

# ARSÊNIO

## ALERTA DE PERIGO

Wilson Scarpelli

wiscar@attglobal.net



Grupo Figueira da Glete



AGUSP

### Principais 20 Substâncias Mais Perigosas

ARSÊNIO É  
NÚMERO 1

- Arsênio
- Chumbo
- Mercúrio
- Cloreto de Vinil
- (PCBs) Bifenils Clorinados
- Benzeno
- Cádmio
- Benzo-a-pireno
- Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
- Benzo-b-fluoranteno
- Clorofórmio
- DDT
- Aroclor 1254
- Aroclor 1260
- Tricloroetileno
- Dibenzo-antraceno
- Dieldrin
- Cromo hexavalente
- Clordano
- Hexaclorobutadieno



[www.atsdr.cdc.gov/clist.html](http://www.atsdr.cdc.gov/clist.html)

Scarpelli

**As<sup>5+</sup> é mais tóxico que As<sup>3+</sup> e arsênio orgânico (metilado) é menos nocivo que arsênio inorgânico.**

**Arsênio orgânico assimilado em quantidade não excessiva é eliminado com a urina. Excesso pode fixar-se em órgãos, de onde pode ser eliminado com o tempo.**

**Arsênio inorgânico fixa-se em órgãos com mais facilidade que arsênio orgânico. Parte é transformado em orgânico por metilação.**

**Longos períodos de assimilação de arsênio podem causar feridas, cancer e outros efeitos tóxicos.**

**No Chile, Argentina, Índia e outros países há áreas com altos teores de arsênio em água natural. Populações que abastecem-se dessas águas apresentam maiores teores de arsênio no sangue, cabelo, unhas e órgãos.**

Scarpelli

**Arsênio no sangue indica arsênio assimilado recentemente, a maior parte do qual é comumente eliminada pela urina.**

**Arsênio no cabelo e unhas é arsênio fixado no organismo a mais tempo.**

**Em quantidades elevadas, pode levar a doenças.**

Scarpelli

## GRANDES CASOS DE CONTAMINAÇÃO POR ÁGUA

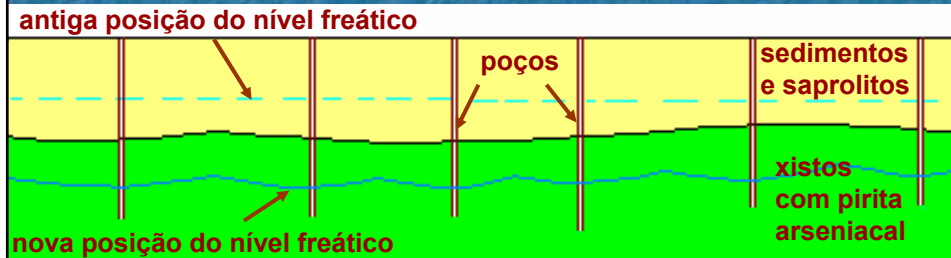


Scarpelli

O.Selinus e A.Frank em "Medical Geology"

## O PROBLEMA DE BANGLADESH

(>200.000 pessoas contaminadas a partir do abaixamento do nível freático, o qual levou à intemperização de piratas arsenicais)



**AFETAÇÕES MAIS EVIDENTES**  
pelo excesso de arsênio na água consumida



Scarpelli



## PADRÕES PARA ARSÊNIO

<b>ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO</b>	<b>&lt; 0,010 mg/L (&lt; ~10 ppm) (até 2000 era &lt;0,050 mg/L)</b>	<b>Ministério da Saúde, Portaria 1469/GM, Art. 14, 29.12.2000</b>
<b>ÁGUA DE SUBSOLO</b>	<b>Não há padrão definido</b>	<b>CETESB usa teor de água potável</b>
<b>EFLUENTE DESCARREGÁVEL EM DRENAGEM</b>	<b>&lt; 0,500 mg/L (&lt; ~500 ppm)</b>	<b>CONAMA, Resolução 20/1986</b>
<b>PRODUTO INERTE</b>	<b>&lt; 0,050 mg/L na solubilização</b>	<b>ABNT, Normas NBR-10004 e 10006</b>
<b>PRODUTO NÃO INERTE</b>	<b>&lt; 5,000 mg/L na lixiviação &gt;0,050 mg/L na solubilização</b>	<b>ABNT, Normas NBR-10004, 10005 e 10006</b>
<b>PRODUTO TÓXICO</b>	<b>&gt; 5,000 mg/L na lixiviação</b>	<b>ABNT, Normas NBR-10004 e 10005</b>

Scarpelli

## TOXICIDADE – NORMAS DE DEFINIÇÃO

### ENSAIOS DE SOLUBILIZAÇÃO

ABNT – NBR 10006

Ensaio em solução neutra, de pH 7,0.  
Ensaio em duplicata, cada uma com 100 g.  
Após agitação inicial, permanência de 7 dias.  
Ao final, solução é diluída até 400 ml com água deionizada.  
Mede-se o teor do elemento na solução.

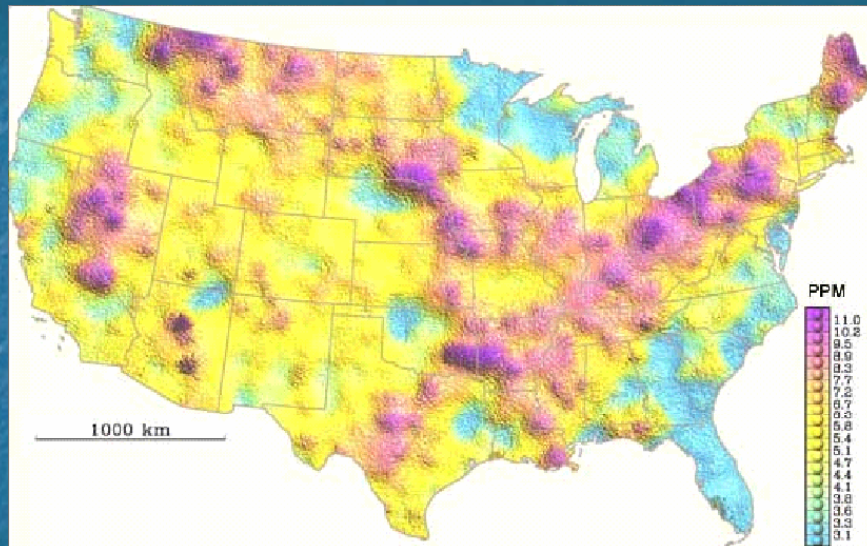
### ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO

ABNT – NBR 10005

Ensaio em meio ácido "natural", usando-se ácido acético 0,5 N.  
Agitação contínua de 50 g da amostra em pH 5,0 +/- 0,2.  
Período mínimo de 25 horas.  
A acidez é mantida com novas adições de ácido acético.  
Ao final, a solução é diluída até 800 ml com água deionizada.  
Mede-se quantidade de ácido usada e teor do elemento na solução.

Scarpelli

## USA, ARSÊNIO EM SOLO

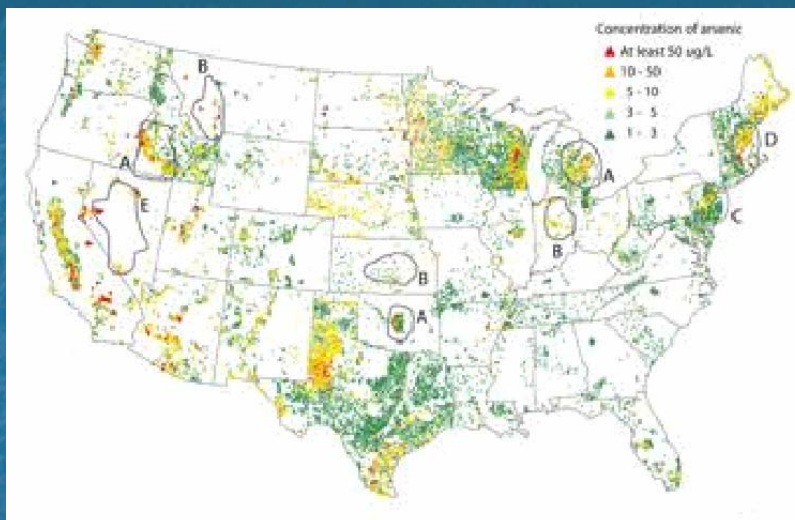


Arsênio em 1.323 amostras de solo de margem de estradas, a espaçamento de 80 km (uma a cada 6.000 km<sup>2</sup>)

Scarpelli

USGS, Prof. Paper 1648, "Geochemical Landscape"

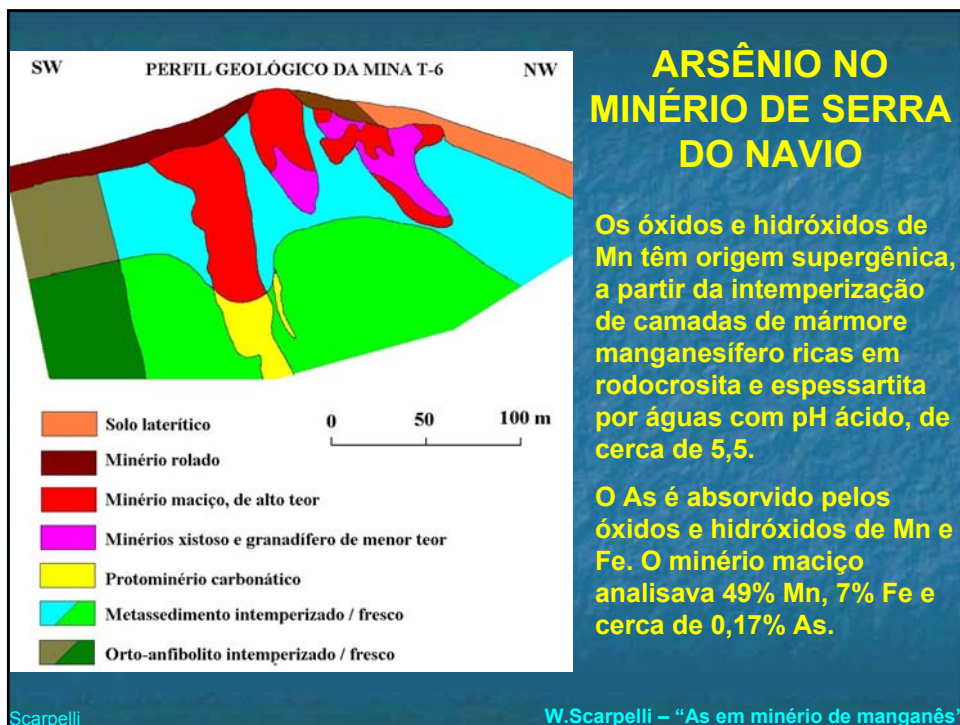
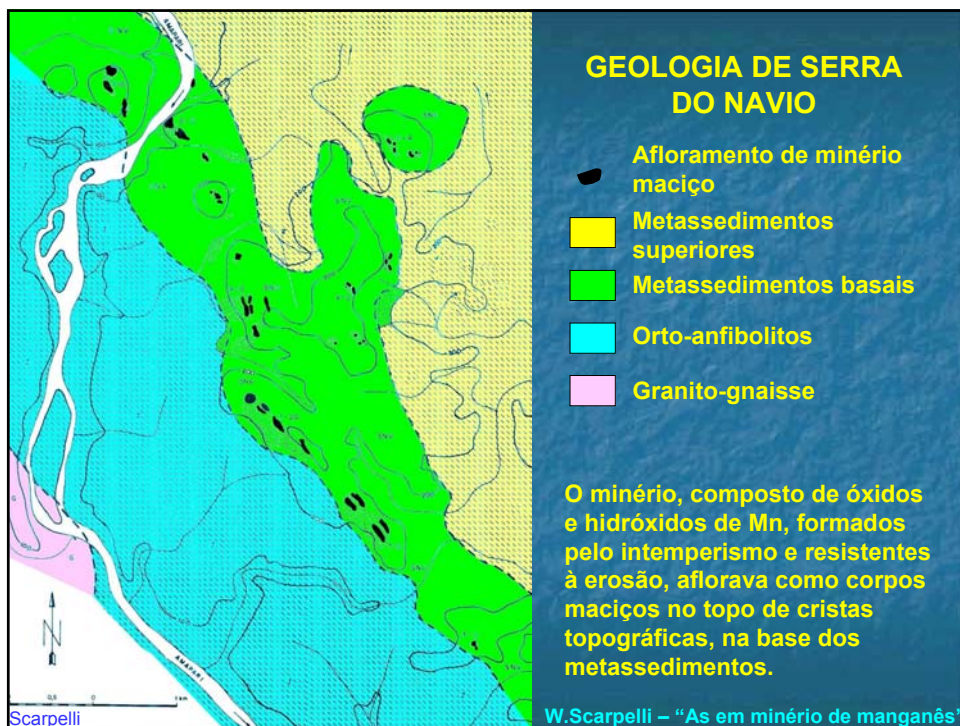
## USA, ARSÊNIO EM ÁGUA DE CONSUMO HUMANO



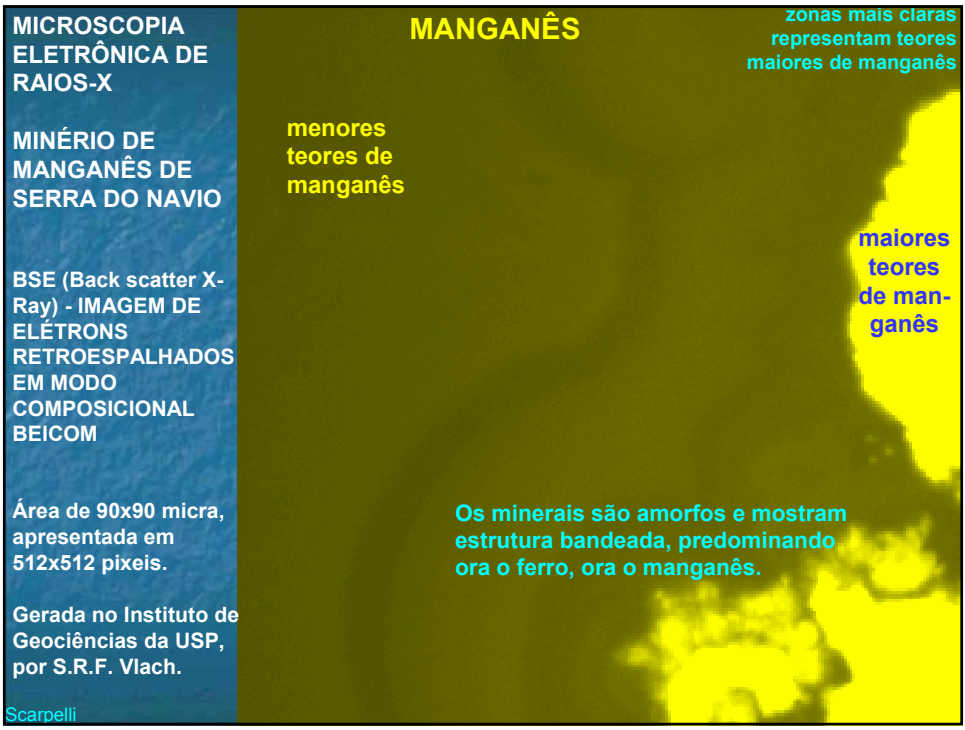
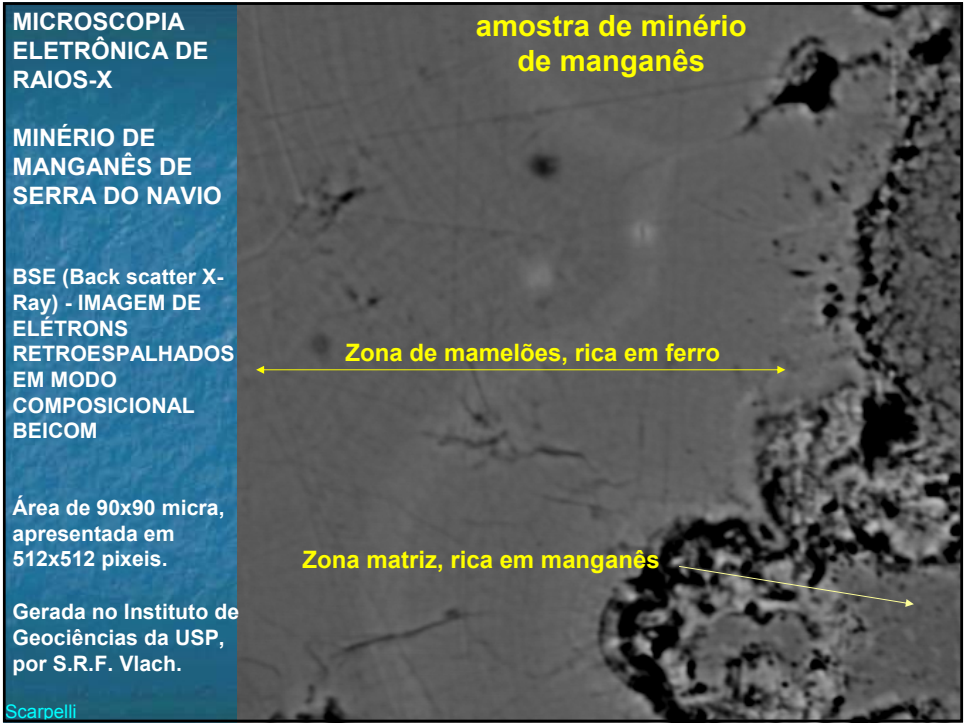
Arsênio em 31.000 poços e outras fontes de água efetivamente usadas para consumo humano, muitos requerendo tratamento.

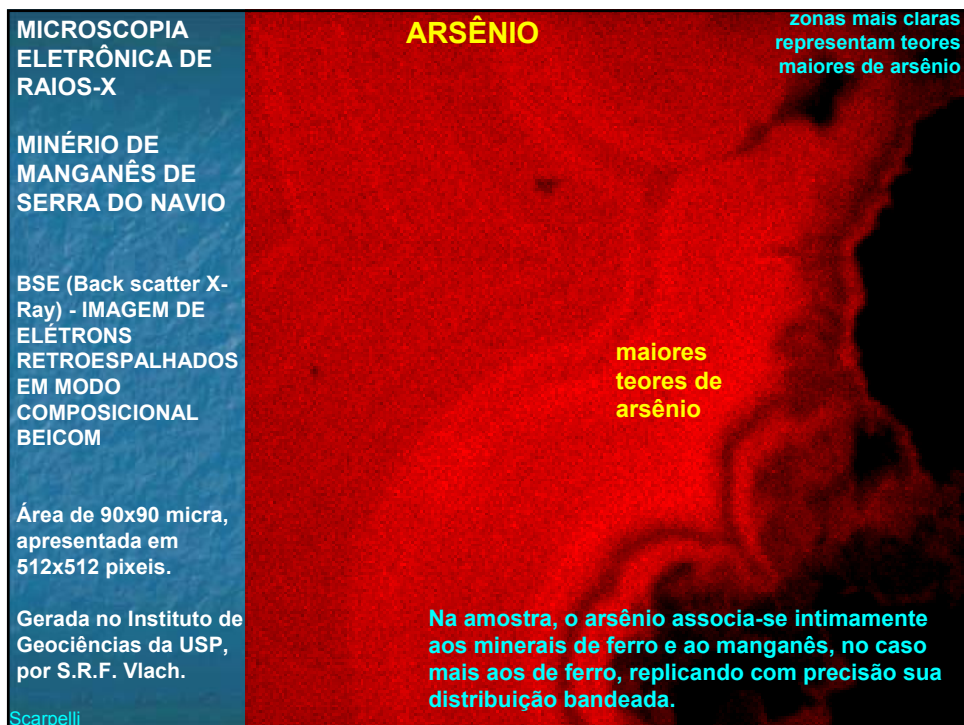
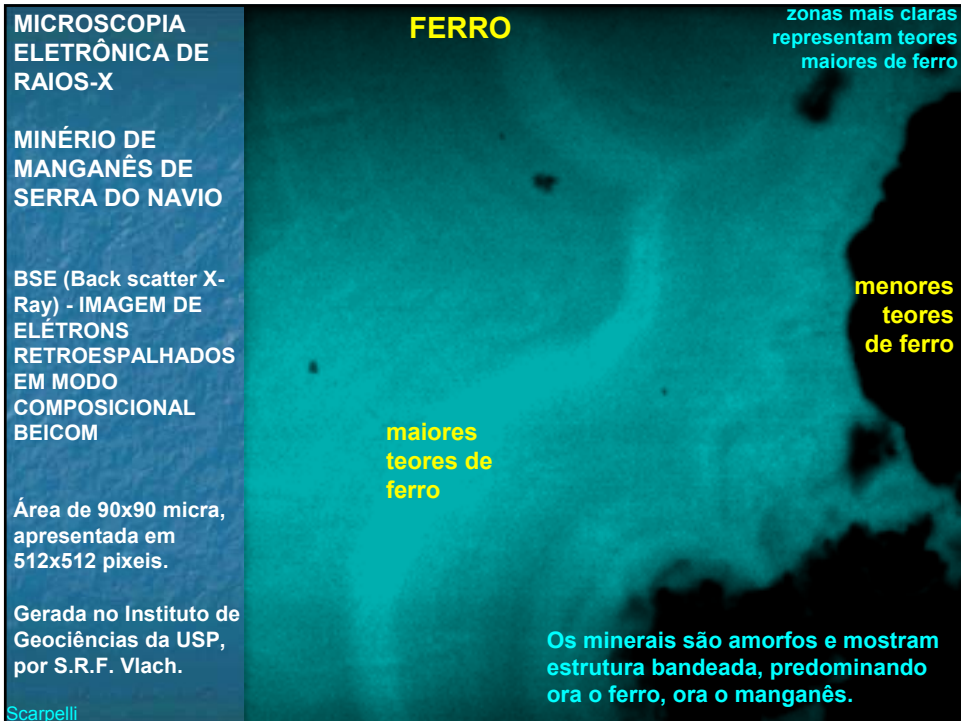
Scarpelli

S.Ryker, em "Mapping As in Groundwater"











MICROSCOPIA  
ELETRÔNICA DE  
RAIOS-X

MINÉRIO DE  
MANGANÊS DE  
SERRA DO NAVIO

BSE (Back scatter X-  
Ray) - IMAGEM DE  
ELÉTRONS  
RETROESPALHADOS  
EM MODO  
COMPOSICIONAL  
BEICOM

Área de 90x90 micra,  
apresentada em  
512x512 pixels.

Gerada no Instituto de  
Geociências da USP,  
por S.R.F. Vlach.

Scarpelli

**ALUMÍNIO**

zonas mais claras  
representam teores  
maiores de alumínio

O alumínio, que ocorre como argilas ou gibbsita, mostra distribuição oposta à do arsênio, sendo menos frequente nas bandas mais ricas em arsênio.

MICROSCOPIA  
ELETRÔNICA DE  
RAIOS-X

MINÉRIO DE  
MANGANÊS DE  
SERRA DO NAVIO

BSE (Back scatter X-  
Ray) - IMAGEM DE  
ELÉTRONS  
RETROESPALHADOS  
EM MODO  
COMPOSICIONAL  
BEICOM

Área de 90x90 micra,  
apresentada em  
512x512 pixels.

Gerada no Instituto de  
Geociências da USP,  
por S.R.F. Vlach.

Scarpelli

**Mn**

**As**

**Fe**

**Al**

## SOLUBILIDADE DO ARSÊNIO de minério de manganês de Serra do Navio

Mi- né- rio	Teores das amostras			ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO				ENSAIOS DE SOLUBILIZAÇÃO			
	% Mn	% Fe	ppm As	As		As lixiviado		As		As lixiviado	
				amos- tra mg	solu- ção mg/L	mg	%	amos- tra mg	solu- ção mg/L	mg	%
G36	26	15	1.516	76	0,01	0,01	0,01	152	0,01	0,04	0,03
B30	29	15	1.364	68	0,01	0,01	0,01	136	0,01	0,04	0,03
M30	30	14	1.558	78	0,01	0,01	0,01	156	0,01	0,04	0,03
M28	29	13	1.499	75	0,01	0,01	0,01	150	0,01	0,04	0,03
M26	26	14	1.549	77	0,01	0,01	0,01	155	0,01	0,04	0,03
M20	25	13	1.356	68	0,01	0,01	0,01	136	0,01	0,04	0,03
Carb	17	5	1.415	71	0,07	0,06	0,08	142	0,47	0,19	0,133

Dissolução é menor nos ensaios de lixiviação, feitos em pH ácido, refletindo a gênese dos minérios em ambiente ácido. Menos de 0,01% do As contido nas amostras é dissolvido.

- G36 e B30 – minérios grosso e bitolado (>0,8 cm diâmetro)
- M30, M28, M26 e M20 – minério miúdo (<0,8 a >1 mm diâmetro)
- Carb – minério carbonático, não oxidado

Scarpelli

W.Scarpelli – “As em minério de manganês”

## ARSÊNIO NO BRASIL



Em Raposos, MG, vapores ricos em arsênio expelidos por chaminé de planta de produção de arsênio matou vegetação de morro vizinho. A planta, já inteiramente paralizada e desmontada, operou em meados do século XX, quando não eram conhecidos os efeitos do arsênio. O morro ainda mostra sinais de sua afetação.

Scarpelli

Foto da década de 50, Unicamp

## ARSÊNIO EM SANTANA, AMAPÁ

Entre 1973 e 1985, a partir de finos do minério, foram produzidas 1.275.000 toneladas de pelotas. O aquecimento na pelotização reconstituiu em parte a mineralogia do protominério, instável nas condições atmosféricas locais. Do processo também resultaram 75.600 toneladas de rejeitos, depositados em bacia ao lado da planta de pelotização.

A relativa instabilidade mineral dos rejeitos causou contaminação por As de drenagens e do lençol freático na área da bacia. A retirada e o isolamento dos rejeitos da bacia reduziu de pronto a contaminação.

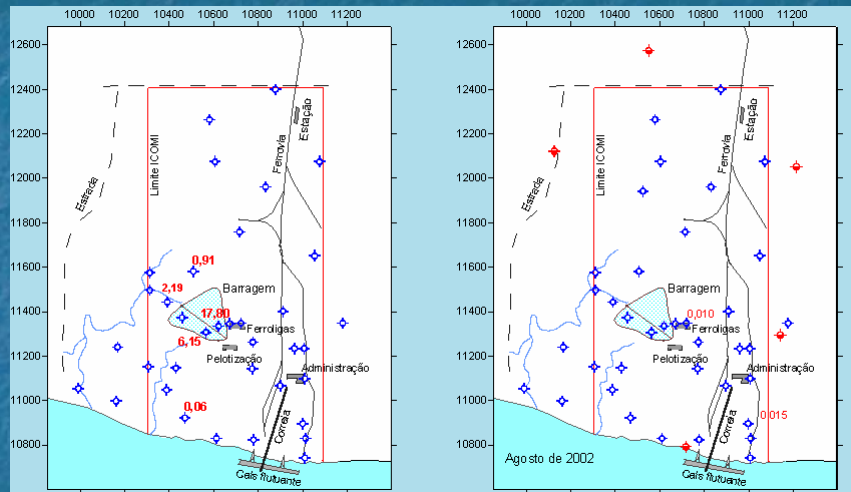
Os teores de arsênio no lençol freático caíram rapidamente, possivelmente por co-precipitação com óxidos e hidróxidos de manganês e ferro, nas condições de pH ácido do local, replicando a intemperização que resultou no minério.



Scarpelli

W.Scarpelli – “As em minério de manganês”

## ARSÊNIO EM ÁGUAS DE SUBSOLO EM SANTANA, AP (valores de monitoramento de agosto de 1997 e de 2002)



Pontos sem valores: em 1997, < 0,05 mg/L  
em 2002, < 0,01 mg/L

Valores em mg/L

Scarpelli

W.Scarpelli – “As em minério de manganês”



## CLASSIFICAÇÃO DE TOXICIDADE do rejeito da pelotização, no Porto de Santana, Amapá

Teor da amostra			ENSAIO DE LIXIVIAÇÃO				ENSAIO DE SOLUBILIZAÇÃO			
% Mn	% Fe	ppm As	As		As lixiviado		As		As lixiviado	
			amostra mg	solução mg/L	mg	%	amostra mg	solução mg/L	mg	%
35	13	2.080	104	0,99	0,79	0,76	208	1,85	0,74	0,356

Pelas normas brasileiras, o rejeito analisado é Não Inerte, pela solução do Teste de Lixiviação apresentar menos de 5 mg/litro e a solução do Teste de Solubilização mais de 0,050 mg/litro.



Scarpelli

W.Scarpelli – “As em minério de manganês”



Scarpelli







## VALE DO RIO LA LUNA

Recebe as águas que drenam de La Paz

Na foto, há mais de 1.000 metros de diferença de elevação entre os pontos mais altos e os mais baixos.

A escassa vegetação permite forte erosão e os vales são carregados de sedimentos e chegam a ser meandrantos.

Foto H. Sioli, "The Amazon" 1984

Scarpelli



## VALE DO RIO ARACA

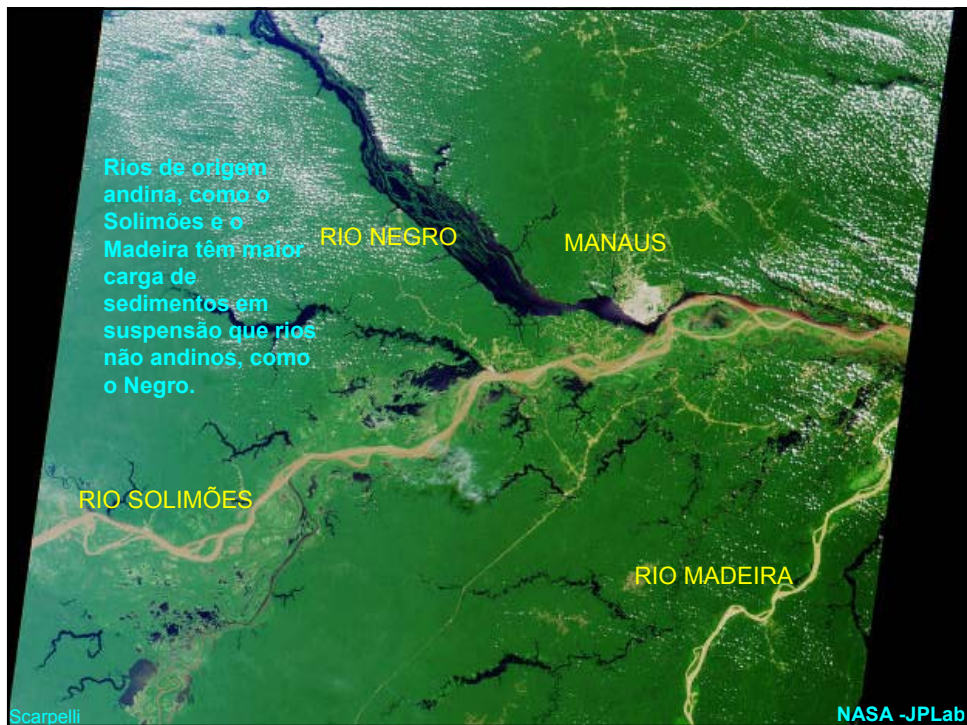
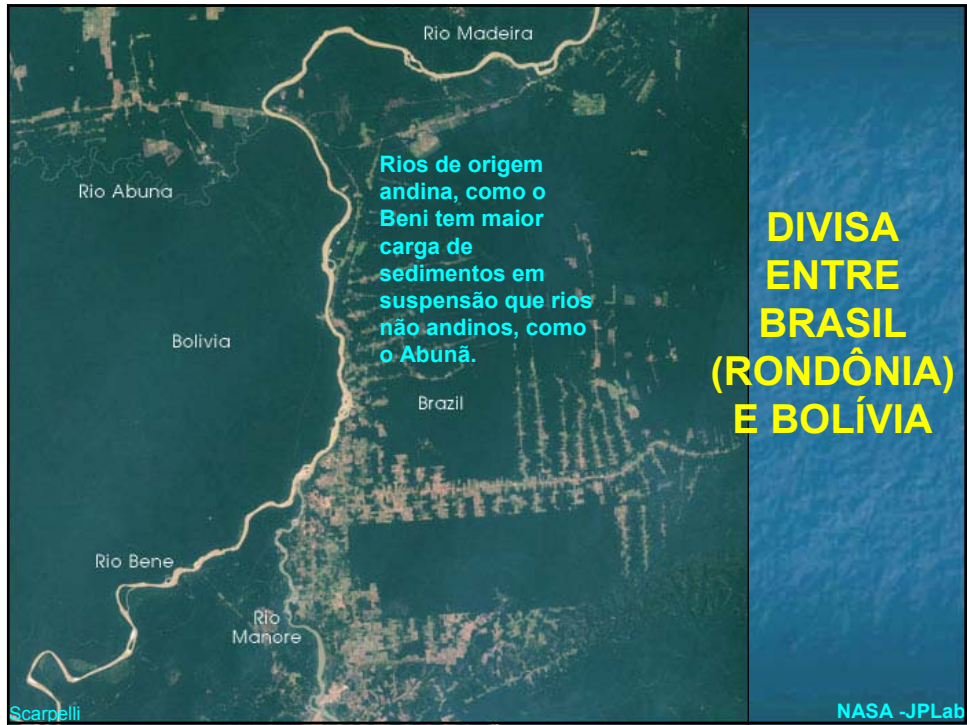
A leste de La Paz, com mineralizações auríferas com piratas arseniacais.

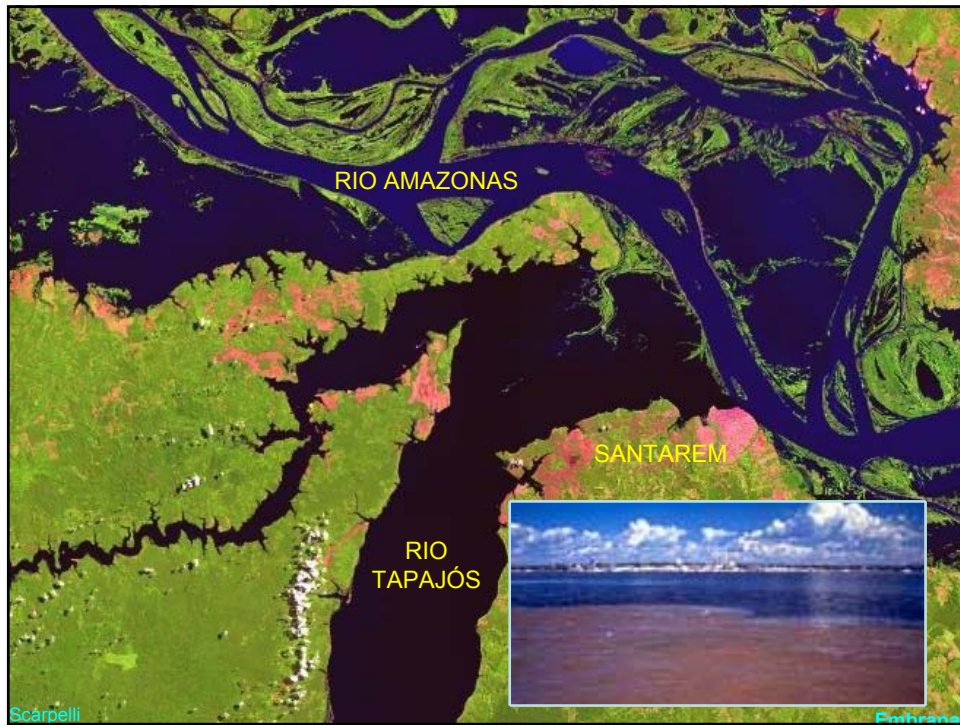
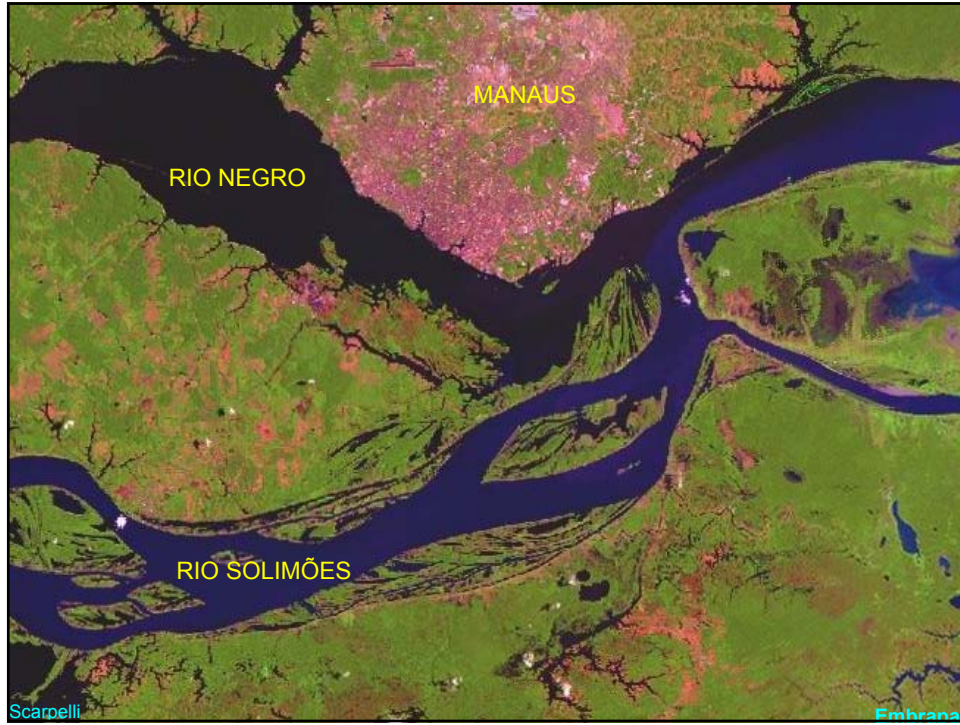
Terraços topográficos são retomados pela erosão.

Os altos nevados da Cordilheira Quinza Cruz chegam a mais de 4.800 m de altura, enquanto o fundo do vale está abaixo de 3.000 m. As casas anotadas estão a 3.900 m de altura.

Scarpelli

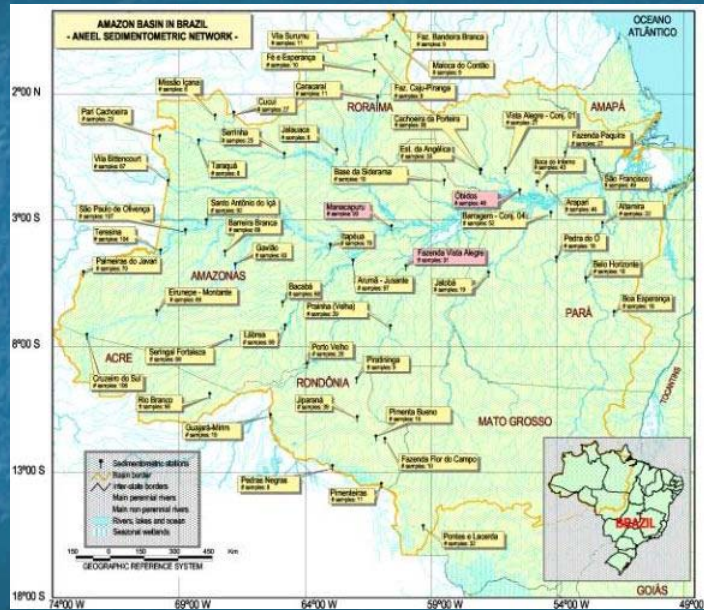








## REDE DE ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM SEDIMENTOMÉTRICA DA ANEEL NA AMAZÔNIA



Scarpelli

ANEEL  
DNAE

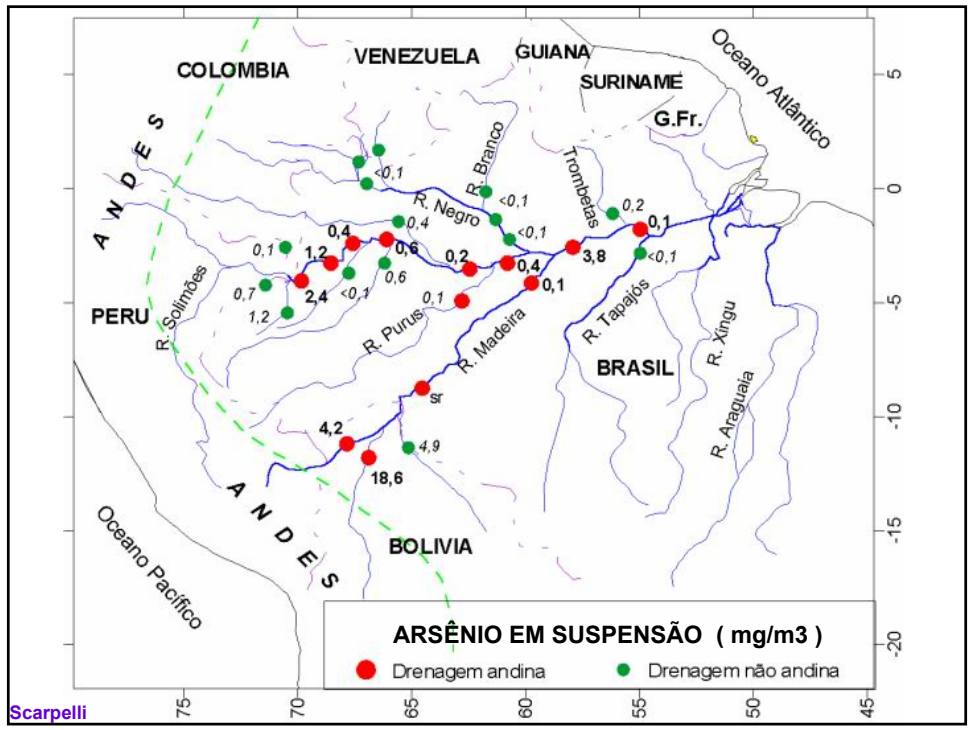
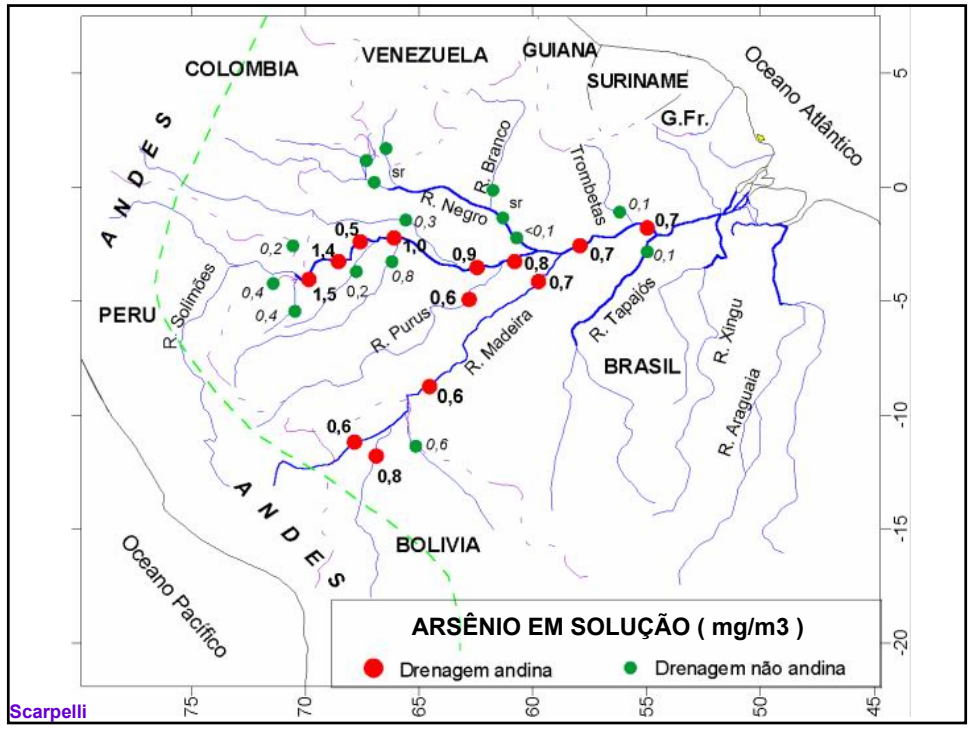
## ARSÊNIO EM RIOS DA BACIA AMAZÔNICA

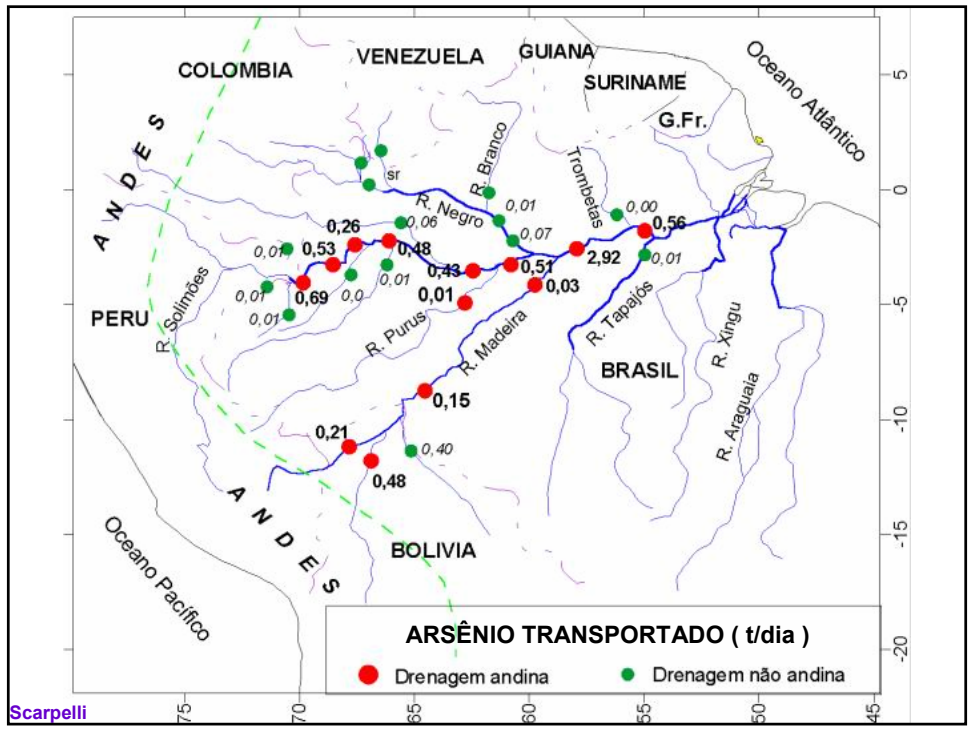
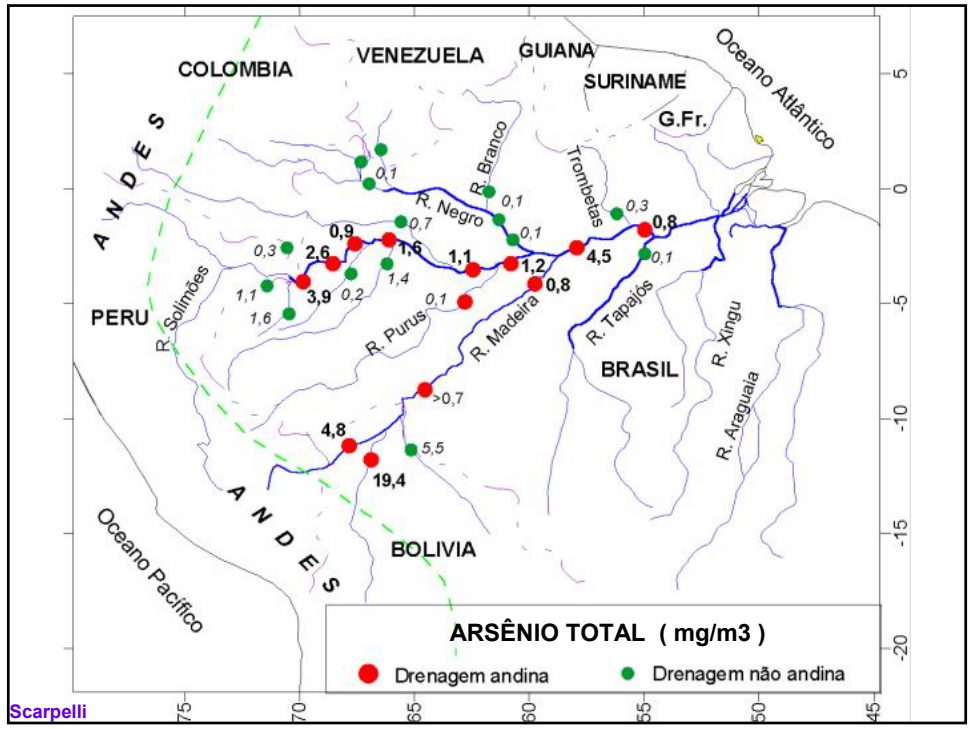
Rio	Distância do mar (km)	Dados de Seyler e Boaventura		Dados calculados							
		Vazão média (m <sup>3</sup> /seg)	Data	Teor de As em solução (mg/m <sup>3</sup> )	Sedimentos em suspensão (g/ton)	Teor de As nos sedimentos (g/ton)	Teor de As devido aos sedimentos (mg/m <sup>3</sup> )	Transporte de As em sedimentos (ton/dia)	Transporte de As em solução (ton/dia)	Transporte total de As (ton/dia)	Teor total de As na vazão (mg/m <sup>3</sup> )
<b>Solimões</b>	<b>2.500</b>	<b>20.115</b>	<b>26/out/95</b>	<b>1,53</b>	<b>166,5</b>	<b>14,5</b>	<b>2,41</b>	<b>0,42</b>	<b>0,27</b>	<b>0,69</b>	<b>3,94</b>
Javari		1.565	27/out/95	0,36	127,6	5,8	0,74	0,01	0,00	0,01	1,10
Itaquai		793	27/out/95	0,44	148,3	7,9	1,17	0,01	0,00	0,01	1,61
<b>Solimões</b>	<b>2.200</b>	<b>24.251</b>	<b>28/out/95</b>	<b>1,38</b>	<b>74,5</b>	<b>15,7</b>	<b>1,17</b>	<b>0,25</b>	<b>0,29</b>	<b>0,53</b>	<b>2,55</b>
Içá		5.354	31/out/95	0,15	41,4	3,5	0,14	0,01	0,01	0,01	0,29
<b>Solimões</b>		<b>32.539</b>	<b>29/out/95</b>	<b>0,49</b>	<b>46,0</b>	<b>9,7</b>	<b>0,45</b>	<b>0,13</b>	<b>0,14</b>	<b>0,26</b>	<b>0,94</b>
Jutai		1.143	3/nov/95	0,15	13,5	3,4	0,05	0,00	0,00	0,00	0,20
<b>Solimões</b>	<b>1.900</b>	<b>34.333</b>	<b>3/nov/95</b>	<b>1,01</b>	<b>60,9</b>	<b>10,0</b>	<b>0,61</b>	<b>0,18</b>	<b>0,30</b>	<b>0,48</b>	<b>1,62</b>
Juruá		1.045	4/nov/95	0,85	56,3	10,1	0,57	0,01	0,01	0,01	1,42
Japurá		10.264	4/nov/95	0,33	28,5	13,6	0,39	0,03	0,03	0,06	0,72
<b>Solimões</b>	<b>1.380</b>	<b>46.847</b>	<b>7/nov/95</b>	<b>0,88</b>	<b>63,7</b>	<b>3,0</b>	<b>0,19</b>	<b>0,08</b>	<b>0,36</b>	<b>0,43</b>	<b>1,07</b>
Purus		2.534	9/nov/95	0,55	38,6	3,1	0,12	0,00	0,01	0,01	0,67
<b>Solimões</b>	<b>1.200</b>	<b>52.477</b>	<b>10/nov/95</b>	<b>0,77</b>	<b>127,1</b>	<b>2,8</b>	<b>0,36</b>	<b>0,16</b>	<b>0,35</b>	<b>0,51</b>	<b>1,13</b>
Negro		64.680	12/jul/96	0,05	8,9	7,9	0,07	0,04	0,03	0,07	0,12
<b>Beni</b>		<b>2.856</b>	<b>1/abr/94</b>	<b>0,83</b>	<b>937,0</b>	<b>19,9</b>	<b>18,65</b>	<b>0,46</b>	<b>0,02</b>	<b>0,48</b>	<b>19,48</b>
Madre D'ó		5.092	2/abr/94	0,61	424,0	10,0	4,24	0,19	0,03	0,21	4,85
Mamoré		8.391	3/abr/94	0,61	409,0	11,9	4,87	0,35	0,04	0,40	5,48
<b>Madeira</b>	<b>1.950</b>	<b>29.000</b>	<b>12/abr/98</b>	<b>0,59</b>	<b>302,0</b>	<b>sr</b>	<b>sr</b>	<b>0,00</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,59</b>
Madeira		5.132	15/nov/95	0,69	21,3	2,7	0,06	0,00	0,03	0,03	0,75
<b>Amazonas</b>	<b>1.000</b>	<b>75.017</b>	<b>15/nov/95</b>	<b>0,73</b>	<b>46,1</b>	<b>81,9</b>	<b>3,78</b>	<b>2,45</b>	<b>0,47</b>	<b>2,92</b>	<b>4,51</b>
Trombetas		1.258	16/nov/95	0,12	14,8	17,1	0,25	0,00	0,00	0,00	0,37
Tapajós		6.027	18/nov/95	0,11	3,5	17,7	0,06	0,00	0,01	0,01	0,17
<b>Amazonas</b>	<b>650</b>	<b>81.080</b>	<b>17/nov/95</b>	<b>0,68</b>	<b>44,2</b>	<b>2,8</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>	<b>0,48</b>	<b>0,56</b>	<b>0,80</b>

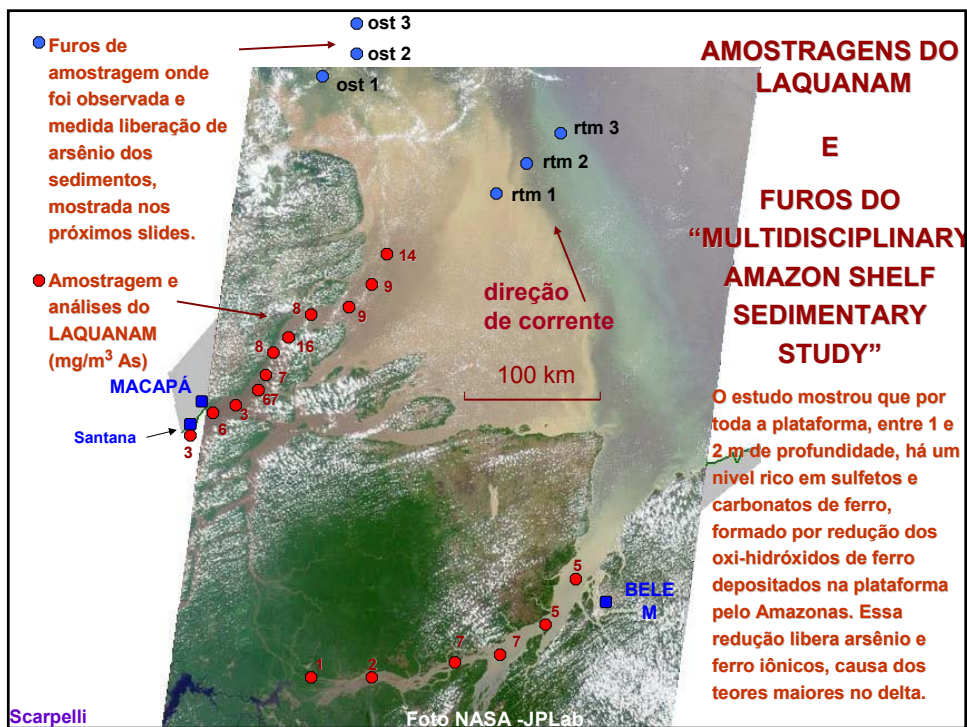
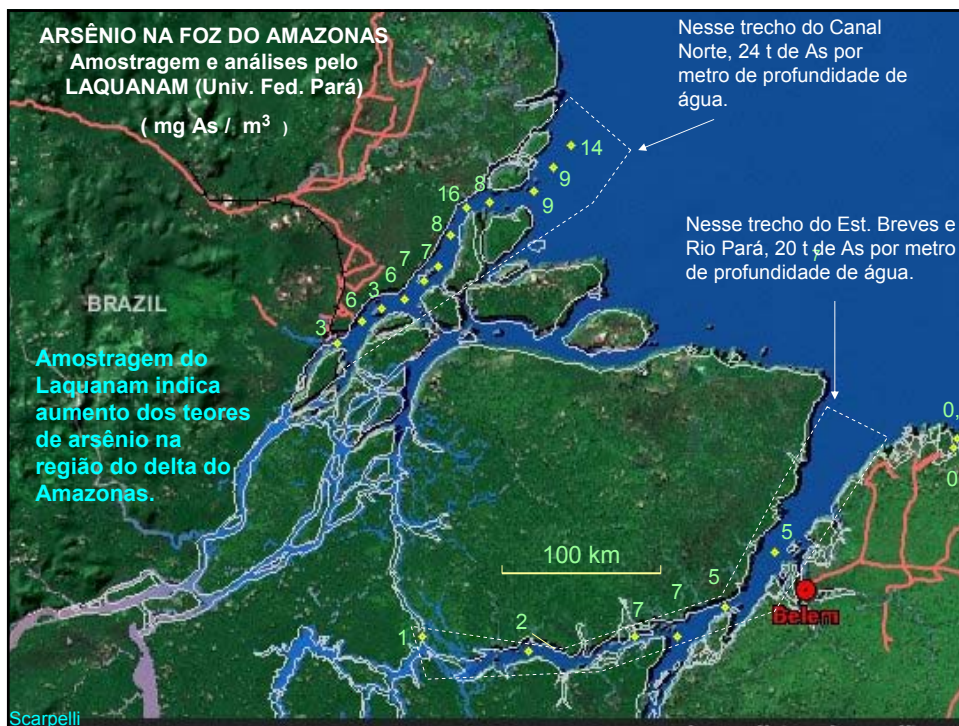
Concentrações nas formas solúveis e em suspensão, a partir das Tab. 16.1 e 16.3 de Seyler, P.T. e Boaventura, G.R., em "Trace Elements in the Mainstem Amazon River", em "Biogeochemistry of the Amazon Basin", Oxford Press, 2001, pag. 307-327

Scarpelli

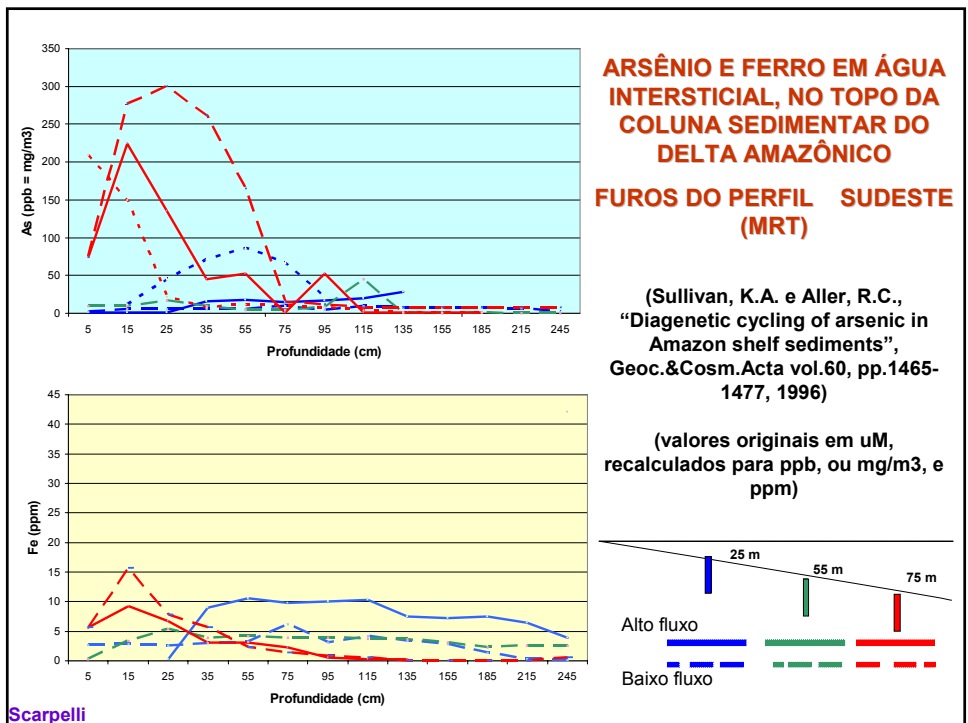
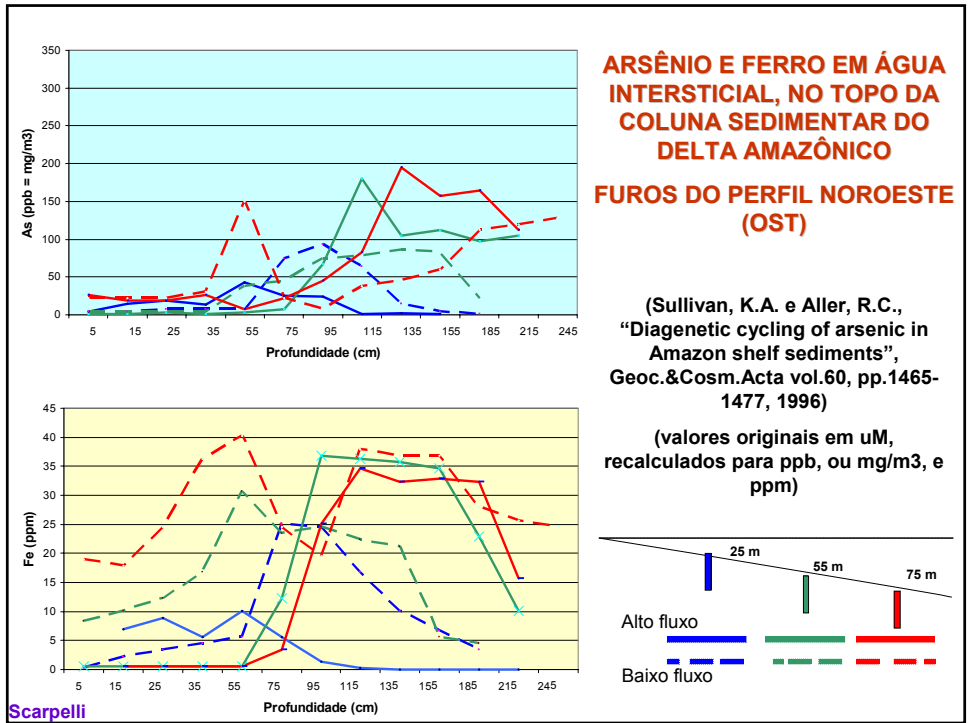


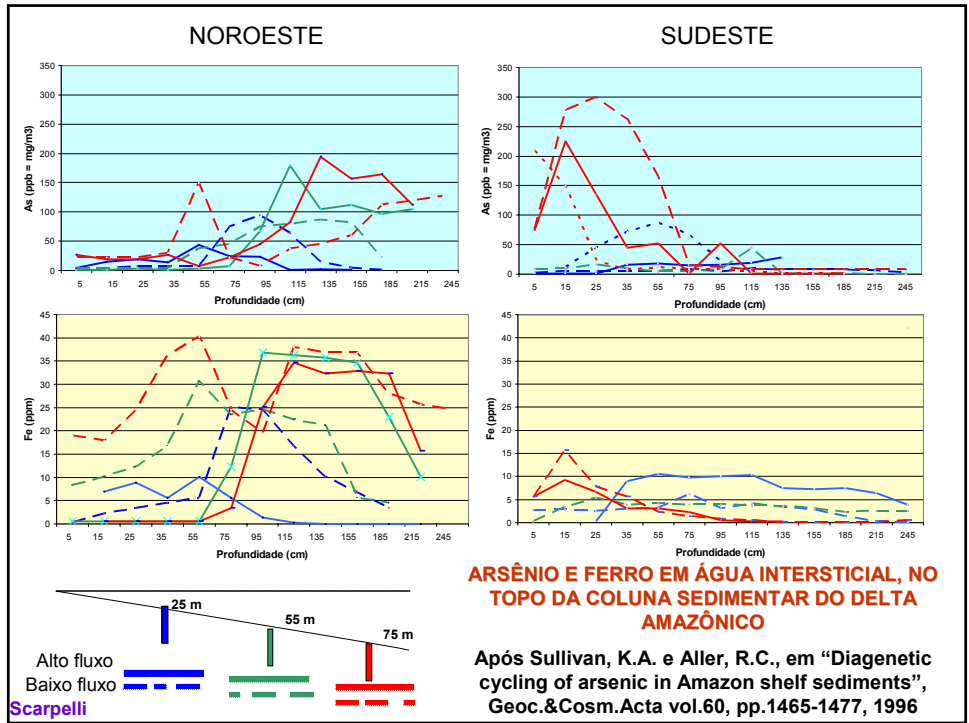












**Grupo Figueira da Glete**

Wilson Scarpelli  
wiscar@attglobal.net

Associação de Ex-Alunos de Geologia da USP