



EROSÃO, ASSOREAMENTO E ENCHENTES NA RMSP

Geól. Álvaro Rodrigues dos Santos

EQUAÇÃO BÁSICA DAS ENCHENTES NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Volumes crescentemente maiores de água, em tempos crescentemente menores, sendo escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão, tendo como palco uma região já naturalmente caracterizada por sua dificuldade em dar bom e rápido escoamento a suas águas superficiais.

COMBATE ÀS ENCHENTES NA RMSP

AÇÃO COMBINADA E COMCOMITANTE EM 7 FRENTES

- 1. AMPLIAÇÃO DAS CALHAS DOS RIOS PRINCIPAIS**
- 2. DESASSOREAMENTO PERMANENTE DE TODA A REDE DE DRENAGEM NATURAL E CONSTRUÍDA**
- 3. ELIMINIAÇÃO DE PONTOS DE ESTRANGULAMENTO**
- 4. AUMENTO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA POR INFILTRAÇÃO E RESERVAÇÃO**
- 5. RADICAL REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE MATERIAIS DE ASSOREAMENTO: EROSAO, ENTULHO, LIXO.**
- 6. PLANEJAMENTO DO CRESCIMENTO URBANO**
- 7. ARTICULAÇÃO METROPOLITANA**

MATERIAIS DE ASSOREAMENTO

Classe I

Sedimentos argilo-silto-arenosos, provenientes da erosão de terrenos por águas de chuva.

Classe II

Entulho inerte areno-pedregoso, proveniente de obras de construção civil, demolições e pequenas reformas e desagregação de pavimentos urbanos.

Classe III

Restos de madeiras, metais, vidros e plásticos e lixo urbano (papéis-papelão, plásticos, tecidos, vidros, pneus, móveis e outros utensílios, etc).

Classes I e II = 95%

Classe III = 5%.

VOLUMES DE DESASSOREAMENTO DO RIO TIETÊ E DO RIO PINHEIROS

Tietê: trecho entre Bg. de Edgar de Souza e Bg. da Penha

Pinheiros: trecho entre Cebolão e Pedreira

Dados fornecidos pelo DAEE e pela ELETROPAULO (m³)

ANO	TIETÊ	PINHEIROS	TOTAL (m ³)
1976	738.175	1.023.770	1.761.945
1977	2.107.762	1.713.915	3.821.677
1978	1.726.371	1.580.953	3.307.324
1979	1.154.210	3.407.361	4.561.571
1980	1.163.089	3.797.767	4.960.856
1981	109.645	2.679.835	2.789.480
1982	2.838.730	2.343.310	5.182.040
1983	2.272.943	2.430.693	4.703.636
1984	17.646	2.705.966	2.723.612
1985	442.792	1.731.323	2.174.115
1986	697.441	1.161.933	1.859.374
1987	402.267	1.376.958	1.779.225
1988	74.543	1.637.535	1.712.078
1989	3.118.433	1.075.993	4.194.426
Média anual	1.204.575	2.047.665	3.252.240

LIBERAÇÃO DE SEDIMENTOS POR EROSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ

- **Área:** 5.950 Km²
- **Geologia:** terrenos cristalinos: 70% em área; sedimentares 30%
- **Área sujeita a ação da erosão:** 60% da área total = 3.570 Km²
- **Geração total de sedimentos/ano na Bacia:** ~12.196.000 ton/ano > ~8.130.600 m³
- **Taxa média de perda de solo por erosão:** ~20 ton/ha/ano = 13,5 m³/ha/ano
- **Composição granulométrica média dos solos de alteração (saprolíticos) das rochas cristalinas:** 38% areias / 60% silte / 2% argila
- **Geração total areias/ano na Bacia:** ~4.878.360 tom/ano > ~3.252.240 m³/ano
- **Taxa média de liberação de areias/ano:** 5,5 m³/ha/ano
- **Geração total silte e argila/ano na Bacia:** ~7.317.540 tom/ano > ~4.878.360 m³/ano
- **Fração de outros materiais de assoreamento (lixo, entulho da const. Civil e desag. de pavimentos) que chega às calhas:** ~ 250.000 ton/ano

TAXAS DE LIBERAÇÃO DE SEDIMENTOS (fração arenosa) POR EROSÃO NAS SUB-BACIAS DO ALTO TIETÊ (m³/ha/ano)

MUITO ALTA	> 15
ALTA	15 – 9
MÉDIA	8 – 4
BAIXA	3 – 1
MUITO BAIXA	< 1

ENCHENTES: O PARADOXO ESTRUTURAL

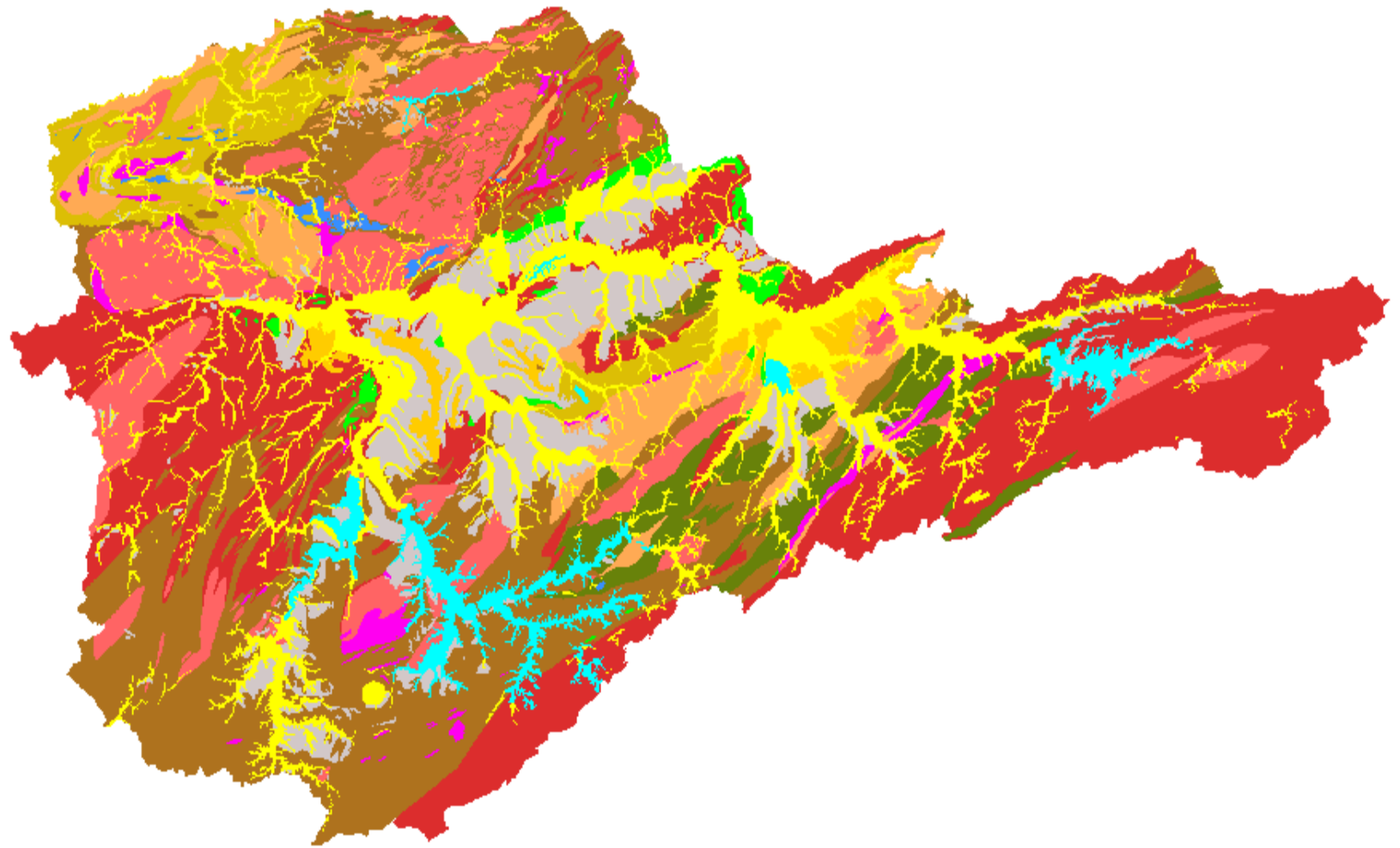
“O QUE SE GANHA EM AUMENTO DE CAPACIDADE DE VAZÃO COM AS MEDIDAS ESTRUTURAIS DE AMPLIAÇÃO DAS CALHAS PERDE-SE COM O ABSURDO GRAU DE ASSOREAMENTO A QUE A REDE DE DRENAGEM NATURAL E CONSTRUÍDA DA RMSP É SUBMETIDA.”

A ORIGEM DOS SEDIMENTOS ESTÁ ASSOCIADA A OPERAÇÕES DE TERRAPLENAGEM PARA A PRODUÇÃO DE ÁREAS PLANAS NAS ZONAS PERIFÉRICAS DE EXPANSÃO URBANA DA METRÓPOLE.

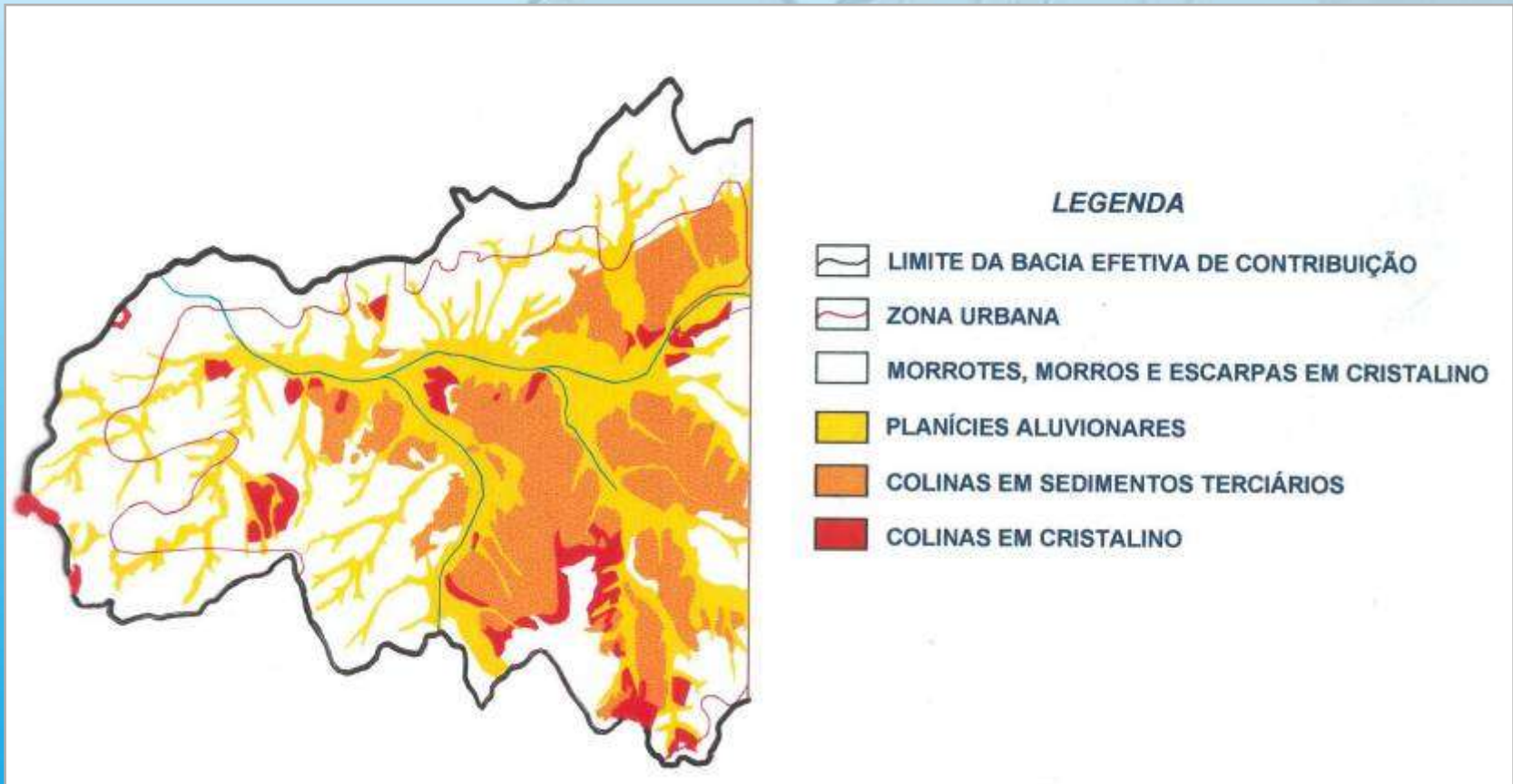
UMA CULTURA TÉCNICA PELA QUAL PERSISTENTEMENTE SE PRIVILEGIA A ADAPTAÇÃO DOS TERRENOS AOS PROJETOS AO INVÉS DE ADEQUAR OS PROJETOS ÀS CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOS TERRENOS.

NESSE CENÁRIO, OS LOTEAMENTOS HABITACIONAIS, SEJAM PÚBLICOS OU PRIVADOS, SEJAM LEGAIS OU IRREGULARES (INVASÕES), TÊM SE CONSTITUÍDO NO PRINCIPAL FATOR RESPONSÁVEL PELA EXTENSÃO E INTENSIDADE DOS PROCESSOS EROSIVOS.

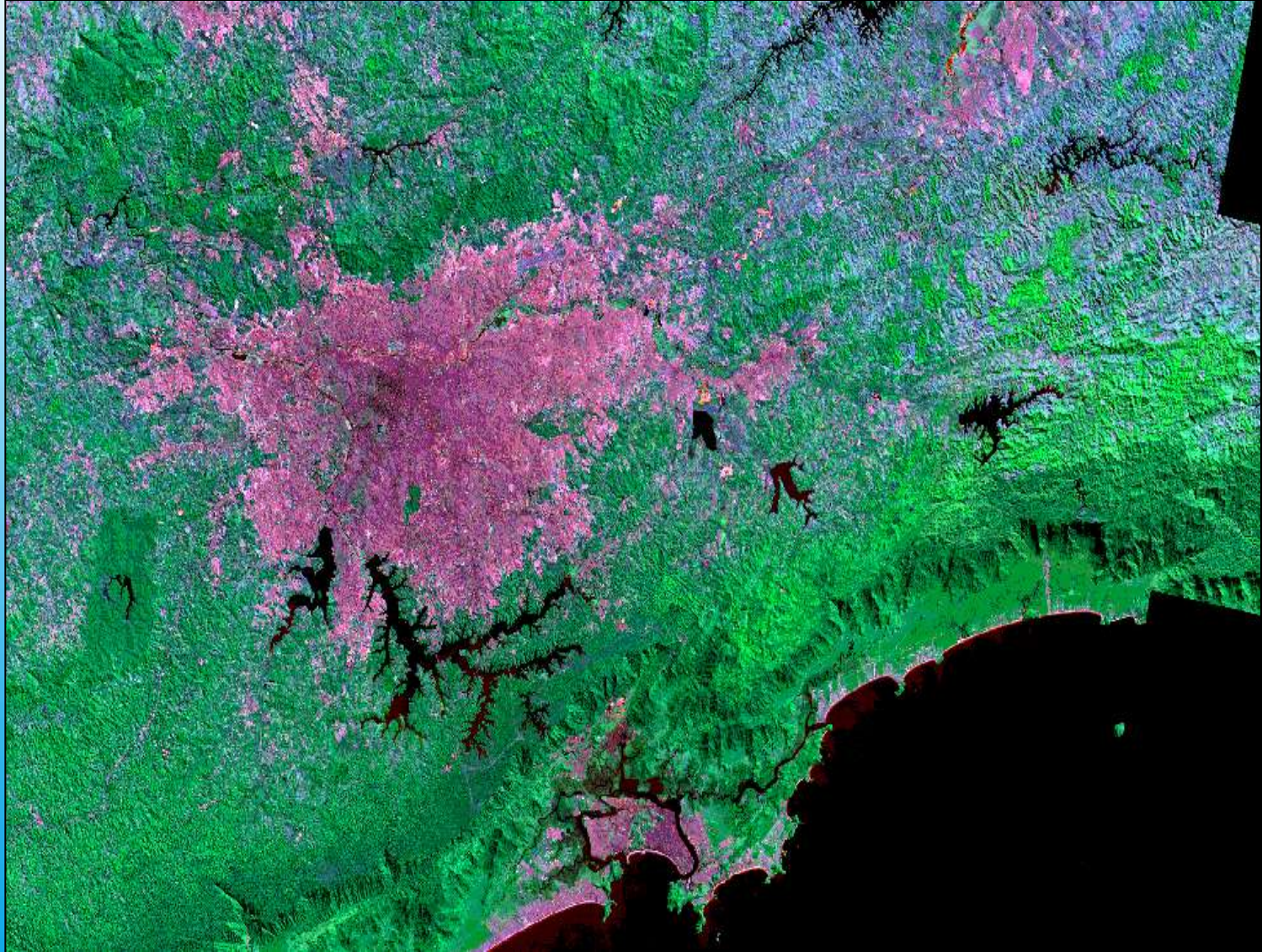
MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DO ALTO TIETÊ



COMPARTIMENTAÇÃO DO MEIO FÍSICO GEOLÓGICO NA BACIA EFETIVA DE CONTRIBUIÇÃO (sem escala)



A EXPANSÃO URBANA NA RMSP SE DÁ SOBRE TERRENOS DE TOPOGRAFIA CRESCENTEMENTE ACIDENTADA





FATORES INTERVENIENTES NA INTENSIDADE DOS PROCESSOS EROSIVOS

- **GEOLOGIA**
- **PEDOLOGIA**
- **GEOMORFOLOGIA/RELEVO**
- **REGIME DE CHUVAS**
- **USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

CORRESPONDÊNCIA ENTRE RELEVO, GEOLOGIA E ERODIBILIDADE

COMPARTIMENTO DE RELEVO	POTENCIAL EROSIVO
PLANÍCIES QUATERNÁRIAS	Relevo de degradação Muito baixo potencial erosivo
COLINAS SEDIMENTARES TERCIÁRIAS	Relevo suave com baixo potencial erosivo Solos argilosos de baixa erodibilidade
COLINAS EM CRISTALINO	Relevo suave com baixo potencial erosivo Solos de alteração silto-arenosos de alta erodibilidade
MORROTES E MORROS ALTOS E BAIXOS, MONTANHAS EM CRISTALINO	Relevo acidentado de alto potencial erosivo Solos de alteração silto-arenosos de alta erodibilidade

TIPOS DE SOLOS CONSIDERADOS

- 1. Solo Superficial (pedologicamente evoluído) dos Sedimentos Terciários**
- 2. Solo Superficial (pedologicamente evoluído) das Rochas Cristalinas**
- 3. Solo de Alteração dos Sedimentos Terciários**
- 4. Solos de Alteração das Rochas Cristalinas**

DIFERENÇAS NA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA NOS VÁRIOS TIPOS DE HORIZONTES DE SOLO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

HORIZONTES	AREIAS %	SILTE %	ARGILA %
Solo superficial laterizado pedogeneticamente evoluído dos sedimentos terciários Horizontes A e B	14,2	5,00	80,80
Solo superficial laterizado pedogeneticamente evoluído do cristalino – Horizontes A e B	20,33	13,33	66,33
Solos residuais profundos (saprolito) das camadas sedimentares terciárias Horizonte C	38,12	8,86	53,12
Solos residuais profundos (saprolito) do cristalino Horizonte C	22,4	75,7	1,9

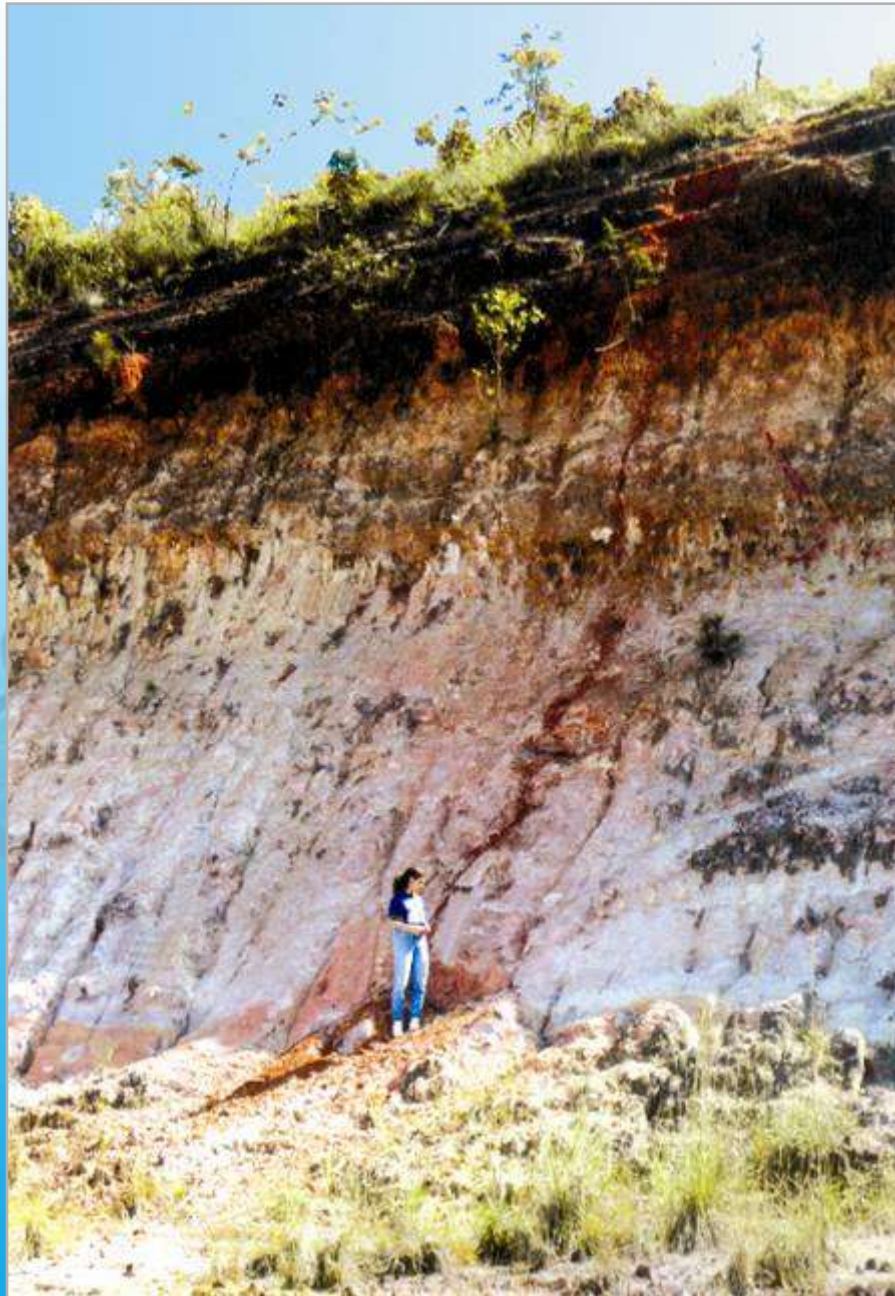
DIFERENÇAS DE ERODIBILIDADE NOS VÁRIOS TIPOS DE HORIZONTES DE SOLO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Índice de Erodibilidade	Talude do Cristalino		Talude do Terciário	
	Porção Sup. Horizonte A e B	Porção Inf. Horizonte C	Porção Sup. Horizonte A e B	Porção Inf. Horizonte C
Boyucos Modificados	0,51	51,64	0,24	0,88
Relação de Dispersão (%)	53,14	99,00	37,00	42,00
(*) Relação de Erosão	50 a 60	3507 a 4400	52 a 40	77 a 55
(**) Relação de Erosão	22 a 26	2215 a 2789	13 a 17	18 a 25

* Relação de erosão considerando conteúdo coloidal igual quantidade de argila que se dispersa naturalmente em (H₂O) conforme BERTONI e LOMBARDI (1985)

** relação de erosão considerando os valores de argila total como conteúdo coloidal conforme MIDDLETON (1930) citado em LAL (1988)









SOLO SUPERFICIAL

SOLO DE
ALTERAÇÃO



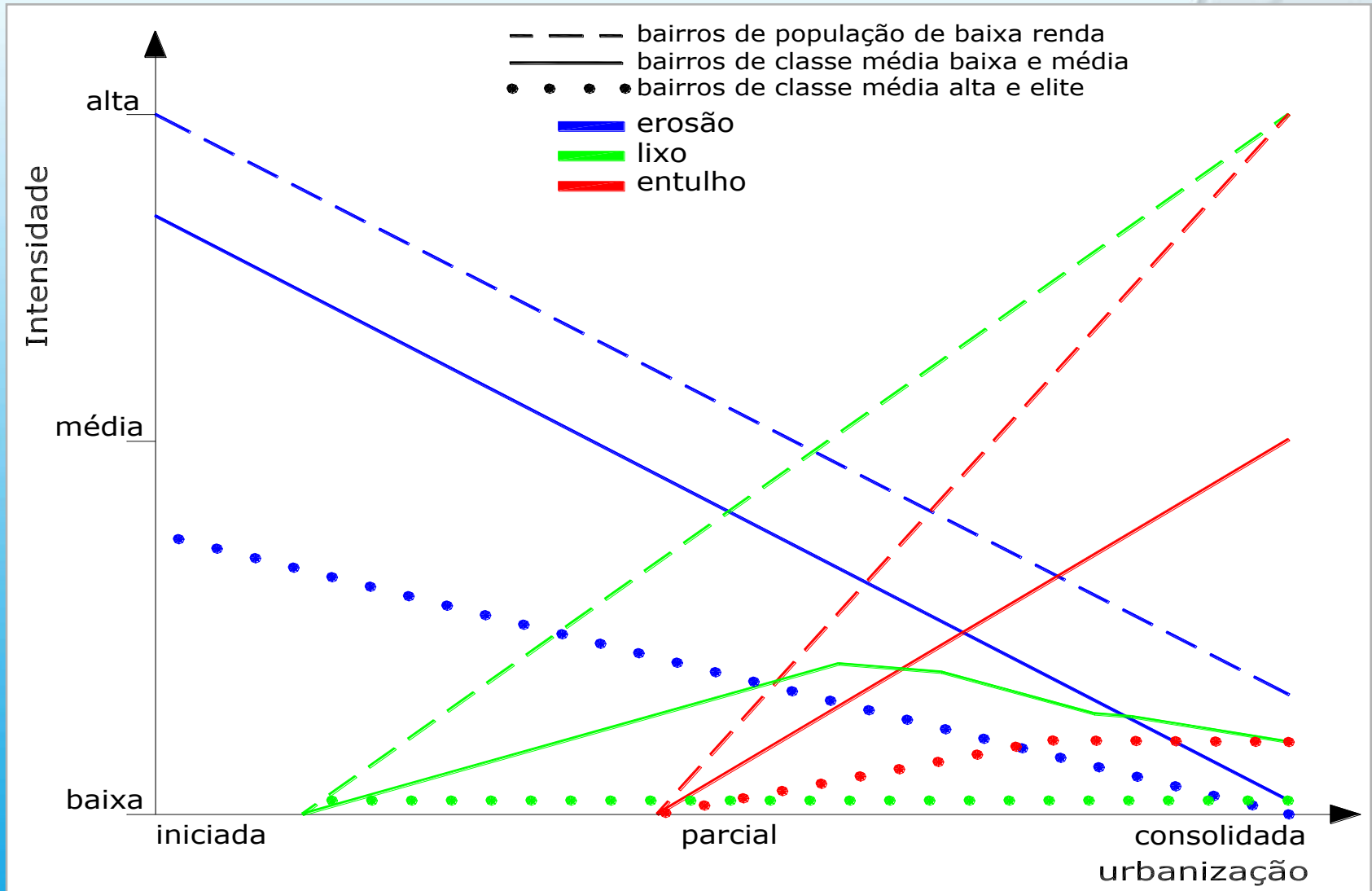


CLASSE DE USO DO SOLO

(Quanto à Exposição do Solo à Erosão)

- 1. Cobertura Vegetal**
- 2. Chácaras de Lazer/Parques vegetados**
- 3. Área Urbana Consolidada**
- 4. Área Urbana Parcialmente Consolidada**
- 5. Área Urbana Parcelada**
- 6. Área em Terraplenagem**

LIBERAÇÃO DE MATERIAIS DE ASSOREAMENTO











































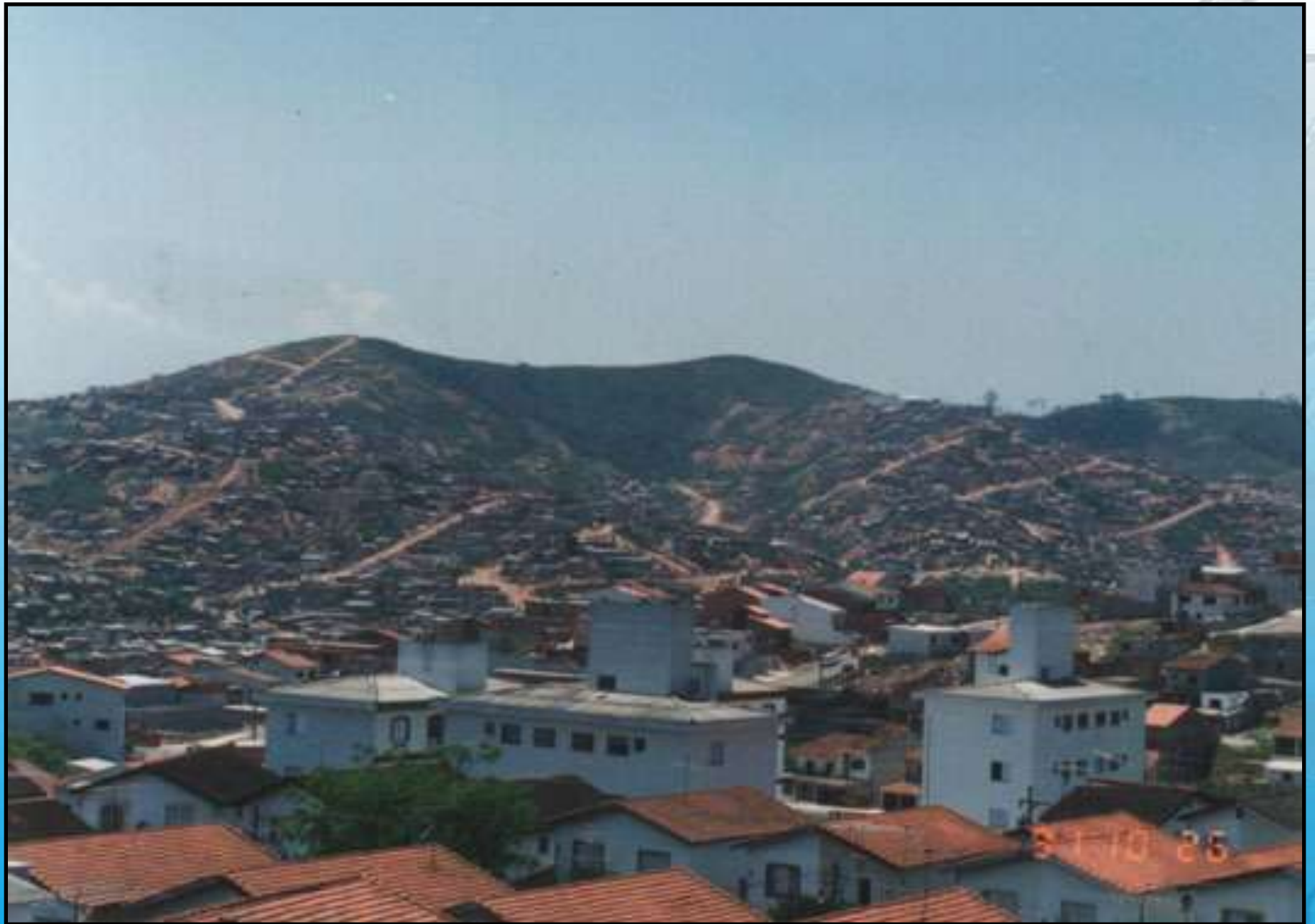








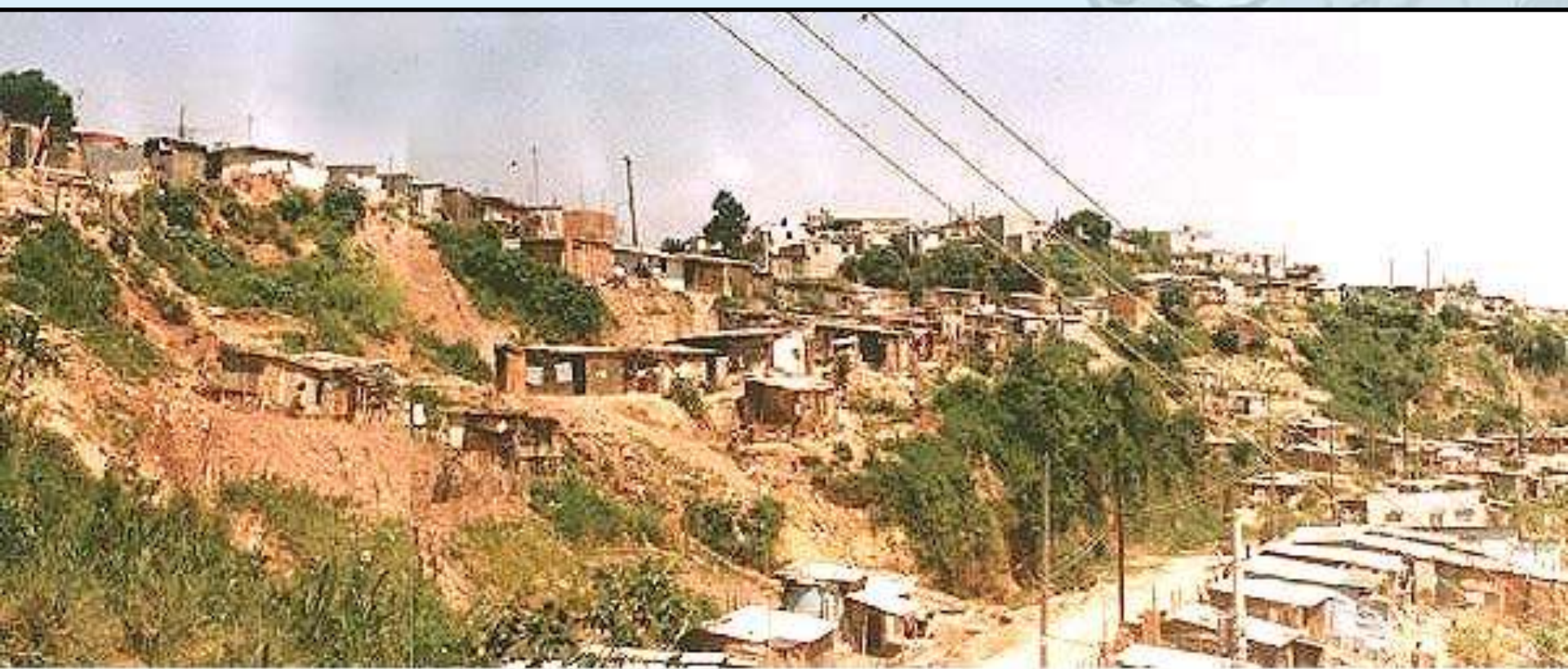




31/10 25







Favela Paranapanema - Campo Limpo - 1993



H

A

F

B

E

C

E

400 m

ROXIMADA

























LIBERAÇÃO DE SEDIMENTOS POR EROSÃO NA OCUPAÇÃO URBANA DA SUB- BACIA DO PAU D'ALHO

- **LOTEAMENTO REGULAR CONTINENTAL 3:
Ao longo de 26 anos liberou 235 t/ha/ano**
- **OCUPAÇÃO POR INVASÃO – VILA
OPERÁRIA
Ao longo de 5 anos liberou 100 t/ha/ano**















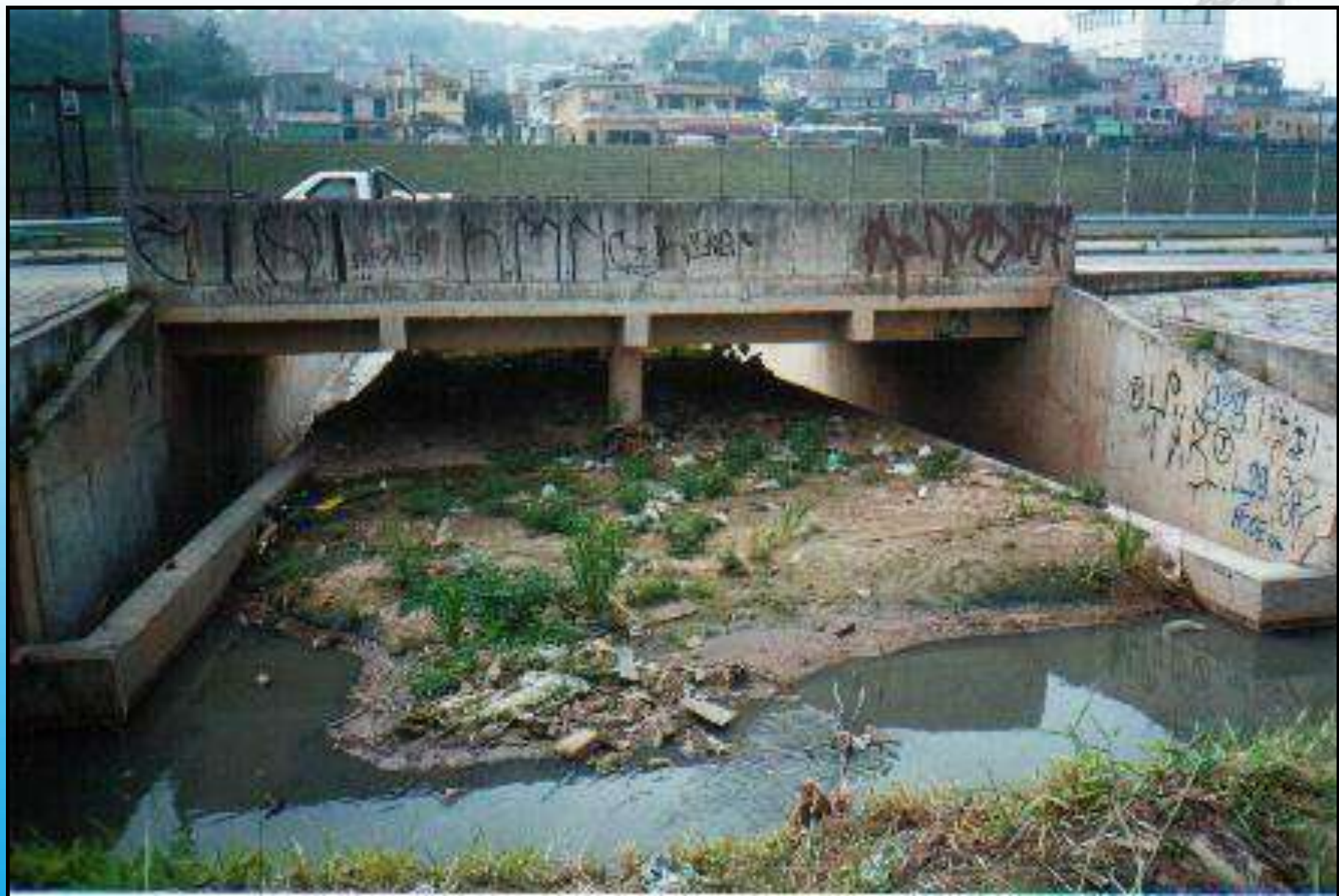






















O CONTROLE DA EROSIÃO E RISCOS

- LEGISLAÇÃO
- RESTRIÇÕES DE OCUPAÇÃO – CARTA GEOTÉCNICA
- ADEQUAÇÃO DOS PROJETOS
- PROCEDIMENTOS DE IMPLANTAÇÃO
- TÉCNICAS DE PROTEÇÃO DE SOLOS
- POLÍTICA HABITACIONAL

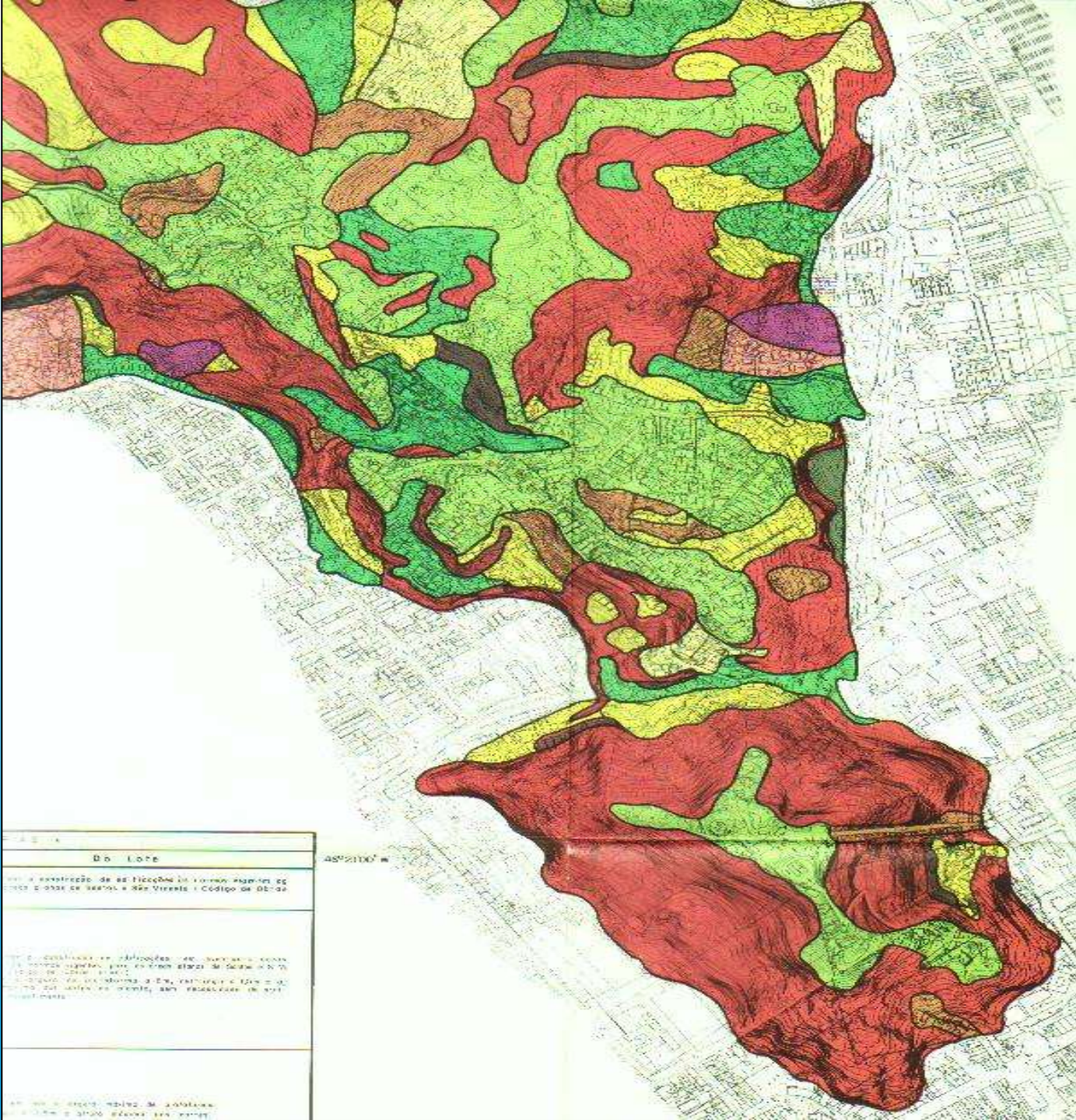
MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA COIBIÇÃO DA EROSÃO URBANA

PROJETO DE LEI Nº.....

Coíbe a erosão sobre superfícies de solo exposto no âmbito do perímetro urbano do município, evitando a destruição da infraestrutura urbana e o assoreamento do sistema municipal de drenagens naturais e construídas, e dá outras providências

Art. 1º Esta lei, através da penalização pecuniária dos **responsáveis**, objetiva uma drástica redução da destruição da infraestrutura urbana e do assoreamento do sistema municipal de drenagens naturais e construídas resultante do acúmulo de sedimentos terrosos originados de processos erosivos sobre superfícies de solo exposto no âmbito do perímetro urbano do município.

§ 1º – Para os efeitos dessa Lei considera-se superfície de solo



Ds. Lote

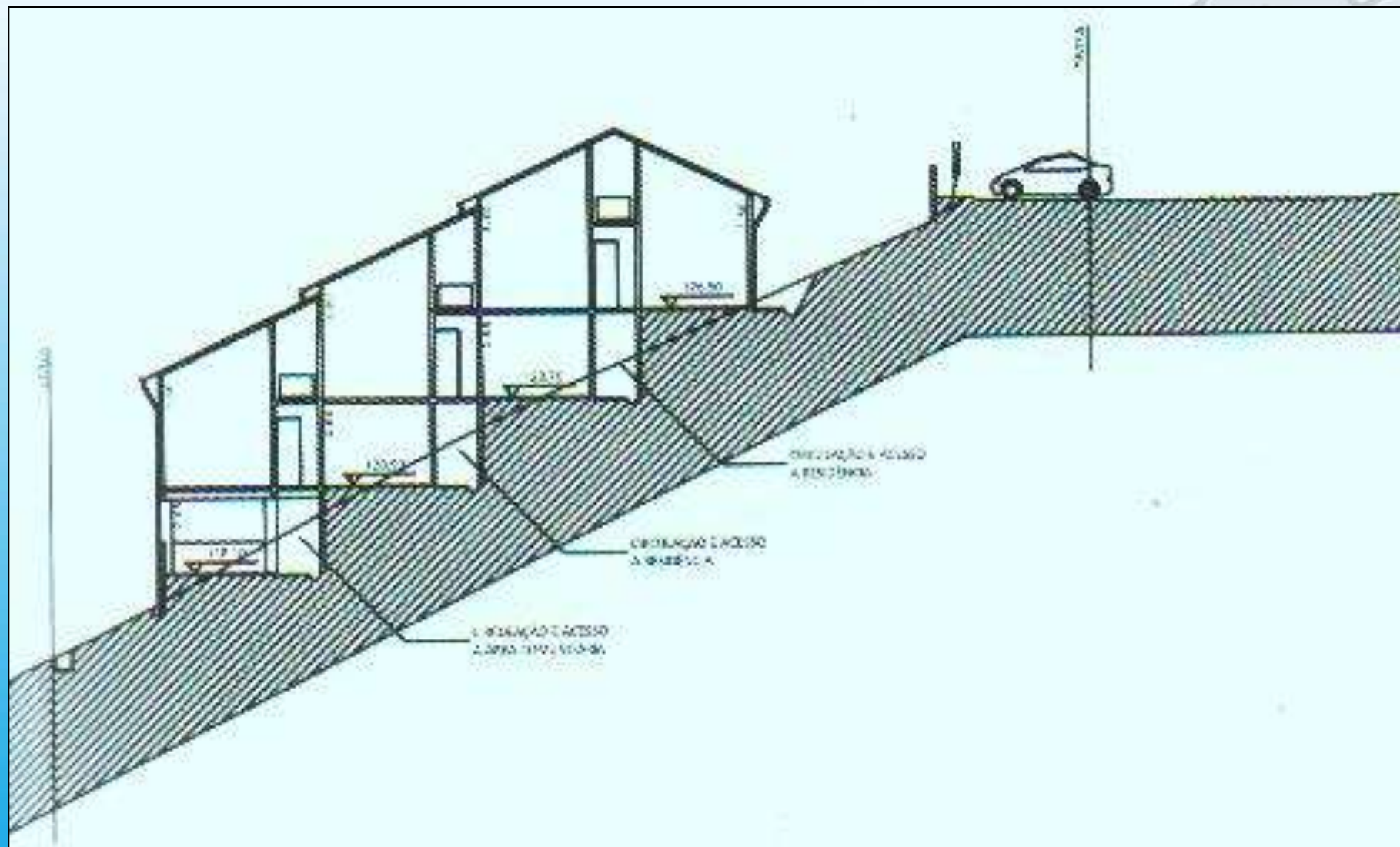
48°21'00" W

Este é o extracto de um plano de loteamento em vigor, emitido em 1970, e que se encontra no Livro de Registo do Município de Vila Rica, sob o nº 100/70.

O plano de loteamento foi aprovado em 1970, tendo sido publicado no Diário da República, em 1970, sob o nº 100/70.

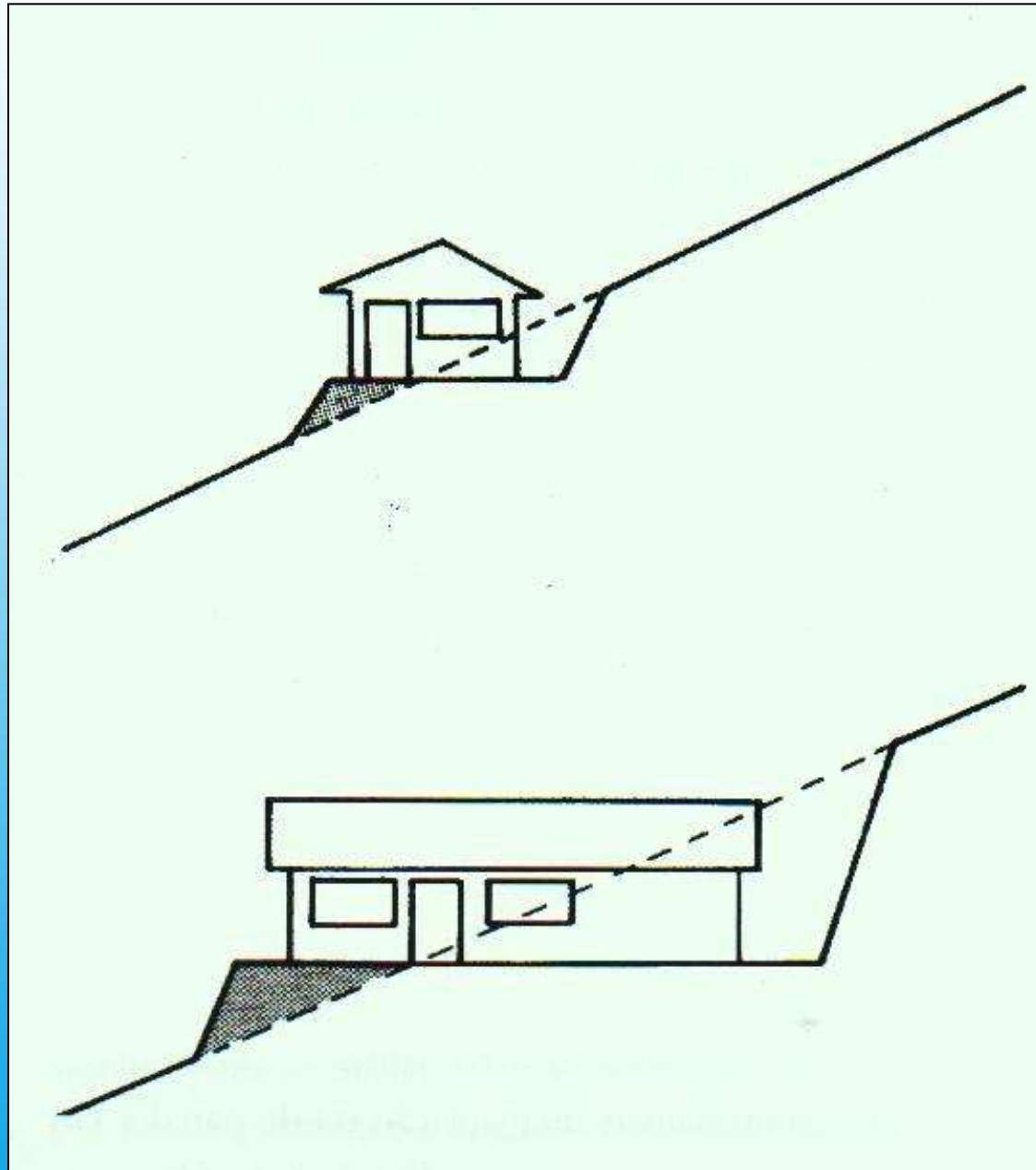
O plano de loteamento foi aprovado em 1970, tendo sido publicado no Diário da República, em 1970, sob o nº 100/70.

Este plano de loteamento foi aprovado em 1970, tendo sido publicado no Diário da República, em 1970, sob o nº 100/70.









LOTEAMENTOS OS 7 MANDAMENTOS DO BOM LOTEAMENTO

(REDUZIR OS CUSTOS, A EROÇÃO E O ASSOREAMENTO)

Geól. Álvaro Rodrigues dos Santos (santosalvaro@uol.com.br)

. 1 - Evitar ao máximo as terraplenagens:

- a- Usar a criatividade e adaptar seu projeto à topografia e não a topografia ao seu projeto;**
- b- Demarcar os lotes sem retirar a vegetação e o solo superficial. Somente retirar a vegetação e o solo superficial, se realmente necessário, no momento da construção de cada edificação, ou seja, lote a lote;**
- c- Em terrenos com declividade acima de 30% (17°) adotar lotes com a maior dimensão paralela às curvas de nível e estimular que as habitações tenham a parte frontal apoiada sobre pilotis (ou expedientes equivalentes), assim evitando encaixes profundos na encosta;**
- d- Em terrenos muito inclinados reduzir o número de ruas a nível, devendo ser privilegiado o acesso a pé às moradias. As ladeiras perpendiculares às curvas de nível deverão ser descontínuas.**
- e- Não implantar loteamentos em terrenos com declividade superior a 57% (30°). Acima dessa declividade criar áreas verdes reflorestadas permanentes.**

2 - Caso alguma terraplenagem seja mesmo indispensável, retirar antes a capa de solo superficial (+ou- 150 cm) e estocá-la, para depois utilizá-la no recobrimento de áreas terraplenadas a serem protegidas com vegetação. O solo superficial é o solo de melhores características agronômicas e construtivas: mais fértil, mais resistente à erosão e melhor para compactar.

- 3 - Nunca lançar o solo resultante de escavações e terraplenagens encosta abaixo. Retirá-lo da área e levá-lo para um bota-fora regularizado sugerido pela Prefeitura.**
- 4 - Logo de imediato à abertura, promover a pavimentação das ruas e a instalação do sistema de drenagem das águas pluviais. Só liberar o loteamento para a construção de habitações somente após a infra-estrutura básica implantada.**
- 5 - Programar as operações de terraplenagem de forma a liberar o mais cedo possível os taludes finais para proteção superficial, ou seja, conduzir a terraplenagem de “cima para baixo” ou em painéis sucessivos.**
- 6 - Taludes de cortes e aterros resultantes de terraplenagem deverão ser de imediato protegidos com pintura de calda de cal. Mais tarde essa proteção poderá ser substituída por alguma opção vegetal de caráter paisagístico, caso assim se deseje.**
- 7 - Programar os eventuais serviços de terraplenagem para os meses menos chuvosos, de forma que na época das chuvas as superfícies de solo porventura expostas já estejam devidamente protegidas.**



**TÉCNICAS DE PROTEÇÃO
DE SOLOS
CONTRA A EROSÃO**

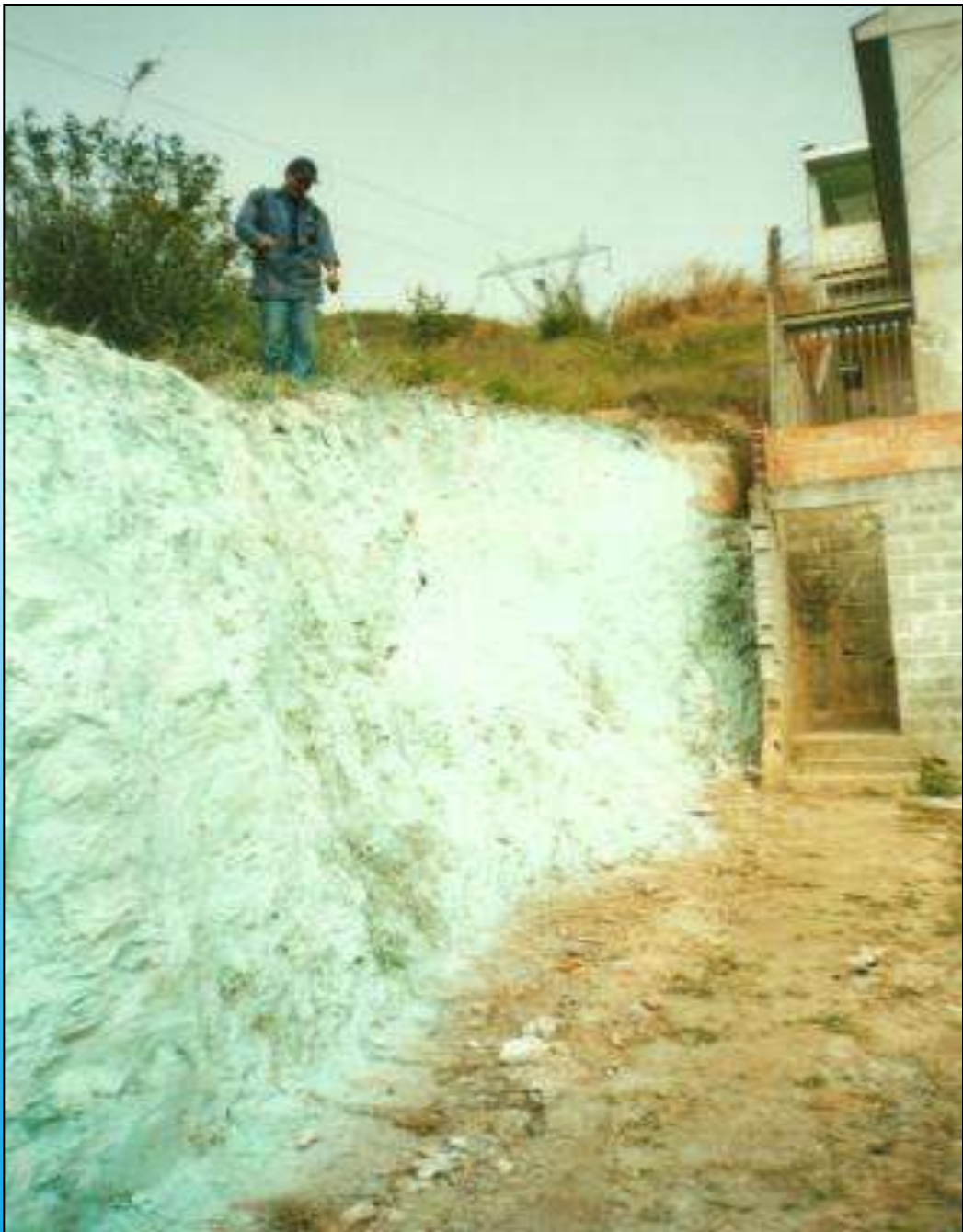
UM EXEMPLO:

TÉCNICA CAL-JET

**(PROTEÇÃO DE SOLOS CONTRA A EROSÃO ATRAVÉS
DE PULVERIZAÇÃO DE CALDA DE CAL)**



















ENTULHO

ENTULHO NA CIDADE DE SÃO PAULO

- **17 mil t/dia > 372 mil t/mês**
- **12,5 mil t/dia (70% do total) dispostas irregularmente**
- **250 empresas clandestinas de recolhimento**
- **25 mil caçambas, sendo 10 mil clandestinas**

COLUMNAS VIGAS-MAN



















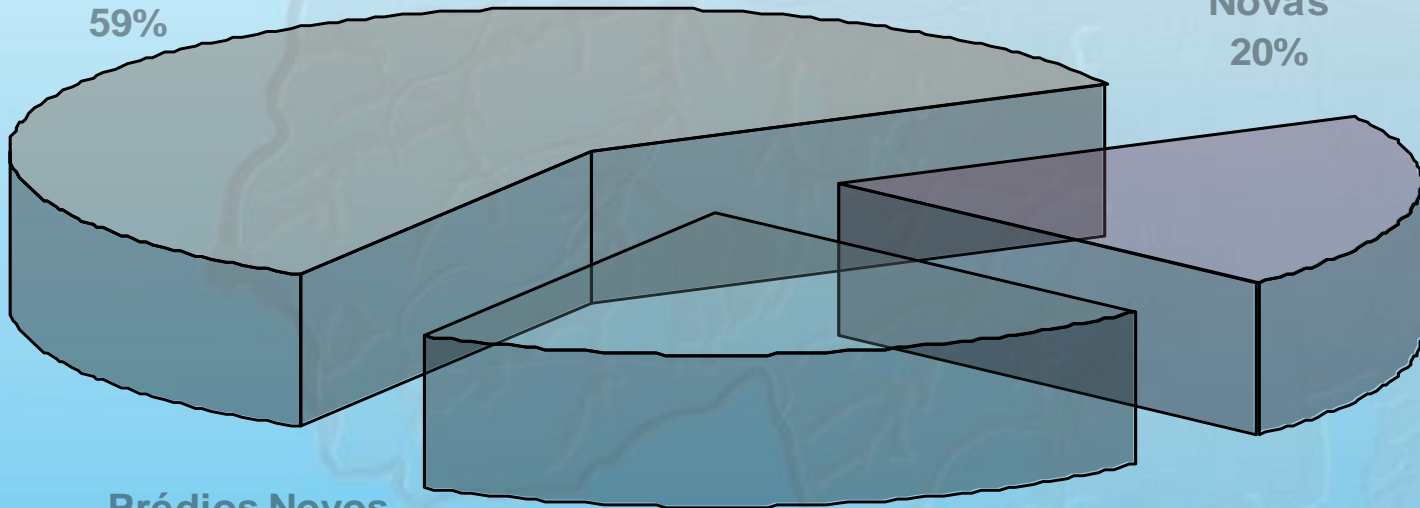
CARACTERIZAÇÃO DOS GERADORES

(média 3 municípios)

Reformas,
Ampliações e
Demolições
59%

Residências
Novas
20%

Prédios Novos
21%



ESTRATÉGIA PARA A REDUÇÃO DA DISPOSIÇÃO IRREGULAR DE ENTULHO

- **Reduzir a produção**
- **Coibir legalmente o lançamento irregular (resolução Conama 307)**
- **Educar, Orientar**
- **Agregar valor ao entulho através da obrigação de seu uso**
- **Incrementar possibilidades de uso do entulho bruto**
- **Instalar logística de recolhimento, segregação, usinagem e venda**

The background of the slide features a semi-transparent, light blue map of a geographical region, possibly a basin or a specific area of interest. The map shows various landmasses and internal boundaries, rendered in a lighter shade of blue against the overall blue gradient background. The text 'LIXO URBANO' is centered over the map.

LIXO URBANO



Jardim Damasceno - Zona Norte - fev/1999

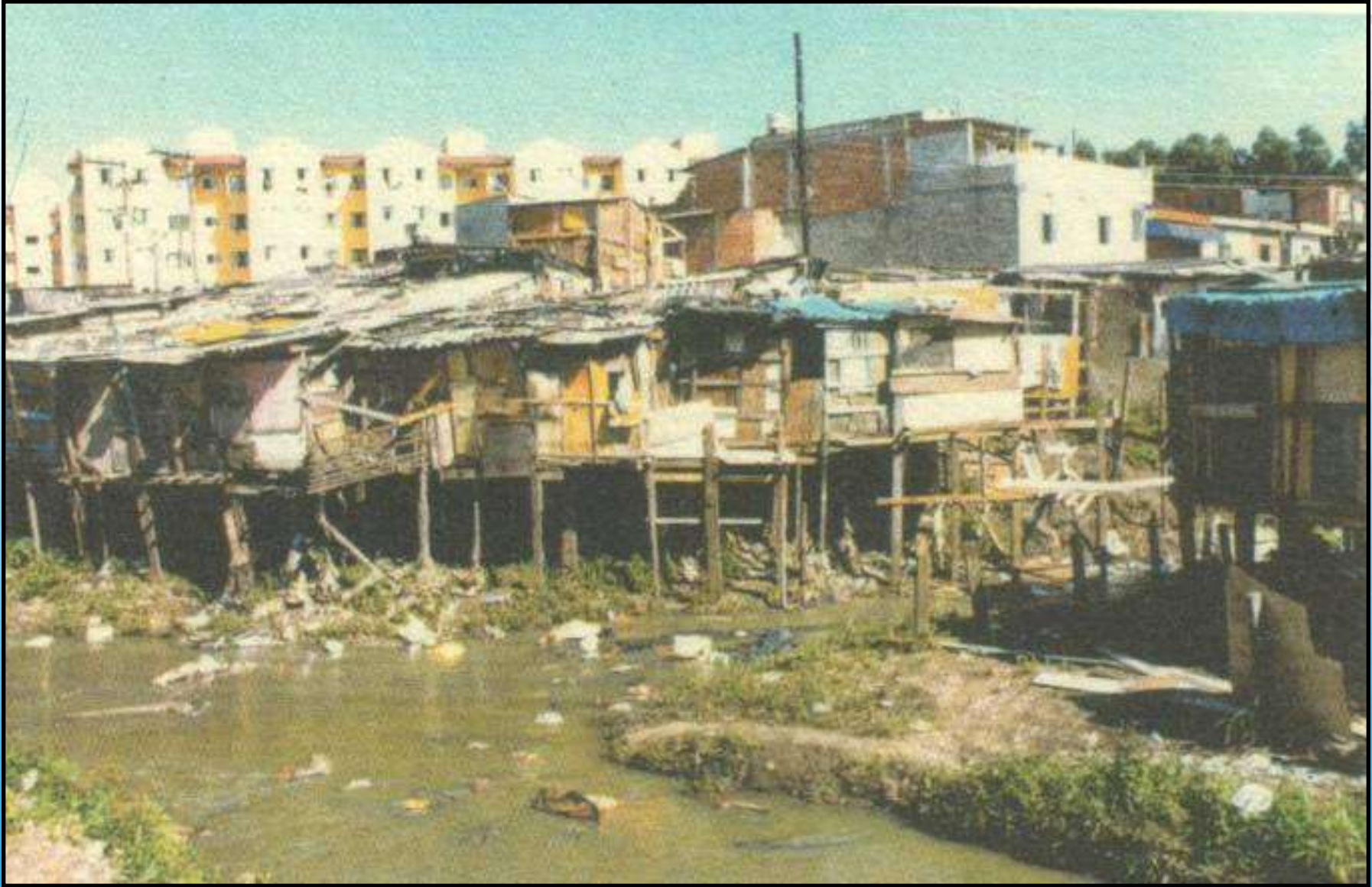








Jardim Damasceno - Zona Norte - fev/1999



FALTA UM ESTUDO SÉRIO SOBRE AS PRINCIPAIS FONTES DO LIXO URBANO LANÇADO IRREGULARMENTE

A QUESTÃO DO LIXO URBANO LANÇADO IRREGULARMENTE NÃO SE RESUME À SIMPLÓRIA DECORRÊNCIA DE UMA EVENTUAL FALTA DE EDUCAÇÃO DA POPULAÇÃO.

FAZ-SE NECESSÁRIA UMA PESQUISA RIGOROSA SOBRE AS PRINCIPAIS FONTES DO LIXO URBANO QUE CHEGA ÀS DRENAGENS PARA A FORMULAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM EFICAZ PROGRAMA VOLTADO À SUA RADICAL REDUÇÃO.



PROPOSTA

PROJETO PILOTO EM SUB-BACIA MONITORADA

IMPLANTAÇÃO DE MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS VOLTADAS AO AUMENTO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA POR INFILTRAÇÃO E RESERVAÇÃO EM UMA SUB-BACIA DE PEQUENO PORTE REPRESENTATIVA DAS CONDIÇÕES FÍSICAS E URBANÍSTICAS DA RMSP, COM MEDIÇÃO E MONITORAMENTO DE RESULTADOS