ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS
SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
Secretaria de Desenvolvimento Econômico
Seu desafio é nosso

# Problemas de drenagem em obras lineares

Pesq. Dr. Eng. Hidrólogo Filipe Falcetta

Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente (CIMA)

Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas

25/02/2021

# O desafio da obtenção de uma drenagem eficiente

> Por que se tornou tão desafiador domar as águas e tantas obras lineares sofrem com problemas de drenagem?

# Ponte Rialto, Veneza

Transpor linhas de drenagem definitivamente não é “coisa nova”.

# Cheias de rios: enchentes e inundações

Fenômeno natural, necessário para a manutenção dos ecossistemas aquáticos.

Essencial para a reprodução e alimentação de diversas espécies animais.

Fornece 25% de todos os benefícios ecossistêmicos da natureza.

# Rios x Cidades

Diversos centros urbanos do mundo começaram às margens de rios. A sua cidade pode inclusive ter o nome do rio que a originou.

Inicialmente fonte de prosperidade e progresso, muitos rios foram ficando progressivamente degradados.

A poluição das águas e a ocorrência de inúmeros episódios de cheia decorrentes da ocupação indevida das planícies de inundação tornaram os rios “inimigos do progresso”.

Clark
63-42-95

# “Escondendo” os rios

Doutrina higienista do século XIX: afastamento das águas pluviais para promover a “saúde pública”.

Sociedade da época se mobilizou para aterrar várzeas, canalizar e tamponar rios e córregos e o viário de muitas cidades brasileiras foi estruturado nas “vias de fundo de vale”.

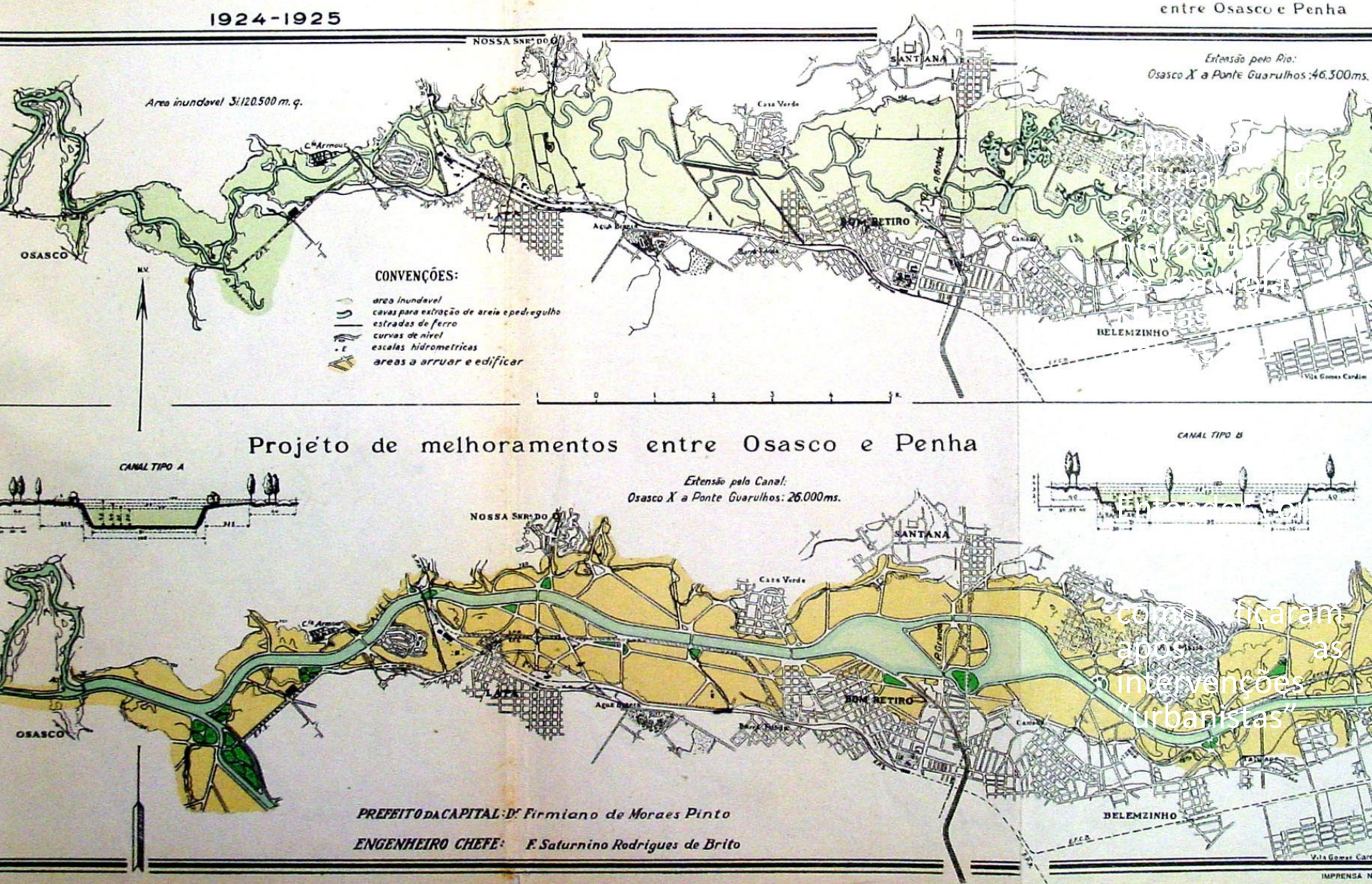
A supressão de meandros e das regiões de várzea acelerou o escoamento, aumentado pela impermeabilização provocada pela pavimentação das vias e pelo tecido urbano tornou o problema da drenagem urbana um desafio quase insolúvel.

COMISSÃO DE MELHORAMENTOS DO RIO TIETÊ

1924-1925

# Planta do Rio Tiete

entre Osasco e Penha

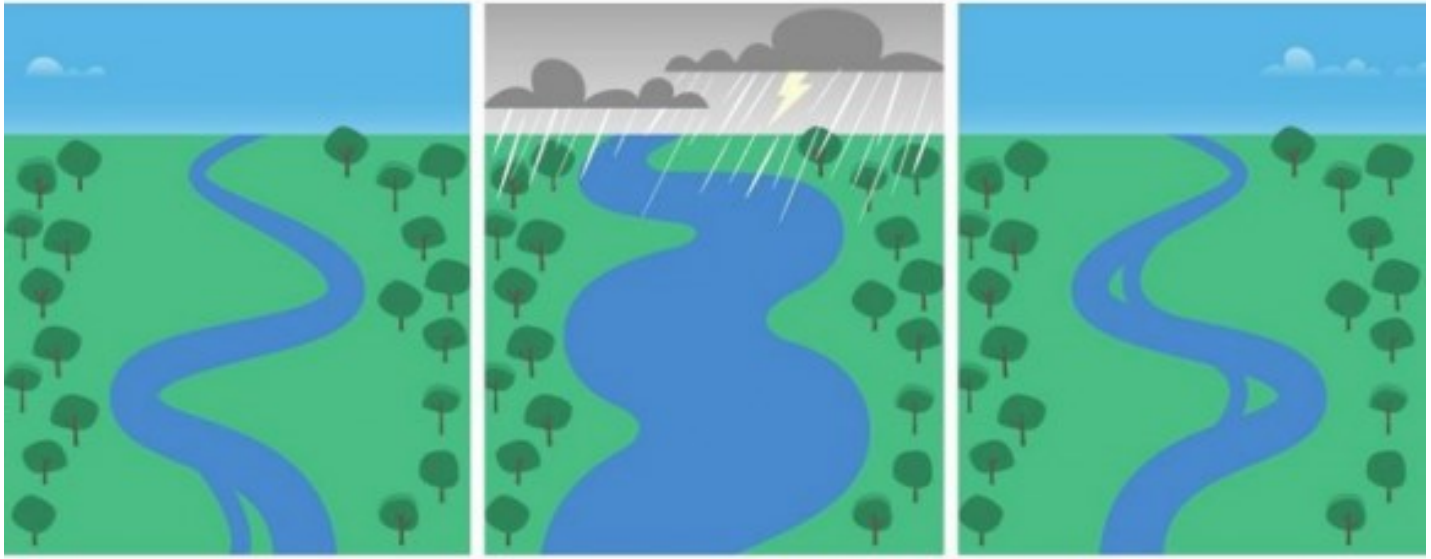



Capacidade natural das cheias [illegible]

com as intervenções "urbanistas"

IPT

## A várzea dá espaço para o rio encher, esvaziar e se mover



## Aterrado esse espaço, surgem as enchentes e alagamentos

Fonte: Água, sua linda (2020)

# Até quando seguiremos retificando e tamponando rios?

A drenagem urbana requer
Soluções e políticas inovadoras

# Brasil: + de 90% de população urbana em 2030

(PNAD, ONU)

## 8,2 mi de pessoas em áreas de risco a inundação e/ou desmoronamento

(CEMADEN/IBGE, 2010)

## 342 dos 645 municípios sujeitos a Inundações urbanas em SP

(IPT, 2012)

# “Escondendo” os rios

A retificação dos rios e a impermeabilização das bacias ignora comportamentos naturais.

Esta concepção equivocada da drenagem urbana obriga a construção de estruturas cada vez maiores.

À medida que a cidade cresce e o solo urbano se impermeabiliza a situação se agrava e a ampliação dos sistemas de drenagem torna-se impraticável.

G-CANS, Tóquio, Japão

# Por que estudar drenagem?

Boas práticas de drenagem visam melhorar as condições de escoamento das águas, de forma a atenuar os problemas de erosões, assoreamento e inundações no entorno de obras lineares e até mesmo em Obras de Arte Especiais (OAEs)

O objetivo principal de um bom sistema de drenagem é evitar o escoamento das águas pluviais diretamente sobre o solo e realizar o escoamento das águas de forma organizada por meio de estruturas de captação e condução das águas superficiais.

As obras de drenagem devem conter estruturas de extremidade, dissipadoras de energia com a finalidade de reduzir a velocidade das águas.

# Por que estudar drenagem?

Em época de chuvas, alagamentos e inundações em obras lineares acarretam prejuízo aos usuários, que além de ficarem impossibilitados de trafegar nas vias e poderem ficar desprovidos de serviços de auxílio, podem vir a provocar rompimento de dutovias, acarretando sérias consequências ambientais.

# Por que estudar drenagem?

SP: pelo menos 350.000 km de cursos d'água;

Rodovias de SP: 35.000 km pavimentadas e 165.000 km não pavimentadas;

Ferrovias de SP: 30.000 km de estradas de ferro;

Dutovias (Brasil): 30.000 km de extensão;

Inúmeras pontes e galerias são utilizadas para transpor estes obstáculos naturais bastante numerosos.

# Por que estudar drenagem?

SP: pelo menos 350.000 km de cursos d'água;

Rodovias de SP: 35.000 km pavimentadas e 165.000 km não pavimentadas;

Ferrovias de SP: 30.000 km de estradas de ferro;

Dutovias (Brasil): 30.000 km de extensão;

Inúmeras pontes e galerias são utilizadas para transpor estes obstáculos naturais bastante numerosos.

# Por que estudar drenagem?
# Evolução dos critérios de projeto

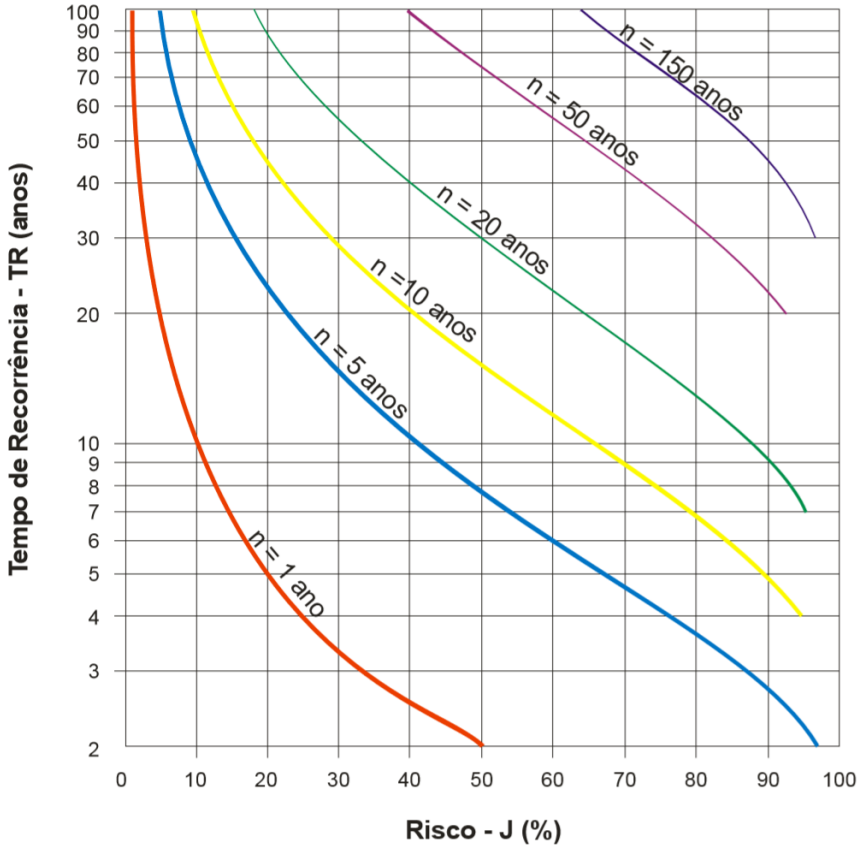
Maior disponibilidade de dados pluviométricos: critérios de projeto mais rigorosos;

+ **Nas décadas de 1960:** chuva de projeto: 60 mm em 1 hora.
+ **Nas décadas de 1980:** adoção do conceito de período de retorno: 25 anos e 50 anos.
+ **Atualmente:** adota-se 100 anos de período de retorno para travessias em geral. (DAEE – I.T. DPO n. 011, 30/05/2017)

Ou seja: travessias construídas sob os critérios das décadas de 1960 e 1980 estão mais sujeitas a inundações frequentes.

# Período de retorno (Tr) x risco

- Tr: Intervalo de tempo médio em anos para que um dado evento extremo seja igualado ou superado.




Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005)

$$P = \frac{1}{T_r}$$

$$J = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n\right]$$

P é a probabilidade de recorrência anual de um dado fenômeno.

Tr é um importante critério de projeto para obras hidráulicas. Quanto maior o Tr adotado, maior o grau de segurança (e também maior o custo).

# Por que estudar drenagem?
# Desafios trazidos pela urbanização

Como já visto, a urbanização das bacias hidrográficas modifica o comportamento das águas;

Impermeabilização do solo, construção de redes de drenagem, o desmatamento e a ocupação das áreas de várzea contribuem com o aumento dos picos de vazão (até 6 vezes!);

O assoreamento dos cursos d'água reduz o leito dos canais e também agrava o problema das inundações.

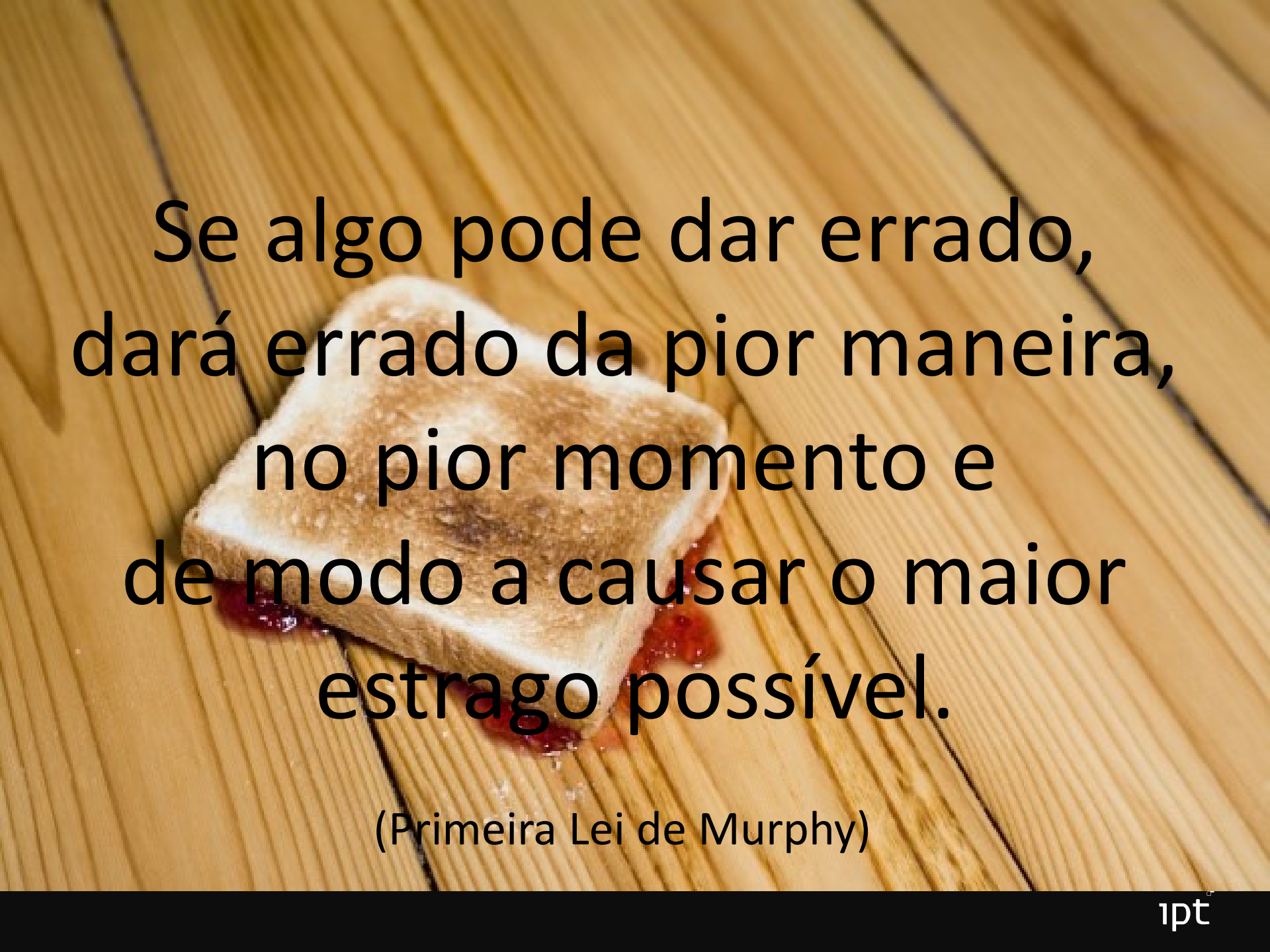
# Chuvas intensas

- O principal deflagrador dos problemas de dinâmica superficial das águas é a chuva.

- Importantes variáveis quando se estuda precipitações: Intensidade, Duração, Frequência;

- Distribuição espacial da chuva: elaboração de mapas de isoietas;

- Distribuição temporal da chuva: estudo estatístico de extremos, ajuste a distribuições de probabilidade, desagregação de chuvas.


Se algo pode dar errado,
dará errado da pior maneira,
no pior momento e
de modo a causar o maior
estrago possível.
(Primeira Lei de Murphy)

# O desafio da obtenção de uma drenagem eficiente

Erosões, escorregamentos e assoreamento: outras consequências da ação das águas pluviais nas obras lineares.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

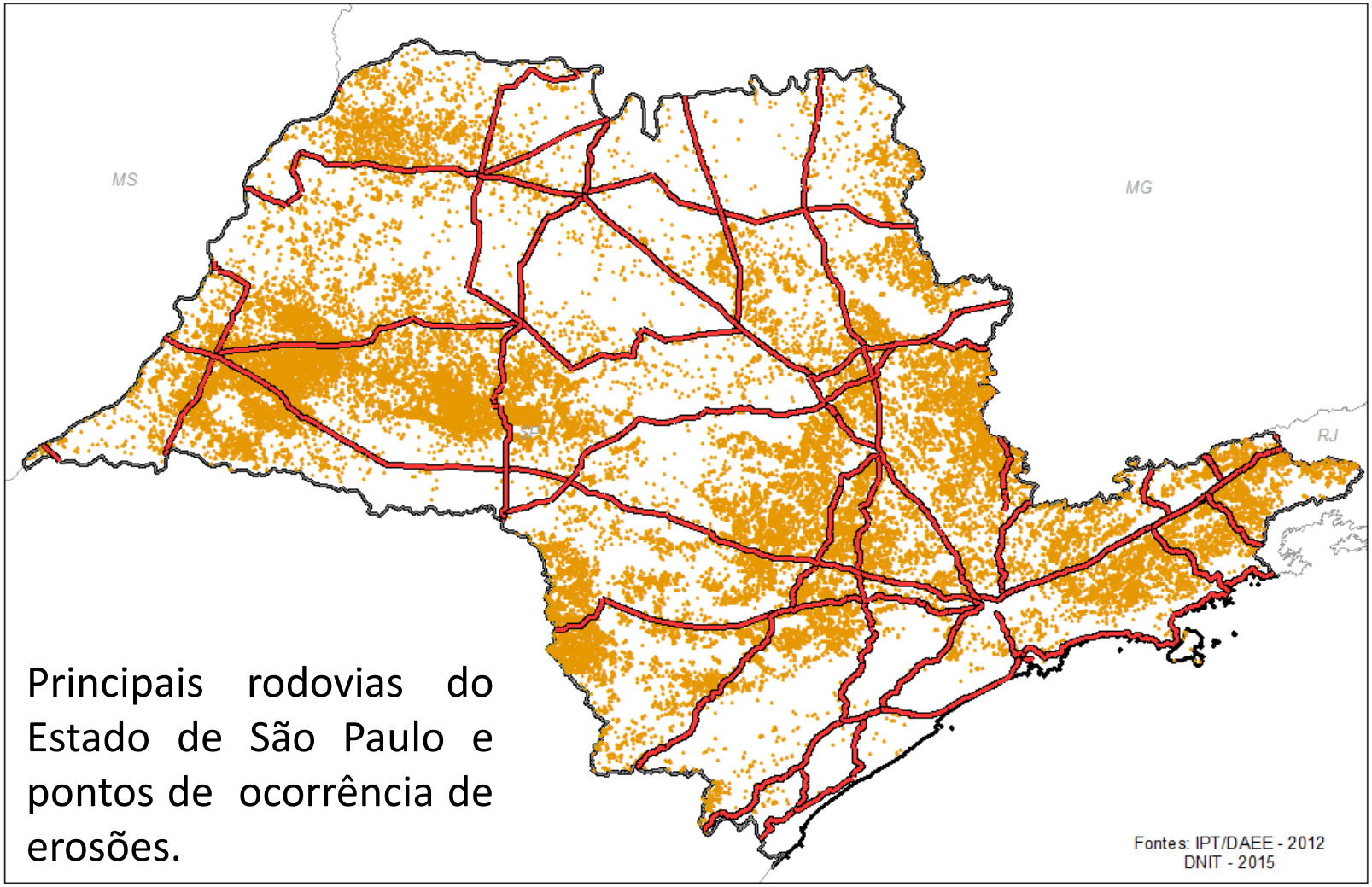
Em época de **chuvas intensas** é comum a ocorrência de **escorregamentos nas encostas** naturais, nos taludes de corte e aterro e a reativação de **processos erosivos**.

As erosões atingem **diretamente** as obras lineares quando o lançamento concentrado de águas pluviais do empreendimento, ocasiona danos a própria obra ou aos taludes adjacentes;

**Indiretamente**, quando a erosão a montante da obra provoca o **assoreamento** dos cursos d'água, reduzem a calha dos rios e sobrecarregam as estruturas de drenagem, acarretando problemas de inundações e instabilidade dos taludes;

Por fim, estruturas de drenagem também podem gerar **concentração de escoamento** pluvial e agravar problemas de erosão a jusante em áreas urbanas ou rurais.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.




Principais rodovias do Estado de São Paulo e pontos de ocorrência de erosões.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

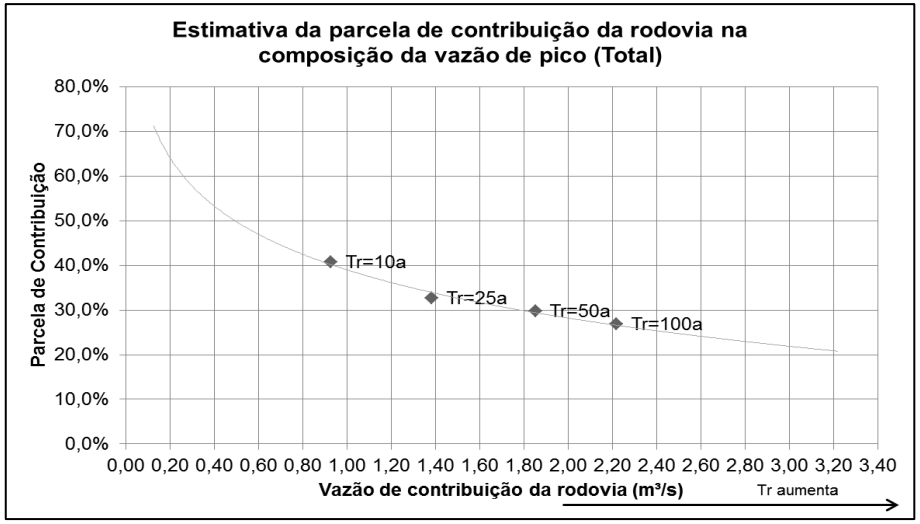
# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

Lençóis Paulista / SP – Inundações em Janeiro/2016

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.




IMPACTO DA MALHA RODOVIÁRIA NA VAZÃO DE PICO NAS CABECEIRAS DO CÓRREGO EMBIRI, REGENTE FEIJÓ – SP - Trabalho apresentado no III Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana (SRA-LA) em 2016 – Falcetta et al (2016)

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

# O desafio da obtenção de uma drenagem eficiente

- Como controlar a erosão?
- Como combater o assoreamento?

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

- **Não existe um tipo de obra "mágica"** adequada para toda e qualquer situação;

- O problema só tem solução barata e simples para processos no início do desenvolvimento;

- É importante conhecer o **histórico de evolução** do processo erosivo;

- É necessário conhecer e caracterizar a **bacia de contribuição** para entender a dinâmica da erosão, definir as medidas de controle e prever sua evolução e nível de criticidade.

# Erosões, escorregamentos e assoreamento.

O **assoreamento** é uma **consequência** nefasta da **erosão descontrolada**.

Definir previamente a destinação da área assoreada – como **recuperar**, se for realizar **desassoreamento**, promover ensaios do material depositado;

**Conhecer a bacia hidrográfica**, vazões e comportamento das águas;

**Conhecer o solo local** – características e composição físico-qumímica;

Realizar **projetos de drenagem pluvial**, subterrânea e de terraplenagem;

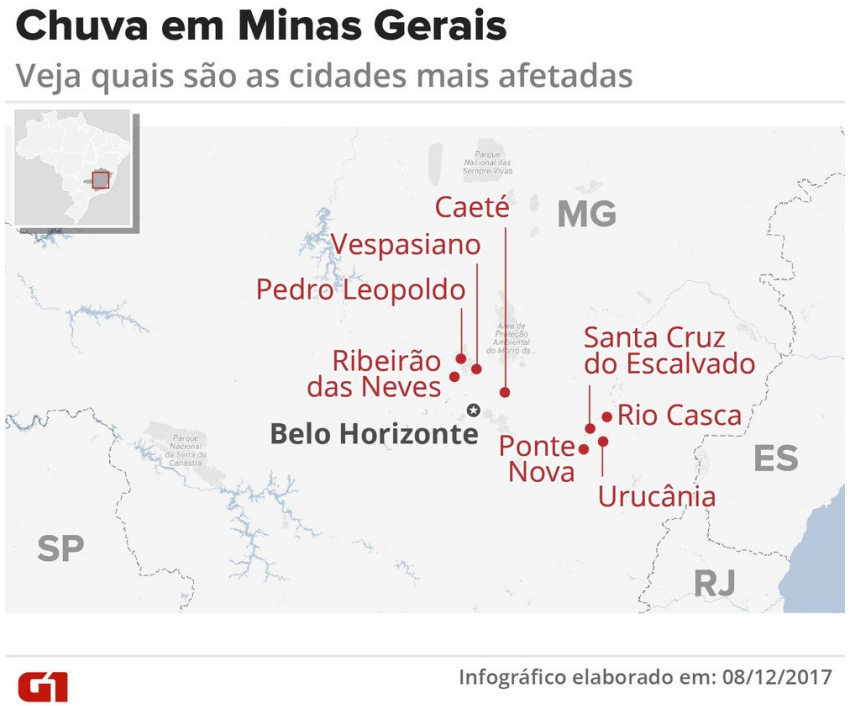
Promover a **revegetação** para evitar novas remobilizações e deposições, acompanhando a obra.

# O desafio da obtenção de uma drenagem eficiente

Estudos de caso de projetos desenvolvidos pelo IPT com entregas de produtos diferenciais para auxílio na gestão da drenagem pluvial

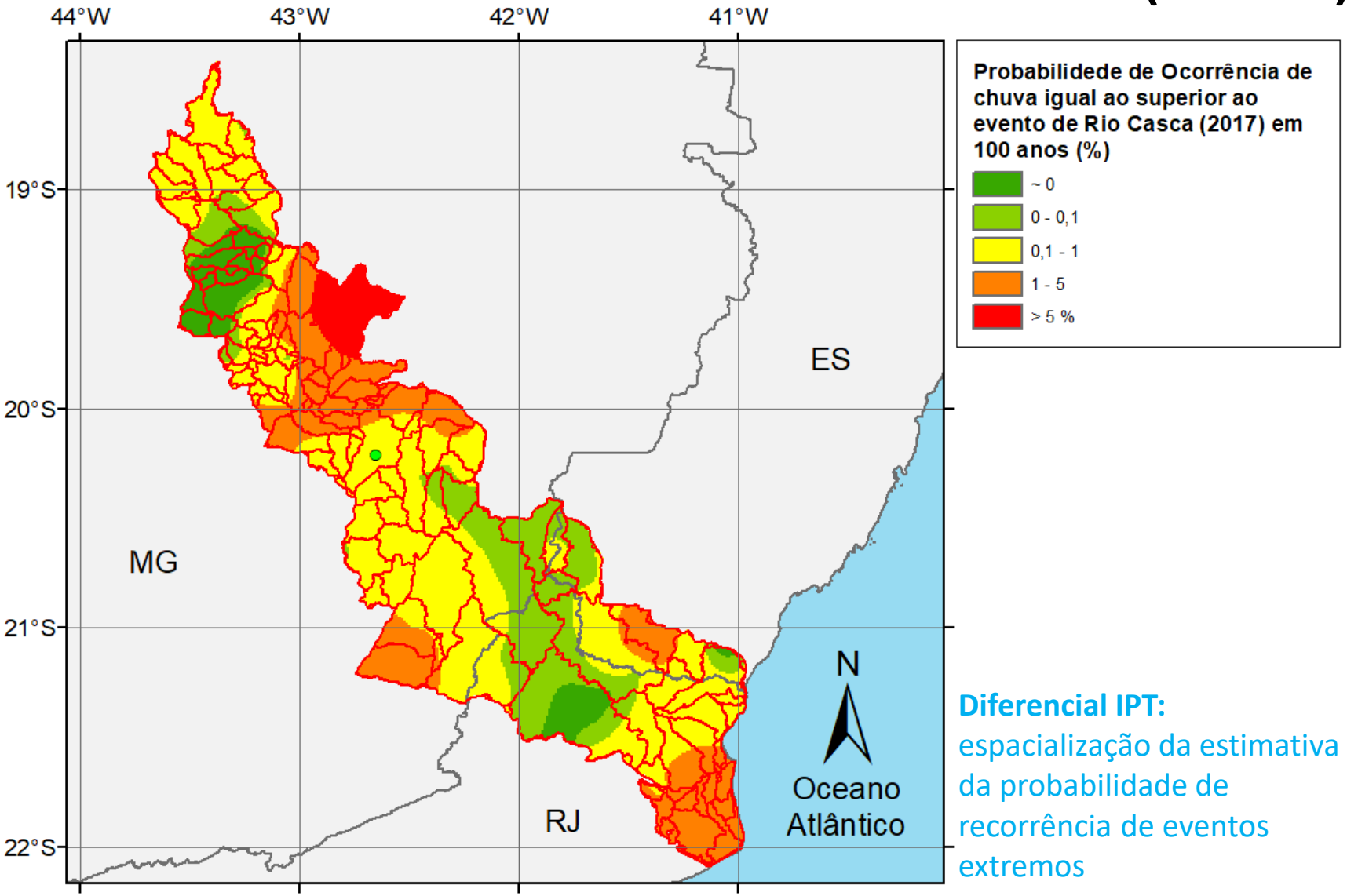
# Estudo de Caso - Rio Casca – MG (2017)

- Ocorrido em 04/12/2017;
- Grande volume de chuva concentrado temporal e espacialmente: 216 mm em 3h20min;
- Desencadeamento de eventos de inundação, com enxurrada e acúmulo de detritos nas ruas;
- Oito municípios foram duramente atingidos pelos eventos, com várias OAEs destruídas pelas águas.



# Estudo de Caso - Rio Casca – MG (2017)

# Estudo de Caso - Rio Casca – MG (2017)




**Diferencial IPT:**
espacialização da estimativa da probabilidade de recorrência de eventos extremos

# Estudo de Caso - Rio Casca – MG (2017)

Como modelar corretamente o aumento na tendência observada de eventos extremos?

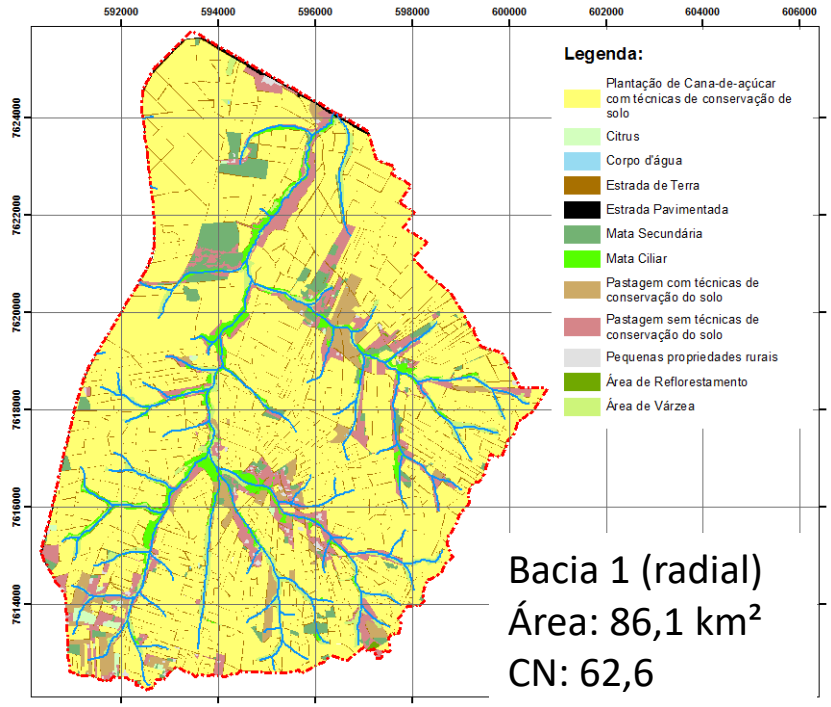
Um evento pode ter probabilidade muito baixa de ocorrer, mas ainda assim as consequências podem ser catastróficas caso aconteça. **Devemos sempre estar preparados para agir.**

# Estudo de Caso – Ribeirões Bonito e Lajeado – Penápolis (SP)

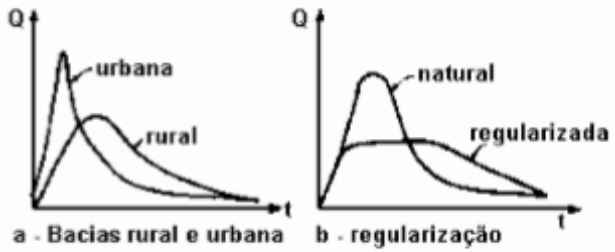
**Modelagem hidrológica e hidráulica detalhada** que permite maior precisão na avaliação do comportamento da bacia hidrográfica e das estruturas de drenagem;

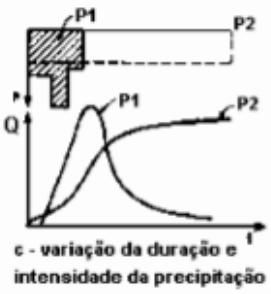
**Fotointerpretação** das áreas estudadas utilizando fotos aéreas da década de 1960 permite **avaliar modificações no padrão de ocupação** e na resposta hidrológica da bacia;

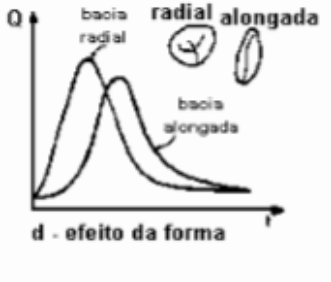
Maior **detalhamento** dos mapas de uso e ocupação do solo e **divisão da bacia** em compartimentos hidrográficos permitem **estimar melhor** o tempo decorrido do início da chuva até a ocorrência da vazão de enchente.

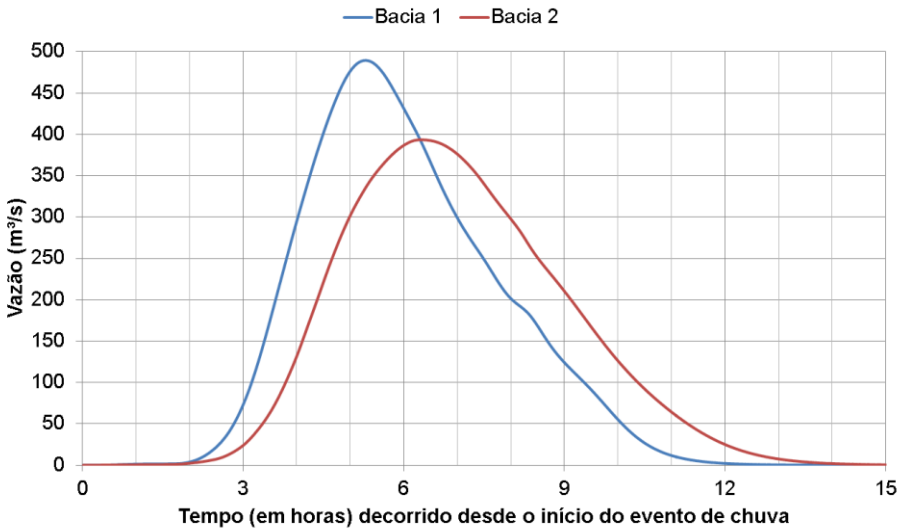


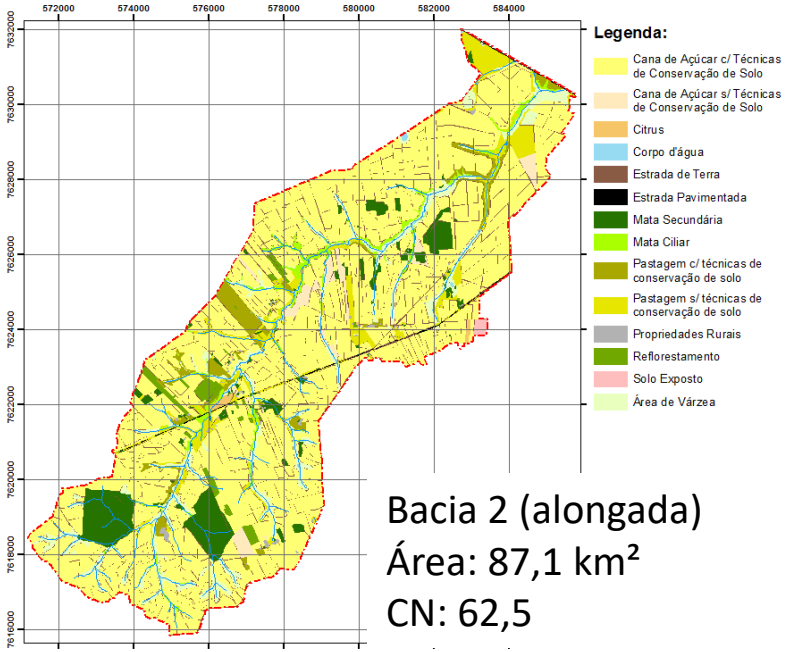

Bacia 1 (radial)
Área: 86,1 km²
CN: 62,6




Bacia 2 (alongada)
Área: 87,1 km²
CN: 62,5

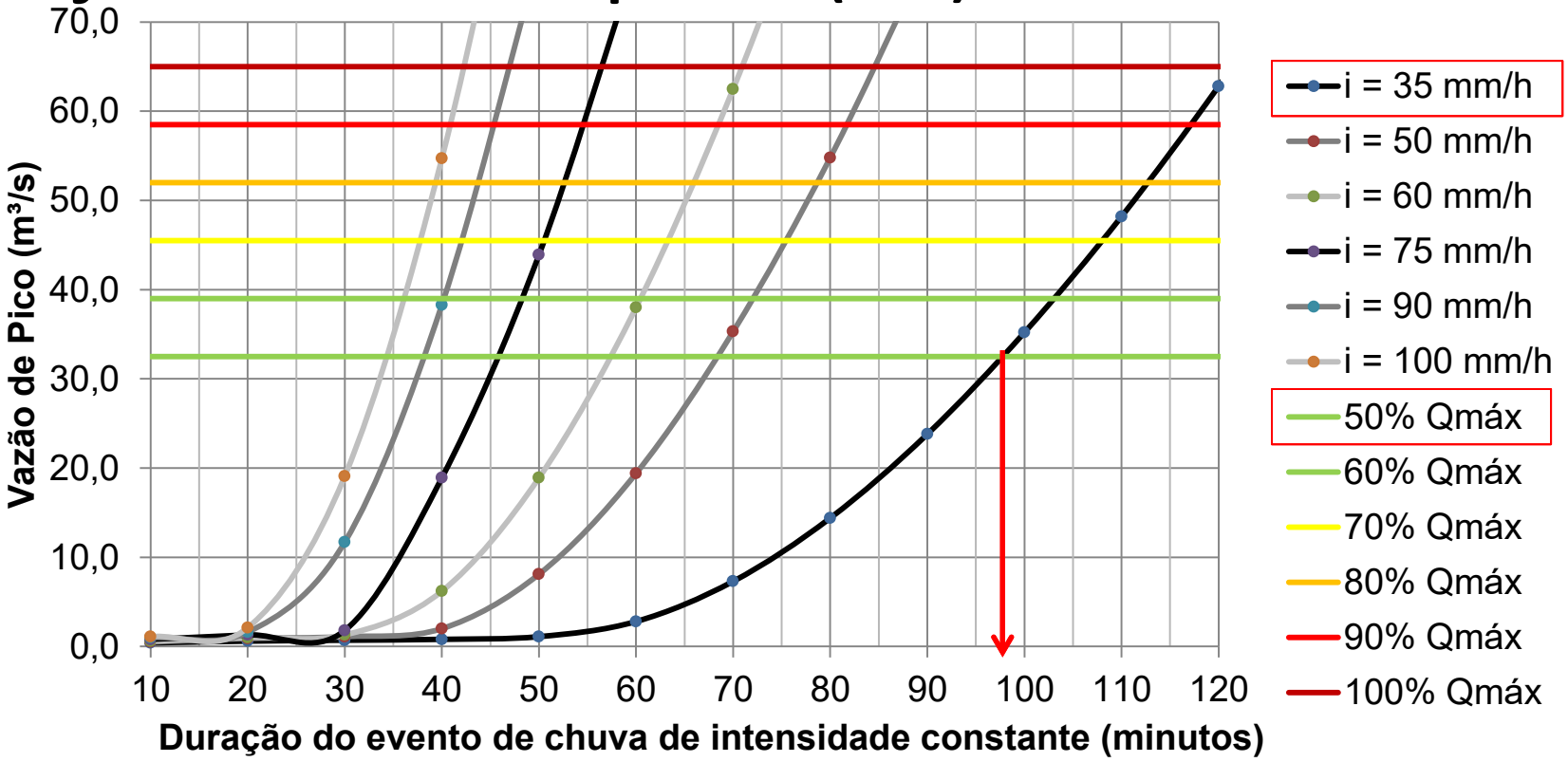
# Estudo de Caso – Ribeirões Bonito e Lajeado – Penápolis (SP)

Além de determinar a capacidade máxima de escoamento das pontes e galerias, uma modelagem detalhada permite estimar a duração e intensidade da chuva capaz de provocar eventos de inundação nas proximidades de uma estrutura;

Esta estimativa pode servir de insumo a um **plano de contingência** para situações de risco, sobretudo em áreas com alta incidência de alagamentos e inundações;

A **capacidade de resiliência** poderá ser aprimorada com a instalação de pluviômetros e sensores de nível e o IPT pode auxiliar na escolha dos melhores locais de instalação destes equipamentos.

# Estudo de Caso – Ribeirões Bonito e Lajeado – Penápolis (SP)




i = 35 mm/h
P/ 50% Qmáx; 98 min de chuva
P total = 35 x 98 min / 60 ~ **60 mm**

**Diferencial IPT:** elaboração de ábaco sob medida para as OAEs em risco de sofrerem com inundações.

# Estudo de Caso – Estrada Guaraú – Barra do Una – Peruíbe (SP)

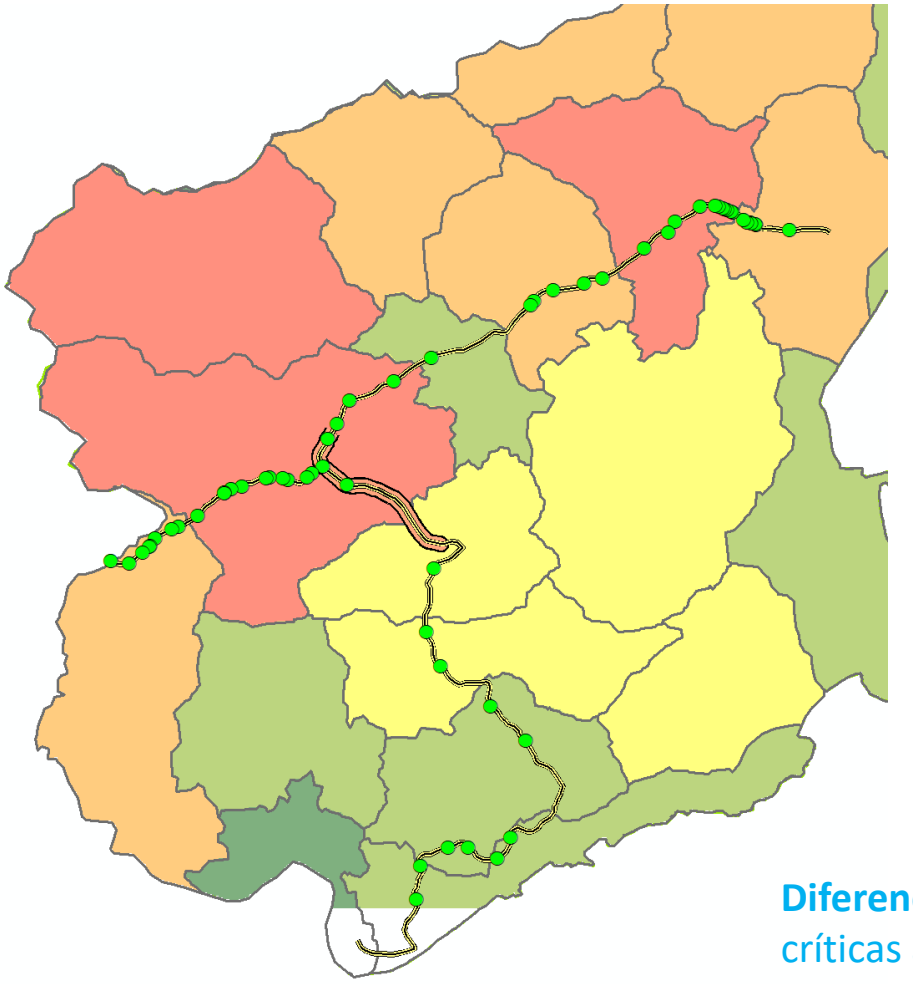
Desenvolvimento de metodologia inovadora que permite **apontar bacias hidrográficas críticas** no ponto de vista da drenagem ao longo de uma obra linear.

**Aplicável** a rodovias, dutovias, ferrovias, linhas de transmissão de energia entre outras **obras lineares**.

Permite **direcionar recursos e equipes para atuação prioritária** evitando grandes investimentos em pontos não tão problemáticos.

Metodologia leva em conta variáveis como a forma da bacia, a declividade, a densidade de drenagem, velocidade de escoamento e determina em **escala macro** onde agir.

# Estudo de Caso 3 – Estrada Guaraú – Barra do Una – Peruíbe (SP)

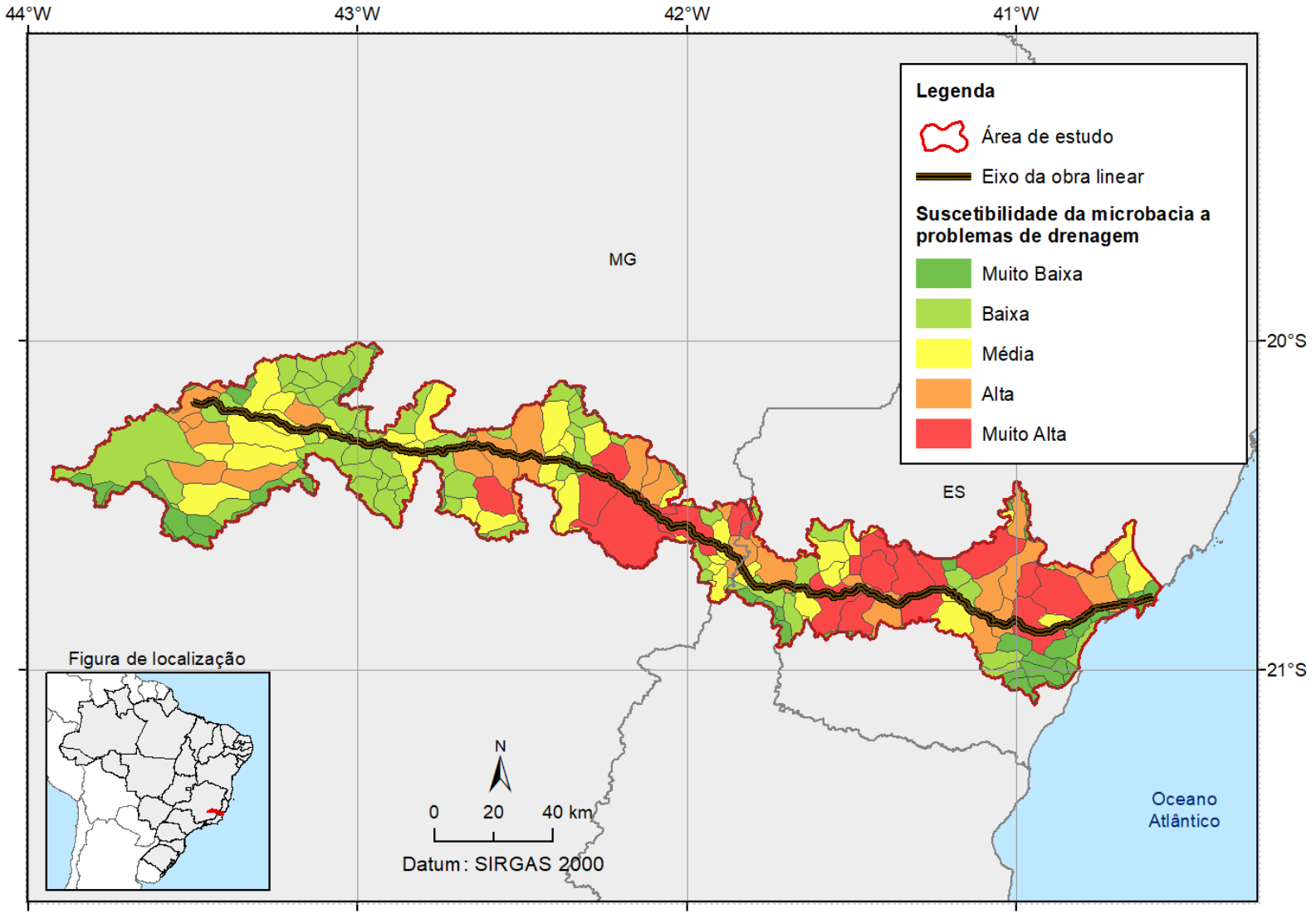


As cores representam o grau de criticidade das sub-bacias cortadas pela estrada.

Os pontos em verde indicam problemas de drenagem verificados em campo após a aplicação da metodologia proposta.

**Diferencial IPT:** metodologia permite verificar bacias críticas apenas com dados morfométricos.

# Estudo de Caso 3 – criticidade de bacias



# Formas de atuação do IPT

**Em escala local**, ajudando empreendedores imobiliários, concessionárias de rodovias e de outras obras lineares e empresas a lidarem com problemas de drenagem e fomentando as melhores práticas.

**Em escala municipal**, ajudando os municípios e suas respectivas prefeituras regionais a lidarem com a questão hídrica, seja drenagem, seja saneamento básico e com as áreas sujeitas a alagamentos e inundações.

**Em escala regional**, atuando em comitês de bacias e consórcios intermunicipais fomentando soluções de problemas mais complexos e com inúmeros agentes.

**Aposta na capacitação e divulgação científica**, fornecendo cursos e seminários, ministrando palestras e apresentando trabalhos em congressos e fóruns. Visando colocar temas ao debate. Educação ambiental. Governança.

acesse o link no dia do evento: bit.ly/plataforma_urbanizacao2

Plataforma IPT Pró Municípios

ipt INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

# Seu desafio é nosso.

falcetta@ipt.br

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT

Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente (CIMA)