



# Cota de segurança contra inundações

Importância e como calcular

# Sumário

Importância da cota de segurança contra inundações.....	3
Como calcular? .....	6
Passo a passo .....	7
Primeiro passo: delimitação da bacia hidrográfica.....	8
Segundo passo: área de drenagem e tempo de concentração.....	9
Terceiro passo: Estudos Hidrológicos.....	11
Quarto passo: Cálculo dos níveis d'água de cheia do rio.....	13

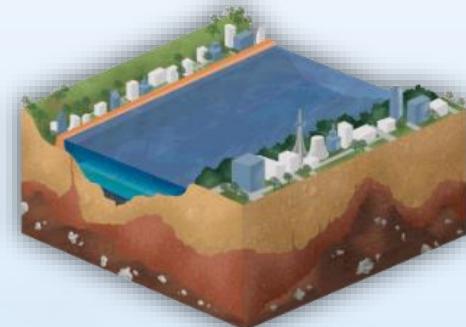
# Importância da cota de segurança contra inundações

A cota de segurança, também conhecida como cota de arrasamento, é o nível mínimo que o terreno deverá ter para implantação de um empreendimento.

O principal objetivo da cota de arrasamento é garantir a proteção do empreendimento contra eventos de inundações fluviais. Dessa forma, a cota mínima para construção no terreno deverá ser superior à cota máxima do nível d'água no rio, durante um evento de cheia com um risco pré-determinado.

Além da proteção contra inundações, a cota de arrasamento também vai garantir a possibilidade de escoamento das águas pluviais do empreendimento, através do seu sistema de drenagem.

Todo novo empreendimento, em fase de projeto, que será localizado próximo a um corpo hídrico, deve realizar um estudo para definição da cota de arrasamento do terreno. Esse estudo pode ser exigido já na fase de licenciamento ambiental.



Em 2013, assistimos nos noticiários, o caso de um condomínio do programa do Governo Federal “Minha Casa, Minha Vida” na Baixada Fluminense que, devido à deficiência na indicação da cota de arrasamento, ficou alagado após uma forte chuva que atingiu a região. Esse mesmo problema ocorreu em Conceição do Alagoas, em Minas Gerais, e em Coroatá, no Maranhão; vários moradores tiveram as casas inundadas e as paredes rachadas.

Devido a este acontecimento, a Caixa Econômica Federal passou a exigir que um estudo para definição da cota de arrasamento em todos empreendimento que financia, considerando um evento de chuva com 50 anos de tempo de recorrência. Com essa exigência, problemas como os que ocorreram neste conjunto habitacional podem ser evitados.

Porém, não são apenas unidades habitacionais do governo que sofrem com esses alagamentos. Diversos empreendimentos particulares, até mesmo condomínios de luxo, estão expostos ao risco de inundações.



Quando a cota de arrasamento não é calculada da forma correta e subestima um evento de cheia, o empreendimento acaba sendo construído em uma cota baixa, ficando exposto a inundações. Assim, novas medidas precisam ser tomadas para evitar que a região sofra constantemente com os alagamentos. Essas medidas, no entanto, podem ser de maior proporção e mais onerosas, adicionando, em muitos casos, um custo de manutenção. Dentre as possíveis soluções estão os diques, reservatórios-pulmão, sistemas de bombeamento de água, entre outros.

Também existem casos em que a cota de arrasamento é superestimada e o terreno onde será construído o empreendimento recebe um aterro com volume de terra além do necessário, o que acaba onerando a obra.

Por isso, é necessário um cálculo preciso da cota de arrasamento, que considere os principais processos envolvidos na formação das cheias (bacia hidrográfica e suas planícies) para que não ocorram problemas e nem gastos desnecessários.



# Como calcular?

Veja o passo a passo e as informações necessárias para calcular a cota de segurança contra inundações.

# Passo a passo

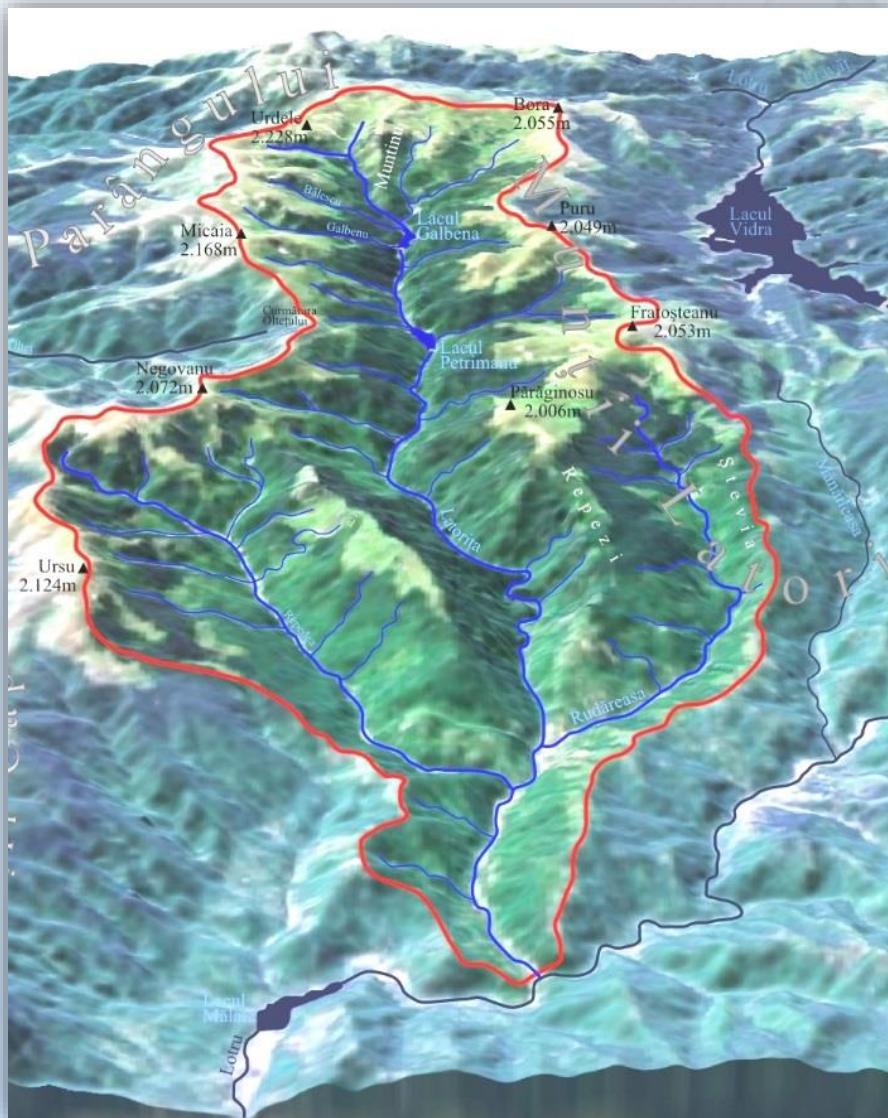
Vamos dar um passo a passo das etapas necessárias para o cálculo da cota de segurança, explicando cada uma delas.

O **primeiro passo** é **delimitar a bacia hidrográfica** na qual o empreendimento será construído, indicando os corpos hídricos mais próximos ao seu terreno.

## Mas o que é uma bacia hidrográfica?

Bacias hidrográficas são porções da superfície terrestre que drenam águas superficiais e subsuperficiais, delimitadas por divisores topográficos (ou divisores de águas).

O rio dentro da bacia hidrográfica funciona mais ou menos como a calha funciona para o telhado. Assim como a calha recolhe a água que chove sobre o telhado, um rio e seus afluentes recolhem toda a água que chove dentro dos limites de sua bacia hidrográfica exceto parte da água que infiltrou ou evaporou.

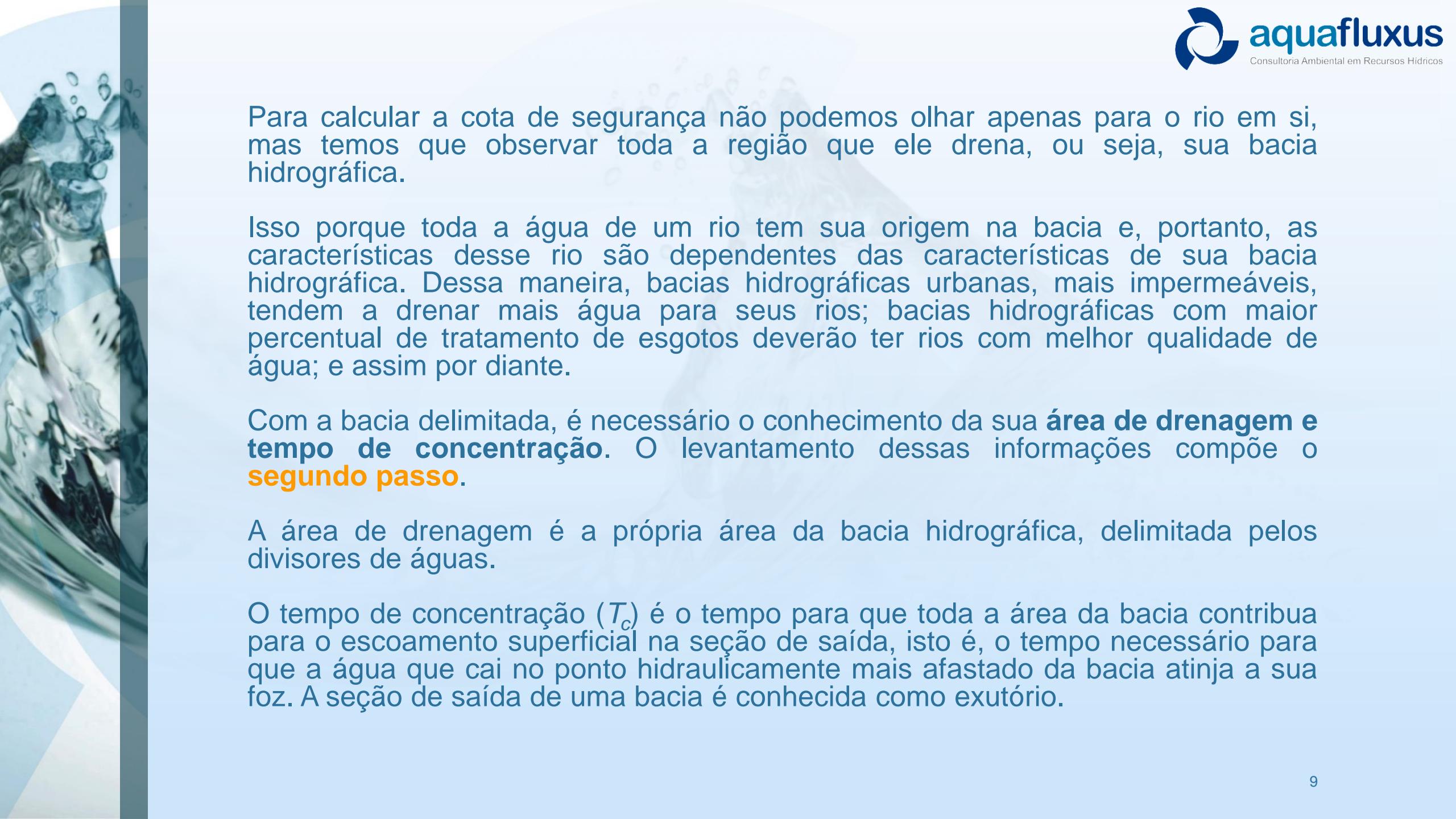


Chamamos os limites de uma bacia hidrográfica de divisores de águas ou linha de cumeada.

Na hidrologia, a partir do reconhecimento dos divisores de água são traçados os limites físicos superficiais de uma bacia hidrográfica.

Toda a água que chove de um lado da cumeada vai escorrer para um rio e a água que chove logo do outro lado escorrerá para outro rio.

O divisor de águas da bacia hidrográfica da imagem ao lado está representado pelo traçado em vermelho. Toda a área interna a essa linha pertence à bacia hidrográfica desse rio.



Para calcular a cota de segurança não podemos olhar apenas para o rio em si, mas temos que observar toda a região que ele drena, ou seja, sua bacia hidrográfica.

Isso porque toda a água de um rio tem sua origem na bacia e, portanto, as características desse rio são dependentes das características de sua bacia hidrográfica. Dessa maneira, bacias hidrográficas urbanas, mais impermeáveis, tendem a drenar mais água para seus rios; bacias hidrográficas com maior percentual de tratamento de esgotos deverão ter rios com melhor qualidade de água; e assim por diante.

Com a bacia delimitada, é necessário o conhecimento da sua **área de drenagem e tempo de concentração**. O levantamento dessas informações compõe o **segundo passo**.

A área de drenagem é a própria área da bacia hidrográfica, delimitada pelos divisores de águas.

O tempo de concentração ( $T_c$ ) é o tempo para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída, isto é, o tempo necessário para que a água que cai no ponto hidráulicamente mais afastado da bacia atinja a sua foz. A seção de saída de uma bacia é conhecida como exutório.

É importante conhecer o tempo de concentração, pois é um parâmetro fundamental para a caracterização tanto do pico como do formato do hidrograma e, portanto, primordial na estimativa das vazões máximas.

A partir do tempo de concentração é que será definida a chuva mais crítica para a bacia hidrográfica em estudo.



Além disso, o  $T_c$  representa importantes características fisiográficas da bacia, tais como o comprimento do rio principal, a densidade de drenagem e a declividade média da superfície.

Diversas metodologias podem ser aplicadas para determinação do  $T_c$ , desde a aplicação de fórmulas empíricas até a medição do tempo com uso de traçadores.

## Terceiro passo: Estudos Hidrológicos.



Os estudos hidrológicos necessários para o cálculo da cota de segurança têm como objetivo determinar chuvas de projeto para transformação em hidrogramas de cheia, os quais representam a variação de vazão em um canal durante um evento de chuva. A chuva de projeto representa um evento com uma probabilidade de ocorrência pré-determinada, ou até mesmo um evento de chuva intensa medido. Essa chuva será utilizada na etapa de estudos hidrodinâmicos.

As informações hidrológicas necessárias são séries históricas de chuvas medidas na região, que possibilitam a elaboração de equações de chuva IDF (*intensidade-duração-frequência*).

Em muitos locais, já podem haver equações elaboradas em estudos precedentes. A chuva de projeto deverá ser calculada com base em dados pluviométricos de postos existentes na região e respectivas equações IDF. Caso não exista postos pluviométricos próximos, a chuva de projeto pode ser calculada a partir do trabalho *Chuvas Intensas no Brasil*, de Otto Pfafstetter, no qual são apresentadas equações de chuva para diferentes locais do país.

Na estimativa da chuva de projeto, é importante definir qual será o nível de segurança desejado para o empreendimento. Quanto maior a segurança, maior será o custo das obras de terraplanagem, pois as alturas de alagamento serão maiores. Portanto, deve ser considerada a relação custo-benefício, entre o valor do que se deseja proteger e o orçamento previsto para os serviços de terraplenagem necessários.

Este nível de segurança está relacionado à frequência de ocorrência de uma chuva e associado a um tempo, denominado **Tempo de Recorrência (TR)**, ou ainda, Período de Retorno ou Período de Recorrência. O TR é definido como o período de tempo em que um determinado evento poderá ser igualado ou superado, ao menos uma vez, sendo relacionado à frequência de ocorrência desse evento.

No caso dos conjuntos habitacionais do programa “Minha Casa, Minha Vida”, a Caixa Econômica Federal determina que a chuva de projeto seja estimada para um **TR de 50 anos**. Isso significa que, em média, uma vez a cada 50 anos uma chuva igual ou mais forte poderá acontecer.



## Quarto passo: Cálculo dos níveis d'água de cheia do rio.

Para o quarto passo, são necessárias a topografia do terreno na região e a batimetria do trecho do rio mais próximo ao empreendimento. A **topografia** permite conhecer os níveis do terreno e de seu entorno. A **batimetria** consiste na medição da profundidade dos oceanos, lagos e rios.

Reconhecida as características da bacia e de posse das informações topobatimétricas, pode-se finalmente realizar o cálculo dos níveis d'água máximos do rio, a partir das chuvas de projeto e hidrogramas de cheia estimados nos estudos hidrológicos.

Pela análise dos níveis d'água é possível identificar se há transbordamento de água de sua calha e, caso isso ocorra, qual será a **altura de inundação nas planícies marginais**.

Esse cálculo dos níveis d'água de cheia no rio pode ser feito por diversos métodos, com diferentes níveis de complexidade, desde simples equações da hidráulica básica até robustos modelos computacionais. Pode-se, também, definir essa cota de acordo com a maior cheia histórica do rio, caso exista registro.

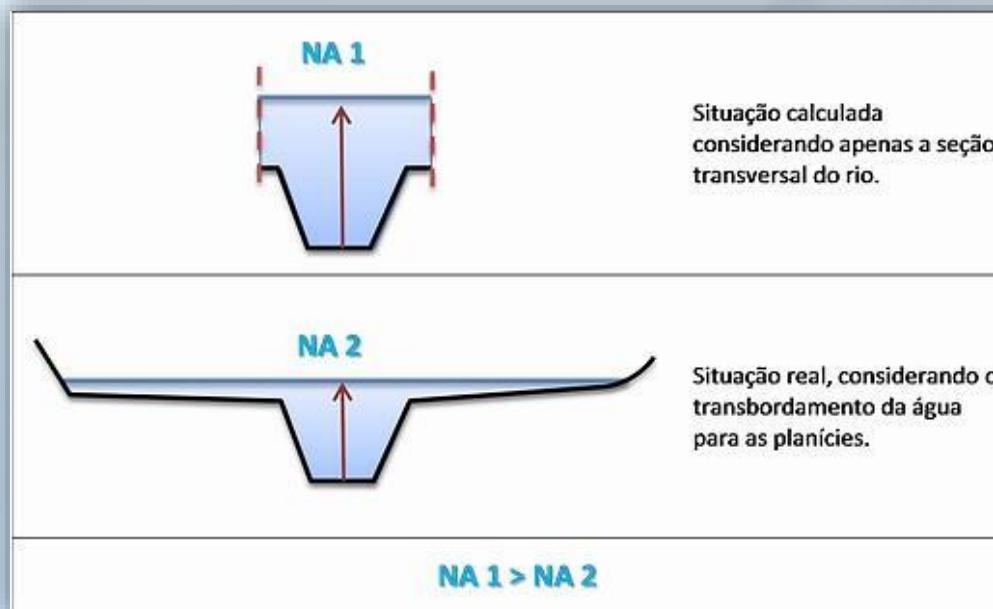


Foto de mantasmagorical

[Link para JPEG](#)

Tradicionalmente, a cota máxima de nível d'água no rio é estimada pelo método de cálculo de remanso. Essa metodologia é muito eficiente quando não há extravasamento da calha do rio.

Porém, quando o nível d'água ultrapassa os limites da calha e passa a escoar sobre a planície, a curva de remanso tende a superestimar o nível d'água, pois a seção de escoamento estará limitada pela seção transversal do rio. Quando isso é feito, o nível d'água superestimado no rio é extrapolado para as margens, até encontrar o nível do terreno.

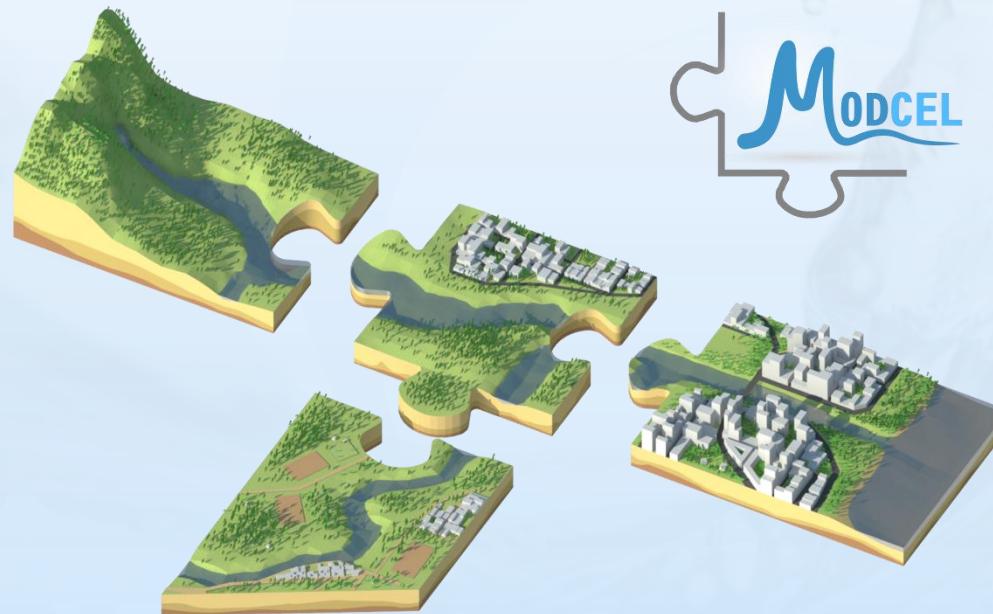


**Superestimativa** do nível d'água de cheia de um rio, resultante da não consideração de suas planícies marginais.

O uso dessa metodologia, sem o conhecimento de suas limitações, pode resultar na sobrelevação da cota de segurança, induzindo a um elevado gasto desnecessário com serviços de terraplanagem, para aterro do terreno.

No limite, o erro no cálculo da cota de inundação pode inviabilizar a implantação do empreendimento.

Nesses casos, a opção é utilizar modelos que considerem o escoamento sobre as planícies, garantindo um resultado mais preciso, o que, no final, terá impacto sobre o custo de implantação do empreendimento, reduzindo a altura do aterro a ser realizado.



A AquaFluxus utiliza o modelo computacional MODCEL, desenvolvido na UFRJ, para representar toda a bacia hidrográfica, inclusive as planícies marginais. Isso garante que os principais processos envolvidos na formação das cheias fluviais sejam considerados e, em consequência, que os resultados sejam mais realistas, permitindo uma grande economia em movimentação de terra para a construção!

Existem inúmeras ferramentas computacionais adequadas para esse cálculo, que, quando bem utilizadas, apresentam um excelente resultado para simulação de inundações em planícies. Para saber mais sobre modelagem para controle de inundações, leia nosso eBook Modelos Computacionais.

# Dúvidas e comentários

Caso queira deixar um comentário sobre esse eBook, tenha alguma dúvida, sugestão ou qualquer questão adicional, [entre em contato](#) conosco.

Você também pode compartilhar este eBook clicando nos links abaixo



Siga-nos nas redes sociais

