

## **Capítulo 135**

### **Curva dos 100 anos**

## Capítulo 135- Curva dos 100 anos

### 135.1 Introdução

Nos Estados Unidos existe uma lei federal datada de 1973 que estabelece a área de inundação para período de retorno de 100 anos que foi definido pelo *Federal Emergency Management Agency (FEMA)*.

Alguns estados brasileiros adotam como máximo  $Tr=20$ anos, que é muito pouco para os rios e canais causando riscos aos moradores das vizinhanças.

A probabilidade é o inverso da frequência:

$$P = 1/T$$

Sendo  $Tr=T=100$ anos então  $P = 1/100 = 0,01 = 1\%$ .

Atualmente se fala ao invés do período de retorno de 100anos, como aquela chuva que tem 1% de probabilidade de ocorrer em um ano.

Na Figura (135.1) vemos um esquema da curva dos 100 anos, sendo que na cor mais escura ao longo do rio não se pode construir e na faixa mais clara onde a enchente é menor que 0,30m de altura, pode ser construído com algumas restrições.

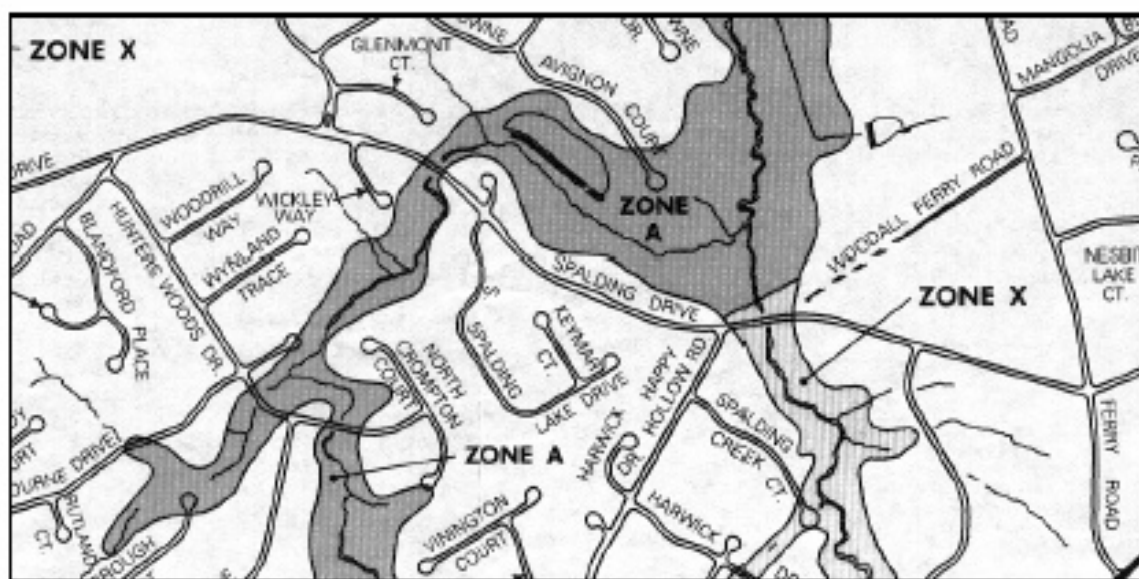


Figura 135.1- Curva dos 100anos

A Figura (135.2) apresenta o grande leito para período de retorno de 100anos e o pequeno leito para  $Tr=2$ anos conforme prof dr. Tucci.

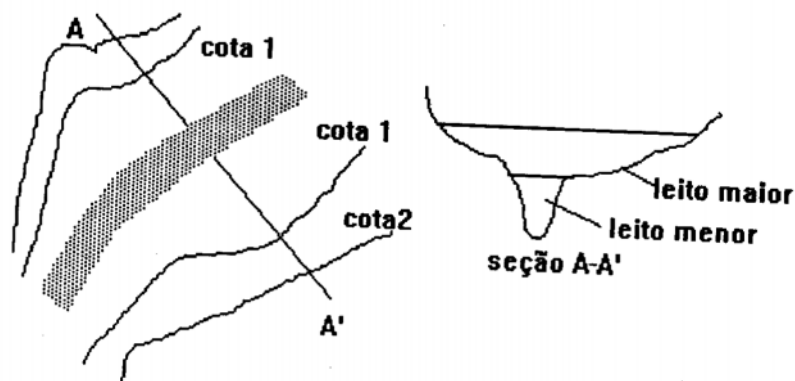


Figura 135.2- Leito menor e maior

### 135.2 Alternativas

As alternativas para proteger a população existente dentro da curva dos 100 anos podem ser:

- Estruturais
- Não-estruturais

### 135.3 Medidas estruturais

As medidas estruturais são modificações nos rios, implantação de reservatórios de detenção e retenção, construção de diques, paredes ao longo dos rios para evitar inundações.

A redução de vazões devido a construção de grandes reservatórios de detenção ou retenção foi bastante usado e hoje se torna de difícil execução devido ao alto custo das áreas.

As modificações e retificações de rios foi bastante usado até a década de 1970. Foram retirados meandros de rios e aumentado a velocidade da água nos rios.

Nos Estados Unidos em 1973 o “Little Report” um relatório concluiu que após o investimento de 15 bilhões de dólares a redução de danos foi somente de 1 bilhão de dólares. Conforme Benavides, 2008 muitos projetos estavam subdimensionados e não conseguiram controlar as enchentes com a chuva de projeto escolhida.

Outro problema apontado no “*Little Report*” citado por Benavides, 2008 são os efeitos ambientais da retificação dos canais incluindo:

- Drenagem das *wetlands*
- Corte dos meandros nos rios
- Abaixamento do lençol freático reduzindo a recarga nos rios
- Corte de árvores ao longo dos rios e destruição do ecossistema aquático
- Aumento da erosão nos barrancos dos rios levando a vários problemas de estabilidade dos taludes
- Aumento da deposição a jusante de sedimentos
- Aumento de enchentes a jusante com o aumento das velocidades de montante
- Impacto na vida aquática dos rios
- Redução dos aspectos estéticos e visuais dos rios.

#### 135.4 Diques, *by-pass*, diversão de canais

Os diques são estruturas lineares de terra ou concreto ao longo dos rios para proteção de enchentes.

A construção de diques é bem antiga.

A construção de *by-pass* ou canais de redirecionamento dos cursos de água são executados para proteger a população.

#### 135.5 Medidas não-estruturais

As medidas não-estruturais segundo USEOP, 1994 *in* Benavides, 2008 são:

- Medidas tomadas pelo proprietário para evitar enchentes
- Mecanismos de avisos
- Zoneamento do uso dos solos
- Programa de seguros
- Atividades preparativas para enchentes
- Programas de educação
- Manutenção do sistema primário e secundário de drenagem
- Aquisição de terras na zona de inundação ou programa voluntária de se mudar da região de enchentes.

Embora pareça novidade as medidas não-estruturais, as mesmas foram feitas na década de 1950 no *Tennessee Valley Authority (TVA)*.

### **135.6 Programa nacional de seguros**

Nos Estados Unidos existe um programa nacional de seguros: *National Flood Insurance Program (NFIP)* criado em 1968.

O objetivo do programa foi proteger com seguros as pessoas que moram dentro da curva dos 100 anos. O prêmio de seguro seria pago pelo governo.

O programa do governo teve um pequeno sucesso, mas os argumentos contra são que muitas pessoas devido ao seguro do governo ficam encorajadas a reconstruir sempre na promessa de receber o seguro do governo.

As pessoas não procuram sair do local de inundação. Isto fez que em enchentes muito grande em 2004 e 2005 nos Estados Unidos, varias empresas de seguro foram a falência e aumentaram muito os prêmios de seguro.

### **135.7 Programa voluntário para se mudar das áreas de riscos**

A medida não estrutural para as pessoas saírem das zonas de riscos para outras áreas é considerada simples, mas de aplicação muito difícil na prática.

Vi isto em Guarulhos próximo ao Aeroporto Internacional de Guarulhos num bairro muito pobre denominado de “Malvinas”, que não conseguiram fazer a relocação das pessoas. Até hoje não conseguiram mudar as pessoas.

### **135.8 Paradoxo do controle de enchentes**

Benavides, 2008 chama de paradoxo do controle de enchentes, pois, o governo cada vez gasta mais em obras contra enchentes, mas os custos de inundação continuam a subir. No rio Tietê em São Paulo, apesar dos grandes investimentos, ainda continua haver enchentes.

### **135.9 Falsa segurança**

Lembro-me das aulas de pós-graduação que tive na EPUSP com o prof. dr. Kokei Uehara que disse por melhor que façamos uma obra, há sempre possibilidade de haver inundação e que é muito arriscado dizer que não haverá mais inundação naquele local.

Mais tarde foram feitas obras no rio Tietê e um governador do Estado de São Paulo pôs uma placa dizendo que estava resolvido o problema de enchentes no rio Tietê e alguns dias depois deu uma chuva e a placa ficou no meio da água e foram tiradas fotos e filmada e no dia seguinte a placa foi retirada.

### 135.10 Piso da construção 1,5m acima da curva dos 100anos

Não existe lei brasileira, norma da ABNT e nem estrangeira que estabeleça a cota do piso das construções ao longo dos rios. O LEED usa para pré-desenvolvimento que o nível de construção esteja no mínimo 1,5m acima da curva dos 100 anos conforme Figura (135.3).

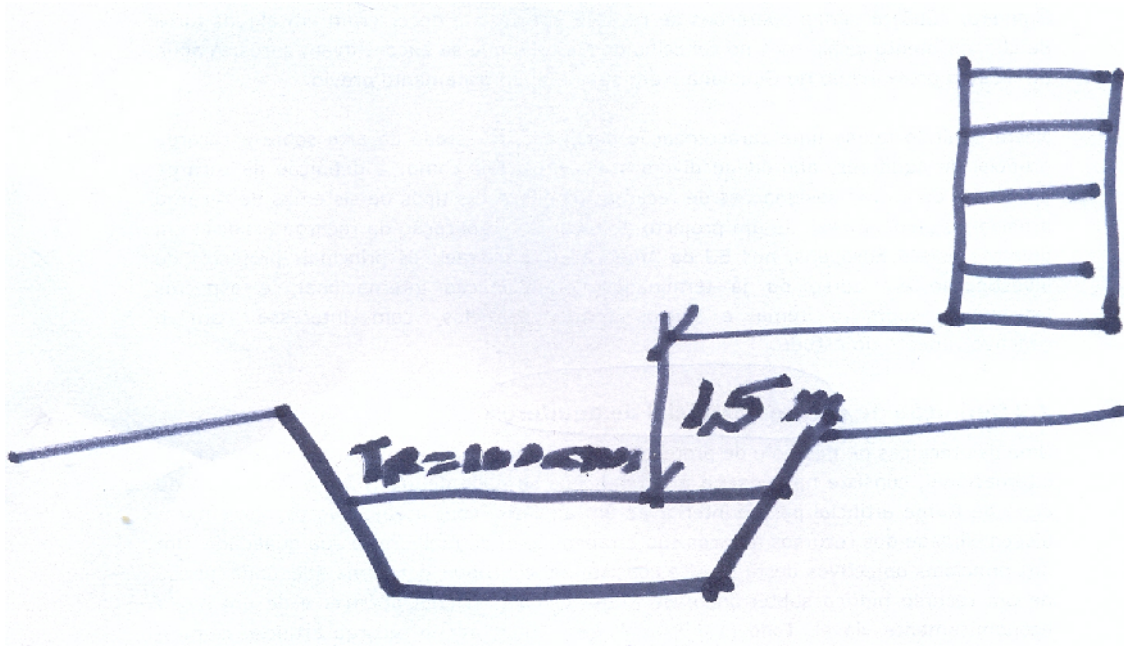


Figura 135.3- Soleira de construção



### **135.10 Projeto de lei federal**

**Encaminhamos em 2011 um projeto de lei federal baseado na minuta abaixo sobre a curva dos 100anos.**

**Este projeto foi feito com ajuda de vários amigos usando o Método de Delfos. Já me avisaram que este projeto nunca será aprovado e que o melhor mesmo é fazer uma norma da ABNT.**

**-Minuta de projeto de lei municipal: curva dos 100 anos**

**Cria o mapa da curva de 100anos nos córregos e rios do município de ....., SP e dá outras providências.**

**Artigo 1. A Prefeitura Municipal de ....colocará a disposição do público a cada 5 anos mapas das áreas de enchentes relativos à curva obtida com período de retorno de 100anos em todos os córregos e rios do município localizados na área urbana e rural.**

**Parágrafo 1. Este mapa de curvas de 100 anos complementarará os mapas existentes de faixas de APPs, para evitar que, o empreendedor e/ou proprietário demonstre ignorância e desconhecimento dos recuos e da lei que protege as áreas de preservação permanente, buscando aplicar apenas o recuo que atende o seu empreendimento.**

**Parágrafo 2. O mapa da curva dos 100anos não interfere com os recuos legais municipais e os existentes no código florestal.**

**Artigo 2. Os mapas deverão ser refeitos de cinco em cinco anos, levando-se em conta o aumento da área impermeável, mudanças no uso do solo e possíveis mudanças climáticas. A área da curva dos 100anos poderá sofrer alterações com a construção de reservatórios de detenção e aumento da infiltração de água no solo.**

**Parágrafo 1. Em caso de alteração ou ampliação da área de enchente da curva dos 100anos, a prefeitura deverá comunicar aos proprietários e ocupantes da área a sua inclusão ou exclusão na área de risco.**

**Parágrafo 2. Cabe à Prefeitura notificar os causadores dos novos riscos de enchentes sobre as possíveis conseqüências de suas ações bem como responsabilizá-los por danos a terceiros.**

**Artigo 3. O horizonte mínimo do projeto será de 20anos.**

**Artigo 4. As novas construções a serem aprovadas dentro da curva dos 100anos atenderão exigências específicas da Prefeitura de modo a preservar vidas**

humanas e bens materiais. A áreas externas à área da inundação com altura de até 0,30m referente a curva dos 100anos poderá ser construída.

**Artigo 5.** Fica proibido haver novas construções na área abaixo da cota de inundação mais de 0,30m de profundidade definida pela curva dos 100anos.

**Parágrafo 1.** A execução de obra nova irregular, não observando a cota referente a curva dos 100anos, deverá a obra ser embargada e tomada as devidas providências para a adequação.

**Parágrafo 2.** A não observação da cota da curva de 100anos e conseqüentemente a conclusão da obra, o proprietário deverá providenciar a demolição e o profissional/empresa, responsável técnico pelo empreendimento, deverá ser responsabilizado junto ao CREA.

**Parágrafo 3.** A área da curva dos 100 anos será demarcada com marcos visíveis.

**Artigo 6.** As construções existentes e executadas dentro da curva dos 100anos com profundidade de até 0,30m referente a curva dos 100anos será exigida o seguro da propriedade, que poderá ser pago parcialmente ou totalmente pelo poder público.

**Artigo 7.** Os mapas da curva dos 100anos será desenvolvido por profissional habilitado e em atividade junto ao CREA-SP usando métodos de cálculos adequados ao tamanho da bacia e características de sua ocupação urbanística.

**Artigo 8.** Em locais onde existam barragens públicas ou privadas que coloquem em risco as vidas humanas e bens materiais deverão ser elaborados mapas de inundação a jusante que demarquem a área potencialmente atingidas em caso de falha na barragem.

**Artigo 9.** Devem ser indicadas e assinaladas as zonas de segurança, os seus acessos, um sistema de aviso e alerta a instalar na zona e plano de evacuação da área inundável.

**Artigo 10.** O projeto da curva de 100anos, deverá apresentar soluções minimizadoras para possível execução municipal, buscando solucionar, mesmo que parcialmente, os problemas das residências e comércios existentes e construídos abaixo da curva de 100anos.



### **Exposição de motivos**

**Em casos de enchentes há necessidade se proteger as vidas humanas e bens materiais na área da curva do período de retorno de 100anos. A fixação da cota de enchente mais de 0,30m para esse período de retorno é um critério de segurança.**

**Isto é feito no Japão desde na década de 1950 e nos Estados Unidos em 1973 pela *FEMA- Federal Emergency Management Agency*, onde se exige que todos os rios e córregos do país sejam dimensionados para a curva dos 100anos.**

**O desenvolvimento urbano acelerado do Brasil faz com que aumentem cada vez mais as áreas impermeáveis, dando como consequência a diminuição da infiltração e vazão básica dos córregos e rios e, causando grandes picos de cheia.**

**É importante preservar a vida humana e os bens materiais e a necessidade de novos critérios no código de obras de construção quando a mesma está dentro da curva dos 100anos definida pela cota de inundação mais de 0,30m.**

**Outra novidade é exigir que o morador faça seguro da construção e quando se tratar de sub-habitações a própria prefeitura poderá arcar com parcela dos custos dos seguros para a proteção de vidas e bens materiais.**

**O premio de seguro variará de acordo com a área de abrangência das várias cotas de inundação.**

**O mapa ficará a disposição na Prefeitura para quem quer adquirir um lote de terreno próximo a um córrego ou quer construir um imóvel**

#### **135.11 Como calcular a curva dos 100anos**

**Uma maneira prática de se traçar a curva dos 100anos usando planilha Excel, é usamos a hidrologia para acharmos a vazão para  $T_r=100$ anos e depois usando a hidráulica e com a fórmula de Manning, por tentativas calcula-se a altura normal  $y$  e fica portanto, definida a área da seção.**

## Como calcular a curva dos 100anos?

- **Primeiro:** calcular a vazão de pico na seção escolhida para  $Tr=100$ anos.
- **Segundo:** temos a vazão e um perfil da seção no local.
- **Terceiro:** adote uma altura  $y$  qualquer e calcular a vazão  $Q_{100}$  calculada usando a equação de Manning.
- $Q = (1/n) \times A \times R^{(2/3)} \times S^{0,5}$
- $A$  = área molhada ( $m^2$ )
- $S$  = declividade ( $m/m$ )
- Se  $Q$  calculado for igual a  $Q_{100}$  OK, caso contrário aumente ou diminua o valor de  $y$  até achar a vazão  $Q_{100}$  calculada.
- **Quarto:** o método é feito por tentativas para cada seção.

Figura 135.4- Curva de 100anos ponto por ponto

### 135.12 Diretrizes Europeias

As diretrizes Europeias recomendam  $Tr=100$  anos e  $Tr=200$ anos. A Inglaterra devido a mudança climáticas provadas, está usando  $Tr=200$ anos.

Na Itália se usa  $Tr=100$ anos e em alguns lugares  $Tr=200$ anos e recomenda-se verificar a inundação catastrófica para  $Tr=500$ anos.

Por curiosidade a chuva que arrasou a cidade paulista de São Luiz do Paraitinga foi  $Tr=340$ anos e os diques que foram destruídos na década de 1980 no rio Mississipi foi  $Tr=500$ anos.

## Politécnica de Milão, Itália

*I piani de drenaggio urbano*  
Prof. Dr. Giulio De Marchi

Diretrizes europeias: 200 60/CE e 2007 60/CE

Adaptação para a Itália

Área A

Tr= 100anos

Área B

Tr=200 anos (Inglaterra usa devido mudanças climáticas)

Área C: Área de **inundação catastrófica**

Tr=500 anos (Mississippi, 1993 inundação, São Luiz do Paratinga, 2011-SP Brasil 340 anos)

**Figura 135.6- Politécnica de Milão**

**135.13 Bibliografia e livros consultados**

**-BENAVIDES, JUDE A. *Severe storm impacts and flood management*. in BEDIANT et al, *Hydrology and floodplain analysis*. 4a ed. Prentice Hall, 2008, ISBN 10:0-13-174589-1, 795 páginas.**