

# EROSÃO HÍDRICA

Gerson Almeida – [gersaf@ipt.br](mailto:gersaf@ipt.br)

Cláudio Ridente – [aranha@ipt.br](mailto:aranha@ipt.br)







Seu desafio é nosso

# O que é o IPT?

- Uma das primeiras instituições de **P&D&I** do Brasil - 1899
- **Missão**  
Criar e aplicar **soluções tecnológicas** para aumentar a competitividade das empresas e promover a qualidade de vida.





# onde estamos

## Campus São Paulo

103,5 mil m<sup>2</sup>  
de área contruída

## Interior



### Franca

Lab. de Calçados  
e Produtos de Proteção

### S. José dos Campos

Lab. de Estruturas Leves



proteger

+

áreas de risco



Com mais de 40 anos de experiência no mapeamento e prevenção de riscos de desastres naturais, o IPT também atua junto à Defesa Civil em atendimentos às emergências nas regiões afetadas.



# o que fazemos

Assessoria e consultoria

Soluções para gestão  
e planejamento

Inspeções e  
monitoramentos

Investigações  
e diagnósticos

Metrologia, qualidade  
e certificação

Pesquisa e  
desenvolvimento

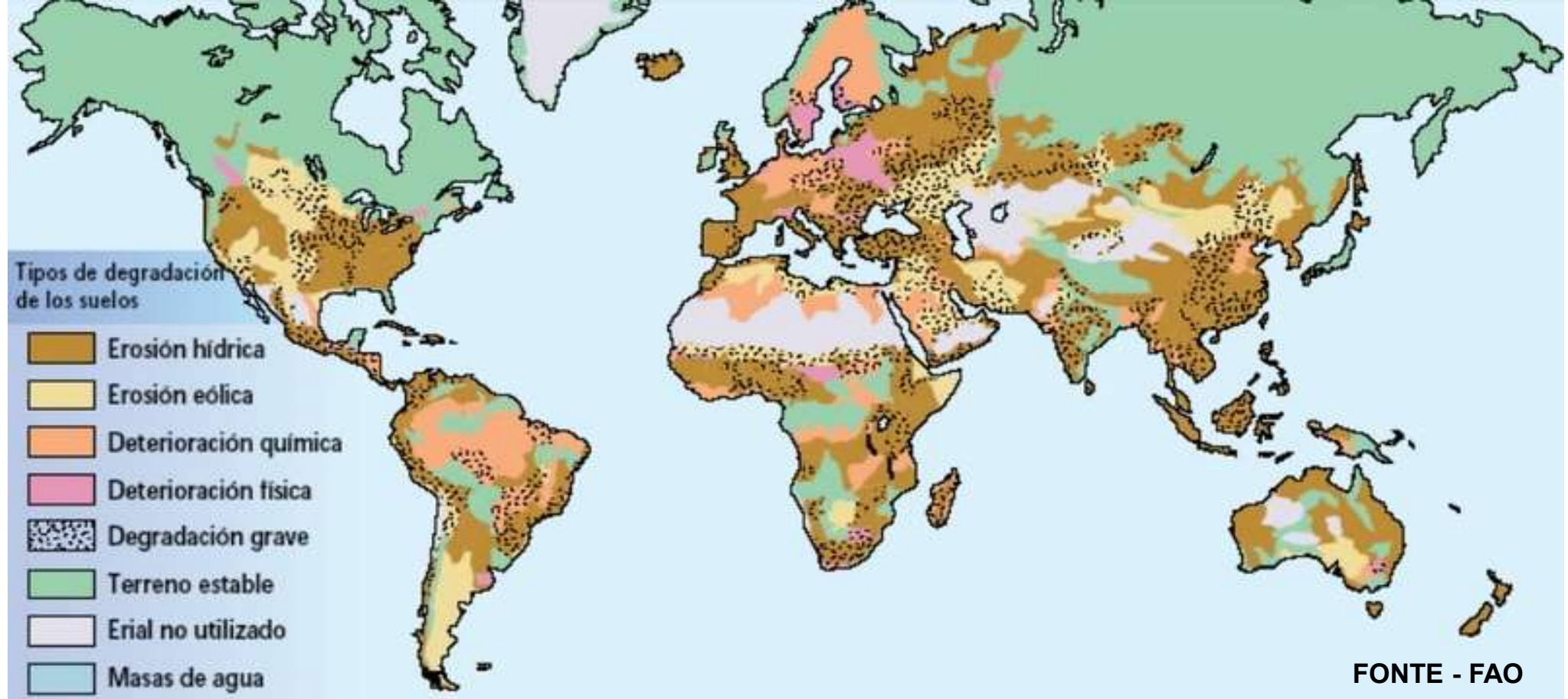
Ensaio,  
análises  
e calibrações

Padrões e materiais  
de referência

Cursos e  
treinamentos







A erosão do solo pode causar perdas de até 50% no rendimento de algumas culturas agrícolas.....

Calcula-se que a cada cinco segundos, uma superfície de terra equivalente a um campo de futebol é degradada e que, seguindo a tendência atual, mais de 90% de todos os solos do planeta podem estar desgastados até 2050.



**Não posso respirar / Não posso mais  
nadar / A terra está morrendo / Não dá  
mais pra plantar.**

**Luiz Gonzaga**



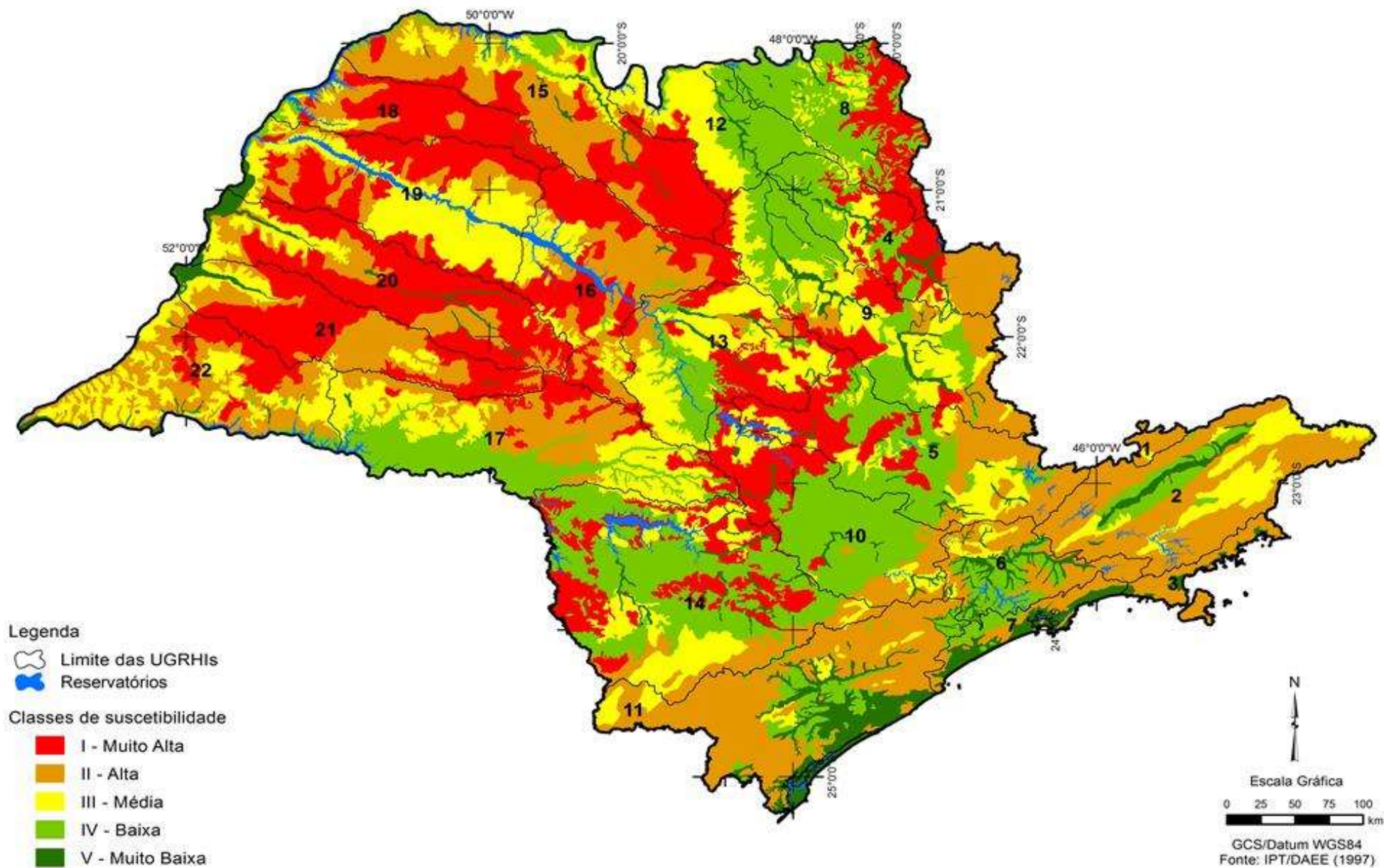


## *EFEITOS DOS PROCESSOS EROSIVOS*



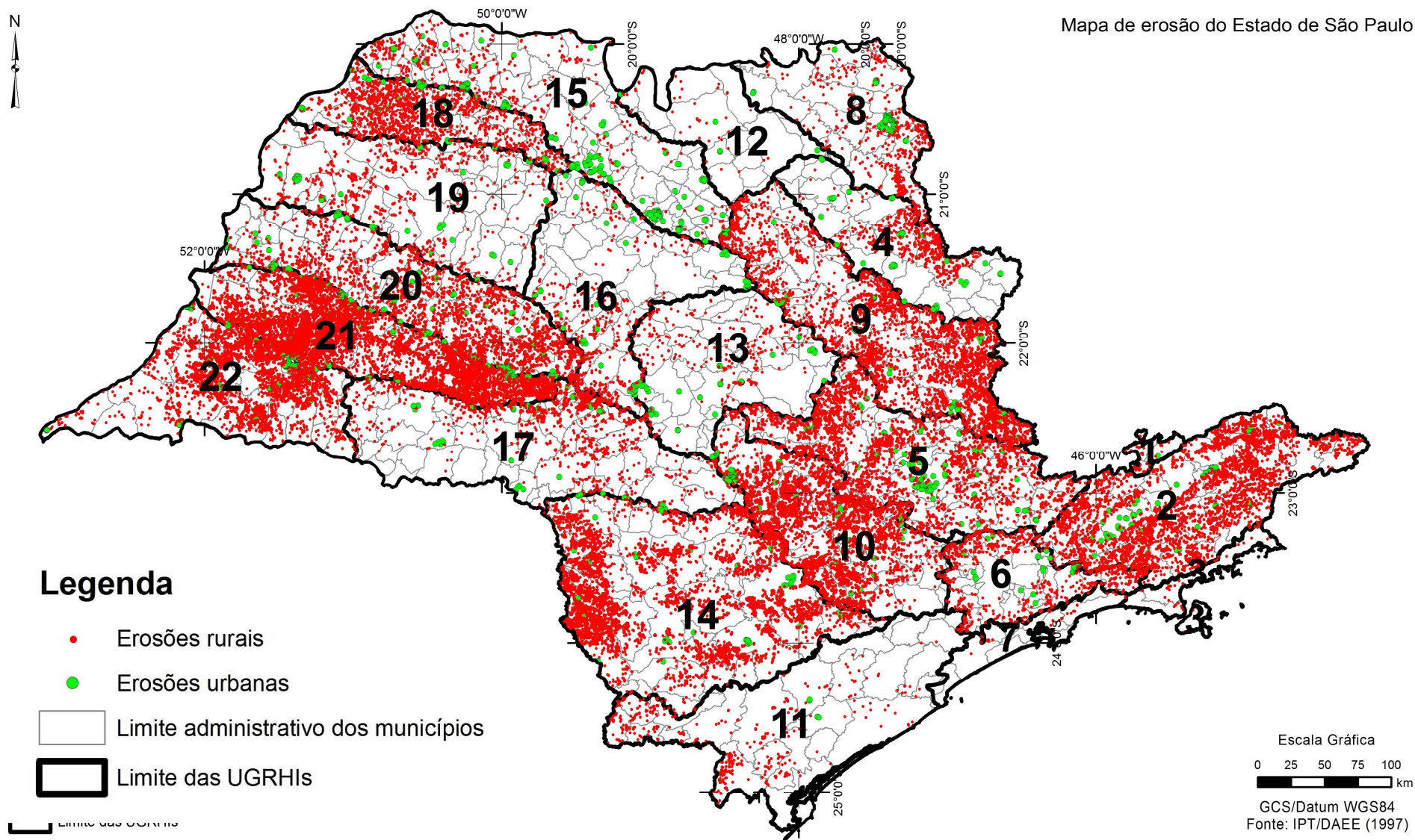


# Mapa de suscetibilidade à erosão do Estado de São Paulo



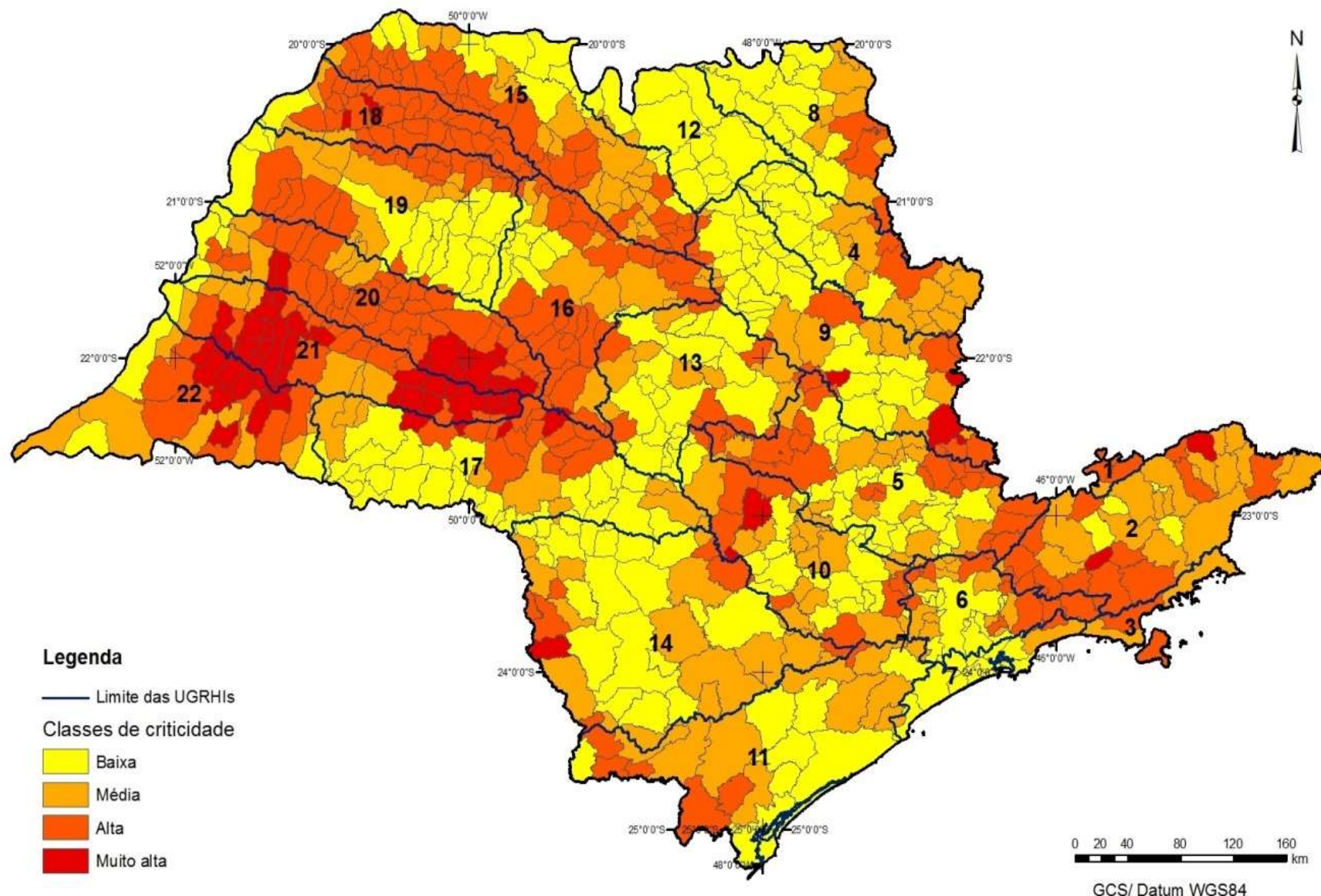


Mapa de erosão do Estado de São Paulo

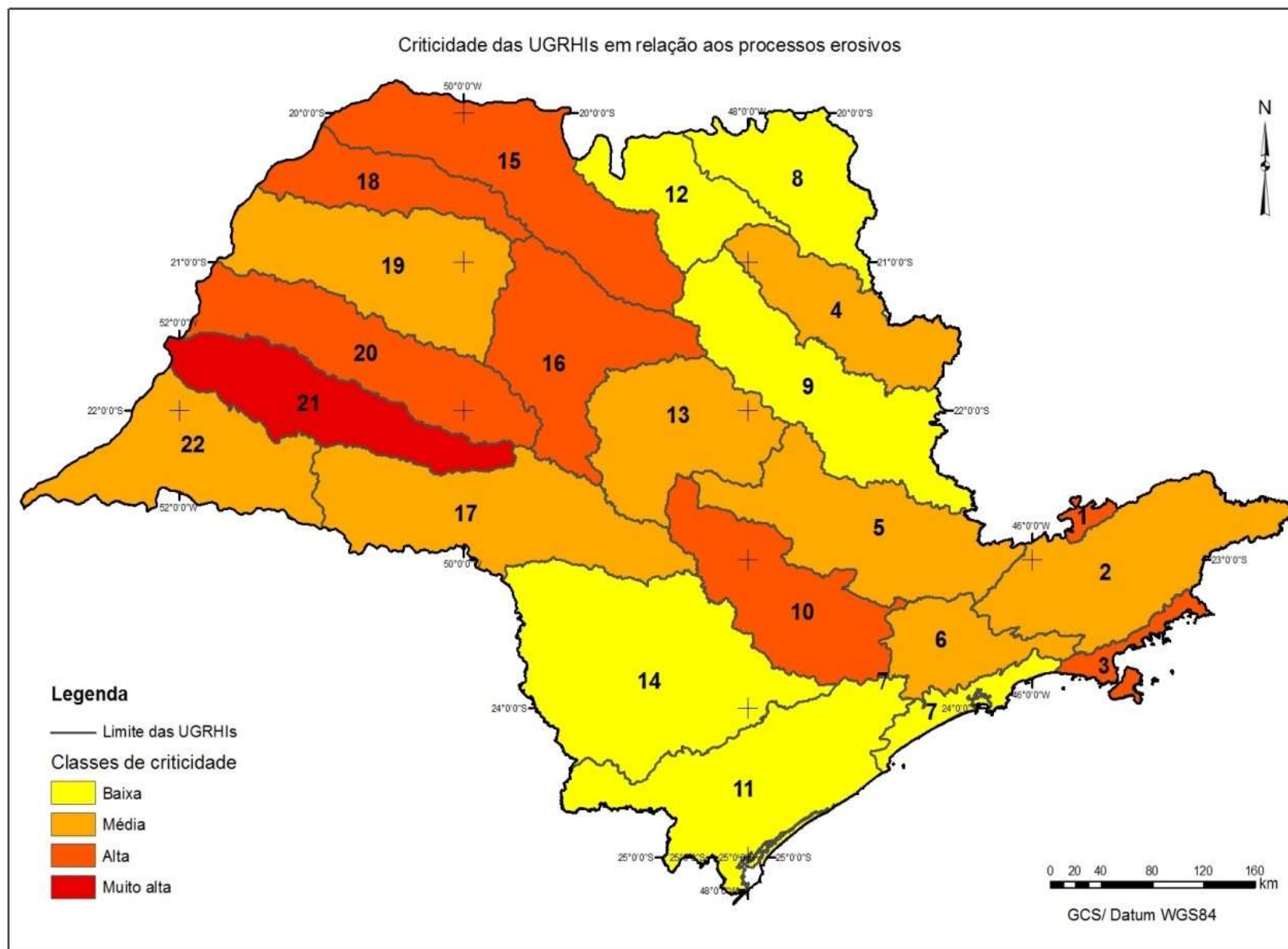




# Criticidade dos municípios em relação aos processos erosivos











**Na UGRHI, foram cadastradas 44 erosões lineares urbanas (1 ravina e 43 boçorocas) e 1325 rurais (161 ravinas e 1164 boçorocas). Estes processos ocorrem prioritariamente em áreas de muito alta suscetibilidade à erosão (classe I).**









# EROSÃO HIDRICA - CONCEITOS





# ***EROSÃO Linear***

**Corresponde às Formas de  
Erosão Causadas por Escoamento  
Superficial Concentrado**



Arquivo – IPT/CTGeo/Sirden

# ***EROSÃO EM SULCO***

- Ocorrem quando a água do escoamento superficial escava o solo atingindo seus horizontes inferiores e, em seguida, a rocha.
- Apresentam profundidade **maior que 0,5m**, diferenciando-se dos sulcos por não serem **obliteradas pelas operações** normais de preparo do solo.
- Também ocorrem movimentos de massa devido ao abatimento de seus taludes.
- Possuem forma retilínea, alongada e estreita. Raramente se ramificam e não chegam a atingir o nível freático.
- Apresentam perfil transversal em “V” e geralmente ocorrem entre eixos de drenagens, muitas vezes associadas a estradas, trilhas de gado e carreadores.





Arquivo – IPT/CTGeo/Sirden

## RAVINA

- Ocorrem quando a água do **escoamento superficial** escava o solo atingindo seus horizontes inferiores e, em seguida, a rocha.
- Apresentam profundidade **maior que 0,5m**, diferenciando-se dos sulcos por não serem obliteradas pelas operações normais de preparo do solo.
- Também ocorrem movimentos de massa devido ao **abatimento** de seus taludes.
- Possuem forma **retilínea, alongada e estreita**. Raramente se ramificam e não chegam a atingir o nível freático.
- Apresentam perfil transversal em **“V”** e geralmente ocorrem entre eixos de drenagens, muitas vezes associadas a estradas, trilhas de gado e carreadores.



## EROSÃO DO TIPO RAVINA





## BOÇOROCA

- Formas mais **complexas e destrutivas** do quadro evolutivo da erosão linear.
- Devem-se à ação combinada das águas do escoamento **superficial e subterrâneo**, desenvolvendo processos como o “**piping**” (erosão interna), liquefação de areias, escorregamentos, corridas de areia, etc.
- Em geral são ramificadas, de grande profundidade, apresentando paredes irregulares e perfil transversal em “**U**”.
- Quando se instalam ao longo dos cursos d’água, principalmente nas cabeceiras, são denominadas **boçorocas de drenagem**.
- Também podem se formar pelo **aprofundamento de ravinas até o nível freático**, sendo denominadas boçorocas de encosta.
- O inadequado uso do solo é considerado fator principal e decisivo no surgimento das boçorocas.
- **São formas erosivas de difícil controle.**



# BOÇOROCA ou VOÇOROCA







**BOÇOROCA**

**RAVINA**

Arquivo – IPT/CTGeo/Sirden



**PIPING**

# FENÔMENO IMPORTANTE NO ALARGAMENTO DA BOÇOROCA



**ARRASTE** DAS  
**PARTÍCULAS** DE  
**SOLO** OU SEDIMENTO  
DO INTERIOR DO  
MACIÇO

**NÃO** TEM SIDO  
CONSIDERADO NA  
MAIORIA DOS  
PROJETOS DE OBRAS  
DE **CONTENÇÃO** DAS  
BOÇOROCAS





**NÃO TEM SIDO CONSIDERADO NA MAIORIA DOS PROJETOS DE OBRAS DE  
CONTENÇÃO DAS BOÇOROCAS**









“Só se produz água quando se faz  
floresta, a sociedade tem que  
reagir a isso”

Mario Mantovani, Biólogo



USO e OCUPAÇÃO	INTERVENÇÃO	IMPACTOS	CONSEQUÊNCIA	
URBANA	Loteamento	Remoção da cobertura vegetal Terraplenagem: cortes e aterros;	Erosão - Modificação da paisagem	Assoreamento; Inundações/ Enchentes
	Área Industrial	Remoção da cobertura Vegetal Terraplenagem: cortes e aterros	Erosão localizada, Poluição do ar, solo e água.	Assoreamento Contaminação do ar, solo e água
	Sistema Viário	Desmatamentos; Terraplenagem; corte e aterro; Sistemas de drenagem	Erosão e Escorregamento	Assoreamento
	Infra-estrutura Urbana	Escavações; Sistemas de drenagem; Corte e aterro	Erosão e Escorregamento	Assoreamento; Inundações/ Enchentes
RURAL	Atividades Agrícolas	Grandes desmatamentos; Técnicas agrícolas inadequadas	Erosão - Perda da camada fértil do solo;	Assoreamento; Poluição de mananciais; Desertificação
	Chácaras de Lazer	Desmatamento; Cortes/Aterro; Terraplenagem	Erosão e Escorregamento	Assoreamento
MINERAÇÃO	Mineração	Desmatamentos; Escavações instáveis; Desmontes de rochas; Modificação da Paisagem	Erosão e Escorregamento/ deslizamentos; Explosões-ruído; Depósitos de rejeitos	Assoreamento; Poluição de mananciais; Contaminação do ar, solo e água



# *EROSÃO RURAL*







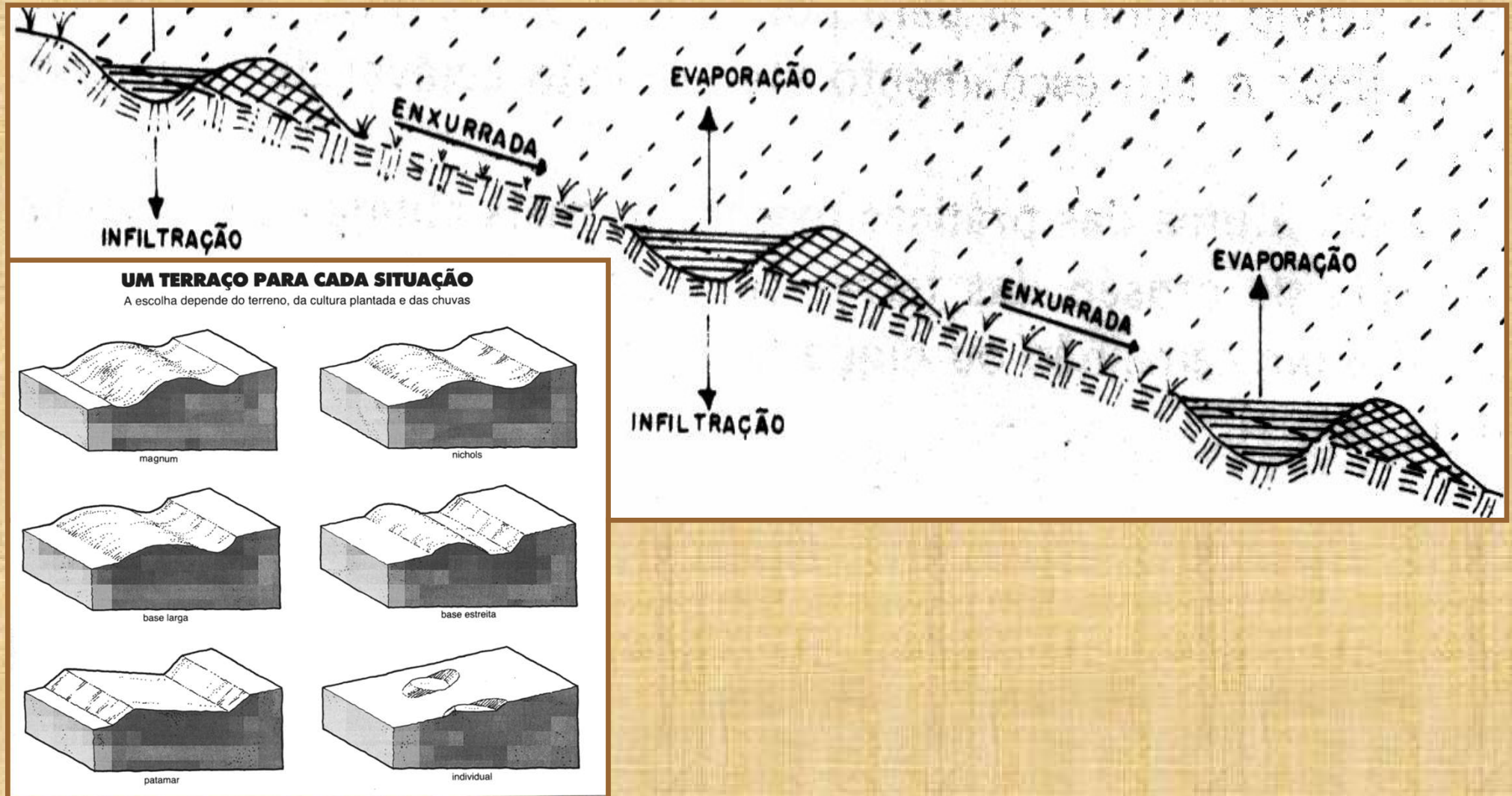






# TERRAÇOS

São estruturas hidráulicas conservacionistas, compostas por um camalhão e um canal, construídas transversalmente ao plano de declive do terreno.









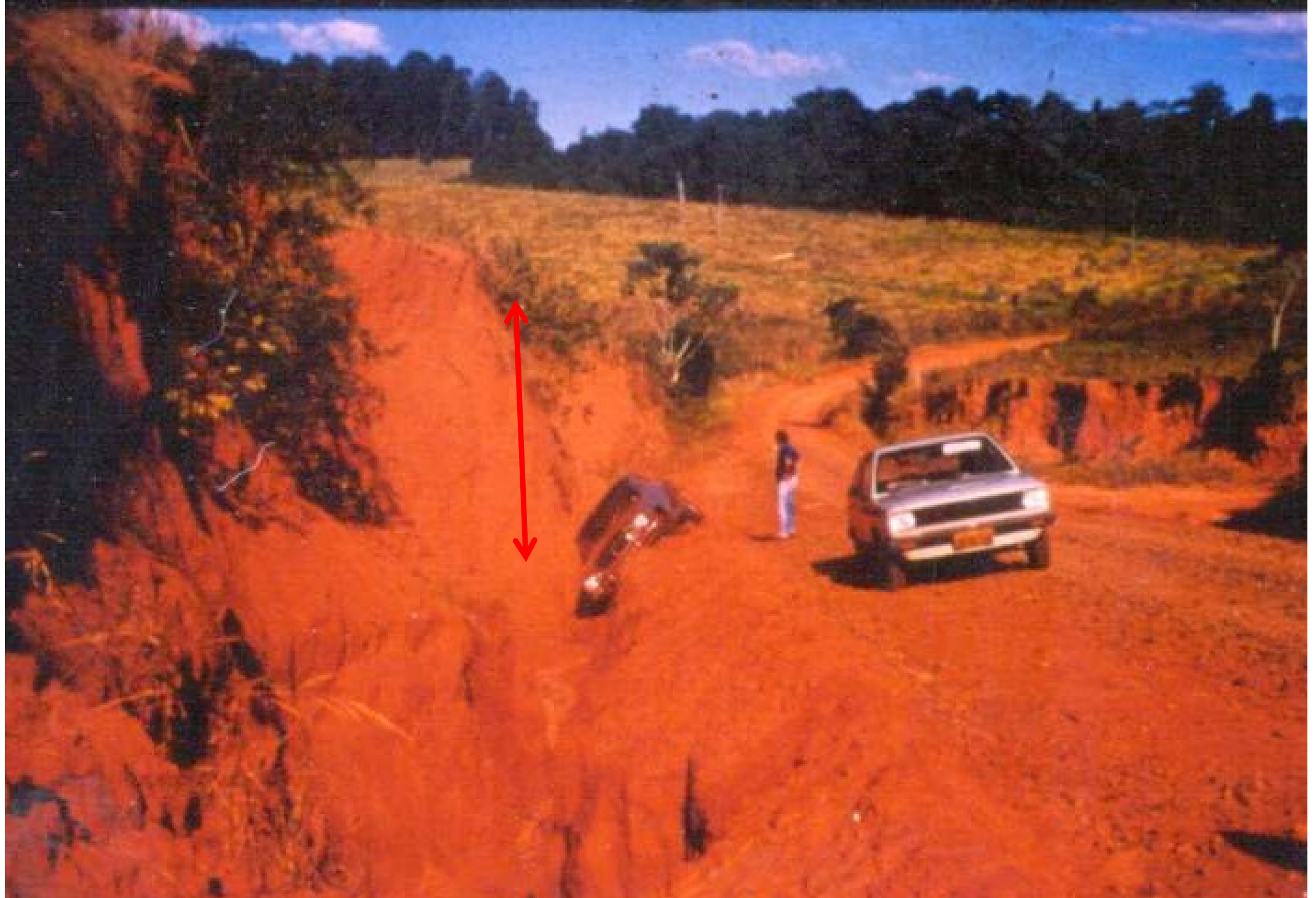


# *ESTRADAS VICINAIS*



## **EROSÃO TIPO SULCO**



















# ***EROSÃO EM ÁREAS URBANAS***





## ***PRINCIPAIS FATORES***

- **VAZÃO DO ESCOAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS**
- **DECLIVIDADE DO TERRENO**
- **NATUREZA DO TERRENO**

## ***PRINCIPAIS CAUSAS***

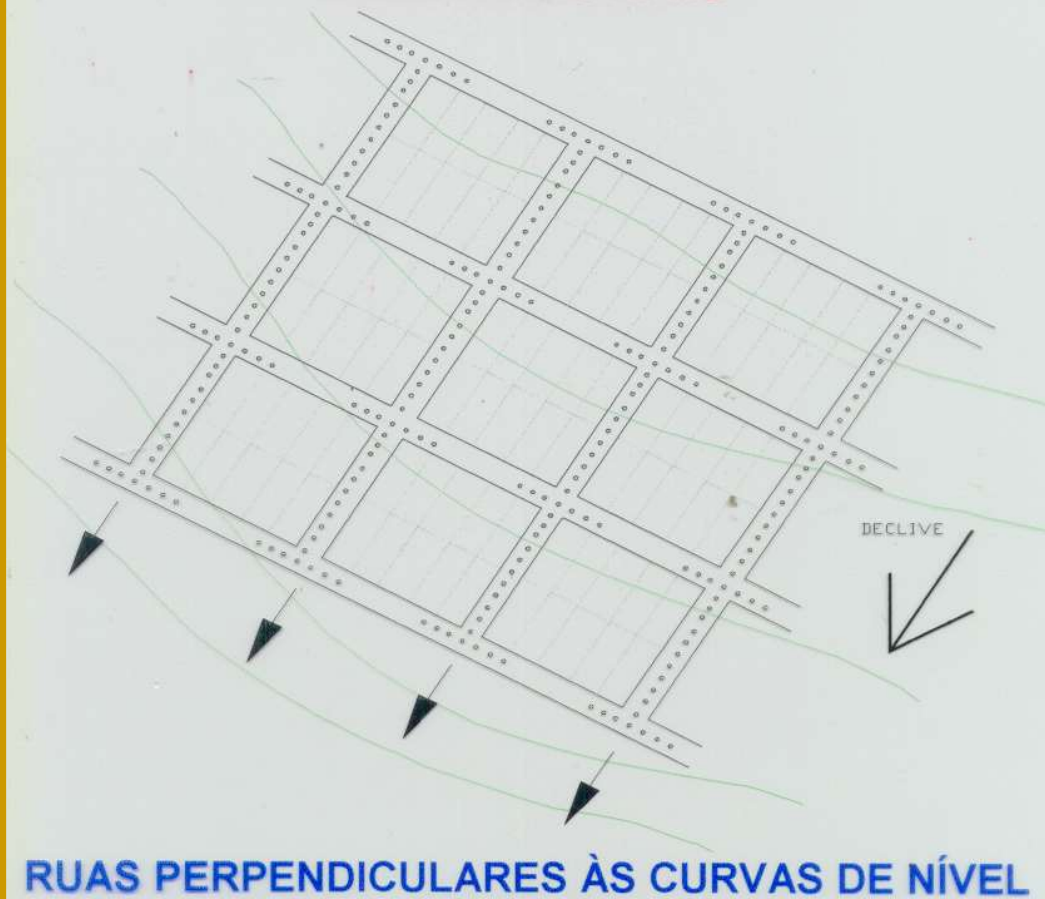
- **Traçado inadequado do sistema viário**
- **Deficiência dos sistemas de drenagens**
- **Expansão urbana descontrolada**



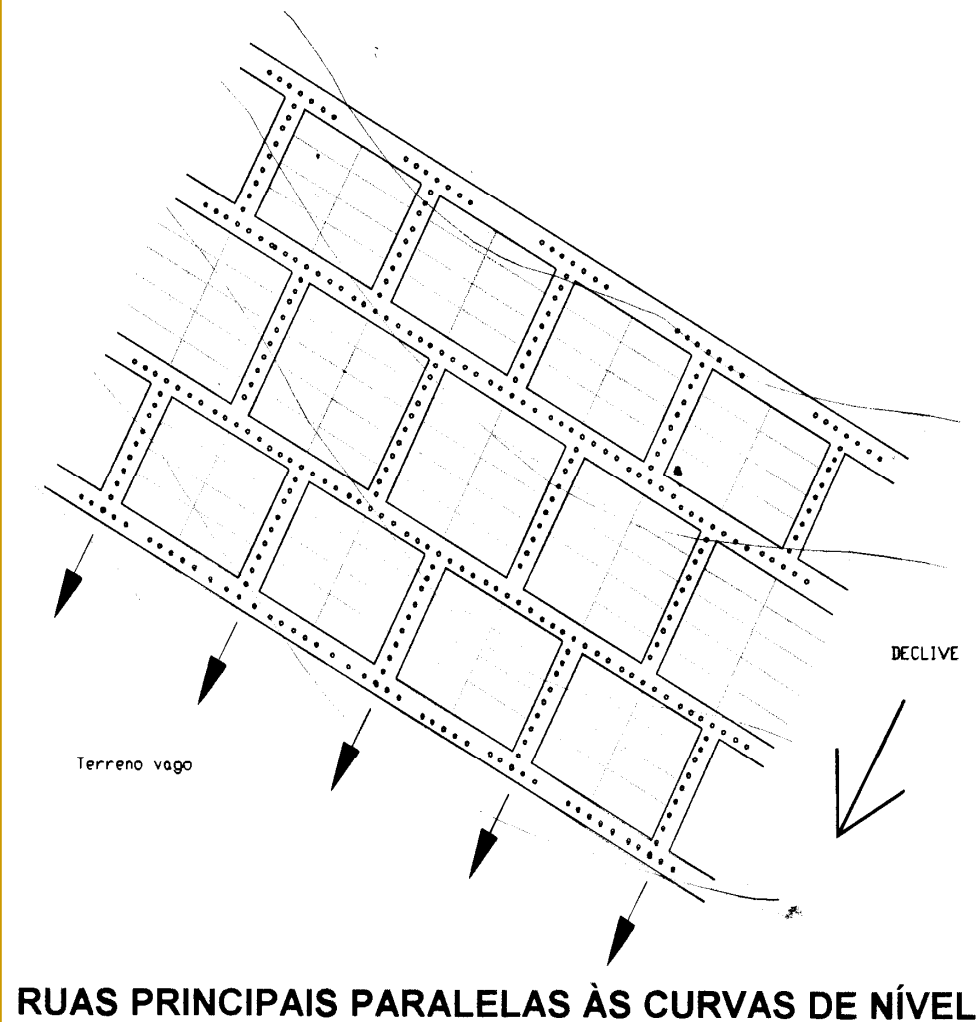




## PROJETO TRADICIONAL DE RUAS EM LOTEAMENTOS E CONJUNTOS HABITACIONAIS



## PROJETO ALTERNATIVO DE RUAS





## ***COMO CONTROLAR OS PROCESSOS EROSIVOS URBANOS***

***ESTRUTURAIS*** - são aquelas que tem como objetivo principal evitar a ocorrência ou **reduzir a magnitude dos processos geológicos e hidrológicos**, através da implantação de obras de engenharia. Frequentemente exigem **aplicação maciça de capitais**, no geral contemplando áreas restritas.

# ***DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS***

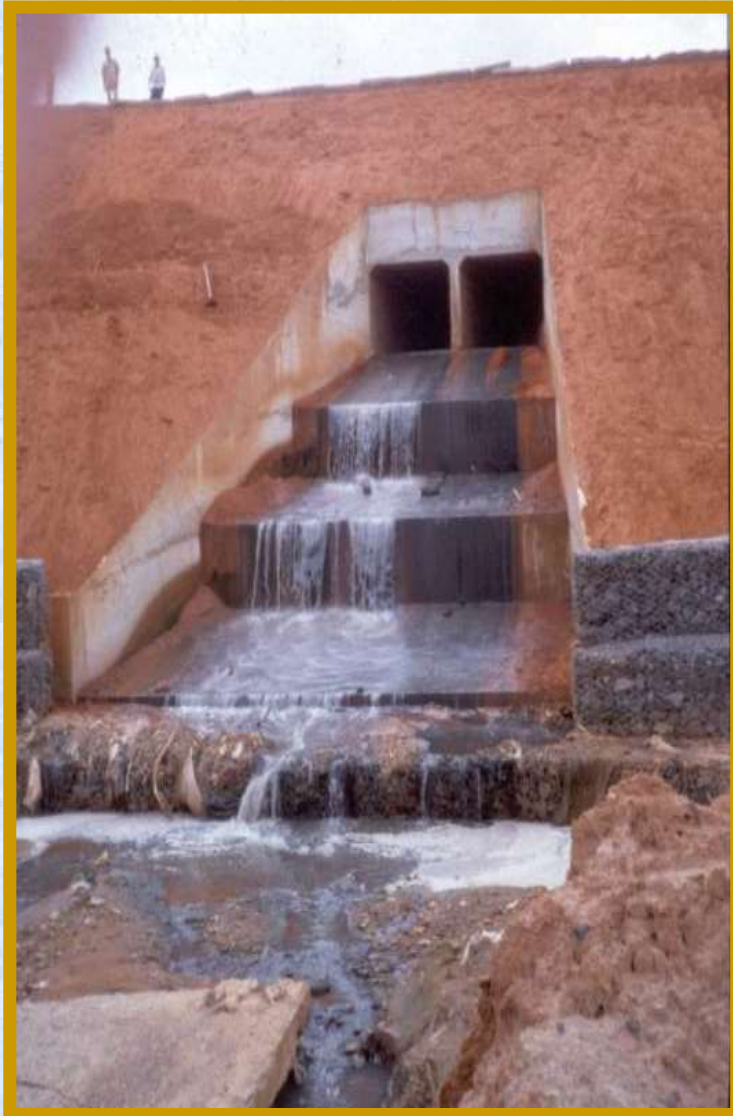
***Visam melhorar as condições de escoamento das águas, de forma a atenuar os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talwegues***



# ***CONTROLE DE EROÇÃO URBANA***

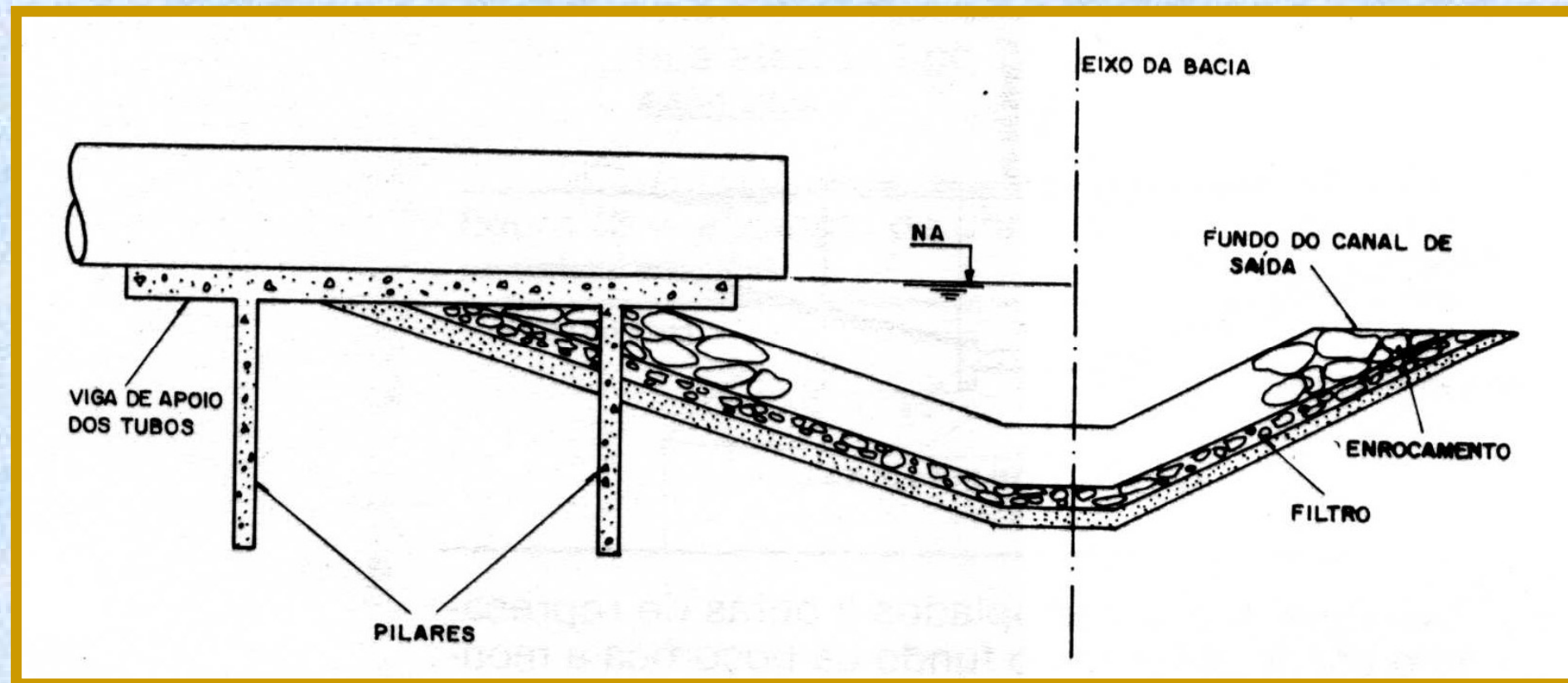
- **Microdrenagem**
- **Macro drenagem**
- **Obras de extremidades**
- **Pavimentação**
- **Disciplinamento das águas subterrâneas**
- **Estabilização dos taludes**
- **Conservação das obras**

## *TIPOS DE DISSIPADORES*



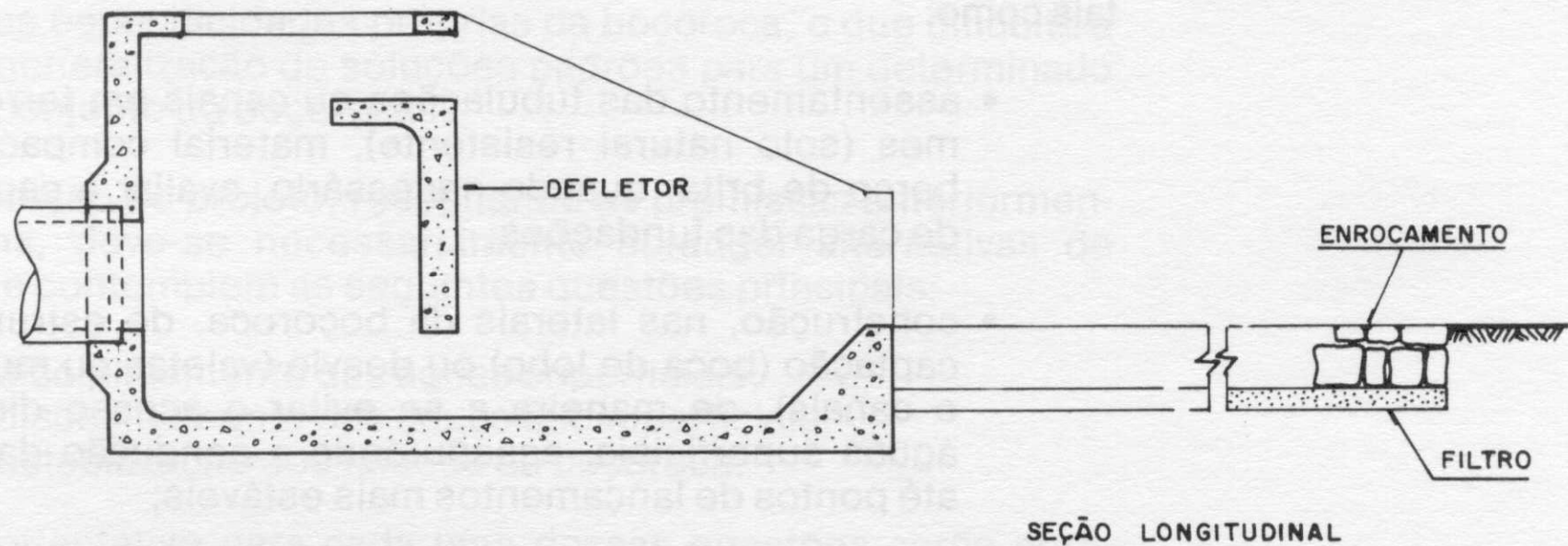


# BACIA DE IMERSÃO



Fonte: FENDRICH, 1997  
Fonte: FENDRICH, 1997

# DISSIPADOR DE IMPACTO

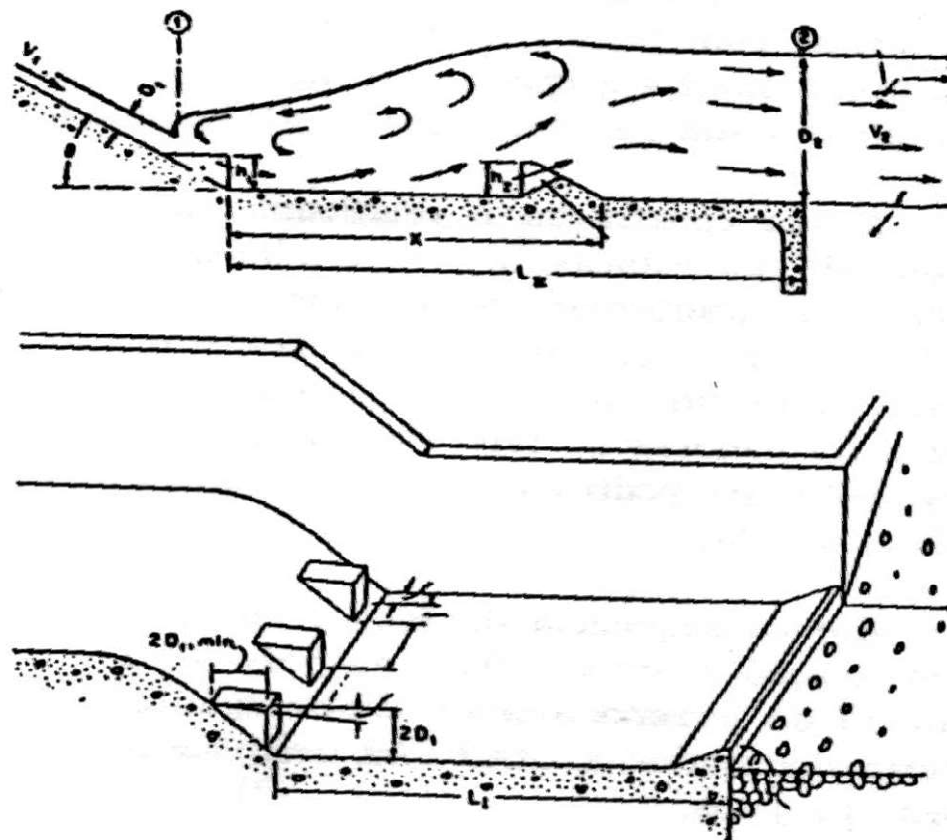


Fonte: FENDRICH, 1997



## DISSIPADOR COM *RESSALTO* HIDRÁULICO

ssipador tipo S.A.F. para  $F=1,7$  a  $17$

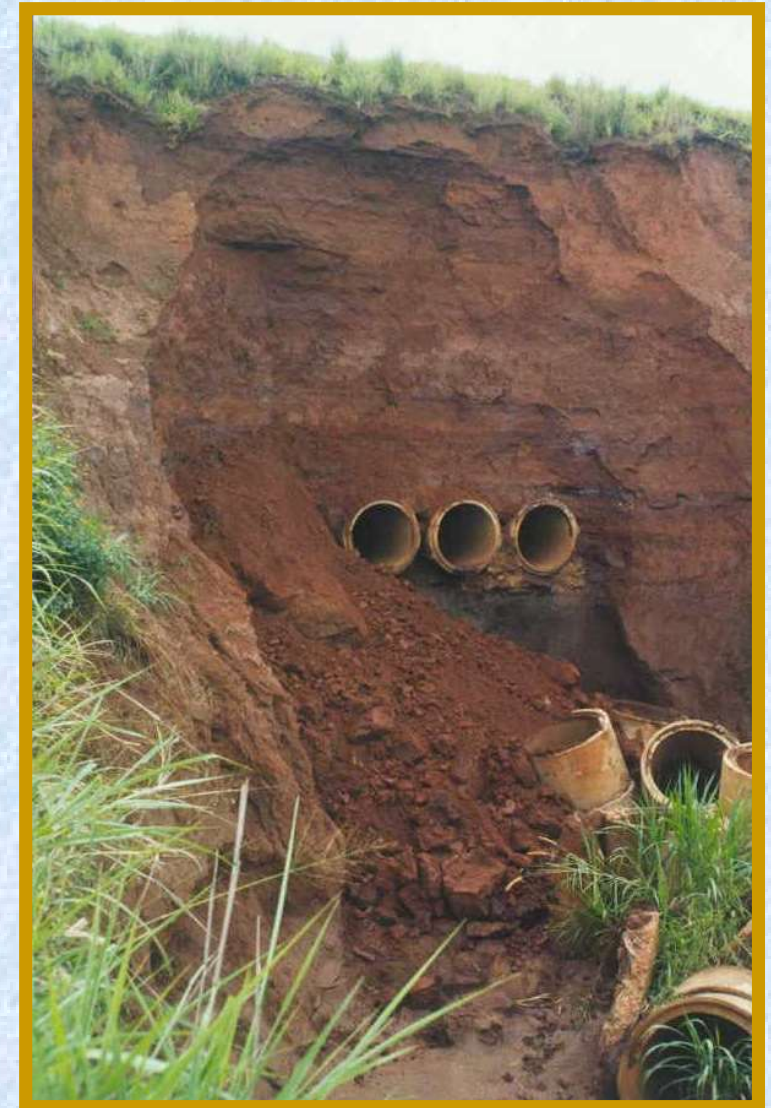


Fonte: FENDRICH, 1997





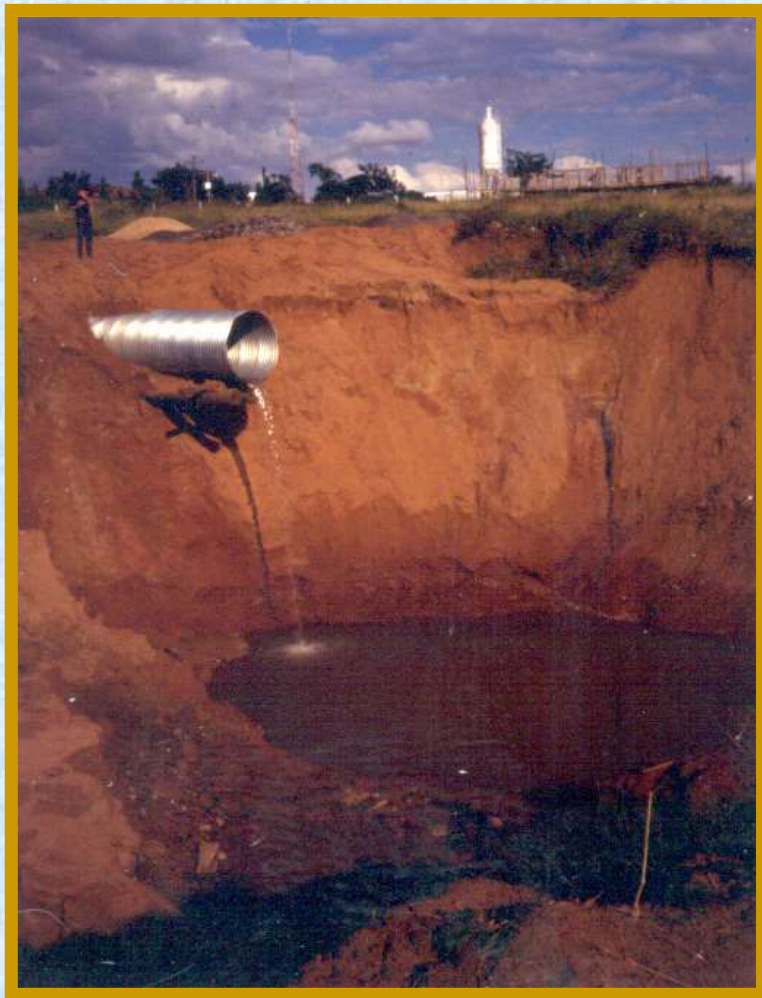
# QUANDO NÃO EXISTE DISSIPADOR



Arquivo IPT/GTGeo/Sirden



# QUANDO NÃO EXISTE DISSIPADOR



Arquivo IPT/GTGeo/Sirden



# **POLÍTICA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL URBANO E RURAL**

**“A MELHOR DRENAGEM É A QUE ESCOA  
O MAIS RÁPIDO”**

## **PRÍNCÍPIOS MODERNOS**

**NOVA URBANIZAÇÃO/AGRICULTURA NÃO  
PODE AUMENTAR OU ACELERAR A  
VAZÃO DE PICO DAS CONDIÇÕES  
NATURAIS**

**VALORIZAR AS MEDIDAS NÃO-  
ESTRUTURAIS**

**REVER AS POLÍTICAS DE OCUPAÇÃO DO  
SOLO URBANO E RURAL**



# ***CORREÇÃO DA RAVINA***

➤ DISCIPLINAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

➤ CONDUÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

➤ ESTRUTURA DE DISSIPAÇÃO DE ENERGIA

➤ ATERRO E REVEGETAÇÃO

➤ MANUTENÇÃO

# ***CORREÇÃO DA Boçoroca ou Voçoroca***



➤ DISCIPLINAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

➤ CONDUÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

➤ DISCIPLINAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (DRENOS)

➤ ESTRUTURA DE DISSIPACÃO DE ENERGIA

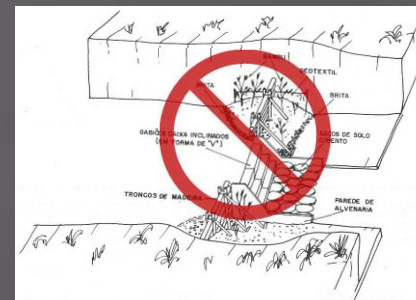
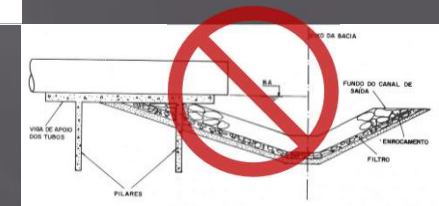
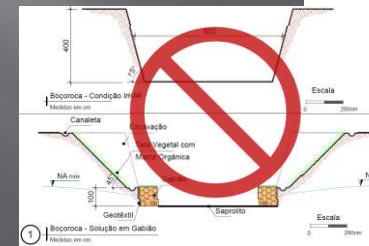
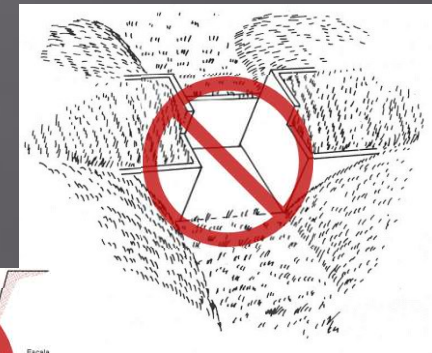
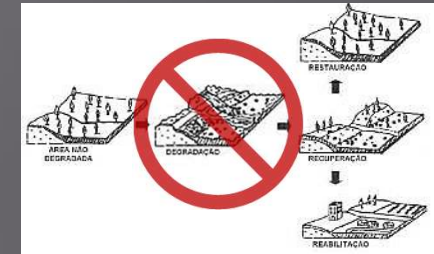
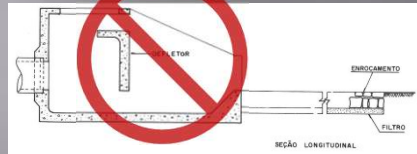
➤ ESTABILIZAÇÃO DOS TALUDES

➤ ATERRO E REVEGETAÇÃO

➤ MANUTENÇÃO



# Por fim, sem técnica e sem teoria...







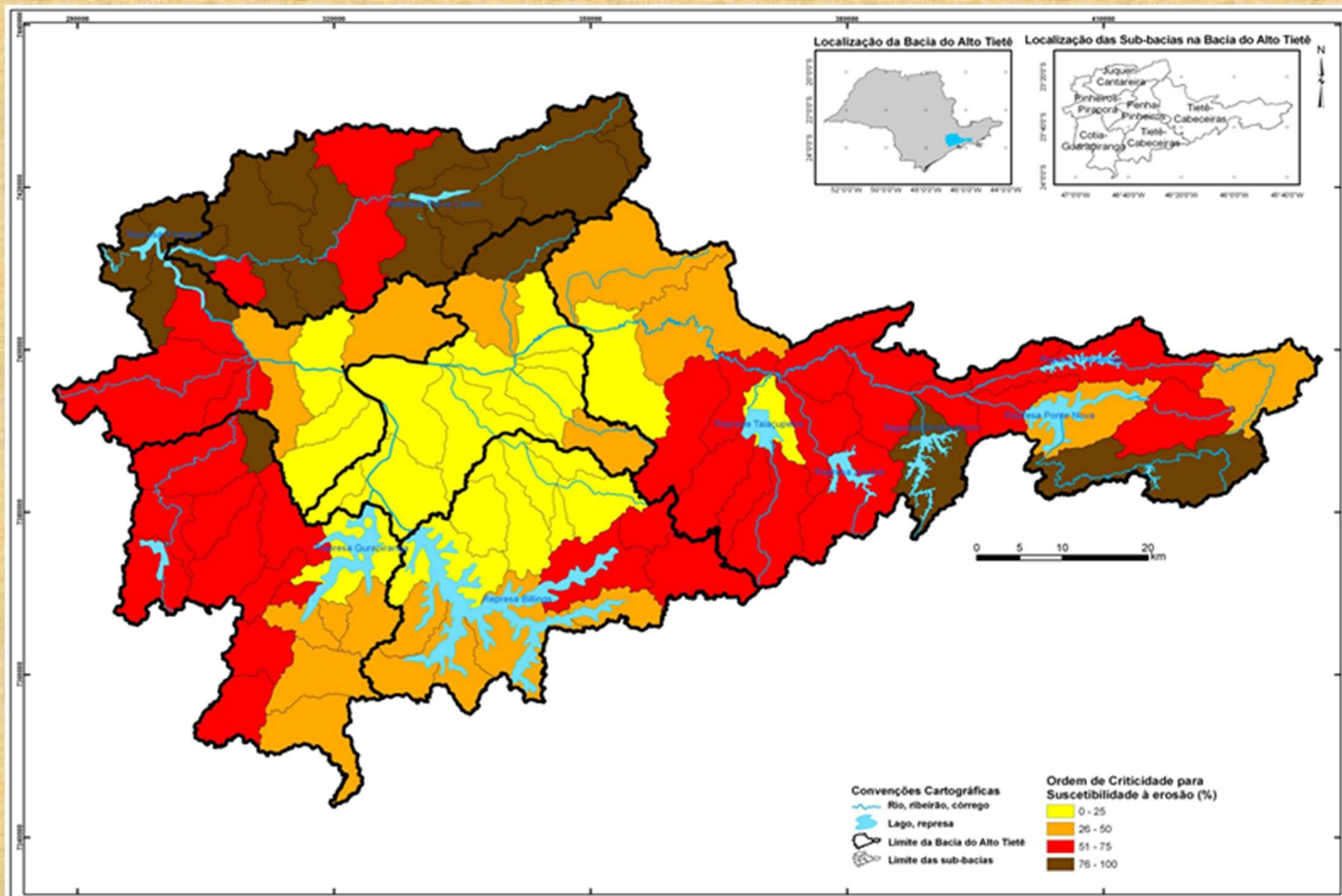




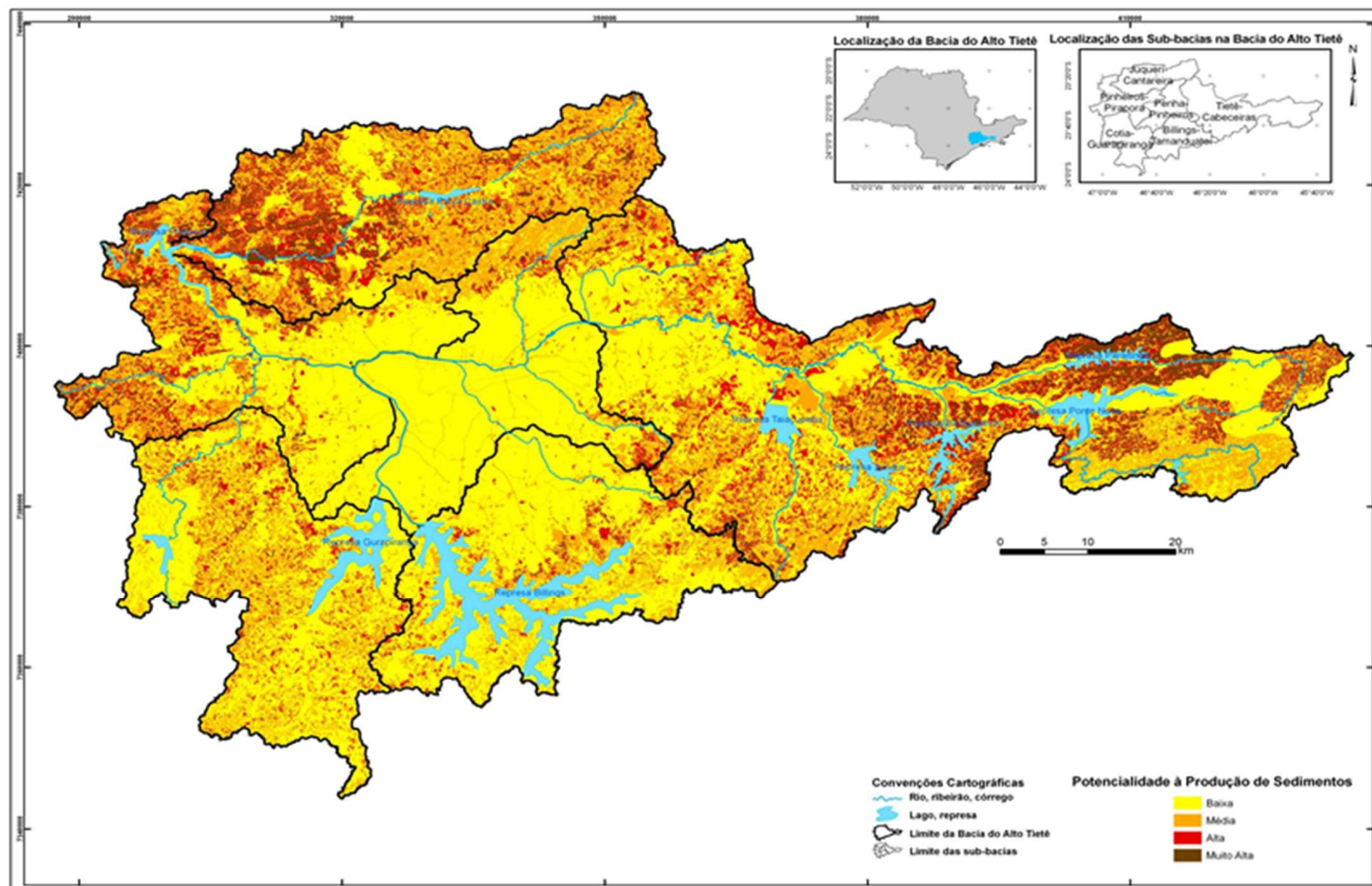


## COMO PREVENIR OS PROCESSOS EROSIVOS URBANOS

**NÃO ESTRUTURAIS** - são aquelas de caráter extensivo, contemplando grandes áreas. Podem ser de natureza institucional, administrativa ou financeira, sendo adotadas espontaneamente ou por força de legislação. Objetivam a convivência com os riscos, reduzindo a magnitude dos processos e orientando a população afetada. No geral não exigem a aplicação maciça de recursos financeiros.





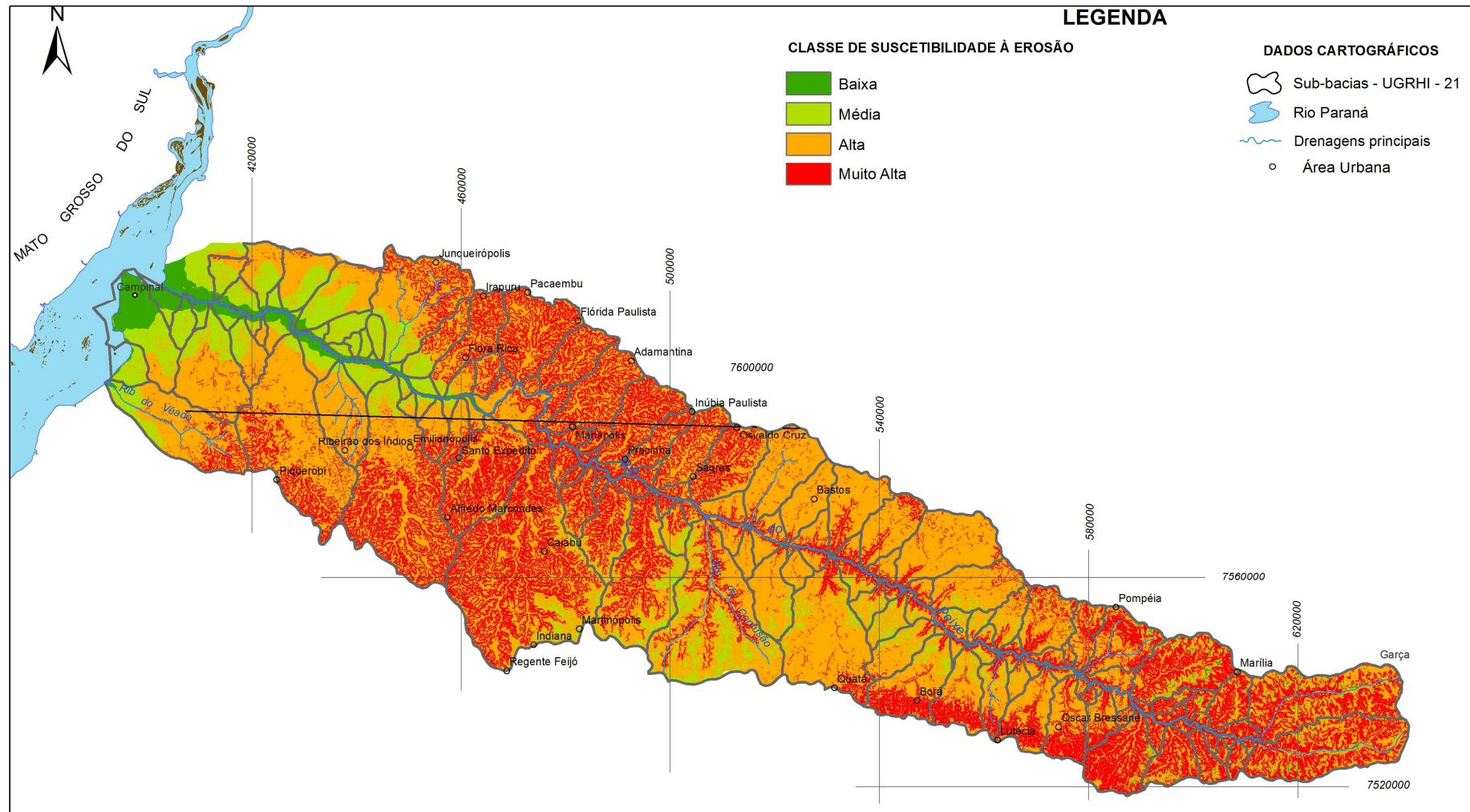


# *AUXILIA*

- **Plano diretor**
  - **Lei do parcelamento do solo urbano**
  - **Código de obras**
  - **Determinação do zoneamento de uso do solo**
  - **Delimitação do perímetro urbano**
- 
- **Direcionamento do vetor preferencial de expansão urbana**
  - **Normas urbanísticas para loteamentos**
  - **Organização do sistema viário**
  - **Legislação ambiental**



# Mapa de Suscetibilidade à Erosão nas Sub-bacias Bacia do Rio do Peixe - UGRHI 21



Localização:



## ***ESTRUTURA DO TERMO DE REFERÊNCIA EROSÃO E DRENAGEM***

- ***Apresentação Institucional do proponente***
  - ***Introdução***
  - ***Justificativa***
  - ***Objetivos Gerais***
  - ***Objetivos específicos***
    - ***Área de estudo***
    - ***População atendida***
  - ***Método – projeto não estrutural***
- ***Especificação técnica***
  - ***Parcerias***
  - ***Equipe Técnica***
  - ***Metas e Ações***
    - ***Produtos***
  - ***Resultados esperados***
    - ***Projetos futuros***
    - ***Manutenção da obra***
- ***Referências Bibliográficas***
  - ***Formatação***



# ***PROPOSTA PLANO DIRETOR DE EROSÃO RURAL E URBANA***

## ***Introdução***

- ***Justificativa***
- ***Objetivos Gerais***
- ***Objetivos específicos***
  - ***Métodos***
- ***Área de estudo (Caracterização da bacia; clima; caracterização pluviométrica)***
- ***Caracterização dos processos erosivos (Conceitos)***
  - ***Consequências (Enchente/inundação; Assoreamento)***
    - ***Limites das sub-bacias***
  - ***Aspectos do meio físico (geologia; geomorfologia/declividade; pedologia)***
    - ***Uso e ocupação do Solo***

## ***PROPOSTA PLANO DIRETOR DE EROSÃO RURAL E URBANA***

- ***Inventário dos processos erosivos lineares rural e urbano***
  - ***Inventário das estradas***
  - ***Inventário das barragens/açudes***
    - ***Produtos***
  - ***Mapa de suscetibilidade à erosão***
  - ***Mapa de potencial à Produção de Sedimentos***
- ***Análise de parâmetros morfométricos das sub-bacias***
  - ***Capacidade de produção de sedimentos***
  - ***Mapa de Hierarquização das sub-bacias***
- ***Diretrizes para o controle de processos erosivos rural e urbano***
- ***Controle de processo erosivo linear em estradas vicinais***
  - ***Metas e ações***
  - ***Equipe Técnica***
  - ***Referências Bibliográficas***















## Erosão (Luiz Gonzaga)

Ainda hei de ver um dia  
A minha terra sem a praga da erosão

Ai! Quem me dera se eu pudesse  
Se Deus me desse uma atenção  
E ajuntasse todo o povo  
No mutirão para acabar com a erosão  
Ainda hei de ver um dia  
De novo o verde  
Se espalhar no meu sertão  
A erosão parece uma serpente  
Rachando a terra, devorando o chão  
E a riqueza que era da gente  
Vai toda embora com a erosão  
Por isso, agora estou aqui cantando

Chamando o povo pra esse mutirão  
Vamos minha gente, salvar nossa terra  
Das rachaduras da erosão  
No meu pedacinho de chão  
Não tem perigo de erosão  
Eu aprendi o jeito certo  
De proteger a terra e a minha plantação  
Ai, minha gente, que fartura  
Tanta riqueza se espalhando pelo chão  
É macaxeira, girimum caboclo  
Batata- doce, melancia e melão  
Feijão de corda se enroscando em tudo  
Dá gosto de ver minha plantação  
Lá no açude, a água tão limpinha  
Espelha o verde e a criação  
É tão bonito este meu pé-de-serra  
Com a terra livre da erosão.