

**ESTUDO DE MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS PARA  
CONTROLE DE INUNDAÇÕES URBANAS**

**A STUDY OF NON-STRUCTURAL MEASURES OF FLOOD  
CONTROL IN URBAN AREAS**

ALCEU GOMES DE ANDRADE FILHO<sup>1</sup>  
MARCOS ROGÉRIO SZÉLIGA<sup>1</sup>  
CAROLINA FERREIRA ENOMOTO<sup>2</sup>

1 Professor do Departamento de Engenharia Civil da UEPG

2 Acadêmica do Curso de Engenharia Civil, voluntária do Programa de Iniciação Científica do CNPq

**RESUMO**

O Brasil está vivenciando um processo de urbanização dos mais intensivos já observados. O aumento populacional impulsionou uma série de elementos, como o aumento das áreas impermeabilizadas. Isto traz como conseqüências o aumento das áreas impermeáveis, modificações no sistema de drenagem anteriormente existente, incremento das velocidades de escoamento superficial reduzindo os tempos de pico de enchentes, amplificando-os, e, reduzindo a recarga do lençol freático.

Os sistemas de drenagem urbana são sistemas preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais de cursos naturais de água. É evidente que no campo da drenagem, os problemas agravam-se em função da urbanização desordenada.

O controle de enchente significa o gerenciamento do excesso de água. Ele é dividido em dois conceitos: Gerenciamento das áreas de enchente e Gerenciamento da água pluvial urbana.

As medidas não-estruturais visam a melhor convivência da população com as enchentes e são de caráter preventivo. Podem ser agrupadas em:

- Regulamento do uso da terra;
- Construções à prova de enchentes;
- Seguro de enchente;
- Previsão;
- Alerta de inundação.

A primeira fase do estudo se constituiu numa revisão da literatura na qual buscou-se elencar e caracterizar diversos tipos de soluções não-estruturais.

Na segunda fase as soluções foram classificadas de acordo com o cenário de ocupação da bacia hidrográfica (bacias não-urbanizadas, parcialmente urbanizada e urbanizadas).

Na terceira fase escolheu-se a Bacia do Arroio de Olarias em Ponta Grossa, Paraná para simulação de alguns soluções não estruturais.

Palavras-chave: inundação, medidas não-estruturais, enchentes, drenagem

## 1. Introdução

Enchente não é, necessariamente, sinônimo de catástrofe. É apenas um fenômeno natural dos regimes dos rios. Não existe rio sem enchente. Por outro lado, todo e qualquer rio tem sua área natural de inundação. As inundações passam a ser um problema para o homem quando ele deixa de respeitar os limites naturais dos rios.

A urbanização agrava os efeitos da chuva e traz consigo o conceito de canalizar e tornar subterrâneo tudo o que se quer esconder. No século 19 o conceito de canalizar foi adotado; isto foi caracterizado pela construção de vastas redes subterrâneas, nas quais a drenagem da água foi equacionada usando a força da gravidade, resultando numa rápida descarga nas áreas urbanas.

Já no começo do século 20, o conceito de canalizar foi melhorado pelo desenvolvimento dos modelos matemáticos, hidrológicos e hidráulicos, e, numa análise estatística de eventos extremos. Então, a partir deste, o conceito de separar o esgoto das águas da chuva foi amplamente implantado.

Após os anos 50 e como resultado da intensa urbanização, uma crise nestes sistemas foi observada, e as conseqüências ainda estão acontecendo.

Nos anos 70, o conceito de soluções alternativas e compensatórias para a drenagem urbana foi adotado, principalmente na Europa e na América do Norte. Estas soluções ajudam na compensação dos efeitos da urbanização progressiva sobre os processos hidrológicos. Atualmente conceitos de preservação do meio ambiente e da qualidade de vida também têm sido levados em consideração.

Com esse histórico pode-se perceber como o aumento da densidade populacional de uma comunidade traz como conseqüências problemas de ordem quantitativa na demanda de água para abastecimento público, aumento na geração de resíduos sólidos, poluição do lençol freático, deterioração da qualidade dos corpos d'água, deterioração da qualidade do ar, o que gera problemas de poluição ambiental. Já o aumento da densidade de ocupação por edificações e obras de infra-estrutura viária, por sua vez, traz como conseqüências diretas o aumento das áreas impermeáveis, modificações no sistema de drenagem anteriormente existente, incremento das velocidades de escoamento superficial reduzindo os tempos de pico de enchentes, amplificando esses picos, e, reduzindo as vazões de recarga do lençol freático.

A urbanização pode causar diversos impactos sobre o local na qual é aplicada. Os impactos ambientais ocorrem devido ao aumento da produção de sedimentos, degradação da qualidade da água e contaminação dos aquíferos e sua conseqüência compreende o assoreamento da drenagem e o transporte de substância poluente agregada ao sedimento. Também ocorre o impacto no balanço hídrico, pois o balanço hídrico altera-se com o aumento do volume de escoamento superficial e a redução da recarga natural dos aquíferos e da evapotranspiração. E por fim o impacto no hidrograma de enchente pois a urbanização diminui a infiltração e aumenta o volume que escoar pela superfície.

Um dos efeitos causados pelo impacto ambiental da urbanização são as enchentes urbanas. Estas enchentes podem ser lentas ou rápidas, mas geralmente não se avolumando no decorrer dos dias. Sobretudo quando repentinas, geram elevados prejuízos materiais e podem provocar mortes. São causadas por tromba d'água, maremoto, chuva torrencial ou rompimento de barragens.

Existem ainda outras causas de enchentes que são as enxurradas em decorrência de chuvas nas cabeceiras de rios de grande declividade. Essas enxurradas caracterizam-se pela alta velocidade das águas e pelo significa-

tivo poder de destruição.

Uma enchente produz situações emergenciais e altera completamente a estrutura urbana: falta energia elétrica e água, o abastecimento de alimento e de combustível pode ser cortado, os acessos e também os sistemas de comunicação e transporte podem ser interrompidos. No entanto, se a comunidade estiver preparada para se comportar antes e depois das enchentes, ela pode ajudar a aprimorar a qualidade da assistência externa nesses casos e a reduzir falhas que acontecem frequentemente, como a falta de informações, a má avaliação das necessidades e as formas inadequadas de ajuda.

### **1.1. Drenagem urbana**

Os sistemas de drenagem urbana são sistemas essencialmente preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais de cursos naturais de água. É evidente que no campo da drenagem, os problemas agravam-se em função da urbanização desordenada.

Deve-se ter em mente que a melhor drenagem é aquela que drena o escoamento sem produzir impactos nem no local nem a jusante.

Para mitigar ou acabar com os problemas causados pelas inundações utiliza-se o controle de inundações que é um conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuindo os prejuízos causados por inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. A decisão ideal é definida em função da característica do rio, do benefício da redução das enchentes e dos aspectos sociais do seu impacto. Este controle considera tanto os meios estruturais quanto os não estruturais como alternativa para o fornecimento de proteção contra enchente e para a redução dos riscos e importância dos danos causados por enchentes.

As medidas estruturais são medidas essencialmente construtivas que são projetadas para o controle de enchente e incluem a construção de represas ou adufas, reservatório de retenção, diques, barragens, melhoramento de canal de rio e canais de desvio. Já as medidas não-estruturais são aquelas que defendem a melhor convivência da população com as enchentes e incluem prevenção e previsão de enchente, reassentamento ou relocação, alerta

de enchente e evacuação, e controle do uso do solo.

O gerenciamento do controle de enchente trata do excesso de água que ameaça as vidas humanas, causa danos econômicos e interrompe as atividades humanas socioeconômicas normais. O conceito de controle de enchente é amplamente dividido em gerenciamento das áreas de enchente e gerenciamento da água pluvial urbana. O gerenciamento das áreas de enchente considera a visão integrada das medidas estruturais e não estruturais para a diminuição dos danos causados por enchentes em uma escala abrangente. O gerenciamento da água pluvial urbana, além da estrutura do gerenciamento das áreas de enchente supracitada, também considera a visão integrada do gerenciamento do esgoto urbano e da drenagem de água pluvial.

O controle da inundação, obtido por um conjunto de medidas estruturais e não-estruturais, permite à população ribeirinha minimizar suas perdas e manter uma convivência harmônica com o rio. As ações incluem medidas de engenharia e de cunho social, econômico e administrativo.

Os princípios para controle de inundações urbanas são:

- a bacia como sistema (as medidas não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento a outra);
- as medidas de controle no conjunto da bacia (estruturais e não-estruturais);
- os meios de implantação do controle e enchentes são o Plano Diretor Urbano, as Legislações Municipal, Estadual e Federal, e o Manual de Drenagem.
- horizonte de expansão;
- critério fundamental de não ampliar a cheia natural;
- controle permanente (violação à legislação);
- a educação (conscientização e modificação);
- a administração da manutenção e controle;
- as normas.

Chow, Maidment e Mays (1988) resumiram os efeitos bem conhecidos da urbanização nos processos hidrológicos de duas maneiras:

1. A quantidade de água aumenta na mesma proporção em que aumentam as áreas impermeabilizadas e como consequência há a redução no volume de água infiltrada;
2. A velocidade da drenagem superficial e o pico de enchente aumentam devido ao aumento da eficiência do sistema de drenagem.

Pode-se concluir portanto que na sistematização hidrológica de um arroio na área urbana, deve-se buscar um princípio compensatório tendo como base as condições do sistema natural preexistente à urbanização.

O objetivo geral deste trabalho foi estudar medidas não-estruturais utilizadas para controle de inundações em bacias urbanas

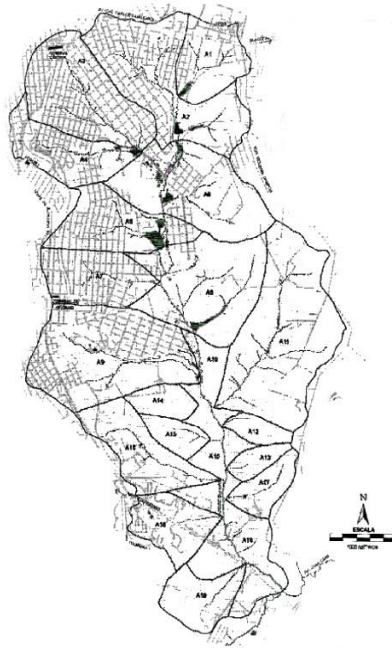
## **2. Materiais e métodos**

Para atingir o objetivo deste trabalho foram utilizadas seguintes linhas de ação: Investigou-se sobre medidas aplicáveis ao controle de inundações em bacias urbanas, em seguida selecionou-se os tipos de soluções e informações sobre a sua eficiência, através da pesquisa bibliográfica que foi efetuada com o acervo da UEPG, Internet, trabalhos efetuados pela NUCLEAM, etc. Estudou-se as características da bacia com dados de caracterização da Bacia do Arroio de Olarias feitos pela NUCLEAM e também com consultas a trabalhos de Pesquisa e Iniciação Científica. Finalmente estudou-se a adequação destas medidas às bacias urbanas de Ponta Grossa, utilizando-se a Bacia do Arroio de Olarias, propondo-se a seguir várias medidas que lhe poderão ser implantadas.

### **2. 1. Bacia do Arroio de Olarias**

A Bacia do Arroio de Olarias é a bacia de estudo do presente trabalho. O Arroio Olarias é o curso d'água principal da bacia, com cerca de 9,60 m de comprimento e declividade total de 1,578% (cotas 935 m e 783,5 m), ou seja, 15,78m/Km, possui um perfil longitudinal caracterizado por dois segmentos nitidamente distintos. O trecho inicial (cabeceiras de drenagens) desenvolve-se em encostas de alta declividade, ou seja, 6,625% (66,25 m/Km), com desnível de cerca de 106 metros (cotas 935 m e 829 m) num trecho de aproximadamente 1.600 m (1/6 do curso total). O trecho final desenvolve-se em baixadas sub-horizontalizadas, com declividade de 0,569% (5,69 m/Km) e desnível de 45,5 m (cotas 829 m e 783,5 m) num trecho de 8.000 m (5/6 do curso total). A passagem de um segmento para o outro é relativamente abrupta, o que favorece o seu assoreamento por materiais particulados e lixo de toda natureza.

A Bacia do Arroio de Olarias drena uma área total de 2.631,22 hectares, tendo se identificado quinze sub-bacias de importância a serem caracterizadas, e, seis subdivisões da bacia principal, totalizando vinte e uma subdivisões estudadas.



## 2.2. Características sociais

- . As residências do local são na maioria de padrão rústico.
- . Sérios transtornos de ordem sanitária o que leva a um grande índice de mortalidade infantil.
- . Apresenta-se risco de vida pelo rápido avanço do processo erosivo.
- . Não há locais para o lazer.

## 2.3. Sub-bacias de estudos (Sub-bacias 1., 2, 3, 4 e 5)

**Características:**

Estão localizadas na parte alta da bacia, onde está situada a maior parte das nascentes da mesma.

Nestas sub-bacias o processo de ocupação do solo já está bastante desenvolvido, tendo ocorrido sem um rigor maior com relação às condições de declividade acentuada em muitos trechos.

Houve a remoção da mata ciliar em muitos locais o que provoca o aumento da poluição do leito do arroio, uma vez que não existe mais o sistema de filtro natural

O escoamento pluvial ao longo das ruas não-pavimentadas produz valetas bastante profundas, transportando sedimentos em grandes quantidades.

A impermeabilização da bacia, gerada pelo processo de ocupação do solo, produz dois efeitos simultâneos, aumento do volume de escoamento superficial e redução no tempo de retardamento da bacia, potencializando os efeitos de enchentes a jusante.

Com a impermeabilização há a redução da recarga do lençol freático.

Há o lançamento de resíduos sólidos urbanos diretamente no arroio, inclusive lixo domiciliar, contribuindo muitas vezes para obstrução das tubulações e do canal de escoamento.

As águas pluviais são lançadas em muitos pontos diretamente no leito do arroio, sem utilização de soluções de dissipação de energia, desencadeando processos erosivos localizados.

Devido às limitações topográficas e o aumento da ocupação das áreas de enchente pela população de baixa renda, o sistema de drenagem urbana existente que já era pouco tornou-se insuficiente para o manejo da vazão de enchente urbana de grande importância. Além disso, estas áreas de crescimento rápido nas periferias de Ponta Grossa não estão equipadas com as estruturas básicas necessárias para o gerenciamento da água pluvial urbana.

### **3. Resultados e discussão**

Medidas não-estruturais para controle de enchentes: As medidas não-estruturais defendem a melhor convivência da população com enchentes. Não são projetadas para dar uma proteção completa, pois isso exigiria uma proteção contra a maior enchente possível.



Podem ser agrupadas em: regulamento do uso da terra, construções à prova de enchentes, seguro de enchente, previsão e alerta de inundação.

As medidas não-estruturais podem ser classificadas de acordo com a bacia hidrográfica na qual elas poderão ser aplicadas. Constatam aqui algumas medidas e sua descrição.

### **3. 1. Bacias hidrográficas não-urbanizadas**

#### **3. 1. 1. Plano diretor**

Existem diversas questões a serem consideradas quando da confecção do Plano Diretor:

- Os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos;
- Não se deve ampliar a cheia natural;
- Deve-se evitar o desmatamento das regiões ribeirinhas.

O Plano Diretor deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas, a fim de evitar ocupação sem prevenção e previsão, posto que dificilmente o poder público responsabilizará aqueles que estiverem ampliando a cheia.

#### **3. 1. 2. Zoneamento**

É a definição de um conjunto de regras para a ocupação das áreas de maior risco de inundação, visando à minimização futura de perdas materiais e humanas em face das grandes cheias. Apóia-se no mapeamento das áreas de inundação dentro da delimitação da cheia de 100 anos ou a maior registrada. Define-se a área de acordo com o risco. A regulamentação depende do escoamento, topografia e do tipo de ocupação. É incorporado ao Plano Diretor Urbano. Para áreas já ocupadas são recomendadas transferências e/ou convivência com os eventos mais frequentes.

### **3. 2. Bacias parcialmente urbanizadas**

Durante o período de urbanização, algumas medidas podem ser tomadas pela própria administração local, durante a implantação de certas instalações para a população.

#### **3. 2. 1. Valos de infiltração ( paralelos a ruas, conjuntos habitacionais,**

estradas)

Consiste em drenar lateralmente. Concentram o fluxo das áreas adjacentes e criam condições para a sua infiltração ao longo do seu comprimento. Funciona como um reservatório de detenção (escoamento maior que a infiltração). Diminui a poluição transportada para jusante.

### 3. 2. 2. Bacias de percolação

Provoca o aumento da recarga e a diminuição das áreas de ocupação com lençol freático baixo. O armazenamento é feito na camada superior do solo e depende da porosidade e da percolação. Podem ser utilizadas para recolher água do telhado e criar condições de escoamento no solo.

A construção é feita da seguinte forma: remove-se o solo do local destinado à bacia e preenche-o com cascalho. Também é recomendado o uso de filtro geotêxtil para evitar o entupimento por materiais finos.

### 3. 2. 3. Pavimentos permeáveis

Os melhores locais são passeios, estacionamentos, quadras e ruas menos movimentadas. As vantagens deste dispositivo são: a diminuição do escoamento superficial, dos condutos da drenagem pluvial, dos custos da drenagem pluvial e da lâmina d'água em estacionamentos e passeios. Já as desvantagens são: tem que haver manutenção constante, aumento do custo direto, há a contaminação dos aquíferos. Estes fatores devem ser considerados no Plano diretor a ser realizado para a área.

### 3. 2. 4. Zoneamento

Deve ser efetuado nas áreas ainda não ocupadas da bacia.

### 3. 2. 5. Desmatamento

É um fator chave para a enchente: pois ele expõe o solo à erosão. O reflorestamento deve ser feito em todos locais em que for possível pois ele irá prevenir a erosão e o assoreamento.

### 3. 2. 6. Intensificação do gerenciamento do uso da terra

Deve haver a intensificação do gerenciamento do uso da terra para que as áreas de risco ainda não ocupadas não sejam invadidas. Pode-se ocupar estes locais com parques.

### 3. 2. 7. Atividades de proteção contra a enchente

São essenciais para imprimir na população um senso de segurança.

### 3. 2. 8. Rigoroso regulamento e suas implicações

Em áreas urbanas o regulamento deve ser usado para evitar a ocupação de áreas propensas a inundação. Deve haver um rigoroso controle contra o lançamento de lixo nos drenos e nos arroios.

### 3. 2. 9. Estabelecimento de sistemas hidrológicos

São importantes para que haja um histórico hidrológico da bacia, com informações seguras.

### 3. 2.10. Mapeamento

O processo de mapeamento para uma base cartográfica confiável e adequada, a localização precisa dos elementos do sistema e das características hidráulicas da superfície da bacia constituem em material indispensável para o setor técnico em relação à população, por isso a utilização de mapas pode representar um grande avanço nas ações não-estruturais em drenagem urbana.

Existem alguns itens que um mapa atualizado para medidas não-estruturais deve ter:

- Cobertura vegetal;
- Solo de acordo com seu nível de permeabilidade e com a vulnerabilidade à erosão;
- Declividade;
- Informações topográficas com linhas mais densas contornando as áreas críticas;
- Redes de drenagem natural e artificial.

### 3. 2. 11. Educação ambiental

Junto à população deve ser realizado um programa de educação ambiental. A conservação das margens dos arroios, sua vegetação típica e taludes são essenciais. Deve ser criado um plano para conscientizar a população que reside ao longo dos cursos d'água. Deve interagir entre o homem e seu habitat, mostrando para a população a responsabilidade com o ambiente em que vive. A comunidade é parte importante do trabalho pois a parceria é indispensável para a realização do programa, que deve reunir ativi-

dades de limpeza e conscientização ambiental.

### **3.3. Bacias urbanizadas**

#### 3.3.1. Soluções de mitigação

Devem promover o aumento das áreas de infiltração e percolação e armazenamento temporário em reservatórios. Segundo Ichikawa, essas medidas podem ser classificadas em algumas classes principais compreendendo aquelas que visam armazenamento e aquelas que propiciam o incremento de processos de infiltração e percolação.

O armazenamento traz muitos benefícios, como a diminuição dos problemas de inundações localizadas, diminuição dos custos de um sistema de galerias de drenagem, melhoria na qualidade da água escoada e diminuição das vazões máximas de inundação a jusante. Porém, existem algumas dificuldades a serem superadas, destacando-se: a escolha de locais adequados, seu custo de aquisição para desapropriação, devendo-se superar a oposição por parte da população no caso de reservatórios maiores.

O conceito que vem sendo utilizado quando existem restrições por parte da administração municipal ao aumento da vazão máxima devido ao desenvolvimento urbano é de que “a vazão máxima da área, com desenvolvimento urbano, deve ser menor ou igual à vazão máxima das condições preexistentes para um TR escolhido”.

Unidades de armazenamento:

- Estocagem em canos de drenagem: a instalação de reservatórios nos poços de inspeção. Toda seção transversal da tubulação é utilizada para a estocagem durante a precipitação.

- Reservatórios multi-uso na superfície: garagens, parques para crianças, playgrounds, pátios de escolas são utilizados na tentativa de reservatórios.

- Estocagem subterrânea: Sob ruas, parque e áreas desocupadas. No Japão, de acordo com relatos de Ichikawa, os porões de um edifício de apartamentos e um hospital também foram utilizados e, em alguns casos, a água foi utilizada para a descarga de banheiros. A utilização da água para casa é menos econômica pois a variação sazonal de chuvas é muito grande.

- Canais subterrâneos.

- Reservatório de detenção: uma área é deliberadamente inundada para proteger outra área. Durante a época de enchentes eles devem ser man-

tidos vazios. Podem ser usados para a vida aquática até que a água seja percolada e infiltre e/ou evapore. O solo escavado poderá ser usado para a construção de “estradas a prova de chuvas”. A água estocada nessas depressões ajuda a reabastecer o lençol freático. Os reservatórios de detenção são totalmente drenados, em geral, em menos de um dia. A sua área de ocupação pode ser utilizada para fins recreacionais quando seca.

- Telhado: pequenos reservatórios residenciais.
- Lotes urbanos: pode ser utilizado para amortecer o escoamento, conjunto com outros usos.
- Superfícies pavimentadas: estacionamento, áreas de pouco trânsito e quadras esportivas.

A infiltração é a transferência do fluxo da superfície para o interior do solo. Depende do tipo do solo e da umidade na camada superior do solo. Já a percolação: é o fluxo da zona não saturada até o lençol freático.

As vantagens e desvantagens dos sistemas que permitem uma maior infiltração e percolação são, segundo Tucci:

- aumento da recarga e diminuição das áreas de ocupação com lençol freático baixo, preservação da vegetação, diminuição da poluição levada para jusante e do tamanho dos condutos;
- os solos de algumas áreas podem ficar impermeáveis com o tempo, falta de manutenção, aumento do nível do lençol freático atingindo construções em subsolo.

Soluções para criar maior infiltração

- Pavimento permeável, bastante restrito: calçadas, para ruas secundárias, ruas estreitas com pouco tráfego.
- Planos de infiltração: Áreas de gramados laterais (em geral). Se a drenagem transportar grande quantidade de material fino, a capacidade de infiltração pode ser reduzida, para que isto não aconteça é necessário que se façam limpezas periódicas do plano.
- Valas de infiltração: Canos porosos rodeados por pedregulhos. A água que não infiltra na “abertura” de infiltração, escoar por estas valas e infiltrará pelos espaços vazios dos pedregulhos.
- Poço de infiltração: é instalado na conexão entre o dreno privado e a canalização principal. As águas introduzidas nesta abertura irão escoar até o fundo onde para evitar o entupimento, haverá dois compartimentos, um de infiltração e outro de “assentamento”.
- Valos de infiltração: (paralelos a ruas, conjuntos habitacionais, es-

tradas)

### 3. 3. 2. Medidas de apoio à população

Essas medidas devem ter a participação e conscientização da população e de ONG's. As medidas devem ser basicamente as seguintes:

- Lugares seguros para preservar a pessoa, a família e trabalhos;
- Empregos para pessoas que os perderam com a enchente;
- Os serviços como água, gás, correios, saúde, educação, policiamento, luz, estradas, etc. não devem ser interrompidos durante as inundações;
- Abrigos temporários, meios de evacuação, patrulhas de segurança.

### 3. 3. 3. Distribuição de informações sobre as enchentes

Deve ser feito um programa de orientação da população sobre as previsões de enchentes para que ela aprenda a se prevenir contra as cheias.

### 3. 3. 4. Mapas

A população tem dificuldade em perceber o espaço urbano e sistema de drenagem como um todo.

Utilizar mapas que orientem a população em vários aspectos em especial como agir durante uma cheia:

Shidawara apresentou as seguintes sugestões para itens que um mapa deve conter:

- Contornos de possíveis profundidades de água de enchente;
- Abrigos e seus telefones;
- Abrigos para idosos, deficientes e crianças;
- Abrigos temporários de emergência ou lugares para aglomeração;
- Capacidade de abrigo e número de residentes em cada área;
- Telefone de escritórios relacionados;
- Modelos de sons de alarme de sirenes e sinos e seus significados;
- Rota de transmissão de informações oficiais e avisos;
- Sugestões de refúgios;
- Checklist do que levar quando tiver que fugir;
- Cuidados com deslizamentos de terra;
- Histórico das principais enchentes da cidade;
- Fotografias de outras enchentes;
- Características do clima em outras enchentes;
- História e natureza do rio.

### 3. 3. 5. Sistema de alerta

É utilizado para prevenir com antecedência de curto prazo, em eventos mais raros. Estes sistemas ajudam no controle das estruturas hidráulicas no sistema do rio. Também é importante para população evitar o pânico. Sistemas de telégrafo devem ser implantados para o caso dos sistemas telefônicos falharem.

#### 3. 3. 6. Evacuação

Com um bom sistema de alerta de enchente, a evacuação e as atividades de resgate, se tornarão mais rápidas e eficientes.

#### 3. 3. 7. Prevenção

A prevenção de enchente modifica o potencial de dano de estruturas individuais suscetíveis a danos de enchente, como estruturas elevadas, paredes externas à prova d'água e reorganização dos espaços estruturais de trabalho.

#### 3. 3. 8. Centro comunitário temporário

Centros para a época de enchentes com comida, água potável, sanitários, remédios, abrigos, médicos, e etc. Durante as outras épocas seria utilizado para serviços de utilidade pública, etc.

#### 3. 3. 9. Intensificação do gerenciamento do uso da terra

Através de acompanhamento rigoroso dos processos de ocupação e observância do Plano Diretor e diretrizes de parcelamento do solo.

#### 3. 3. 10. Atividades de proteção contra a enchente

As estratégias não-estruturais devem inspirar confiança e imprimir senso de segurança.

#### 3. 3. 11. Preparação da comunidade

Toda comunidade dinâmica e organizada, além de desempenhar importante papel antes e depois das enchentes, ajuda a aprimorar a qualidade da assistência externa nesses casos e a reduzir falhas que acontecem frequentemente, como a falta de informações, a má avaliação das necessidades e as formas inadequadas de ajuda.

Uma boa preparação da comunidade antes de uma enchente pode ajudar a reduzir o impacto do acidente, a salvar maior número de vidas antes de chegar auxílio de outro lugar e a reduzir os inúmeros problemas de

sobrevivência e saúde.

#### 3. 3. 12. Reassentamento

Reassentamento ou relocação de residentes ilegais ocupantes das margens do rio, e de residentes legais nas áreas de enchente.

#### 3. 3. 13. Sistema administrativo confiável

O governo e a população devem ganhar confiança um no outro, o que significa que a equipe deve dar apoio durante as enchentes.

### 3. 4. Recomendações

A Bacia do Arroio de Olarias merece atenção especial por parte das autoridades por se tratar de um local com muitas dificuldades e ocupado principalmente por população de baixa renda. Propõe-se abaixo algumas medidas não-estruturais a serem tomadas na parte alta da bacia (sub bacias 1, 2, 3, 4 e 5).

Nas sub-bacias 1, 2, 3 e 4, o principal problema são as altas velocidades que as águas das chuvas assumem. Estas águas provocam erosão e podem provocar escorregamentos causando com isso o assoreamento do canal do arroio. Também deve-se dar atenção especial aos mecanismos de retardamento de águas pluviais nesta área pois devido às grandes declividades nestas sub-bacias as águas que caem nas cabeceiras chegam muito rapidamente às bacias que se encontram a jusante.

Já na sub-bacia 5 e em parte da sub-bacia 2 (áreas incrementais) a probabilidade de ocorrência de inundações é bem maior. Nestas áreas devem ser aplicadas medidas de controle de inundações .

#### 3. 4. 1. Bacias 1, 2, 3 e 4

Fazer um trabalho de conscientização da comunidade para não jogar lixo nos cursos de água evitando assim o assoreamento e a poluição ( efetuar campanhas nas escolas e igrejas)

Nos locais onde há valetas (sulcos de erosão), que ocorrem em ruas não pavimentadas, fazer estudo de implantação dos valos de infiltração, que evitarão que estes sulcos forneçam material de assoreamento. Também deve-se corrigir práticas inadequadas de conservação de ruas, como preenchimento dos sulcos de erosão, que aumentam o material incoeso para assoreamento



dos canais;

- Verificar o custo e a possibilidade de implantação de pavimentos permeáveis nas ruas ainda não pavimentadas e de pouco movimento, para aumentar as áreas de infiltração, o que levará a diminuição do volume escoado que causará problemas de inundação a jusante.

- Incentivar medidas de compensação dos volumes nos lotes mediante o uso de mecanismos fiscais para criar áreas de retardamento.

- Fazer um trabalho de conscientização da comunidade para não jogar lixo nos cursos de água evitando assim o assoreamento e a poluição (efetuar campanhas nas escolas e igrejas e associações de moradores)

- Conter desmatamentos, recuperar e reflorestar as encostas uma vez que a mata ciliar é de grande importância para conter escorregamentos pois ela funciona como um sistema de contenção natural.

- Recuperar as áreas de conservação e ocupá-las com parques. (para a sub-bacia 2 - áreas 1, 2, 3 e 1, para a sub-bacia 3 - áreas 18, 19, 20 e 21 e para a sub-bacia 4 - áreas 23 e 27). Estes parques seriam as áreas de lazer que esta região necessita.

- Adicionar à legislação taxas máximas para índices de impermeabilização, evitando assim impermeabilização excessiva e tentando manter o máximo da condição pré-existente à ocupação.

- Verificar os locais de grande declividade e retirar toda a ocupação do local, em especial das áreas sujeitas a escorregamentos que ocorrem nas sub-bacias 2, 3 e 4.

- Fiscalizar novos loteamentos que possam surgir (com relação à taxa de impermeabilização, ocupação de áreas de risco, etc.)

- Fiscalizar as áreas de preservação permanente para que não sejam tomadas por habitações irregulares. (para a sub-bacia 1 - áreas 4, 5, e 6, para a sub-bacia 4 - áreas 22).

- Criar uma legislação rigorosa para proteger as áreas de preservação permanente e de conservação.

- Criação de reservatórios de amortecimento nas sub-bacias 3 e 4 nos locais que estão definidos nas figuras 5.8 e 5.9.

- Podem ser utilizadas as cavas das antigas olarias como reservatórios de retardamento, uma vez que, devido à alta impermeabilidade por se tratar de locais de empréstimo de argila, estes locais não se prestam à infiltração mas serão de grande valia para o retardamento das águas pluviais providas dos locais mais altos.

- Verificar as habitações nas áreas de escorregamentos e fazer o

reassentamento caso exista a necessidade (para tanto devem ser definidas as áreas de risco).

- Verificar os locais de grande declividade e retirar toda a ocupação do local.

- A rede de drenagem que ainda será instalada deverá ter soluções de dissipação de energia para evitar erosão nos locais de lançamento no arroio.

- Nos locais onde já há rede de drenagem, como é o caso da sub-bacia 2 que é inteiramente dotada de galerias, a rede deverá ser adaptada para reduzir e evitar focos erosivos

- Deve-se haver contenção das encostas que estão desabando. Esta contenção poderá ser feita com gabiões que podem depois serem incorporados à paisagem natural permitindo a recuperação da mata que se encontrava nas encostas.

- Implantar rede de esgotos e tratamento *em toda cabeceira de drenagem da bacia*; pois a ausência de tratamento e coleta muito localizada, deverá propiciar a proliferação de vetores de doenças como bactérias infecciosas, vermes, ratos, baratas, moscas, mosquitos, caramujos, etc.

- Construir um mapa que mostre de forma clara as declividades e áreas de escorregamentos (áreas de risco) para que a população tenha a idéia real da situação das sub bacias.

#### 3. 4. 2. Parte da sub-bacia 2 e para a sub-bacia 5 (áreas incrementais):

- Fiscalização para evitar a ocupação das áreas ribeirinhas ainda não ocupadas (definir áreas de maior risco).

- Fazer um trabalho de conscientização da comunidade para não jogar lixo nos cursos de água evitando assim o assoreamento e a poluição deixando claro o risco das doenças que o lançamento de esgoto e lixo no arroio poderá acarretar (efetuar campanhas nas escolas, igrejas e associações de moradores).

- Conter desmatamentos, recuperar e reflorestar a mata ciliar que funciona como filtro natural.

- Verificar o custo e a possibilidade de implantação de pavimentos permeáveis nas ruas ainda não pavimentadas e de pouco movimento. Para ajudar recarga do lençol freático e diminuir o volume escoado superficialmente que é a maior causa das inundações.

- Incentivar medidas de compensação dos volumes nos lotes mediante o uso de mecanismos fiscais para criar áreas de retardamento.

- Recuperar as áreas de conservação e ocupá-las com parques.
- Fazer trabalhos de conscientização com a introdução de um programa de orientação de como agir em caso de enchente e como evitar que os danos sejam maiores.
- Adicionar à legislação taxas máximas para índices de impermeabilização.
- Localizar os locais mais assoreados e fazer a limpeza do arroio nestes locais
- Fiscalizar novos loteamentos que possam surgir (com relação à taxa de impermeabilização, ocupação de áreas de risco, etc.)
- Fiscalização quanto ao lixo que é jogado no arroios e também nos terrenos baldios
- Criação de um centro comunitário que poderá ser utilizado como abrigo na época de enchente. Este centro poderá ser uma escola que esteja localizada em local alto e de fácil acesso.
- Verificar as habitações nas planícies aluviais e fazer o reassentamento caso exista a necessidade (áreas de risco)
- Dar informação ao público sobre as enchentes e sobre os locais onde há a provável ocorrência delas.
- Retirar e reassentar as famílias que estão ocupando irregularmente as áreas de inundação.
- Eliminar o lançamento de esgotos domésticos, industriais e comerciais no arroio.
- Construir mapas com identificação de infra-estrutura e demais dados citados no presente estudo, para servir de instrumento de comunicação visual com a comunidade e as equipes atuantes no plano.

#### **4. Conclusões**

A bacia hidrográfica do Arroio Olarias apresenta relevo relativamente acidentado nas cabeceiras, com encostas íngremes e drenagem entalhada. Justamente nessa área, mais próxima da região central de Ponta Grossa, é maior a densidade de ocupação.

No restante da área, o relevo é mais suave, com colinas amplas de pequena amplitude e topos convexos a planos, com raras vertentes mais

íngremes, junto à margem esquerda do Arroio Olarias. A assimetria da bacia hidrográfica é significativa, com relevo mais suave na margem direita e relevo mais íngreme e acidentado na margem esquerda.

Os principais fatores de risco dizem respeito à ocupação desordenada de encostas íngremes (escorregamentos), de margens de drenagens entalhadas (escorregamentos, solapamentos seguidos de escorregamentos e sulcos de erosão) e de terrenos sobre as planícies aluviais (inundações, adensamento de solos moles, incêndio de camadas de turfa). A mitigação destes riscos deverá dar-se principalmente pelo disciplinamento da ocupação da bacia.

As medidas não-estruturais simuladas para esta bacia visam principalmente conter a erosão nas sub-bacias 1, 2, 3 e 4 e conter a inundação nas áreas incrementais que são parte da sub-bacia 2 e a sub-bacia 5. Para que estas medidas tenham efeito positivo e se comportem como o simulado é muito importante uma participação ativa por parte da comunidade que deve estar bem integrada com o ambiente em que vive e que deve estar preparada para as situações de risco que possam ocorrer. Também é essencial a participação do poder público que poderá fornecer verbas e pessoal para fazer uma campanha de conscientização da comunidade além de poder atuar ativamente fazendo uma legislação rigorosa e fiscalizando o cumprimento da mesma.

Recebido para publicação em 09/00.

Aceito para publicação em 12/00.

#### ABSTRACT

Brazil is undergoing a process of urbanization that is one of the most intensive yet observed. The population growth impelled a series of consequences, such as the increase of waterproof areas. This brings as consequences, the need for modifications in the previously existent drainage system and an increase in the speeds of surface runoff, reducing the time of flood peaks, amplifying them and reducing the renewal of ground water.

The urban drainage systems are flood preventive, mainly in lower areas that are subject to inundations, or in riverside areas. It is evident that urban drainage problems become worse areas of disordered urbanization.

Flood control is the management of the excess of water. It is divided into two concepts: the management of flood areas and the management of urban pluvial water.

The non-structural measures seek the best coexistence of the population with the floods, and they have a preventive character. They are:

- A regulated use of the land;
- Buildings that can bear the problems that floods cause;
- Flood insurance;
- Forecastings;
- Inundation alerts.

The first phase of the study consisted of a revision of the literature concerning flood prevention, in which we tried to characterize several types of non-structural measures.

In the second phase the solutions were classified in accordance with the scenery of occupation of the basins (non-urbanized, partially urbanized and urbanized basins).

In the third phase the basin of the brook of Olarias, in Ponta Grossa, Paraná, was chosen for a simulation of some non-structural solutions.

Key words: flood, non-structural measures, drainage

Endereço para contato: [cenomoto@bol.com.br](mailto:cenomoto@bol.com.br)  
[cfenomoto@yahoo.com.br](mailto:cfenomoto@yahoo.com.br)

## REFERÊNCIAS

ANDRADE FILHO, Alceu G. de; SZÉLIGA, Marcos Rogério. **Investigação de viabilidade de implantação de rede telemétrica de observação em bacias urbanas de Ponta Grossa**. Ponta Grossa: PROPESP/UEPG, 1997.

CHOW, V.T.D.R.; MAYS, L.W. **Applied hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1988. 52p.

ICHIKAWA, Arata. **A new strategy for the reduction of peak runoff, by installing of infiltration and storage facilities**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON NON STRUCTURAL FLOOD CONTROL IN URBAN AREAS, 22 a 24 de Abril, 1998, São Paulo.

NUCLEAM - Núcleo de Estudos em Meio Ambiente - “Diretrizes de Planejamento Urbano: Aspectos Hidrológicos e Drenagem Urbana”, NUCLEAM/UEPG, Ponta Grossa, 1997.

TUCCI, Carlos E.M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS-ABRH, 1995, 428p.