

Análise da Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina/PR: uma abordagem geopedológica

Eduardo Vedor de Paula

Tese de Doutorado – UFPR (2010)

Localização da área de drenagem da baía de Antonina

Serra do Mar

Geologia – Gnaisses-Migmatíticos e Granitos

Pedologia – CX e RL

Declividades - >30%

Pluviosidade > 2.800 mm

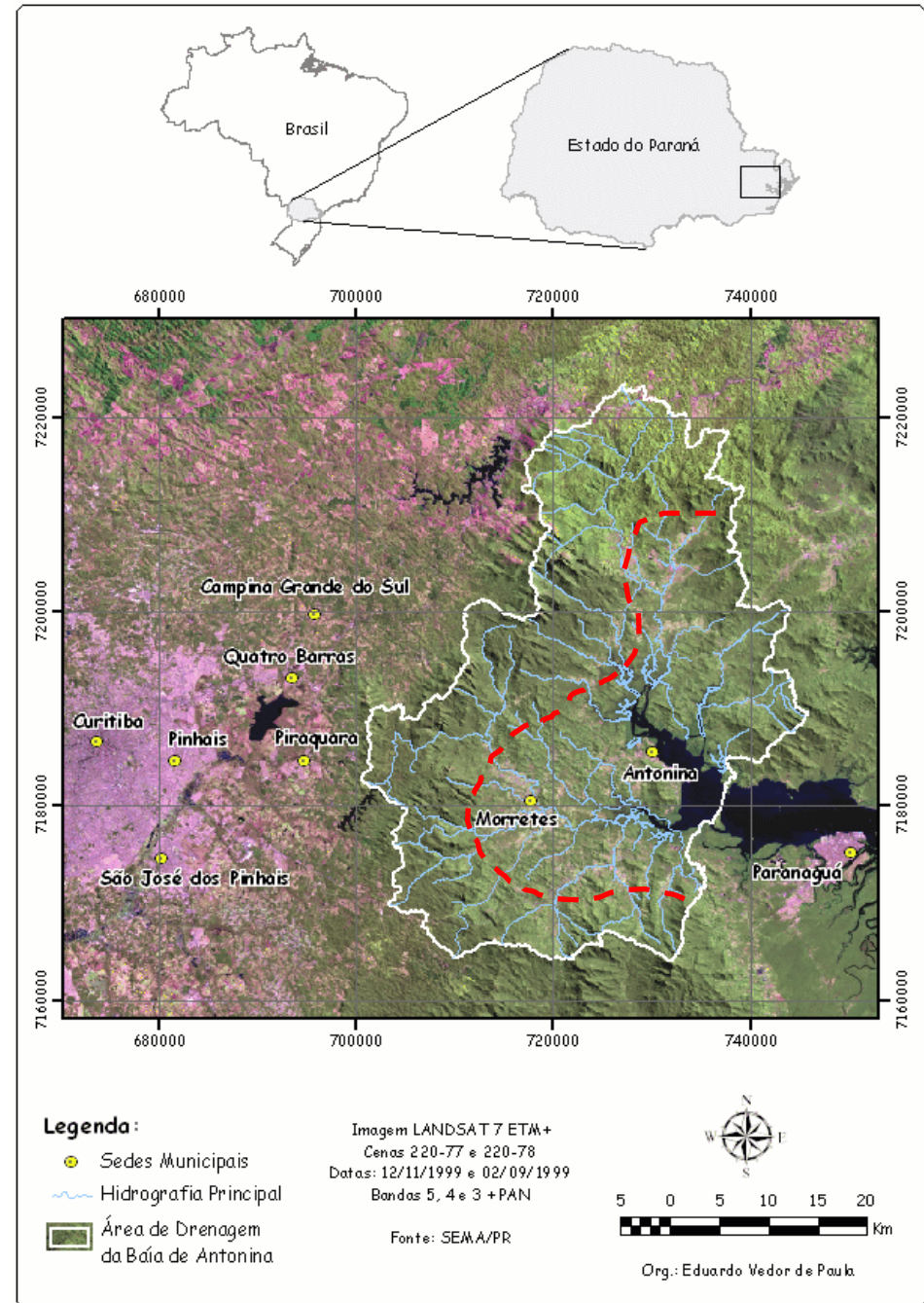
Planície Litorânea

Geologia – Sedimentos Recentes

Pedologia – GX, CY e RY

Declividades <5%

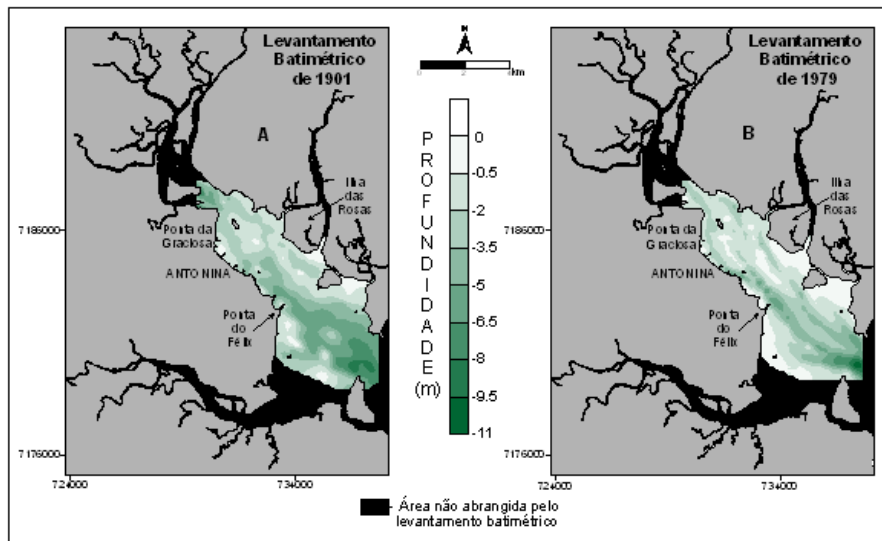
Pluviosidade entre 2.000 e 2.800 mm



Problemática



Ponto 1 – Cumeada da Serra do Faisqueira
Ponto 2 – Trapiche na Feira Mar (sede municipal de Antonina)



ODRESKI (2002)
Programa CAD (2005)
SOARES e LAMOUR (2006)
CATTANI (2009, 2012, 2017)

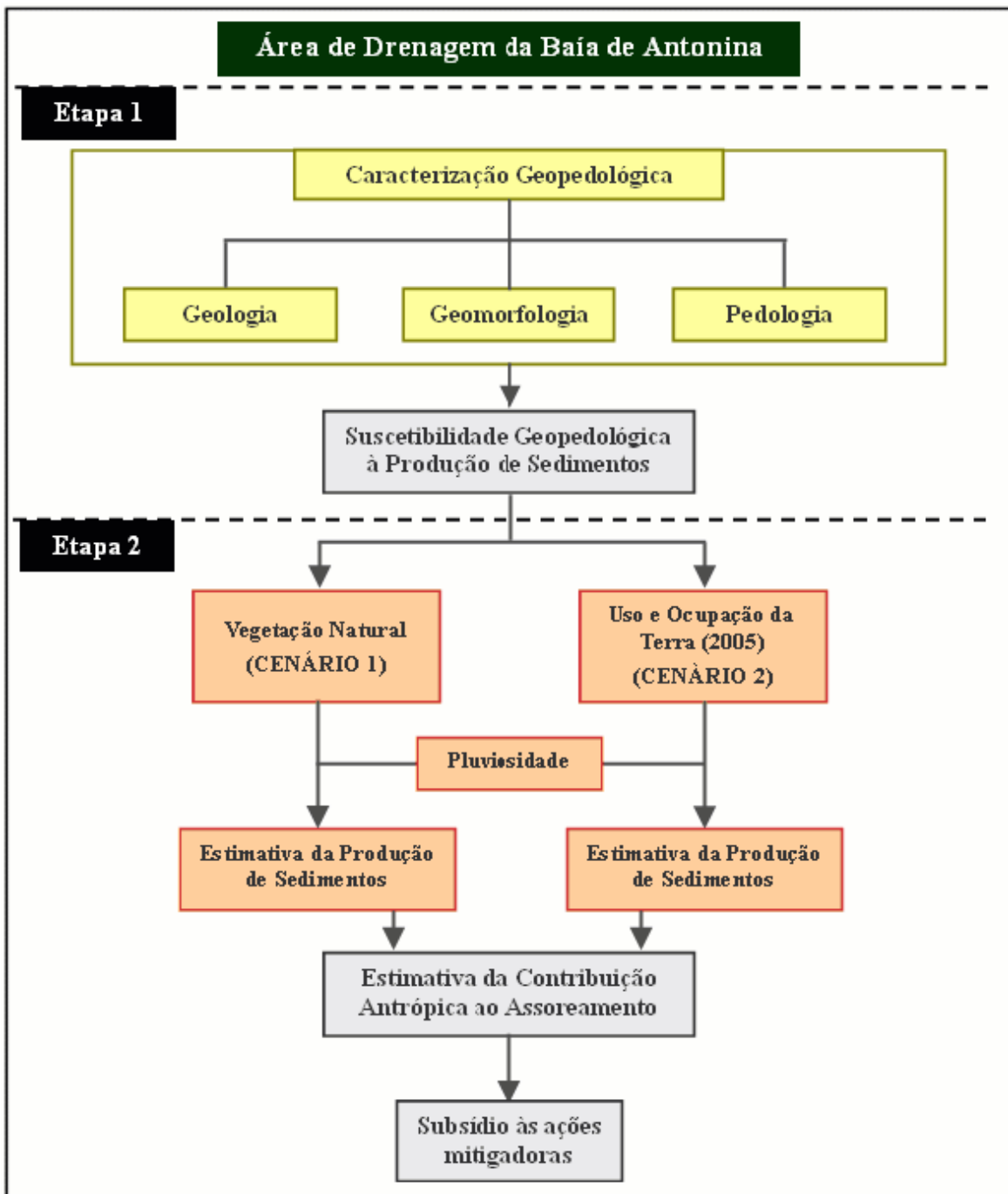
Questão

Diante das crescentes taxas de assoreamento da baía de Antonina quais são as áreas que mais contribuem com a produção de sedimentos? E porquê?

Objetivo Geral

Refere-se à estimativa da produção de sedimentos nas bacias hidrográficas que drenam para a baía de Antonina, priorizando-se a delimitação e a hierarquização das áreas que disponibilizam esses sedimentos.

Roteiro Metodológico

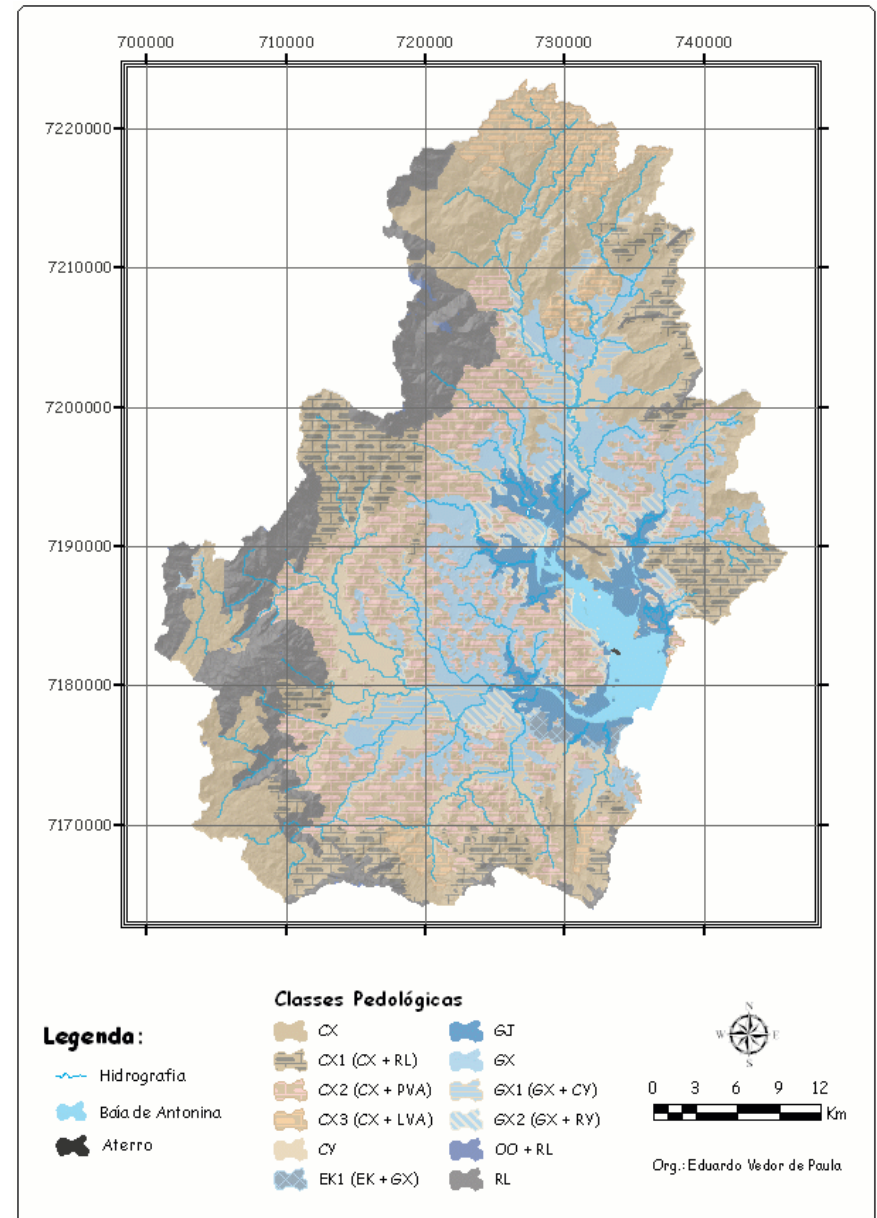


Síntese dos Resultados

Subordens Pedológicas

Ponderação dos solos conforme suscetibilidade à produção de sedimentos

Sigla	Subordem Pedológica	Peso
OO	Organossolo Fólico	1,0
GJ	Gleissolo Tiomórfico	1,0
GX	Gleissolo Háplico	1,0
GX + CY	Gleissolo Háplico + Cambissolo Flúvico	1,3
GX + RY	Gleissolo Háplico + Neossolo Flúvico	1,3
CY	Cambissolo Flúvico	1,5
EK + GX	Espodossolo Humilúvico + Gleissolo Háplico	1,5
RL	Neossolo Litólico	2,0
CX	Cambissolo Háplico	2,0
CX + RL	Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico	2,0
CX + LVA	Cambissolo Háplico + Latossolo Vermelho-Amarelo	2,5
CX + PVA	Cambissolo Háplico + Argissolo Vermelho-Amarelo	3,0



Estimativa da Produção de Sedimentos no Cenário 1

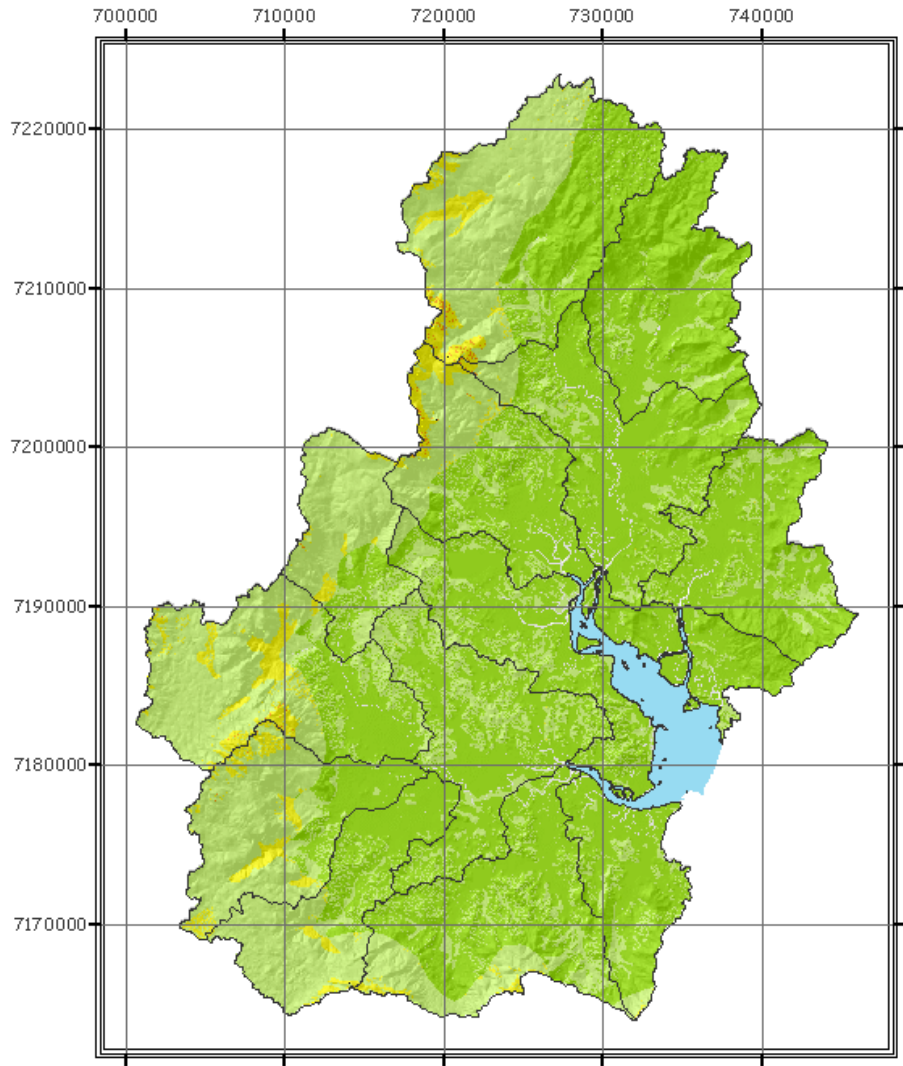
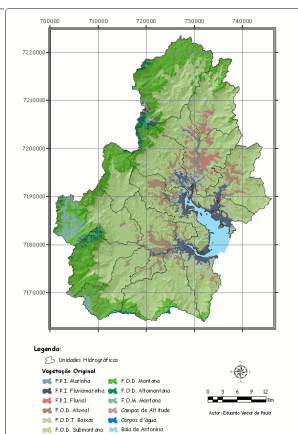
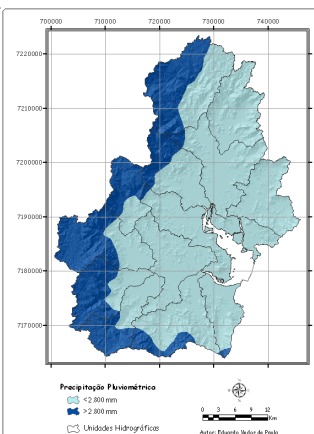
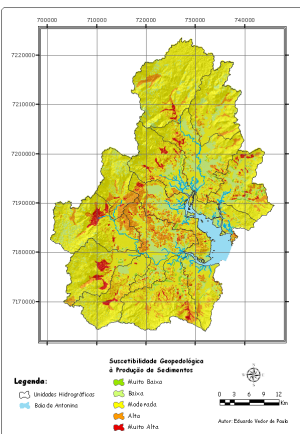
Suscetibilidade Geopedológica

+

Chuva

+

Vegetação Natural



Estimativa da produção natural de sedimentos por unidade hidrográfica da área de drenagem da baía de Antonina

Unidade Hidrográfica	Área (km ²)*	Produção Natural (t.a ⁻¹)	Média (t.km ⁻² .a ⁻¹)
Bacia Hidrográfica do Alto Rio Cachoeira	180,21	6.092	33,8
Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Cachoeira	134,71	1.566	11,7
Bacia Hidrográfica do Alto Rio Nhundiaquara	140,59	5.667	40,3
Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Nhundiaquara	115,06	1.786	15,6
Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado	135,08	2.513	18,6
Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno	112,44	892	7,9
Bacia Hidrográfica do Rio Cacatu	106,04	3.105	29,3
Bacia Hidrográfica do Rio Fisqueira	103,17	1.103	10,7
Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi	102,67	4.143	40,3
Bacia Hidrográfica do Rio do Pinto	87,60	2.331	26,6
Bacia Hidrográfica do Rio São João	71,17	2.365	33,2
Área Incremental 1	65,23	714	11,0
Área Incremental 2	95,81	1.375	14,7
Área Incremental 3	43,62	347	8,0
Ilhas	6,98	62	9,7
Total	1.499,07	34.061	22,7

Estimativa da Produção de Sedimentos no Cenário 2

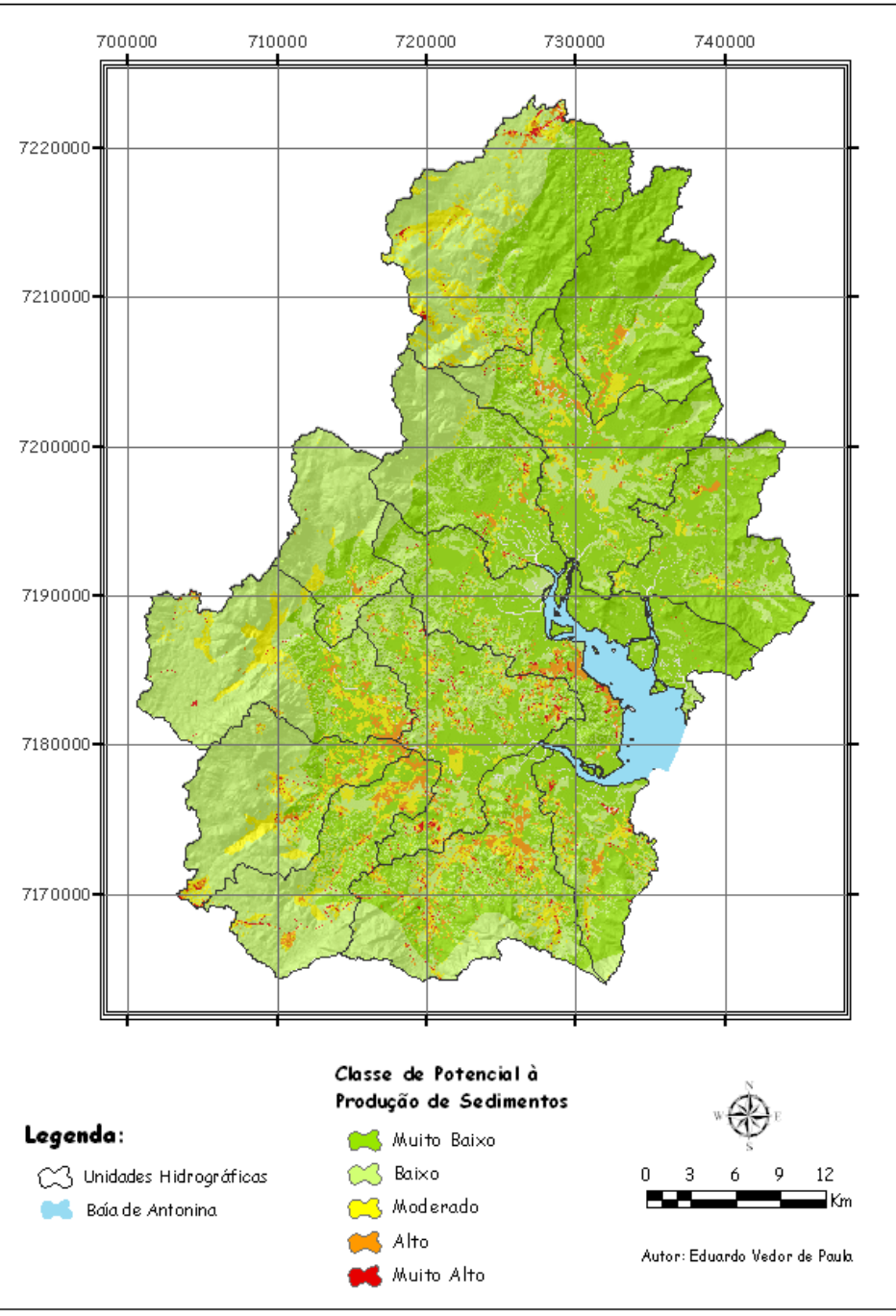
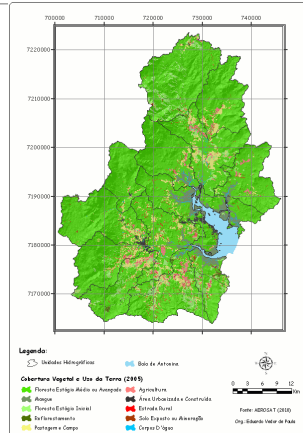
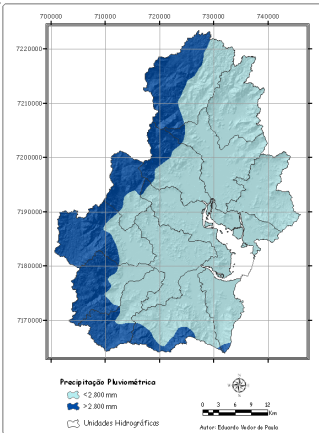
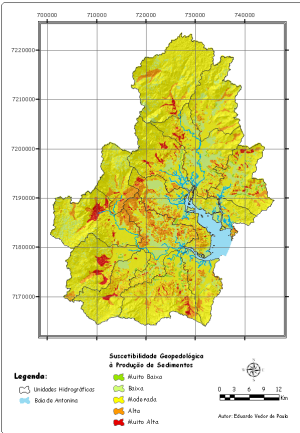
Suscetibilidade Geopedológica

+

Chuva

+

Cobertura 2005



Estimativa da produção de sedimentos em 2005 por unidade hidrográfica da área de drenagem da baía de Antonina

Unidade Hidrográfica	Área (km ²)*	Produção 2005 (t.a ⁻¹)	Média (t.km ⁻² .a ⁻¹)
Bacia Hidrográfica do Alto Rio Cachoeira	180,21	8.257	45,8
Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Cachoeira	134,71	4.130	30,7
Bacia Hidrográfica do Alto Rio Nhundiaquara	140,59	7.344	52,2
Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Nhundiaquara	115,06	5.841	50,8
Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado	135,08	7.290	54,0
Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno	112,44	2.117	18,9
Bacia Hidrográfica do Rio Cacatu	106,04	3.188	30,1
Bacia Hidrográfica do Rio Faisqueira	103,17	1.883	18,3
Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi	102,67	5.919	57,7
Bacia Hidrográfica do Rio do Pinto	87,60	5.212	59,5
Bacia Hidrográfica do Rio São João	71,17	2.760	38,8
Área Incremental 1	65,23	2.662	40,8
Área Incremental 2	95,81	3.517	37,2
Área Incremental 3	43,62	392	9,0
Ilhas	6,98	68	9,7
Total	1.499,07	60.580	40,4

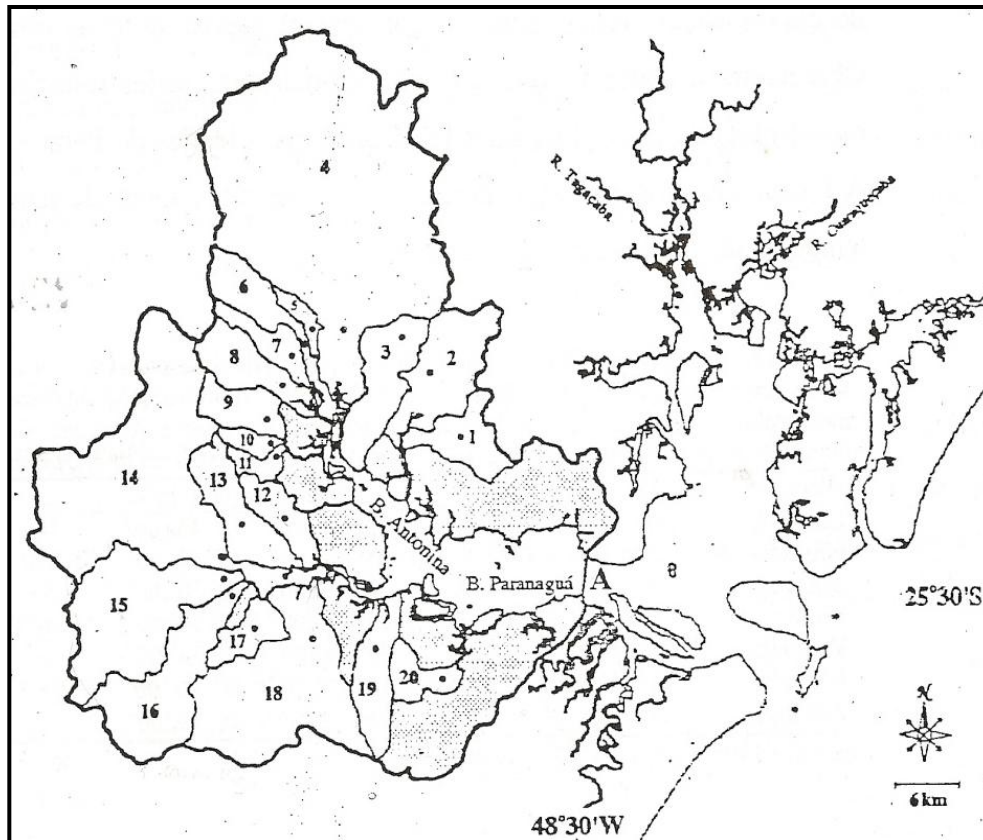
Estimativa do acréscimo na produção de sedimentos quando comparados os Cenários 1 e 2 (por unidade hidrográfica)

Unidade Hidrográfica	Acréscimo na Produção de Sedimentos		
	t.a ⁻¹	t.km ⁻² .a ⁻¹	%
Bacia Hidrográfica do Alto Rio Cachoeira	2.165	12,0	35,5
Bacia Hidrográfica do Alto Rio Nhundiaquara	2.564	19,0	163,7
Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Cachoeira	1.677	11,9	29,6
Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Nhundiaquara	4.055	35,2	227,0
Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado	4.777	35,4	190,1
Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno	1.225	10,9	137,3
Bacia Hidrográfica do Rio Cacatu	83	0,8	2,7
Bacia Hidrográfica do Rio Faisqueira	780	7,6	70,7
Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi	1.776	17,3	42,9
Bacia Hidrográfica do Rio do Pinto	2.881	32,9	123,6
Bacia Hidrográfica do Rio São João	395	5,6	16,7
Área Incremental 1	1.948	29,9	272,8
Área Incremental 2	2.142	22,4	155,8
Área Incremental 3	45	1,0	13,0
Ilhas	6	0,9	9,7
Total	26.519	17,7	77,9

Discussão dos Resultados

Os resultados decorrentes das estimativas de produção de sedimentos foram comparados aos estudos de CAMPAGNOLI (2005) e BORGES *et al.* (2009), nos quais foi empregada a metodologia de estimativa de produção de sedimentos adotada neste trabalho.

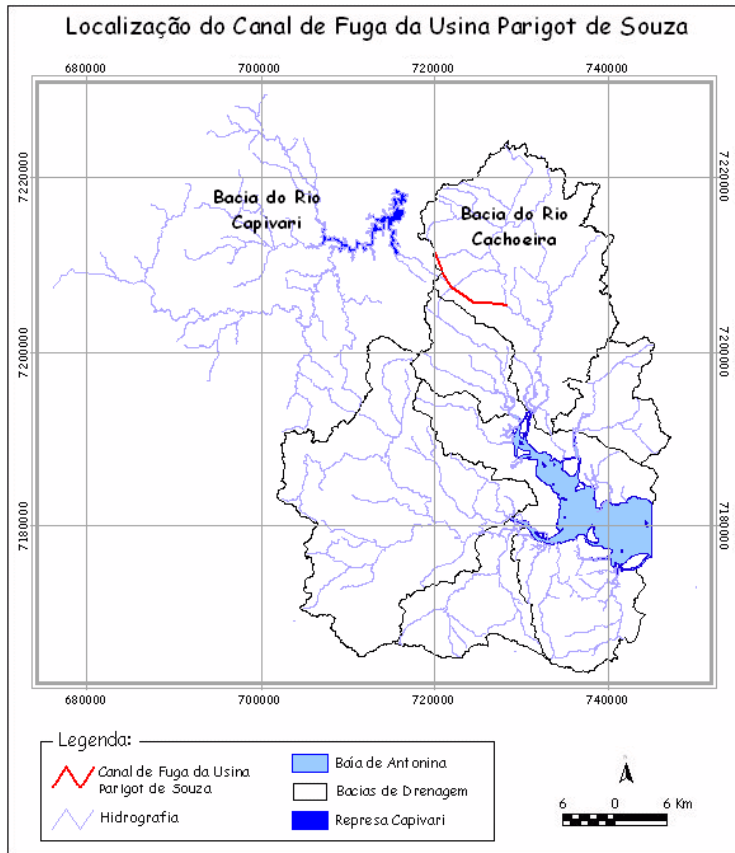
Os resultados também comparados aos obtidos nas pesquisas realizadas por MANTOVANELLI (1999) e GIBERTONI *et al.* (2008), as quais discutem a produção de sedimentos na área de drenagem da baía de Antonina.



Os dados medidos no rio Cachoeira revelaram-se aproximadamente **100% superiores em MANTOVANELLI (1999)**. Quando analisada a vazão sólida específica dos dados coletados no inverno, verifica-se que a bacia do rio Cachoeira revela os mais expressivos valores, fato que pode ser explicado pelo acréscimo das águas turbinadas da **UHE-GPS**

Tabela 45 Quantificação da estimativa da produção de sedimentos para as principais bacias hidrográficas que drenam para a baía de Antonina (Adaptado de GIBERTONI *et al.*, 2008)

Bacia Hidrográfica	Cenário	Produção (t.a ⁻¹)	Produção (t.km ⁻² .a ⁻¹)
Cachoeira (sem GPS) Área = 408 km ²	Natural	13.205	32,4
	1999	15.208	37,3
Cachoeira (com GPS) Área = 408 km ²	Natural	24.990	61,3
	1999	30.730	75,3
Nhundiaquara Área = 516 km ²	Natural	21.011	40,7
	1999	25.169	48,8
Sagrado Área = 136 km ²	Natural	5.470	40,2
	1999	8.130	59,8
Cacatu Área = 107 km ²	Natural	2.434	22,7
	1999	2.466	23,1
Faisqueira Área = 104 km ²	Natural	2.693	25,9
	1999	2.704	26,0
Xaxim Área = 56 km ²	Natural	1.279	22,8
	1999	1.334	23,8
Total (Sem GPS) Área = 1.327 km ²	Natural	46.095	34,7
	1999	54.892	41,4
Total (Com GPS) Área = 1.327 km ²	Natural	57.879	43,6
	1999	68.260	51,4



Vários autores apontam esta obra de engenharia como relevante na compreensão do assoreamento da baía de Antonina (BIGARELLA, 1978; LAMBERTUCCI, 1996; CURCIO, 1998; LESSA *et al.*, 1998; MANTOVANELLI, 1999; NOERNBERG, 2001; ODRESKI, 2002; ODRESKI *et al.*, 2003; BRANCO, 2004; MARSHALL, 2004; PAULA e CUNICO, 2005; GONÇALVES *et al.* 2006); PAULA (2010); CATTANI (2017).

Processos Erosivos

Canal Fuga do rio Capivari



Erosão às margens do rio Cachoeira

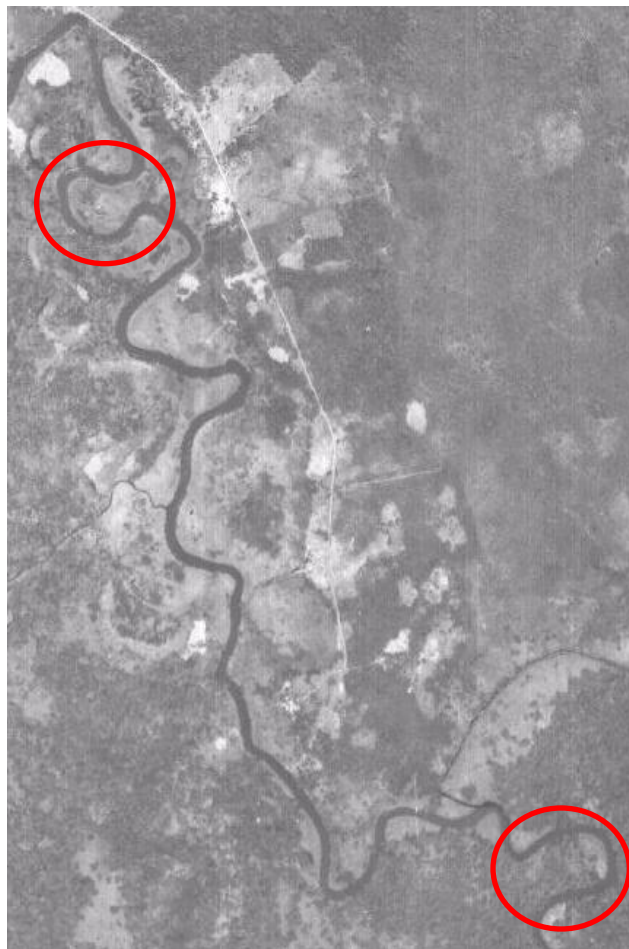


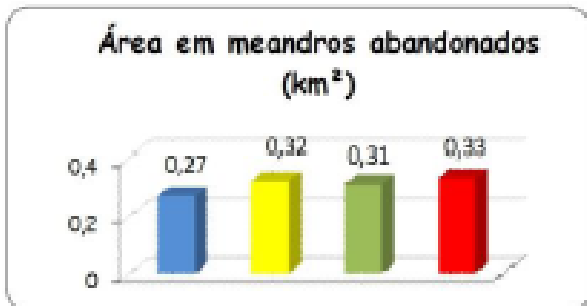
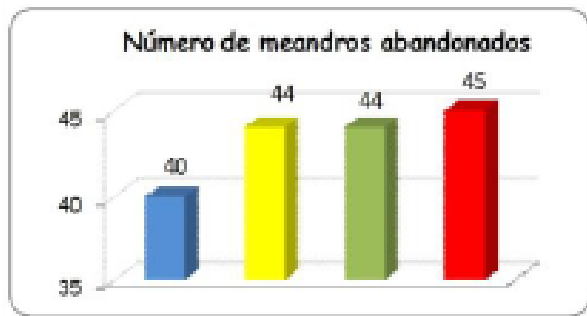
O aporte de água límpida associada a sua significativa energia (devido a liberação da energia potencial acumulada no reservatório), aumenta o poder erosivo do escoamento, provocando degradação, com **aprofundamento da calha do rio e erosão das margens**

1954

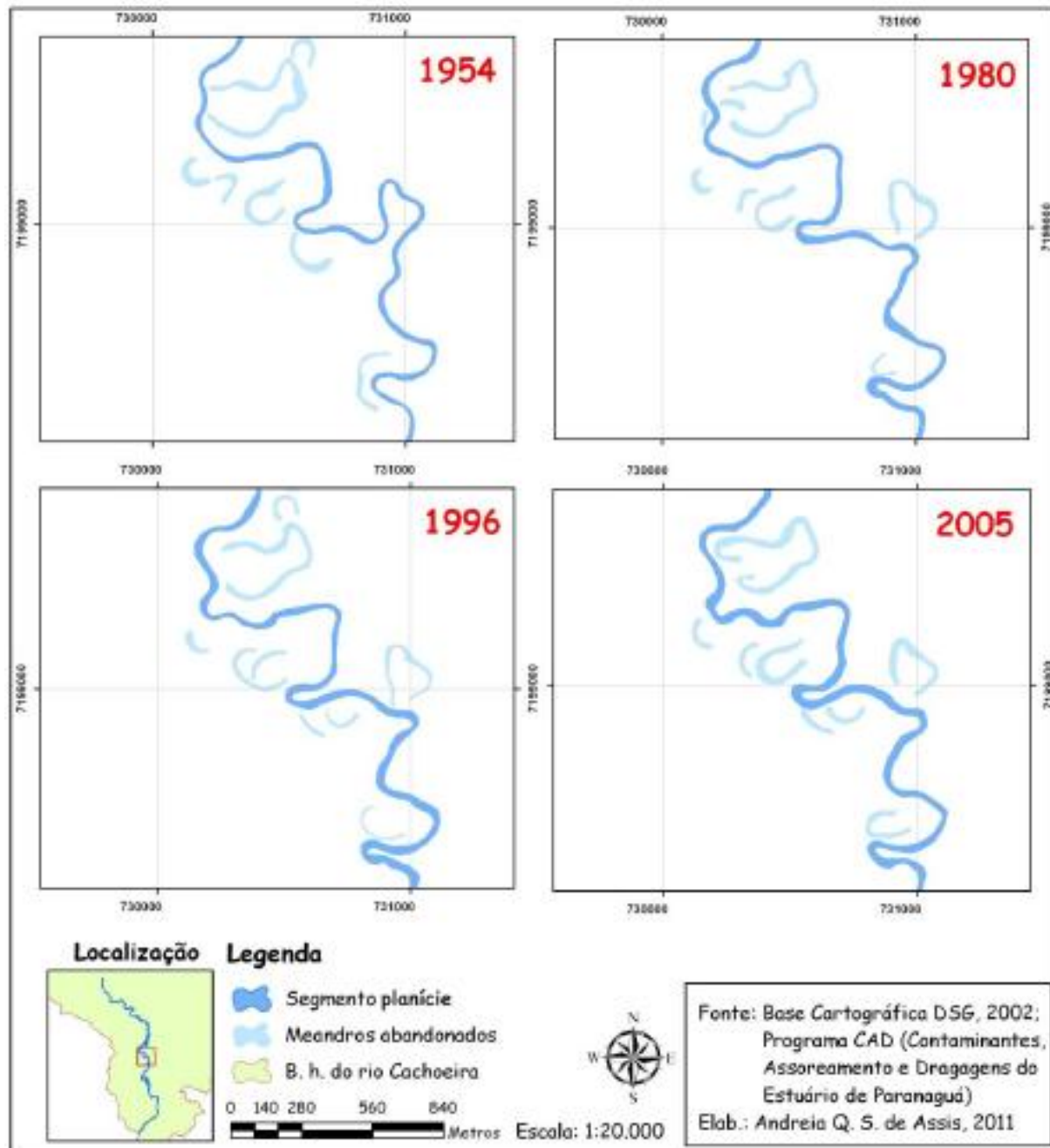
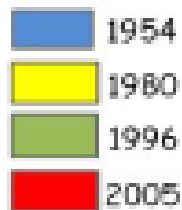
1980

2005

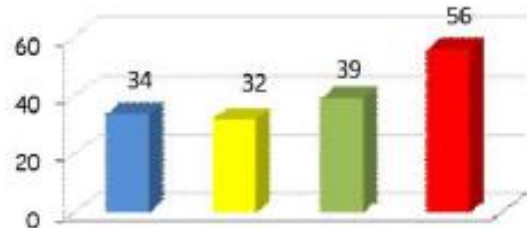




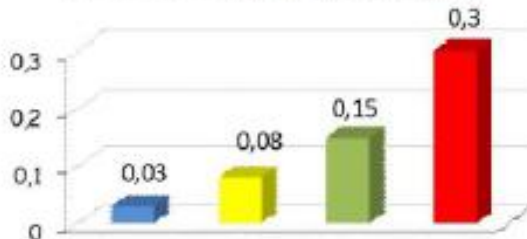
Anos:



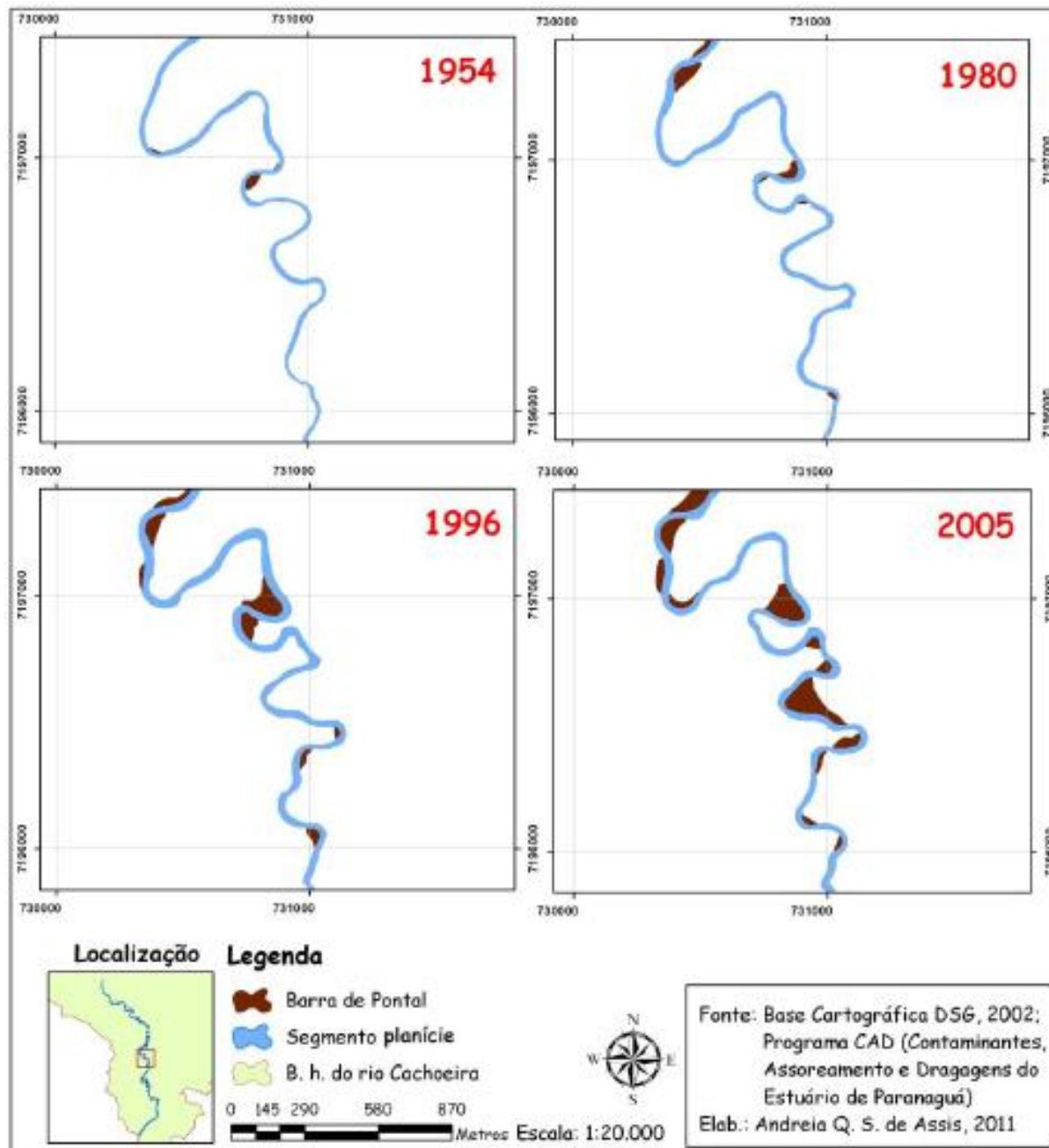
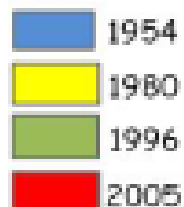
Número de barras de pontal



Área em barras de pontal (km²)



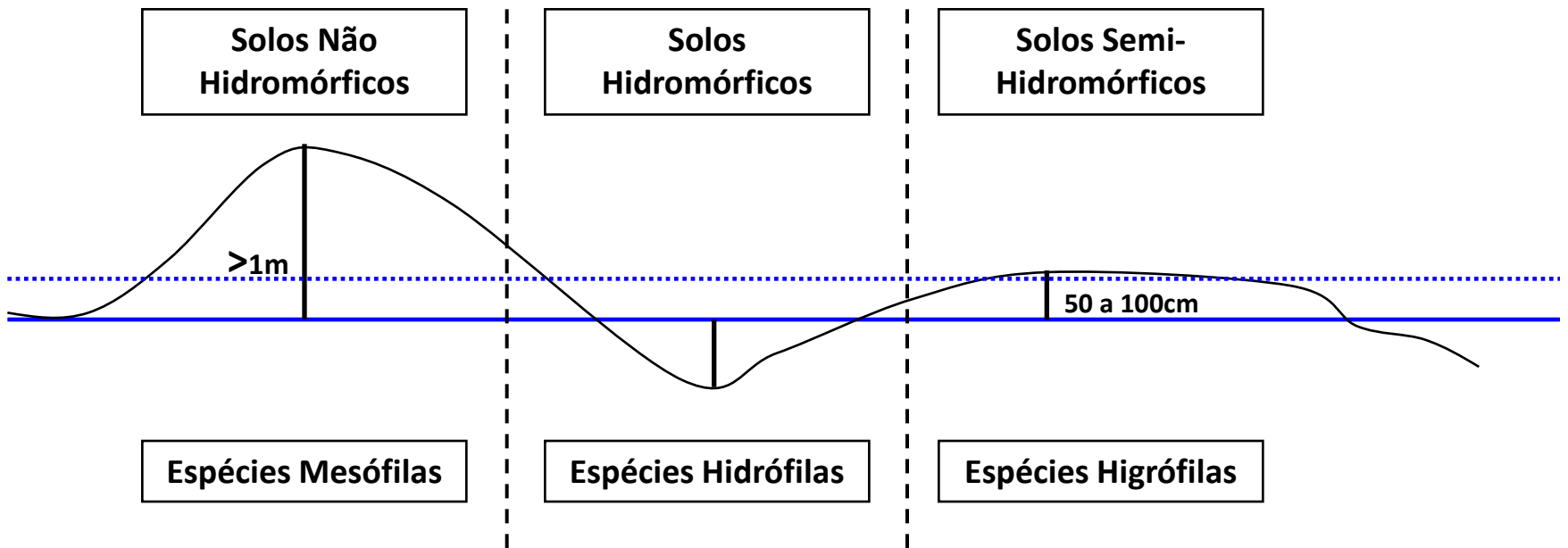
Anos:



Funcionalidades Ambientais Comprometidas

Com o aprofundamento do leito, o sedimento no local torna-se cada vez mais grosso, formando uma camada de encouraçamento. Esse sedimento grosso do leito pode se tornar impróprio como hábitat e locais de desova para espécies nativas, e mesmo introduzidas (Morris/Fan, 1997).

Grupos Funcionais das Espécies



Referências Bibliográficas

BIGARELLA, J. J.; KLEIN, R. M.; LANGE, R. B.; LOYOLA & SILVA, J.; LARACH, J. O. I. & RAUEN, M. J. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná**: Um problema de segurança ambiental e nacional. Secretaria do Estado do Planejamento – ADEA (Associação de Defesa e Educação Ambiental). Curitiba, 1978. 248 p.

BRANCO, J. C. **Alterações morfológicas na foz do rio Cachoeira**, Estado do Paraná, com base na análise da evolução das unidades de planície de maré. Curitiba, 2004. Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Dissertação de Mestrado.

CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F. G.; WINIEWSKI, C. & TIEPOLO, G. **Desmatamento de margens de rios: a situação do rio Cachoeira**. *In*: Caracterização do Nimad do litoral paranaense. Meio ambiente e desenvolvimento no Litoral do Paraná. Diagnóstico. R.R. DE LIMA & R.R.B. NEGRELLE (organizadores), Editora da UFPR, Curitiba, 1998. p: 77-81.

GONÇALVES, J. E.; REKSIDLER, R.; NOCKO, H. R. & OLIVEIRA, A. C. Contaminantes, Assoreamento, Dragagem / Hidrodinâmica e Biota Aquática da Baía de Antonina: **Modelagem Hidrodinâmica e de Transporte de Sedimentos da Baía de Antonina**. Curitiba: 2005. ADEMADAN. Relatório Técnico.

LAMBERTUCCI, J. L. **Diagnóstico preliminar do estado de conservação da microbacia hidrográfica do Rio Cachoeira**. Curitiba, 1996, 67 f. Monografia (Graduação em Geografia). Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

LESSA, G. C.; MYERS, S. R.; MARONE, E. Holocene stratigraphy in the Paranaguá Bay estuary, southern Brazil. **Journal of Sedimentary Research**. 1998. 68(6) 87-108.

MANTOVANELLI, A. **Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem**. 1999. Curitiba. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

MARCHALL, A. **Etude de l'évolution de l'occupation du sol dans le bassin versant de Cachoeira, Paraná, Bresil**: Contribution a l'étude des causes de l'envasement d'une baie. Paris, 2004. 97 f. Mémoire de DEA (Mondes Tropicaux), Ecole Doctorale de Géographie de Paris.

NOERNBERG, M. A. **Processos morfodinâmicos no complexo estuarino de Paranaguá – Paraná – Brasil**. Um estudo a partir de dados *in situ* e LANDSAT TM. 2001. Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Tese de Doutorado. 180 p.

ODRESKY, L. L. R. **Evolução sedimentar e batimétrica da Baía de Antonina – PR**. 2002. Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Dissertação de Mestrado, 79 p.

ODRESKI, L. L. R.; SOARES, C.R.; ANGULO, R.J.; ZEM, R.C. Taxas de Assoreamento e a Influência Antrópica no Controle da Sedimentação da Baía de Antonina (Paraná/PR). **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 53, p. 7-12, 2003. Editora UFPR.

PAULA, E. V.; CUNICO, C. **Caracterização socioambiental das bacias hidrográficas que drenam para a Baía de Antonina** (Projeto CAD - Fase 1). Antonina: ADEMADAN, 2005. 56 p. Relatório Técnico Terminais Portuários Ponta do Felix.

Recomendações

O que já deveria existir para operação de um empreendimento das dimensões da Usina GPS:

- 1- Estudo Ambiental, isento, com o intuito de dimensionar os impactos causados na bacia do rio Cachoeira em decorrência da operação da Usina GPS. Recomenda-se que o Termo de Referência seja elaborado pelo OC2 (Observatório de Conservação Costeira), sendo os resultados do EA apresentados em Audiência Pública;
- 2- Rede de monitoramento hidrossedimentológico com telemetria no rio Cachoeira, a montante e a jusante do canal fuga da Usina GPS, com o intuito de que os impactos da mesma sejam permanentemente monitorados.

Recomendações para Ações Compensatórias:

3- Mapeamento detalhado das áreas fonte de sedimentos na bacia do rio Cachoeira: estradas rurais mal implantadas, processos erosivos (agricultura e pecuária), áreas de extração mineral abandonadas, APPs degradadas, etc.;

4- Mapeamento e cadastro fundiário das propriedades rurais existentes na bacia do rio Cachoeira, com o intuito de identificar os beneficiários de um PSA;

Recomendações para Ações Mitigatórias:

5- Implantar PSA (Pagamento por Serviços Ambientais) na bacia hidrográfica do rio Cachoeira, visando significativa redução nas taxas de produção de sedimentos, assim como melhorar a qualidade de vida da população.

Para a construção do Projeto de PSA recomenda-se que as seguintes experiências sejam integradas:

- a) Programa Cultivando Água Boa desenvolvido pela Itaipu;
- b) Projeto RAPPs (Recuperação de Áreas de Preservação Permanente) desenvolvido pela ADEMADAN;
- c) Experiência adquirida pela Fundação Grupo Boticário, com a implantação de dezenas de projetos de PSA no Brasil;
- d) ICMBio que está construindo o Plano de Manejo da APA de Guaraqueçaba, onde se insere parte da bacia do rio Cachoeira.

Sugere-se, ainda, que o LACTEC não seja envolvido no processo, diante do conflito de interesses existente entre este prestador de serviços e a COPEL, seu principal mantenedor. A apresentação parcial dos resultados dos estudos desenvolvidos pelo LACTEC em 2008, evidencia esta falta de transparência.