

**PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA EM
GEOQUÍMICA AMBIENTAL E GEOLOGIA MÉDICA
(PGAGEM)**

TEXTO COMPLETO

**Carlos Alberto Cavalcanti Lins
CPRM – Serviço Geológico do Brasil
SUREG - Recife
lins@re.cprm.gov.br**

APRESENTAÇÃO

O **Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – PGAGEM** foi elaborado por pesquisadores:

- Serviço Geológico do Brasil – CPRM,
- Minerais do Paraná – MINEROPAR,
- Universidade de Campinas – UNICAMP,
- Universidade de São Paulo – USP,
- Universidade Federal do Pará – UFPA,
- Universidade Estadual de Londrina – UEL,
- Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP,
- Universidade Federal Fluminense – UFF,
- Universidade de Mogi das Cruzes,
- Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN,
- Universidade Federal de Pernambuco – UFPE,
- Instituto Evandro Chagas, IEC
- Instituto Adolfo Lutz, IAL
- Escola Nacional de Saúde Pública – ENSP (FIOCRUZ),
- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares –IPEN,
- Instituto Agrônomo de Campinas, IAC,
- Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN

As instituições parceiras desenvolvem o referido programa através de uma rede aberta, com comunicação via internet denominada **Rede de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – REGAGEM** (regagem@ige.unicamp.br), que conta atualmente com 230 pesquisadores de vários organismos.

Além das instituições relacionadas acima, prevê-se a participação de órgãos estaduais e municipais relacionados ao planejamento, saúde, meio ambiente e recursos hídricos, recursos minerais, além de comitês de bacias hidrográficas, universidades e institutos de pesquisa regionais e ONGs, ou quaisquer outras instituições que venham a manifestar interesse e se proponham a compartilhar tarefas e resultados.

As atividades do programa serão lideradas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, através do Departamento de Gestão Territorial (cassio@rj.cprm.gov.br) subordinado à Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, em parceria com as demais instituições em todas as etapas do trabalho, de acordo com a disponibilidade dos pesquisadores e proximidade das áreas de trabalho. Porém, espera-se que as atividades, aqui propostas, sejam enriquecidas com projetos locais e regionais, resultantes da iniciativa de membros da rede de pesquisa, em especial, das ações de equipes multidisciplinares envolvendo geólogos, médicos, químicos e outros profissionais, interessados em fazer parte deste programa nacional de pesquisa.

O **PGAGEM** foi concebido buscando promover o melhor aproveitamento dos recursos naturais do País, com o mínimo de custos e de impacto sobre a qualidade do meio ambiente e da saúde pública, forte instrumento de base para a elaboração de diagnósticos ambientais. A estratégia de execução do programa privilegiará a otimização dos investimentos em pesquisa e exploração econômica de recursos naturais no território brasileiro, compartilhando atividades, competências e resultados. Em decorrência da sua execução, o **PGAGEM** gerará a capacitação necessária ao monitoramento e à fiscalização das atividades produtivas e sociais que interferem no meio ambiente, contribuindo junto à sociedade, com orientação, critérios, métodos e serviços especializados para a identificação, correção e prevenção dos seus efeitos nocivos.

O desenvolvimento das atividades do **PGAGEM** poderá ser acompanhado pela Internet no *site* da CPRM (www.cprm.gov.br). Os projetos concluídos, teses acadêmicas, eventos técnicos e todas as demais atividades relacionadas ao programa estarão disponíveis ou com orientação de disponibilidade.

O programa deverá ser executado num período máximo de 5 anos, durante o qual ocorrerão atualizações e correções de rumo periódicas, balizadas pelos resultados parciais obtidos e recursos disponíveis. O **PGAGEM** deverá ser executado através de projetos específicos.

INTRODUÇÃO

Não se concebe mais que hoje em dia o crescimento urbano e a ocupação territorial ocorram sem um planejamento adequado, que se apóie em dados abrangentes e quantitativos sobre o meio físico.

Pesquisas conduzidas desde 1988 como parte do Projeto Mapeamento Geoquímico Internacional (UNESCO - International Union of Geological Sciences) confirmaram que os dados atualmente disponíveis referentes à composição geoquímica da superfície terrestre são substancialmente incompletos e internamente inconsistentes. Em consequência dos processos geológicos e ambientais, a abundância dos elementos nos materiais naturais varia enormemente dentro de pequenas distâncias. Estas variações são inadequadamente documentadas e freqüentemente negligenciadas na elaboração de políticas públicas.

O desenvolvimento sustentável exige o balanceamento de diversos fatores, incluindo a sanidade ambiental e a utilização dos recursos naturais. Uma base de dados geoquímicos contém informações importantes para decisões econômicas e ambientais que envolvam a exploração extração e processamento de recursos minerais; industrialização; agricultura, reflorestamento e manejo florestal; diversos aspectos da saúde humana e animal; disposição de resíduos e planejamento do uso do solo. Todos estes fatores são importantes na formulação das políticas públicas.

A superfície terrestre contém todos os elementos químicos envolvidos nos processos biológicos e explorados pelo homem (**Figura 1**). Do ponto de vista geoquímico os ambientes tropicais são únicos. O clima favorece um forte fracionamento geoquímico dos elementos e este fato resulta em empobrecimento acentuado ou forte acumulação para níveis tóxicos. Em ambos os casos, os efeitos em plantas e na saúde humana e animal são marcantes.

Nas últimas décadas e com o aperfeiçoamento da sensibilidade das técnicas analíticas, tem sido identificada uma quantidade razoável de elementos "bioativos", isto é, com funções bioquímicas específicas. A maioria dos organismos possui uma amplitude de concentração ótima para determinados elementos, específica para o organismo. Deficiências, excessos ou desequilíbrios na concentração de certos elementos na dieta podem causar sérias consequências à saúde humana e animal e aumentar a sensibilidade a doenças.

Embora alguns problemas de saúde relacionados à geoquímica ambiental tenham sido registrados nos países desenvolvidos, eles são sentidos de forma aguçada nos países em desenvolvimento, porque ali eles apresentam um efeito sinérgico com a pobreza e a desnutrição. A maioria da população é mais dependente das fontes localizadas de alimento e água e quaisquer modificações neste ambiente tem uma influência marcante no seu bem estar. Um exemplo prático destes fatos é o abastecimento d'água de comunidades: o enquadramento dos recursos hídricos segundo classes de uso não pode ser efetuado com base apenas em critérios de qualidade estabelecidos em normas e leis que foram instituídos a partir de padrões adequados a regiões distintas dos ambientes brasileiros. Sabe-se que enriquecimentos em determinados metais e substâncias podem ter origem natural ou se dar em consequência da ocupação territorial. Essas acumulações, sejam elas naturais ou não, podem gerar graves danos à saúde de natureza endêmica.

No Brasil, exemplos de anomalias geoquímicas localizadas de certos elementos químicos podem servir para demonstrar este fato: o flúor no norte do Paraná, (**Figura 2**), o chumbo no vale do Ribeira – SP; o arsênio na região do Quadrilátero ferrífero e o mercúrio na Amazônia (**Figura 3**).

O conteúdo de um elemento químico no meio ambiente pode constituir um risco ambiental invisível. Isto pode ser determinado a partir de um levantamento geoquímico e com o conhecimento específico da bioatividade do elemento. Um caso típico é o mercúrio, que é sempre associado à mineração de ouro em garimpos (amalgamação). Entretanto, na fabricação de cloro e soda cáustica, o seu uso pode torná-lo um risco potencial, pois estas unidades fabris são bem mais

comuns nas áreas metropolitanas e distritos industriais. Ao norte da área metropolitana do Recife, Distrito Industrial de Igarassu, foram identificados no rio Botafogo fortes indícios de contaminação de mercúrio possivelmente originados a partir de unidades de produção de cloro e soda cáustica, (Figura 4). Esta região, além de distrito industrial, é zona turística e de produção de pescados (ostra, caranguejo, peixe agulha, etc.) para a área metropolitana.

O uso da informação quantitativa é fundamental para orientar o desenvolvimento das atividades que dependem dos recursos naturais ou que afetam a sua qualidade e quantidade, tais como:

- a urbanização não planejada;
- a intensificação das atividades econômicas que geram impactos diretos sobre a qualidade do meio ambiente;
- a exigência pela sociedade de maior respeito à qualidade de vida das comunidades;
- a necessidade de se conhecer parâmetros de qualidade ambiental como ferramentas para subsidiar o estabelecimento de políticas públicas para gestão ambiental, compatíveis com as características do meio físico, nos diversos ecossistemas do Brasil.

Por fim, a exploração dos recursos minerais requer coleta de informações geoquímicas sistemáticas e regionalmente distribuídas, em escalas que permitam o conhecimento global das potencialidades de um território. Todas estas questões relacionam-se com o conceito de desenvolvimento sustentável.

Este programa pretende ocupar uma lacuna nunca antes preenchida entre a geologia-geoquímica, as ciências do meio ambiente, as que se ocupam da saúde pública e aquelas responsáveis pelo planejamento do uso do solo.

OBJETIVOS E ATIVIDADES PROPOSTAS

Em conseqüência das discussões levadas a efeito na rede de pesquisa até o momento e considerando um horizonte de tempo de cinco anos, foram previstas as seguintes atividades para dar início ao **PGAGEM**:

- mapeamento geoquímico regional de baixa densidade em drenagens para o conhecimento da distribuição dos elementos traços e compostos inorgânicos na superfície. Estes mapas servirão de base referencial para estudos comparativos com as outras ciências relacionadas ao meio ambiente e desenvolvimento sustentável como: saúde humana e animal; agricultura; manejo florestal; e planejamento racional do uso da terra, (Figura 5).
- diagnóstico geoquímico ambiental de áreas metropolitanas, distritos mineiros e áreas de agricultura intensiva, que são potencialmente contaminadas ou fontes de contaminantes. Outras áreas mais sensíveis à poluição e contaminação, como manguezais, estuários e áreas de preservação ambiental, poderão ser alvo deste diagnóstico. Este objetivo é independente do primeiro e dependerá de projetos específicos e parcerias a serem estabelecidas durante a realização do mapeamento geoquímico regional. Sua inclusão dentre os objetivos do programa pretende estabelecer uma ligação metodológica e complementar com o levantamento de baixa densidade.
- estabelecimento de padrões para metodologia de amostragem de campo bem como de padronização e certificação laboratorial química no desenvolvimento de metodologias analíticas para materiais geológicos (sedimentos, solos, rochas, água subterrânea e superficial, etc.).
- constituição de uma base de dados a partir dos resultados obtidos das análises das amostras coletadas e das informações de campo obtidas nos projetos e pesquisas executadas pelas entidades participantes;
- desenvolvimento de parcerias com instituições federais, estaduais e municipais do setor de saúde pública e meio ambiente usando as possíveis correlações entre os dados geoquímicos

reunidos e os dados de mortalidade ou de incidência de doenças em humanos e animais eventualmente disponíveis para o território brasileiro;

- integrar resultados de pesquisas epidemiológicas e ecotoxicológicas que tenham sido ou sejam gerados em projetos de caráter local ou regional por meio da formação de equipes multidisciplinares participantes desta rede de pesquisa;
- especialização de recursos humanos de nível superior e médio para serviços de campo, de laboratório e de tratamento e interpretação de dados geoquímicos e geológicos para fins multidisciplinares relacionados ao meio ambiente e saúde pública.
- apoiar o fortalecimento da infra-estrutura de laboratórios analíticos nas áreas de geoquímica e toxicologia atuantes no Brasil incentivando o trabalho em rede em projetos específicos, testes de proficiência e certificação interlaboratorial;
- constituição de um arquivo de amostras que guardem as características de um momento histórico, constituindo o marco inicial para estudos de monitoramento ambiental.

Com estas atividades pretende-se gerar informações capazes de subsidiar entidades e programas correlatos das entidades participantes, tais como:

- planejamento de políticas localizadas de saúde pública em áreas onde forem identificados riscos de contaminação da população por elementos químicos;
- subsídios para o planejamento das atividades da Agência Nacional de Águas – ANA, comitês de bacias hidrográficas e órgãos de meio ambiente em níveis federal, estadual e municipal;
- identificação de focos superficiais de contaminação natural ou antropogênica em áreas urbanas ou rurais;
- caracterização geoquímico-ambiental das zonas de recargas de aquíferos;
- extensão da pluma de contaminação nas águas superficiais e subterrâneas;
- elaboração de mapas de vulnerabilidade de solos e águas subterrâneas e mapas de riscos;
- detecção de prováveis jazidas minerais e variações na composição litológica dos terrenos;
- indicação das variações naturais ou antropogênicas na composição das coberturas de solo, água e vegetação;
- gerar informações auxiliares na identificação de áreas potenciais para formação de solos férteis.

Em resumo, o programa constará inicialmente de um projeto de levantamento geoquímico nacional de baixa densidade. Outros projetos de detalhe, em áreas específicas, serão executados a partir de convênios com parcerias, cronograma e orçamento próprios.

METODOLOGIA DA ATIVIDADE DE MAPEAMENTO GEOQUÍMICO

Os procedimentos de pesquisa, na medida do possível, serão adequados aos padrões geoquímicos estabelecidos pelo Projeto IGCP-259 da UNESCO-IUGS e pelo *Working Group on Global Geochemical Baselines* do IUGS-IAGC, para permitir comparações com estudos similares de outros países.

Campo

- Coleta de amostras de sedimentos de fundo (ativo de corrente, *floodplain sediments*, etc.) em drenagens, numa densidade de 1 amostra/100 km² em todas as bacias, exceto nas regiões ínvias da Amazônia onde esta densidade será de 1 amostra/ 2.000 km². No primeiro caso, as áreas de drenagem devem ficar entre 50 e 100 km², e no caso das regiões ínvias, a área de drenagem ficará entre 1.000 e 3.000 km² e o material de amostragem obrigatoriamente será o “*floodplain sediment*”.

- Com esta metodologia de campo está previsto um total de 60.000 amostras para todo o território brasileiro. Utilizando-se 20 equipes de coleta, formada preferencialmente por um geoquímico e um técnico de nível médio ou alternativamente por dois técnicos de nível médio, estima-se um prazo de 5 anos para recobrimento de todo o país.
- Uma vez no campo, o coletor poderá amostrar outros tipos de materiais, além dos sedimentos de fundo. Estas amostras, embora não analisadas de imediato, farão parte do acervo de amostras do programa para utilização posterior. Isto é mais verdadeiro para as regiões ínvias, onde este procedimento deverá ser rotineiro, devido ao elevado custo dos trabalhos de campo.
- Para os trabalhos que exigem maior detalhamento como as regiões metropolitanas, distritos mineiros e zonas agrícolas especiais, deverão ser coletados outros materiais como solo, águas subterrâneas e superficiais, rochas de aquífero, efluentes urbanos e industriais, etc.

Para o levantamento geoquímico nacional de baixa densidade a expectativa de distribuição das amostras por região, é a seguinte:

REGIÃO	UNIDADES DA FEDERAÇÃO	UNIDADE OPERACIONAL CPRM	ÁREA TOTAL	ÁREA I DENSIDADE 1/2000 km ²	ÁREA II DENSIDADE 1/100 km ²	Nº ESTAÇÕES ÁREA I	Nº ESTAÇÕES ÁREA II
NORTE	AM, PA, RR, RO, AC, AP, TO	PV, MA, BE	3.800.000	1.500.000	1.500.000	750	15.000
CENTRO OESTE	MT, MS, GO	GO, SP	1.600.000	400.000	1.200.000	200	12.000
NORDESTE	MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	FO, RE, SA	1.550.000		1.550.000		15.500
SUDESTE	SP, RJ, MG, ES	SP, BH	920.000		920.000		9.200
SUL	RS, PR, SC	PA, SP	580.000		580.000		5.800
TOTAL						950	57.500

OBS. Para as áreas fora da Amazônia o adensamento médio de 1 amostra/ 100 km², deve ser associado ao tamanho das bacias que deverão estar entre 50-100 km². Os cursos d'água principais, com áreas de drenagem acima de 100 km² não serão amostrados.

Área I – regiões ínvias - Área II – demais regiões.

Os materiais a serem coletados por tipo de serviço:

TIPO DE SERVIÇO	MATERIAIS DE AMOSTRAGEM
Solos	- Solos em diversos horizontes
Drenagens	- Sedimento ativo de corrente - "Floodplain sediment" - "Overbank" - Água
Aquíferos	- Água - Rocha
Manguezais, Lagos e Lagoas	- Sedimento de fundo - Água

OBS: Os materiais aqui discriminados abrangem os trabalhos do levantamento de baixa densidade e os trabalhos de detalhe a serem programados posteriormente.

Os equipamentos especializados para determinações analíticas (físico-químicas) em campo durante o Levantamento Geoquímico Nacional de Baixa Densidade, são:

- equipamento portátil para medida das coordenadas da estação de coleta de amostras (GPS);
- equipamento portátil (HORIBA) para determinação **in loco** de parâmetros físico-químicos (pH, Eh, condutividade etc.);
- *kits* de coleta de amostras de água e de sedimento de fundo;
- equipamento para medidas de radioatividade devido à presença de U, Th e K (gama-espectrômetro).

Laboratório

- A metodologia analítica preferencial deverá ser aquela capaz de analisar o maior número possível de elementos com maior sensibilidade, maior rapidez e menor custo. Poderão ser adotadas metodologias combinadas como ICP-AES, FRX, AAGH, AAGV, etc. Na **figura 6** estão apresentadas diversas metodologias analíticas e os métodos ótimos de análise.
- As aberturas a serem adotadas deverão ser motivo de pesquisa laboratorial, podendo-se adotar dois tipos: uma abertura forte (ex. digestão tri-ácida – HF + HCl + HClO₄) e uma abertura parcial fraca.
- Os elementos e métodos serão estabelecidos posteriormente e dependerão de diversos fatores: pacotes analíticos disponíveis nos laboratórios comerciais; prazos de execução para o volume de amostras coletadas; recursos financeiros a serem alocados, etc.
- As análises de rotina deverão ser executadas por laboratório comercial, devido ao grande número de amostras produzidas mensalmente: cerca de 1.000 amostras para preparação e análise. Os laboratórios dos institutos de pesquisas, universidades e LAMIN (Laboratório de Análises Mineraias da CPRM) poderão ser requisitados para complementação analítica ou análises especializadas não disponíveis nos laboratórios comerciais. A preparação e análise deverão ser executadas pelo mesmo laboratório para que haja controle de qualidade dos serviços analíticos.
- As análises de pesquisa e desenvolvimento e de controle de qualidade serão executadas pelos laboratórios dos institutos de pesquisa, universidades e Laboratório de Análises Mineraias – LAMIN/CPRM.

IMPLEMENTAÇÃO

O Programa Nacional de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (**PGAGEM**) será coordenado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil com o apoio da rede nacional de pesquisa.

Os serviços de campo do levantamento geoquímico de baixa densidade e outros projetos associados serão executados pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, MINEROPAR, e outras entidades estaduais com experiência na execução de trabalhos similares.

Paralelamente ao **PGAGEM**, nesse período de 5 anos, deverão ser realizados outros projetos de detalhe em áreas específicas que exigem maior detalhamento como nas regiões metropolitanas, distritos mineiros e zonas agrícolas especiais. Estes projetos terão a participação ativa de entidades de pesquisa federais, estaduais e municipais e as universidades. Nesses estudos, deverão ser coletados outros materiais como solo, águas subterrâneas e superficiais, rochas de aquífero, efluentes urbanos e industriais, etc. Esses projetos incluirão procedimentos de campo e laboratório especificamente definidos para cada caso. A utilização correta de equipamentos e a aplicação dos procedimentos deverá ser gradualmente detalhada em protocolos de forma a ser seguido por todos os projetos da rede de pesquisa e **PGAGEM**. Em trabalhos de coleta de dados não geológicos participarão das equipes de campo, especialistas dos temas alvo (p. ex. endemias, fertilidade agrícola, etc.).

Os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento serão executados pelas Universidades e Institutos de Pesquisa participantes, que se comprometem a cumprir os prazos estabelecidos nas programações.

O levantamento geoquímico nacional de baixa densidade do **PGAGEM** está previsto para ser executado em 05 (cinco) anos, com um custo (exceto salários e encargos sociais) estimado em R\$ 5 milhões de reais. Cobrirá todo o território brasileiro exceto aquelas regiões onde se executam ou foram executados trabalhos similares.

Durante a execução do **PGAGEM** será necessário o acompanhamento por todos os parceiros, de forma a serem mantidos todos os compromissos de prazos e cronogramas estabelecidos nos convênios e acordos de parceria. A forma preferencial de acompanhamento deverá ser estabelecida de forma negociada entre os parceiros, antes do início efetivo do programa.

CAPACITAÇÃO DE PESSOAL

Além das atividades inerentes à execução do programa estão previstas outras de capacitação técnica de pessoal, através de cursos de pós-graduação, cursos de extensão e treinamento. Assim como, a realização de eventos (*workshops*, simpósios e congressos) com vistas à disseminação junto ao meio acadêmico e sociedade em geral, desta inédita (no Brasil) integração entre as ciências que estudam o meio físico e aquelas responsáveis pela saúde humana e animal.

PRODUTOS E DISPONIBILIZAÇÃO

O mapeamento geoquímico de baixa densidade será disponibilizado para o público por meio de:

- mapas digitais de distribuição de elementos químicos, (Figuras 2, 4 e 5).
- mapas comparativos de distribuição de elementos traços e outros temas georreferenciados disponíveis, (Figura 4).
- base de dados com todas as informações analíticas e de campo geradas pelo programa.
- arquivo de amostras guardando as características do material coletado em um momento histórico, servindo de marco inicial para estudos de monitoramento ambiental.

Além dos produtos acima, um conjunto bem maior de dados e produtos cartográficos deverá ser gerado pelos projetos contemplados no **PGAGEM**. Esse programa como um todo deverá produzir os seguintes benefícios à sociedade brasileira:

- contribuir com a identificação, diagnóstico e redução da ocorrência de doenças de veiculação hídrica, alimentar, endêmica e aquelas ligadas ao excesso ou carências de elementos químicos no organismo (desnutrição, câncer, cardiopatia, mal de Alzheimer, hipertensão, distrofia muscular, fluorose, nanismo), que afetam a população humana e animal;
- produzir economia nos estudos e investimentos a serem realizados pelos comitês de bacias hidrográficas e projetos governamentais relacionados à saúde pública, de preservação e correção de problemas relacionados com a qualidade do meio ambiente e com a racionalização das atividades econômicas dela decorrentes;
- propiciar economia nos investimentos a serem realizados pela iniciativa privada para prevenção e correção do impacto das suas atividades produtivas, principalmente, mineração, agricultura e pecuária, e sociais sobre a qualidade do meio ambiente;
- prevenção e preservação da qualidade de vida das comunidades rurais e urbanas do País.
- contribuir para a avaliação regional da degradação ambiental, subsidiando vários programas brasileiros, como o **GEOBRASIL** do **IBAMA** e o **ZEE** do **MMA**.
- contribuir, como referencial, para os trabalhos de gestão ambiental, executados pelos órgãos reguladores estaduais, na orientação dos licenciamentos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPLETON, J.D., 1992. **Review of the use of regional geochemical maps for identifying areas where mineral deficiencies or excesses may affect cattle productivity in tropical countries.** British Geological Survey Technical Report WC/92/24 Keyworth.

DARNLEY, A.G., BJÖRKLUND, A., BOLVIKEN, B., GUSTAVSSON, N., KOVAL, P., PLANT, J.A., STENFELT, A., TAUCHID, M., XIE XUEJING. 1995. **A global geochemical database for environmental and resource management.** UNESCO, Earth Sciences, 19. Paris. 122 p.

CUNHA, F.G., MACHADO, G.J., CAVALCANTI, E.M., ANDRADE RAMOS, A. J. 2000. **Levantamento geoquímico do estado do Rio de Janeiro.** CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2000, 42p.

LICHT, O. A. B. 2001. **Atlas geoquímico do estado do Paraná.** Curitiba.

LINS, C. A. C.; WANDERLEY, A. A. 1999. Distribuição de mercúrio em drenagens ao Norte do Recife, Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 5, 1999, Porto Seguro / CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 7, 1999, Porto Seguro. **Anais.** Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1999. 664p. p.119 - 121.

HALL, G.E.M., 1992: **Geoanalysis.** Special Issue. **Journal of Geochemical Exploration.** v.44, 349p.

ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Elementos de importância econômica e biológica

H																		He*
Li*	Be*											B*	C*	N*	O*	F*		Ne*
Na*	Mg*											Al*	Si*	P*	S*	Cl*		Ar*
K*	Ca*	Sc*	Ti*	V*	Cr*	Mn*	Fe*	Co*	Ni*	Cu*	Zn*	Ga*	Ge*	As*	Se*	Br*		Kr*
Rb*	Sr*	Y*	Zr*	Nb*	Mo*	(Tc)	Ru*	Rh*	Pd*	Ag*	Cd*	In*	Sn*	Sb*	Te*	I*		Xe*
Cs*	Ba*	TR	Hf*	Ta*	W*	Re*	Os*	Ir*	Pt*	Au*	Hg*	Tl*	Pb*	Bi*	(Po)	(At)		Rn
(Fr)	Ra	AC																

Terra Raras														
La*	Ce*	Pr*	Nd*	(Pm)	Sm*	Eu*	Gd*	Tb*	Dy*	Ho*	Er*	Tm*	Yb*	Lu*

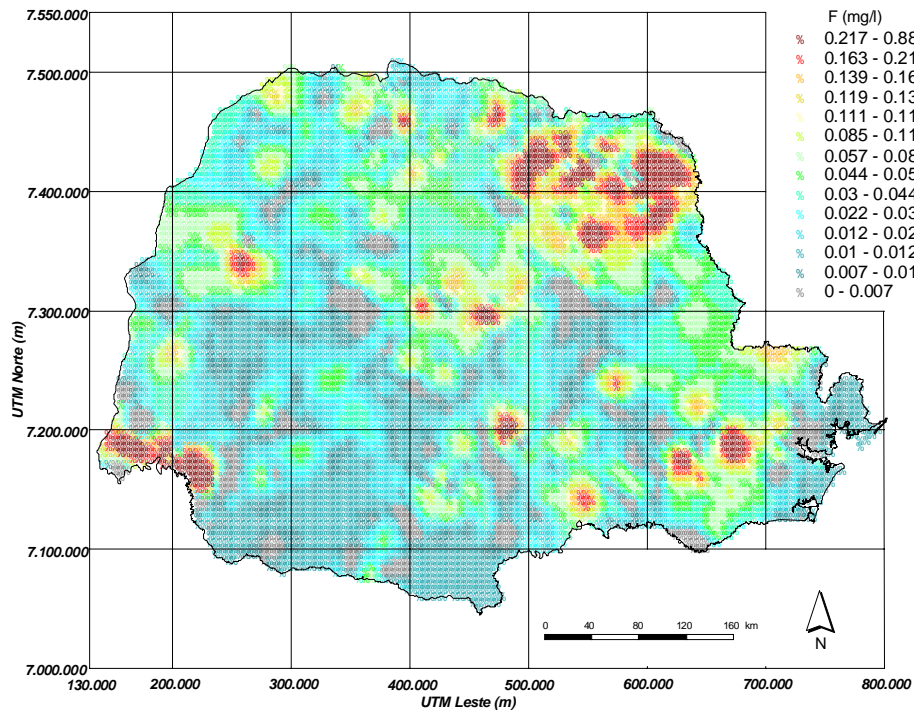
Grupo dos Actinídios			
(Ac)	Th*	(Pa)	U*

	Elementos com efeitos biológicos conhecidos
	Elementos com possíveis efeitos biológicos
*	Elementos com potencial econômico presente ou futuro

Fonte: Darnley et al., 1995 (Relatório Final do IGCP-259)

Figura 2 – Fluoreto nas águas e fluorose no Estado do Paraná

Mapa geoquímico do F⁻ nas águas das microbacias hidrográficas do Estado do Paraná. Fonte : Licht (2001) Atlas geoquímico do estado do Paraná.



Arcada dentária de criança de 12 anos, com os efeitos da ingestão continuada de água com doses elevadas de fluoretos. São Joaquim do Pontal, Município de Itambaracá, Estado do Paraná. Foto : M.C. Morita (1996).



Figura 3 - Mercúrio na Bacia do Rio Tapajós, Amazônia brasileira.

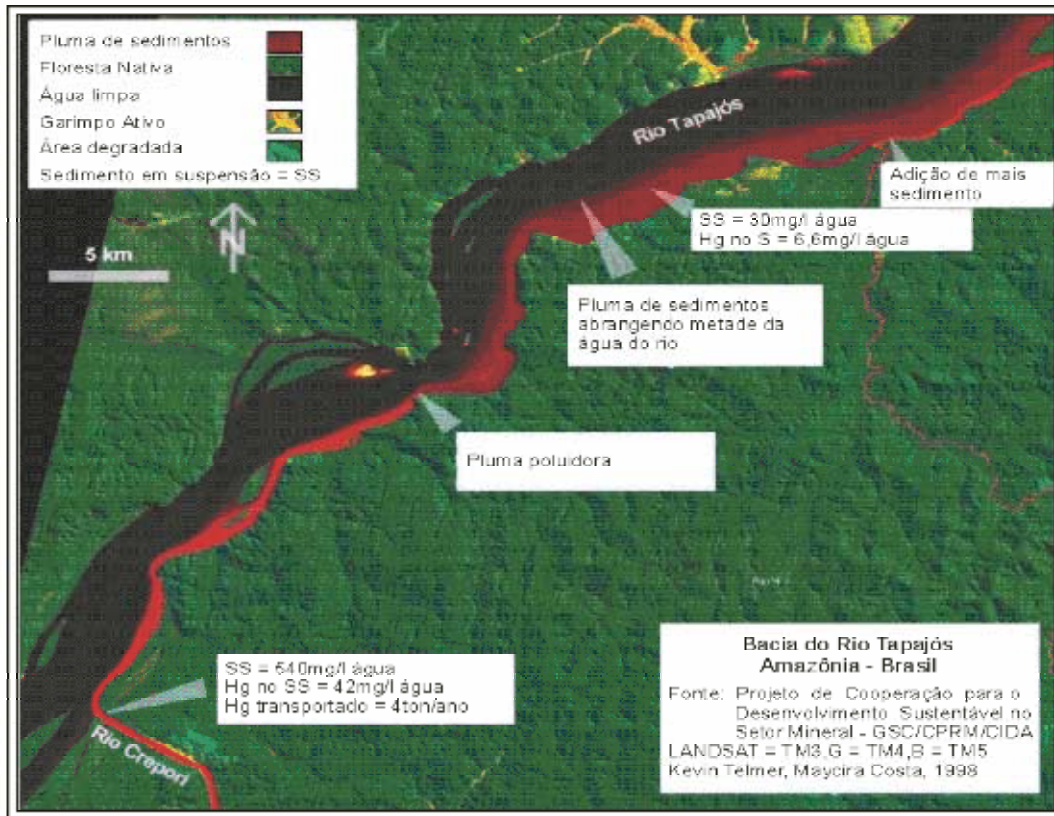


Figura 5 – Mapa geoquímico do chumbo nos sedimentos de fundo de bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Cunha et al. (2000)

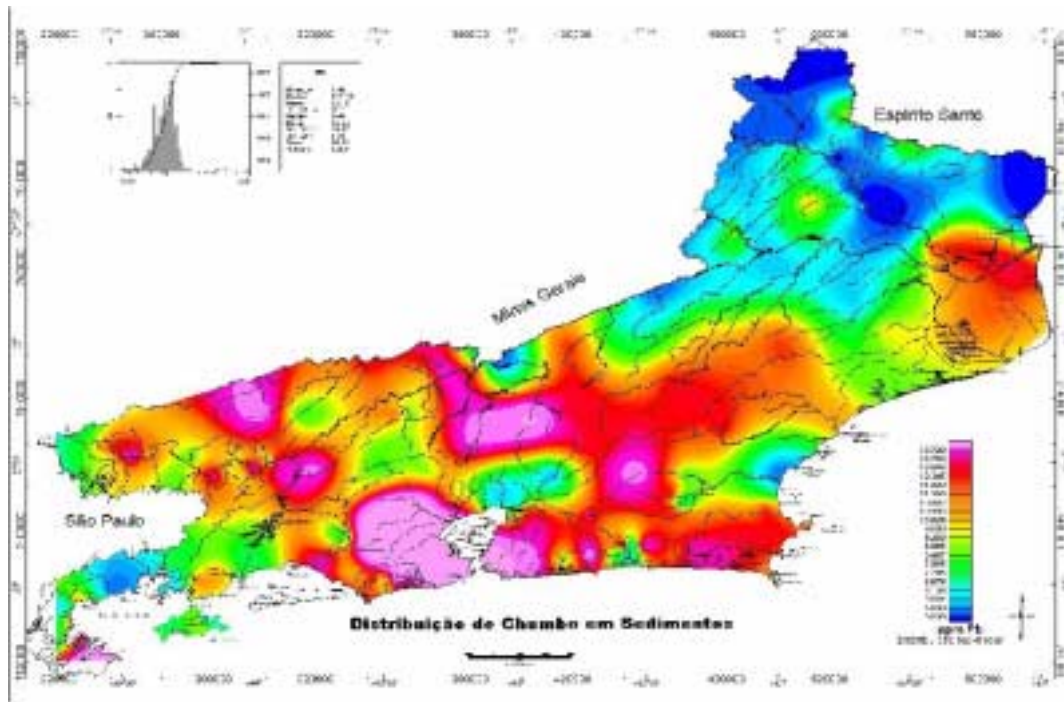


Figura 6 – Grupo de elementos maiores, menores, e traços que serão analisados nas amostras do Levantamento Regional de Baixa Densidade

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	(Tc)	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	TR	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	(Po)	(At)	Rn
(Fr)	Ra	AC															

Terras Raras

La	Ce	Pr	Nd	(Pm)	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
----	----	----	----	------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Grupo dos Actinídeos

(Ac)	Th	(Pa)	U
------	----	------	---



FRX



GFAA



ICP-AES



OUTRAS

Special Issue **Geoanalysis** (Hall, G.E.M.- ed) do *Journal of Geochemical Exploration*, V. 44: 1-3, July 1992.