fortes chuvas com conseqüentes inundações nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Por outro lado, nas Regiões Norte e Nordeste, os totais precipitados ficam abaixo do normal.

O fenômeno La Niña, que, em espanhol, quer dizer “a menina”, diz respeito ao resfriamento das águas do Oceano Pacífico, trazendo também modificações quanto a circulação das massas de ar e das águas oceânicas. Durante a La Niña, as temperaturas mais frias das águas do Oceano Pacífico podem promover situações

climáticas adversas em várias regiões do planeta. No Brasil, podem provocar maior umidade no norte e ocasionar irregularidades no regime pluviométrico da Região Sul (chuvas fortes seguidas de longo período seco).

Quanto à distribuição espacial das chuvas no território do Estado do Rio de Janeiro, tem sido observado nas estações pluviométricas que são operadas por mais de vinte anos, pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, eventos de chuva muito mais intensas nas Regiões Sul e Metropolitana do que as Regiões Norte e Noroeste do Estado. Esse comportamento se repete para os totais anuais de precipitação pluviométrica.





PROJETO RIO DE JANEIRO

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA USO E COBERTURA DO SOLO

PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA (1968-1995)

- Pastagem
- Floresta
- Área Urbana
- Solo Exposto
- Áreas Agrícolas
- Vegetação de Restinga
- Corpos d'Água
- Alforamento de Rocha
- Áreas Inundáveis
- Mangue
- Cobertura Arenosa (Praia ou Duna)
- Salina
- Extração de Areia
- Áreas Encobertas por Nuvens

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Classificação Supervisionada de Imagens de Satélites
Landsat TM-5 (bandas: 1, 2, 3, 4, 5 e 7)
Linha e Cobertura do Solo sobre a banda 5
Dados das Imagens: Jun 1993 e Jul 1994
Colaboração: CIDE - Centro de Informações de Dados do Rio de Janeiro

Jul/2009

PROJETO RIO DE JANEIRO

Escala 1:600.000
Cidade Geométrica de Curitiba



Eventos Marcantes no Estado do Rio de Janeiro

Chuvas de fevereiro de 1988

Durante o mês de fevereiro, as massas de ar polar que chegavam ao Estado do Rio de Janeiro, vindas do sul do país, ficaram bloqueadas por outras massas de ar oriundas do norte, ocasionando uma seqüência de eventos de chuvas intensas em diferentes locais.

No início do mês, na Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro foi registrado em um só dia, o total de precipitação de 230mm, com recorrência estimada de 100 anos, provocando grandes alagamentos.

Na Cidade de Petrópolis, Região Serrana do Estado, nos seis primeiros dias do mês, choveu cerca de 414mm, mais do que o total médio mensal para o mês. As chuvas continuaram e, até o dia 24, alcançaram 776mm. Os incidentes mais graves foram aqueles decorrentes de deslizamentos de encostas e extravasamentos das calhas dos rios.

No período de 18 a 21, a área mais afetada foi o Maciço da Tijuca, na Zona Norte da Cidade do Rio de Janeiro, com mais de 430mm precipitados durante 4 dias, com período de recorrência estimado em 50 anos.

Foi decretado estado de calamidade pública, com mais de 14.000 desabrigados.

Avaliando as conseqüências desses eventos, pode-se inferir que as chuvas que contribuíram para as maiores inundações foram as mais intensas com duração de menos de duas horas. O pequeno tempo de concentração das bacias hidrográficas da região e a reduzida capacidade de escoamento dos rios, bastante prejudicada pelo aporte de material sólido (solo e lixo) agravaram consideravelmente a situação. Já os deslizamentos das áreas de encostas tiveram como principal causa, as chuvas com maior duração que encharcaram o solo e o lixo acumulado.

Chuvas de Jacarepaguá – Fevereiro de 1996

Nos dias 13, 14 e 15 de fevereiro de 1996, a atenção da população e das

autoridades do Poder Público voltaram-se para a região de Jacarepaguá. Chuvas de elevada intensidade, ocasionadas pela chegada de uma frente fria, incidiram sobre a Cidade do Rio de Janeiro, concentrando-se no Maciço da Tijuca, vertente sul. Os totais pluviométricos registrados pelo INMET foram:

DIA	Total diário registrado (mm)	
	Alto da Boavista	Jacarepaguá
13	191	111
14	202	304
15	15	55

No dia 13, houve elevação do nível dos rios da região, que apresentam pequena capacidade de escoamento, afetando as residências construídas imprópriamente junto às margens.

No dia 14, do total precipitado, 200mm ocorreram em somente 8 horas, o cenário era de destruição. Grandes blocos de pedra e elevado volume de terra desceram das encostas, mesmo dos trechos protegidos com vegetação natural, vindo obstruir as calhas dos rios. Nas áreas de baixada, os leitos dos rios deixaram de existir, nivelando-se aos terrenos marginais. O saldo foi de 1500 desabrigados e 59 mortes.

Equipes dos Governos do Estado e do Município uniram-se o esforço de reconstruir o caminho das águas, preocupados com a possibilidade da incidência de outras chuvas.

É interessante salientar o carácter localizado do evento. No dia 14, quando o total pluviométrico em Jacarepaguá era de 304mm, no centro da Cidade do Rio de Janeiro, os pluviômetros registravam cerca de 20mm.

Chuvas de 1997 da Região Norte e Noroeste do Estado

Fortes chuvas concentraram-se no sudeste do Estado de Minas Gerais e norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro, como consequência do encontro de uma frente fria com uma massa de ar quente e úmido vindo da Bacia Amazônica em direção ao Oceano Atlântico, passando pela Região Sudeste, no início de janeiro de 1997.

Foram 6 dias de chuvas fortes, na maior enchente dos últimos 20 anos na região, com grandes áreas alagadas e registro de 30 mil pessoas desalojadas. Foi decretado estado de calamidade pública em 8 municípios do Estado do Rio de Janeiro (Porciúncula, Natividade, Varre-Sai, Itaperuna, Bom Jesus do Itabapoana, Laje do Muriaé,

Italva e Cardoso Moreira).

Os Rios Pomba e Muriaé, afluentes do Paraíba do Sul, com nascentes no Estado de Minas Gerais, drenaram, nessa ocasião, volume de água superior à sua capacidade de escoamento, tendo sido medido, no Rio Pomba em Cataguases, o nível de 5.56m, quando a média para esta época é de 1.90m. O Rio Paraíba do Sul alcançou o nível de 11.42m em Campos, transbordando em alguns trechos.

Os totais de chuva observados no período de 1 a 4 de janeiro foram de 196.7mm em Itaperuna, 193mm em Cordeiro e 103mm em Campos. No Estado de Minas Gerais os valores foram mais elevados.

Chuvas de Janeiro de 2000

Nos primeiros dias de janeiro de 2000, devido a uma frente fria estacionária, precipitações intensas atingiram o nordeste de São Paulo, o sul de Minas Gerais e, no Estado do Rio de Janeiro, as Regiões Serrana e do Médio Paraíba do Sul e o Município do Rio de Janeiro. Os totais de chuva observados em Pindamonhangaba, São Paulo, foram de 152mm em 24 horas e 203mm em 48 horas. No Estado do Rio de Janeiro, os maiores totais diários de

chuva do período foram observados no dia 3, em Resende (139mm) e Piraí (160mm). Nos Municípios da Região Serrana, durante os dias 1, 2 e 3 os totais pluviométricos foram de 219mm em Nova Friburgo, 255mm em Resende, 253mm em Piraí e 201mm em Petrópolis.

As chuvas que incidiram sobre as bacias hidrográficas dos afluentes do Rio Paraíba do Sul no trecho fluminense, provocaram elevação no nível do Rio Paraíba do Sul acima da capacidade de sua calha, causando inundações nas áreas marginais. Em Volta Redonda, o nível d'água subiu 3 metros acima do normal. Essa situação só não foi mais grave porque a contribuição da Bacia do Rio Paraíba do Sul, do trecho de montante (São Paulo) ficou retida no reservatório de Funil, que suportou o acréscimo de volume d'água, mantendo fechadas as comportas do vertedouro. As inundações em diversos cursos de água causaram problemas de trânsito e deixaram as cidades de Piraí e Nova Friburgo ilhadas. Na Rodovia Dutra, o engarrafamento chegou a 30km.

Segundo a Defesa Civil, o número de desabrigados foi cerca de 6 mil pessoas, havendo 12 óbitos, vítimas de afogamento, desabamentos e quedas de barreiras.

Nos municípios de Barra Mansa e Resende foi decretado estado de calamidade pública.

Nos Estados de Minas Gerais e São Paulo a situação também foi grave. Em Minas, 14 prefeitos decretaram estado de emergência, com 15 mil desabrigados e, em São Paulo, o estado de emergência foi decretado nas Cidades de Queluz e Cruzeiro.



Antônio Cavalcante

ESCOAMENTO DAS ÁGUAS DE CHUVA

Para explicar os diferentes caminhos que as águas de chuva percorrem antes de alcançar os cursos de água (córregos, riachos, ribeirões, rios e canais) será considerado para fins ilustrativos, um evento de precipitação pluviométrica de longa duração.

Deve ficar claro que o cenário aqui exposto, representa um comportamento genérico, não devendo ser considerado como padrão para todas as bacias hidrográficas. Assim, as diversas fases e tipos de

escoamento das águas de chuva aqui descritos, podem ocorrer com diferentes intensidades e configurações, dependendo das características espaciais da chuva, cobertura vegetal, topografia do terreno, tipo e ocupação do solo, sistema de drenagem natural, chuva antecedente, etc..

Nos itens anteriores, ficou esclarecido que após o início das chuvas, dá-se a gradativa interceptação das águas pela vegetação, retenção nas depressões do terreno, infiltração direta e a conseqüente percolação para reservatórios subterrâneos e as primeiras manifestações do

escoamento superficial. A infiltração é mais intensa no início da chuva, uma vez que o solo está menos úmido.

A taxa de infiltração vai gradativamente crescendo até um quadro de equilíbrio, quando, a princípio, dependendo do tipo do solo, permanece praticamente constante.

Se a chuva continua com intensidade superior à taxa de infiltração, o solo fica saturado como uma esponja cheia de água e reage quase como uma área impermeável. Toda a chuva adicional escoar na superfície

proporcionando o pleno preenchimento das depressões e/ou áreas de acumulação natural e o conseqüente transbordamento para os terrenos adjacentes.

Desse momento em diante, fica melhor definido o **escoamento superficial direto**, isto é, aquele formado pelas águas que não se infiltraram e não ficaram retidas nas depressões e na vegetação.

Essas águas percorrem, sob influência da força de gravidade, os caminhos de drenagem natural e/ou artificial, até atingirem o curso de água principal, avolumando o escoamento no sentido das áreas mais baixas.

A infiltração das águas vai, gradativamente, encharcando a camada superior do solo, mais porosa em decorrência da ação das raízes das plantas e dos hábitos da fauna residente, passando a percolar para as camadas inferiores mais densas e menos permeáveis.

Forma-se uma zona de saturação que, conforme comentado anteriormente, vai também alimentar os cursos de água, principalmente nas áreas mais baixas da bacia. Esse fluxo subterrâneo é denominado de **escoamento-base** ou **descarga-base**.

Em conseqüência das baixas velocidades de infiltração e percolação das águas até atingirem o lençol freático e do próprio escoamento subterrâneo no meio poroso, as contribuições e as variações da descarga-base só serão percebidas nos cursos de água, muito tempo depois do início da chuva.

Nos terrenos mais inclinados, dependendo da permeabilidade do solo logo abaixo da superfície, pode ocorrer um fluxo de água denominado de **escoamento sub-superficial**. Esse escoamento se intensifica com o encharcamento das primeiras camadas do solo.

Em um dado momento, dependendo da intensidade da chuva, os três tipos de escoamento estarão contribuindo ao mesmo tempo para o curso de água.

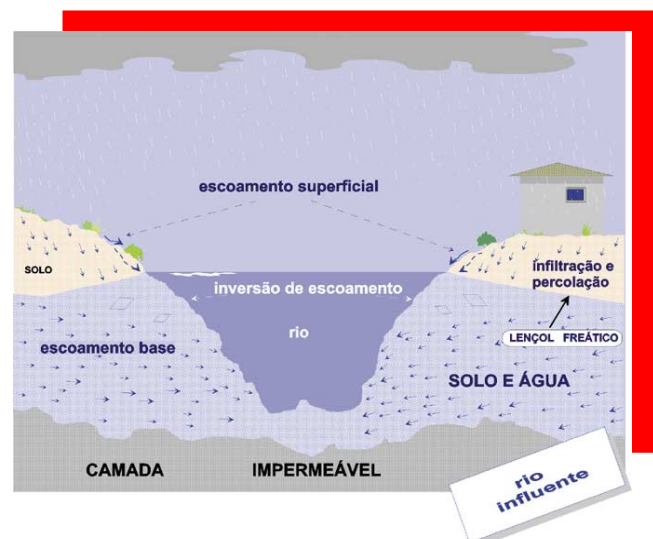
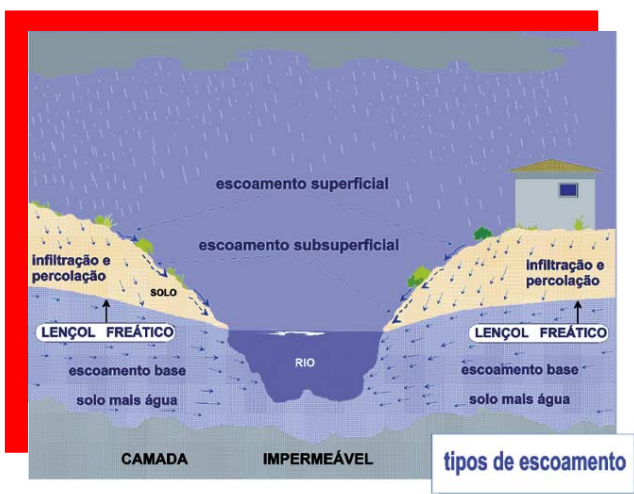
É importante salientar que cada um dos tipos de escoamento aqui abordados, isto é, o superficial, o sub-superficial e o de base, atingem os cursos de água em tempos distintos.

O mais rápido e volumoso é o escoamento superficial, chegando em seguida o sub-superficial e muito tempo depois o de base.

É interessante mencionar também, que sob determinadas condições topográficas, em função da capacidade de infiltração e ocupação do solo, pode acontecer uma elevação mais rápida do nível das águas nos cursos de água em comparação com o crescimento do nível do lençol subterrâneo.

Nessa situação, passa a haver uma inversão do fluxo de contribuição subterrânea, isto é, do cursos de água no sentido do lençol freático.

Quando isso ocorre, o curso de água passa a denominar-se influente, não mais efluente, reforçando o suprimento dos reservatórios subterrâneos.



HIDROGRAMA

O hidrograma é uma representação gráfica que relaciona vazão com o tempo.

A vazão média é o resultado da divisão de um determinado volume de água pelo intervalo de tempo que esse volume precisa para passar através de uma seção de um curso de água. Portanto,

$$Q = \frac{V}{t}$$

Onde, Q = vazão; V = volume de água; t = intervalo de tempo.

A vazão é geralmente expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s); litros por segundo (l/s) ou litros por hora (l/h).

A título de exemplo, considera-se um observador sentado na margem de um curso de água antes do início de um determinado evento de chuva. Iniciada a precipitação pluviométrica, o observador mede inicialmente a vazão (Q_0) e registra o tempo (t_0). Depois, passa a medir a vazão a intervalos de tempo constantes, obtendo uma série de pares de valores de vazão e tempo (Q_1, t_1); (Q_2, t_2); (Q_3, t_3); etc..

Após um longo período que englobou o início e o fim da chuva, é possível desenhar o hidrograma.

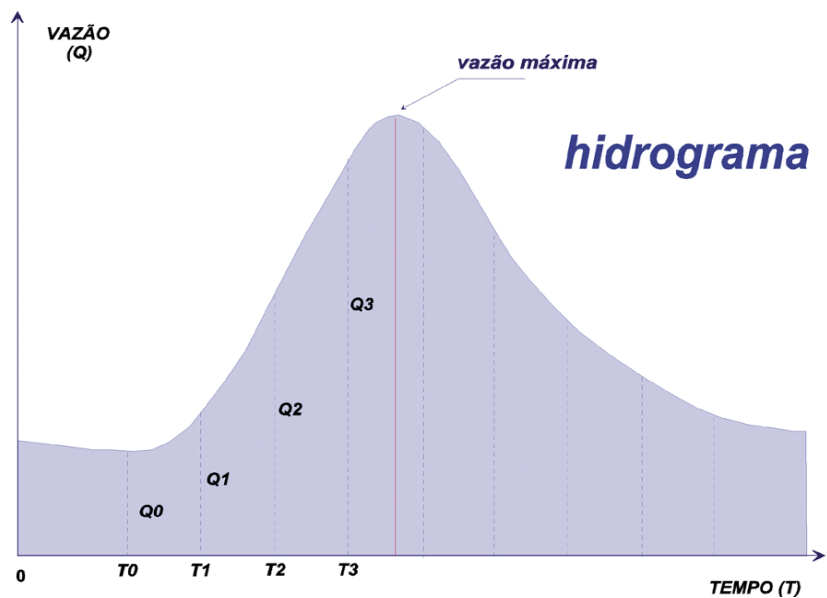
Se os pares de valores Q e t , são marcados em um sistema de eixos perpendiculares, onde o

vertical é a escala de vazões e o horizontal, a escala de tempo, o resultado obtido é o gráfico apresentado a seguir.

Portanto, o hidrograma é um registro da variação das vazões escoadas através de uma determinada seção transversal de um curso de água durante um intervalo de tempo.

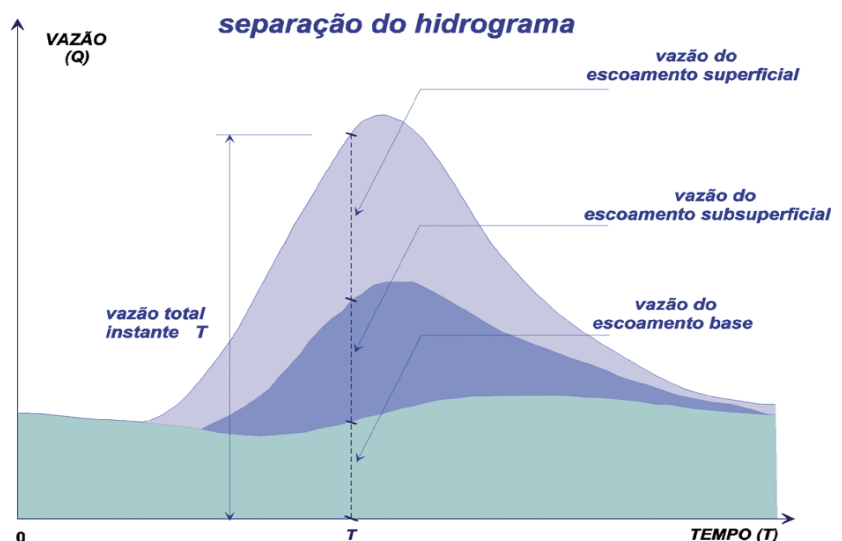
Quando o período entre uma chuva e outra for mais longo, pode-se

interpretar que a vazão existente no curso de água, momentos antes do próximo evento pluviométrico, é representativa das contribuições da própria nascente, somadas com a parcela afluyente do lençol freático (escoamento-base). Iniciada a chuva, como esclarecido anteriormente, as águas dos escoamentos superficial e sub-superficial juntam-se àquelas do escoamento base.



A figura abaixo apresenta um exemplo teórico aproximado das diferentes parcelas dos escoamentos existentes que

compõem um hidrograma observado após um período chuvoso isolado e de mesma intensidade sobre a bacia.



Na realidade, os hidrogramas na natureza, têm formas muitas vezes complexas, isto é, hidrogramas compostos, que vão depender da distribuição da chuva no tempo e no espaço das características da bacia hidrográfica e da chuva antecedente.

Quando as alturas de chuva não são uniformes sobre a bacia e se manifestam com diferentes intensidades, produzem hidrogramas com várias subidas e descidas.



Muitas vezes, torna-se necessário, para fins de estudos e projetos de obras de controle de enchentes ou mesmo para outras finalidades da engenharia, o conhecimento do hidrograma contínuo ao longo dos meses e anos, em seções do curso de água de interesse estratégico.

Esses hidrogramas refletem o comportamento das vazões naquela seção ao longo do tempo e se constituem no registro contínuo do escoamento, englobando os períodos de estiagem e chuvosos.

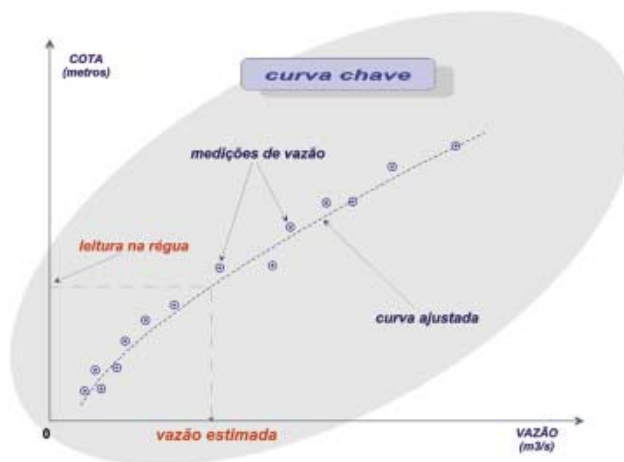
As vazões críticas mínimas e/ou máximas observadas a cada ano, fornecem uma amostra histórica cujo tratamento estatístico permite a definição de parâmetros importantes para planejamento e projetos de

engenharia (sistemas de abastecimento de água, sistemas de drenagem das águas de chuva, vertedouros de grandes barragens, estruturas de controle de inundações, etc.).

Para o conhecimento do hidrograma, é necessário a instalação de uma estação fluviométrica próxima ao trecho do curso de água que se deseja estudar.

Na estação fluviométrica, através de campanhas de medição de vazão, é estabelecida uma relação entre as cotas da superfície da água referente a um nível conhecido, e as respectivas vazões medidas.

Essa relação, é denominada de curva-chave ou curva de calibragem e deve abranger, a princípio, a gama de variação da superfície da água naquela seção transversal.



Em geral, é difícil a realização de medições de vazão em cotas altas, o que leva à utilização de métodos de extrapolação para estimar as vazões de maior volume, decorrentes de chuvas muito intensas e duradouras.

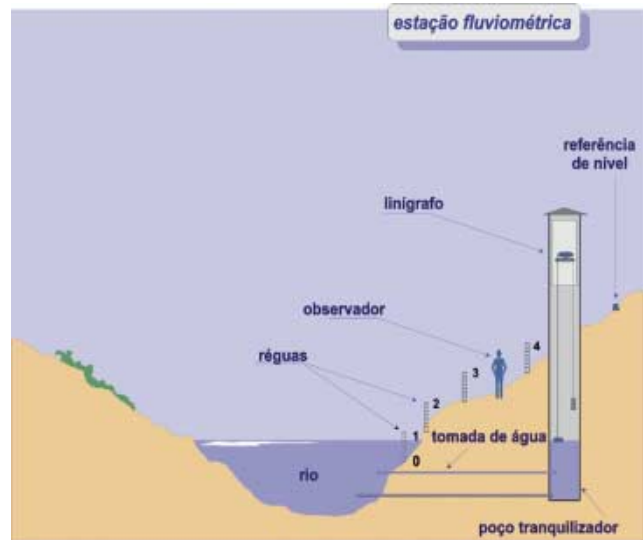
Em complemento à curva-chave, é necessário leituras diárias das cotas da superfície da água em relação a uma referência arbitrária fixa no terreno (referência de nível).

As leituras são efetuadas geralmente por morador local (observador), através de um conjunto de réguas com lances de 1 e/ou 2 metros ao longo da margem. Muitas vezes são utilizados lances únicos de vários metros fixados em pilares de travessias ou pontes.

Podem ser também empregados, simultaneamente, dispositivos automáticos que promovem o registro contínuo dos níveis de água. Esses aparelhos são chamados de **linígrafos**.

Os linígrafos podem funcionar com diferentes mecanismos, como bóias, flutuadores e sensores de pressão, sensíveis à variação dos níveis de água.

As flutuações dos níveis da água podem ser registradas diretamente sobre um papel apropriado ou gravadas em meio magnético,



Através das curvas-chave e as leituras de cota é possível obter as respectivas vazões.

Na prática, quando a estação fluviométrica não é registradora, são efetuadas duas leituras diárias, uma às 7 horas e outra às 17 horas. Essas leituras são utilizadas para a estimativa da vazão média diária, com base na curva-chave considerada.

Com esse procedimento, é possível desenhar o hidrograma de longo período, fundamental para a análise do comportamento do escoamento superficial do trecho em estudo.

Linígrafo



Réguas Linimétricas



SEÇÕES DOS ESCOAMENTOS SUPERFICIAIS

Todo o curso de água se desenvolve naturalmente, percorrendo gradativamente, sob o efeito da gravidade, os pontos mais baixos de uma região.

Ao longo dos anos, forma-se uma calha de escoamento cuja geometria depende do regime de vazões em consequência da variabilidade das chuvas, da declividade do terreno, do tipo de solo, das taxas de erosão e de assoreamento, densidade da mata ciliar (vegetação junto às margens), da geologia da bacia, etc.

Existem inúmeras configurações geométricas com diferentes características de conformação das calhas ou leitos de escoamento, conforme figura abaixo.

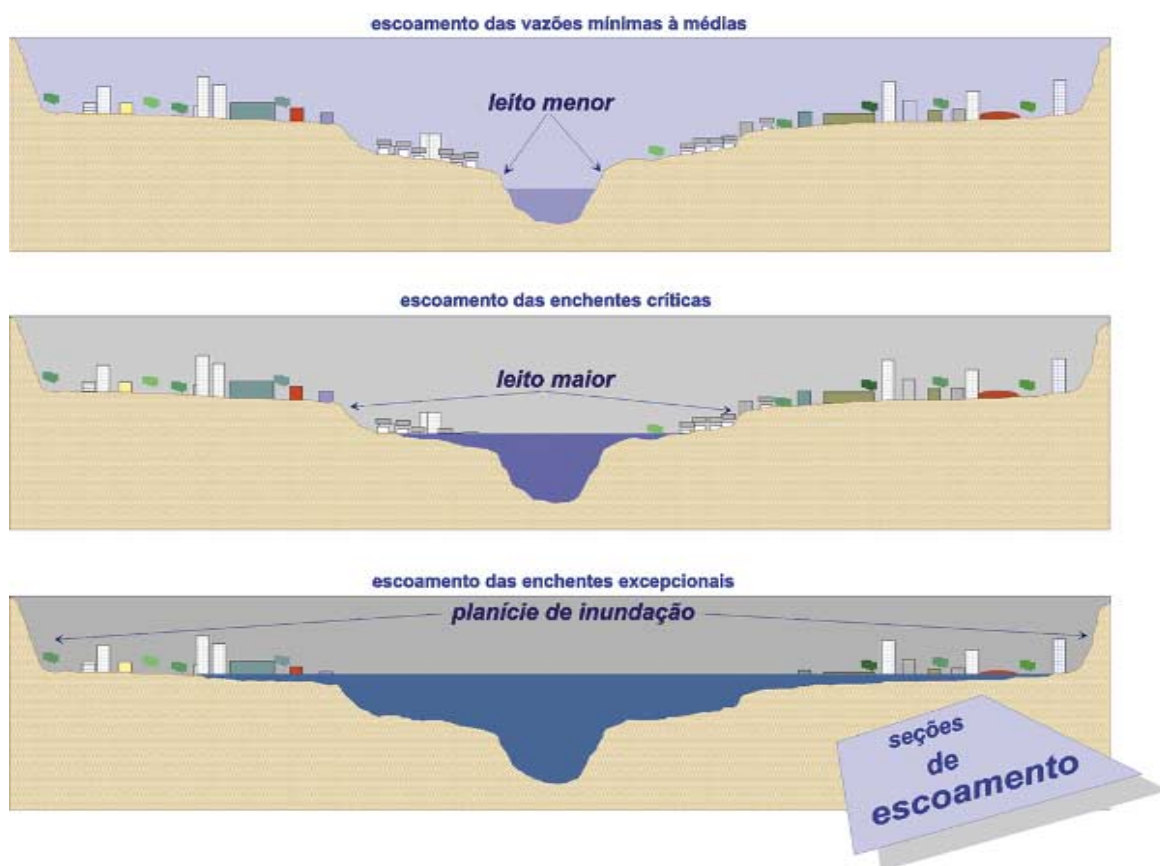
Em geral, a seção transversal pode ser dividida em três segmentos distintos que são: **calha ou leito menor, leito maior e planície de inundação**.

O leito menor comporta a maior parte do escoamento proveniente das chuvas de intensidades mais freqüentes sobre a bacia hidrográfica.

Para chuvas intensas, acima da média ou de longa duração, dependendo da conformação do curso de água, das resistências naturais e/ou artificiais ao fluxo e das chuvas antecedentes, pode ocorrer o extravasamento para o leito maior.

A persistência da chuva somada a outros fatores agravantes da natureza ou criados pelo próprio homem, pode acarretar a inundação de áreas periféricas.

A estimativa dessas vazões muito altas, causadoras de inundações, requer a aplicação de tecnologias mais avançadas, a partir das marcas de enchentes e o levantamento topográfico de toda a seção transversal atingida.



An aerial photograph of a river basin, showing a central confluence point where two main branches meet. The terrain is rugged and forested, with the river channels clearly visible. The text is overlaid on the lower half of the image.

FORMAÇÃO DAS ENCHENTES

- **baía hidrográfica, tempo de concentração, geometria da bacia, tipo do solo e cobertura vegetal, relevo e declividades, densidade de drenagem e superposição de hidrogramas.**
- **características gerais das bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro**

FORMAÇÃO DAS ENCHENTES

A enchente pode ser considerada como a variação do nível da água e das respectivas vazões junto a uma determinada seção, em decorrência dos escoamentos gerados por chuvas intensas.

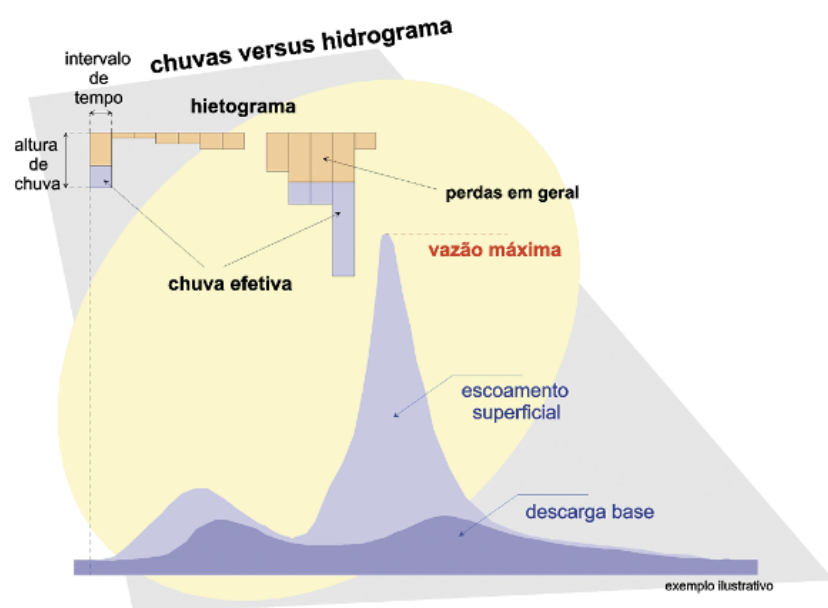
Nos estudos para os quais é necessário relacionar a chuva e o hidrograma produzido, é comum dividir o total precipitado em subtotaís a intervalos regulares de tempo, de forma a possibilitar melhor compreensão das oscilações do hidrograma. A representação gráfica da discretização da altura total de chuva no tempo, é conhecida como **hietograma**. Quando o hidrograma é posicionado na mesma escala de tempo que o hietograma, pode-se, a partir do valor da área de drenagem na seção considerada e o volume do hidrograma, estimar as perdas, isto é, os subtotaís de chuva que não contribuíram para o escoamento superficial.

A enchente cria um hidrograma que, ao se formar, por exemplo, na seção de fechamento de uma dada bacia, pode apresentar vazões superiores à capacidade do leito menor, obrigando que o escoamento das águas seja compartilhado com o leito maior e, até mesmo, em função dos obstáculos existentes e da resistência ao fluxo, invadir áreas marginais.

As enchentes também são benéficas, por se tratar de um fenômeno cíclico da natureza, onde a água desempenha um importante papel na vida da fauna, da flora e do próprio homem.

Conviver com este fenômeno natural é fundamental. Nas áreas agrícolas, por exemplo, podem ser benéficas em função do tipo de cultura, requerendo o preparo das áreas a serem plantadas e o manejo do solo nas épocas adequadas.

À medida em que o próprio homem modifica o equilíbrio natural dos caminhos de drenagem, desmata e ocupa o solo indevidamente, as conseqüências são voltadas contra seu próprio bem estar e suas economias.



Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica de um curso de água em uma dada seção, é representada pela área limitada pela linha de cumeada (linha dos pontos mais altos) que a separa das bacias vizinhas e fechada na seção considerada.

A área da bacia é chamada área de drenagem ou de contribuição, geralmente medida em quilômetros quadrados (km²) ou hectares (ha).

A bacia hidrográfica, de acordo com sua definição, pode estar limitada à qualquer seção de um curso de água, podendo ser a confluência com outro curso ou sua desembocadura em um reservatório, baía, lago ou oceano.

Os escoamentos através de uma seção qualquer, são provenientes das contribuições naturais subterrâneas, em épocas de estiagem, somadas às águas de chuva, nas épocas chuvosas, consideradas as perdas por evaporação, transpiração, etc..

Observa-se durante e/ou após um evento de precipitação, que as vazões começam a crescer até um determinado valor máximo, podendo decrescer gradativamente, durante um período e dependendo das características da chuva, voltar a crescer. Forma-se um

hidrograma de enchente simples ou complexo que continuará seu caminho para jusante recebendo novas contribuições e mudando constantemente seu formato.

O desenho do hidrograma vai depender de um conjunto de fatores climatológicos e das peculiaridades físicas da bacia hidrográfica.

Sob o ponto de vista físico da bacia, os fatores mais relevantes são: área de drenagem, tipo de solo, cobertura vegetal, geometria, declividades, disposição predominante dos cursos de água e densidade de drenagem.

Tempo de Concentração

O tempo de concentração é definido como o intervalo de tempo necessário para que as águas precipitadas, com a mesma intensidade sobre toda a bacia, estejam contribuindo para a seção limite da bacia, atendidas as necessidades de infiltração, de retenção da

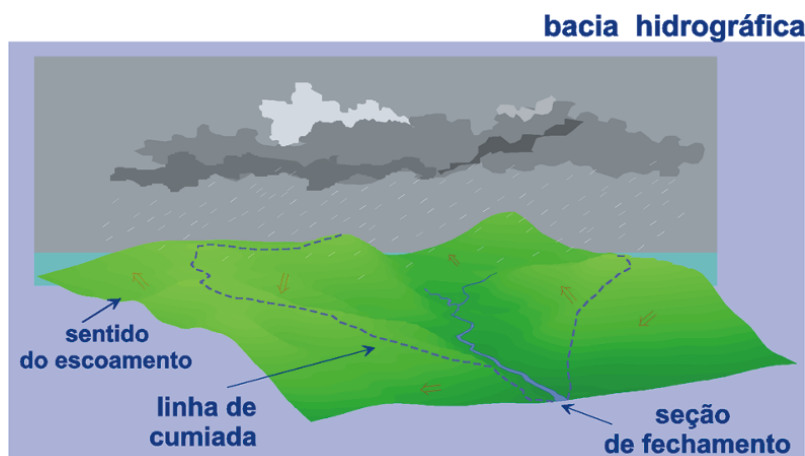
vegetação e depressões do terreno.

Em outras palavras, é o tempo necessário para que uma partícula com as características de um pingo de chuva se desloque do ponto mais longínquo da bacia, percorrendo os caminhos de drenagem e alcance a seção limite.

Atingindo o tempo de concentração, supõe-se que a contribuição das águas de chuva seja máxima junto à seção considerada, para aquela chuva homogênea e de longa duração.

Essa contribuição máxima, como já mencionado, pode ultrapassar a capacidade do leito menor, extravasar para o leito maior, ou mesmo, dependendo da intensidade e duração e outros fatores físicos, ocupar a planície de inundação.

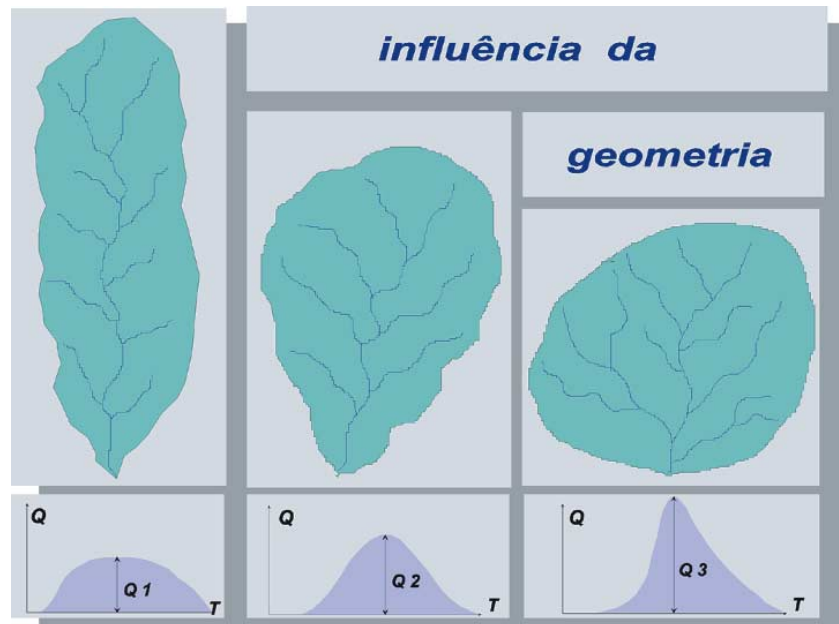
A contribuição máxima será tanto maior quanto maior for a área da bacia hidrográfica (área de drenagem) para a mesma intensidade e duração da chuva.



Geometria das Bacias

A geometria da bacia é uma característica importante dentre os fatores que influenciam no formato do hidrograma de enchente.

Considerando, a título de exemplo, três bacias com a mesma área de drenagem, sendo uma com configuração arredondada, outra alongada e a terceira, com formato intermediário, verifica-se, que para chuvas de igual tempo de duração e intensidade, os hidrogramas gerados na seção principal, terão desenhos distintos, com vazões máximas e tempos de escoamento diferentes.

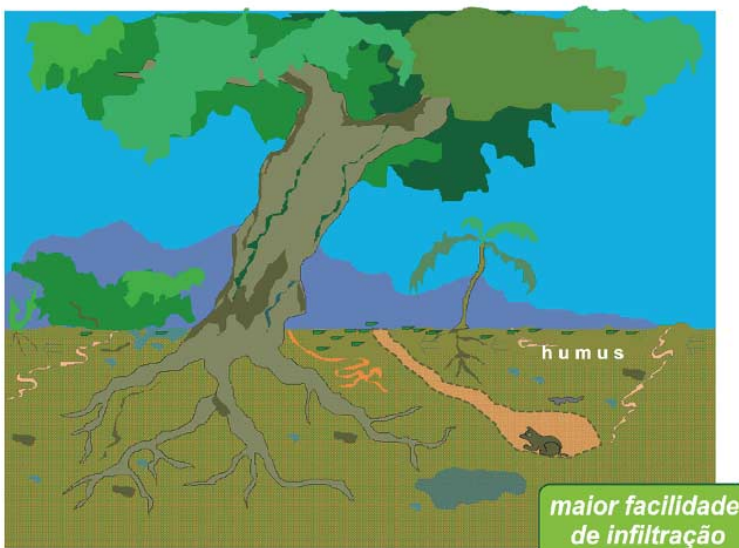


Tipo de Solo e Cobertura Vegetal

Chuvas de pouca intensidade, após um período de estiagem, podem ser interceptadas e/ou absorvidas, integralmente ou em grande parte, pela cobertura vegetal, retenção natural ou artificial e pela infiltração no solo para suprir as necessidades de umidade.

A vegetação impede e retarda a chegada das águas de chuva sobre o terreno. Além disso, no seu ciclo de vida, deixam depositar no solo, resíduos de seu próprio organismo, galhos, folhas, frutos, que se decompõem, entram em reação com substâncias do próprio terreno e formam uma camada superficial rica em matéria orgânica, conhecida como húmus ou terra vegetal. Ao mesmo tempo, as raízes, ao se desenvolverem, penetram e abrem novos caminhos e fissuras, que desagregam o solo. Essa desagregação é intensificada pela presença da vida animal que abre caminhos subterrâneos em busca de alimentação e espaços seguros para reprodução.

Emílio Teixeira

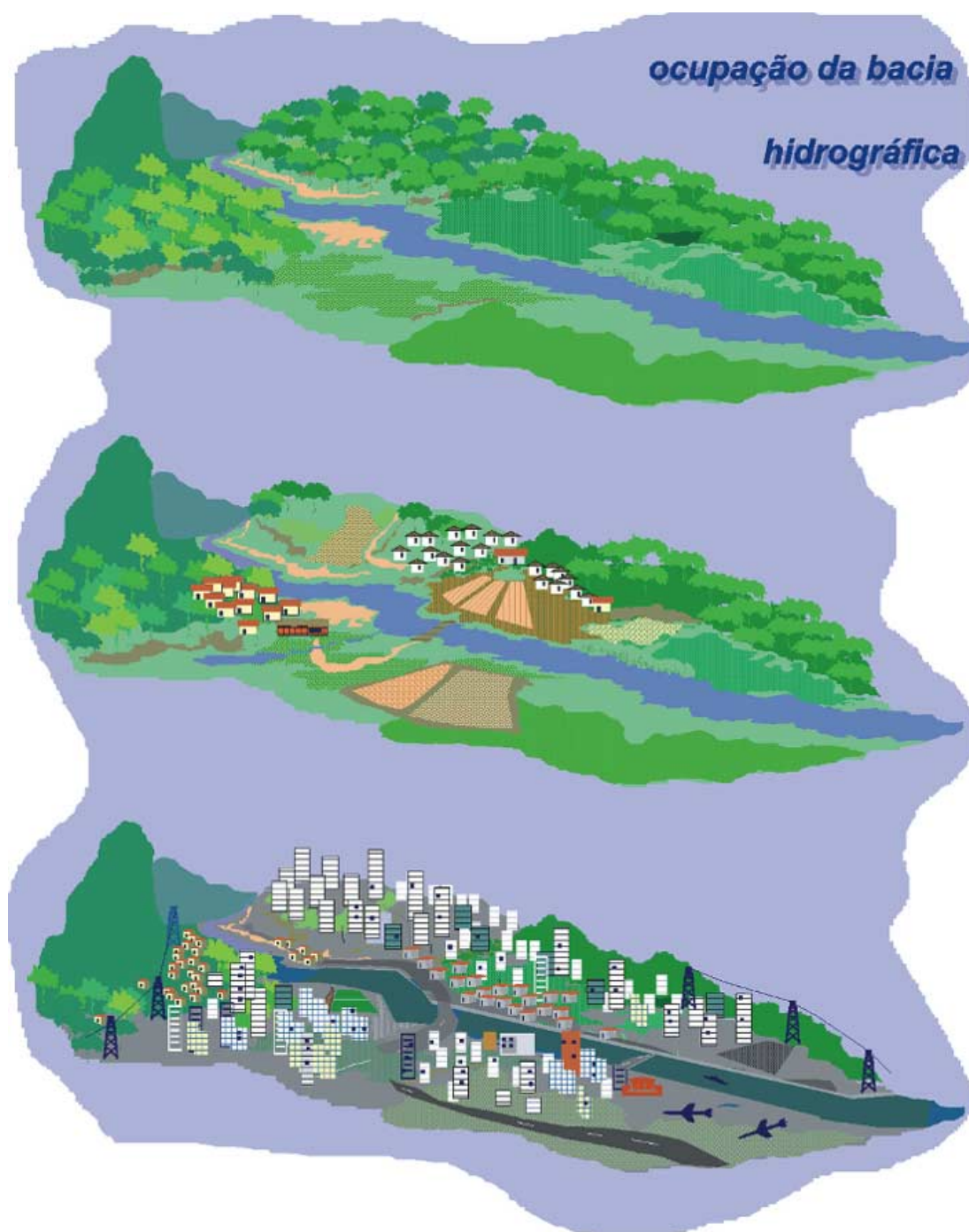


A camada superficial do solo, composta pelo húmus e ocupada pelas ramificações das raízes, oferece grande capacidade de infiltração, absorvendo com facilidade as águas de chuva e reduzindo o percentual dos escoamentos superficiais.

O desmatamento e a impermeabilização do solo da bacia hidrográfica corta o ciclo de reabastecimento do húmus, potencializa os processos erosivos, diminui a capacidade de infiltração e aumenta o

volume dos escoamentos superficiais, que atuarão diretamente no formato dos hidrogramas de enchente.

O crescimento urbano desordenado, ao longo dos anos, sem o respeito a esses princípios básicos da natureza, aumenta o risco de extravasamentos e inundações para as mesmas chuvas intensas que, no passado, se moldavam às condições naturais das calhas dos cursos de água, fluindo sem problemas.



Relevo e Declividades

O relevo depende das mutações geológicas e morfológicas ao longo dos anos e define o caminho natural do escoamento das águas de chuva. É um agente fundamental na concentração e na velocidade de propagação dos hidrogramas parciais de enchente que se formam em cada curso de água. Quanto maior as diferenças de altitude entre as cabeceiras e a seção de desembocadura de um curso de água, mais intenso será o regime dos escoamentos das águas de chuva e maior o risco da formação rápida de hidrogramas de enchente de curta duração.

Um curso de água completo apresenta, em geral, três trechos distintos ao longo do seu desenvolvimento até os oceanos.

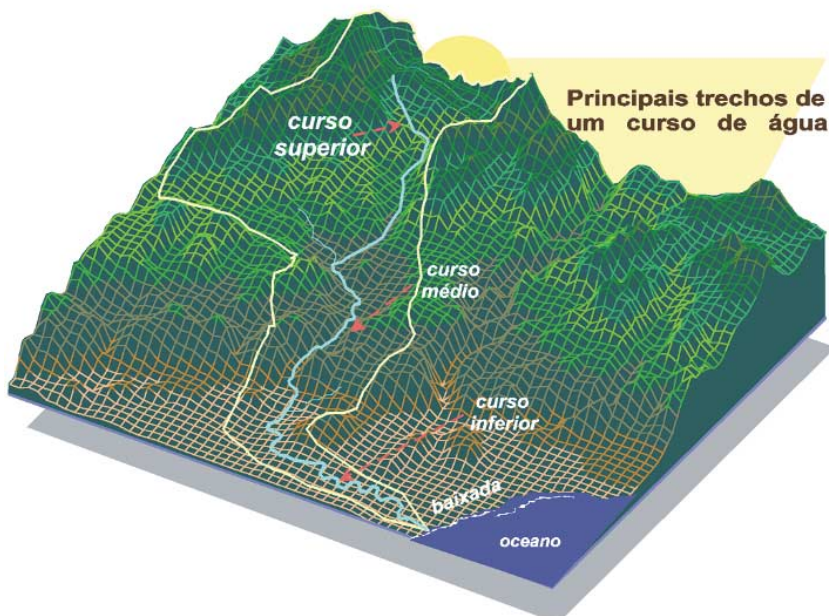
O trecho superior caracteriza-se por fortes declividades longitudinais,

acidentes naturais, como corredeiras e quedas de água, regime turbulento e irregular, instabilidade de margens, grande capacidade erosiva e de transporte de sedimentos de maior granulometria. Em geral, as águas são transparentes e despoluídas. Os hidrogramas, ao final do trecho, apresentam rápida ascensão até o pico da vazão máxima e da mesma forma, retornam às contribuições naturais após as chuvas.

Muitas vezes essas precipitações ocorrem de forma concentrada nas cabeceiras do curso de água onde as declividades são muito acentuadas. O hidrograma gerado se forma muito rapidamente provocando o aumento repentino das vazões e um grande susto, as vezes fatal, para aqueles que inadvertidamente encontram-se no caminho das águas (tromba d'água ou cabeça d'água).

O trecho intermediário ou médio, apresenta declividades menores e um certo equilíbrio morfológico e sedimentológico. No extremo superior desse trecho, forma-se uma região de deposição dos sedimentos oriundos do trecho superior, como consequência da redução da declividade e da velocidade do escoamento. No trecho médio, as vazões são mais uniformes no tempo e as calhas mais estáveis e permanentes. As águas são turvas pelo transporte de sedimentos finos.

No trecho inferior, as declividades são ainda menores e as águas ainda mais turvas. Diante das baixas declividades, as velocidades são mais reduzidas, promovendo a sedimentação dos sólidos em suspensão, elevando ao longo dos anos, o nível inferior da calha de escoamento. Dependendo do tipo do solo e vegetação, o curso de água procura alongar seu percurso para dissipar a energia remanescente, formando curvas bastante sinuosas, conhecidas como meandros, que evoluem e se modificam com o tempo. Durante a passagem de hidrogramas gerados por chuvas intensas, pode ocorrer



o corte dos meandros, permanecendo alças que criam lagos ou braços mortos. Esse segmento do curso de água, por se desenvolver em áreas muito baixas com relação ao nível dos oceanos, sofre direta ou indiretamente, a influência das marés altas, dificultando e criando barreiras naturais para os escoamentos superficiais, inclusive, sob determinadas condições, invertendo o sentido do fluxo.

A qualidade das águas e a estética do curso de água nesse trecho vão depender dos diferentes usos do solo na área da bacia, podendo apresentar elevados índices de poluição.

Os cursos de água podem ter os três trechos bem caracterizados, como também apresentarem somente dois, ou mesmo um único, com qualquer uma das configurações descritas.

Densidade de Drenagem

Densidade de drenagem de uma bacia é o resultado da divisão entre o valor da soma das extensões de todos os cursos de água da bacia pela área de contribuição.

Bacias com densidade de drenagem mais elevada, isto é, mais ramificações na

drenagem natural, tendem, em geral, defasar as contribuições parciais e atenuar os hidrogramas de enchentes. Por outro lado, bacias onde a densidade de drenagem é comparativamente menor, o escoamento ao longo dos cursos de água é mais rápido e acelera a concentração das águas nas seções de fechamento.

Superposição de Hidrogramas

Como citado anteriormente, dentre os fatores climáticos que podem influenciar na forma dos hidrogramas de enchente, predominam as características da precipitação, como intensidade, duração e distribuição no tempo e no espaço, além das condições antecedentes da umidade do solo.

A distribuição das chuvas ao longo do período de fortes precipitações de uma tempestade, tem grande influência sobre a forma do hidrograma da enchente. Se a intensidade das chuvas for maior no início de uma tempestade, produzirá hidrogramas com vazões mais amenas se comparados com aqueles gerados durante as tempestades onde a

intensidade é maior ao fim do período chuvoso, ocasião em que as taxas de infiltração são menores.

A chuva é um fenômeno aleatório e não apresenta comportamento uniforme no tempo e no espaço. Sua ocorrência é resultado da coincidência de fatores meteorológicos e fisiográficos que criam o ambiente propício para a precipitação.

O momento de início de um evento pluviométrico não é o mesmo para toda a área da bacia. Começando a chover sobre um local, pode avançar gradativamente com diferentes intensidades.

A distribuição espacial da chuva é um fator importante para a definição das vazões máximas dos hidrogramas.

A frente de uma tempestade pode coincidir com o centro de precipitações máximas, que ao se deslocar das cabeceiras de uma dada bacia no sentido da seção de fechamento, ao longo do curso de água principal, promove maior concentração de hidrogramas parciais, gerando vazões máximas mais significativas se comparadas com aquelas que seriam produzidas pelo deslocamento no sentido inverso.

Se o caminho da tempestade é transversal à direção dominante dos cursos de água, a vazão máxima assume valor intermediário dentre aquelas produzidas pelos deslocamentos ao longo do curso principal. Em geral, os volumes das enchentes são pouco influenciados pela direção dos deslocamentos das tempestades.

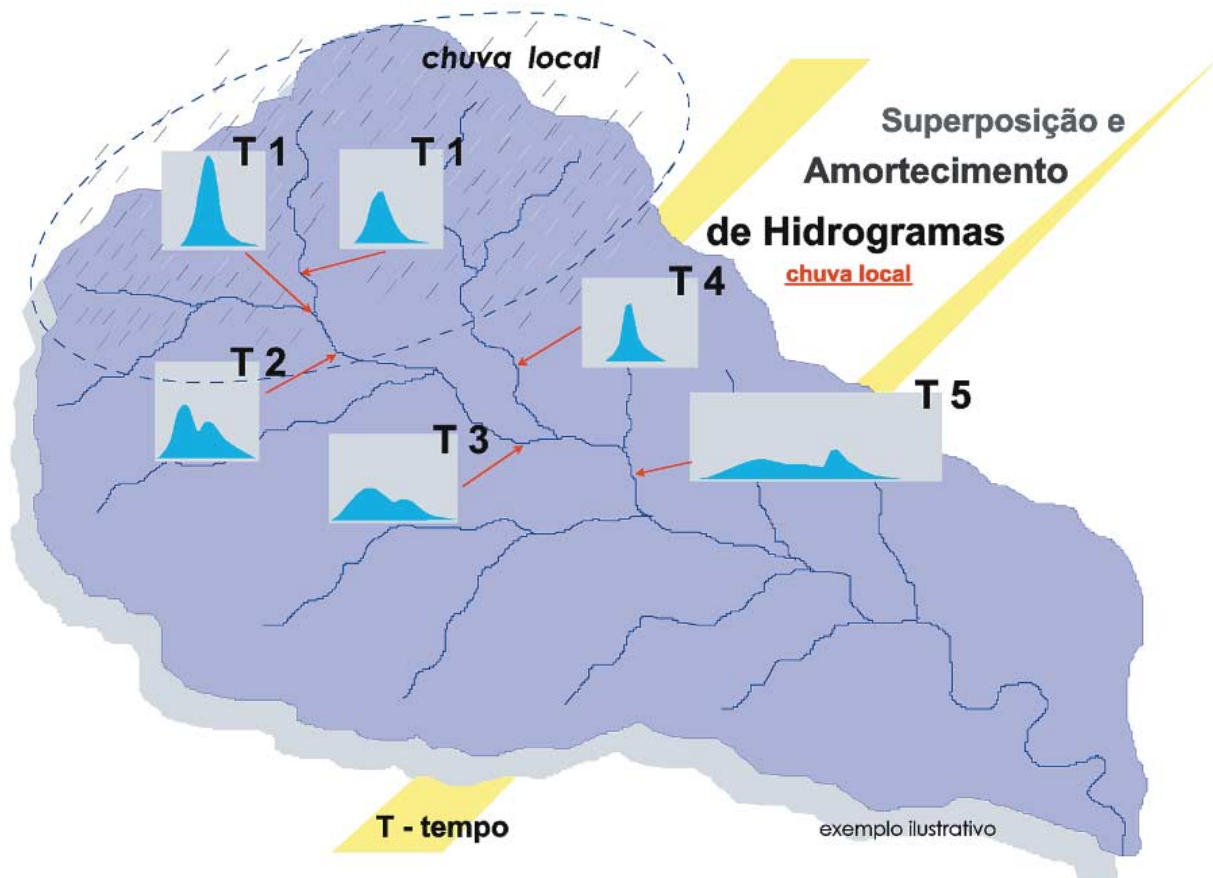
Essa variação no tempo e no espaço gera diferentes possibilidades para a configuração dos hidrogramas junto a uma determinada seção transversal do curso de água principal.

O grau de saturação de umidade do solo em consequência de chuvas antecedentes tem também grande influência sobre as características das enchentes. As águas das chuvas subseqüentes a uma precipitação intensa vão encontrar o solo mais úmido, havendo menores perdas por infiltração e maior disponibilidade para os escoamentos superficiais.

Os hidrogramas de enchente vão se formando em cada um dos afluentes, uns mais rapidamente que os

outros, ganhando volume, até que, dependendo do tempo de concentração das sub-bacias, atingem o curso principal em seções diferentes e em tempos, a princípio, diferentes.

Esses hidrogramas, formados de acordo com a variabilidade dos fatores climatológicos no tempo e no espaço, e sob a influência das características físicas e geométricas de cada sub-bacia, podem se encontrar, com o consequente crescimento do volume da enchente e do pico de vazão máxima.



Características Gerais das Bacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro

A configuração da rede hidrográfica fluminense reflete a história das mutações geológicas e a influência dos fatores meteorológicos dominantes no Estado do Rio de Janeiro.

A principal característica do relevo é a Serra do Mar, que se desenvolve ao longo do Estado, dividindo as águas em duas grandes vertentes.

Vertente Norte da Serra do Mar

A vertente norte da Serra do Mar contribui para o Rio Paraíba do Sul que nasce em São Paulo, recebe afluentes nesse Estado, atravessa o Estado do Rio de Janeiro, a partir de Resende, recebendo contribuições no Estado de Minas Gerais até alcançar o Município de São João da Barra, à noroeste, onde deságua no Oceano Atlântico. Limitado ao norte pela Serra da Mantiqueira, o



Emílio Teixeira

Rio Paraíba do Sul drena área de cerca 55.400km², sendo que 13.500km² encontram-se em São Paulo, 20.900km² em Minas Gerais e 21.000km² no Estado do Rio de Janeiro. A forma de sua bacia é alongada, alargando-se no trecho inferior, quando recebe os afluentes Pomba e Muriaé, que nascem em Minas Gerais. Seu curso principal percorre cerca de 1145km, sendo 540km no Estado do Rio de

Janeiro. A área da Bacia ocupa quase que 50% do território fluminense.

Seus afluentes apresentam comportamento típico de rios de planalto, com declividades menores do que aqueles da vertente sul da Serra do Mar. Os tempos de concentração dessas bacias variam, entre 1 hora até várias horas, como é o caso das Bacias dos Rios Paraíba, Pomba e Muriaé.

No curso principal do Rio Paraíba do Sul foram criados alguns reservatórios, a partir da construção de barragens para fins de geração de energia elétrica. Esses reservatórios acumulam águas das enchentes, que são liberadas gradativamente para jusante, ao longo do ano, promovendo regularização das vazões no curso d'água. Como resultado da operação dos reservatórios, realizada para atender às demandas de energia elétrica, tendo como limites, sua capacidade de acumulação e a situação dos níveis do leito do rio a jusante, há uma compensação entre os valores

máximos e mínimos das vazões. As mínimas são maiores e as máximas menores do que aquelas historicamente naturais.

É importante citar o desvio para a Vertente Atlântica da Serra do Mar, de até $160\text{m}^3/\text{s}$, através da Estação Elevatória de Santa Cecília, na localidade de Piraí. Essa transposição tem o propósito de reforçar os volumes dos reservatórios que compõe o Complexo LIGHT de geração de energia elétrica e aumentar as contribuições do Rio Guandu.



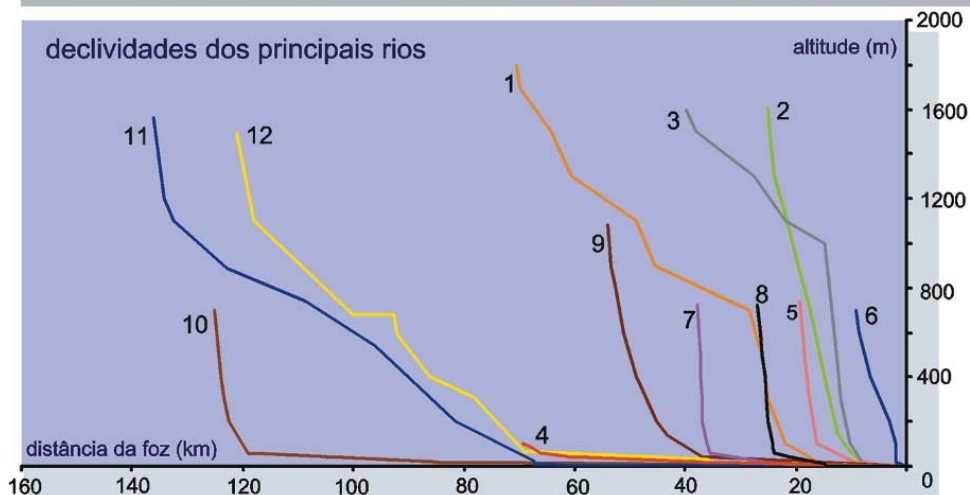
Vertente Atlântica da Serra do Mar

Nas escarpas da Vertente Atlântica da Serra do Mar, onde as declividades são bastante acentuadas, nascem os rios que drenam para as Baías da Ilha Grande, de Sepetiba e Guanabara, bem como aqueles, na região leste do Estado, que deságuam diretamente no Oceano Atlântico, a exemplo dos Rios São João e Macaé.

Na Região da Ilha Grande, como consequência da proximidade da Serra do Mar do litoral, os cursos de água apresentam pequenas extensões, média de 20km, à exceção do Rio Mambucaba, com comprimento de 92km. As áreas de drenagem são menores

que 100 km², sendo que a do Rio Mambucaba atinge cerca de 610km². O relevo acidentado, as fortes declividades e a elevada pluviosidade, são fatores determinantes para o regime torrencial dos rios, que apresentam respostas quase imediatas à incidência das chuvas.

Na Região de Sepetiba, no sentido oeste - leste, até a Ilha da Madeira, os rios têm características semelhantes aos da Região da Ilha Grande. É o caso dos Rios Saí, Prata e Mazomba, com extensões de 10,5km, 5km e 23km, nessa ordem. A partir desse ponto, observa-se extensa planície sedimentar drenada por cursos de água de pequenas declividades, sendo os principais, os Canais de São Francisco, São Fernando e Guandu.



O Canal de São Francisco, chamado inicialmente de Ribeirão das Lajes e depois, Rio Guandu, é o curso de água mais importante da região, não só pelo volume, como também, por ser o principal manancial de abastecimento público da Cidade do Rio de Janeiro. A área da bacia, é de aproximadamente 1350km².

O Canal de São Francisco recebe as vazões regularizadas da Usina Hidrelétrica de Ponte Coberta que faz parte do Complexo LIGHT. As águas que chegam à Usina, têm, em grande parte, origem no Rio Paraíba do Sul, de onde são bombeados até 160m³/s, através da Elevatória de Santa Cecília.

Esses cursos de água sofreram, no passado, obras de retificação de calha, eliminando os percursos mais sinuosos para melhor aproveitamento das terras anteriormente inundadas pelas enchentes. Por outro lado, essas intervenções provocaram alguns efeitos indesejáveis, como por exemplo, menor resistência à penetração das águas salgadas da Baía de Sepetiba pela ação das forças da maré, aceleração dos hidrogramas

e rápida concentração dos volumes das enchentes junto as cidades litorâneas.

Os demais rios contribuintes à Baía de Sepetiba, fazem parte do território do Município do Rio de Janeiro, Zona Oeste. Nasceram nas colinas e maciços costeiros em altitudes que variam de 100m a 900m e atravessam, em seu trecho inferior, áreas de planícies costeiras.

As bacias hidrográficas contribuintes à Baía de Guanabara apresentam diferentes características físicas regionais. Os rios que desembocam próximo à entrada sudoeste da Baía, nascem nos maciços costeiros do Município do Rio de Janeiro em altitudes variando entre 30m e 600m, apresentam percursos pequenos e áreas de drenagem da ordem de 50km² (Canal do Cunha, Canal do Mangue e Rio Irajá). A sudeste, no outro lado da Baía, já nos Municípios de Niterói e São Gonçalo, estão o Canal do Canto do Rio, Rio Bomba e Rio Imboassu com áreas de contribuição inferiores a 35km².

Seguindo na direção noroeste, encontram-se cursos de água de maior porte como os Rios São

João de Meriti e Sarapuí e Iguaçu, com áreas de drenagem de cerca de 160 km², 165km² e 730km², respectivamente, e declividades muito pequenas. A nordeste, desenvolvem-se os Rios Alcântara, Guaxindiba e o Caceribu, com nascentes nos Municípios de São Gonçalo e Itaboraí, e áreas de contribuição total de aproximadamente, 110km², 140km² e 850km², respectivamente. Esses rios que nascem nos maciços costeiros, em altitudes médias que variam de 60m a 760m, percorrem, em seu trecho inferior, extensas áreas de baixada que originalmente eram sistematicamente alagadas.

No recôncavo da Baía encontram-se os cursos que nascem nas escarpas da Serra do Mar em altitudes médias de 1000m. Apresentam declividades bastante acentuadas no trecho superior, trecho médio de pouca representatividade e um longo trecho inferior, com altitudes e declividades muito pequenas. Nessa região destaca-se o Rio Macacu, com área de drenagem em torno de 1260km² e os Rios Roncador, Iriri, Suruí e Estrela, com áreas de 110, 30, 70 e 340km², respectivamente.

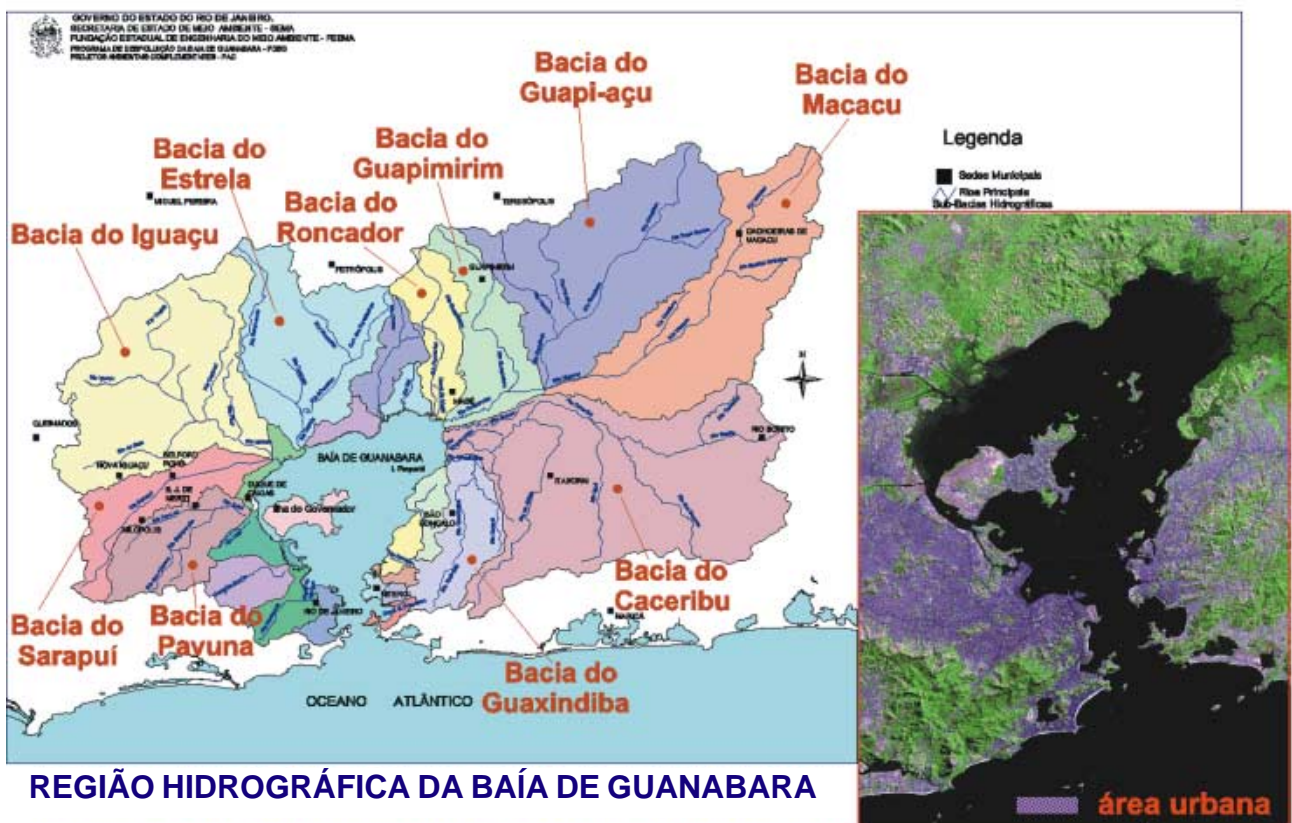
Portanto, constata-se que a maioria dos rios afluentes à Baía de Guanabara possuem trechos inferiores bem caracterizados, longos e com baixa declividade. A partir dos anos 30, esses trechos foram alvo de uma série de serviços de limpeza e desobstrução, que culminaram com a eliminação dos meandros naturais através de obras de retificação, drenando áreas alagadiças, permitindo, por outro lado, a ocupação desordenada, sem os devidos investimentos públicos em infra-estrutura urbana (esgotamento sanitário, coleta de lixo, etc.).

As intervenções, realizadas pela antiga Companhia de Saneamento da Baixada Fluminense, posterior Departamento Nacional de Obras de Saneamento - DNOS, foram necessárias, a princípio, para conter a proliferação do mosquito transmissor da malária. A região que abriga os cursos inferiores dos Rios São João de Meriti, Pavuna, Sarapuí e Iguaçu, conhecida como Baixada Fluminense, é um exemplo dessa situação.

Mais adiante serão comentadas as iniciativas do poder público para amenizar os impactos e controlar as

enchentes na referida área.

Dentre as principais bacias hidrográficas que desembocam diretamente no Oceano Atlântico, estão as dos Rios São João e Macaé, com nascentes na Serra do Mar, em altitudes próximas a 1100m e áreas de drenagem de 2200km² e 1760km², respectivamente. Apresentam declividades acentuadas nas pequenas extensões de seus formadores, atravessando, a seguir, longo trecho de baixada. Da mesma forma que os cursos inferiores dos rios da Baixada Fluminense, o São João e Macaé, tiveram vários trechos e afluentes retificados,



REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA

causando significativos impactos ambientais. Essas obras promoveram aumento da velocidade de propagação dos hidrogramas de enchente, menor amortecimento dos picos de vazão e o agravamento das inundações junto às cidades litorâneas de Macaé (Rio Macaé) e Barra de São João (Rio São João), principalmente, durante períodos de maré alta.

Os sistemas lagunares do Estado do Rio de Janeiro situam-se ao longo da linha de costa, desde a Restinga de Marambaia até a divisa com o Estado do Espírito Santo. Os rios que afluem às lagunas, com pequena área de drenagem, nascem nos maciços costeiros, percorrem curtas distâncias até suas desembocaduras, apresentando, em geral,

regime torrencial. Entre os mais significativos em termos de história de inundações, estão aqueles afluentes ao Sistema Lagunar de Jacarepaguá, onde, além das características físicas desfavoráveis da bacia, ocorrem precipitações pluviométricas muito mais intensas do que nas áreas da Região dos Lagos.

Na região noroeste do Estado, desenvolve-se o Rio Itabapoana, limitando os territórios dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Nasce em Minas Gerais, na Serra do Caparaó, recebe afluentes nos três Estados e deságua no Oceano Atlântico. A bacia é alongada, com área de drenagem da ordem de 4800 km² e curso principal com extensão de 20 km.

O alto curso do Rio Itabapoana com forte declividade, tem por característica diversas quedas d'água. O médio curso percorre vales bem encaixados em região onde predominam colinas. Esses dois trechos não apresentam historicamente inundações significativas.

O curso inferior, por outro lado, percorre extensas planícies e as inundações são freqüentes nos períodos chuvosos. Para drenar essas áreas, da mesma forma que nas demais áreas inundáveis do Estado do Rio de Janeiro, foram construídos canais e retificados trechos de rios, alterando o regime do escoamento e do transporte de sedimentos.

Base Fundação CIDE





FATORES AGRAVANTES DAS ENCHENTES

- **redução da retenção natural**
- **obras de macrodrenagem**
- **obstáculos artificiais**

FATORES AGRAVANTES DAS ENCHENTES

Redução da Capacidade de Retenção Natural

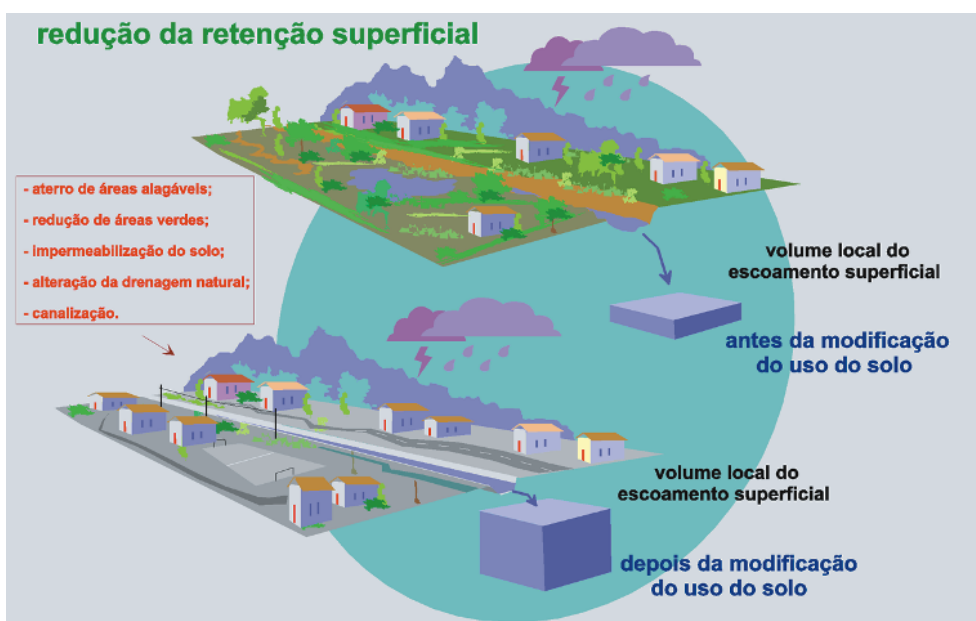
A retenção natural desempenha importante papel no resultado da relação chuva x volume superficial. Atua facilitando a infiltração e promove o retardamento da elevação do nível das águas nas calhas dos rios e a redução dos volumes disponíveis para os escoamentos superficiais.

Pode ser definitiva, à medida em que uma parcela do volume da chuva armazenada nas depressões do terreno e sobre a vegetação, retorna à atmosfera pelos mecanismos de evaporação.

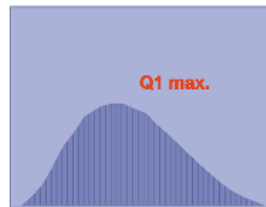
A retenção temporária gera um efeito regulador, em função das características topográficas da superfície, a exemplo de bacias de acumulação formadas por lagos, lagoas, lagunas, pântanos e áreas alagadiças. Apesar de também perderem água para a atmosfera, retêm grandes volumes de chuva liberando-os, gradativamente para os cursos de água, segundo as taxas impostas conforme as características da drenagem local.

A tendência do homem é ocupar a bacia hidrográfica a partir das áreas planas, no sentido daquelas mais altas, não só para ficar mais próximo dos corpos de água principais (rios navegáveis, oceanos, etc.), como também devido ao relevo mais favorável e solos mais férteis.

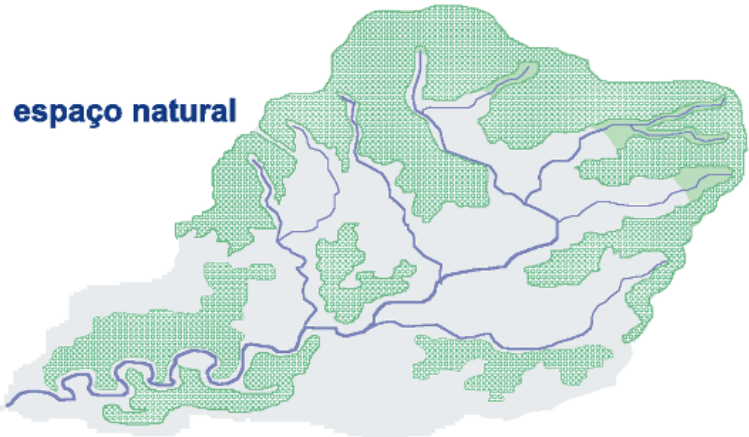
À medida que a área urbana se expande para a parte superior da bacia, a capacidade de retenção natural vai sendo, gradativamente, descaracterizada e diminuída. Essa descaracterização se dá pelo desmatamento, pela mudança dos padrões naturais de drenagem e pela impermeabilização do solo e aterro de áreas alagadiças.



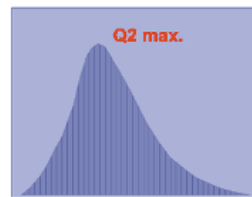
Influência da Urbanização no Hidrograma de Enchente



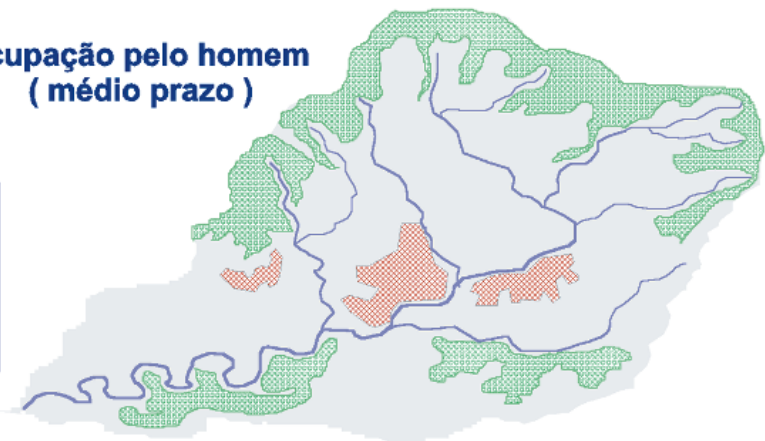
hidrograma típico



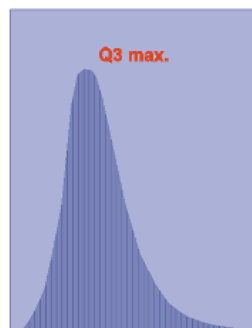
ocupação pelo homem (médio prazo)



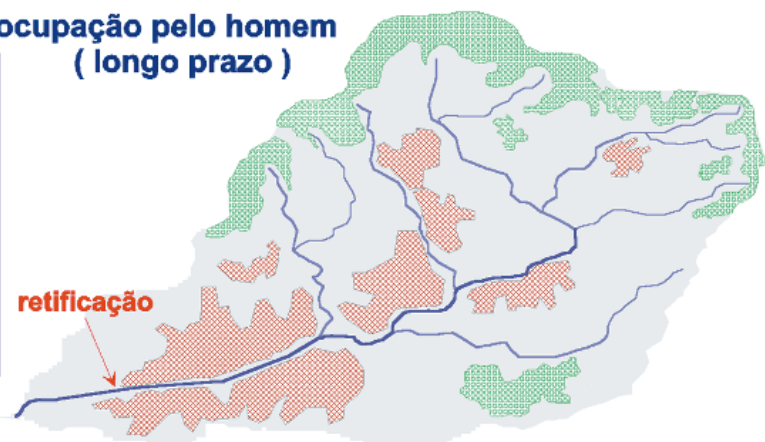
hidrograma típico



ocupação pelo homem (longo prazo)



hidrograma típico



A retenção superficial é alterada pelo homem ao longo do tempo. Necessitando ocupar mais espaço, tanto para fins econômicos como para estabelecer domicílios, modifica o uso natural do solo, criando áreas impermeáveis, destruindo matas, aterrando áreas alagadiças, retificando rios, etc. Essas ações contribuem para o aumento do risco de extravasamento das calhas dos rios, à medida que a diminuição da retenção natural, fornece mais água para o escoamento superficial que, por sua vez, aumenta o pico e o volume dos hidrogramas de enchente.

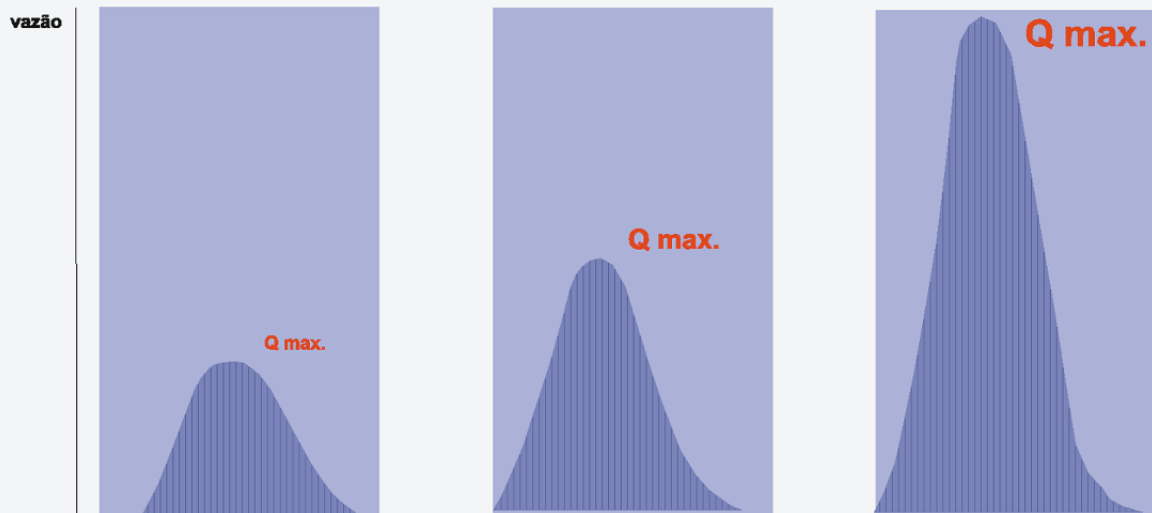
variação do comprimento do rio principal (retificação)



modificação do uso do solo



variação dos hidrogramas para mesma chuva

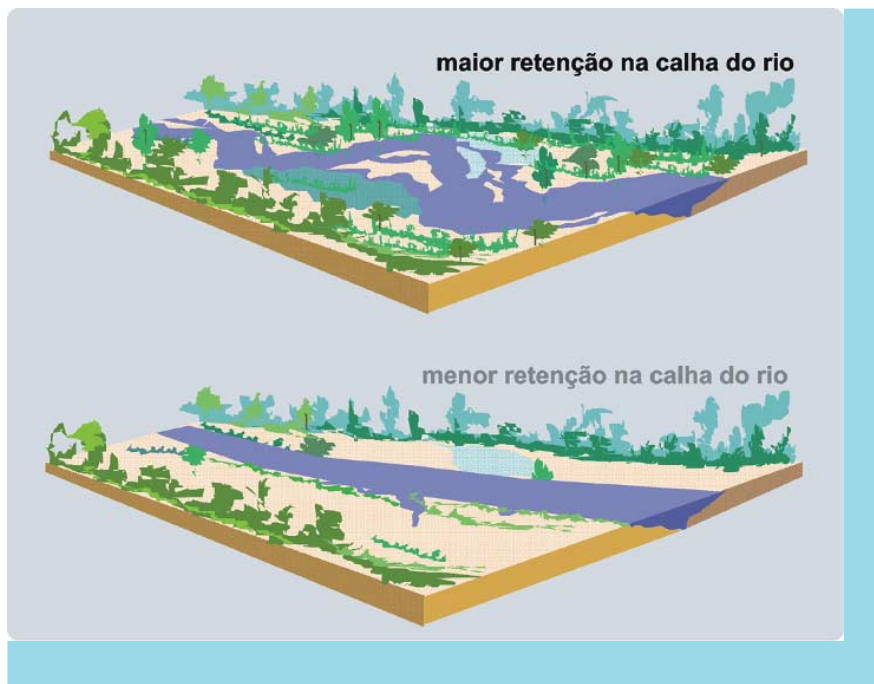


exemplo Ilustrativo

As modificações aumentarão a disponibilidade dos volumes das águas de chuva oferecidos ao escoamento superficial. Certamente, criarão novos cenários para o fluxo das águas na parte inferior da bacia, onde o estágio de urbanização mais avançado, talvez não comporte novas contribuições, criando sobrecargas no sistema de drenagem e possíveis transbordamentos, no caso de chuvas mais intensas e duradouras.

O desenho do percurso, a geometria e a declividade dos cursos de água, definem o movimento dos escoamentos e estabelecem a capacidade de armazenamento da calha. Rios

largos e sinuosos suportam maiores volumes de chuva dentro do seu próprio leito. Esse armazenamento temporário será tanto maior quanto maior for seu caminho dentro da mesma área de drenagem. O potencial de retenção na calha do rio sofre também a influência da rugosidade do leito e da presença da **vegetação ciliar** (ribeirinha), que atuam como mecanismos naturais de resistência à energia do escoamento. O aumento da resistência promove a diminuição da velocidade média com a conseqüente elevação do nível das águas, maior armazenamento na calha e retardamento e diminuição do pico do hidrograma de enchente.



destruição da vegetação ciliar

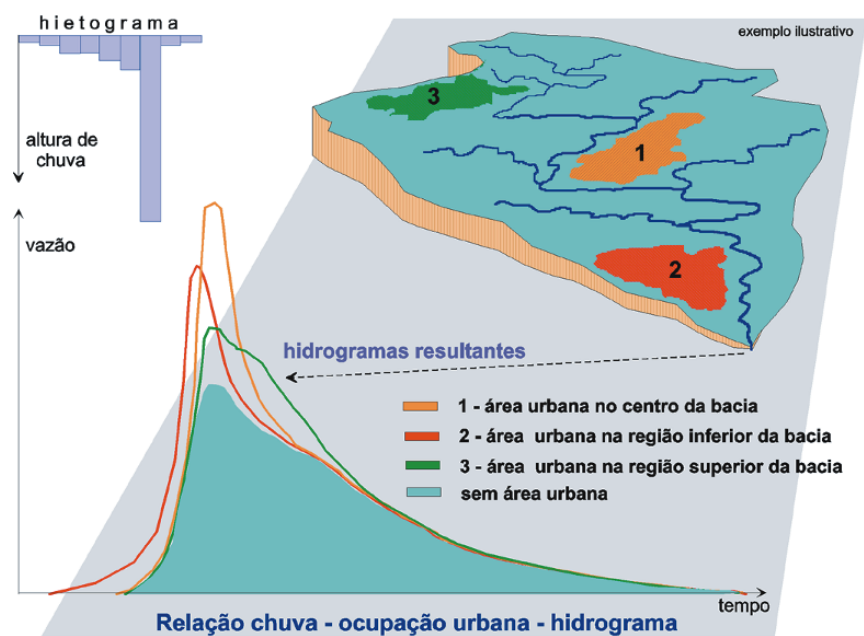
Notamos nas bacias hidrográficas ainda não ocupadas pelo homem, que a natureza cria condições favoráveis para uma convivência harmoniosa entre as águas de chuva, a fauna e a flora. Determina naturalmente o zoneamento, elegendo áreas que deterão maior ou menor umidade e outras sujeitas à inundações temporárias, em função das chuvas.

Surge uma seleção natural do tipo de vegetação e das espécies da fauna que melhor se adaptarão às áreas sujeitas à inundações. Este equilíbrio é mantido até a chegada do homem pela necessidade de ocupar a terra.

Novos domínios dentro dos limites da bacia hidrográfica, poderão ter diferentes usos, isto é, estabelecimento de áreas residenciais, industriais, desenvolvimento agrícola, corredores de tráfego rodoviário ou ferroviário, etc..

Qualquer que seja o uso do solo, a retenção natural será modificada. Mesmo em sub-bacias mais a montante, a descaracterização da retenção terá sua parcela de influência na formação do hidrograma, no trecho inferior do curso de água principal.

Nas áreas urbanas dotadas de sistemas de esgotamento de águas pluviais, a redução da retenção natural é bastante significativa. As águas de chuva são rapidamente direcionadas para as caixas coletoras internas das edificações que, por sua vez, deságuam nas galerias implantadas sob as vias públicas. As águas juntam-se àquelas coletadas sobre as referidas vias e rapidamente levadas para coletores – tronco ou diretamente para o curso de água mais próximo.



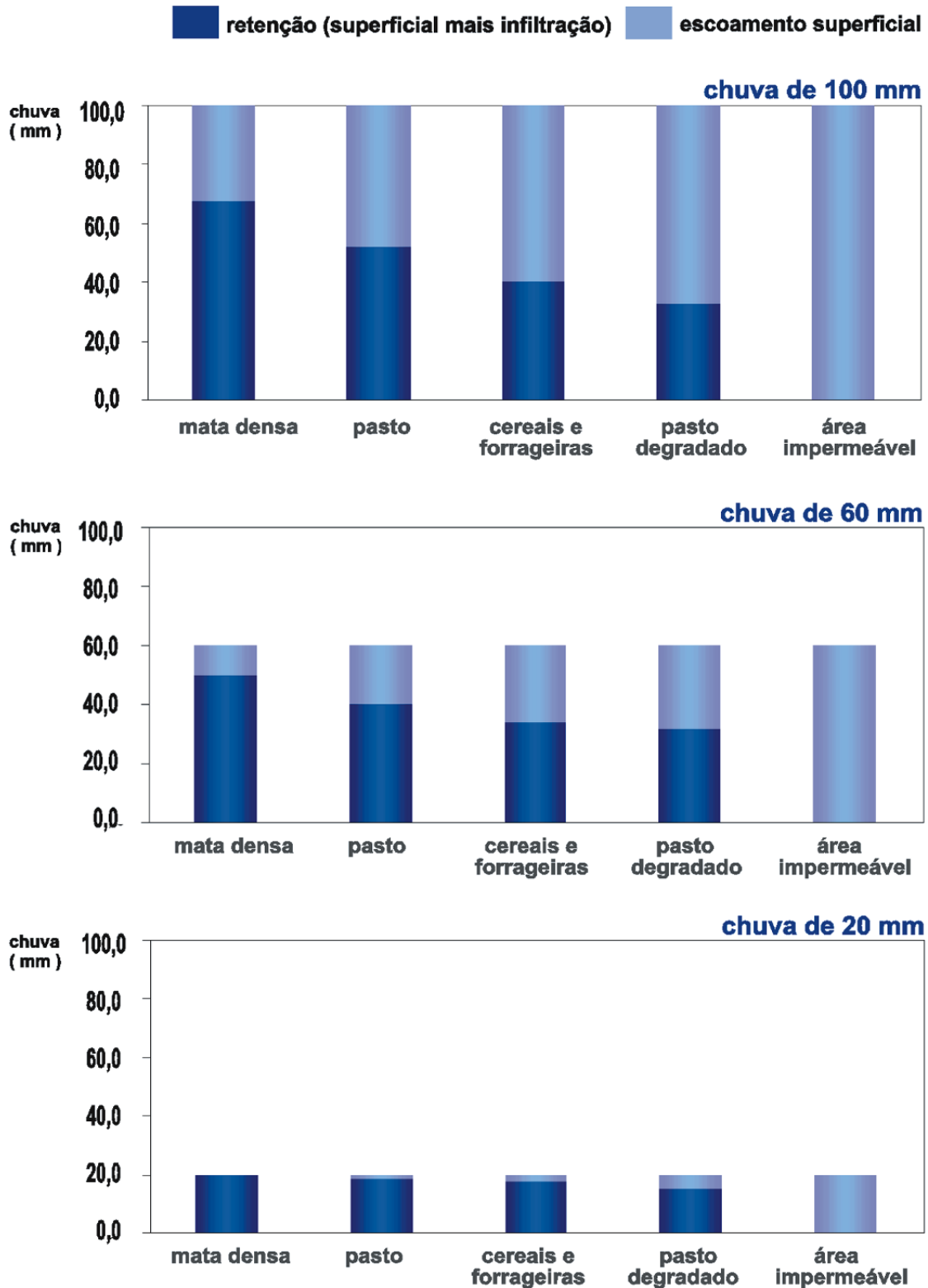
Nas áreas rurais onde a vegetação nativa foi substituída por outra de interesse econômico, o manejo do solo também é um agente modificador das características da retenção. O desmatamento e o uso de máquinas pesadas no revolvimento do solo e na aplicação de fertilizantes, alteram a estrutura original do solo, compactando o subsolo e interferindo nas taxas de infiltração.

Dependendo da declividade do terreno, da intensidade das chuvas e do tipo predominante do material do solo (areias de diversas granulometrias, argila, etc.), a agricultura praticada irracionalmente com manuseio impróprio, pode intensificar os processos erosivos. Ao longo do tempo o material erodido é transportado gradativamente pelas forças do escoamento superficial para os corpos de água mais próximos, obstruindo o caminho das águas.

Influência do Uso do Solo sobre a Retenção Superficial

(valores médios na Europa-fonte:SpektrumWasser 1 Hochwasser. München, März 1998)

o volume do escoamento superficial depende fortemente da altura de chuva e do uso do solo



A diminuição da retenção natural nas áreas rurais também se deve a outras agressões causadas pelo homem. O plantio morro abaixo, a formação de pastos com alta densidade de animais, acarretando o excessivo pisoteio em determinadas direções, formando trilhas que servirão para acelerar a drenagem das águas de chuva, e a abertura de valetas perpendicularmente às curvas de nível, com a finalidade de dividir e separar áreas, são alguns dos exemplos.

Nesse ponto, cabe lembrar a importância dos objetivos das novas políticas direcionadas para a organização do setor de recursos hídricos, tendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão.

À medida que os princípios da nova política forem melhor absorvidos pela sociedade e o Poder Público, criados os comitês de bacia e estabelecida a gestão democrática e participativa dos recursos hídricos, vislumbra-se a possibilidade de pensar a bacia como um todo, onde a ocupação do solo e os efeitos das chuvas intensas poderão ser melhor controlados, através de ações preventivas

adotadas pelos próprios cidadãos e do planejamento de intervenções estruturais e não estruturais previamente discutidas.

Obras de Macro drenagem

As obras de engenharia para controle de enchentes serão melhor enfocadas adiante. Por hora, cabem alguns comentários gerais e a introdução de conceitos que tratam dos fatores agravantes das enchentes gerados por tais obras.

O crescimento urbano das cidades, dependendo da sua localização geográfica e do contexto ambiental na qual esteja inserida, se dá, a princípio, para as áreas sujeitas a menores interferências dos fenômenos naturais, onde a ocupação é de menor risco. A intensificação da expansão urbana, principalmente em torno dos centros econômicos em desenvolvimento, pode

gerar a consolidação de novos vetores de ocupação do solo, invadindo áreas originalmente sujeitas a inundações naturais.

Conter esse crescimento é tarefa difícil sem o prévio planejamento e investimentos necessários, de forma a controlar e direcionar a ocupação das terras.

Quando o quadro se torna irreversível sob o ponto de vista sócio-econômico, resta ao Poder Público, compromissar recursos financeiros no propósito de amenizar os prejuízos e os riscos envolvidos, de modo a salvaguardar os bens e benfeitorias existentes.

Nas áreas onde os cursos de água naturalmente transbordavam, realizam-se intervenções físicas, como retificações de trechos, alargamentos de calha, construção de diques laterais de contenção e canalizações, com o objetivo de melhorar o fluxo das águas e permitir a ocupação do solo.



custos elevados / transferem o problema para jusante

Foto: Fundação Rio Águas

Essas obras deveriam, a princípio, fazer parte do planejamento global da bacia, com relação ao controle das enchentes, e estar inseridas no plano de ação previsto. Essa perspectiva não condiz com a realidade, pois, em geral, as intervenções são realizadas isoladamente e voltadas exclusivamente para os problemas locais.

As soluções de engenharia para o controle das enchentes devem estar vinculadas umas às outras, de forma integrada e complementar, com o

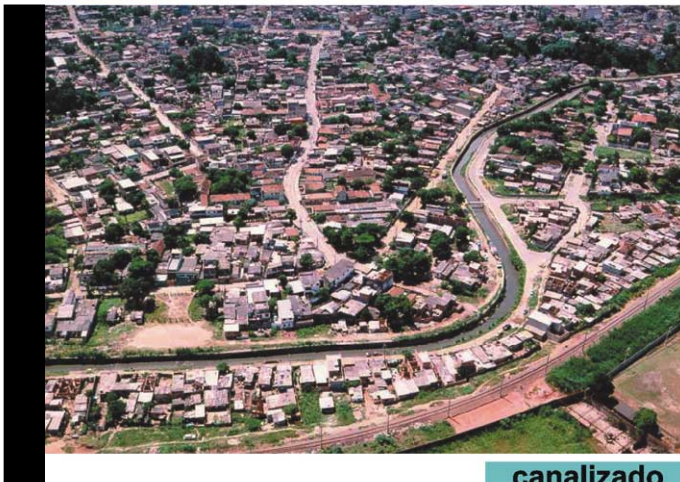
respectivo cronograma de intervenções planejado, ordenadamente, de jusante para montante.

A não adoção desses princípios leva, muitas vezes, à diminuição dos efeitos das enchentes ao longo de um trecho de rio e sua área de influência em detrimento do agravamento em outras áreas, rio abaixo.

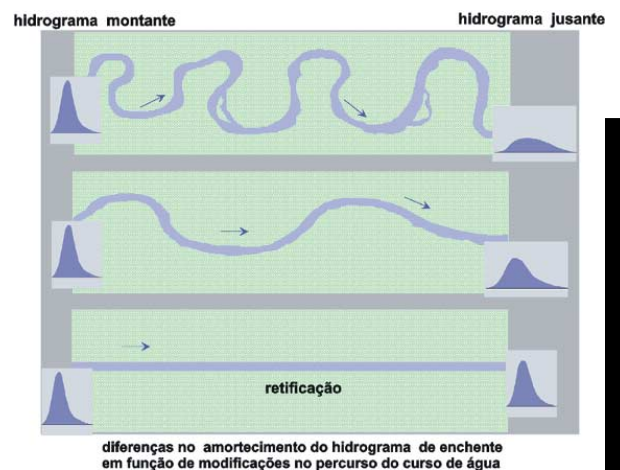
Um exemplo típico é a retificação de um trecho que apresenta meandros naturais. Nesse caso, a princípio, desde que os parâmetros e critérios de projeto estejam adequados,

o volume de uma enchente ordinária, acomoda-se no trecho retificado, fluindo com mais rapidez e encontrando menos resistência, sem invadir as áreas anteriormente inundadas.

rio



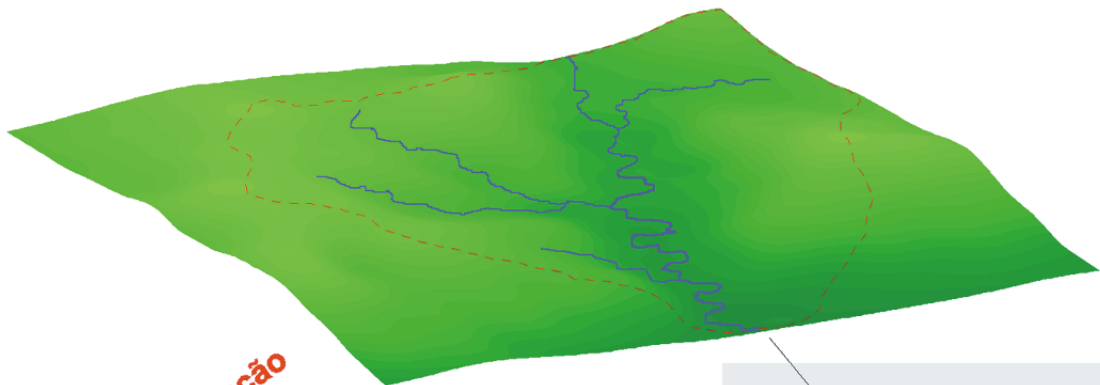
Eduardo Sengés



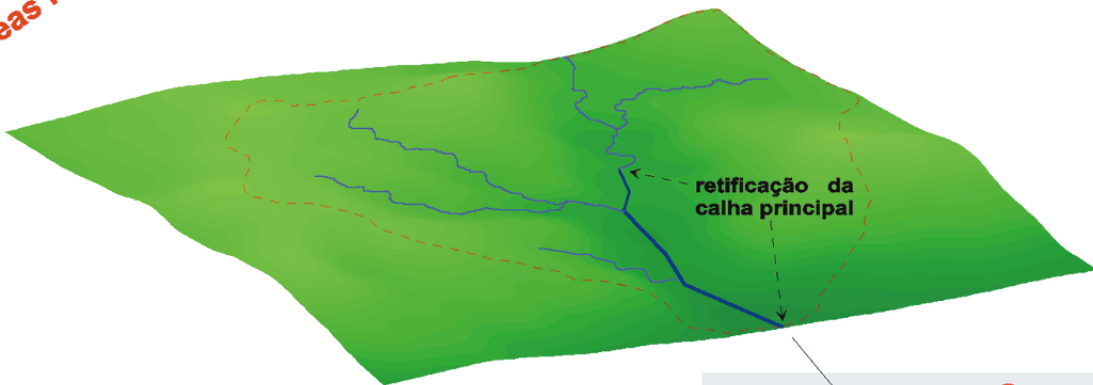
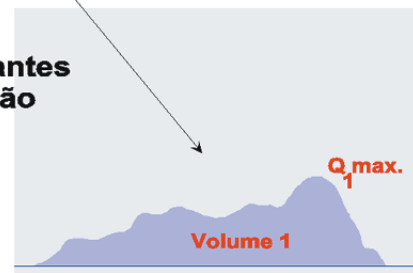
Obras de retificação e ou canalização criam vias expressas para as águas. A velocidade média do escoamento, durante as chuvas, aumenta significativamente, permitindo a rápida concentração dos volumes nas seções de jusante. Essas obras potencializam o extravasamento rio abaixo, ao longo dos trechos cuja capacidade de escoamento é insuficiente e não foram preparados, simultaneamente, para receber a vazão máxima e os volumes gerados a montante. As inundações passam a ser ameaça constante para áreas urbanas localizadas a jusante da retificação e ou canalização, ao longo do rio principal.

A questão da influência de remanso causada por alguma obra de barramento ou mesmo pela variação das marés nas áreas mais baixas, a jusante das obras, pode agravar consideravelmente o problema e causar grandes prejuízos, inclusive, perda de vidas humanas.

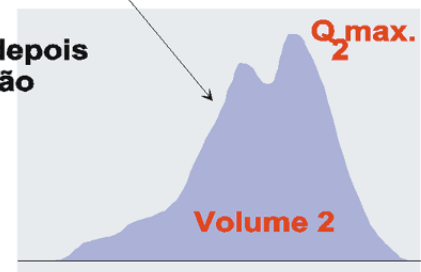
retificação e ou canalização são obras que destroem os ecossistemas e eliminam áreas naturais de inundação.



hidrograma antes da retificação



hidrograma depois da retificação

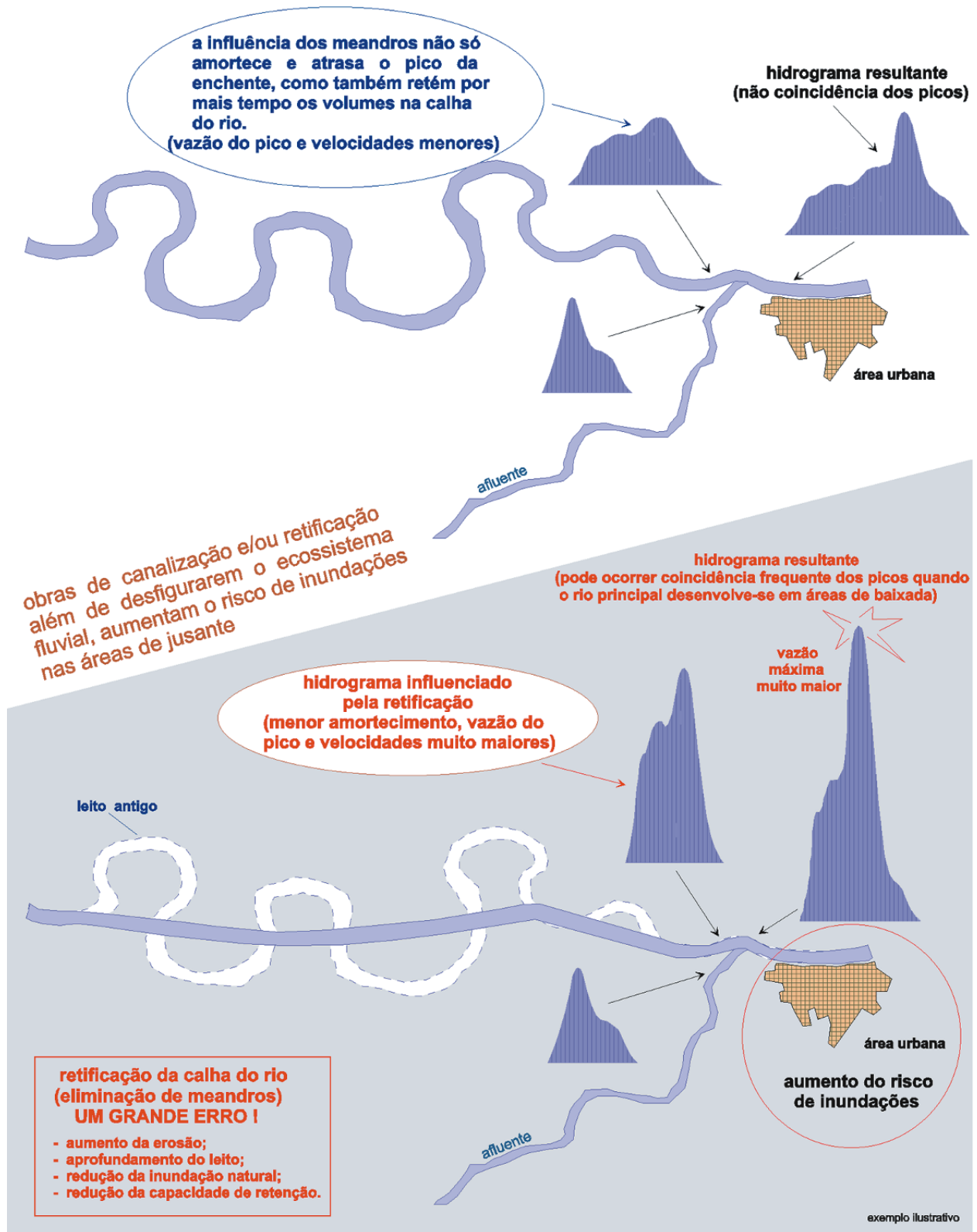


$Q_2 \text{ max.}$ muito maior que $Q_1 \text{ max.}$ para o mesmo evento de chuva sobre a bacia.

Volume 2 muito maior que Volume 1 em consequência do aumento das velocidades e a rápida concentração das águas a jusante em um intervalo de tempo menor, em conjunto com outros fatores, como perda de áreas naturais de inundação, superposição de hidrogramas de afluentes, etc..

exemplo ilustrativo

Consequências de Obras de Retificação



Assim, o problema é simplesmente transferido para os trechos subseqüentes, com o aumento do risco de extravasamento, uma vez que o amortecimento natural que o hidrograma sofria a montante foi menor.

O quadro pode ficar mais crítico, dependendo da conformação da calha de jusante, da resistência oferecida ao escoamento e da influência de novas

contribuições laterais.

Efeito semelhante é produzido pela construção de diques em ambas as margens e ao longo de um trecho cujo extravasamento do leito menor ocorre com freqüência. Novamente o problema é transferido rio abaixo, concentrando rapidamente os volumes das águas de chuva, agravando a situação nos trechos de jusante.



Eduardo Sengès

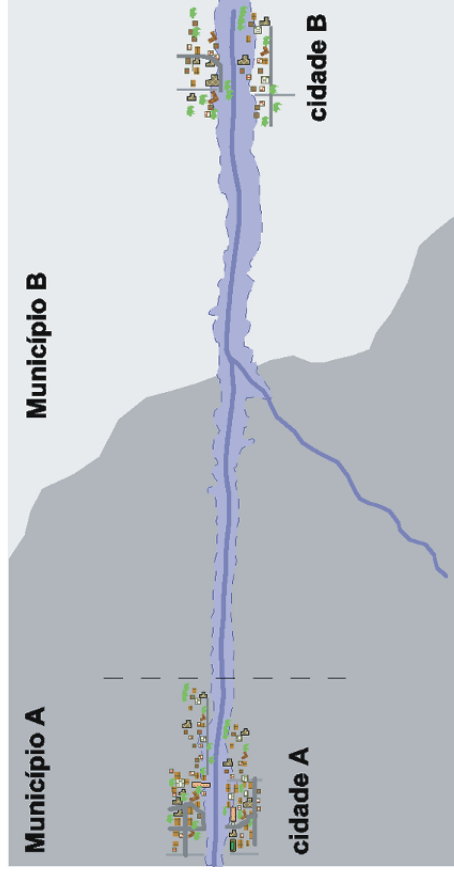


Dique ameaçado por ocupação indevida.

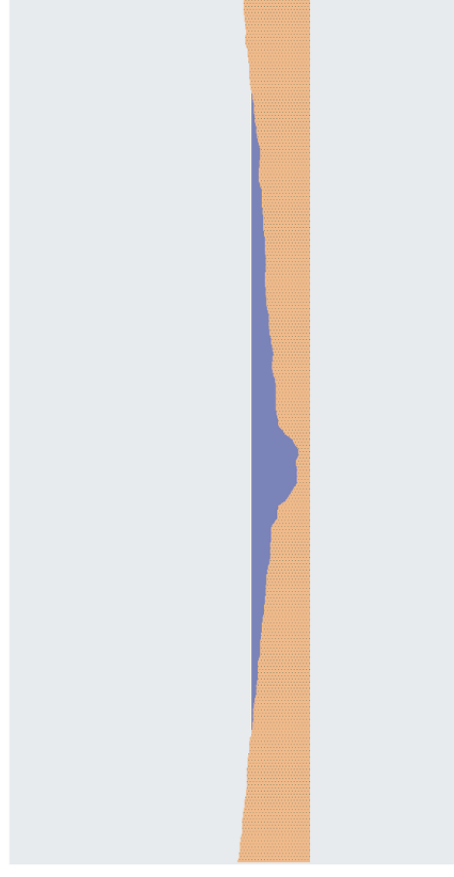
Área permanentemente sujeita a inundação. Risco de grandes prejuízos e perdas de vidas humanas.

Diques podem ajudar a resolver problemas locais e proteger áreas sujeitas a inundações. Por outro lado isolam as áreas naturais alagáveis e o problema e o risco associado são sempre transferidos para jusante, aumentando os prejuízos rio abaixo e, as vezes, com consequências fatais para população

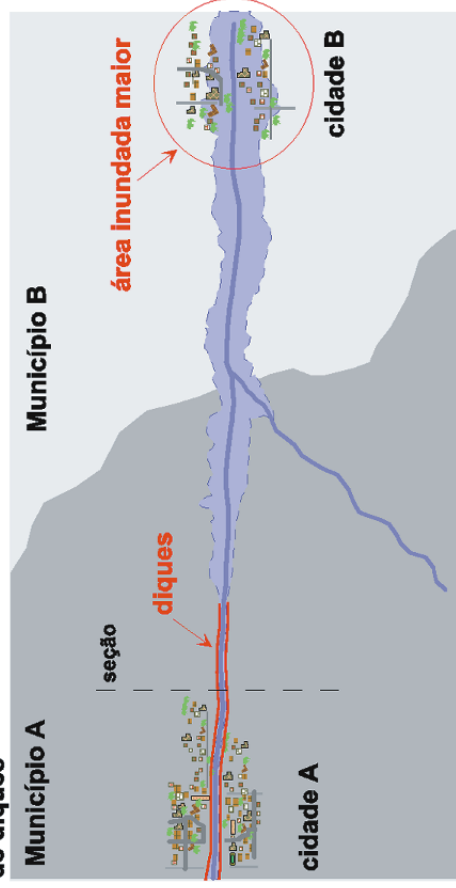
área inundada por enchente crítica antes da construção de diques



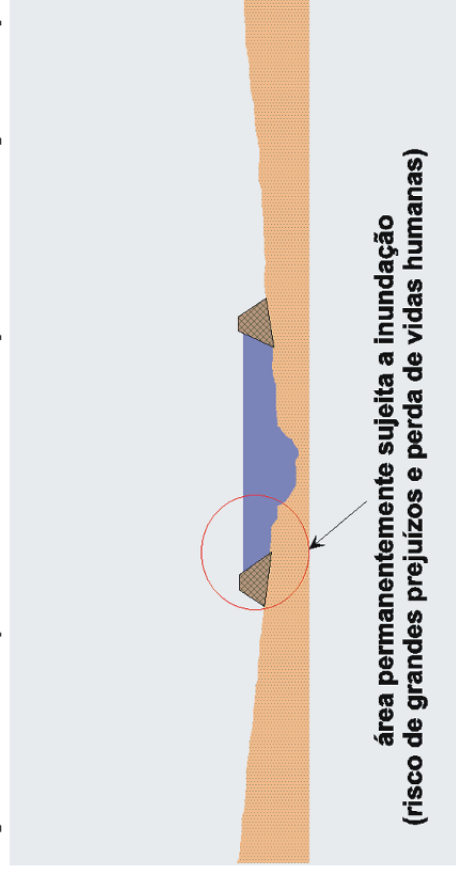
seção transversal para enchente crítica antes da construção de diques



área inundada pela mesma enchente crítica depois da construção de diques



seção transversal para enchente crítica depois da construção de diques



Obstáculos Artificiais aos Escoamentos Superficiais

Definições Usuais

Álveo - É a superfície que as águas cobrem, sem transbordar para o solo natural adjacente, ordinariamente seco (enxuto). Portanto, o álveo, na sua característica plena, configura, de uma certa forma, o leito menor do curso de água.

Margem - É o prolongamento natural e lateral ascendente do álveo. Portanto, as margens de um curso de água também podem servir para conter os escoamentos. Se um observador se posiciona de costas para a nascente de um curso de água, o seu lado direito indica a margem direita e o seu lado esquerdo, a margem esquerda.

Montante e Jusante - Considerando a mesma posição do observador anterior, o trecho do curso de água à sua frente é o de jusante e aquele às suas costas é o de montante.

Amortecimento do Hidrograma de Enchente - O hidrograma de enchente na seção de montante de um determinado trecho de um curso de água não tem o mesmo desenho ao deixá-lo. Sofre uma deformação representada pela diminuição da vazão máxima e achatamento do seu formato. A deformação do hidrograma, denominada amortecimento da onda de enchente, se deve, não só ao próprio armazenamento dos volumes dentro da calha, como também, pela resistência à passagem das águas, imposta pela rugosidade do leito, ao longo do trecho considerado.

As rugosidades são caracterizadas pelo tipo do material do fundo e das margens (areia, pedras, saliências ou revestimento artificial), da vegetação existente, e outras perturbações físicas naturais ou artificiais. O grau de

amortecimento também é muito influenciado pela existência de percursos sinuosos onde a energia do escoamento é parcialmente consumida.

Ocupação das Margens

O homem, ao usar as margens de um curso de água para alguma finalidade, quer seja uma atividade agrícola, uma construção qualquer, como os apoios de uma ponte ou travessia e mesmo tornando-as áreas residenciais, estará criando obstáculos aos escoamentos possíveis de ocorrência para chuvas freqüentes.

Nas grandes cidades, em virtude da procura por residências próximo aos locais de trabalho, infelizmente, é difícil controlar, principalmente nas regiões menos valorizadas e menos atendidas pelos investimentos públicos, o avanço de moradias sobre as margens dos cursos de água.

A população menos favorecida sob o ponto de vista econômico, procura, geralmente, essas áreas, consideradas de risco, para estabelecer suas moradias, onde os loteamentos são improvisados e ilegais e as residências, construídas de forma compatível com os recursos financeiros disponíveis, resultam em domicílios, muitas vezes precários, ao longo das margens, interferindo diretamente nos álveos dos cursos de água.

As residências, uma vez estabelecidas, passam a ser, não só uma restrição à capacidade de escoamento da calha, mas também, fontes de poluição, através dos esgotos sanitários e o lixo gerados pelos moradores.

À medida que aumenta a concentração das unidades domiciliares nessas áreas, a população avança no sentido do próprio álveo, construindo pilares ou apoios diretamente no leito menor para sustentar as casas ou barracos.

Os escoamentos gerados por chuvas intensas, além de transportar o lixo descartado ao longo do percurso, encontra nesse tipo de construção, uma resistência enorme, provocando a elevação do nível da água para montante, a diminuição da capacidade de fluxo e o possível extravasamento com conseqüente inundação de áreas vizinhas. Dependendo das velocidades do escoamento, a pressão exercida sobre tais construções poderá causar o colapso das frágeis estruturas.

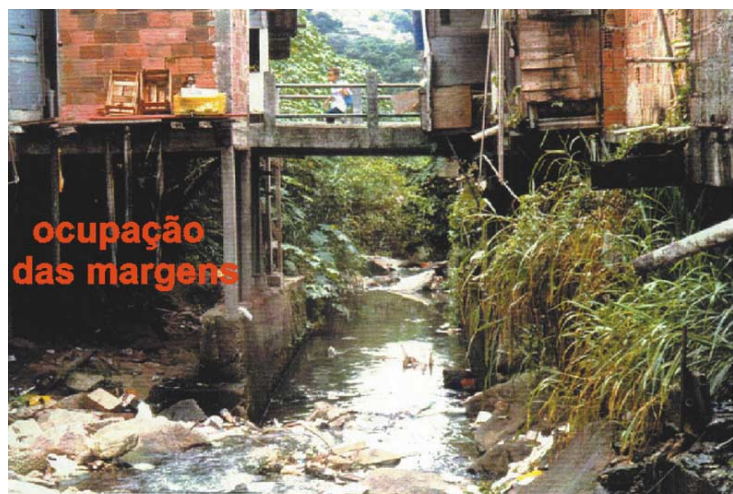
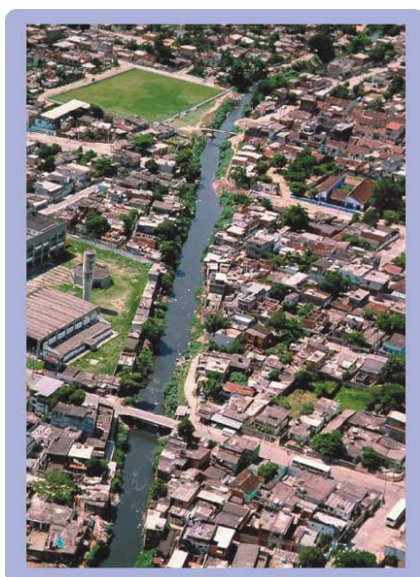


Foto: Fundação Rio Águas



Eduardo Sengès



Foto: Defesa Civil ERJ

Essa situação muito comum nas áreas de baixada e antigos alagadiços, agrava-se quando o curso de água sofre influência das marés.

As áreas marginais, a partir do limite da seção capaz de escoar as enchentes ordinárias, até uma certa distância que depende da vegetação natural a ser preservada, são protegidas por leis e outros diplomas legais.

Essas áreas são denominadas de faixas marginais de proteção (FMPs), sobre as quais, não é permitido qualquer tipo de construção.

O Código de Águas (Decreto nº 24643, de 10/07/34) reserva uma faixa de 10 metros para os cursos de água não navegáveis e não fluviáveis, onde fica estabelecida uma servidão de trânsito para os agentes da administração pública em serviço.

Para os rios que são navegáveis e não sofrem influência das marés, o Código fixa um terreno reservado até uma distância de 15 metros, em ambas as margens, contada desde o ponto médio das enchentes ordinárias.

Quando existe vegetação natural junto às margens (mata ciliar), outro diploma legal é tomado como referência: o Código Florestal. Segundo ele, a faixa de terra coberta pela vegetação nativa junto ao corpo de água deve ser preservada até a largura de 100 m.

No Estado do Rio de Janeiro, o órgão responsável pela demarcação da faixa marginal de proteção - FMP é a Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA.

Se o rio é navegável ou fluviável, a SERLA adota a faixa conforme estabelecido pelo Código de Águas e o terreno é de domínio do poder público. Caso contrário, o terreno é de propriedade privada que, contudo, não pode ali construir nenhuma benfeitoria, a não ser, obras precárias que necessitam de autorização da SERLA, através de um Termo de Permissão de Uso.

A proibição de construções justifica-se, não só pela necessidade de preservação das margens, como caminho natural das águas, mas também em situações que requeiram limpeza ou dragagem para retirada do excesso de material sedimentado, recuperando a capacidade de escoamento do curso de água.

Portanto, a faixa marginal de proteção deve ser respeitada para o bem estar do próprio cidadão e suas economias.

Eugênio Monteiro



faixa marginal livre

Convém salientar que a ocupação, ao longo dos anos, da área da bacia hidrográfica e a conseqüente impermeabilização do solo, concorrerá como fator agravante para o crescimento do volume das enchentes, aumentando, ainda mais, os perigos que envolvem a construção de moradias nas margens dos cursos de água.

Aterros

Anteriormente, foi mencionado que a calha de escoamento de um curso de água forma-se e modela-se, ao longo dos anos, em função de uma série de condicionantes, tais como, a declividade do terreno, o tipo do solo, o regime das chuvas sobre a bacia, a geologia, etc.. Portanto, configura-se uma situação de equilíbrio natural, envolvendo aqueles condicionantes e promovendo um desenho da seção transversal compatível com os escoamentos mínimos e os gerados pelas chuvas mais freqüentes. Qualquer perturbação exercida sobre esse quadro de equilíbrio, provocará um novo cenário, muitas vezes, imprevisível.

Os aterros sobre os álveos dos cursos de água pela ação do homem, podem

ser considerados como um tipo de perturbação, cujas conseqüências se refletirão nos padrões dos escoamentos naturalmente estabelecidos.

A maioria dos aterros dos álveos dos cursos de água são ilegais, invadem a faixa marginal de proteção e são realizados exclusivamente para aumentar os terrenos ribeirinhos, com fins muitas vezes especulativos.

Os aterros efetuados isoladamente, sem contemplar

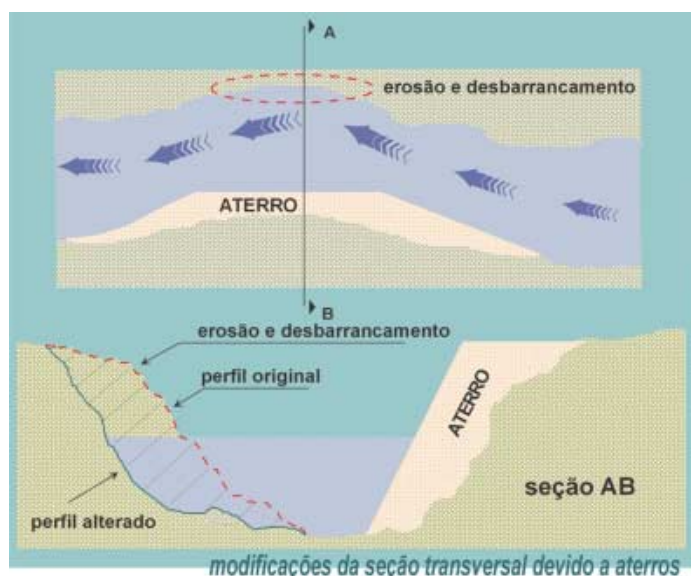
as medidas corretivas e as técnicas adequadas necessárias, acarretam alterações que podem se refletir na margem oposta; no trecho de montante por influência de remansos, provocando inundações; nos trechos de jusante, por rompimento repentino do próprio aterro; na alteração da qualidade da água, pelo aumento de sólidos em suspensão e a destruição da mata ciliar.

aterro ilegal (solo e lixo)

Foto: PLANÁGUA



prejudicial à própria comunidade



Lixo

É importante ressaltar que os cursos de água são simplesmente o caminho natural das águas de chuva e das contribuições do lençol subterrâneo, devendo, portanto, permanecer limpos e desimpedidos. Dado que este princípio é claro e que dele depende a segurança da população ribeirinha nas ocasiões de chuvas fortes, a presença de lixo nos cursos de água pode ser considerada um indicador da distorção de hábitos entre os habitantes de uma mesma bacia hidrográfica.

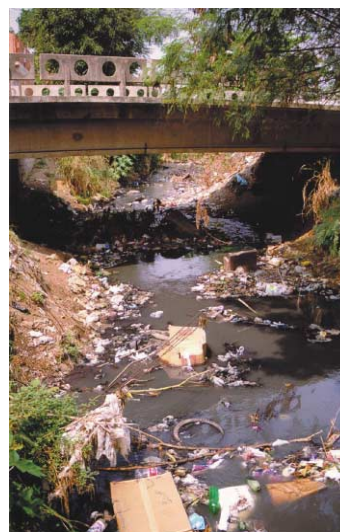
O problema é agravado pela carência de infra-estrutura de coleta pública de resíduos sólidos urbanos, em áreas de difícil acesso, junto aos corpos hídricos e encostas.

O lixo descartado diretamente sobre as margens ou o álveo dos cursos de água, diminui a capacidade do escoamento, gera poluição, mau cheiro, disseminação de doenças de veiculação hídrica, e é fator acelerador da proliferação de vetores (ratos, mosquitos, moscas, etc.). Efeito semelhante ocorre quando as chuvas transportam para dentro dos cursos d'água, o lixo lançado sobre as

encostas ou mesmo sobre logradouros públicos.

Muitos cidadãos, cômoda e irresponsavelmente, utilizam-se dessa prática, com o objetivo de se livrarem dos resíduos domésticos e, muitas vezes, de objetos de maior porte e pesados que não lhes são mais úteis. Esquecem que, durante as enchentes subseqüentes, o lixo acumulado pode ser transportado para jusante, ao sabor das correntes, até que

algum impedimento físico o mantenha retido, formando barreiras e aumentando a resistência ao escoamento. Tais obstruções geralmente promovem a elevação do nível das águas para montante, configurando gradativo remanso, com possível extravasamento para as áreas marginais, podendo atingir as residências dos próprios responsáveis, e o surgimento de novos caminhos de drenagem.



Eliane Barbosa

A situação se agrava nas regiões de baixada, onde as declividades menores causam a redução das velocidades do escoamento, a consequente sedimentação do material sólido em suspensão e a deposição do lixo lançado ao longo dos trechos de montante.

Nas enchentes mais críticas, pelos motivos expostos, o lixo, principalmente o

flutuante (garrafas plásticas, embalagens, etc.), acaba atingindo outros corpos de água, como lagos e baías, trazendo um cenário indesejável para quem em nada contribuiu para tal. Da mesma forma, tomam áreas de preservação ambiental, como manguezais, prendendo-se na vegetação, ameaçando a fauna e a flora, modificando significativamente a paisagem e a qualidade das águas.



Eliane Barbosa



Pontes e Travessias

As pontes ou travessias sobre os cursos de água desempenham importante função na economia de uma região, na integração dos bairros e das cidades. Apesar de grandes aliadas para encurtar caminhos e promover o desenvolvimento, podem representar uma ameaça durante as enchentes.

Muitas vezes não são utilizados critérios de projeto e de construção compatíveis com a necessidade de escoamento das enchentes mais frequentes. As obras são realizadas com o único e exclusivo objetivo de transpor o leito menor, implantando os pilares de sustentação de forma a estrangular a área da seção disponível para o fluxo das águas.



travessia de ferrovia - estrangulamento da seção

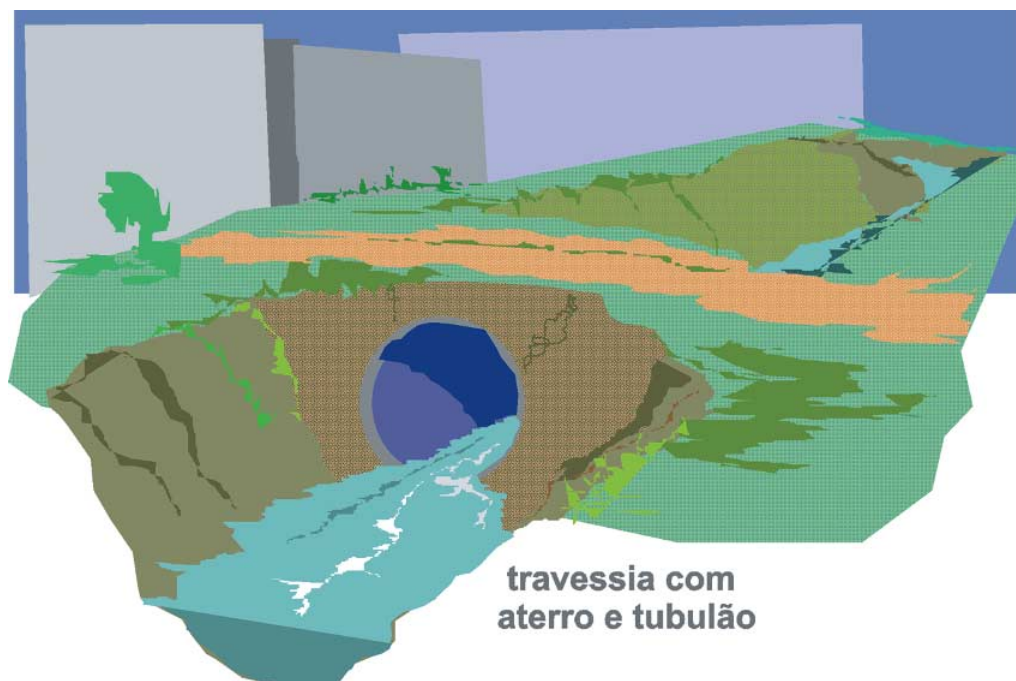
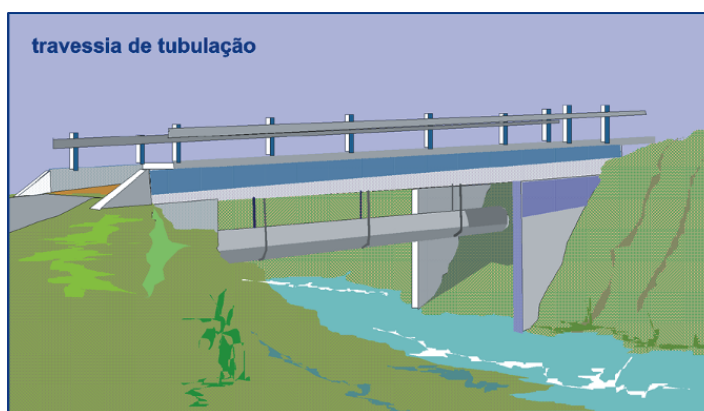
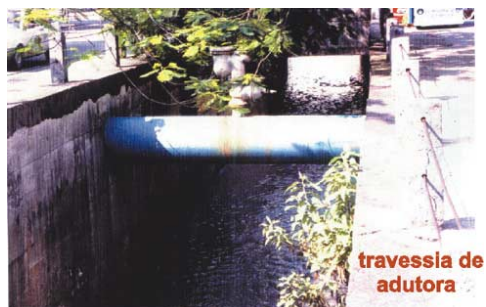
Soma-se a esse tipo de resistência, aquela decorrente do acúmulo de lixo, de sedimentos e vegetação junto aos pilares, exigindo manutenção periódica, através de limpeza e desobstrução.

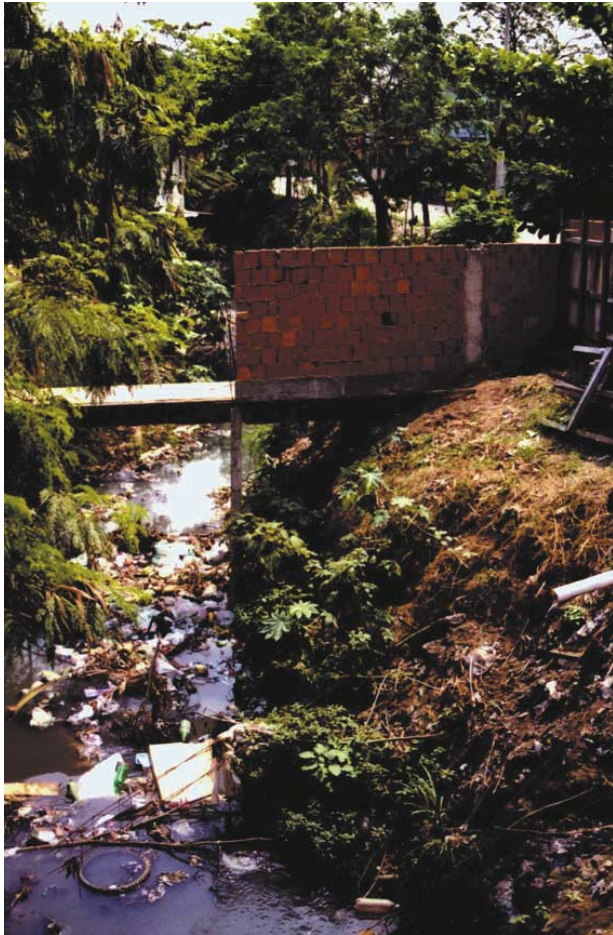


Muitas vezes, as estruturas das pontes são utilizadas para sustentar tubulações (água, esgoto, gás, etc.), criando mais um obstáculo ao fluxo das águas.

Nas áreas urbanas é comum o aterro de pequenos trechos de rios, mantendo a passagem das águas através de tubulões assentados diretamente sobre o leito, como soluções paliativas para travessia de pedestres e até mesmo veículos, leves e pesados.

Essas obras, muitas vezes, improvisadas por questões imediatistas, para atender à população, criam sérias barreiras ao fluxo, tornando-se causas potenciais para elevação dos níveis das águas e conseqüentes inundações, principalmente quando houver obstrução por lixo ou sedimentos.





Pontes inadequadas, ocupação das margens e do leito do rio, lixo nos cursos da água criam obstáculos ao escoamento, provocando elevação do nível d'água, inundação de áreas vizinhas e o colapso das frágeis estruturas, causando grandes prejuízos.



An aerial photograph of a wide river with a large dam structure visible in the background. The water is dark and turbulent, with white foam from the dam's spillways. The surrounding landscape is a mix of green and brown, suggesting a natural, somewhat rugged environment.

ENCHENTES NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

- **Início da ocupação do solo**
- **enchentes históricas**
- **principais obras de controle de enchentes no Estado**
- **áreas Inundáveis**
- **sistemas de alerta**

ENCHENTES NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

INÍCIO DA OCUPAÇÃO DO SOLO

O conquistador europeu, ao chegar ao Rio de Janeiro, encontrou a terra já bastante ocupada por diversas tribos indígenas, que desde tempos imemoriais, haviam aqui se instalado. Viviam perto da costa marítima, farta de pescado e onde chegavam águas puras de rios perenes.

Plantações de mandioca para subsistência da tribo existiam nas proximidades das tabas, sendo a colheita propriedade comum a todos. O índio se integrava perfeitamente à floresta e ao *habitat*, respeitando-os porque deles dependia o seu sustento.

Como a Corte Portuguesa, logo após o descobrimento em 1500, encontrava-se totalmente voltada para o domínio e a exploração das Índias e da Costa da África, que lhes rendia vultosos lucros em ouro e especiarias usadas na conservação de alimentos (carne principalmente), nada podia propiciar à terra recém descoberta, além de visitas

esporádicas que salvaguardassem o seu domínio territorial.

Primeiras expedições ao território do Estado do Rio de Janeiro logo após o descobrimento e fatos importantes:

- **1501** – Comandada por André Gonçalves, tendo Américo Vespúcio como navegador - chegou à Cabo Frio e adentrou à Baía de Guanabara, que tomou pela foz de um grande rio, daí o nome com que batizou o acidente: Rio de Janeiro;
- **1502** – Comandada por André Gonçalves - descobriu a Baía de Angra dos Reis;
- **1503 – 1504** – Comandada por Gonçalo Coelho - lançou âncoras na atual Praia do Flamengo e fez construir uma feitoria de pedra – a Carioca (casa de branco, no dialeto indígena). Deixou as primeiras mudas de cana de açúcar;
- **1515** – Comandada por João de Sollis – mapeou, em parte, a Baía de Guanabara;
- **1531** – Liderada por Martin Afonso de Souza – sentou praça na região da Praia Vermelha. Construiu uma

casa forte e um estaleiro anexo. Explorou por quase 2 meses, o recôncavo da Baía, abrindo os primeiros caminhos para Minas Gerais. Esta primeira incursão ao interior foi decisiva para Martin Afonso, na escolha preferencial da área de sua capitania.

No 1º quartel do século XVI, o Rio de Janeiro era o ponto de apoio de todas as viagens que se dirigiam para o sul, reconhecendo a terra descoberta. Era também, um ponto de embarque de pau-brasil (pau de tinta) contrabandeado por corsários franceses, holandeses e ingleses que, com muito boas relações com os indígenas locais, intensificavam suas incursões.

As invasões se intensificaram até 1553, quando Tomé de Souza, já Governador Geral do Brasil, comunicou a situação ao rei português, solicitando providências para ocupação permanente da área, com a fundação de uma cidade, sob pena de perder-se a terra.

A ameaça concretizou-se em 1555, com a chegada da armada francesa, comandada por Nicolau Durand de Villegaignon, que veio se refugiar do braço da Inquisição Católica.

Diversos foram os avisos à corte portuguesa e as tentativas de retirar os franceses das terras brasileiras.

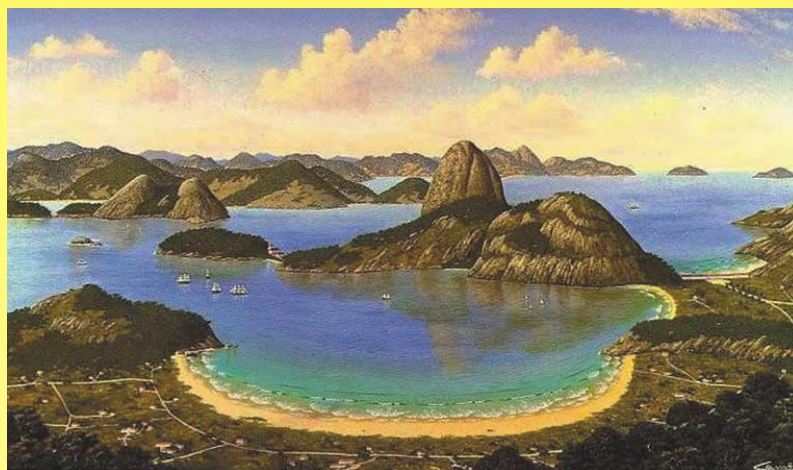
O ataque aos redutos e a expulsão definitiva dos franceses, em 1567, só foi possível com a vinda de Mem de Sá, com poderosa esquadra, homens e armamentos e com reforço de 200 índios, chefiados por Araribóia, que haviam embarcado no Espírito Santo.

Livre dos franceses e sem a ameaça dos índios, Mem de Sá escolheu, para fundar a futura Cidade do Rio de Janeiro, um morro bem a cavaleiro, com ampla e plana lombada e cuja praia em frente oferecia calado para as embarcações (calabouço) onde providenciou a construção de um baluarte e de contrafortes passando a se chamar o local de Morro do Castelo.

Tal como numa cidade medieval, as muralhas da cidade eram dotadas de portas que impediam a entrada de invasores e se abriam para as ladeiras bastante íngremes que, galgando o morro, davam acesso e saída à cidade.

Embora parte da costa onde está compreendida a Baía de Guanabara

pertencesse à Capitania escolhida por Martin Afonso de Souza e as terras contíguas fossem objeto de concessão de seus descendentes, depois da fundação da Cidade pelo Governador Geral do Brasil, as terras passaram a pertencer à Coroa Portuguesa, o que explica as muitas doações de terras (sesmarias).



Contam-se, dentre as maiores sesmarias, a Sesmaria dos Jesuítas, que abrangia toda a atual zona da Leopoldina (integral) e parte da zona Central, estendendo-se até Campo Grande e a Sesmaria de Araribóia, que abrangia a Região de Niterói, Alcântara, São Gonçalo até Pendotiba (Aldeia de São Lourenço).

Se a ocupação das sesmarias urbanas foi lenta, devido ao solo ser baixo e pantanoso, exigindo **grandes aterros que eram feitos com lixo e demais detritos**, a ocupação daquelas sesmarias mais afastadas do centro urbano não foi realizada de pronto.

O solo de toda a região costeira do Estado do Rio de Janeiro era constituído ou por manguezais que dificultavam o acesso às áreas interiores, ou por praias que formavam cordões litorâneos de lagunas circundadas por brejos, ou por rochedos. Além desses obstáculos naturais, existiam, nos locais favoráveis à penetração do conquistador, inúmeras aldeotas indígenas, nem sempre amigas.

Assim, no século XVI, vamos encontrar as seguintes povoações, todas junto ao desenvolvimento das sesmarias:

- **Mirtir (Meriti)** – originária da Sesmaria de Braz Cubas (fundador de Santos), recebido em 1568, que deu início a uma povoação junto ao Rio Meriti;
- **Siripuí (Sarapuí)** – origem do atual Município de Duque de Caxias. A partir de 1566, várias sesmarias foram concedidas na Região, dando origem a diversos núcleos habitados;
- **Aguassu (Iguaçu)** – origem do atual Município de Magé. Em 1567, Simão da Mota recebe a sesmaria e cria a povoação de Magé, no Morro da Piedade;
- **Macacu** – origem do atual Município de Cachoeiras de Macacu. Sesmaria recebida de Mem de Sá, em 1571, por Miguel de Moura;
- **Guaxindiba** – origem do atual Município de Itaboraí, redundou de um desmembramento da Sesmaria de Miguel de Moura;

- **São Gonçalo** – oriunda da Sesmaria de Gonçalo Coelho, doada por Mem de Sá, em 1565;

- **Iterói (Niterói)** – oriunda da Sesmaria doada por Mem de Sá à Antônio de Martins Coutinho, ia de São Lourenço à Icaraí. Por desistência deste, foi doada à Araribóia;

No final do século XVI, inicia-se a ocupação do recôncavo da Guanabara, que se daria, fundamentalmente, em torno da cultura da cana de açúcar. Esta se expandiria por sobre os terrenos baixos, salpicados por colinas, seguindo do litoral em direção aos contrafortes da Serra do Mar. Foi responsável pelo desmatamento da Região da Baixada e da ocupação da Planície de Campos e da Região de Parati.

O único acesso ao interior do recôncavo da Guanabara e a Planície Campista era feito por mar. Os barcos subiam os rios que tiveram papel preponderante na ocupação da Região e no escoamento da produção do açúcar, produzido nos engenhos do interior. Pelos rios subiam os colonizadores, às suas margens localizavam-se os engenhos e por suas

águas descia a produção em direção à Cidade do Rio de Janeiro.

Os pontos de embarque do açúcar na Baixada dariam lugar a movimentadíssimos portos como os de Pilar, Estrela, Porto das Caixas e Suruí, que só perderiam sua importância no final do século XIX, com a construção das estradas de ferro já escoando então, o café produzido no interior.

O crescimento das exportações com a entrada do ciclo do açúcar, faz a Cidade expandir-se do Morro do Castelo para a parte plana com o gradual aparecimento da malha urbana.

O porto exportador do açúcar para a Europa era o Rio de Janeiro.

O primeiro engenho de açúcar do Estado surgiu no século XVII, em 1650. No entanto, a cultura da cana de açúcar no interior somente atingiu seu clímax no século XVIII, sendo que, em Campos, o auge se deu no século XIX. Anteriormente, ali se desenvolvia a criação de gado.

Com a decadência do ciclo do açúcar e o início do ciclo do ouro (séculos XVII e XIX), o Rio de Janeiro passou a ser o centro importador de bens vindos de Portugal e

exportador de ouro e pedras preciosas, trazidas de Minas Gerais. As cidades do interior continuaram a produzir açúcar e gado. Passando à Capital do Vice-Reinado do Brasil, o centro urbano do Rio de Janeiro expandiu-se de tal forma que D. João VI aqui chegando, expulso de Portugal por Napoleão, encontrou uma cidade já capaz de bem representar a capital do Reino Unido de Portugal e Algarves. Com a vinda da corte, há uma nova expansão urbana, passando a Cidade a não mais se restringir à região entre os Morros do Castelo e de São Bento, mas ocupando a zona da Glória e do Flamengo, além de São Cristóvão.

A Abertura dos Portos, em 1808, produz um incremento acentuado nas atividades comerciais. A vinda da nobreza portuguesa à procura de moradias, faz crescer a construção e a expansão da Cidade para a periferia como a Glória, Catete, Flamengo, Laranjeiras, Engenho Velho e Tijuca, além de São Cristóvão.

A independência do Brasil, em 1822, e a transformação da Cidade em capital do Império do Brasil, faz crescer ainda mais o comércio

para o interior e a situação de entreposto para as exportações que passam a se diversificar, trazendo, em conseqüência, a expansão urbana. Esta última foi, em todas as épocas, conseguida através de **aterros de pantanais e manguezais** da zona continental.

Com a expansão da cultura da cana de açúcar, a região da Bacia do Rio Carioca e aquelas áreas contribuintes à Bacia do Saco de São Diogo (Rios Maracanã, Joana, Trapicheiro e Comprido) passaram a ser ocupadas por este cultivo.

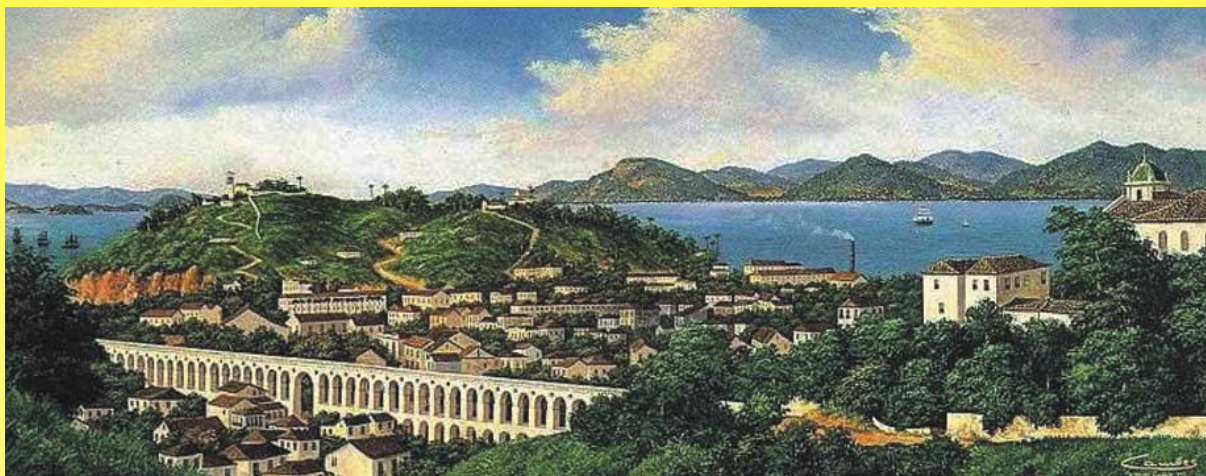
Posteriormente, já no século XIX, o plantio da cana de açúcar foi, paulatinamente, substituído pelo café, que dominou, principalmente, o Vale de Laranjeiras e as encostas da Tijuca, até o Alto da Boa Vista, já então, divididos em grandes chácaras, onde viviam, principalmente, os ingleses e franceses de alguma nobreza, no Rio de Janeiro.

O início do ciclo do café no Império (século XIX) produz inicialmente o desmatamento das encostas da Cidade do Rio de Janeiro, onde foi plantado. Transferindo-se para o interior do Estado até as fronteiras de São Paulo e Minas, as plantações de café foram os grandes expansores da ocupação do solo fluminense e os reativadores de sua economia.

A Cidade o Rio de Janeiro passa a ser a grande exportadora da produção de café plantado no interior e transportado pelas estradas de ferro já existentes, que levam a produção às cidades marginais aos rios da Baía de Guanabara (Estrela e Suruí), onde é embarcada em pequenas embarcações à vela, que a trazem para o Porto do Rio de Janeiro, de onde é exportada. Esta produção, juntamente com a de São Paulo e Minas, sustenta economicamente o Império Brasileiro até o seu fim, no final do século XIX.

A mata que recobria os morros e colinas, já derrubada para a plantação da cana de açúcar, não mais protegia o solo da erosão, agravada pelo sistema usado no plantio. Por outro lado, o incêndio da mata, usado pela Polícia da Corte, para destruição dos primeiros Quilombos (o Quilombo do Corcovado, dirigido por Sabancarará, foi o pioneiro), em janeiro de 1829, aumentou ainda mais a erosão, de tal forma, que fez diminuir a quantidade de água captada na Região e que abastecia a Cidade, através do aqueduto da Carioca, jorrando as águas pelo Chafariz da Carioca, com suas 16 bicas, pela Fonte

das Marrecas e pelo Chafariz do Carmo, pelas Bicas da Glória e do Largo do Moura, auxiliado pela Fonte do Convento da Ajuda.



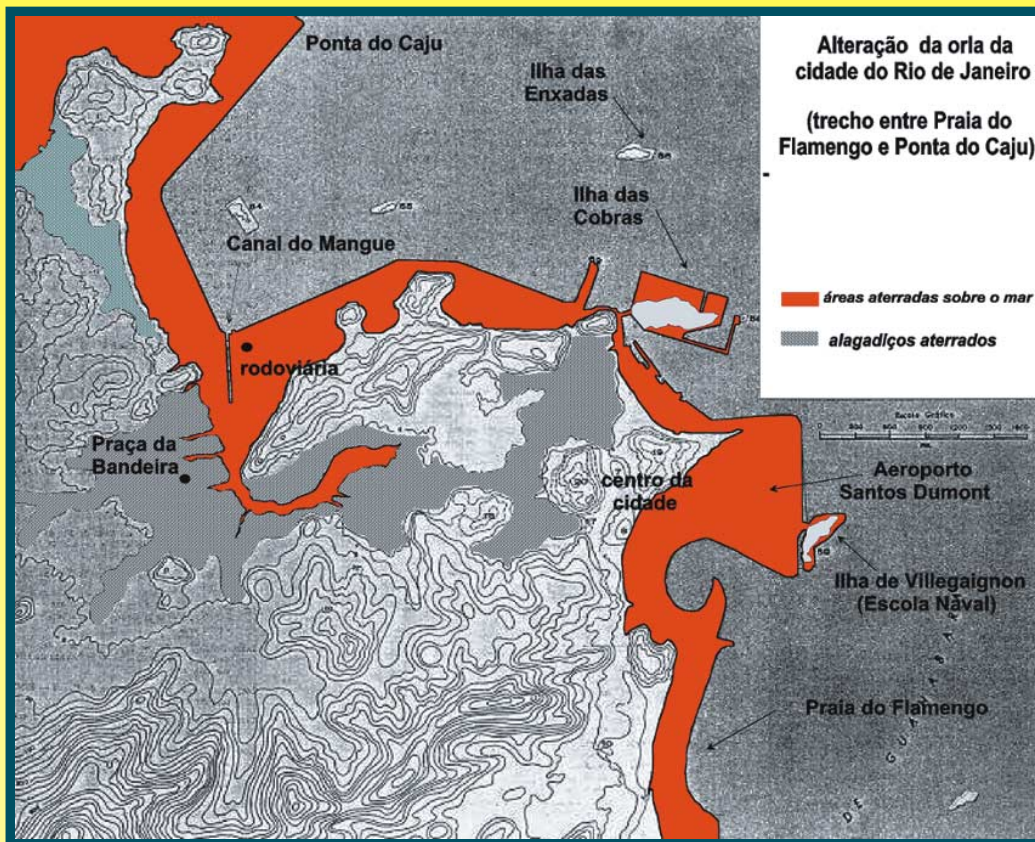
Acreditando que as freqüentes faltas de água que assolavam a Cidade eram feitas do desmatamento dos mananciais, na Serra do Corcovado, o Imperador D. Pedro II ordenou, em 1861, o reflorestamento da Floresta da Tijuca, criando assim o hoje denominado Parque Nacional da Floresta da Tijuca. Esta empreitada ecológica pioneira, foi levada a cabo pelo Major Acher que, auxiliado por escravos, especialmente designados para esta tarefa, recuperou a floresta, usando, para tanto, mudas de várias árvores que foram plantadas. Estas mudas, tais como cedro, canela, peroba, jacarandá, pau-ferro, jequitibá, jaqueira, aroeira e muitas outras, haviam sido aclimatadas e produzidas no Jardim Botânico. O reflorestamento durou por 13 anos de plantio e foi mantido e prosseguido pelos moradores da Região, destacando-se o Barão d'Escagnole e o Visconde de Taemay, que embelezaram locais dentro das florestas e abriram os atuais caminhos internos.

Na primeira década do século XX, já sob o regime da República, as necessidades de expansão comercial e de exportação do café impuseram a criação de um porto dotado de novos equipamentos em substituição à grande quantidade de trapiches que existiam na orla marítima, desde a Gamboa até o Caju.

A construção do porto e sua operação implicou em grandes **aterros** na Baía de Guanabara, desaparecimento de ilhas e estreitamento da foz dos Rios Maracanã, Comprido, Joana e Trapicheiros, fazendo surgir o Canal do Mangue e, ainda, o aterro da vasta zona de manguezais da Cidade Nova. Conseguiu-se desta forma, além do ganho territorial para ampliação da zona urbana, o saneamento da Cidade, então assolada por endemias, como a febre amarela.

Posteriormente, os melhoramentos urbanísticos introduzidos na Cidade, com a abertura da Avenida Central (Av. Rio Branco), com o desmonte do Morro do Castelo e o conseqüente aterro da zona marítima do Calabouço até Botafogo e, pouco mais tarde, a criação, por aterro da Baía de Guanabara, do Bairro da Urca, expandiram a Cidade para o mar, transformando-a de um amontoado de casas acanhadas e cortiços, na cidade internacionalmente conhecida.

Aterros marítimos semelhantes só foram realizados na década de 1950, com o desmante do Morro de Santo Antônio e a criação do Parque do Flamengo e imediatamente após, com a ampliação da Praia de Copacabana.

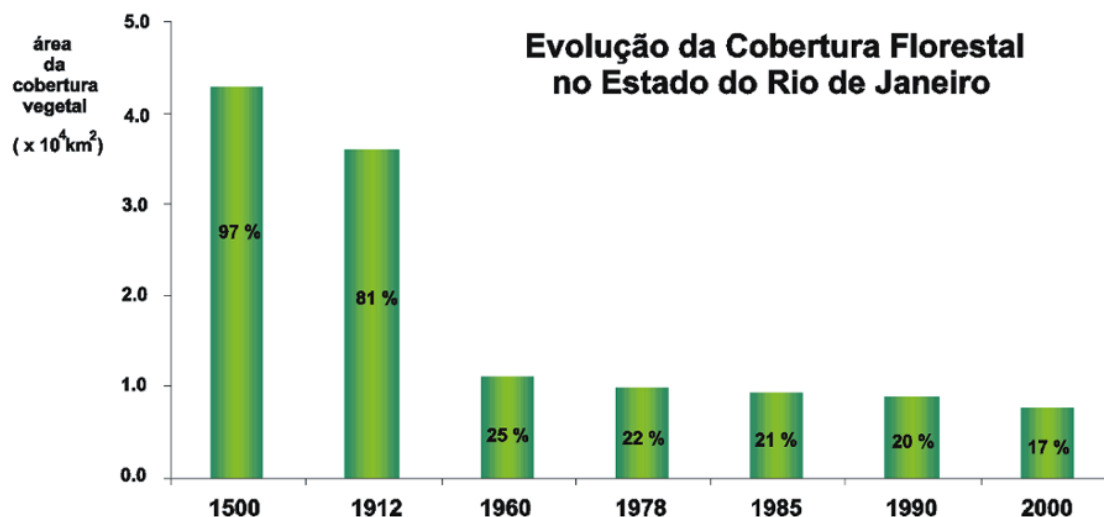


Portanto, de uma maneira geral, tanto na Cidade do Rio de Janeiro como ao longo do recôncavo da Baía de Guanabara, a conquista do espaço para a expansão urbana ocorreu exatamente sobre áreas sujeitas à inundações freqüentes, como brejos, várzeas, pântanos e manguezais. A impermeabilização do solo se deu ao longo dos trechos inferiores dos rios onde, no passado, as águas de chuva juntavam-se em pequenos braços e se espalhavam por extensas áreas marginais antes de atingirem o mar propriamente dito.

O desmatamento marcou a conquista e ocupação de novas áreas e, infelizmente, embora em menor intensidade, ocorre até os dias de hoje.

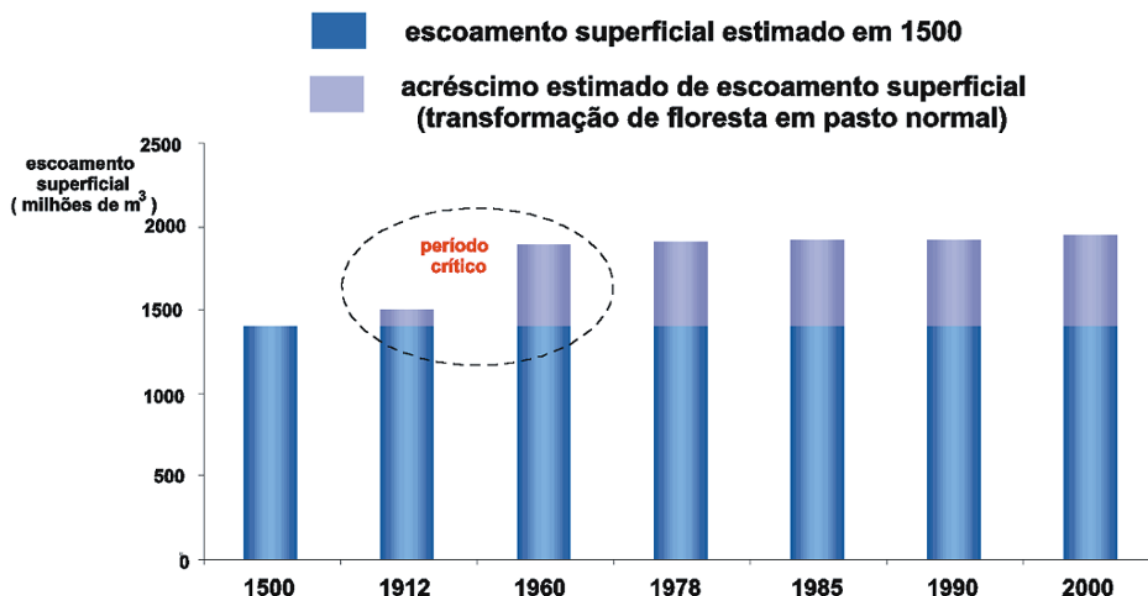


A redução da cobertura florestal aumenta o volume do escoamento superficial, reduzindo a retenção natural das águas de chuva.



Simulação do acréscimo do escoamento superficial na área do Estado do Rio de Janeiro

(transformação de floresta em pasto normal segundo os percentuais apresentados na evolução acima, utilizando dados experimentais pesquisados na Europa para uma chuva intensa de 100 mm)



A simulação é conservadora pois parte da área transformada em pasto é hoje em dia área urbana, e portanto, impermeabilizada. Conclui-se que o escoamento superficial é bem maior do que o simulado. Além desse fato, o risco de inundações é maior quando se leva em consideração fatores como, obstrução do escoamento por lixo, estreitamento de calha, retificações e canalizações.

dados baseados no mapa : Reserva da Biosfera / Mata Atlântica, 1994 - IEF/PNMA

ENCHENTES HISTÓRICAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Se uma enchente provoca o extravasamento do leito maior de um corpo hídrico, em função de uma determinada chuva, e se torna conhecida pelos prejuízos econômicos que acarreta, é considerada **histórica**. Por outro lado se a área inundada for desabitada ou sem importância econômica, será apenas uma **enchente notável**.

Enchentes históricas são sempre associadas às grandes chuvas quer por sua duração ou por sua intensidade e acontecem nas regiões habitadas.

Na Cidade do Rio de Janeiro só dispomos de registros pluviométricos a partir de 1851. Anteriormente a essa data, temos notícias de enchentes históricas na Cidade, através somente da narrativa de cronistas da época ou de viajantes estrangeiros que as registravam em seus diários de viagem. Registros antigos de inundações fora da Cidade do Rio de Janeiro não são conhecidos, à exceção de fenômenos tipo “cabeça d’água” em rios do recôncavo

da Baía de Guanabara, descritas por viajantes que se dirigiam à Minas Gerais.

A primeira inundaçãõ gerada por uma enchente histórica que se tem notícia, ocorreu no século XVI e não tem registro escrito. É, entretanto, mencionada por cronistas posteriores do Século XVII que contam sobre uma ressaca, em data não precisa, em período de maré alta, e uma chuva muito intensa de tal forma que, vencido pelo mar, o cômodo da Rua Direita (atual Rua Primeiro de Março) e com alagamento dos charcos da Cidade veio a atingir e transbordar as lagoas de Santo Antônio (Largo da Carioca), do Boqueirão (Passeio Público) e do Outeiro (Rua do Lavradio), interligando-as e formando um lagomar de toda a zona baixa da Cidade. Estendeu-se até a Prainha (Praça Mauá) e à Lagoa da Sentinela (Frei Caneca), de forma que, os morros então habitados, do Castelo (Rua Graça Aranha e México), de São Bento (São Bento) e de Pedro Dias (Rua do Senado) se transformaram em ilhas.

No século XVIII foram notáveis as enchentes de 21 para 22 de setembro de 1711, quando a Cidade sofreu a

invasão francesa, capitaneada por Duguay-Trouin. Na noite de 21, os franceses após terem capturado a Ilha das Cobras, iniciaram o célebre bombardeio da Cidade sob intenso temporal que alagou o Rio de Janeiro e facilitou a invasão francesa, tornando-a vitoriosa.

Um registro de Balthazar da Silva Lisboa narra que, em 14 de abril de 1756, aconteceu uma enchente histórica na Cidade que perdurou por 3 dias ininterruptos.

O terror se apoderou dos habitantes, fazendo com que todos procurassem abrigo nas igrejas. Segundo o cronista, as águas cresceram de tal maneira que inundaram a Rua do Ouvidor (Miguel Couto) e entravam casas a dentro. A região entre o Valongo (Praça Mauá) até a Igreja do Rosário (Rosário, esquina da Avenida Rio Branco) ficou totalmente inundada.

No século XIX aconteceram várias enchentes na Cidade. A principal delas foi a de 10 a 17 de fevereiro de 1811, conhecida como “Águas do Monte”, pela destruição no Morro do Castelo, quando desabaram várias casas, muralhas e barracos com

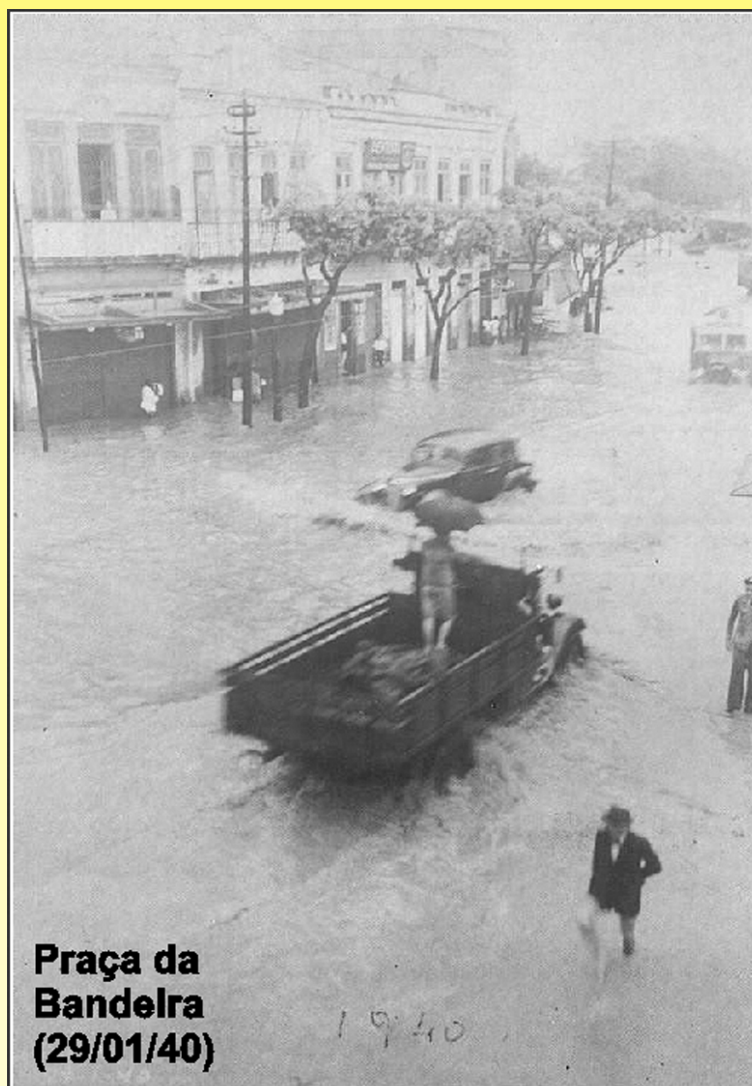
grande perda de vidas. Inquérito aberto por ordem de D. João VI apurou como causas da enchente, a falta de conservação das valas e drenos “pelos entulhos e lixos e demais imundícies lançados nelas”.

Outras enchentes históricas ocorreram no Rio de Janeiro no século XIX em 1833, 1862 e 1864. Esta última, por ser originária de uma chuva de granizo que destelhou toda a Cidade, ficou conhecida como “chuva de pedra”.

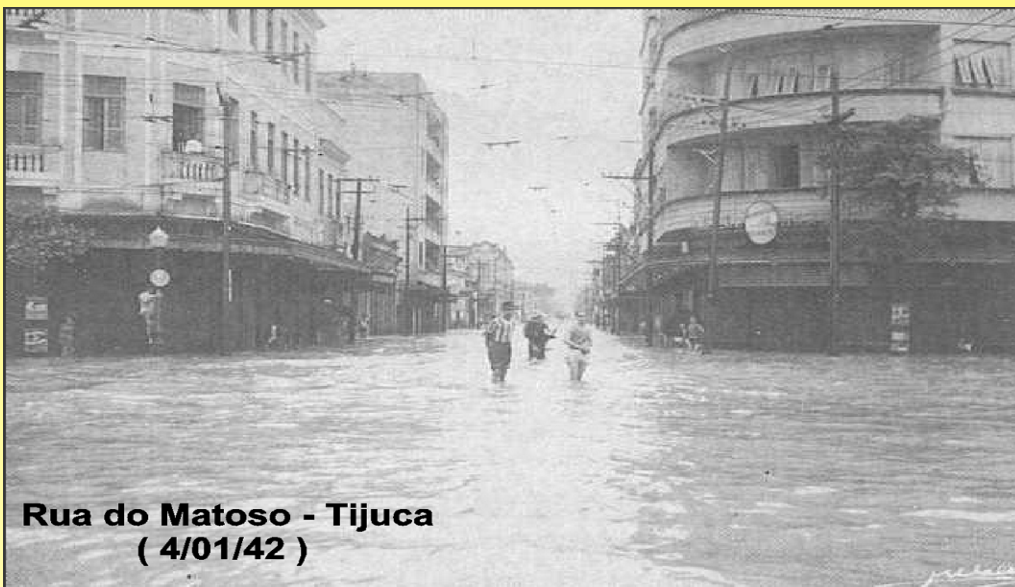
Com o crescimento da zona urbana e ocupação de zona suburbana no século XX, as enchentes históricas tornaram-se mais freqüentes, devido também, à maior impermeabilização do solo. Registram-se as seguintes enchentes:

- **Em 17 de março de 1906**, quando 165mm de chuva precipitaram-se em 24 horas, ocorrendo o transbordamento do Canal do Mangue e desmoronamentos com mortes nos Morros de Santa Teresa, Santo Antônio e Gamboa;
- **Em 23 de março de 1911**, 150mm em 24 horas, provocou nova inundação na Praça da Bandeira;

- **Em 1916** (de 7 a 9 de março e 17 de junho) com transbordamento do Canal do Mangue em ambos os eventos;
- **Em 3 de abril de 1924**, além do já costumeiro transbordamento do Canal do Mangue, desabamentos de barracos com vítimas no Morro de São Carlos;
- **Em 26 de fevereiro de 1928**, com desabamentos e mortes nos morros de São Carlos, Salgueiro, Mangueira e Santo Antônio, além da cheia da Praça da Bandeira;
- **Em 9 de fevereiro de 1938**, com chuva de 136mm/24 horas, com alagamento da Praça da Bandeira e desabamentos de prédios com mortes;
- **Em 29 de janeiro de 1940**, com chuva de 112mm/24 horas, provocou alagamento em toda a Cidade e desabamentos com mortes no Santo Cristo;



- Em 6 e 7 de janeiro de 1942, com 132mm de chuva provocando desabamentos no Morro do Salgueiro;



- **Em 17 de janeiro de 1944**, com 172mm/24 horas, ocasionando transbordamento do Canal do Mangue, Praça da Bandeira, além do Catete e Botafogo;
- **Em 6 de dezembro de 1950 e março de 1959**, com habitual alagamento da Praça da Bandeira;
- **Em 15 e 16 de janeiro de 1962**, com um total de 242mm, com os alagamentos habituais e quedas de barracos;
- **Em 11 de janeiro de 1966** ocorreu uma das maiores enchentes da história da Cidade, com uma chuva de 237mm/24 horas. Nos dias subsequentes, a chuva continuou muito forte, com total colapso do sistema de transporte e na distribuição de energia elétrica;
- **Em janeiro e fevereiro de 1967**, com efeito idêntico à chuva de 1966, atingiu os bairros da Zona Norte, principalmente a Tijuca;
- **Em 26 de fevereiro de 1971, 17 de janeiro de 1973, 4 de janeiro de 1975 e 1 de maio de 1976**, enchentes com chuvas variando de 125 a 150mm/24 horas provocaram desmoronamentos e impediram a circulação na Cidade;
- **Em 8 de dezembro de 1981**, choveu quase 15% do total médio anual, com deslizamentos em toda a Cidade e transbordamento de rios e canais em Jacarepaguá;
- **Em 3 de dezembro de 1982**, apesar da pouca intensidade da chuva, ocorreram transbordamentos no Rio Faria Timbó;

- **Em 20 de março de 1983 e em 24 de outubro de 1983** ocorreram temporais em Santa Teresa e em Jacarepaguá com desabamentos de casas;
- **Em 18 de março de 1985**, as enchentes provocaram 23 mortes e 200 desabrigados e em 12 de abril, caíram 144mm/24 horas, alagando Jacarepaguá;
- **Em 6 e 7 de março de 1986**, com 121mm de chuva, provocou deslizamentos de encostas e, no dia 29 de dezembro do mesmo ano, temporal de 64 mm/3horas, fez transbordar o Rio Maracanã;
- **De 18 a 21 de fevereiro de 1988**, ocorreu a maior enchente histórica deste século, com mais de 430mm de chuva;
- **Em 18 de abril de 1990**, enchente no Parque do Flamengo com 165mm/24 horas e, em 7 de maio, outra chuva com 103mm/24 horas, provocaram mortes no Glória e no Maracanã;
- **Em 5 de janeiro de 1992**, temporal com 132mm/24 horas afetou o Maracanã e toda a Zona Norte da Cidade;
- **Em 27 de fevereiro, 6 de março, 12 de março e 19 de março de 1993**, chuvas de grande intensidade, com duração média de 6 horas, provocaram paralisações do transporte da Cidade;
- **Em 9 de junho de 1994**, enchente no J. Botânico, com chuva de cerca de 100mm, interrompeu o acesso à Zona Sul da Cidade;

Em 14 de fevereiro de 1996, chuva com 200mm/8horas, comparável àquela das “Águas do Monte” (1811) castigou as Zonas Oeste e Sul, provocando o caos urbano.

Em diversos desses eventos, houve coincidência com maré de sizígia, ou seja, período em que a maré alta atinge níveis máximos.

Em quase todas as grandes enchentes do século XX, a Praça da Bandeira foi atingida, o que é bastante compreensível a partir da observação dos mapas do Rio de Janeiro, no início da colonização e compararmos com a época atual. O estreitamento sofrido pela foz do Canal do Mangue com os aterros para construção do Cais do Porto, fizeram com que o escoamento pelo mesmo ficasse mais lento. A boca do canal que, segundo os cronistas, possuía mais ou menos 500m de largura, passou a ter menos de 30 metros.

Principais Obras de Controle de Enchentes

Região Hidrográfica da Baía de Sepetiba

A Baixada de Sepetiba é drenada por uma série de cursos de água, sendo o mais importante, o Rio Guandu – Canal de São Francisco.

O baixo curso do Guandu e de outros rios menores que deságuam na Baía de Sepetiba, área compreendida entre Itacuruçá e Guaratiba (Município do Rio de Janeiro), foram alvo de diversas obras de drenagem e endicamentos, desde o tempo da Sesmaria dos Jesuítas.

Já naquela época (1729 – 1759), as águas do Rio Guandu foram desviadas para o Rio Itaguaí e abertas as Valas do Itá e São Francisco, paralelas ao Guandu, além de diversos canais transversais de irrigação e drenagem.

Por se tratar de uma região muito baixa, com relação ao nível das águas da Baía de Sepetiba, sua ocupação só foi possível depois de inúmeras obras que tiveram início em 1920, sob a responsabilidade da **Comissão Federal de Estudos para Desobstrução do Rio Guandu e seus Afluentes**.

Desse período até 1931, novas comissões se sucederam na execução de obras semelhantes que perdiam eficácia em curto prazo.

Em 1933, a recém criada **Comissão de Saneamento da Baixada Fluminense** elaborou planos de saneamento para a Baixada de Sepetiba, com a finalidade de drenar as áreas alagadiças e promover a ocupação, através da agricultura.

O DNOS executou, entre 1935 e 1941, os serviços e obras previstas no referido plano. Esse conjunto de intervenções é considerado, desde então, o maior na região, para controle das enchentes.

As ações contemplaram os trechos fluviais da baixada do Canal de São Francisco e Rios Guandu, da Guarda, rios da atual Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro e outros em pequenas bacias, em Mangaratiba.

No período, foram construídos diques longitudinais de terra, ao longo do Canal de São Francisco e do Rio Guandu-açu, desde a antiga Estrada Rio - São Paulo até as respectivas desembocaduras.

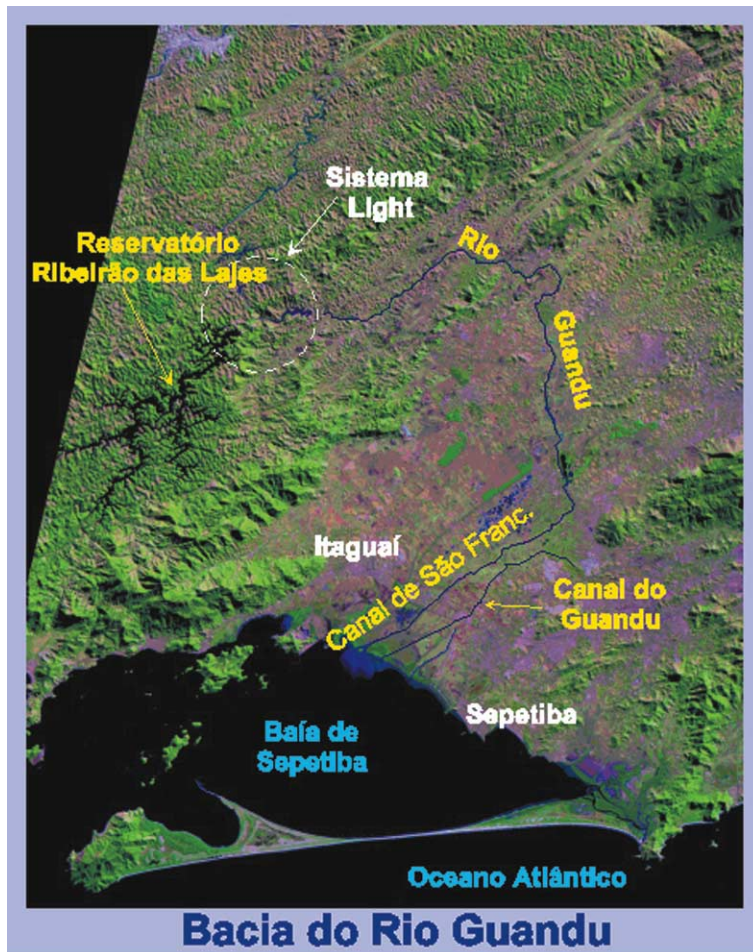
Foram concluídas dragagens em cerca de 270km de cursos de água, abertos 620km de valetas e erguidos 50km de diques de proteção.

A ocupação e impermeabilização de novas áreas somadas à falta de manutenção das calhas, levaram a SERLA, em 1979, a contratar a elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Baía de Sepetiba, que, no entanto, não foi executado.

Atualmente, tanto a SERLA como a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, atuam na área, com pequenas obras de limpeza e canalização.

Apesar de todo o investimento ao longo dos anos, transformando a região numa verdadeira teia de canais e valetas, a um custo ambiental elevado, dada a eliminação de extensas áreas de brejo, desfiguração da mata ciliar e de parte dos manguezais, a área ainda oferece ameaça de inundação significativa, principalmente na coincidência de períodos chuvosos e maré alta.

Região Hidrográfica da Baía de Guanabara



Cabe ressaltar a existência do Sistema Light de Geração de Energia Elétrica, que altera o regime de vazões naturais do Rio Guandu. É responsável pela injeção na Bacia do Guandu, de até 189 m³/s, desviados da Bacia do Rio Paraíba do Sul, pelas Estações Elevatórias de Santa Cecília (160m³/s), no Rio Paraíba do Sul, e Vigário, no Rio Piraí, afluente do Paraíba pela margem direita, que teve o curso desviado.

O Sistema é composto pelos Reservatórios de Santa Cecília, Santana, Vigário e Tocos, na vertente do Paraíba do Sul e Ribeirão das Lajes e Ponte Coberta, na Bacia do Rio Guandu. A operação integrada desses reservatórios é voltada para geração de energia nas Usinas Hidrelétricas de Nilo Peçanha e Fontes Nova, situadas logo a jusante da Represa de Ribeirão das Lajes e, posteriormente, na Usina de Pereira Passos, no Rio Guandu.

A necessidade de expansão da malha urbana da Cidade do Rio de Janeiro, no final do século passado, foi o principal motivo para o início das grandes intervenções que alteraram o padrão natural de drenagem das terras baixas no entorno da Baía de Guanabara.

A extensa área, rica em manguezais, brejos e várzeas, situada entre Meriti e Guaxindiba, foi ocupada, gradativamente, à medida que as obras de drenagem e dragagem avançavam, acompanhando a abertura de novas vias de acesso.

As primeiras obras tiveram início em 1894, sob o comando e orientação da **Comissão de Estudos e Saneamento da Baixada** e se estenderam até 1900.

Na realidade, essas iniciativas beneficiaram terras de grandes proprietários, para fins agrícolas e navegação dos rios. Na época, foram alargados, aprofundados e retificados, trechos do Canal da Piedade e dos Rios Estrela e Imbariê.

Posteriormente, no período 1910–1916, a **Comissão Federal de Saneamento e Desobstrução dos Rios**

que Deságuam na Baía de Guanabara atuou de forma ampla na região, alterando, em definitivo, a configuração física dos trechos inferiores dos principais rios afluentes à Baía.

Contratada pela referida Comissão Federal, a empresa de Melhoramentos da Baixada Fluminense efetuou as seguintes obras (Amador, 1997):

- Rio Meriti – retificação, alargamento e dragagem de 2,2km junto à desembocadura;
- Rio Sarapuí – retificação até a Estrada de Ferro Leopoldina e interligação com o Rio Iguaçu, através da abertura de um canal artificial;
- Rio Iguaçu – retificação, alargamento e dragagem de 2,7km;
- Rio Estrela – retificação, alargamento e aprofundamento de 2,8km. Em 1913, o trecho sofreu nova intervenção com o aumento da extensão retificada. A largura passou para 50m;
- Canal Inhomirim – canal artificial aberto numa extensão de 3,24km, com 40m de largura;
- Canal Saracuruna – afluente pela margem direita do Rio Estrela, foi

aberto numa extensão de 2,1km;

- Rio Suruí – retificação, alargamento e dragagem de 1,5km do trecho inferior, junto à desembocadura na Baía;
- Rio Guapi – retificação, alargamento e dragagem, numa extensão de 5,8km;
- Rio Macacu – retificação, dragagem, alargamento e aprofundamento de 3,8km, passando a 60m de largura e 2,5m de profundidade média. Posteriormente, esse trecho foi interligado ao Rio Guaxindiba, através do Canal do Furado, aberto artificialmente.

Na realidade, essas ações não devem ser consideradas como obras de controle de enchentes, pois tinham por único objetivo: tornar secos os terrenos úmidos marginais, ainda não ocupados.

A transformação do cenário natural trouxe graves conseqüências à natureza dos ecossistemas, pela alteração da circulação das águas estuarinas, da salinidade, da erosão e da sedimentação.

A continuidade do desmatamento e o avanço da urbanização, geraram novas características dos hidrogramas de enchente que,

sob as condições geométricas impostas às calhas dos rios, intensificaram o processo de erosão e sedimentação. As obras tornaram-se inúteis em pouco tempo e mais investimentos foram necessários.

No início dos anos 30, a drenagem deficitária e as inundações crônicas das áreas baixas, levaram o Governo Federal a criar, em 1933, a **Comissão de Saneamento da Baixada Fluminense**.

Novas dragagens, retificações e alargamentos seriam realizados com o único propósito de, a princípio, melhorar as condições de drenagem, permitir a ocupação de novas terras e combater o mosquito transmissor da malária.

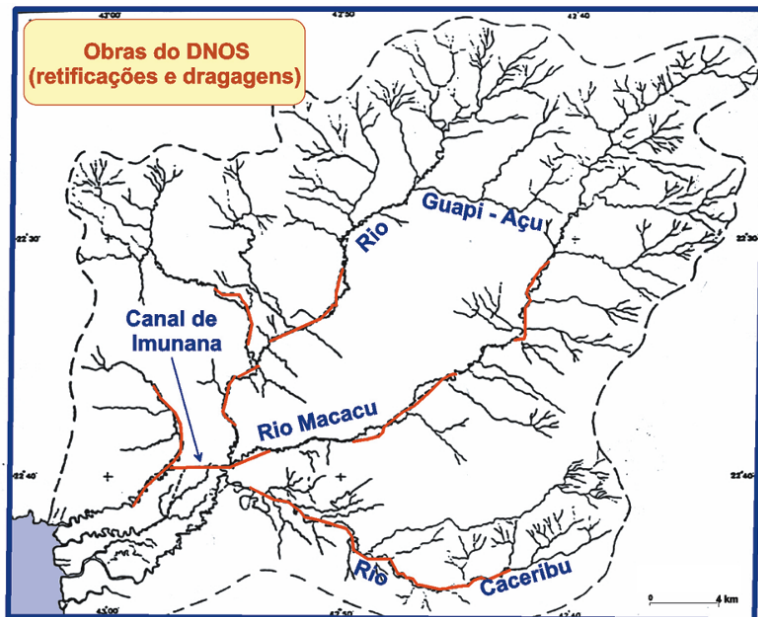
A referida Comissão ampliou suas atividades e foi a justificativa para que, em 1934, o Governo criasse o **Departamento Nacional de Obras de Saneamento - DNOS**.

O DNOS prosseguiu na adoção das mesmas soluções de engenharia para o controle das enchentes e inundações.

Em 1947, foram iniciadas as intervenções que iriam descaracterizar a drenagem natural da parte baixa da Bacia do Rio Caceribu e Macacu.

Até então, o Macacu era afluente do Caceribu pela margem direita. A região do baixo Caceribu sofria inundações naturais sobre extensas áreas de manguezal e de várzeas.

As elevadas declividades dos cursos de água, na região alta da Bacia do Macacu, criavam condições propícias para a rápida formação das enchentes, fato que intensificava o potencial de inundação das áreas marginais do baixo Caceribu.



Para evitar tal cenário e permitir a ocupação das terras, o DNOS abriu, artificialmente, o Canal de Imunana, interligando o curso do Rio Macacu, logo a jusante da confluência com o Guapi-açu, com o Rio Guapimirim.

Outras intervenções estavam programadas pelo DNOS no âmbito do **Projeto Fundo da Baía de Guanabara**, visando, exclusivamente, a drenagem das terras, sem uma preocupação maior com a componente ambiental.

Depois de árdua luta travada por ambientalistas, finalmente, em 1984, foi criada a Área de Proteção Ambiental de Guapimirim.

Ainda no período entre 1947 e 1957, a Bacia do Caceribu sofreu intervenções semelhantes. O curso principal teve cerca de 36km retificados, bem como vários trechos de seus principais afluentes.

Em 1979, o **Programa de Erradicação da Sub-habitação – PROMORAR**, criado e conduzido pelo então Ministério do Interior, visava a atender os moradores assentados sobre palafitas, em áreas alagadas ou alagáveis.

Coube ao DNOS, mais uma vez, sanear e recuperar tais áreas e, ao extinto Banco Nacional de Habitação – BNH, financiar as obras.

O PROMORAR tinha como linha mestra de ação, criar grandes aterros sobre terrenos sujeitos a inundação ou alagados, mantendo os moradores no mesmo local.

Extensas áreas do espelho de água da Baía de Guanabara foram aterradas, permitindo o avanço da urbanização sobre terrenos frágeis, praticamente ao nível das águas da Baía e sujeitos aos trasbordamentos dos trechos inferiores dos rios que tiveram seus cursos prolongados.

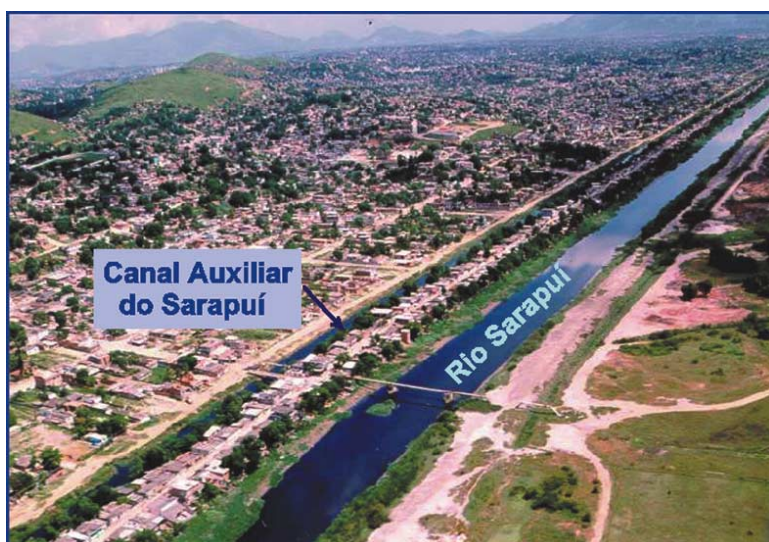
Foram 11 milhões de m³ de aterro hidráulico e 7 milhões de m³ de aterro mecânico, com a criação de 2,7km² de área para novas habitações, junto aos segmentos de jusante dos trechos inferiores, principalmente dos Rios Irajá, São João de Meriti e Iguaçú.



Programa de Erradicação da Sub-habitação - DNOS - 1979



Programa de Erradicação da Sub-habitação - DNOS - 1979



Ao longo do baixo curso do Rio Sarapuí foram construídos diques laterais e, pela margem direita, estendendo-se por 1,5km, um canal auxiliar interceptando pequenos afluentes e valões, com área de contribuição total cerca de 15km². Atualmente, parte desses diques apresentam cotas de coroamento insuficientes decorrentes de recalques localizados ou da retirada de terra por terceiros.

Pela margem esquerda do Sarapuí, no trecho hoje compreendido entre as Avenidas Presidente Kennedy e a Automóvel Club, foram construídos diversos pôlderes para confinar parte das águas pluviais em reservatórios pulmão, reduzindo os riscos de ocorrência de extravasamento do Rio Sarapuí, principalmente nos períodos de maré alta na Baía de Guanabara.

No início de 1982, após as inundações que causaram grandes danos às populações da Região Serrana e Baixada Fluminense, o então Ministério do Interior encarregou ao DNOS, a execução do **Programa de Controle de Enchentes e Combate à Erosão da Região Serrana e Baixada Fluminense – RSBF**.

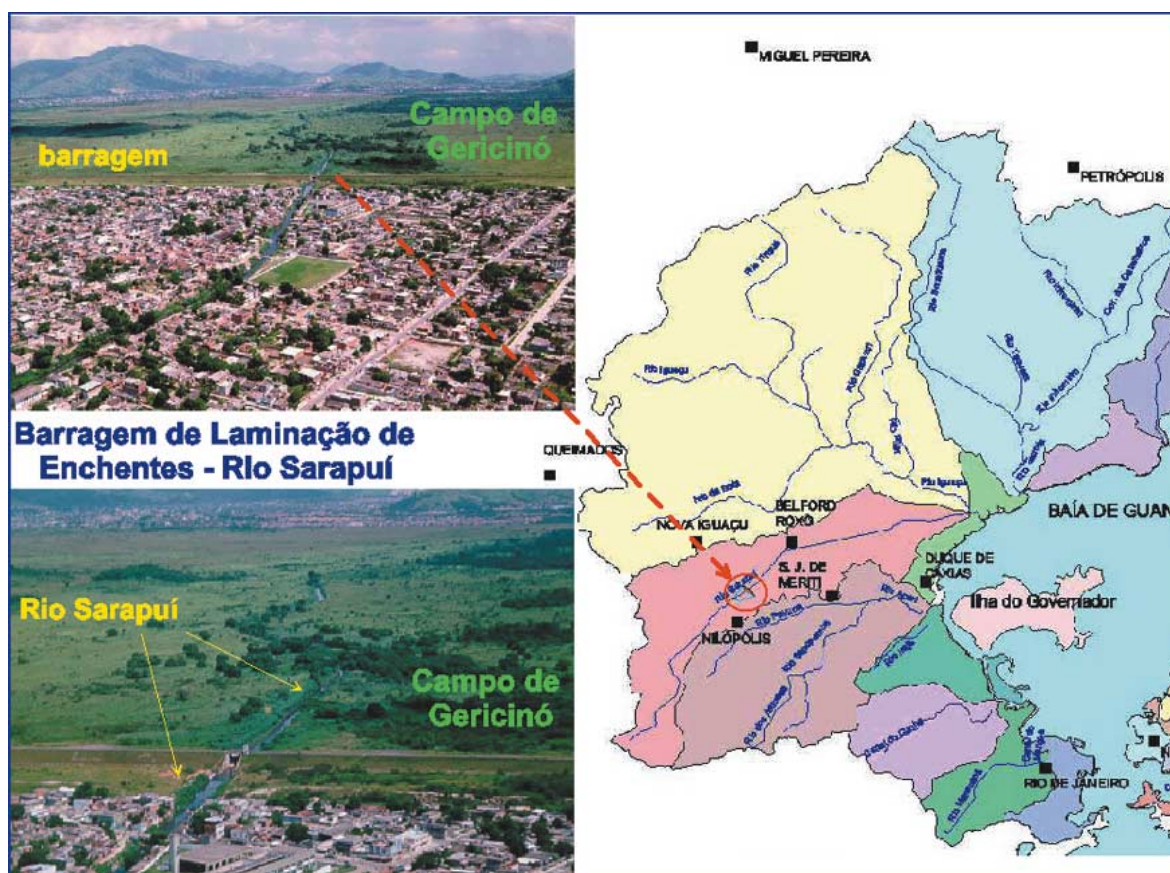
O DNOS passou a atuar, novamente, executando obras de defesa contra erosão e construindo pontes no Município de Magé (Rios Suruí, Caioba, Conceição, Branco, Roncador e seus afluentes).

O cenário de calamidade pública que se configurou na Cidade do Rio de Janeiro e Baixada Fluminense, logo após as chuvas intensas e duradouras do verão de 1988, foi o suficiente para que, em condições emergenciais, o Governo do Estado tomasse empréstimos da ordem de US\$ 150 milhões, junto à Caixa Econômica Federal – CAIXA e ao banco Mundial – BIRD.

Surge o Programa Reconstrução-Rio, constituído de várias componentes setoriais, com ênfase na drenagem. No âmbito deste componente, obras de micro e macro drenagem foram realizadas nas Bacias dos Rios Sarapuí, Pavuna, Meriti, Iguaçu, Botas, Inhomirim, Estrela, Canal do Cunha e outros (dragagem, canalizações, proteção de margens, remanejamento de população e substituição de pontes e equipamentos públicos).

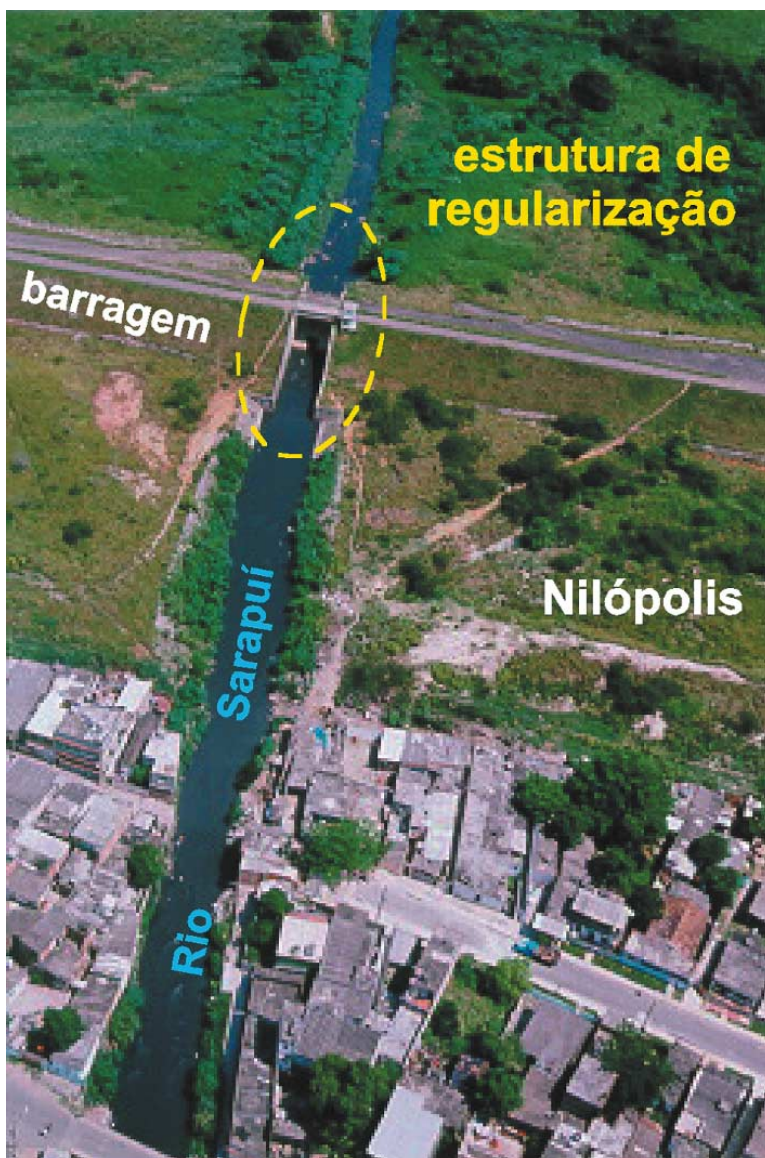
A mais importante obra do Programa Reconstrução-Rio foi a barragem de laminação de cheias do Rio Sarapuí, em Gericinó (Município de Nilópolis), tendo sido incluída no elenco de intervenções do Projeto de Macro e Mesodrenagem das Bacias dos Rios Sarapuí e Pavuna-Meriti, sob responsabilidade da Serla.

A barragem, composta de dois trechos laterais em terra e uma estrutura central de concreto, tem por finalidade, o amortecimento dos picos dos hidrogramas de enchente afluentes à região urbana da Bacia do Rio Sarapuí.



A bacia de acumulação criada pela barragem, situa-se dentro dos limites do Campo de Gericinó, área de treinamento do Exército.

As contribuições ordinárias a montante da obra fluem normalmente no leito do Sarapuí, passando pela barragem através dos orifícios de descarregadores de fundo, situados na parte inferior da estrutura de concreto. Comportas permitem controlar a vazão máxima liberada para a área urbana de Nilópolis, a jusante, compatível com a capacidade de escoamento da calha do Rio Sarapuí. Acima da vazão mantida pelos mecanismos de controle, as águas das enchentes são armazenadas dentro da bacia de acumulação, inundando, temporariamente, o Campo de Gericinó.



No caso de chuvas excepcionais e possível falha operacional dos descarregadores, as águas serão liberadas para jusante pelo vertedouro existente no topo da estrutura de concreto.

Aproveitando as mesmas idéias que permitiram a concepção da solução de engenharia para o controle das inundações na área urbana de Nilópolis, a SERLA projetou e construiu uma barragem semelhante, no Rio Pavuna, utilizando também o Campo de Gericinó como bacia temporária de acumulação dos volumes excedentes.

As duas bacias foram interligadas por um canal de 720m de comprimento, com o propósito de permitir o aumento da capacidade de armazenamento do conjunto das duas bacias de acumulação. Acima de uma determinada cota, as águas retidas pela Barragem do Rio Sarapuí são compartilhadas com a bacia de retenção formada pela Barragem do Pavuna.

Bacia do Rio São João

Com a justificativa de controlar as enchentes, limitar a extensão das áreas inundáveis e proporcionar a ocupação das terras marginais do baixo curso do Rio São João, o DNOS entregou à sociedade, no início dos anos 80, o Dique-barragem e o conseqüente Reservatório de Juturnaíba.

Localizado entre os Municípios de Araruama e Silva Jardim, tinha o propósito de laminar os hidrogramas de enchente para o curso inferior do Rio São João e possibilitar a regularização dos volumes afluentes, garantindo vazões para a irrigação de áreas selecionadas pelo Programa Nacional do Álcool e outras de diferentes cultivos e, ainda, sustentar as demandas para abastecimento público domiciliar e industrial.

O projeto foi incluído, em 1975, no **Programa Especial de Controle de Enchentes e Recuperação de Vales**, entregue ao DNOS, em 1976, que concluiu a obra em 1984. O início do enchimento do reservatório se deu em 1982.

O Dique-barragem tem 3.46km de extensão, sua crista está na cota 11, em relação ao zero do

IBGE e é dotado, na parte central, de um vertedouro-barragem de concreto armado. O vertedouro é do tipo labirinto com 4 elementos, totalizando 710m de extensão.

Em ambos os lados, foram construídas, em cotas mais baixas, duas tomadas de água, controladas por stop-logs, a montante e comportas a jusante.

A obra de represamento ampliou a área do antigo espelho d'água da Lagoa de Juturnaíba, de 5,56km² para 30,96km², isto é, aproximadamente 5 vezes mais que a configuração natural.

A antiga lagoa acumulava, em média, cerca de 10 milhões de m³ e possuía geometria superficial retangular, com 1.6km de largura, por 3.7km de comprimento, apresentando profundidade média de 4m.

O atual reservatório possui forma irregular, com comprimento máximo de 17km e é capaz de armazenar em torno de 100 milhões de m³ de água.

Paralelamente à construção da barragem, vários cursos de água sofreram retificação, alargamento e aprofundamento. Ao longo da região do baixo São João, o DNOS construiu um "canal de saneamento" cuja extensão é 52% menor que a da calha natural, com aproximadamente 24km, interligando a saída da bacia de dissipação da Barragem de Juturnaíba com o trecho inicial do curso inferior. O canal de saneamento cortou os meandros naturais do Rio São João que hoje se constituem em calhas abandonadas.

Da mesma forma, os afluentes que desenhavam meandros pela planície aluvionar de inundação, foram retificados durante e após a construção da barragem.

As obras do DNOS, da mesma forma que na Baixada Fluminense, causaram grandes impactos ambientais em troca da recuperação de extensas áreas improdutivas, alagadiças e sujeitas a inundação.

Atualmente, o corpo da barragem, estruturas auxiliares e equipamentos do Dique-barragem, bem como os cursos de água retificados encontram-se em estado de conservação precário.

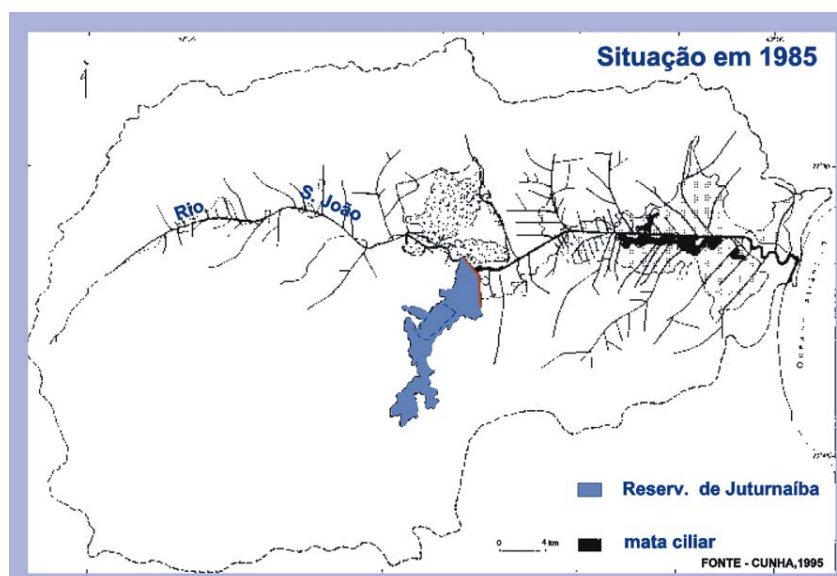
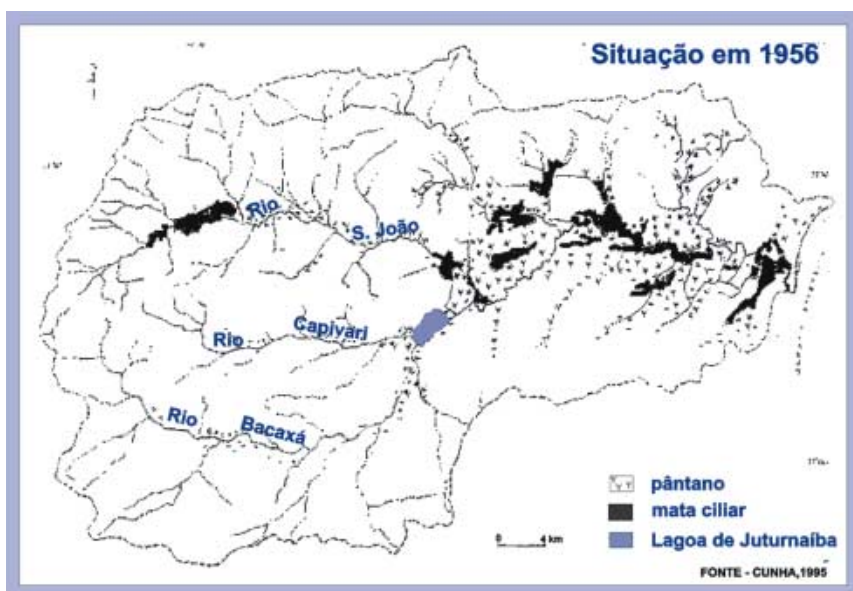
Em decorrência da falta de manutenção, a obra apresenta problemas de ordem estrutural, isto é: infiltrações; deslocamentos superficiais da camada de concreto, em vários

pontos da crista do vertedouro; problemas graves nos canais laterais de fuga, como fissuras, trincas e colapso de parte dos muros terminais; lasca nos pilares de sustentação das comportas e constatação de erosão retrogressiva a jusante da bacia de dissipação de energia.

Atualmente, o dique-barragem não cumpre a função de laminação dos hidrogramas de enchentes críticos, uma vez que há necessidade de investimentos para recuperar os mecanismos e estruturas de regularização e controle.

As comportas, mesmo emperradas, são operadas pela Prefeitura de Silva Jardim, cujo critério é desconhecido e não atende à bacia hidrográfica a jusante.

Dentro do contrato de concessão das águas do reservatório para abastecimento domiciliar da Região dos Lagos, a concessionária Águas de Juturnaíba ficou responsável pela realização de serviços de manutenção do dique-barragem. Tais serviços não são claramente discriminados no contrato e não tem o propósito de estabelecer regras operacionais para as estruturas e equipamentos visando o armazenamento e regularização dos volumes afluentes.



Bacia do Rio Macaé

Ao final da década de 60 e durante o início dos anos 70, o DNOS efetuou obras de dragagem, retificação e alargamento de vários cursos d'água na região do Baixo Macaé.

Na época, foi aberto um canal retilíneo, de aproximadamente 26km, ao longo da margem esquerda do Rio Macaé, desabilitando os meandros da calha natural e drenando áreas alagadiças da planície aluvionar.

A pretensão do DNOS e do INCRA, detentor das áreas, estava voltada para a recuperação de áreas alagadiças e várzeas, permitindo o aumento do cultivo do arroz, cana de açúcar e cítricos, reduzindo a pecuária. Desenvolvia-se a idéia de um plano agropecuário a ser integrado com a Bacia do Rio São João.

As intervenções do DNOS, à semelhança daquelas executadas no baixo São João e tributários, trouxeram impactos ambientais irreversíveis, como a diminuição de pescado, em decorrência da redução das áreas de postura e o desaparecimento parcial de extensas várzeas dotadas de vegetação natural.



Haviam estudos à época para implantação de uma barragem próximo da localidade de Ponte Baião, na altura do trecho final do curso médio do Rio Macaé.

A obra tinha por objetivo laminar as enchentes críticas e regularizar as vazões durante períodos de estiagem.

Baixo Curso do Paraíba do Sul

As muitas inundações que atingiam a Baixada dos Goitacazes, decorriam dos periódicos extravasamentos da calha do Rio Paraíba do Sul. Em 1966, se deu a maior inundação observada na região, com uma vazão máxima estimada em 6000m³/s, tendo as águas do Paraíba ultrapassado e destruído vários trechos dos antigos diques existentes.

As conseqüências para a economia foram sérias, arruinando toda a safra de cana de açúcar, paralisando as usinas e atingindo duramente a Cidade de Campos e periferia.

Os efeitos catastróficos da enchente, motivaram a liberação de verbas e o início da maior obra de controle de inundações da Baixada dos Goitacazes.

O DNOS, responsável pela execução dos serviços, apresentou um plano de obras que visava, principalmente, concluir os diques da margem direita do Paraíba, inverter o fluxo de todos os canais afluentes, no sentido da Lagoa Feia, e esgotar a Lagoa, por meio de um único canal (Canal da Flecha) diretamente ao mar, pela Barra do Furado.

O projeto foi concebido de modo a confinar as águas do Paraíba em sua calha, por meio de diques, e drenar toda as contribuições da margem direita para a Lagoa Feia, que funcionaria como reservatório de compensação, ligado ao mar por um canal de descarga.

Em 1975, essas obras estavam praticamente concluídas. Posteriormente, no âmbito do **Programa Especial de Controle de Enchentes e Recuperação de Vales**, o DNOS implantou um sistema de comportas no Canal da Flecha, permitindo a regularização dos níveis da Lagoa Feia e limitando a penetração da água do mar, nas marés altas.

Também foram construídas 6 tomadas d'água controladas por comportas no Rio Paraíba do Sul, que passaram a utilizar, nos períodos de estiagem, as calhas de seus antigos tributários, agora com o sentido do fluxo invertido, como canais de irrigação de extensas áreas de plantio de cana de açúcar.



As mais importantes, pela margem direita, são as tomadas para o Canal Campos – Macaé, com o propósito de possibilitar a manutenção do nível da Lagoa Feia e irrigação das áreas marginais e, as dos Canais Itareré e Coqueiros, também direcionadas para irrigação.

Ao longo da margem esquerda, destaca-se a tomada do Canal Vigário, com o objetivo de regularização do nível da Lagoa do Campêlo e irrigação.

As tomadas d'água reforçam as contribuições nesses canais principais que, por sua vez, sofrem inúmeras derivações para canais secundários, perfazendo, no total, cerca de 1300km de extensão.

Atualmente, a maior parte está sem manutenção e em estado de abandono. Algumas tomadas ainda são mantidas e operadas em função dos interesses de alguns usineiros e agricultores, não havendo regras pré-estabelecidas.

Os 65km de diques construídos pelo DNOS permitem uma sobre-elevação do nível d'água do Rio Paraíba, em até 5m acima da situação média, sem transbordamento. A obra

da margem esquerda, está abandonada e a da direita, por ser um dique-estrada, está em melhores condições.

Em janeiro de 1997, durante longo período chuvoso, a população de Campos foi ameaçada com o rompimento do dique da margem esquerda em dois pontos.

A Cidade de Campos já não sofre as inundações do passado, com a mesma intensidade. A implantação da Usina Hidrelétrica de Funil, em 1969, junto à fronteira dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, tornou-se uma aliada na laminação dos hidrogramas de enchente gerados no território paulista. Apesar de estar voltada para geração de energia elétrica, a operação do reservatório permite, em situações críticas, a exemplo das enchentes de janeiro de 2000, armazenar grandes volumes de água, regularizando as vazões compatíveis com a capacidade da calha do Rio Paraíba do Sul, a jusante.

Outro fator positivo, sob o ponto de vista de redução das vazões em tempos chuvosos é o bombeamento de 160m³/s, na Estação Elevatória de Santa Cecília, em Piraí, para

suprir parte das necessidades operacionais do Sistema Light de geração de energia elétrica.

Áreas Inundáveis no Estado do Rio de Janeiro

A divulgação da localização e delimitação das áreas sujeitas a inundação e os riscos associados, é uma prática adotada pelo Poder Público em muitos países.

Nas bacias ainda pouco ocupadas é uma ferramenta importante no planejamento do uso do solo, permitindo estabelecer critérios para o zoneamento das terras e a seleção dos futuros usos e obras de controle.

As áreas de inundação dependem da capacidade de escoamento do leito do rio em função das vazões geradas pelas chuvas. Essas áreas naturais de inundação cumprem importante papel no amortecimento e na retenção das águas das enchentes.

Vazões e volumes máximos observados na mesma unidade de tempo, durante longos períodos, são relacionados com as dimensões e localização das respectivas áreas inundadas. Estudos estatísticos permitem

associar vazões máximas a uma dada probabilidade de ocorrência e, em conseqüência, à localização e ao tamanho da área inundada.

Usualmente, as vazões máximas, a cada ano, são selecionadas a partir das observações realizadas através das estações fluviométricas. O tratamento estatístico desses valores extremos determina a probabilidade de que um dado valor de vazão seja igualado, ou excedido, durante um certo intervalo de tempo. Essa vazão poderá ocorrer a cada ano, com a mesma probabilidade e, pelo menos uma vez, ao longo do intervalo de tempo considerado. Esse intervalo de tempo é chamado de **tempo de recorrência ou período de retorno**.

No Estado do Rio de Janeiro ainda não se adota a prática de identificação e divulgação da localização e magnitude dessas áreas e os respectivos riscos associados.

A dinâmica que envolve esses processo requer a sistemática observação dos eventos pluviométricos, dos estudos dos hidrogramas de enchentes gerados e o mapeamento das áreas naturais de inundação.

Por outro lado, pode-se obter informações sobre a questão, nos resultados de estudos e pesquisas fruto de iniciativas isoladas do Poder Público e do setor acadêmico.

De uma maneira geral, é possível afirmar que, no Estado do Rio de Janeiro, essas áreas distribuem-se ao longo dos trechos inferiores dos rios que nascem na Vertente Atlântica da Serra do Mar, percorrendo extensas planícies flúvio-marinhas, sujeitas a elevado índice pluviométrico, onde o processo de ocupação do solo foi inadequado às condições naturais do ambiente.

Região Contribuinte à Baía de Guanabara

Em 1989, por iniciativa da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA, foi desenvolvido o estudo “**Deteção de Áreas de Riscos de Inundações da Região da Baía de Guanabara**”. O trabalho, que apresenta resultados a nível macro-regional, baseou-se no cruzamento de informações sobre uso do solo, obtidas a partir de interpretação de imagens de satélite, com informações sobre áreas potencialmente inundáveis. Essas áreas foram classificadas segundo as seguintes características físicas: forma, relevo e permeabilidade do solo da bacia hidrográfica e declividade, mudança brusca de direção, cotas altimétricas e pontos de estrangulamento das calhas dos rios.

Para definir o grau de criticidade de uma área em função do seu potencial de inundação, propôs-se 5 níveis:

Nível	Risco associado às características físicas	Densidade de ocupação urbana
I	Alto Risco	Alta
	Alto Risco	Baixa e Média
II	Alto Risco	Média e Alta
	Algun Risco	Muito Baixa a Baixa
III	Alto Risco	Sem Ocupação - no Vetor de Crescimento
	Alto Risco	Muito Baixa a Baixa
IV	Alto Risco	Muito Baixa a Alta
	Algun Risco	
V	Risco Incipiente ou Ausente	

A densidade de ocupação baseou-se na comparação da situação existente com padrões preestabelecidos pelos autores do trabalho para cada caso:



alta densidade



média densidade



baixa densidade



muito baixa densidade

As bacias hidrográficas estudadas foram as mesmas objeto do **Programa Reconstrução Rio**, realizado pela SERLA, após as chuvas intensas de fevereiro de 1988. O resumo das principais observações apontadas à época (antes das intervenções do Programa) foram:

1. Bacia do Cunha – Localizada no Município do Rio de Janeiro, tem como principais formadores, os Rios Jacaré, Faria e Timbó. A área crítica desenvolve-se ao longo das margens do Rio Faria, no trecho a montante da confluência com o Timbó, até a seção logo a jusante da confluência com o Jacaré, onde se observou média densidade de ocupação urbana. Possíveis causas das inundações: alguns pontos de estrangulamento de seção e uma inflexão de 90° próximo à ferrovia.
2. Bacia do Acari – Localiza-se no Município do Rio de Janeiro. O Rio Acari, afluente do São João de Meriti pela margem direita, tem como principais contribuintes, os Rios das Pedras, Sapopemba, Marangá, Piraraquara, Catarina, Merim e dos Afonsos. A rede de drenagem, no curso superior, é densa e bem encaixada. As áreas críticas localizadas nos cursos médio e inferior, prolongam-se desde próximo à confluência dos seus formadores, Afonsos e Marangá, até sua desembocadura no São João de Meriti. As inundações estão associadas, segundo a SERLA, a estrangulamentos de seção, curvas e confluências. As áreas encontram-se altamente ocupadas.
3. Bacia do Pavuna / Meriti – A Bacia tem forma alongada e engloba parte dos Municípios do Rio de Janeiro, São João de Meriti e Duque de Caxias.

As cabeceiras situam-se logo a montante do Campo de Gericinó. Nessa parte da Bacia, encontram-se pequenos núcleos de ocupação urbana de baixa densidade. A jusante do Campo, o Rio drena região densamente urbanizada, onde se concentram as áreas críticas.

Principais causas das freqüentes inundações: alta impermeabilização, diversos pontos de estrangulamento e a influência das marés, principalmente no trecho após a confluência com o Rio Acari, quando passa a se chamar São João de Meriti.

4. Bacia do Sarapuí – Abrange parte dos Municípios do Rio de Janeiro, onde tem suas nascentes, Nova Iguaçu, Nilópolis, São João de Meriti e Duque de Caxias. Os principais afluentes são os Rios das Tintas, Sardinha, do Prata e Dona Eugênia. O curso superior apresenta rede de drenagem bem ramificada e encaixada, percorrendo área com vegetação arbustiva. O trecho médio atravessa bairros populosos como Vila Kennedy, Senador Camará, Vila Aliança, Bangu e Mesquita. Após a confluência com o Rio Sardinha, o Sarapuí atravessa o Campo de Gericinó, onde predomina vegetação herbácea/arbustiva. As áreas críticas surgem logo após os limites do Campo, até a sua desembocadura no Iguaçu. A ocupação urbana tem densidades média e alta.
5. Bacia do Iguaçu – Abrange parte dos Municípios de Nova Iguaçu e Duque de Caxias. Tem como principais afluentes os Rios das Botas, das Velhas, Capivari, Pilar e Calombé. As áreas junto às nascentes apresentam declividades bastante acentuadas, com solo pouco permeável, o que resulta em elevada

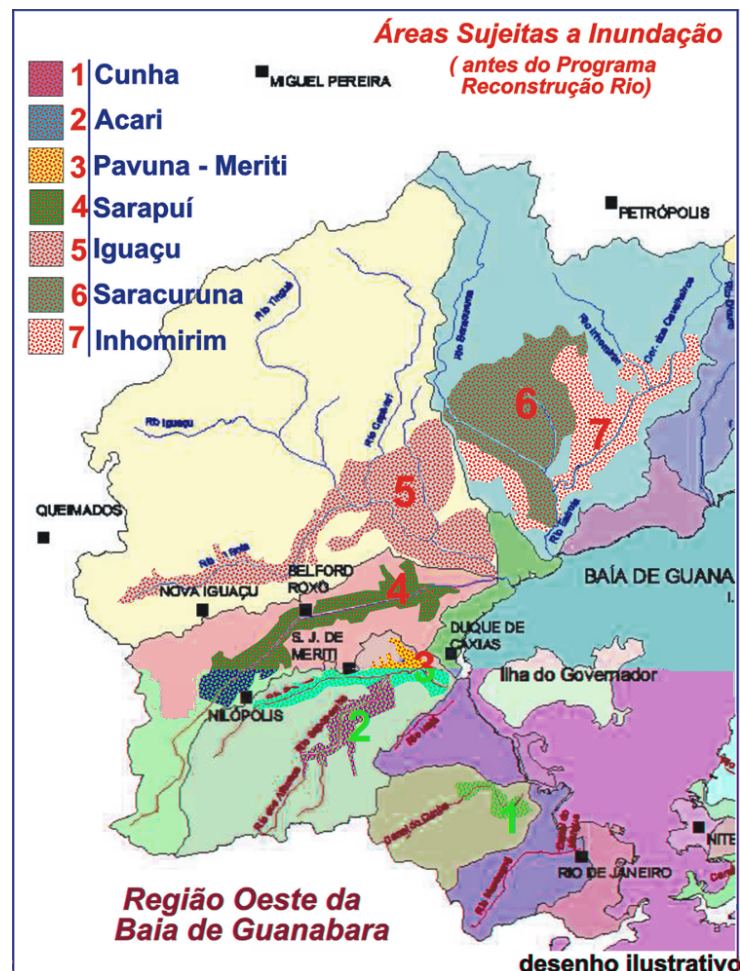
percentagem de escoamento superficial e rápida concentração das vazões no período de chuvas intensas. As áreas críticas iniciam-se próximo à confluência dos Rios Iguaçu e Botas, onde o gradiente de declividade é menor. A ocupação urbana da Bacia é heterogênea, apresentando áreas densamente urbanizadas e campos com vegetação herbácea, inseridos no vetor de crescimento da mancha urbana.

As principais causas das inundações se devem ao regime torrencial dos cursos de água junto às cabeceiras, pontos de estrangulamento e ângulos de confluência alterados pela ocupação inadequada.

6 Bacia do Saracuruna – Abrange parte dos Municípios de Duque de Caxias e Petrópolis. A partir da confluência com o Inhomirim, passa a se chamar Rio Estrela. Os formadores do Rio Saracuruna têm suas cabeceiras nas escarpas da Serra do Mar, com acentuada declividade e alta densidade de drenagem. O início da área de planície coincide com os primeiros núcleos urbanizados, onde as inundações são decorrentes, principalmente, da baixa declividade e de estrangulamentos.

7 Bacia do Inhomirim – Abrange parte dos Municípios de Duque de Caxias, Petrópolis e Magé. O principal afluente é o Caioaba-Mirim que, como o Saracuruna, tem as nascentes nas escarpas da Serra do Mar, com elevadas declividades.

As áreas críticas somam-se àquelas do Saracuruna na planície fluvio-aluvionar, formando praticamente uma única mancha. Estrangulamentos gerados por travessias inadequadas e as baixas declividades são os principais responsáveis pelos extravasamentos. A densidade de ocupação foi classificada entre baixa e média.



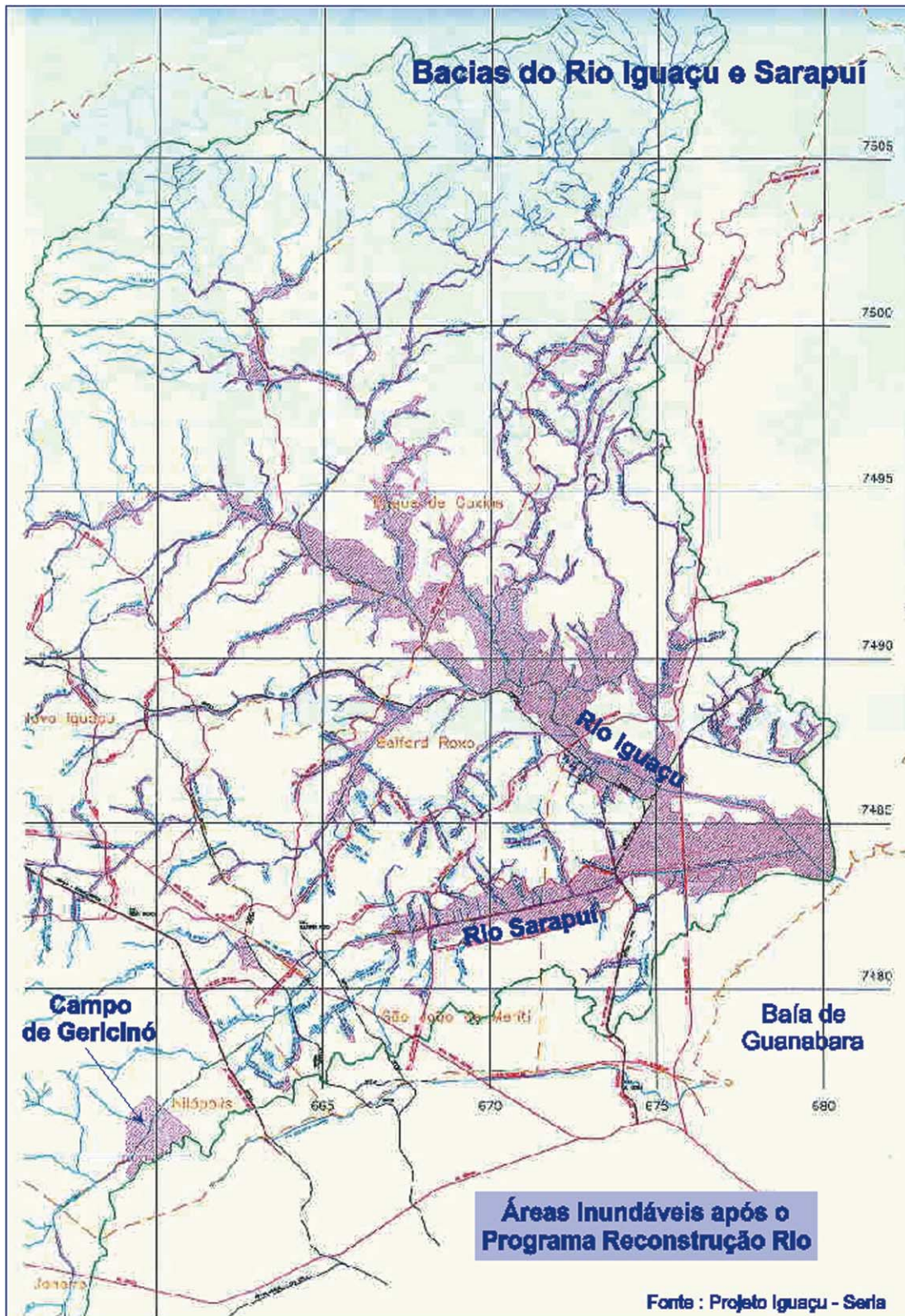
O quadro, fornece detalhes da localização das áreas:

Bacia	Área	LOCALIZAÇÃO	NÍVEL
Cunha (1)	A	entre o Bairro de Del Castilho e a Refinaria de Manguinhos, limitada pela Av. Brasil, a jusante	II
Acari (2)	A	parte dos Bairros de Guadalupe e Santa Teresa	I
	B	parte dos Bairros de Santa Teresa, Honório Gurgel, Rocha Miranda e Bento Ribeiro	II
	C	Bairro de Barros Filho	III
	D	Bairro de Acari	I
	E	Bairro de Vigário Geral	I
Pavuna - Meriti (3)	A	limite entre os Municípios do Rio de Janeiro e Nilópolis – Bairros de Olinda e Tomazinho	II
	B	entre os Bairros de Pavuna e São Mateus	I
	C	entre os Bairros de Araruama, Duque de Caxias e Pavuna, Rio de Janeiro	I
	D, E e F	áreas a jusante de C	II
	G	próximo à foz do São João de Meriti	III
Sarapuí (4)	A	área central de Nilópolis e Bairros de Nova Iguaçu, vizinhos, da margem oposta	II
	B	Bairro de Mesquita, em Nova Iguaçu	I
	C	entre os Bairros de Edson Passos e Olaria	II
	D	em São João de Meriti, próximo a Belford Roxo	I
	E	entre São João de Meriti e Duque de Caxias	II
	F	em Duque de Caxias	II
	G	em Duque de Caxias	I
	H	em Duque de Caxias, próximo à RFFSA	III
	I	Bairros de Vila São José, Pantanal e P. Comercial	II
	J	Duque de Caxias	III
Iguaçu (5)	A	Nova Iguaçu, a montante do cruzamento com a BR-116 – Rio Botas	II
	B	Bairros da Posse, Carmari, Vila Operária e Itaipu, em Nova Iguaçu – Rio Botas	III
	C	Bairros de Engenho Pequeno, Xavantes e São Francisco – Rio Botas	I
	D	Bairros de Nova Aurora, Jardim Santa Maria e São Francisco – Rio Botas	II
	E	desde a confluência do Botas com o Iguaçu até próximo à foz do Iguaçu	II
	F	Bairro do Amapá – Rio Iguaçu	III
	G	Bairro de Santa Cecília – Rio Iguaçu, Duque de Caxias	II
	H	próximo ao Bairro de São Bento, Duque de Caxias	I
	I	Duque de Caxias	III
	J	área cortada pelo Rio Calombé	III
	L e M	Refinaria Duque de Caxias	III
Saracuruna (6)	A	entre os Bairros de Santa Cruz e Vila Codora, em Duque de Caxias	II
	B	Vilas Imbariê e Estrela, em Duque de Caxias	IV
	C	ao norte da Vila Imbariê – Duque de Caxias	III
Inhomirim / Estrela (7)	A / B	Vilas Santa Cruz, Codora, São Judas Tadeu, Maria Helena, Independência e Saracuruna, em Duque de Caxias	III
	C	entre Duque de Caxias e Magé	IV

Com a conclusão do Programa Reconstrução-Rio, grande parte das áreas apontadas no estudo, passaram a apresentar nova configuração espacial, diminuindo suas dimensões.

As barragens construídas nos Rios Sarapuí e Pavuna, por exemplo, amortecem os hidrogramas de enchente pela reservação temporária das águas excedentes no Campo de Gericinó protegendo as áreas a jusante contra enchentes freqüentes (até eventos de uma recorrência de 50 anos).

Vale mencionar que enchentes superiores podem ocorrer a qualquer momento e por isso a população ribeirinha deve estar consciente do risco ainda existente.



Paralelamente à execução das últimas intervenções previstas no Programa Reconstrução-Rio, desenvolveu-se, em acordo com o BIRD, o “**Projeto Iguaçu**”, coordenado pela SERLA. O Projeto abrangeu o diagnóstico detalhado da bacia e proposição de ações não estruturais complementares às já realizadas.

Com base nas manchas de inundação remanescentes, já considerados os benefícios das obras realizadas no Reconstrução-Rio, os responsáveis pelo Projeto, com o apoio do **Comitê de Acompanhamento do Projeto Iguaçu**, identificaram trechos de rios que poderiam ser priorizados com dragagens complementares e outras ações tais como, modificação de traçado, reassentamento de moradores das áreas marginais e construção de barragens de controle de enchentes e outros.

O mencionado Comitê, integrado por representantes das áreas afetadas e dos Poderes Públicos Estadual e Municipais da Bacia, ainda permanece ativo, no acompanhamento das ações governamentais na região e na busca de financiamento para as intervenções previstas no **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçu - Sarapuí, Ênfase: Controle de Inundações** (agosto de 1996).

Em 1999, a SERLA elaborou o **Mapeamento dos Principais Pontos Críticos e Locais de Inundação da Rede Hidrográfica da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro**. O trabalho se baseou em reclamações da população, relatórios de vistorias encontrados em processos administrativos e em constatações durante visitas de inspeção.

O mapa identifica cerca de 700 pontos relativos, não só aos locais sujeitos a inundação, como também, as possíveis causas: pontes ou travessias subdimensionadas, seções estranguladas, traçado inadequado ou curva acentuada, travessias de adutoras, muralhas caídas, sistema de comporta em más condições de funcionamento, ausência ou insuficiência de rede de microdrenagem e áreas para construção ou recuperação de pôlderes.

Bacia	Locais
Canal do Mangue	Maracanã; Tijuca; Av. Francisco Bicalho e Praça da Bandeira
Canal do Cunha	Bonsucesso; Praça das Nações
Irajá	Irajá
São João de Meriti	Pavuna; Barata; Realengo e Magalhães Bastos
Iguaçu	Centro de Nova Iguaçu; Vila Maranhão; Santa Amélia; Nova Aurora; Miguel Couto; Parque São Vicente; Parque Amorim; São Bento e Pilar
Sarapuí	Vila Kennedy; Bangu; Centro de Nilópolis; Mesquita; Vilar dos Telles; Jardim Leal e Jardim Metrôpole
Estrela	Saracuruna; Santa Cruz da Serra; Parque Paulista; Imbariê e Piabetá
Suruí	Centro de Suruí
Canal de Magé / Roncador	Centro de Magé; Sororó; Citrolândia e Barbuda
Guapimirim	Parada Leal
Bomba	Barreto
Imboaçu	Boa Vista; Zé Garoto e Vista Alegre
Guaxindiba	Luiz Caçador; Galo Branco; Trindade; Jardim Catarina; Monjolo e Lagoinha

Região Contribuinte ao Sistema Lagunar de Jacarepaguá

Segundo informação da Agência Regional da SERLA, diversos são os corpos hídricos que merecem atenção do Poder Público devido aos freqüentes transbordamentos e inundações nas áreas de risco com elevada densidade populacional, tendo como causas, principalmente, as construções marginais irregulares e o descarte de lixo diretamente nos corpos de água. Os mais críticos são:

Rio / Local	Pop. Antig.	Rio / Local	Pop. Antig.
Banca da Velha, próximo à Rua Camatiá	3.000	das Pedras, em Rocha Miranda	10.000
Guerenguê, em Curicica	12.000	Cachoeira, em Lins de Vasconcelos	4.000
Covanca, em Jacarepaguá	2.000	Banca da Velha, em Jacarepaguá	3.000
Panela, em Jacarepaguá	5.000	Pavuninha	10.000
Orfanato, em Jacarepaguá	2.000	São Francisco, em Jacarepaguá	1.000
Tindiba, em Jacarepaguá	2.000	Grande, em Jacarepaguá	10.000
Caçambê, em Jacarepaguá	2.000	Sangrador, em Jacarepaguá	10.000
Anil, em Jacarepaguá	8.000		

O Canal de Sernambetiba, ligado ao Sistema Lagunar de Jacarepaguá, através do Rio Morto, drena extensa planície fluvio-aluvionar, no Recreio dos Bandeirantes. Os alagamentos freqüentes, decorrem da dificuldade de escoamento, não só pela baixa declividade, como também, pela constante obstrução da embocadura junto ao mar.

Na tentativa de estabilizar a ligação do canal com o mar, foi construído um guia correntes. Essa estabilidade, no entanto, não foi conseguida. As correntes marinhas transportam areia para junto da saída do canal, havendo necessidade de manter uma draga constantemente no local.

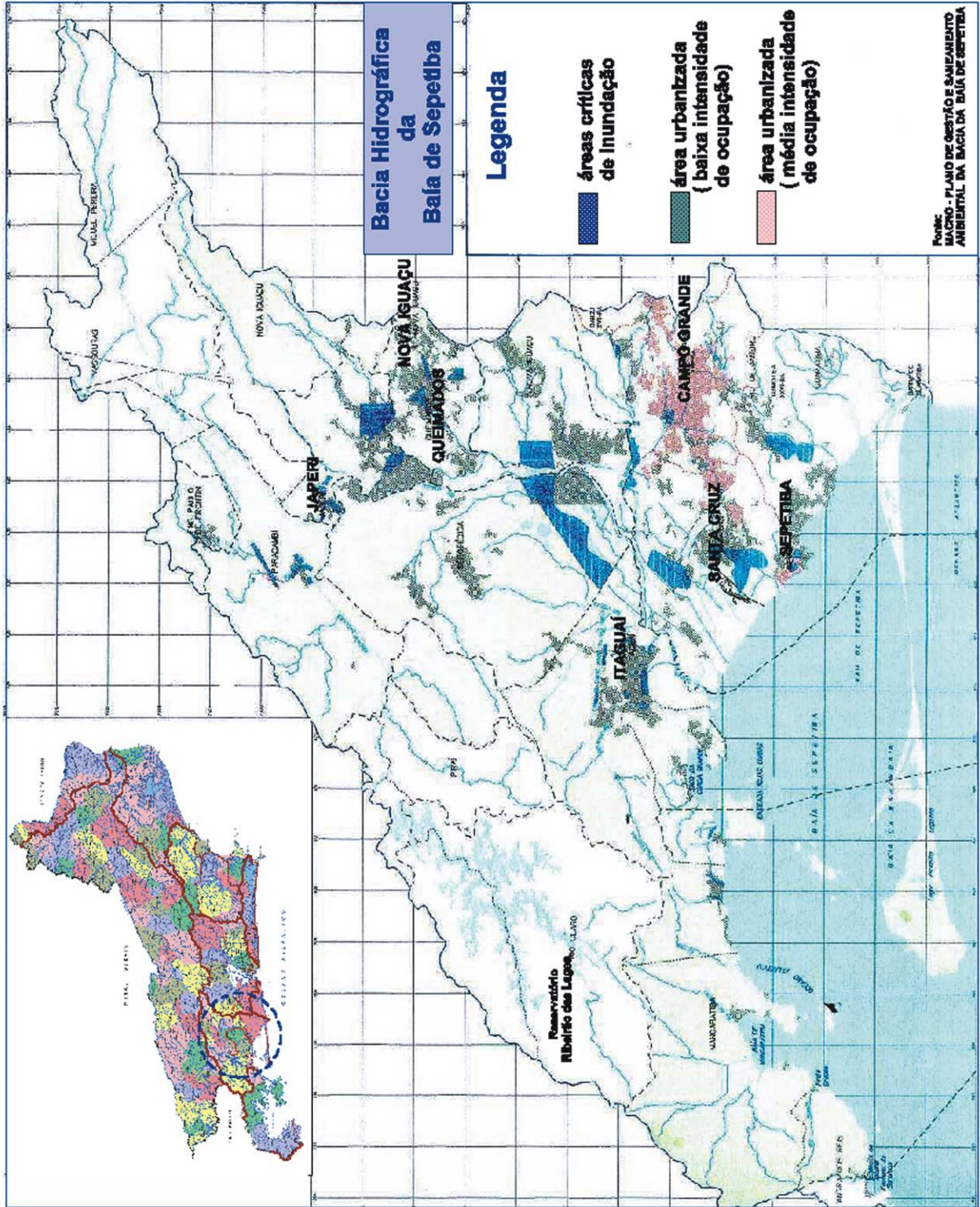
A população atingida é da ordem de 5000 habitantes.

Região Contribuinte à Baía de Sepetiba

No período de 1997 a 1998, foi realizado, pela então Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMAM, em convênio com o Ministério do Meio Ambiente - MMA, no âmbito do Plano Nacional do Meio Ambiente - PNMA, o “**Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia de Sepetiba**”.

O Macroplano apresenta, por município, diagnóstico da drenagem e aponta áreas críticas, definidas como aquelas cuja freqüência de inundação é anual.

As causas dos extravasamentos e dos conseqüentes prejuízos, estão relacionadas à ocupação indevida das margens e desordenada do leito maior dos cursos de água, obstrução da seção de escoamento e de talvegues, lixo descartado e/ou carreado das margens para a calha e assoreamento dos cursos principais, pelo acúmulo de material proveniente das encostas, após fortes enxurradas.



Áreas Críticas:

1. Rio de Janeiro - A área do Município do Rio de Janeiro contribuinte à Baía de Sepetiba, era originalmente alagadiça. Sua ocupação só foi possível depois da abertura de muitos canais e valas, iniciada ainda, no tempo da Sesmaria dos Jesuítas. Atualmente, após as obras do **Programa de Saneamento para Núcleos Urbanos - PRONURB**, do Ministério da Ação Social, conduzido pela Prefeitura, as inundações são menos freqüentes.
2. Paracambi - A área crítica de maior preocupação se estende para montante, pelo Rio Macacos, desde a confluência com o Ribeirão das Lajes, até os Bairros BNH e Nova Era. Destacam-se também os trechos referentes aos Canais da Guarajuba e Dr. Eiras e o Rio Sabugo, junto à travessia. A população na área é da ordem de 11.000 habitantes, referida a 1996.
3. Queimados - As áreas mais críticas do Município estendem-se ao longo dos Rios dos Poços, Abel e Camorim. No Rio Queimados, vários trechos estão assoreados, em decorrência da modificação do leito do rio pela extração desordenada de areia para a construção civil. Esse fato vem reduzindo a capacidade de escoamento, potencializando os extravasamentos de calha.
4. Paulo de Frontin - A área do Município localiza-se em região de serra, com significativa percentagem de remanescentes da Mata Atlântica. Dada a topografia, a drenagem no trecho urbano é satisfatória, apesar dos pontos de estrangulamento nas travessias. Uma única área é considerada crítica. Abrange os Bairros de Santa Inês, São Lourenço e Ramalho, ao

longo do Rio Macacos a montante do CIEP até a foz do Rio do Liro, numa extensão de cerca de 3km.

5. Japeri - O Município reúne a maioria dos agentes responsáveis pelos extravasamentos, ou seja, desmatamento, ocupação desordenada das encostas, acúmulo de lixo nos cursos de água, travessias inadequadas, bueiros insuficientes, etc.

As principais áreas críticas são: Bairro Virgem de Fátima; bairros situados entre a antiga Via Férrea e a RJ-125; Bairros do Chacrinha - trechos leste e oeste, do Alecrim, Parque Guandu e Jardim Marajoara.

A área inundável no núcleo urbano do Município foi estimada em 3,7km². A população ameaçada pelas inundações freqüentes é da ordem de 10.000 habitantes.

6. Mangaratiba - Os rios mais problemáticos são: da Draga, Catumbi ou Muriqui, da Prata e do Saco. A área inundável é estimada em 2km² e a população atingível, de aproximadamente 5200 habitantes.

Os Distritos mais prejudicados são: Itacuruçá (Rio da Draga); Muriqui (Rio Catumbi e da Prata); Sede do Município (Rio do Saco). Os Bairros da Praia do Saco e Ranchito são os que oferecem maior preocupação.

7. Itaguaí – O Município está localizado às margens da Baía de Sepetiba, com grande percentagem de seu território em área de baixada, drenada por diversos canais, em zona de influência de marés. Diversos trechos da rede de macro drenagem encontram-se assoreados.

As inundações ocorrem, principalmente, nos seguintes locais: entre a BR-101 e a Via Férrea

(Rio Mazomba); Loteamento Brisamar e margem direita, junto à Via Férrea (Canal Santo Inácio); Bairro do Engenho (Valão da Rua 18); Bairro Vila Margarida (Canal do Viana, Vala do Sangue e Valão da Rua 18); todo trecho marginal do Canal do Trapiche; Bairro Jardim América (Rio Itaguaí) e Ponte Preta, no trecho entre as travessias com a BR-101 (Rio Itaguaí). As áreas mais críticas estão situadas entre a BR-101 e a Baía de Sepetiba.

A população nessas áreas é estimada em 8200 habitantes.

8. Nova Iguaçu - Na área do Município de Nova Iguaçu que drena para a Baía de Sepetiba predominam as pastagens e atividades agrícolas.

A área crítica concentra-se em torno da confluência do Rio Ipiranga com o Rio Guandu, para montante, até a confluência com o Rio Cabuçu, num total de cerca 5km², em área de expansão urbana do Bairro de Cabuçu.

9. Seropédica - As áreas críticas localizam-se ao longo do Valão dos Bois. A primeira está localizada entre o Valão dos Bois e a Estrada para Itaguaí, até a confluência com o Rio da Guarda. Nesta área, a extração de areia em cavas é intensa. A segunda, abrange parte dos Bairros Parque Jacimar e Campo Lindo. A terceira e última, localiza-se nos Bairros Jardim Central, Jardim das Acácias, São Jorge e parte de Campo Lindo.

Observação:

Pelo já mencionado, **Mapeamento dos Principais Pontos Críticos e Locais de Inundação da Rede Hidrográfica da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro**, realizado pela SERLA, em 1999, as principais áreas inundáveis são:

Bacia	Locais
Piraquê	Jardim Maravilha
Canal Guandu	Jardim Paraíso e Manguarba
Rio Guandu / Canal de São Francisco	Austim; Parque Santiago; Camorim e Santa Rosa (Rio Camorim) Jardim Delamare; Parque Guandu; Jardim Marajoara (Rio dos Poços) Chacrinha (Rio São Pedro) Centro de Paracambi; Lajes e Vila Guarajuba (Rio Macacos)
Canal de Santo Inácio / Rio da Guarda	Brisamar; Centro de Itaguaí
Mazomba	Engenho
Rio Botafogo	Brasilinha
Rio da Draga	Itacuruçá
Rio da Prata	Muriqui; Virgem de Fátima
Rio do Saco	Centro de Mangaratiba e Ranchito

Região da Baía da Ilha Grande

Segundo levantamento realizado pela Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos, junto às Prefeituras Municipais, por ocasião do 1º Inquérito de Saneamento Ambiental do Estado do Rio de Janeiro, realizado no primeiro semestre de 2000, constatou-se problemas de inundação nas seguintes áreas urbanas:

Angra dos Reis – Rios Mambucaba, Jacuecanga e Perequê;

Parati – Perequê-Açu, Mateus Nunes e Gruná. Em Parati, na área do Centro Histórico, junto ao litoral, são freqüentes as inundações pelo efeito das marés.

Bacia Hidrográfica do São João

A Bacia do São João abriga uma série de núcleos urbanos importantes, tais como, as sedes dos Municípios de Rio Bonito, Silva Jardim e Casimiro de Abreu.

O Rio São João apresenta fortes declividades nos primeiros 5km, a partir das nascentes, onde a diferença de altitudes está na ordem de 600m. Desse ponto até a sua desembocadura, percorre, aproximadamente, 145km com desnível de, somente, 100m. O trecho médio se desenvolve por 35km, descendo à altitude de 20m, antes de alcançar a larga planície aluvial.

O curso inferior se prolonga por mais 85km até o Oceano, com baixa declividade, que é fator limitante para o escoamento.

As características físicas da região do curso superior, contribuem para uma rápida concentração das águas das enchentes

dos afluentes e, portanto, sobrecarregam os escoamentos dos trechos de jusante, onde a pequena declividade é o fator natural.

A Barragem de Juturnaíba, construída com o propósito de laminar as enchentes, geradas no Rio São João até a confluência com seus principais afluentes, Capivari e Bacaxá, não está sendo operada como tal, o que preocupa a população dos núcleos urbanos de jusante do Reservatório, a exemplo de Barra de São João, onde a influência da maré oceânica está presente.

Toda região de planície abaixo da Barragem, onde o São João e afluentes tiveram parte dos cursos retificados e alargados pelo extinto DNOS, são áreas naturais de inundação.

Deve-se ressaltar que as obras do DNOS, então voltadas para eliminar áreas alagadiças e inundações do Baixo São João, foram concebidas para atuar de forma integrada, isto é, amortecimento de enchentes em Juturnaíba e regularização de vazões compatíveis com os limites de escoamento da calha retificada de jusante.

Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos

Segundo informações da Agência Regional da SERLA, da mesma forma que em todo o Estado, os cursos de água da Região sofrem com o avanço da ocupação desordenada junto às margens e o descarte indiscriminado de lixo que chega aos rios, diretamente ou carreados pelas chuvas. Os mais críticos, por município, são:

Araruama - Rio Salgado, na área do Parque Novo Horizonte, podendo atingir cerca de 600 habitantes;

Iguaba Grande - Rio Salgado, numa extensão de 850m, ameaçando próximo de 1500 pessoas, o Canal Ibá - 1400m, 300 pessoas; Canal Iguaba - 1500m, 2200 pessoas; Canal Tamari - 1800m, 3500 pessoas;

Saquarema - Rio Bacaxá, envolvendo aproximadamente, 2000 pessoas;

São Pedro da Aldeia - Canal Mossoró que atravessa o centro da cidade sede, atinge cerca de 25000 pessoas com inundações ao longo de 3km de percurso.

Bacia do Rio Paraíba do Sul

As informações foram obtidas do **Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Rio de Janeiro**, 1997, que teve por objetivo, orientar o **Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP**, na seleção e priorização de ações estruturais e não estruturais em diversos setores, inclusive no de drenagem.

O Rio Paraíba do Sul, que nasce no Estado de São Paulo, recebe afluentes de Minas Gerais e do Rio de Janeiro, tem suas vazões regularizadas por um sistema de reservatórios, direcionados para geração de energia elétrica. A operação integrada, obedece regras definidas pela **Operação Nacional do Sistema - ONS**.

O trecho fluminense sofre influência direta do Reservatório de Funil, situado na divisa entre os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. As vazões regularizadas, em condições normais de operação, resultam das vazões turbinadas, somadas, eventualmente,

com aquelas liberadas pela válvula difusora de descarga de fundo.

Em 1992, o **Grupo de Trabalho de Hidrologia Operacional – GTHO, ligado ao então Grupo de Controle de Operação Integrada – GCOI**, antecessor da ONS, elaborou o **Levantamento das Restrições Hidráulicas da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Buscou-se o estabelecimento de novos critérios de operação, compatíveis com a demanda para outros usos das águas e a adequação à capacidade de escoamento da calha ao longo do trecho fluminense.

De acordo com o estudo, junto às Cidades de Resende, Barra Mansa e Volta Redonda, vazões do Paraíba acima de 850, 800 e 850m³/s, respectivamente, provocam inundações nas áreas ribeirinhas. Em Barra do Piraí, a situação se configura a partir de 1100m³/s, a jusante de Santa Cecília.

Um conjunto de regras operativas foi então definido para diferentes cenários. Mantendo, por exemplo, no máximo, 700m³/s para jusante, o Reservatório de Funil é capaz de absorver uma cheia de 25 anos de recorrência, gerada no trecho paulista da Bacia, se o volume de espera for da ordem de 33% do seu volume útil.

Quando ocorrem chuvas intensas no trecho fluminense, é possível diminuir, as descargas regularizadas por determinado período, desde que o reservatório esteja capacitado para receber os volumes afluentes.

Além das áreas marginais ao Rio Paraíba do Sul, o Programa Estadual de Investimentos constatou problemas de inundação em quase todos os municípios fluminenses, decorrentes tanto de transbordamentos de tributários de médio e

grande porte do Paraíba, como da insuficiência da rede de micro drenagem. As causas que se repetem na maioria dos casos são:

- ◆ processo contínuo e acelerado de erosão do solo e conseqüente assoreamento do curso d'água;
- ◆ ocupação generalizada das áreas marginais ao longo dos rios (faixa marginal de proteção – FMP), nas zonas urbanas;
- ◆ estreitamento da seção de escoamento pelas fundações de construções ilegais e travessias;
- ◆ crescente ocupação da bacia e a decorrente impermeabilização do solo; e
- ◆ carreamento do lixo descartado sobre vias públicas ou diretamente no álveo dos cursos d'água.

A seguir, apresenta-se pequeno resumo relativo à drenagem de alguns municípios da Bacia:

Itatiaia – O principal rio do Município é o Santo Antônio, cujo curso superior percorre área do Parque Nacional de Itatiaia, com velocidade acentuada, não apresentando dificuldades na evolução do escoamento. Nesse trecho, as chamadas “cabeças d'água”, isto é, hidrogramas de enchente originados de chuvas intensas, de curta duração, incidentes nas cabeceiras, chegam repentinamente, carregando o que encontram no caminho, pegando, de surpresa, os banhistas.

Ao alcançar a zona mais densamente urbanizada, a partir da Rodovia Presidente Dutra, inicia o trecho crítico de inundação, que se estende até a Rua dos Expedicionários.

Resende – A Prefeitura Municipal realizou diversas obras de revestimento de trechos de

canais e substituição de obras de arte na área urbana.

No entanto, dada a falta de manutenção das obras, e a crescente impermeabilização do solo na bacia contribuinte, os canais já mostram pouca eficiência nos períodos chuvosos em vários trechos. É o caso dos Canais Periféricos e Canal Central e o Ribeirão Preto.

Os Bairros mais afetados são: Alegria, Baixada de Olaria, Itapuca, Liberdade e Nova Liberdade.

Barra Mansa – Os dois principais rios que atravessam o Município são o Bananal e o Barra Mansa. Em períodos de chuvas intensas, as águas extravasam de seus leitos, inundando tanto áreas rurais, como urbanas, gerando elevados prejuízos.

A extração descontrolada de areia no Rio Barra Mansa, em diversos pontos, é responsável pelo elevado assoreamento ao longo da calha.

O Rio Bananal, no trecho que margeia a Companhia Siderúrgica de Barra Mansa, provoca grandes inundações em várias ruas do Bairro Vila Maria.

Volta Redonda – A drenagem da Cidade é efetuada pelo Ribeirão Brandão e o Córrego Secadis, pela margem direita do Paraíba e o Córrego Retiro, pela margem esquerda.

A rede de drenagem na zona urbana é insuficiente para esgotar os volumes produzidos na ocasião de chuvas intensas. O Bairro de Vila Santa Cecília é o mais atingido. A situação vem se agravando ao longo dos anos: os alagamentos que aconteciam, em média, uma vez a cada 5 anos, hoje ocorrem anualmente.

Três Rios – A Cidade é freqüentemente invadida pelas águas que transbordam dos Córregos Puris, Vila Isabel e São Sebastião, afluente do

Paraíba do Sul, com elevados prejuízos à população urbana.

No Córrego Puris, diversos são os pontos de estrangulamento existentes, acarretando o extravasamento ao longo de seu traçado na zona urbana.

O Córrego Vila Isabel, que também apresenta obstáculos ao escoamento, cruza região de população de baixa renda. Os problemas são atenuados temporariamente, pelo alagamento de algumas áreas inabitadas, a montante (campo de futebol e áreas adjacentes) que atuam como reservatórios de acumulação.

Barra do Piraí – A situação do Município ao mesmo tempo é séria e peculiar:

Com o objetivo de armazenar as águas do Rio Piraí, para geração de energia elétrica nas Usinas de Nilo Peçanha, Fontes Nova e Pereira Passos, foi construída a Barragem de Santana. O trecho a jusante da Barragem mantém-se, desde então, praticamente seco até a confluência com o Sacra Família, o que permitiu a invasão das áreas marginais.

Entretanto, em condições emergenciais, a Light, responsável pela operação do Reservatório de Santana, não tem outra alternativa a não ser liberar os volumes excedentes para jusante, estabelecendo conflito direto com a população ribeirinha.

Petrópolis – o Município, localizado na Região Serrana do Estado, apresenta graves problemas decorrentes do crescimento intenso e desordenado, caracterizado pela ocupação irregular das encostas das Bacias Hidrográficas dos Rios Piabanha e Quitandinha.

As áreas inundáveis pelo transbordamento do Rio Quitandinha, que ocorrem, em média, 2 vezes ao ano, situam-se ao longo da Rua Coronel Veiga, principal via de acesso ao centro da Cidade, até a confluência com o Rio Piabanha. As inundações causam sérios transtornos ao trânsito e ao comércio.

Campos dos Goytacazes – O Município está localizado na extensa Baixada Campista. A Cidade que se desenvolve ao longo das margens do Rio Paraíba do Sul, em cota inferior aos níveis d'água do Rio em períodos de cheia, é protegida por diques construídos em ambas as margens e se prolongam até o Município de São João da Barra.

A drenagem da Cidade é realizada através de canais que tiveram o sentido do escoamento invertido para as Lagoas Feia e Jacaré (margem direita) e Vigário, do Parque Prazeres, do Brejo Grande e do Campelo (margem esquerda).

A falta de manutenção dos canais e valas são responsáveis pela suscetibilidade a inundações, uma vez que os escoamentos críticos (até enchentes de 100 anos de recorrência) do Rio Paraíba do Sul são contidos pelos referidos diques.

Na margem direita, os Bairros Parque São Clemente e Vila Hípica, são os mais atingidos pelas chuvas locais.

Na margem esquerda, a frequência das inundações tem aumentado devido à diminuição da capacidade de escoamento dos canais e à ocupação das áreas ribeirinhas.

Sistemas de Alerta

Atuação do Governo Federal

O Governo Federal, baseado nos estudos que indicam o crescimento, ao longo dos anos, dos danos decorrentes de desastres naturais ou de atividades antrópicas, como aqueles causados por inundações, criou e organizou, em agosto de 1993, o Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC, cujo objetivo é integrar órgãos dos três níveis do poder público e a sociedade civil, com os seguintes propósitos:

- planejar e promover a defesa permanente contra desastres naturais ou provocados pelo homem;
- atuar na iminência e em situações de desastres;
- prevenir ou minimizar danos, socorrer e assistir populações atingidas;
- recuperar áreas deterioradas por desastres.

No âmbito da estrutura do SINDEC, o Conselho Nacional de Defesa Civil aprovou a Política Nacional de Defesa Civil, que define **diretrizes, metas** e a elaboração de **planos diretores, programas e projetos** no cumprimento dos objetivos definidos no Sistema.

Para a **Política Nacional de Defesa Civil**, as Inundações são classificadas em função da magnitude ou da evolução.

Sob o aspecto da magnitude, a classificação baseou-se nos dados históricos de eventos anteriores e é assim especificada:

- inundações excepcionais;
- inundações de grande magnitude;
- inundações normais ou regulares;
- inundações de pequena magnitude.

Em função da evolução, é adotada a seguinte classificação:

- enchentes ou inundações graduais;
- enxurradas ou inundações bruscas;
- alagamentos;
- inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar.

Uma das **metas** para o ano de 2000, num esforço para descentralizar as ações, é a implementação de 2400 **Comissões Municipais de Defesa Civil**.

Os **planos diretores** são direcionados para prevenção de desastres, preparação para emergências em situações de desastres, resposta aos desastres e reconstrução. Como as ações de resposta aos desastres precisam ser imediatas, o Sistema conta com o **Fundo Especial para Calamidades Públicas – FUNCAP**, regulamentado em março de 1994.

Dentre os **projetos**, cabe ressaltar os de **Mudança Cultural** que tem os seguintes fundamentos:

- todos têm direitos e deveres relacionados com a segurança da comunidade contra desastres;
- todos fazem parte do SINDEC;
- o Núcleo Comunitário de Defesa Civil é o elo mais importante do SINDEC;
- todos devem se perguntar: o que podemos fazer para prevenir desastres?

Atuação do Governo Estadual

No Estado do Rio de Janeiro, o órgão que representa o SINDEC é a Secretaria de Estado de Defesa Civil, tendo como espinha dorsal o Corpo de Bombeiros, com núcleos operacionais em quase todos os municípios. A Secretaria de Estado de Defesa Civil, quando solicitada, atua de forma complementar, tendo em vista que a coordenação dos trabalhos é municipal.



Conscientes que a ordem das ações de defesa civil, de acordo com a “doutrina” estabelecida é: cidadão; comunidade; município e estado, cabe à Secretaria, a capacitação de voluntários para atendimento em casos de emergência.

Como apoio às ações da Defesa Civil, o Governo mantém o Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro - SIMERJ. Criado a partir de 1998, tem como um dos objetivos, elaborar previsão do tempo a nível local, cobrindo, com detalhe, o território do Estado do Rio de Janeiro. A previsão é realizada mediante a aplicação de modelos matemáticos, utilizando informações de imagens dos satélites meteorológicos GOES e NOA, enviadas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, e baseada na previsão de grande escala, a nível regional, elaborada por esse Instituto. O trabalho do SIMERJ, divulgando a previsão do tempo com elevado grau de acerto, é fundamental para o planejamento das atividades da Secretaria de Estado de Defesa Civil.

A Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA, órgão vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMADS, opera rede de 25 estações telemétricas na Região Hidrográfica da Baía de Guanabara. As estações enviam, a cada 30 minutos para uma central, dados de altura de chuva, nível dos rios e de qualidade das águas.

Durante períodos chuvosos, principalmente no verão, a variação dos níveis de água é acompanhada pela SERLA que, em situações consideradas críticas sob o ponto de vista da expectativa de possíveis transbordamentos, comunica o fato à Defesa Civil.

Atuação do Governo Municipal do Rio de Janeiro

Dependendo da vulnerabilidade do território face a determinados fenômenos naturais, as administrações municipais estabelecem planos específicos para salvaguardar o bem estar da população e proteger o patrimônio público.

Um exemplo, é o “Plano Verão”, elaborado e aperfeiçoado a cada ano, pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Durante os meses de verão, a Cidade fica historicamente suscetível às condições climatológicas propícias à ocorrência de chuvas intensas. Inundações, deslizamentos de encosta, rolamento de pedras, entre outros incidentes, apresentam maior probabilidade de acontecer durante esse período.

O Plano Verão reúne uma série de medidas e linhas de ação envolvendo órgãos públicos e privados, no âmbito do Sistema Municipal de Defesa Civil. A coordenação é descentralizada e participativa, buscando, inclusive, envolvimento das comunidades locais.

O desenvolvimento e aperfeiçoamento do Plano baseia-se nas informações coletadas durante períodos de chuvas intensas e registradas nos relatórios de atividades da Coordenação Geral do Sistema de Defesa Civil – COSIDEC. Tais informações são obtidas durante vistorias, monitoramentos, mobilizações e visitas às comunidades residentes em áreas de risco.

A direção do Sistema é exercida pelo Prefeito da Cidade que, pela análise e avaliação das conseqüências do evento, realizada pela COSIDEC, pode decretar “Situação de Emergência” ou “Estado de Calamidade Pública”.



REDE HIDROMETEOROLÓGICA TELEMÉTRICA SERLA

Legenda

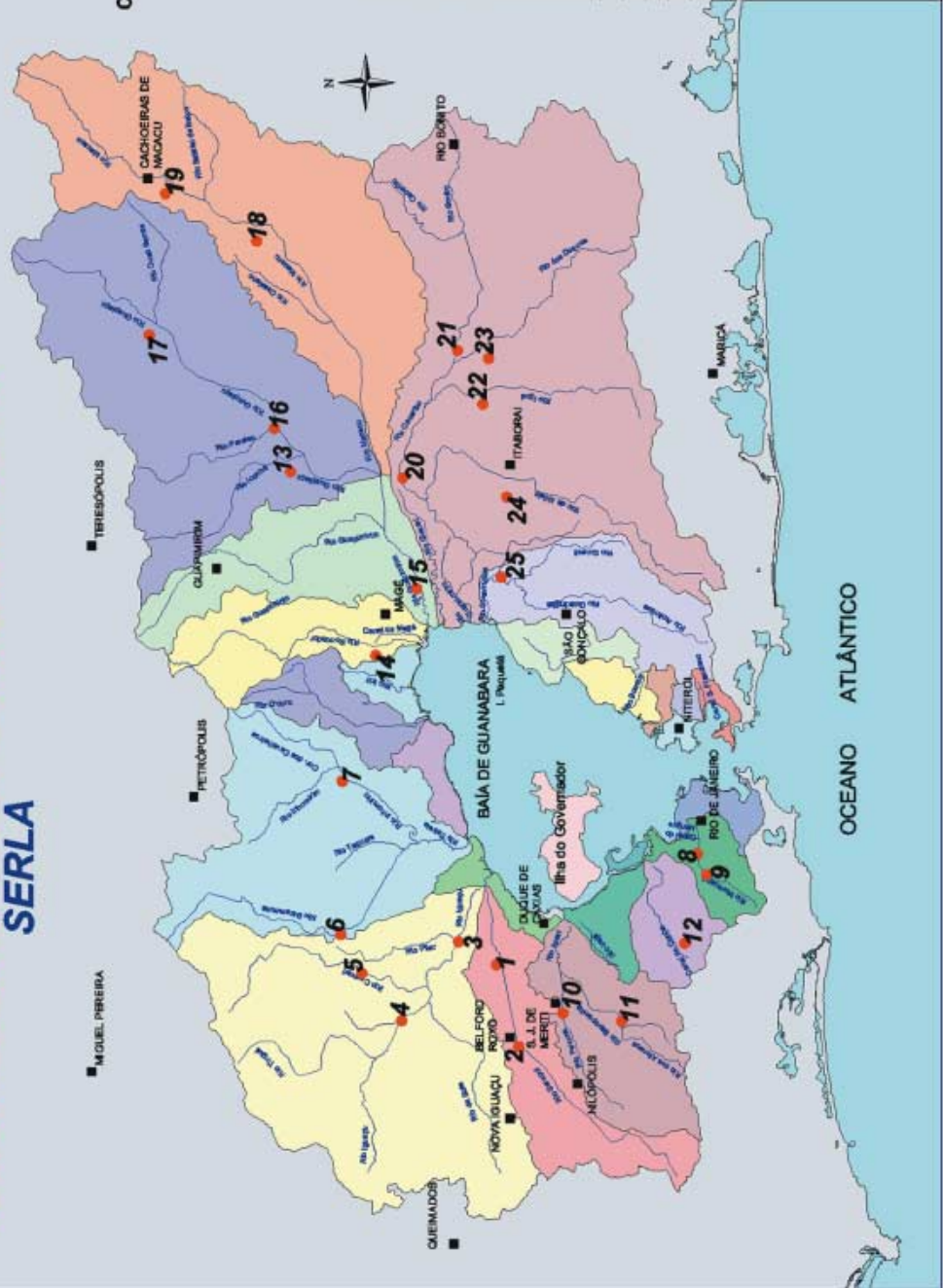
- Sedes Municipais
- ▲ Rios Principais
- ▾ Sub-Bacias Hidrográficas
- Estação

Código

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25

- | Rio | Tipo |
|------------|------|
| Sarapuí | PFQ |
| Sarapuí | PF |
| Iguaçu | PFQ |
| Iguaçu | PF |
| Capivari | PF |
| Saracuruna | PFQ |
| Inhomirim | PFQ |
| Maracanã | PFQ |
| Maracanã | PF |
| Pavuna | PF |
| Acari | PF |
| Faria | PF |
| Iconha | PFQ |
| Roncador | PFQ |
| Guapi | PFQ |
| Guapi-Açu | PF |
| Guapi-Açu | PF |
| Macacu | PF |
| Macacu | PF |
| Casserebu | PFQ |
| Casserebu | PF |
| Iguá | PF |
| Mutuapira | PF |
| Aldeia | PF |
| Guaxindiba | PFQ |

- | Estação | Rio | Tipo |
|--------------------|------------|------|
| Gramacho | Sarapuí | PFQ |
| CIEP 100 | Sarapuí | PF |
| Pte RFFSA | Iguaçu | PFQ |
| Pte do 38 | Iguaçu | PF |
| Capivari | Capivari | PF |
| Sta Cruz | Saracuruna | PFQ |
| Faz. N. S. Piedade | Inhomirim | PFQ |
| Defesa CIVIL | Maracanã | PFQ |
| Quartel PE | Maracanã | PF |
| BR-116 | Pavuna | PF |
| AV. Automóvel Club | Acari | PF |
| Est. Velha Pavuna | Faria | PF |
| Orindi | Iconha | PFQ |
| Faz. Prazeres | Roncador | PFQ |
| BR-493 | Guapi | PFQ |
| Quizanga | Guapi-Açu | PF |
| Duas Barras | Guapi-Açu | PF |
| Japuíba | Macacu | PF |
| C. de Macacu | Macacu | PF |
| Faz. Macacu | Casserebu | PFQ |
| Granja Aparecida | Casserebu | PF |
| Faz. Vargem Grande | Iguá | PF |
| Faz. Engenho Velho | Mutuapira | PF |
| Jardim Retiro | Aldeia | PF |
| Guaxindiba | Guaxindiba | PFQ |



Situação de Emergência

Reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastre, causando danos superáveis pela comunidade afetada.

Estado de Calamidade Pública

Reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastre, causando sérios danos à comunidade afetada, inclusive à incolumidade e à vida de seus integrantes.

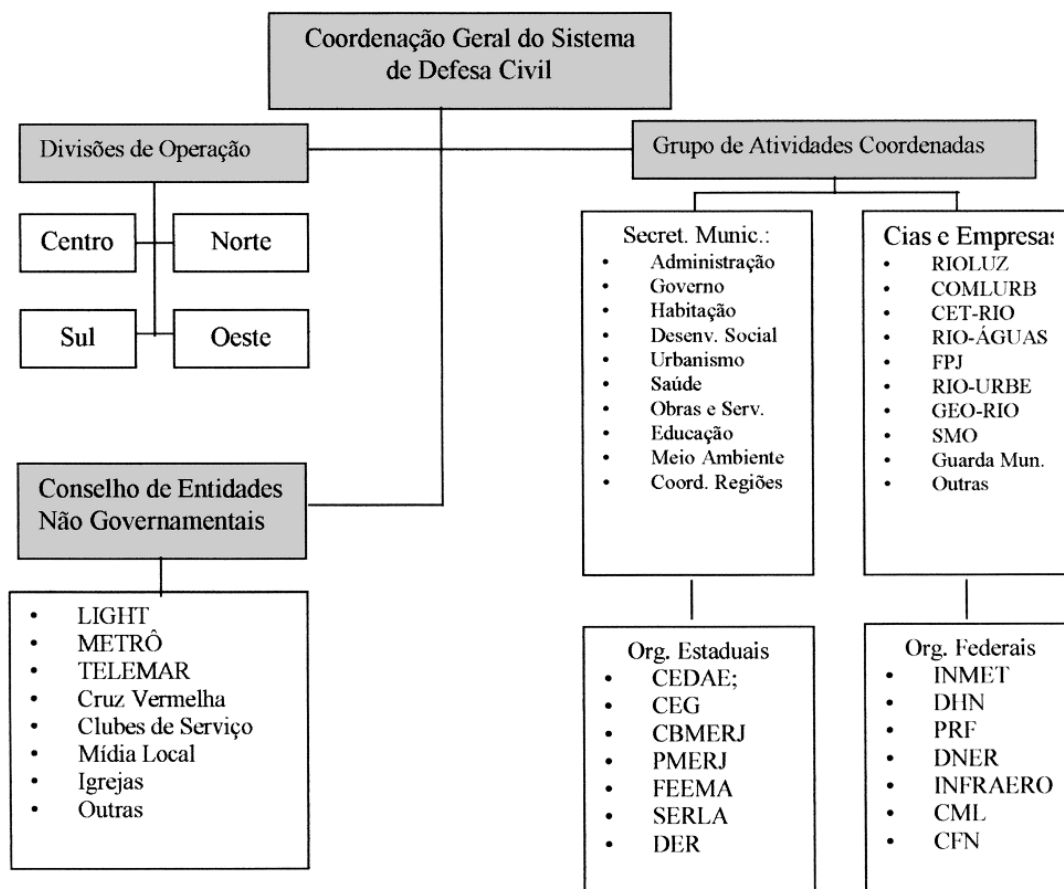
A última situação de calamidade pública no Município do Rio de Janeiro foi em 1996, em decorrência das conseqüências das inundações e deslizamentos de encostas em Jacarepaguá.

O referido Plano pode ser ativado total ou parcialmente, dependendo da gravidade dos danos gerados pelos seguintes eventos:

- **Deslizamentos de terra;**
- **Ventos fortes;**
- **Quedas de raios;**
- **Colapso nos serviços essenciais (transporte, energia elétrica, águas, esgotos, outros).**
- **Rolamento de pedras;**
- **Desabamentos;**
- **Inundações.**

Quando a situação emergencial requer um alerta máximo, o Sistema de Defesa Civil é totalmente mobilizado, envolvendo órgãos das administrações municipal, estadual e federal e entidades não governamentais. Nesse caso todas as ações previstas no Plano Verão são acionadas.

A organização da coordenação do Sistema, sob essas condições, pode ser assim esquematizada:



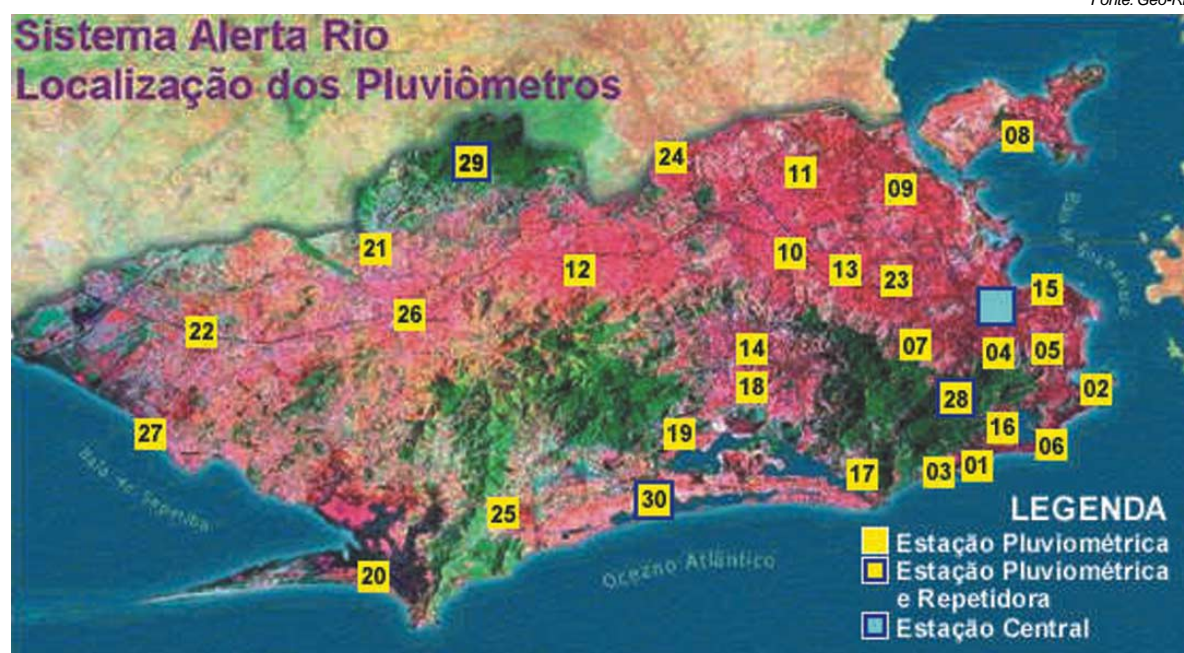
Os órgãos, através de seus representantes, são acionados de acordo com as áreas de abrangência e atribuições institucionais, disponibilizando equipamento, viaturas e pessoal. No verão de 1999/2000, o Plano Verão foi acionado duas vezes para atender situações de inundações.

Cabe ressaltar, ainda no Município do Rio de Janeiro, o sub-sistema “Alerta Rio”, vinculado ao referido Plano e coordenado pela Fundação Geo-Rio.

Trata-se de sistema de alerta, implantado em dezembro de 1996, direcionado para salvaguardar a população residente em

áreas sujeitas à deslizamentos de encostas. Embora seja esse o principal objetivo, fornece também subsídios para a previsão do tempo na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro.

Os alertas baseiam-se no monitoramento das precipitações pluviométricas em 30 estações telemétricas, estrategicamente localizadas no território do Município, nas imagens do Satélite Meteorológico GOES, obtidas através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e nas imagens captadas pelo Radar Meteorológico do Pico do Couto, operado pelo Ministério da Aeronáutica.



Cabe à Fundação Geo-Rio, a análise dos dados, emissão de relatórios e recomendação ao Prefeito do anúncio do Alerta Rio.

O Radar Meteorológico do Pico do Couto faz uma ampla varredura da situação das nuvens, retratando as condições do tempo sobre parte do território do Estado do Rio. As imagens são transmitidas em tempo real para os computadores da Geo-Rio, passam por análises específicas e as informações são cruzadas com as alturas de chuva obtidas nas estações pluviométricas. Se os solos já estiverem encharcados e a previsão indicar chuvas fortes contínuas, pode-se configurar a situação de alerta.

O sistema permite anunciar o alerta com até cinco horas de antecedência, através dos principais meios de comunicação.

A Fundação Rio-Águas, paralelamente aos trabalhos da Geo-Rio, mantém plantões de 24 horas no período de verão. Durante vigência do alerta, equipes da Rio-Águas acompanham as variações dos níveis dos cursos de água em trechos críticos. No caso de extravasamentos, equipamentos são mobilizados emergencialmente para socorrer a população e realizar trabalhos de limpeza e desobstrução.

An aerial photograph showing a vast, flooded landscape. A winding road or path is visible, cutting through the water. The water is dark, and the surrounding areas are lighter, indicating submerged land. The overall scene is one of significant flooding.

CONSEQÜÊNCIAS DAS INUNDAÇÕES

CONSEQÜÊNCIAS DAS INUNDAÇÕES

Chuvas intensas e duradouras podem gerar um conjunto de incidentes que vão, desde um simples extravasamento, com alagamento temporário de pequenas proporções, passando pelo colapso dos serviços de infra-estrutura urbana, até a perda de vidas humanas pela fatalidade de um acidente ou por doenças infecciosas que se seguem às inundações.

Os estragos das inundações dependem não só da fragilidade da área atingida, em função do tipo de ocupação e uso do solo, da drenagem em geral, das condições sanitárias das comunidades socialmente menos favorecidas e da infra-estrutura de saneamento básico, como também, da vulnerabilidade física dos investimentos públicos, privados, àqueles do setor produtivo e da importância da área como acesso a outras regiões economicamente ativas.



paralisação do comércio

Nas áreas rurais os impactos são menores e, muitas vezes, a chuva é benéfica para repor a umidade do solo e permitir o armazenamento das águas pluviais em pequenos açudes, para uso na irrigação, durante períodos de estiagem. Por outro lado, o acúmulo excessivo das águas sobre o solo pode provocar grandes prejuízos pelas perdas de safra e do rebanho, como também a erosão pode provocar perda do solo fértil.

Nas grandes bacias hidrográficas, tipicamente rurais, onde os tempos de concentração são da ordem de alguns dias, é comum, a exemplo do Pantanal Matogrossense, o emprego de sistemas de alerta baseados em dados pluviométricos observados junto as cabeceiras da bacia, e a montante da área inundável. O aviso da ocorrência de chuvas torrenciais é repassado pelas rádios locais, o que permite, aos fazendeiros, remanejar os rebanhos para áreas seguras e salvaguardar bens materiais.

Nas áreas urbanas, as conseqüências são as mais diversas. O homem exerce no processo, papel central primário, talvez mais importante que a própria intensidade do evento pluviométrico, a medida que a ação humana, é responsável pela edificação e ocupação do ambiente antes natural.

A magnitude das possíveis ocorrências está diretamente ligada a fragilidade dos cenários construídos pela sociedade, à medida que avança sobre extensos sítios inadequados e geomorfologicamente desconhecidos. Além disso, muitas vezes, esse processo dinâmico não é precedido pelo mínimo de investimentos em infra-estrutura urbana.



deslizamento de encosta

Conseqüências decorrentes de chuvas intensas, não seriam muitas vezes calamitosas, se houvesse maior conhecimento do espaço físico e geográfico antes de ser ocupado e se fossem respeitadas as necessidades naturais dos rios.

Nas áreas de encosta desprovidas de vegetação, a infiltração das águas de chuva é reduzida e o escoamento superficial aumentado. A ausência de raízes que fixam o solo intensifica a erosão o que pode conduzir a instabilidade e ao deslizamento. Nessa situação, as construções existentes ficariam instáveis e poderiam escorregar juntamente com o terreno. O lixo descartado e acumulado sobre as encostas poderá descer morro abaixo com o aumento do seu peso pela água de chuva.

Nas regiões de menor declividade a incidência de inundações e o tipo de conseqüência, variam no tempo e no espaço e estão associadas ao crescimento urbano. O aumento das áreas impermeabilizadas, novas vias de tráfego e aterro de baixios, são exemplos de alterações físicas do terreno, que contribuem para a mudança dos padrões de drenagem e a diminuição da retenção natural. Portanto, devem ser acompanhadas de soluções de engenharia para retenção, estrategicamente planejadas, para a compensação da perda de retenção natural.

É compreensível que a população atingida pelas inundações exija, das autoridades, obras para melhoria da situação das enchentes, evitando inundações e seus prejuízos. Mas isso nem sempre é possível quando áreas naturais de inundação forem ocupadas pela urbanização, quer seja planejada ou por força das invasões ilegais.

Vale mencionar que todas as obras que reduzem as áreas naturais de inundação, como os diques e aterros, e que aceleram o escoamento das enchentes localmente, como retificação e canalização, transferem e agravam o problema a jusante.



Carlos Moraes

O fato mais comum durante e após a inundação, em áreas urbanas, é a interrupção temporária do tráfego e conseqüentemente, a redução das atividades comerciais.

O esgotamento das áreas atingidas vai obedecer às taxas da drenagem natural e/ou artificial, certamente agravadas pelo assoreamento e o acúmulo de material sólido já depositado com àquele carregado pela enxurrada. O retorno à normalidade pode demorar de alguns minutos a horas. Nas áreas mais baixas, quase ao nível do mar, esse período pode ser ainda maior, pela coincidência do evento chuvoso com marés altas, quando as forças das águas oceânicas rio acima, impedem o fluxo normal das águas interiores.



Nas áreas urbanas de maior declividade, a drenagem insuficiente compartilha as águas de chuva com as vias públicas e áreas marginais. Dependendo da intensidade das chuvas e da declividade dos terrenos, a força das águas aumentam os prejuízos materiais, arrastando veículos e equipamentos públicos que encontram no percurso.

Léo Corrêa

Maracanã - 17/02/2000



força das águas

Rua Ibituruna - Tijuca - Fev. 1988



Nas bacias hidrográficas de maiores dimensões, onde o leito maior do curso principal se estende por áreas de baixa declividade, ao longo do trecho médio e inferior, as áreas urbanas edificadas nas grandes depressões dos terrenos estão sujeitas a séria inundação durante períodos chuvosos críticos.

Após a passagem da enchente, com o retorno ao nível normal das águas, essas depressões permanecem alagadas durante certo tempo. É comum o total isolamento de áreas contíguas menos atingidas, em cotas mais altas.

Antonio Cruz



Léo Corrêa



As perdas materiais são relevantes, o número de desabrigados é significativo e pode haver óbitos por afogamento ou desabamento.

A agravação do fato está associada à qualidade das habitações, às condições sanitárias existentes e às doenças endêmicas locais.

Nesses cenários, a maior parte da população atingida provém das classes socialmente menos favorecidas, sem alternativas de assentamento, dada a valorização econômica de outras áreas de menor risco.

José Soares



áreas baixas inundadas

Revela-se um quadro deprimente com o desânimo daqueles que perderam os poucos bens materiais, a aflição de não ter para onde ir e a preocupação de ceder o espaço a terceiros.

Alexandre Vieira



desabrigados

Soma-se a esse quadro crítico, os efeitos indiretos das inundações decorrentes das doenças infecciosas que se seguem após o evento.

As águas de chuva promovem a lavagem dos logradouros e vias públicas, terrenos baldios contaminados pelo descarte de toda sorte de lixo, pátios de áreas industriais e outras áreas onde as condições do saneamento básico são precárias.

A qualidade das águas pluviais é alterada radicalmente, carregando em suspensão e, em forma diluída, matéria orgânica em decomposição, fruto das fezes animais e do lixo, produtos tóxicos de origem industrial, outras substâncias orgânicas e inorgânicas, típicas das áreas urbanas, e um elenco de bactérias, vírus e protozoários, disponíveis nesses conjuntos de focos poluidores.

As águas invadem os mais diversos espaços, provocando o extravasamento dos sistemas de fossas e sumidouros, invadindo tubulações de esgotos sanitários, enfim, criando um líquido altamente perigoso para a saúde do ser humano, principalmente quando infiltra e atinge caixas d'água ou cisternas.

A mistura da água contaminada com aquelas reservadas ao abastecimento domiciliar, é responsável por doenças, conhecidas como de veiculação hídrica.

O homem ao ingerir a água contaminada, está sujeito a distúrbios gastrointestinais, como diarreias infecciosas causadas por micro organismos do grupo coliforme fecal, presentes nas fezes humanas e de animais. Além disso, fica-se vulnerável a outros organismos patogênicos como o vírus da hepatite e mononucleose e as bactérias responsáveis pela disenteria, tuberculose, febre tifóide, cólera e outras.

Nas áreas afetadas, é possível a ocorrência de surtos de agravação de uma determinada doença endêmica, podendo levar a epidemias difíceis de serem controladas.

O contato direto com essas águas, pode acometer de sérias doenças, os habitantes das áreas atingidas.





Uma das principais enfermidades é a leptospirose, infecção bacteriana, que embora não conduza à morte, com grande freqüência, produz graves seqüelas ao organismo humano, principalmente aos rins. A bactéria está presente na urina dos ratos e penetram no homem pela pele.

Nas áreas rurais, o uso inadequado de agrotóxicos por exploração agropecuária, é prejudicial ao homem, à fauna e à flora. Muitos agrotóxicos são agentes cancerígenos e cumulativos no organismo humano. As aplicações de inseticidas, fungicidas, herbicidas e acaricidas, geram resíduos sobre o solo, plantas e animais, que, lavados pelas águas de chuva, podem contaminar o lençol freático e outros corpos hídricos receptores. Nas inundações, misturam-se às águas dos mananciais utilizadas para consumo humano (poços do freático, artesianos, etc.).

OBRAS DE CONTROLE DE ENCHENTES

Prejuízos e fatalidades decorrentes de chuvas intensas são diretamente proporcionais aos períodos de retorno das vazões de pico e dos volumes gerados, do nível de proteção, do uso do solo, da conscientização e preparação da população para enfrentar o risco.

Obras de controle de enchentes podem amenizar os efeitos negativos de um evento, até uma determinada probabilidade de ocorrência. Se as enchentes superarem as vazões máximas ou volumes estabelecidos nos critérios de projeto, certamente a área de interesse sofrerá prejuízos, na maioria das vezes agravado pela despreocupação, pelo despreparo da população e pela acumulação de bens materiais dispostos na área supostamente protegida.

As intervenções estruturais para controle de enchentes tem sido geralmente projetadas para equacionar problemas locais. Essa prática, além de não cobrir riscos acima de um determinado evento de chuva, pode gerar impactos ambientais significativos pelas obras realizadas e o agravamento das conseqüências a jusante.

Muitos cursos de água banham mais de uma cidade no mesmo município e ou municípios e estados diferentes. Geralmente, dentro desse cenário surgem conflitos entre interesses da população local e aqueles da população de jusante.

Enquanto os problemas locais são equacionados até um certo risco por obras como canalização, retificação e ou dragagem, que aceleram a passagem das enchentes águas abaixo, a população de jusante se vê prejudicada pelo repentino acúmulo das águas, piorando a situação já estabelecida.

Portanto, enquanto o controle de enchentes não contemplar a bacia como um todo, permanecerá o antagonismo entre os interesses daqueles, que a montante, desejam empurrar as águas para as áreas mais baixas, o mais rápido possível, e daqueles, que a jusante, vem como solução a retenção das águas nas áreas superiores da bacia.

Problemas de inundação em diferentes áreas de uma bacia hidrográfica devem ser equacionados por soluções que compatibilizem os objetivos locais, segundo as diretrizes de uma proposta regional. O certo seria a elaboração de um plano diretor, resultado do planejamento integrado das intervenções locais e regionais, tendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão e o consenso entre os diferentes níveis do Poder Público e da sociedade organizada, envolvidos no processo decisório.

O plano, fruto de amplo diagnóstico de desempenho da drenagem natural e/ou artificial, mapeamento das áreas sujeitas a inundação, estudos hidrológicos e da expansão urbana e estabelecimento do zoneamento do uso do solo, passaria a ser o guia dos sucessivos administradores públicos, na implantação das diferentes etapas das obras locais e regionais.

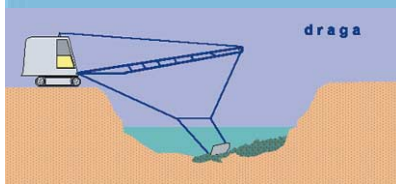
Na realidade, depara-se com cenários dinâmicos, onde a ocupação ordenada e desordenada do solo e a invasão de áreas sujeitas a inundação, é mais rápida que o tempo necessário para o desenvolvimento do plano ou, por falta de presença do Poder Público, inviabiliza aquele já estabelecido.

Na falta do planejamento integrado, soluções estruturais convencionais a nível local, visam salvaguardar de extravasamentos um trecho específico do curso de água, em detrimento do agravamento das condições a jusante. A situação fica mais crítica ao longo das áreas ribeirinhas rio abaixo e próximo a foz, principalmente quando houver influência das marés oceânicas que provocam sobrelevações do nível da água.

Uma vez conhecido o problema e identificadas as causas, a escolha do tipo de intervenção local, vai depender dos recursos financeiros disponíveis, e da viabilidade de execução da obra.

Trechos de difícil acesso, somados à ocupação das margens, oneram o orçamento da intervenção. A dificuldade de remanejamento da população ribeirinha leva, muitas vezes, à adoção de ações emergências e temporárias, como limpeza manual ou dragagem.

Dependendo dos recursos, é possível retirar os moradores ribeirinhos, remanejá-los para áreas de menor risco, desimpedindo a faixa marginal de proteção, recuperando a seção de escoamento, segundo os parâmetros estabelecidos no projeto e, por fim, de alguma forma, evitar novas invasões a partir, por exemplo, da implantação de vias públicas marginais (avenida-canal).



dragagem

Intervenção emergencial para recuperar a capacidade de escoamento. A necessidade de serviços regulares de dragagem demonstra que o sistema fluvial está desequilibrado pela influência do próprio homem (desmatamento, aumento de erosão e sedimentação, diminuição da retenção natural, lixo, descaracterização da mata ciliar, etc.).

Além de serem obras que consomem grandes somas de verbas públicas e produzem impactos ambientais significativos, não resolvem o problema por longo prazo, tratando-se de medida paliativa local e temporária.

Muitas vezes é preferível combater as causas desse desequilíbrio, reflorestando as encostas e as áreas de cabeceira, recuperando a mata ciliar, equacionando o problema do lixo, etc..

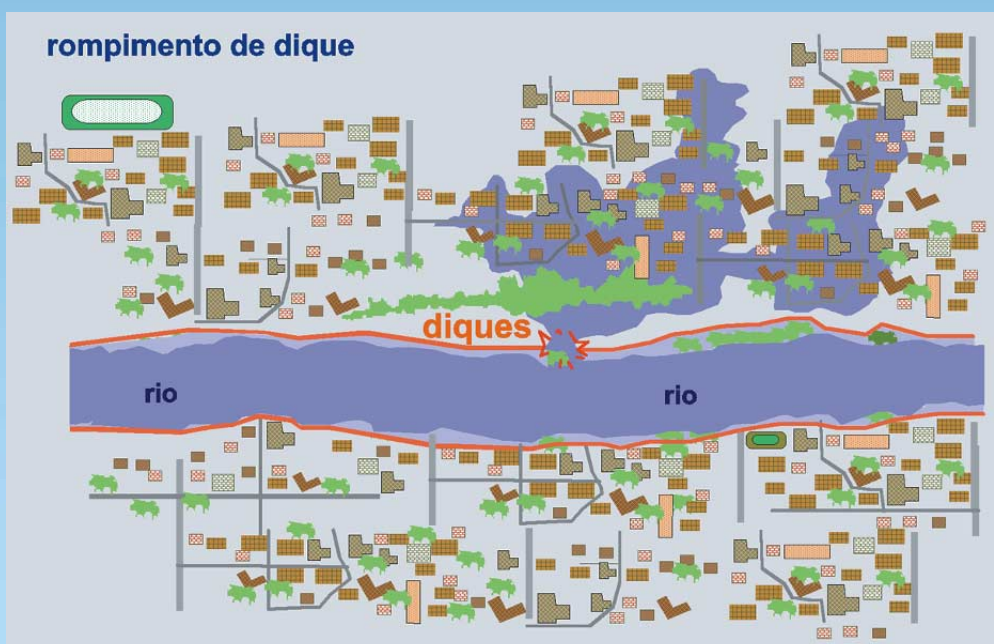
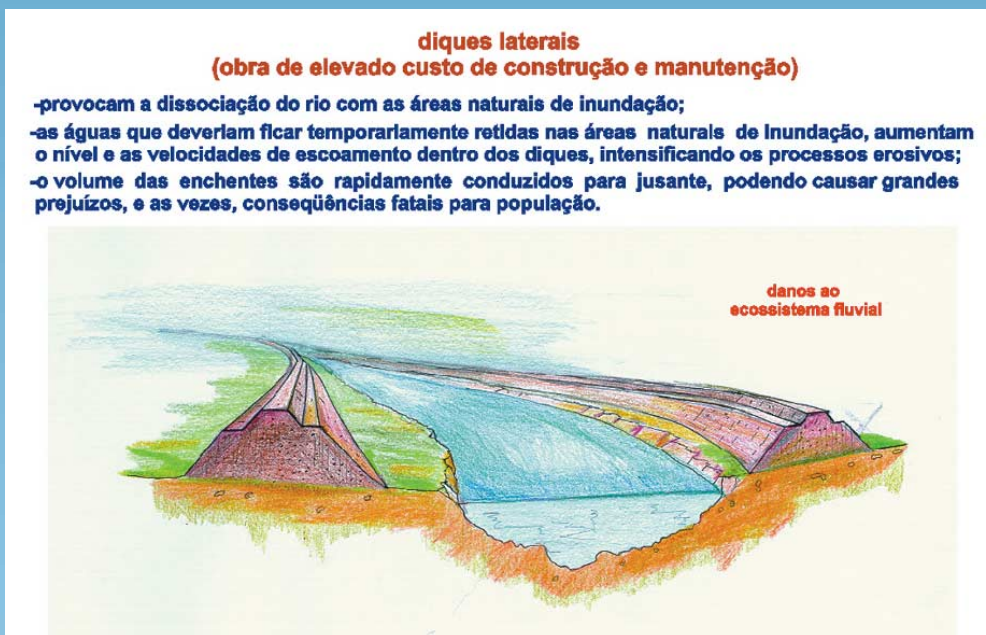


A perda de retenção gerada pela solução de engenharia de efeito local deverá ser compensada pela realização de outros dispositivos de retenção na região, com o propósito de evitar o agravamento das inundações nas áreas a jusante.

Intervenções locais como dragagem, canalização e ou retificação são obras de elevado custo, tanto de construção como de manutenção que, certamente, exigirão a curto

prazo, medidas saneadoras para os possíveis impactos causados águas abaixo.

Diques oferecem segurança às áreas marginais, até a vazão definida no projeto, tanto urbanas como rurais, mas, por outro lado, estão vinculados a rotinas de inspeção e manutenção para assegurar a integridade física da estrutura. O colapso por erosão e desestabilização do dique pode levar a sérios prejuízos, inclusive, perda de vidas humanas.

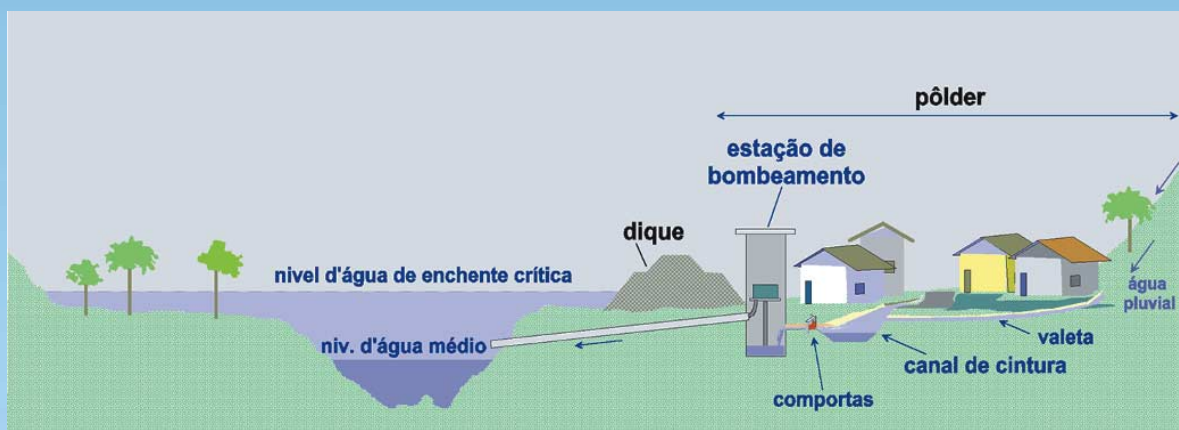
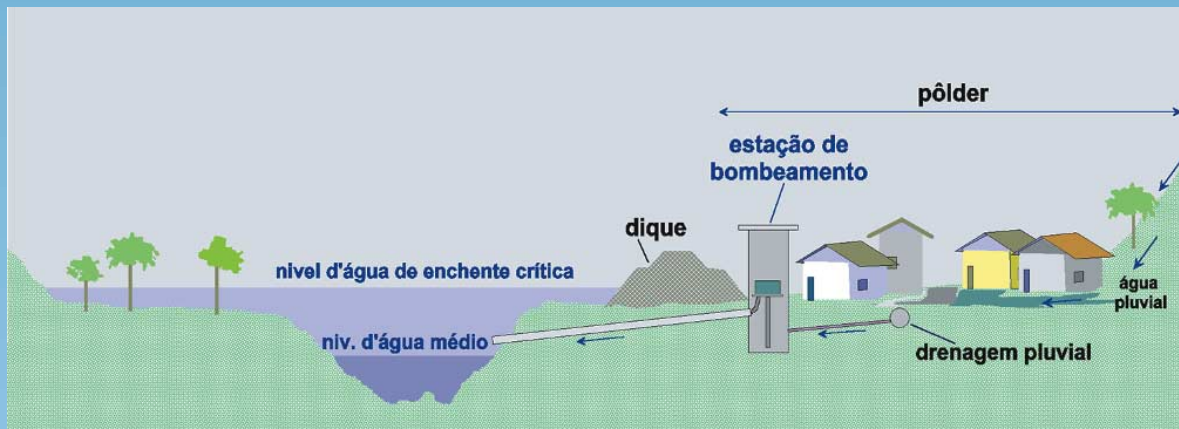


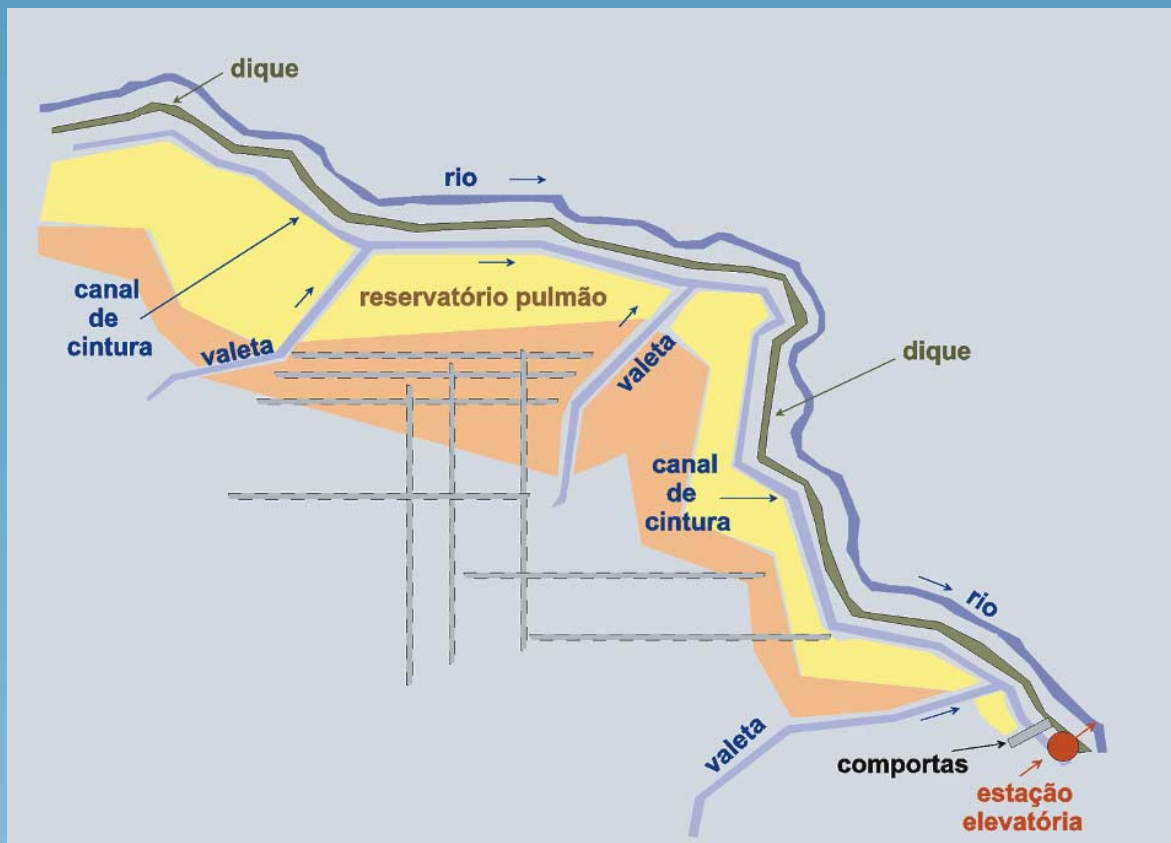
Em áreas muito baixas com relação à drenagem principal de uma região, configura-se, como alternativa, a implantação de polders. Esse tipo de solução, reúne a combinação da construção de diques, eliminando a influência dos extravasamentos do curso de água principal sobre a área alvo e a implantação de sistema de drenagem local. O sistema de drenagem, nesse caso, será projetado em cotas mais baixas que os níveis d'água críticos do rio principal. Essa solução deverá ser acoplada a mecanismos que possibilitem esgotar as águas mantidas temporariamente na área de

interesse, após a passagem da enchente.

Dentro da área do polder, as águas podem ser esgotadas por sistema de micro drenagem convencional, isto é, bocas de lobo, coletores secundários e principal ou por meio de valetas a céu aberto que direcionam as águas de chuva para um canal de cintura.

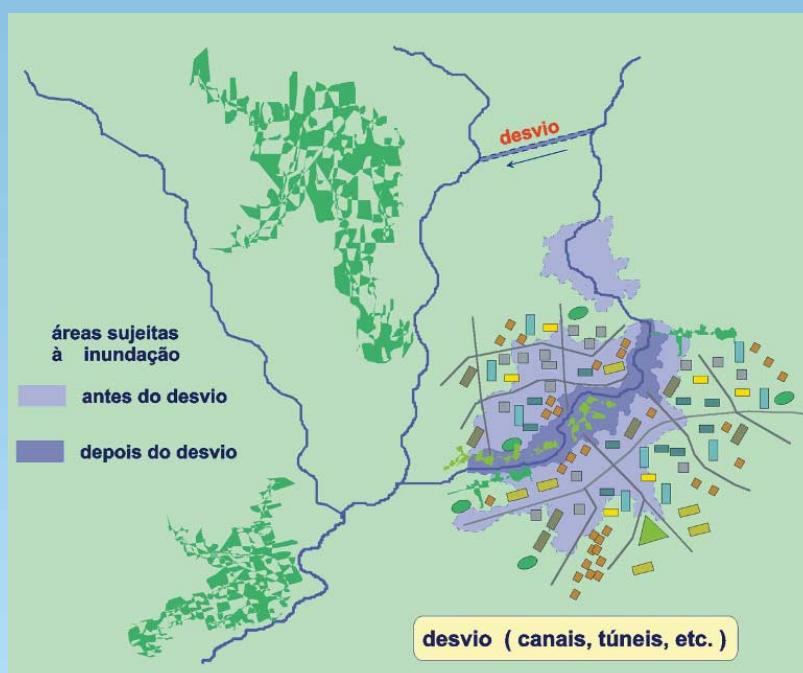
Dependendo das características topográficas do terreno, os volumes armazenados serão posteriormente entregues à drenagem principal, por meio da operação de comportas e/ou bombeamento, através de estações elevatórias.

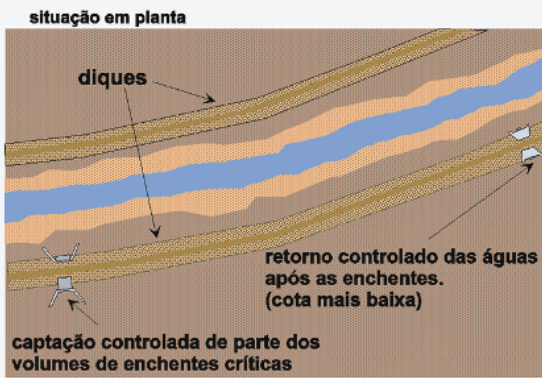




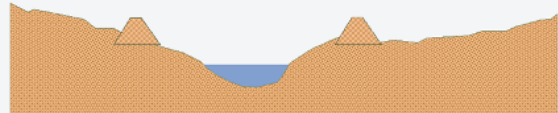
Em função do tamanho da área a ser beneficiada com o polder, há necessidade de se alocar, dentro dos limites considerados, espaço que funcionará como bacia de acumulação temporária, também conhecida como reservatório pulmão.

Outras soluções locais, como desvios, pequenas bacias de acumulação pela implantação de barragens com ou sem mecanismos regularizadores e reservatórios subterrâneos ou superficiais em logradouros públicos, também se apresentam como alternativas.

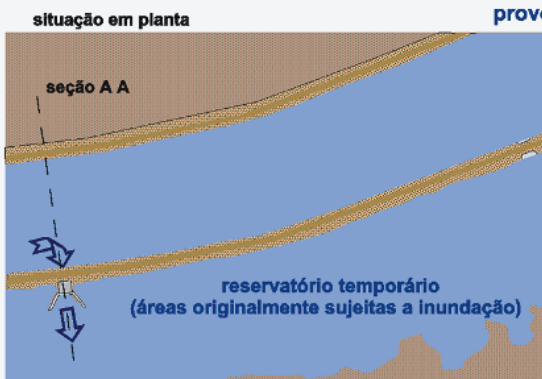




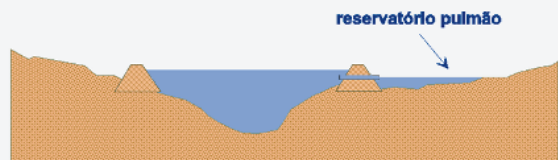
Reutilização de áreas originalmente alagáveis para reter temporariamente parte dos volumes das enchentes.



seção transversal A A

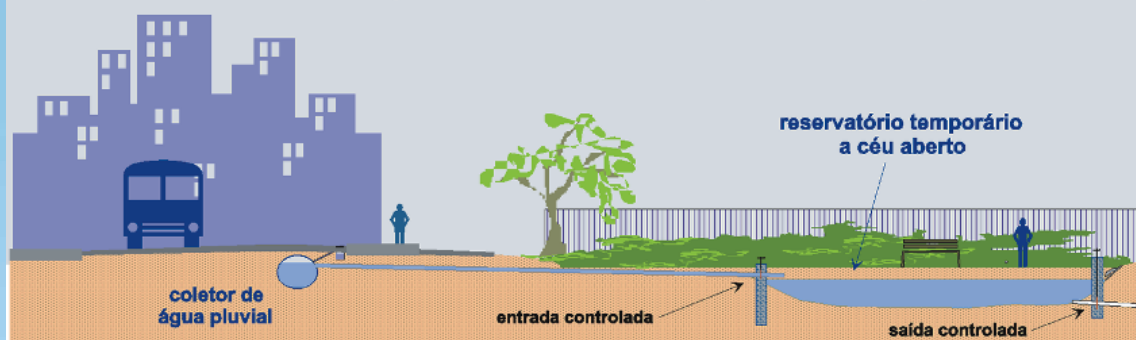


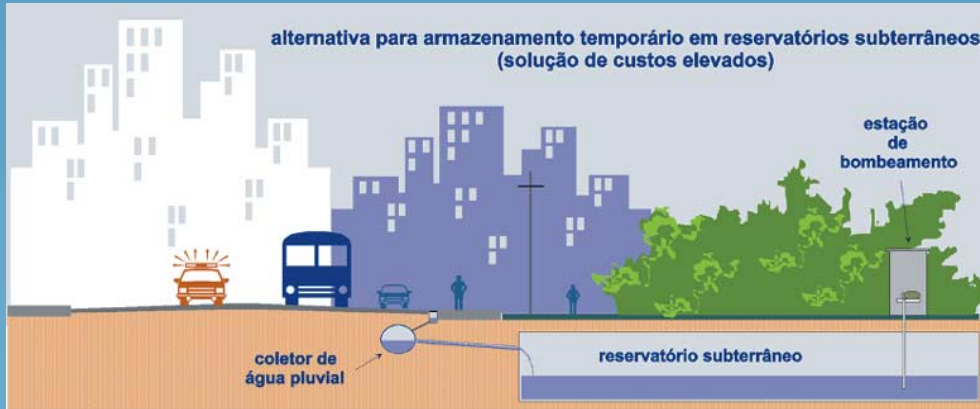
alternativa para amenizar o impacto das enchentes a jusante, provocado pela construção dos próprios diques.



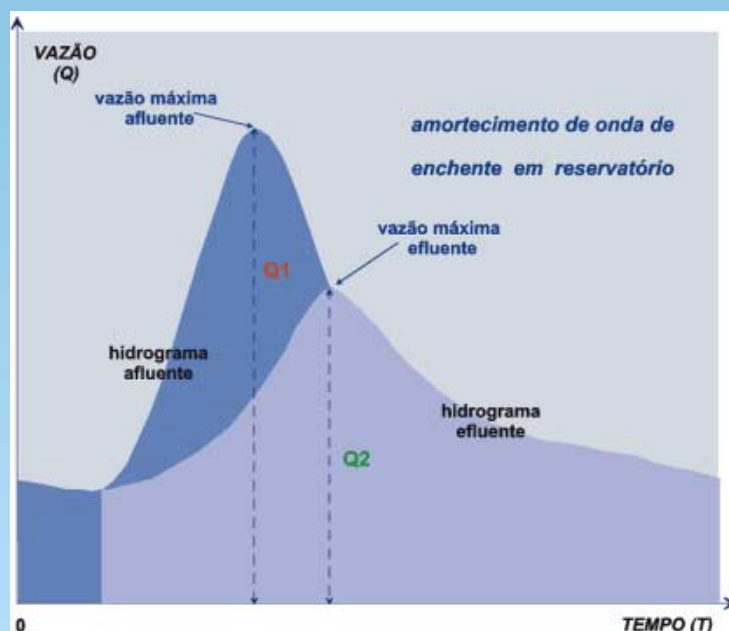
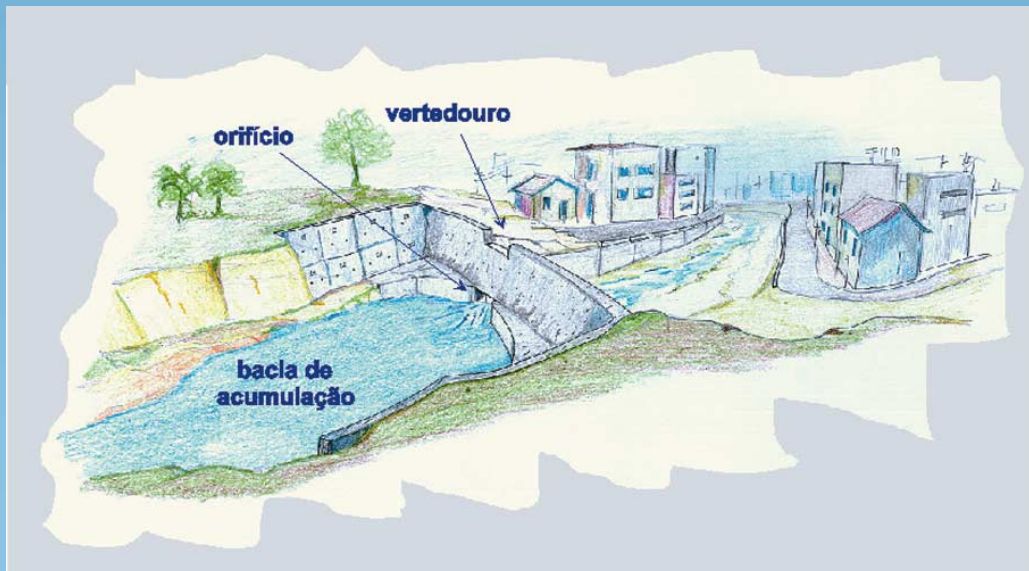
seção transversal A A

alternativa para armazenamento temporário em áreas públicas de lazer





Obras de influência regional como a barragem do Rio Sarapuí na Baixada Fluminense, são geralmente projetadas a partir do princípio de retenção temporária de parte dos volumes das enchentes, liberando vazões compatíveis com o sistema de drenagem a jusante.



Podem ser planejadas para trabalhar em conjunto com outras obras regionais e/ou locais otimizando o efeito laminador dos picos de enchente.

Reservatórios de grandes dimensões inseridos no contexto da gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica podem ter diferentes finalidades. A regularização das águas armazenadas durante períodos chuvosos dependerá dos múltiplos usos definidos para a obra, isto é, laminação de enchentes, geração de energia elétrica, irrigação, abastecimento domiciliar e/ou industrial, preservação da

fauna e da flora, manutenção da navegação, prevenção à penetração das águas oceânicas, recreação, etc..

Reservatórios exclusivos para laminação de enchentes devem funcionar de forma a regularizar, para jusante, tão rápido quanto possível, o volume acumulado durante o evento pluviométrico, permitindo a liberação do espaço para novos armazenamentos.

Tais reservatórios, podem ser formados por barragens dotadas ou não de mecanismos de controle das vazões efluentes.



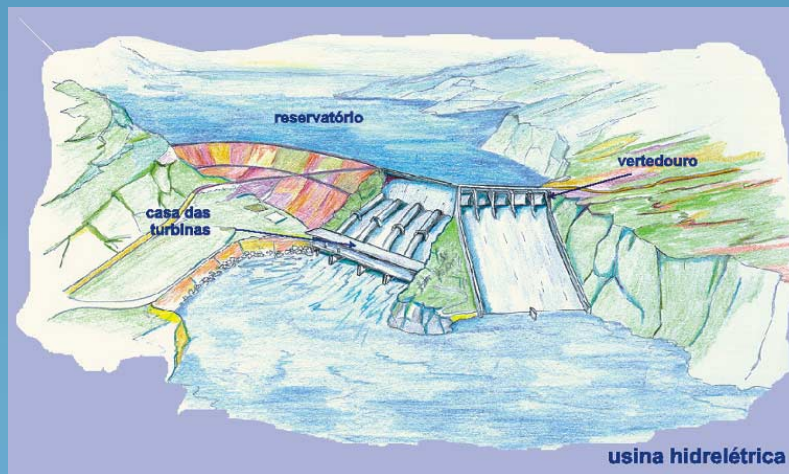
Em geral, esses mecanismos são constituídos de comportas manobráveis localizadas na parte inferior da estrutura de represamento, operadas de acordo com as condições de escoamento de jusante. No caso de grandes afluências de água de chuva e atingida a capacidade máxima

de liberação dessas comportas, o nível de água no reservatório crescerá até atingir a soleira do vertedouro, quando, então, as contribuições para jusante serão acrescidas daquelas vertidas e limitadas às características hidráulicas do vertedouro.



Nos reservatórios de múltiplos usos, pode ser importante armazenar o máximo de afluência das águas de chuva. Nesse caso, o vertedouro é equipado com sistema de comportas, operado de acordo com as necessidades de retenção de volumes adicionais, garantindo disponibilidade hídrica durante períodos de estiagem ou mesmo para reforçar medidas para evitar inundações a jusante.

Os grandes reservatórios de regularização, a exemplo daqueles voltados para geração de energia elétrica, são dimensionados de forma a manter grandes volumes de espera. Podem absorver contribuições de enchentes de períodos de retorno, entre 5.000 a 10.000 anos, constituindo-se em importantes aliados durante períodos de chuvas intensas na bacia hidrográfica. São operados normalmente para atender as demandas de energia elétrica. Em situações críticas de enchente a montante, podem controlar as vazões efluentes de modo que, somadas às contribuições laterais de jusante, se limitem a capacidade da calha principal ou, pelo menos, não produzam inundações calamitosas.



Nas bacias hidrográficas de regime torrencial, a formação e concentração dos hidrogramas de enchente se dá em curtos períodos. Em geral, são áreas de drenagem de pequenos tempos de concentração, onde o curso superior do rio principal e de seus afluentes apresentam declividades acentuadas, curso médio de pouca representatividade e o curso inferior, se desenvolve com baixas declividades.

Durante eventos pluviométricos de grande intensidade e duração na região montanhosa, a população, geralmente assentada nas áreas de baixada é surpreendida com a rápida elevação do nível das águas, quando não pela própria inundação.

Essas circunstâncias, somadas à importância sócio-econômica da área, requerem soluções que podem oferecer proteção até um determinado risco.

Uma das alternativas para o problema, é a construção de pequenos barramentos localizados nas áreas íngremes, onde as características físicas da calha de escoamento de alguns afluentes, permitem acumular, temporariamente, parte dos volumes das águas das enchentes.

Nas estruturas de barramento podem ser instalados mecanismos regularizadores, como comportas ou adufas, que necessitem de operação controlada para garantir eficiência máxima da capacidade de reservação temporária.

Nesse caso, exigiria mão de obra exclusiva e comprometida com a operação integrada do conjunto de barramentos durante períodos chuvosos. Por outro lado, estando desprovidas de tais mecanismos de controle, as vazões efluentes, dependerão das características hidráulicas do orifício utilizado para regularização.



MEDIDAS PREVENTIVAS COMPLEMENTARES

Somente em poucas regiões é viável a implantação de grandes obras de retenção para a redução das enchentes. Também obras locais para redução de inundações somente garantem proteção limitada. O problema persiste para enchentes excepcionais, isto é, acima daquelas consideradas no projeto.

Quando não mais ocorrem inundações regulares, o homem se sente mais seguro, a urbanização cresce na direção das áreas marginais dos cursos de água, concentrando cada vez mais os bens materiais.

Tais áreas ainda apresentam riscos para ocupação, uma vez que permanecem vulneráveis para enchentes excepcionais. Quando a enchente superar àquela adotada no projeto, os prejuízos podem ser consideráveis.

Existem muitas ações preventivas que podem contribuir para a redução dos volumes das enchentes e ou prejuízos envolvidos.

Medidas preventivas complementares devem ser implementadas através da união de esforços do Estado e da população atingida.

Essas medidas exigiriam a adoção, incentivo e divulgação de uma política esclarecedora onde, as assistências jurídica e técnica, deveriam estar sempre presentes.

Medidas para redução dos volumes das enchentes

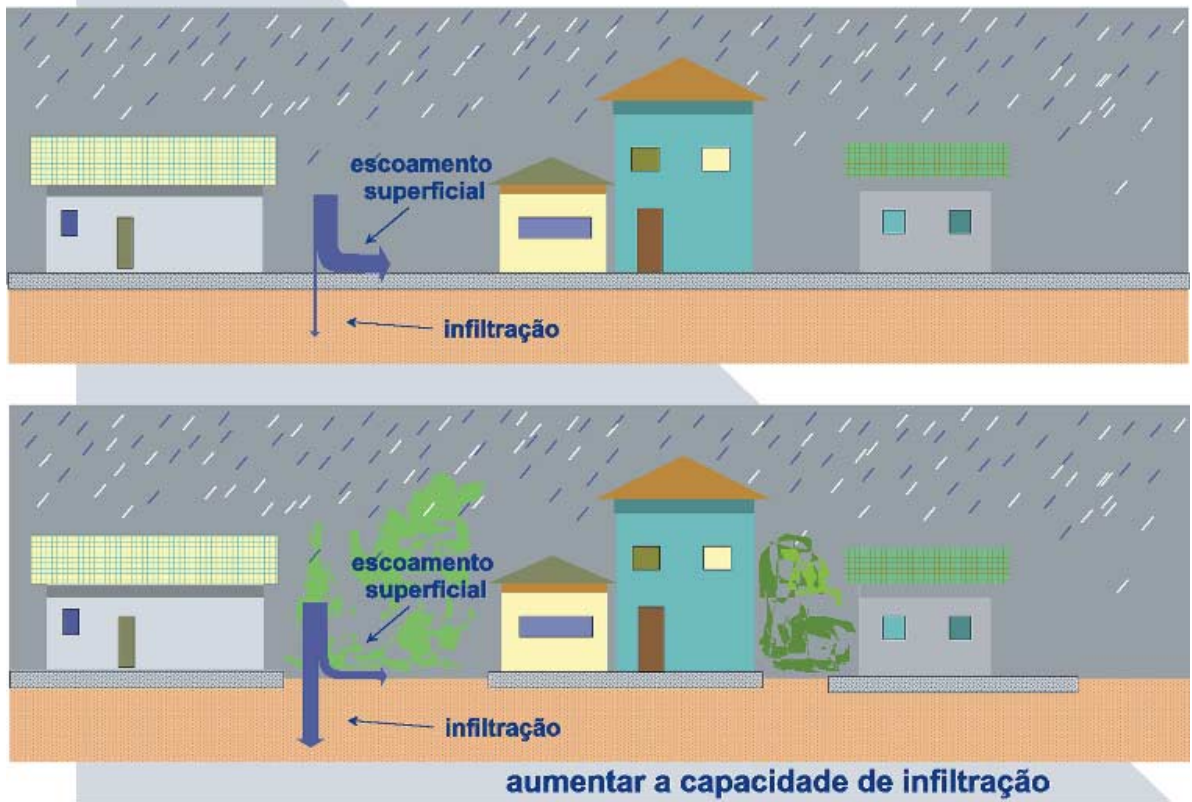
Podem ser adotadas de forma isolada ou para acrescentar maior segurança oferecida por obras convencionais.

A retenção temporária é um agente regulador dos volumes das águas de chuva e, portanto, a ampliação das áreas que possam contribuir de forma natural ou artificial para esse mecanismo é um fator positivo no controle da formação das enchentes.

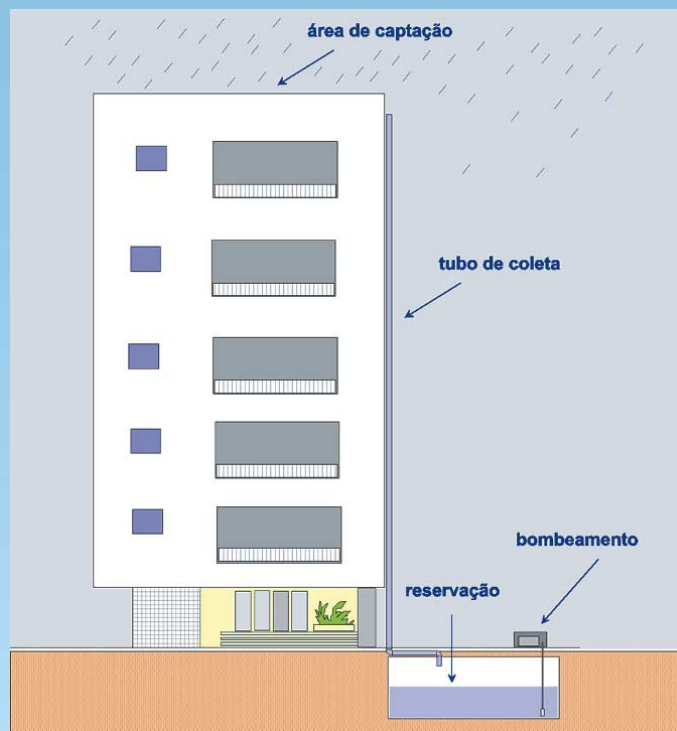
Nesse sentido, o reflorestamento de encostas, áreas públicas e privadas, trará, a médio e longo prazos, um conjunto de benefícios. Além de potencializar a infiltração, reter temporariamente parcela das águas de chuva, e diminuir a erosão, fatores esses fundamentais no processo, a recuperação da biota, criação de áreas de lazer e a valorização da paisagem, são benefícios indiretos.

A conservação e recuperação da vegetação ciliar aumenta a resistência ao escoamento, diminuindo a velocidade média e o processo erosivo das margens, produzindo maior armazenamento dos volumes das águas e reduzindo os picos das enchentes nas calhas dos afluentes e do rio principal.

O aumento das áreas que permitem a infiltração das águas de chuva contribui para redução do escoamento superficial, possibilita a recarga das águas do lençol freático e aquíferos subterrâneos e promove o retardamento de parte do volume precipitado com relação ao escoamento superficial direto.



O reaproveitamento das águas de chuva é outra medida que pode ser empregada como solução não estrutural. Nos condomínios, fábricas, postos de serviços, escolas, hospitais, unidades da defesa civil e mesmo por iniciativa isolada de alguns cidadãos, a captação e reservação das águas pluviais para fins específicos, trazem vantagens econômicas para o usuário e redução dos volumes disponíveis para o escoamento superficial.



Medidas para diminuição dos prejuízos

É evidente que a medida efetiva e mais eficaz para a diminuição de prejuízos decorrentes das enchentes é não ocupar e não urbanizar áreas que correm o risco de serem inundadas.

De uma maneira geral pode-se agrupar as medidas preventivas para redução dos prejuízos da seguinte forma:

- prevenção na área;
- prevenção na construção;
- prevenção no comportamento;
- prevenção do risco.

Prevenção de área - As áreas sujeitas a inundação e os respectivos riscos devem estar claramente definidos nos planos diretores e consideradas como áreas livres. Os planos regionais devem respeitar os limites estabelecidos.

Essas áreas são delimitadas com base em estudos hidrológicos especializados cujos resultados devem ser amplamente divulgados pelo estado.

Prevenção na construção - Nas áreas sujeitas a inundação onde a urbanização já existe e avança mesmo com o conhecimento do risco, o cidadão deve tomar algumas precauções simples que, certamente, reduzirão os prejuízos quando as águas subirem ao seu redor.

Na construção, devem ser escolhidos materiais que tenham boa resistência a umidade, procurando sempre que possível elevar o primeiro piso da obra.

Prevenção no comportamento - Nos domicílios com mais de um andar deve-se destinar os andares mais baixos a usos menos nobres e criar meios para o rápido deslocamento dos bens para andares superiores.

Prevenção do risco - O cidadão deve estar bem informado quanto ao risco de inundações na área que pretende ocupar. Procurar a autoridade local é uma opção. Caso a informação não esteja disponível, indagar sobre a questão aos moradores mais antigos, antes de qualquer iniciativa.

CONTROLE DE ENCHENTES E ENGENHARIA AMBIENTAL UM NOVO CONCEITO

Mudanças conceituais das práticas de engenharia fazem parte da história da adaptação do homem ao meio natural.

Ao longo dos séculos, a ocupação do espaço é marcada pela adoção de soluções de engenharia que permitem o assentamento do homem, com a devida infra-estrutura necessária para seu bem estar (água, esgoto, energia elétrica, vias de transporte, etc.) e protegida até um certo risco, de eventos naturais como as inundações.

O crescimento populacional contribuiu para a descaracterização parcial dos ciclos naturais, potencializando os efeitos dos fenômenos da natureza, com sérios impactos e prejuízos ao conteúdo ambiental e conseqüentemente, ao próprio homem.

Obras relacionadas à engenharia de recursos hídricos modificam os processos naturais envolvidos com o ciclo hidrológico, tais como, erosão e sedimentação, balanço hídrico (capacidade de retenção, infiltração e evaporação), padrão de drenagem (modificação das áreas sujeitas a inundação), etc.. Somam-se a essas questões, os impactos sobre os ecossistemas, decorrentes das alterações do espaço físico e da disponibilidade hídrica, fundamental na adaptação e desenvolvimento da fauna e flora.

Retificação em áreas de baixada promove redução do comprimento do curso de água, uniformização da seção transversal de escoamento e aumento da velocidade das águas e das taxas de erosão.

Diminui-se a frequência de extravasamento do rio para a baixada, levando ao empobrecimento dos ecossistemas e à redução da diversidade biótica.

Nesse caso, a morfologia natural, que depende do regime de vazões e do equilíbrio entre erosão, transporte e sedimentação de material sólido constituinte do leito menor e maior, é totalmente alterada.

A dinâmica natural de um curso de água sem intervenção do homem leva à formação de grande variedade de núcleos biológicos, estruturas e condições específicas que, em conjunto, determinam o ecossistema das baixadas inundáveis e da própria calha do rio.

A construção de barragens ou de degraus ao longo do eixo de escoamento, cria obstáculos ao processo natural de reprodução de várias espécies de peixe que, em determinadas épocas, nadam para montante em busca de bolsões naturais para desova.

A regularização de vazões naturais, através de estruturas que permitem o armazenamento das águas de chuva e posterior liberação de vazões que não comprometam áreas urbanas ao longo dos rios, é outro fator negativo para a fauna e flora que, muitas vezes, necessitam da dinâmica da flutuação de níveis d'água para sua adaptação e sobrevivência.

Problemas ambientais tem sido minimizados a partir do fortalecimento e adoção de ações direcionadas para a conservação e recuperação gradual do escoamento natural das águas e a regeneração da biota local.

Trata-se de um novo conceito aplicável às intervenções já existentes, e àquelas ainda por realizar.

Fundamenta-se na implantação de obras hidráulicas adaptadas à natureza e à conservação e/ou recuperação das áreas de inundação, onde for possível.

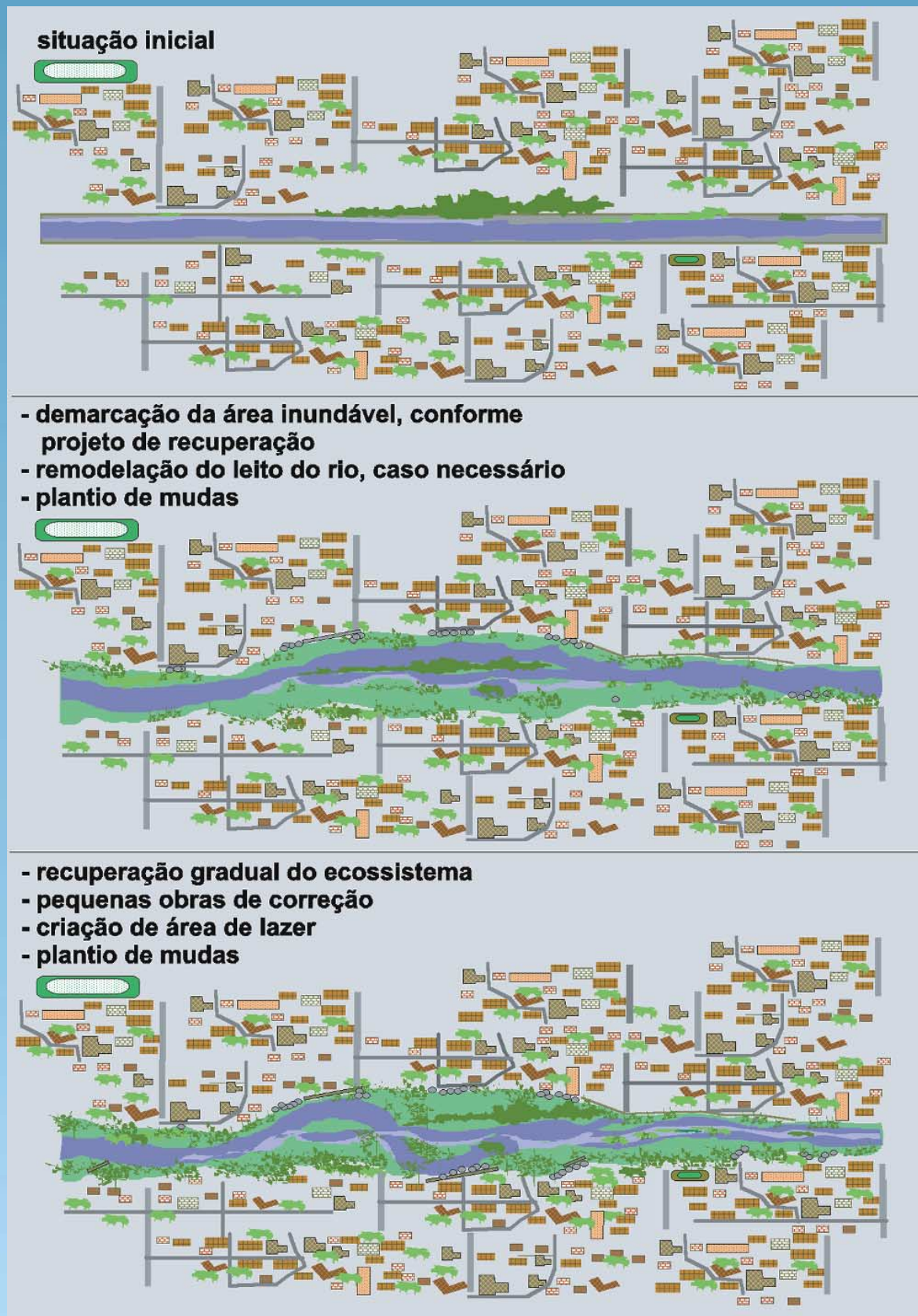
Os principais objetivos são:

- ◆ **preservar e recuperar áreas naturais de inundação;**
- ◆ **recuperar os cursos de água de modo a permitir a revitalização da biota natural.**

Após longo período de convencimento dos quadros técnicos das instituições públicas e conscientização da população, alguns países europeus incorporaram essa prática ao planejamento de recursos hídricos.

Em cenários apropriados, sob o ponto de vista sócio – econômico, cria-se ou recupera-se, sob condições morfológicas controláveis, por meio da engenharia ambiental, espaço para armazenamento temporário de parcela dos volumes pluviais durante passagem de enchentes.

Na realidade, o que se pretende é o retorno da convivência pacífica entre o rio, a fauna, flora e o bem estar do homem, inclusive nas épocas de cheias.



Fonte: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft



Rio Vils na Baviera (Alemanha).
Preservação das condições naturais do leito maior em harmonia com a agricultura intensiva.

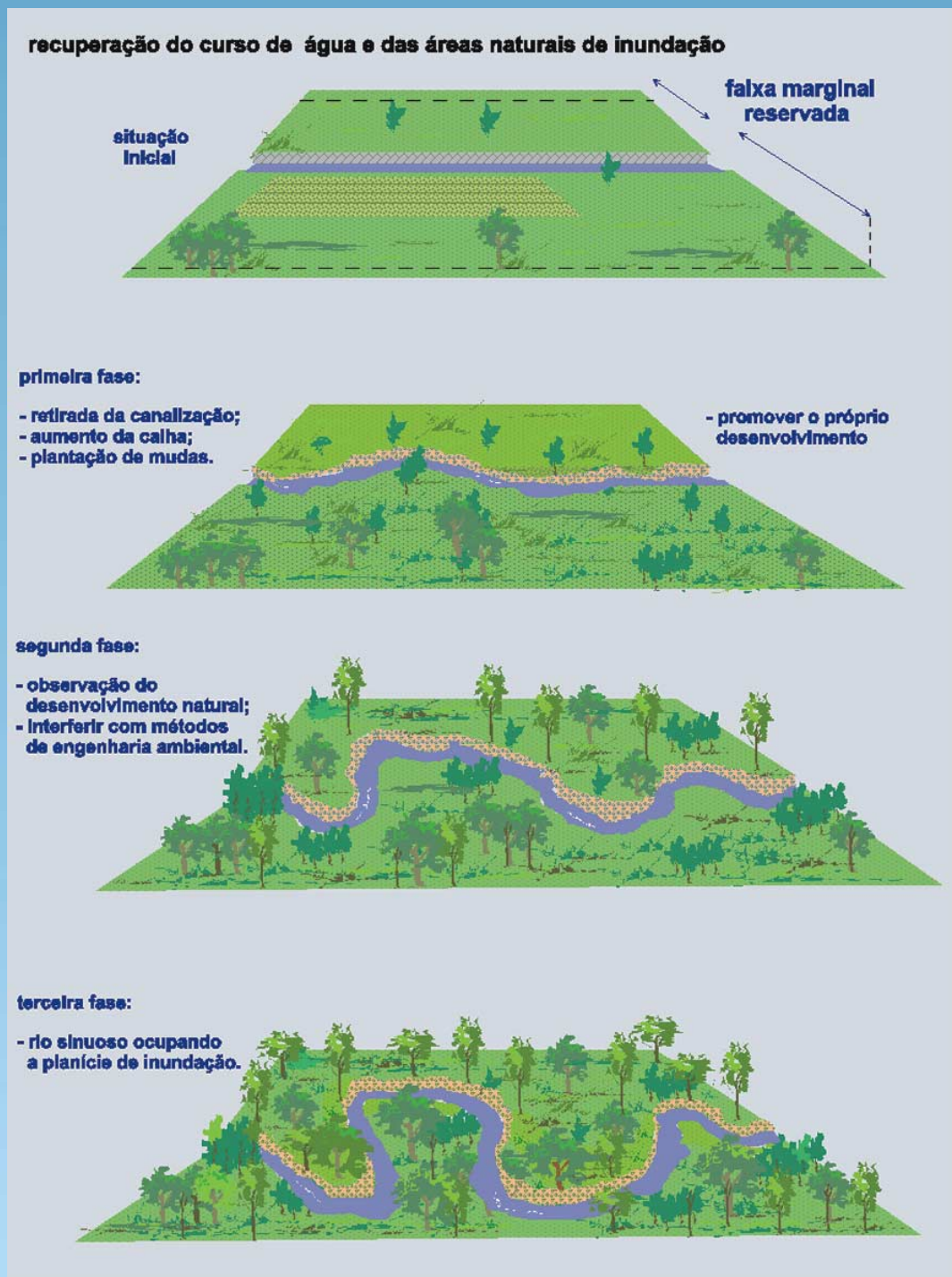


Rio Isar, zona urbana de Munique (Alemanha).
Preservação do leito maior, criando harmonia entre atividades de recreação e lazer, fauna e flora e controle de enchentes.

Na engenharia de recursos hídricos ainda não se estabeleceu termo técnico que possa ser adotado para caracterizar esse tipo de intervenção. Revitalização é, por enquanto, a palavra mais empregada.

Atualmente em muitos países na Europa as áreas marginais de inundação tem uso restrito e, as vezes, são transformadas em parques de lazer, com quadras de esporte, jardins, permitindo, inclusive, a balneabilidade fluvial, à medida que a questão da poluição hídrica está sendo resolvida.

O processo de recuperação natural exige conhecimentos da dinâmica morfológica, do ecossistema aquático e, principalmente, a compreensão e a aceitação da população ribeirinha.



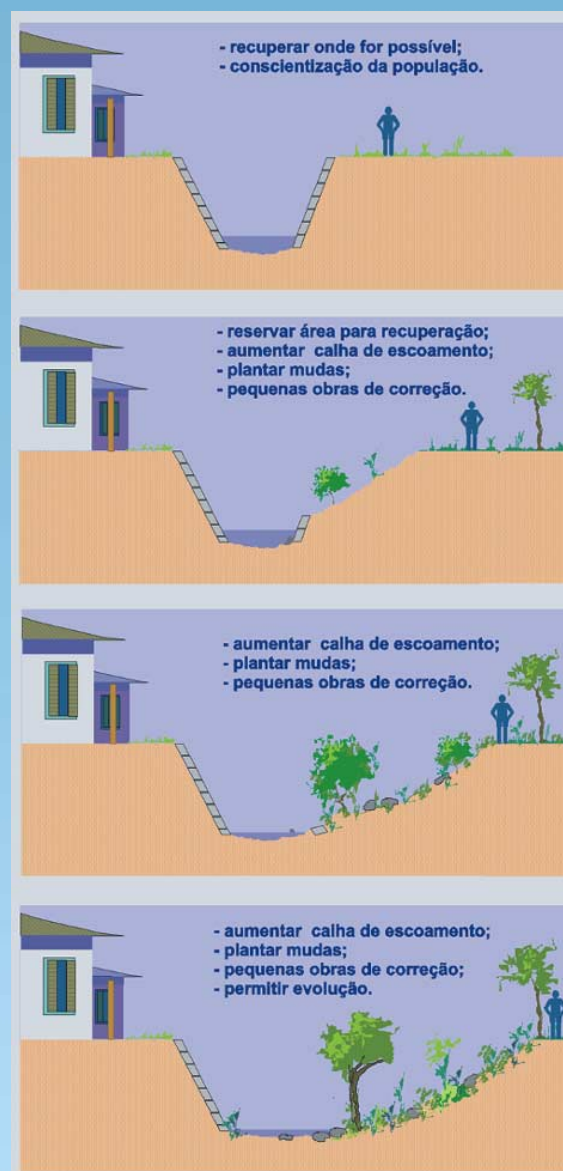
Tradicionalmente, nas áreas urbanas, os rios são canalizados e, muitas vezes, retificados, com o leito e margens dispostos como se fossem compartimentos isolados, comprometendo as interações biológicas com as áreas marginais.

A recuperação de rios e córregos em áreas urbanas só é possível onde há espaço para ampliação do leito do rio melhorando o problema do escoamento das enchentes.

Em casos de limitação de áreas disponíveis, deve-se buscar soluções possíveis adaptadas às necessidades de evolução natural, como por exemplo, ampliação do leito em somente uma das margens.

A questão do custo–benefício deve ser bem estudada. Há que se considerar que os custos para manter a evolução natural a longo prazo, não são maiores que aqueles relativos a construção e manutenção de obras hidráulicas convencionais.

Uma vez decidida a recuperação de um rio urbano ou rural, pode-se, com o auxílio de uma equipe multidisciplinar, agregar idéias e planejar cenários onde o controle de enchentes e a valorização ecológica caminhem juntos.



O planejamento para a recuperação do curso de água deve estar vinculado aos seguintes objetivos:

- ◆ **revitalização do curso de água;**
- ◆ **ampliação do leito do rio e melhores condições para o escoamento das enchentes;**
- ◆ **reconstituição da continuidade do ecossistema do curso de água;**
- ◆ **restabelecimento de faixas marginais de proteção e da mata ciliar;**
- ◆ **criação de atrativos para o lazer – acesso a água;**
- ◆ **melhorias na paisagem.**

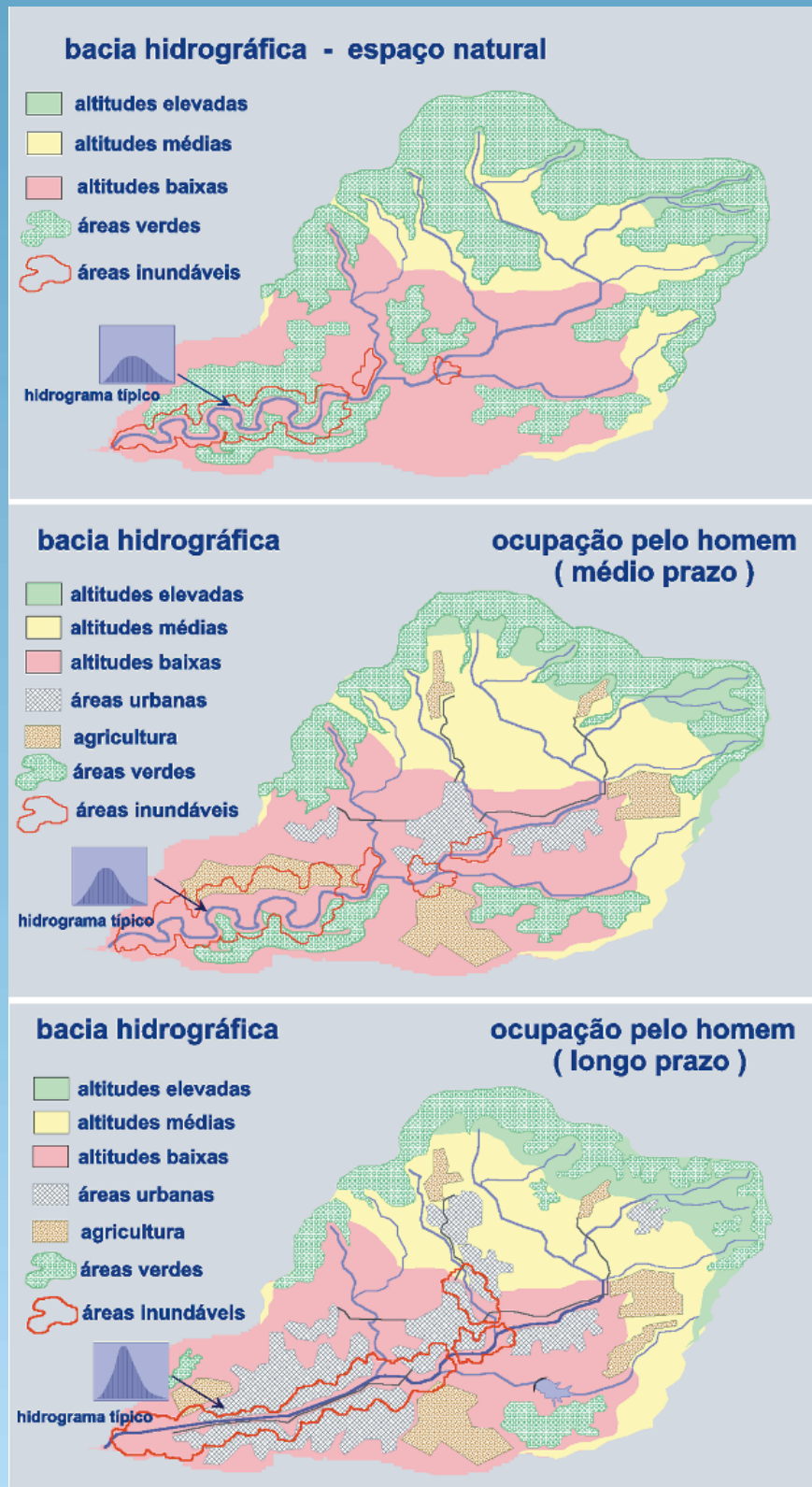
As principais atividades para alcançar esses objetivos são:

- ◆ **aplicação, onde for possível, de técnicas de engenharia ambiental (quebra-correntes de gabiões, pedras e/ou troncos de árvore; plantio em áreas sujeitas a erosão, etc.), no lugar de obras hidráulicas de engenharia;**
- ◆ **remoção de obstáculos.**

Esse conceito é novo na engenharia e já começa a despertar interesse em vários estados brasileiros. No entanto, certamente, será absorvido a médio e longo prazos, a exemplo da experiência estrangeira.

RECOMENDAÇÕES

Considerando que os prejuízos das inundações estão intimamente ligados a fatores e interferências atribuídos ao próprio homem, é necessário reavaliar práticas e conceitos até então adotados, de forma que novas medidas não convencionais venham compor o elenco de ações para a amenização das enchentes e seus prejuízos e conviver com elas.



O nível de urbanização e concentração populacional e de bens materiais nas áreas de risco de inundações, isto é, ao longo das margens dos rios e nas regiões de baixada, vão diferenciar o número e tipo de ações e práticas recomendáveis.

Em qualquer situação, é fundamental a visão global da bacia hidrográfica, elegendo-a como unidade de gestão participativa, envolvendo o poder público, a sociedade organizada e os setores produtivo e acadêmico especializado.

As ações devem estar integradas ao planejamento municipal, estadual e nacional, se for o caso, e contemplar os seguintes aspectos:

- ◆ **gestão dos recursos hídricos;**
- ◆ **uso e ocupação racional do solo;**
- ◆ **manejo adequado na agricultura; e**
- ◆ **preservação ambiental.**

Ações Relativas à Gestão dos Recursos Hídricos:

- ◆ redução das vazões máximas das enchentes, através do aumento e recuperação de áreas de retenção natural e/ou artificial e daquelas que permitam maior capacidade de infiltração das águas de chuva;
- ◆ manutenção da capacidade de escoamento dos cursos de água, através de conservação sistemática, política de fiscalização severa quanto à ocupação das margens e ao descarte de lixo e aprovação de critérios rigorosos, com relação a projetos de travessias e à interligação do curso de água com a drenagem urbana;
- ◆ redução das taxas de erosão e sedimentação através de campanhas de recuperação e replantio da vegetação ciliar e reflorestamento da área da bacia;
- ◆ redução das velocidades médias das águas pela recuperação das condições naturais da calha de escoamento;
- ◆ estabelecimento de política permanente para despoluição gradual das águas;
- ◆ aprimoramento dos sistemas de previsão de chuvas e de alerta de enchentes.

Ações Relativas ao Planejamento do Uso e Ocupação Racional do Solo:

- ◆ evitar urbanização de áreas sujeitas a inundação como opção mais econômica para reduzir os riscos e prejuízos das enchentes;
- ◆ recuperação ou prevenção de áreas de retenção e de infiltração de águas de chuva;
- ◆ localização e delimitação de áreas inundáveis, promovendo a devida divulgação, informando os riscos envolvidos e, se for o caso, incentivar apólices de seguro;
- ◆ limitação dos investimentos públicos na área e influência para a redução daqueles da iniciativa privada;

- ◆ inclusão dos cursos de água nos projetos de paisagismo, tornando fatores estéticos positivos do ambiente, permitindo maior integração com a sociedade;
- ◆ zoneamento, preservação e manejo de áreas verdes (maior retenção);
- ◆ implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários, disposição ambientalmente sustentável do lodo de ETEs.

Ações de Manejo Adequado na Agricultura:

- ◆ manutenção de áreas inundáveis e desenvolvimento de culturas adaptáveis;
- ◆ plantio e cultivo de espécimes que contribuam para diminuir as taxas de erosão em áreas suscetíveis;
- ◆ busca de alternativas para evitar o desmatamento de encostas a favor da agricultura e pecuária;
- ◆ reflorestamento em grande escala, especialmente em áreas rurais de pouco uso;
- ◆ criação de áreas de armazenamento temporário das águas de chuva.

Ações de Prevenção Ambiental:

- ◆ ampliação de áreas verdes;
- ◆ intensificação do controle da poluição hídrica;
- ◆ recuperação, onde for possível, de trechos dos cursos de água canalizados e/ou retificados, ampliando a calha do rio, criando condições para revitalização de ecossistemas adaptáveis;
- ◆ educação ambiental.

Ações Complementares para Obras Indispensáveis:

Todas as obras como canalização, retificação, aterros, diques, muros, etc., que visam reduzir inundações locais, sempre acarretam o aumento das enchentes rio abaixo.

Mesmo consciente dessas conseqüências, muitas vezes, é necessário realizar obras de controle de enchentes para proteção da população já estabelecida nas áreas inundáveis.

Para conter o agravamento contínuo das enchentes é indispensável, nestes casos, compensar as perdas de retenção natural ocasionadas pelas obras, complementando-as com outras medidas de retenção na própria bacia.

Conceitos Fundamentais para Prevenção e Redução dos Riscos e Prejuízos de Enchentes

Incorporar e valorizar a água no planejamento do uso do solo, considerando a importância dos cursos de água como parte integrante da natureza, e portanto, de vital relevância para a sociedade, fauna e flora.

Utilizar soluções estruturais e não estruturais que visem o aumento e ou recuperação da capacidade de retenção superficial e da infiltração das águas de chuva. Nas áreas críticas essas medidas são urgentes.

Garantir e ou recuperar espaço para evolução dos cursos de água com o propósito de diminuir velocidades de escoamento, sem com isso aumentar os riscos.

Identificar e divulgar riscos remanescentes de enchentes, adotando procedimentos que permitam estabelecer medidas de convivência com tais eventos, com o mínimo de prejuízos.

Impedir definitivamente a urbanização de áreas sujeitas a inundação, reconhecendo a necessidade de limitar o uso do solo como melhor opção para evitar e reduzir prejuízos.

Não promover a invasão e ou urbanização de áreas com risco de inundação sob pena de co-responsabilidade pelos prejuízos da população.

Definir e fiscalizar as faixas marginais de proteção dos cursos de água.

O modo mais econômico, social e ambiental de reduzir os riscos e prejuízos de enchentes é não urbanizar áreas naturais de inundação.

Linhas básicas para controle de enchentes e prevenção das inundações

1- Água faz parte da vida

A água e os rios, em qualquer região, fazem parte da natureza e sendo essencial à vida e, portanto devem ser considerados em todos os campos da sociedade.

2- Retenção da água

A água deve ser retida em toda a área da bacia no maior tempo possível, isto é, pelas matas naturais e reflorestadas, nas áreas cultivadas e nos leitos dos cursos d'água, tanto nos afluentes como no rio principal, inclusive em reservatórios.

3- Espaço para o rio

O espaço natural do rio deve ser respeitado de modo a permitir o seu escoamento natural sem aceleração da vazão para jusante.

4- Conhecimento dos riscos

Mesmo com obras de controle de enchentes sempre permanece o risco de ocorrer enchentes maiores do que aquelas consideradas no projeto. Deve-se aprender a conviver com tais riscos.

5- Ações solidárias e integradas

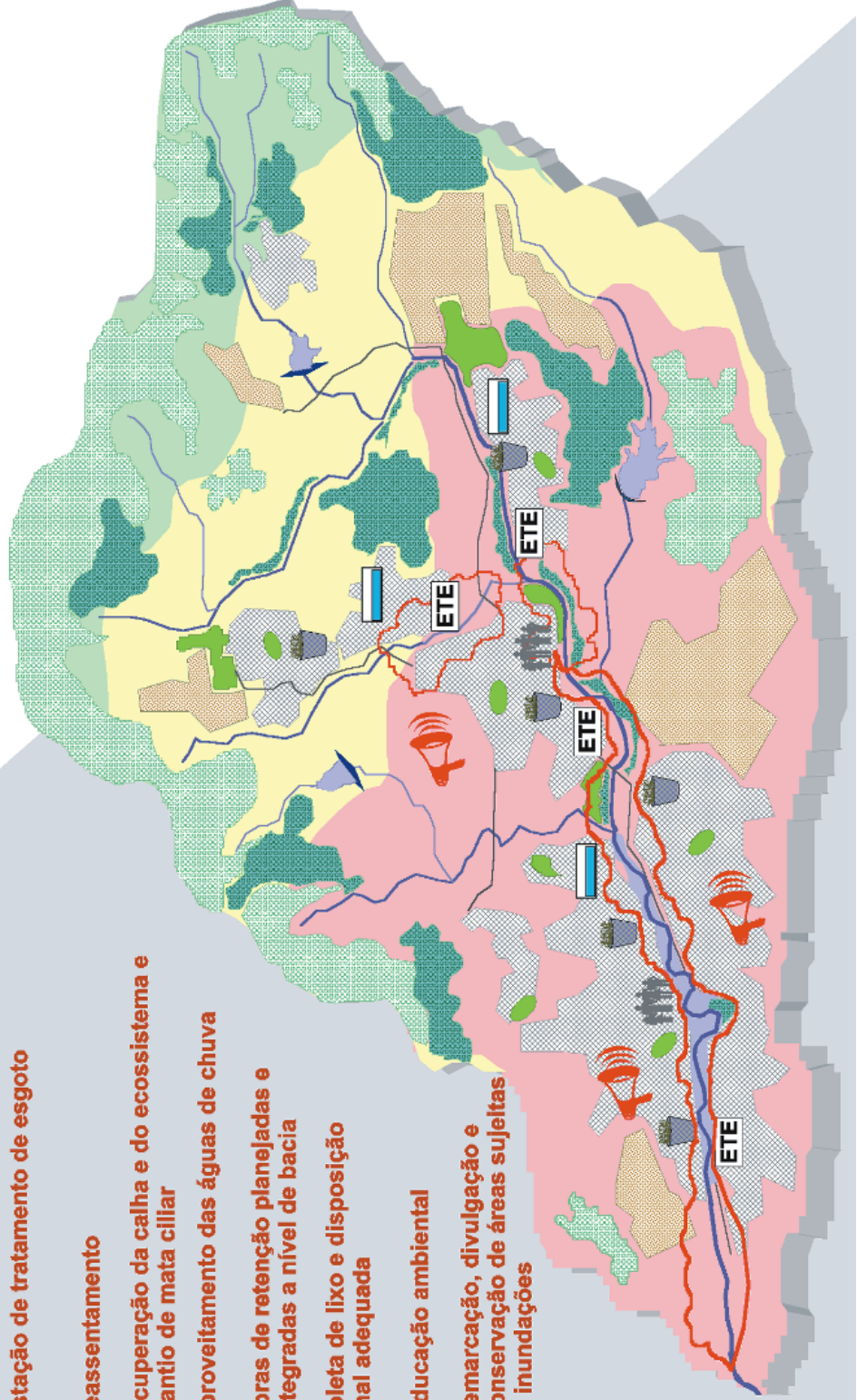
Ações integradas e solidárias em toda a bacia devem ser concretizadas, considerando inclusive os problemas dos vizinhos a jusante, como pré-condição para o sucesso de todas as ações de controle de enchentes e prevenção de inundações.

PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES

-  garantir áreas livres para infiltração e armazenamento temporário
-  reflorestamento em grande escala (retenção natural e controle de erosão)
-  aprimoramento da previsão de chuvas e sistemas de alerta
-  estação de tratamento de esgoto
-  reassentamento
-  recuperação da calha e do ecossistema e plantio de mata ciliar
-  aproveitamento das águas de chuva
-  obras de retenção planejadas e integradas a nível de bacia
-  coleta de lixo e disposição final adequada
-  educação ambiental
-  demarcação, divulgação e conservação de áreas sujeitas a inundações

bacia hidrográfica como unidade de gestão

O planejamento integrado do controle de enchentes deve buscar sempre soluções cujo o objetivo principal vise a retenção das águas de chuva. Não havendo essa possibilidade deve-se adotar medidas compensatórias para as obras que aumentam os riscos de inundação rio abaixo.



Bibliografia:

- AMADOR, Elmo da Silva. *Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza*. Brasil. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências. 1997.
- BAIXADAS Campistas. *Saneamento das várzeas nas margens do Rio Paraíba do Sul a jusante de São Fidélis*. Estudos e planejamento das obras complementares . Relatório geral. Brasil: Rio de Janeiro. DNOS Engenharia Galiolli LTDA- RJ. 1969.
- BINDER, Walter. *Rios e Córregos- Preservar, Conservar e Renaturalizar*. Brasil: Rio de Janeiro. Projeto Planágua, SEMADS/ GTZ. 1998.
- CHOW, Ven te. *Handbook of Applied Hidrology*. EUA: Mcgraw – Hill Book Company. 1964.
- COSTA, Helder. *Subsídios para Gestão dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Macacu, São João, Macaé e Macabu*. Brasil. Rio de Janeiro. Projeto Planágua SEMADS/GTZ. 1999.
- CUNHA, Sandra Baptista da. *Impactos das Obras de Engenharia sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do Rio São João*. Brasil: Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geoquímica. 1995.
- DIAGNÓSTICO de Drenagem Urbana*. Brasil: Rio de Janeiro. Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. 1998.
- ESPECIFICAÇÕES técnicas das obras de meso e macrodrenagem nas Bacias dos Rios Sarapuí e Pavuna Meriti*. Brasil: Rio de Janeiro. SERLA. 1989.
- ESTADO do Rio de Janeiro – Território*. Brasil: Rio de Janeiro. Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. Secretaria do Estado de Planejamento e Controle. Governo do Estado do Rio de Janeiro. 1997.
- FENDREICH, Roberto. *Drenagem e Controle da Erosão Urbana*. Champagnat. Editora Universitária. 1997.
- GUIDELINES for Forward-Looking Flood Protection: Floods – Causes and Consequences* - Environment Ministry, Baden - Württemberg. Stuttgart/Alemanha. 1995.
- INTERFACES da Gestão de Recursos Hídricos – Desafios da Lei de Águas de 1997*. Coordenador: Héctor Raúl Muñoz. Brasília. Governo Federal; Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Recursos Hídricos; UNESCO; BIRD. 2000. 2ª edição.
- INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DER RHEINS, *Aktionsprogramm Hochwasser*, Koblenz / Alemanha. 1998.
- LAWA, *Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz – Hochwasser: Ursachen und Konsequenzen*, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Stuttgart / Alemanha. 1995.
- MACIEL Jr, Paulo. *Zoneamento das Águas. Um Instrumento de Gestão de Recursos Hídricos*. Brasil: Belo Horizonte. 2000.
- MACROPLANO de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba*. Brasil. Plano Diretor de Drenagem. 1998.

- MANUAL de Saneamento*. Brasil: Brasília. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde, Departamento de Saneamento. 1999.
- MASCARENHAS, Flávio; NASCIMENTO, Elson; ALMEIDA, Rodrigo: *Bacia do Rio Itabapoana- Relatório Final*. Brasil: Rio de Janeiro. Projeto Manajé, Grupo de Hidrologia. 1998.
- MENDEL, Hermann. *Elemente des Wasserkreislaufs: Eine kommentierte Bibliographie zur Abflussbildung*,Berlim/Alemanha: Analytica. 2000.
- PFAFSTETTER, Otto. *Deflúvio Superficial*. Brasil: Departamento Nacional de Obras de Saneamento. 1976.
- PINTO, Nelson Luiz de Souza; HOLTZ, Antônio Carlos Tatit; MARTINS, José Augusto. *Hidrologia de Superfície*. Brasil. Edgard Buncher LTDA. 1973.
- PLANO de saneamento geral e aproveitamento hidroagrícola de projetos prioritários no Estado do Rio de Janeiro*. Brasil: Rio de Janeiro. DNOS, Ministério do Interior. 1974.
- PLANO Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçu-Sarapuí*. Brasil: Rio de Janeiro. Governo do Estado do Rio de Janeiro, Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. 1996.
- PLANO Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçu-Sarapuí*. Brasil: Rio de Janeiro. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Fundação de Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. 1996.
- SPEKTRUM WASSER 1, Hochwasser*. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft. Munique/Alemanha. 1998.
- RELATÓRIO de Avaliação das Precipitações Pluviométricas de Fevereiro de 1988 nos Bairros do Município do Rio de Janeiro e Petrópolis*. Brasil: Rio de Janeiro. Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA). 1988.
- RELATÓRIO final de interpretação de imagens satelitárias visando detecção de áreas de risco de enchentes*: Brasil. Rio de Janeiro. SERLA, Aerofoto Cruzeiro SA. 1989.
- REVISTA MUNICIPAL DE ENGENHARIA*. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, V. 41. 1990.
- REVISTA RIO-ÁGUAS*. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, V. 1. 1999.
- RIO DE JANEIRO em seus 400 anos, formação e desenvolvimento da cidade*. Brasil: Rio de Janeiro. RECORD. 1965.
- TORMENTAS Cariocas*. Coordenação Luiz Pinguelli. Brasil: Rio de Janeiro. COPPE- UFRJ e COEP. 1997.

INFORMAÇÕES À POPULAÇÃO (ANTES, DURANTE E APÓS INUNDAÇÕES)

**SUA PARTICIPAÇÃO É
IMPORTANTE**

A PARTICIPAÇÃO DO CIDADÃO, DE FORMA ORGANIZADA E CONSCIENTE, É FUNDAMENTAL PARA O ÊXITO DE UMA OPERAÇÃO DE DEFESA CIVIL, EM CASOS DE EMERGÊNCIA

**NÃO CONTRIBUA PARA O
AGRAVAMENTO DAS
INUNDAÇÕES**

NÃO JOGUE LIXO NOS
LOGRADOUROS PÚBLICOS
E/OU NOS RIOS.

EVITE, AO MÁXIMO, A
IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO.
CONSTRUA JARDINS NO LUGAR
DE CALÇAMENTOS.

NÃO DEIXE O SOLO NU.
PROCURE PLANTAR NO
SEU TERRENO.

NÃO OBSTRUA O CAMINHO DAS ÁGUAS COM
CONSTRUÇÕES OU ATERROS.

ANTES DE CONSTRUIR EM ÁREA DE BAIXADA OU PRÓXIMO A UM RIO, VERIFIQUE JUNTO À PREFEITURA, AOS ÓRGÃOS ESTADUAIS OU AINDA AOS VIZINHOS, SE A ÁREA ESTÁ SUJEITA A INUNDAÇÕES.



SE VOCÊ MORA EM ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO

PROCURE CONHECER, ATRAVÉS DA DEFESA CIVIL DO SEU MUNICÍPIO, OS ABRIGOS E OS MEIOS DE DESOCUPAÇÃO QUE SERÃO UTILIZADOS EM CASOS DE CALAMIDADE

FORME GRUPOS DE COOPERAÇÃO ENTRE OS MORADORES

FAÇA CONTATOS COM PESSOAS RESIDENTES NAS PROXIMIDADES, FORA DA ÁREA DE RISCO. ESSAS PESSOAS PODEM AJUDAR, GUARDANDO SEUS MÓVEIS OU ABRIGANDO SUA FAMÍLIA, EM CASO DE NECESSIDADE

EM SITUAÇÕES DE ALERTA

OBSERVE O NÍVEL DAS ÁGUAS DOS RIOS PRÓXIMOS À SUA CASA, CUIDANDO PARA NÃO FICAR ISOLADO

TRANSMITA O ALARME AOS VIZINHOS EM CASO DE ELEVAÇÃO DO NÍVEL DAS ÁGUAS



CHUVAS DE VERÃO

NO RIO DE JANEIRO, SÃO COMUNS, NO VERÃO, OS TEMPORAIS DE FINAL DE TARDE, DE CURTA DURAÇÃO

O CIDADÃO DEVE TER CONHECIMENTO DAS ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES NA SUA REGIÃO. DURANTE CHUVAS INTENSAS, OPTAR POR CAMINHOS ALTERNATIVOS OU AGUARDAR EM LUGAR SEGURO ATÉ QUE AS ÁGUAS BAIXEM

**O QUE FAZER EM
SITUAÇÕES DE
EMERGÊNCIA?**



ONDE ESTIVER, LIGUE PARA ...

**CORPO DE BOMBEIROS
193**

**POLÍCIA
190**

**DEFESA CIVIL
199**

PROCURE MANTER A CALMA E SIGA A ORIENTAÇÃO

HAVENDO NECESSIDADE DA FAMÍLIA DEIXAR A CASA:

- ◆ Prepare uma bolsa com seus documentos e, se houver alguma pessoa doente, não esqueça os remédios;
- ◆ Procure identificar as crianças, com nome, endereço e tipo sanguíneo;
- ◆ Coloque os móveis e objetos em pontos altos da casa;
- ◆ Desligue a chave geral de luz e do gás;
- ◆ Solte os animais;
- ◆ Utilize lanterna para orientação em locais de difícil visibilidade;
- ◆ Ande sempre calçado, evitando acidentes com objetos cortantes;
- ◆ Evite transitar com veículos em áreas inundadas. Entretanto, se for necessário, deve-se evitar áreas onde o nível das águas esteja acima da metade dos pneus. Se notar que seu carro possa ser arrastado pelas águas, pare, amarre-o a um poste ou a uma árvore e procure um lugar seguro.



APÓS A INUNDAÇÃO

- ◆ Antes de entrar em casa, procure identificar a existência de possíveis danos estruturais. Esteja certo de que não haja risco de desabamento;
- ◆ Evite contato com águas das inundações, pois podem estar poluídas e/ou contaminadas por esgotos ou lixo, contendo, certamente, microorganismos transmissores de doenças;
- ◆ Não consuma alimentos que tenham sido atingidos pelas águas da inundação;
- ◆ Não beba água de poços localizados na área inundada, antes que tenha sido examinada;
- ◆ Não permita brincadeiras nem banhos em água acumulada pelas inundações, principalmente quando houver ferimentos;
- ◆ Após o escoamento das águas, procure varrer e recolher o lixo acumulado no seu terreno.

PROJETO PLANÁGUA SEMADS/GTZ

O Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ, de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha, vem apoiando o Estado do Rio de Janeiro no gerenciamento de recursos hídricos com enfoque na proteção de ecossistemas aquáticos. A coordenação brasileira compete à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMADS, enquanto a contrapartida alemã está a cargo da Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

1ª fase	1997 - 1999
2ª fase	2000 - 2001

Principais Atividades

- ❑ **Elaboração de linhas básicas e de diretrizes estaduais para a gestão de recursos hídricos**
- ❑ **Capacitação, treinamento (workshops, seminários, estágios)**
- ❑ **Consultoria na reestruturação do sistema estadual de recursos hídricos e na regulamentação da lei estadual de recursos hídricos nº. 3239 de 2/8/99**
- ❑ **Consultoria na implantação de entidades regionais de gestão ambiental (comitês de bacias, consórcios de usuários)**
- ❑ **Conscientização sobre as interligações ambientais da gestão de recursos hídricos**
- ❑ **Estudos específicos sobre problemas atuais de recursos hídricos**

Seminários e Workshops

- Seminário Internacional (13 - 14.10.1997)
Gestão de Recursos Hídricos e de Saneamento - A Experiência Alemã
- Workshop (05.12.1997)
Estratégias para o Controle de Enchentes
- Mesa Redonda (27.05.1998)
Critérios de Abertura de Barra de Lagoas Costeiras em Regime de Cheia no Estado do Rio de Janeiro
- Mesa Redonda (06.07.1998)
Utilização de Critérios Econômicos para a Valorização da Água no Brasil
- Série de palestras em Municípios do Estado do Rio de Janeiro (agosto/set.1998)
Recuperação de Rios - Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental
- Visita Técnica sobre ***Meio Ambiente e Recursos Hídricos à Alemanha, 12-26.09.1998 (Grupo de Coordenação do Projeto PLANÁGUA)***
- Estágio ***Gestão de Recursos Hídricos – Renaturalização de Rios 14.6-17.7.1999, na Baviera/Alemanha (6 técnicos da SERLA)***
- Visita Técnica ***Gestão Ambiental/Recursos Hídricos à Alemanha 24-31.10.1999 (SEMADS, SECPLAN)***

- Seminário (25-26.11.1999)
Planos Diretores de Bacias Hidrográficas
- Oficina de Trabalho (3-5.5.2000)
Regulamentação da Lei Estadual de Recursos Hídricos
- Curso (4-6.9.2000) em cooperação com CIDE
Uso de Geoprocessamento na Gestão de Recursos Hídricos
- Curso (21.8-11.9.2000) em cooperação com a SEAAPI
Uso de Geoprocessamento na Gestão Sustentável de Microbacias
- Encontro de **Perfuradores de Poços e Usuários de Água Subterrânea no Estado do Rio de Janeiro** (27.10.2000) em cooperação com o DRM
- Série de Palestras em Municípios e Universidades do Estado do Rio de Janeiro (outubro/novembro 2000)
Conservação e Revitalização de Rios e Córregos
- Oficina de Trabalho (8-9.11.2000)
Resíduos Sólidos – Proteção dos Recursos Hídricos
- Oficina de Trabalho (5-6.4.2001) em cooperação com o Consórcio Ambiental Lagos São João
Planejamento Estratégico dos Recursos Hídricos nas Bacias dos Rios São João, Una e das Ostras
- Oficina de Planejamento (10-11.5.2001) em cooperação com o Consórcio Ambiental Lagos São João
Programa de Ação para o Plano de Bacia Hidrográfica da Lagoa de Araruama
- Oficina de Planejamento (21-22.6.2001) em cooperação com o Consórcio Ambiental Lagos São João
Plano de Bacia Hidrográfica da Bacia das Lagoas de Saquarema e Jacaré
- Seminário em cooperação com SEMADS, SERLA, IEF (30.07.2001)
Reflorestamento da Mata Ciliar

Publicações da 1ª fase (1997 - 1999)

- ❖ **Impactos da Extração de Areia em Rios do Estado do Rio de Janeiro (07/1997, 11/1997, 12/1998)**
- ❖ **Gestão de Recursos Hídricos na Alemanha (08/1997)**
- ❖ **Relatório do Seminário Internacional – Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (02/1998)**
- ❖ **Utilização de Critérios Econômicos para a Valorização da Água no Brasil (05/1998, 12/1998)**
- ❖ **Rios e Córregos – Preservar, Conservar, Renaturalizar – A Recuperação de Rios. Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental (08/1998, 05/1999, 04/2001)**
- ❖ **O Litoral do Estado do Rio de Janeiro – Uma Caracterização Físico Ambiental (11/1998)**
- ❖ **Uma Avaliação da Qualidade das Águas Costeiras do Estado do Rio de Janeiro (12/1998)**
- ❖ **Uma Avaliação da Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (02/1999)**

- ❖ **Subsídios para Gestão dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Macacu, São João, Macaé e Macabu (03/1999)**

Publicações da 2ª fase (2000 - 2001)

- ❖ **Bases para Discussão da Regulamentação dos Instrumentos da Política de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (03/2001)**
- ❖ **Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses – Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental (05/2001)**
- ❖ **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião 2 – Bacia da Baía de Sepetiba (05/2001)**
- ❖ **Reformulação da Gestão Ambiental do Estado do Rio de Janeiro (05/2001)**
- ❖ **Diretrizes para Implementação de Agências de Gestão Ambiental (05/2001)**
- ❖ **Peixes de Águas Interiores do Estado do Rio de Janeiro (05/2001)**
- ❖ **Poços Tubulares e outras Captações de Águas Subterrâneas - Orientação aos Usuários (06/2001)**
- ❖ **Peixes Marinhos do Estado do Rio de Janeiro (07/2001)**