

CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA
ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA,
MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM

BANCO MUNDIAL

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

PRODUTO 05

ANÁLISE DA INFORMAÇÃO GEOFÍSICA NO BRASIL

Relatório Técnico 13
INFORMAÇÃO GEOFÍSICA

CONSULTOR

Antonio Juarez Milmann Martins

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

JULHO de 2009

SUMÁRIO

RESUMO EXECUTIVO	4
APRESENTAÇÃO	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. GEOFÍSICA NO BRASIL	9
2.1. HISTÓRICO	9
2.2. O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOLÓGICAS DO BRASIL	10
3. A GEOFÍSICA EM PAÍSES SELECIONADOS.....	24
3.1. ÁFRICA DO SUL.....	24
3.2. ARGENTINA	25
3.3. AUSTRÁLIA	26
3.4. CANADÁ	28
3.5. CHILE.....	31
3.6. CHINA	32
3.7. EUA	34
3.8. ÍNDIA	36
3.9. MÉXICO	37
3.10. PERU	38
3.11. RÚSSIA.....	39
4. CONCLUSÕES.....	40
5. RECOMENDAÇÕES	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

Lista de Figuras

Figura 1: Área coberta pelos Projetos da Série 1000, no período 1953 a 2006	12
Figura 2: Produção Aerogeofísica do DNPM e CPRM no período de 1953 a 2006.....	12
Figura 3: Área coberta pelos Projetos da Série 2000, no período 1959 a 1982	13
Figura 4: Produção Aerogeofísica do Brasil no período de 1959 a 1982 pela CNEN e Nuclebras	13
Figura 5: Área coberta pelos Projetos da Série 3000, no período 1955 a 2007	14
Figura 6: Área coberta pelos Projetos da Série 4000, no período 1952 a 1996	15
Figura 7: Produção Aerogeofísica do Brasil no período de 1952 a 1996 pelo CNP e Petrobras..	15
Figura 8: Levantamentos Aerogeofísicos na Argentina.....	26
Figura 9: Cobertura Aeromagnética do Canadá.....	29
Figura 10: Cobertura Gamaespectrométrica do Canadá	29
Figura 11: Cobertura Gravimétrica do Canadá	30
Figura 12: Cobertura gravimétrica da China.....	33
Figura 13: Cobertura Geral de Aerogeofísica da China em 2008	33
Figura 14: Mapa de Anomalias Magnéticas dos EUA	36

Lista de Quadros

Quadro 1: Aerolevantamentos cintilométricos e magnetométricos da Série 1000, realizados pelo DNPM e CPRM no período 1953-2007.....	17
Quadro 2: Aerolevantamentos cintilométricos e magnetométricos da Série 2000, realizados para a CNEN e Nuclebras no período 1959-1982.....	18
Quadro 3: Aerolevantamentos cintilométricos e magnetométricos da Série 3000, realizados para empresas e governos estaduais no período 1955-2007.....	19
Quadro 4: Aerolevantamentos magnetométricos da Série 4000, realizados pelo CNP e Petrobrasno período 1952-1996.....	20
Quadro 5 - Características Gerais dos Aerolevantamentos Geofísicos no Brasil no Período entre 1953 e 2007.....	21

Resumo Executivo

A geofísica, tal como a geoquímica e o sensoriamento remoto, constitui-se em uma das mais importantes ferramentas para o conhecimento da estrutura da Terra, fornecendo elementos e informações altamente significativos para a prospecção mineral, incluindo petróleo, gás, água subterrânea, para a engenharia civil, e, em muitos casos para questões ambientais.

Empregada desde o século XIX em medidas gravitacionais e magnéticas principalmente (inclusive no Brasil através do ON – Observatório Nacional), a geofísica teve um enorme avanço no período pós Segunda Guerra Mundial, a partir de equipamentos observacionais e de defesa então desenvolvidos. O Ano Geofísico Internacional (1957/1958) foi também um grande impulsor no desenvolvimento tecnológico de equipamentos de levantamentos, processamento e interpretação de dados geofísicos.

O primeiro levantamento aeromagnético realizado pelos EUA aconteceu em 1944 e, no Canadá, em 1947. No Brasil, foi em 1952/1953, pelo Conselho Nacional de Petróleo, no Estado de São Paulo, e atualmente a aerogeofísica é empregada pela maior parte dos Serviços Geológicos Nacionais e pelas grandes empresas de mineração e de petróleo.

Os países mais desenvolvidos, como os EUA e o Canadá, têm seus territórios total ou quase totalmente cobertos com aeromagnetometria e gamaespectrometria, assim como nações em desenvolvimento, como a China, a África do Sul, a Austrália e o México. Espaçamentos de linhas e de alturas de vôos são variáveis, conforme o período em que foram realizados os levantamentos e seus objetivos. Em geral, os levantamentos executados por entidades governamentais (SGNs) têm maiores espaçamentos de linhas de vôo (0,5 a 2 km, ou até mesmo 4 km), enquanto os governos estaduais ou provinciais e, sobretudo, as empresas de mineração, utilizam espaçamentos menores, ao redor de 0,25 ou mesmo 0,10 km entre os perfis.

Os dados disponibilizados ao público também variam, de acordo com os períodos de levantamentos, a sua qualidade/confiabilidade e grau de sigiliosidade. Em alguns países o acesso é gratuito, mas na maioria deles as informações detalhadas são cobradas em taxas variáveis. Na maioria dos mais expressivos Serviços Geológicos do mundo, os perfis e mapas dos levantamentos mais antigos estão sendo digitalizados e integrados em bases de dados específicas. É o caso do Brasil, também, através da CPRM.

Embora aparentemente não integrados ainda à excelente Base de Dados GEOBANK do Serviço Geológico do Brasil, o banco AERO da CPRM reúne informações importantes e bem organizadas dos aerolevantamentos geofísicos do País, desde 1952, classificando-os em quatro grandes categorias, de acordo com os executores e/ou clientes: Série 1000 (executados por empresas contratadas pelo DNPM e/ou CPRM, no período entre 1953 e 1996); Série 2000 (Comissão Nacional de Energia Nuclear e Nuclebras, entre 1959 e 1982); Série 3000 (empresas privadas e órgãos estaduais, entre 1955 e 2007); e Série 4000 (Conselho Nacional de Petróleo e Petrobras, entre 1952 e 1996). Estão nesta última Série, no Banco de Dados AERO da CPRM, as maiores deficiências de informação quanto aos registros, espaçamentos e linhas de vôos e resultados obtidos, além da interrupção da coleta de dados em meados dos anos 90. Evidentemente que aqui entram as questões de sigilo e temporaneidade na disponibilidade das informações ao público. Essa deficiência, todavia, é compensada no BDEP – Banco de Dados de Exploração e Produção da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis -ANP, inaugurado em 2000, administrado e operado pela CPRM mediante Convênio de Cooperação Técnico-Científica. Nele estão registradas as informações das principais bacias sedimentares do País, terrestres, marinho - terrestres e marinhas.

Olhados os dados básicos e crus dos levantamentos registrados no AERO da CPRM, o Brasil tem mais de 9,9 milhões de km² cobertos com aerogeofísica (aqui incluída a sua Plataforma Continental, evidentemente), dos quais cerca de 5,4 milhões com gamaespectrometria e 9,4 milhões com magnetometria (executados conjunta ou separadamente), o que, teoricamente, o colocaria em situação privilegiada até mesmo em relação aos países mais desenvolvidos.

No entanto, há que se considerar a sobreposição de muitos desses levantamentos, os objetivos diferenciados de muitos deles e a qualidade dos dados decorrentes da época de realização.

Embora a Região Norte (Amazônia Legal) e o Nordeste tenham recebido muitos dos levantamentos, são essas regiões, no entanto, e principalmente a Amazônia, que carecem de maiores e mais precisas informações. Mistér se faz aqui lembrar que estão nos limites da Floresta Amazônica (Leste do Pará – Carajás), Rondônia, Mato Grosso e ao longo dos grandes rios (Amazonas, Tapajós) os grandes depósitos minerais conhecidos e em exploração. As exceções abrangem talvez os depósitos de cassiterita de Pitinga (AM), de gás de Urucu e os já extintos depósitos de manganês de Serra do Navio (AP). Uma vasta área de Precambriano e Fanerozóico resta a conhecer na Amazônia Ocidental e norte da Oriental, todas com grande potencial mineral.

As considerações aqui expressas levam às seguintes recomendações para a CPRM – Serviço Geológico do Brasil:

- Elaborar um Programa Nacional de Geofísica para o Brasil que contemple tanto a Aerogeofísica Regional (hoje sendo atendida pela CPRM), quanto a Geofísica terrestre, e que tenha por objetivo não só a prospecção e pesquisa minerais, mas também questões sociais;
- Continuar elegendo como prioritária a Amazônia Legal, por ainda ser a região mais desconhecida do Brasil, e, dentro dela, as áreas que não sejam Reservadas (como as indígenas, parques nacionais, ambientais, florestas nacionais etc), que abranjam complexos precambrianos, que já tenham minerações econômicas e que estejam em zonas de fronteiras. Nessa Região, os investimentos em levantamentos básicos, abrangendo o mapeamento geológico, geoquímico e geofísico têm caráter estratégico para o País e não devem ser interrompidos sob hipótese alguma. Nesse sentido, não se pode discordar das recomendações dos dois Comitês *ad hoc* ao fórum para o desenvolvimento de métodos para a exploração mineral na Amazônia: o de aerogeofísica e o de geofísica profunda, publicados, em 2000, na Revista Brasileira de Geofísica;
- Detalhar, com espaçamentos e alturas menores de vôos áreas levantadas no passado e que se apresentem como potenciais para a concentração de depósitos minerais;
- Planejar todos os levantamentos levando em conta os mapeamentos geológicos e geoquímicos realizados anteriormente. Em outras palavras, aproveitar ao máximo o conhecimento já adquirido para racionalizar os trabalhos de aerogeofísica, normalmente de custos elevados, mas também vice-versa: usar o máximo a informação geofísica para racionalizar os trabalhos de geologia básica;
- Em um segundo momento, elencar áreas prioritárias no restante do País, ainda não voadas, com potencial mineral de relevância para o Brasil no âmbito de uma visão global (recursos energéticos e hídricos subterrâneos, minerais básicos para emprego na agricultura, metais e minerais de uso em indústrias de ponta (espacial, construção civil, tecnologia da informação, antipoluentes e leves, elementos com aplicativos em saúde e lazer, além dos considerados economicamente estratégicos para o País);
- Continuar a envolver os Estados da Federação em parcerias nos levantamentos aéreos, a exemplo do que já vem sendo feito com Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso;
- Introduzir outros métodos aerogeofísicos em áreas selecionadas pelo seu potencial, como os eletromagnéticos e gravimétricos;

- Continuar a digitalizar os perfis e mapas de levantamentos das décadas anteriores ao presente século;
- Integrar o AERO ao GEOBANK, da mesma forma que outros bancos de dados que lá estão;
- Atualizar as informações da Série 4000 do AERO, referentes aos levantamentos executados pelo Conselho Nacional de Petróleo e a Petrobras, no que for possível;
- Aprimorar o aperfeiçoamento de suas equipes e incentivar profissionais e estudantes e profissionais externos nas operações, emprego, tratamento e interpretação das informações geofísicas, fortalecendo as parcerias com as Universidades e, entre outras, com a Sociedade Brasileira de Geofísica;
- Estabelecer Acordos de Cooperação Internacionais para a troca de experiências e treinamento de pessoal em todos os níveis abrangidos pela geofísica.

Apresentação

O presente Relatório Técnico integra o denominado “**Estudos para Elaboração do Plano Duodecenal (2010-2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – ESTAL**”, idealizado pelo Ministério de Minas e Energia, através de sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM, à qual compete *coordenar os estudos de planejamento setoriais, propondo as ações para o desenvolvimento sustentável da mineração e da transformação mineral*, de acordo com o Decreto 5.267 de 05/11/2004.

O citado Plano, com o horizonte de 20 anos, “tem previsão de revisões quadrienais e detalhamento coincidentes com os períodos dos Planos Plurianuais – PPA’s do governo, obedecendo às premissas de dinamicidade, realismo, atualização tecnológica, agilidade na obtenção da informação e na divulgação dos produtos, continuidade de recursos humanos e continuidade de recursos financeiros”, segundo estabelece o seu Termo de Referência para contratação de consultorias especializadas, como a J. Mendo Consultoria, responsável pela apresentação dos diversos Relatórios Técnicos, como parte dos seus 58 Produtos incluídos em 6 Macro-Atividades.

Neste Relatório Técnico 13 são analisadas quantitativa e qualitativamente as informações geofísicas disponíveis no território brasileiro, assim como de alguns países tradicionalmente mineradores selecionados, e de alguns outros da América Latina, e, na medida do possível, considerando nesta análise os percentuais de recobrimento, as escalas de trabalho e a abrangência das informações contidas nas bases de dados e os sistemas de informações utilizados.

É sugerida a implantação de um Programa Nacional de Aerogeofísica, que contemple a Amazônia como região prioritária, em particular as suas áreas não-reservadas e com rochas precambrianas e paleozóicas, além de aerolevantamentos de detalhes em áreas já voadas no passado e que tenham potencial mineral e outras ainda trabalhadas. É feita uma avaliação do banco de dados AERO hoje existente na CPRM – Serviço Geológico do Brasil, e dos registros nela contidas.

1. Introdução

A geofísica tem sido, ao lado da geoquímica e do sensoriamento remoto por radar e satélites, um dos meios mais empregados no estudo indireto das propriedades básicas da Terra e um dos mais eficazes na prospecção de bens minerais.

Foi somente após a Segunda Guerra Mundial que as técnicas de aerogeofísica passaram a ser desenvolvidas e disseminadas a partir de equipamento construído pela *Gulf Research and Development Co.* na década de 40 para detectar submarinos alemães, com a disponibilização do primeiro sistema aeromagnético tipo *fluxgate* (Hildenbrand, 2002).

Segundo ainda Hildenbrand, 2002, os anos 50 do século passado foram admiráveis no desenvolvimento das técnicas de levantamentos aerogeofísicos. Em 1951, por exemplo, o Canadá executava o primeiro aerolevante eletromagnético com sucesso, contando com “o emprego do sistema *Inco-McPhar*, cujo desenvolvimento havia sido concluído em 1947. Como se tratava de sistema proprietário da Inco – *International Nickel Corporation*, foi somente a partir de 1955 que o mesmo foi disponibilizado comercialmente”.

De lá até os dias de hoje, as técnicas de geofísica em geral e as aéreas, em particular, têm experimentado um avanço extraordinário, como consequência não só da indústria bélica e espacial, mas como resultado de investigações científicas de emprego econômico (prospecção mineral, incluindo a petrolífera e a de águas subterrâneas), social e ambiental (detecção de áreas e situações de riscos naturais, como sismos, erupções vulcânicas, explosões solares, segurança de reatores nucleares etc).

A evolução da eletrônica digital a partir do final da década de 70 e a disponibilização dos sinais de satélites GPS pelo Governo dos EUA para uso comercial, no final dos anos 80, seguidos dos compensadores aeromagnéticos automáticos e os programas desenvolvidos para o ambiente *windows* representaram um enorme salto no emprego cada vez mais seguro e confiável dos aerolevantes. A isso vieram se juntar os aerolevantes gravimétricos, inicialmente dirigidos para a prospecção de kimberlitos e hoje com outras aplicações a exemplo de água subterrânea e detecção de corpos com alta ou baixa densidade regional.

Essa tecnologia foi precedida de grandes avanços como os gamaespectrômetros de quatro canais e dos magnetômetros a próton das décadas de 60 e 70, quando surgiram também os primeiros sistemas digitais de aquisição de dados e os primeiros programas de computador para processamento; o emprego de sistemas automáticos de navegação e posicionamento eletrônico das aeronaves (rádio ou dopler); os gamaespectrômetros multicanais e os sistemas eletromagnéticos do tipo *Induced Pulse Transient (INPUT)* nas décadas de 70 e 80; a tecnologia que reduziu grandemente a “zona morta” dos sensores magnéticos de vapor alcalino (*split beam*), elevando a eficiência desses sensores e tornando a realidade os levantamentos de alta resolução.

No início deste século, novas tecnologias têm sido desenvolvidas e utilizadas principalmente em países com tradição mineira acentuada, a exemplo da Austrália e do Canadá, como a aerogravimetria-gradiometria e o sistema eletromagnético de domínio de tempo recomendado para alvos localizados em grande profundidade, denominado *Megatem*, empregado, por exemplo, pela *Fulgro Airbone Surveys* (Hildenbrand, *op cit.*).

2. Geofísica no Brasil

2.1. Histórico

Tal como em diversas partes do mundo, até o início do século passado, a geofísica como hoje a conhecemos era utilizada no Brasil em medidas do campo magnético da Terra e observações sísmicas executadas pelo Observatório Nacional – ON, localizado no Rio de Janeiro e hoje vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

Segundo a Sociedade Brasileira de Geofísica, “entre 1954 e 1968, a atividade de geofísica no Brasil era conduzida praticamente apenas pela Petrobras na prospecção de petróleo”.

Em 1960 foi criado o programa de pesquisa e pós-graduação da UFBA, com ênfase na prospecção de petróleo e geofísica regional, e em 1975, o Centro de Geofísica Nuclear da UFPA, cuja raiz também esteve na Petrobras.

Antes, no final da década de 50 eram criados os primeiros cinco Cursos de Geologia do País, que passaram a ensinar geofísica, com base em modelos teóricos do exterior, americanos e europeus (particularmente escandinavos).

No início dos anos 70 a Companhia Vale do Rio Doce, entusiasmada com os resultados das pesquisas geológicas no Quadrilátero Ferrífero levadas a efeito pelo *US Geological Survey*, com o apoio e patrocínio do DNPM, iniciou a aplicação da geofísica em suas pesquisas minerais, e em 1972 o IAG – Instituto de Astronomia e Geofísica, da USP, começou a atuar no ensino da geofísica da Terra sólida.

Além da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, do ON - Observatório Nacional e do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, quase todos os Institutos de Geociências e equivalentes das Universidades brasileiras, têm, entre seus currículos, a geofísica como matéria obrigatória, evidenciando a importância do seu conhecimento científico e da tecnologia dele derivada como importante para o conhecimento de nosso planeta e de seus recursos naturais.

O primeiro levantamento aerogeofísico no Brasil se deu em 1952, sob os auspícios do Conselho Nacional de Petróleo – CNP, na Bacia Sedimentar do Paraná, região de Botucatu e foi executado pela LASA – Levantamentos Aerofotogramétricos S.A. (CPRM, página na *internet*). Em 1953, a PROSPEC S.A (depois GEOMAG) foi contratada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, para cobertura aeromagnética e gamaespectrométrica na região de São João Del Rei, em Minas Gerais (Hildenbrand,op.cit).

O magnetômetro era do tipo *fluxgate* de campo total, montado na cauda da aeronave e baseado na mesma tecnologia da *Gulf Research*, com um sistema totalmente analógico, e o cintilômetro media apenas a radiação gama total, registrada em contagens por minuto.

Outros levantamentos foram executados nessa época, com espaçamentos variáveis de 50 a 200 m entre as linhas de vôo, localizadas sobre fotomosaicos semicontrolados. O intervalo de amostragem era superior a alguns segundos e a precisão do posicionamento variava entre 100 e 200 m “sendo o trajeto da aeronave recuperado a partir de um filme de rastreio de 35 mm, e o processamento era manual. (Hildenbrand, op. cit.).

Segundo ainda Hildenbrand, “em maior ou menor grau, todas as tecnologias aerogeofísicas têm sido empregadas no Brasil de forma sistemática ao longo dos últimos 50 anos”.

De fato, a partir dos anos 50, passou-se a utilizar o magnetômetro *fluxgate*; os registros analógicos e filmes de 35 mm para identificação de posicionamento (décadas de 60 e 70), além do posicionamento eletrônico nos levantamentos *offshore* que então se iniciavam, os sensores de vapores alcalinos nos anos 80; os GPS a partir dos anos 90 nos levantamentos magnéticos, eletromagnéticos e magneto-gradiométricos.

Na década de 70 e primeiros anos da de 80, uma série de levantamentos aerogeofísicos voltados para a prospecção mineral foram promovidos pelo DNPM, através da CPRM (que em alguns casos subcontratava os serviços a empresas privadas), como parte do Plano Mestre Decenal para Avaliação de Recursos Minerais do Brasil 1965-1974 e dos Planos Decenais que o seguiram, com destaque para aqueles realizados como parte de cooperações internacionais com o Canadá (Projeto Brasil-Canadá, 1979) e Alemanha (Projeto Convênio Geofísica Brasil-Alemanha, 1971), que cobriram grandes áreas do País e trouxeram enormes contribuições para a compreensão da constituição geológico – tectônica das áreas levantadas e de seu potencial mineral e para o treinamento de técnicos brasileiros.

As grandes “crises do petróleo” de 1978 e 1982, trouxeram restrições orçamentárias de gravíssima ordem para o DNPM e para a CNEN, que contratavam a CPRM para seus levantamentos geológicos, dos quais os aerogeofísicos, entre os mais dispendiosos, tendo como consequência a suspensão da grande maioria dos trabalhos planejados para as décadas de 80 e 90 nos dois Planos Decenais de Mineração e no Programa Levantamentos Geológicos Básicos do DNPM, lançado em 1984.

2.2. O Sistema de Informações Geológicas do Brasil

Como parte integrante do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, a CPRM desenvolveu para o DNPM o primeiro Sistema de Informações Geológicas do Brasil – SIGA, tendo por princípio o fato de que o programa iria gerar uma enorme quantidade de dados, além dos existentes, obtidos na década de 70, e que se perderiam ou teriam dificuldade de manejo caso não fossem organizadas e disponibilizadas ao público através de um acesso fácil e compreensível.

A partir dessa concepção inicial, foi agregada ao PLGB uma série de projetos destinados a aumentar a eficiência dos trabalhos técnico-científicos, tornar viável a realização de outros e, principalmente, melhor atender aos usuários dos seus resultados:

- Elaboração de um novo Plano Diretor de Informática na CPRM;
- Criação de um sistema de informações geológicas de caráter nacional (SIGA);
- Atualização e modernização de sistemas e equipamentos existentes;
- Atualização dos sistemas de processamento **geofísico e geoquímico**;
- Introdução de uma filosofia de processamento distribuído, com participação dos usuários e incorporação de tecnologia de microcomputadores, redes e processamento gráfico;
- Implantação de sistemas de apoio gerencial descentralizados;
- Adoção de sistemas de acesso a bases de dados nacionais e internacionais;
- Integração entre os bancos de dados do DNPM localizados nos computadores da CPRM (DNPM, 1984).

O SIGA passou a integrar vários bancos de dados que estavam na CAEEB –Companhia Auxiliar de Energia Elétrica Brasileira (extinta no Governo Collor de Mello), envolvendo acervo bibliográfico, bibliografia geológica do Brasil, projetos de mapeamento básico do DNPM, ocorrências minerais, descrição de afloramentos, análises petrográficas projetos de mapeamento geológico, **geofísico e geoquímico**, sondagens, ocorrências fossilíferas, análises químicas de rochas, datações geocronológicas, ocorrências e cadastro de gemas, índices cartográficos, descrição de solos, conseguindo reunir (e disponibilizar ao público), 805.500 documentos no período julho de 1986 a julho de 1988. Apenas da base de mapeamento geológico, geofísico e geoquímico, haviam sido cadastrados no SIGA 10.200 documentos naquele período.

Paralelamente, a CPRM criou um Serviço de Atendimento aos Usuários denominado SEUS, até hoje em operação.

O acesso às Bases de Dados geocientíficas passou a ser através do Serviço INTERDATA da Embratel, sendo a principal delas a GEOREF, produzida pelo *American Geological Institute*, dos EUA.

Nos anos 90 e no atual século a CPRM experimentou um enorme salto de eficiência e qualidade de registros de dados, culminando com o atual GEOBANK, um banco de dados relacional desenvolvido em plataforma Oracle®, orientado para objetos gráficos e contendo várias bases de dados.

A página da internet da CPRM (maio de 2009) mostra que a Área de Geofísica do Serviço Geológico do Brasil tem, como linhas principais de atuação:

- Geofísica Aérea
 - Base de metadados de Projetos Aerogeofísicos (AERO);
 - Levantamentos Aerogeofísicos Sistemáticos em Terrenos do Embasamento Cristalino PréCambriano (magnetometria e gamaespectrometria) nas escalas 1:250.000 e 1:100.000, com ênfase na Região Amazônica;
 - Processamento e Interpretação de Dados Aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectrometria).
- Geofísica Terrestre
 - Aquisição, Processamento e Interpretação de Dados em Apoio a Projetos da Empresa para Prospecção Mineral, Água Subterrânea e Controle Ambiental;
 - Oficina Eletrônica para Manutenção dos Equipamentos.

A página ainda mostra a chamada para a Base de Metadados de Projetos Aerogeofísicos e os mais recentes Projetos Aerogeofísicos no Brasil, além de áreas de localização dos Projetos Aerogeofísicos programados para 2008 e os executados em 2004 e 2005.

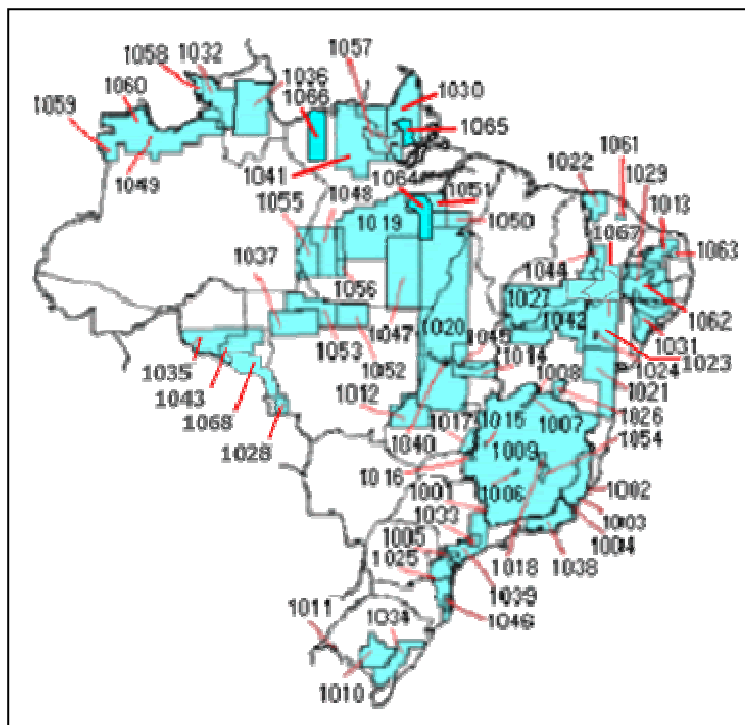
A Base de Dados AERO, criada em 1995, tem por objetivo principal “prover o usuário de informações técnicas sobre todas as fases dos principais levantamentos aerogeofísicos executados no Brasil desde 1952”, projetos esses agrupados em quatro categorias, de acordo com seus patrocinadores, procurando-se “evitar superposições de áreas dos levantamentos sobre um mesmo mapa de localização”.

Em cada Grupo, denominados Séries 1000, 2000, 3000 e 4000, respectivamente, os projetos estão organizados “em ordem crescente segundo o ano de levantamento e situam-se em mapas de localização individuais”.

De 1952 a 2006 estão cadastrados no AERO 190 projetos das quatro categorias acima (junho 2009).

- Projetos da Série 1000

“São ao todo 75 Projetos (alguns em áreas contínuas), executados no período de 1953 a 2006, dos quais 9 executados por empresas contratadas pelo DNPM (1953 a 1970), 44 contratados pelo DNPM à CPRM (1971 a 1996) e o restante tendo como responsável diretamente a própria CPRM, já consagrada como Serviço Geológico do Brasil (1997 a 2006) (Fig.1). A esses projetos devem ser somados outros 15, também com magnetometria e gamaespectrometria, realizados pela CPRM ou CPRM/Governos Estaduais, em 2007 e 2008, não inseridos na Base AERO propriamente até o momento de elaboração deste Relatório, mas no contexto de “projetos mais recentes” na página eletrônica do Serviço Geológico do Brasil. Desses últimos, seis foram na Região Amazônica, seis no Nordeste, dois na Região Sul e um na Região Centro – Oeste, totalizando mais 1.389.280 km de perfis (espaçados entre 0,5 e um km) e 659.573 km² de área voada. (Esses últimos projetos não estão representados na Figura 1 a seguir.

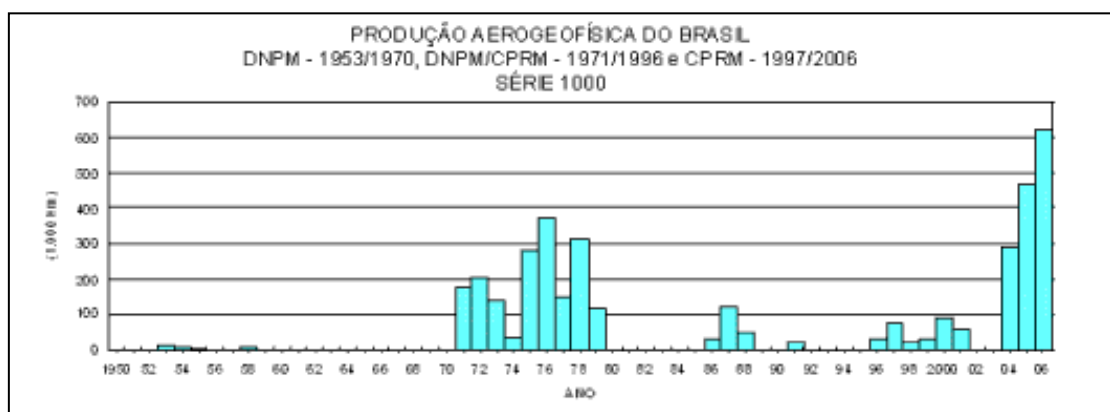


Fonte: CPRM, 2009

Figura 1: Área coberta pelos Projetos da Série 1000, no período 1953 a 2006

Pela Figura 2, pode-se observar que na produção registrada destacam-se dois períodos de concentração, 1971-1979 (época áurea dos levantamentos geológicos do País, impulsionada pelo Plano Mestre Decenal para Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil) e 2004 – 2006 (extensivos, mas não constantes do AERO, a 2008 inclusive). Dois outros períodos (1986 a 1989 e 1996 a 2001) refletem as tentativas de retomada dos levantamentos geológicos básicos do País.

- Projetos da Série 1000

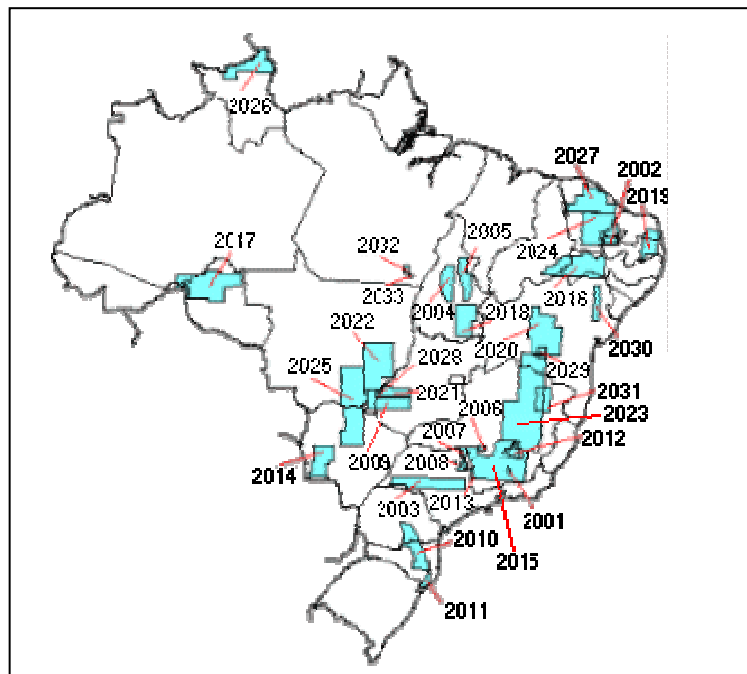


Fonte: CPRM, 2009

Figura 2: Produção Aerogeofísica do DNPM e CPRM no período de 1953 a 2006

- Projetos da Série 2000

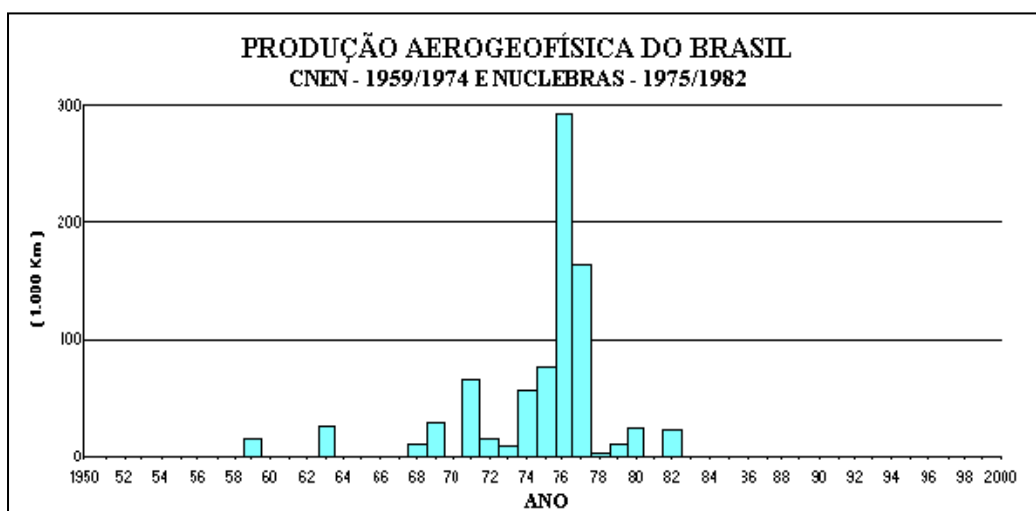
“São 33 projetos executados no período de 1959 a 1982, dos quais 17 contratados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (entre 1959 e 1974) e o restante pela Empresas Nucleares Brasileiras – Nuclebras (Figura 3).



Fonte: CPRM, 2009

Figura 3: Área coberta pelos Projetos da Série 2000, no período 1959 a 1982

A Figura 4 a seguir evidencia que a maior concentração por quilômetros voados deu-se no período de 1971 a 1978 (com um pico em 1976-1977), novamente coincidindo com a época de ouro dos levantamentos geológicos do País, na esteira do PMD.

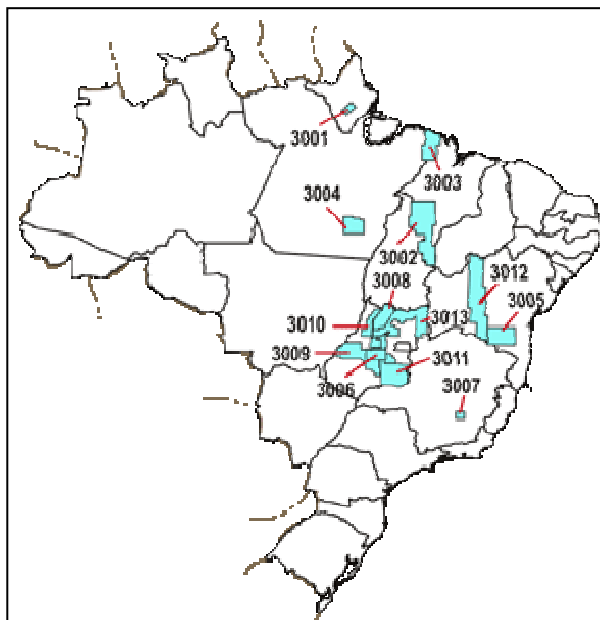


Fonte: CPRM, 2002

Figura 4: Produção Aerogeofísica do Brasil no período de 1959 a 1982 pela CNEN e Nuclebras

- Projetos da Série 3000

São 14 projetos executados para empresas privadas e órgãos estaduais no período de 1955 a 2007, dos quais 12 para governos estaduais (AM, AP, MA, BA, MG e GO, com ênfase nesse último Estado) (Figura 5).



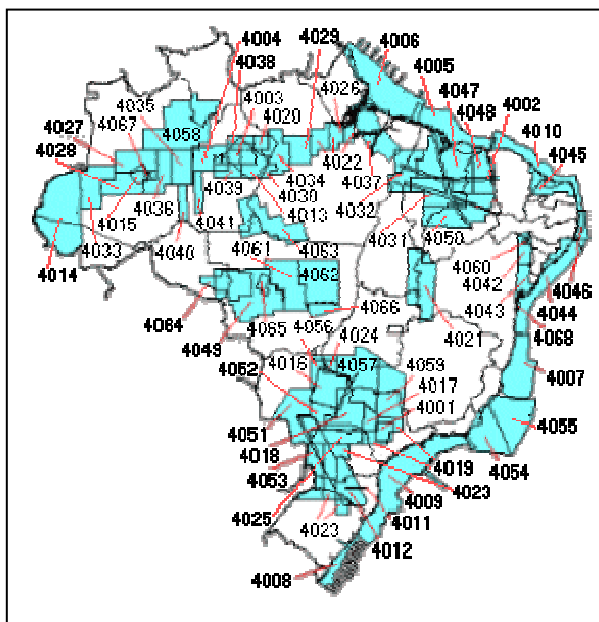
Fonte: CPRM, 2009

Figura 5: Área coberta pelos Projetos da Série 3000, no período 1955 a 2007

A maioria desses projetos foi realizada entre 1973 e 1981 (5 projetos) e 2004 - 2007 (7 projetos), destacando-se, nesse último caso, as parcerias estabelecidas entre a CPRM e os Governos de Goiás, Bahia e Minas Gerais.

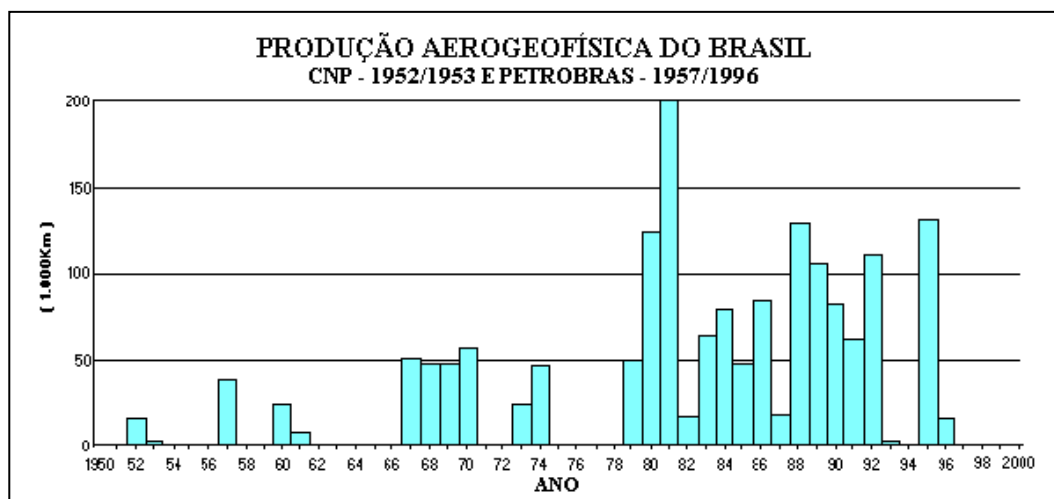
- Projetos da Série 4000

“São 68 executados em 1952/1953 pelo Conselho nacional do Petróleo (1 projeto) e pela Petrobras, entre 1957 e 1996, com ênfase no período 1979 e 1996, quando a produção chegou a mais de 1.400.000 km de linhas voadas. As figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, a área coberta com esses levantamentos e a produção aerogeofísica no período citado. O Banco de Dados de Exploração e Produção da ANP mostra outros levantamentos realizados entre 1997 e 2008 nas bacias sedimentares, incluindo as marítimas, que não estão representados nas figuras a seguir.



Fonte: CPRM, 2009

Figura 6: Área coberta pelos Projetos da Série 4000, no período 1952 a 1996



Fonte: CPRM, 2009

Figura 7: Produção Aerogeofísica do Brasil no período de 1952 a 1996 pelo CNP e Petrobras

2.2.1. Análise dos dados disponíveis

2.2.1.1. Projetos da Série 1000

Iniciados timidamente na década de 50, com a execução de apenas 5 projetos, entre 1953 e 1958, todos na Região Sudeste (Vitória a Barra do Itabapoana, ES, e Januária e Vazante, MG), dos quais 3 apenas com aerocintilometria e os demais com magnetometria e cintilometria, cobrindo uma área total de 10.100 km² (23.552 km de linhas voadas, com espaçamento entre 250 e 500 m e alturas de vôo entre 150 e 200 m), os aerolevantamentos realizados sob contrato para o DNPM só foram retomados na década de 70, após a edição do Plano Mestre Decenal para Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil 1965-1974 e a criação da CPRM, tendo se estendido até 1979.

Entre 1972 e 1979 foram voados 1.518.997 km de linhas com magnetometria e cintilometria, com alturas de vôo entre 80 e 150 m e espaçamentos entre 300 e 2.000 m (apenas um projeto com 4 km de espaçamento entre as linhas de vôo), cobrindo uma área total de 2.056.978 km² do País, a maior parte nas Regiões Nordeste (15 projetos) e Norte (11 projetos) do País, seguidas do Centro Oeste e Sul (5 projetos cada) e Sudeste (3 projetos).

Especificamente na Região Norte, esses levantamentos cobriram áreas tão importantes quanto a bacia aurífera do Tapajós, o norte e oeste do Mato Grosso, o oeste de Roraima, o norte do Pará, o sul de Rondônia, a região de Carajás, o Amapá, onde havia jazimentos ou potencial para ouro, estanho, cobre, diamantes.

No Nordeste, a presença de scheelita no Rio Grande do Norte, de cobre, ouro e chumbo na Bahia, e de suspeitas de existência de carvão na Bacia do Parnaíba, levaram à execução de aeromagnetometria e cintilometria, sob a liderança da CPRM, em convênio com o DNPM.

No Centro – Oeste foram as alcalinas do sudoeste de Goiás e o cobre/zinco de Palmeirópolis (hoje TO), os diamantes do Alto Parnaíba e as anomalias radioativas de Serra da Mesa os responsáveis pela seleção de áreas para os aerolevantamentos.

Nas Regiões Sudeste e Sul, ouro e cobre foram os principais incentivadores dos levantamentos.

A primeira metade dos anos 80 iniciou-se com os efeitos dramaticamente negativos resultantes das crises do petróleo de 1978/1979 e 1982, levando o DNPM (e por consequência a CPRM e as empresas de mineração em geral) à conhecida “curva da morte”. Os investimentos em geologia e mineração praticamente estagnaram, e os levantamentos geológicos (e aerogeofísicos) só tiveram uma ligeira retomada a partir de 1986 até 1987, quando foram realizados apenas 5 projetos de aerogeofísica (mag e cint), todos na Região Norte, cobrindo uma área total de apenas 348.819 km², com cerca de 200.000 km de linhas voadas, a espaçamento regular de 2 km e altura de vôo de 150 m.

Aqui também, o sul e oeste do Pará, e a Província Mineral do Carajás, e o extremo noroeste brasileiro (“Cabeça do Cachorro”) foram as áreas selecionadas, por motivos econômicos e estratégicos.

A falta de recursos financeiros do DNPM e o redirecionamento da CPRM como Serviço Geológico do Brasil em 1994, com uma nova reestruturação, refletiram-se nos poucos levantamentos aerogeofísicos registrados na Base AERO. São apenas quatro projetos executados no período de 1991 e 1998, três dos quais na Região Norte (Jurueña – Teles Pires, Bacia do Tapajós e Reserva Nacional do Cobre), num total de 94.500 km de linhas voadas com espaçamento entre 500 e 2.000m e alturas de vôo entre 100 e 150 m, cobrindo uma área total de cerca de 82.000 km².

O século XXI iniciou-se com novos auspícios e uma atividade crescente dos levantamentos aeromagnéticos e cintilométricos pela CPRM, através de iniciativa própria ou de parcerias com Estados, mas com ênfase na Região Norte (14 projetos registrados no AERO até 2007), seguida da

Região Nordeste (4 projetos), num total de cerca de 905.000 km de perfis lineares (altura de vôo regular de 100 m e espaçamento entre 100 e 1.000 m, a maior parte 500 m), cobrindo uma área total de cerca de 500.000 km². Se essa área não se compara ainda àquela voada nos anos 70, ela se distingue pelo menor espaçamento das linhas de vôo, pela menor altura de vôo e pelas áreas selecionadas (como as Reservas Indígenas de Parima- Uraricoera, em Roraima, a Cabeça do Cachorro (detalhe), Anaú e Trombetas (PA), Araguari (AP), Pitinga (AM), Sudeste de Rondônia, Norte de Mato Grosso, entre outras).

De 1953 até hoje, evidentemente que a metodologia de levantamento foi aperfeiçoada, com a introdução, entre outros, do GPS e das imagens de satélites, para maior precisão de localização e o menor espaçamento das linhas de vôo, e a conseqüente produção de mapas e perfis mais sofisticados em termos de diversidade, abrangência, e escalas de apresentação.

Como dados gerais, pode-se dizer que os Projetos de Aerolevantamentos Geofísicos da Série 1000 da Base de Dados AERO da CPRM (mais os projetos realizados em 2008 não constantes dessa Base) executados pelo DNPM e CPRM nas décadas de 1950 a 2000 (até 2008), chegam a cobrir cerca de 50% do território nacional (4.226.795 km²), dos quais pouco mais de 57 % na Amazônia (2.303.130 km²) e mais de 25 % na Região Nordeste (1.081.790 km²), evidenciando a importância que sempre se deu a essas regiões em virtude de seu desconhecimento e potencial mineral (em que pese as regiões Centro – Oeste e Sudeste terem-se mostrado mais produtivas, se não se computar a Província Mineral de Carajás).

Como resumo, cite-se que na Série 1000 da CPRM estão registrados 34 aerolevantamentos geofísicos (magnetometria e cintilometria) na Região Norte, 15 na Nordeste, 15 na Sudeste, cinco na Centro-Oeste e outros seis na Região Sul, no período de 1953 a 2007. Somados aos Projetos mais recentes, de 2008, esses números somam, respectivamente, 40 (Norte), 21 (Nordeste e 17 (Sudeste).

Interessante notar também que nessas quatro décadas estão registrados apenas cinco projetos aeroeletromagnéticos: dois em 1979 no Centro – Oeste (Palmeirópolis) e Sudeste (Botuverá, SC), e três em 1976 (Urandi) e 2001 (Juá, CE, Samambaia, PE, Serrinha, RN, para água subterrânea) no Nordeste.

O Quadro 1 a seguir ilustra melhor esses parâmetros:

Região	Perfis voados	Altura de vôo	Espaç. linhas	Área coberta
Norte	2.303.130 km	100 – 150 m	0,5 – 2,0 km	2.294.853 km²
Nordeste	1.081.790 km	100 – 150 m	0,1 - 2,0 km	852.126 km²
C. Oeste	190.901 km	80 – 150 m	0,5 – 1,0 km	144.704 km²
Sudeste	774.463 km	150 m	0,25- 1,0 km	806.090 km²
Sul	144.243 km	150 m	1,0 km	129.022 km ²
Total	4.494.527 km	80 - 150 m	0,25 -2,0 km	4.226.795 km²

Quadro 1: Aerolevantamentos cintilométricos e magnetométricos da Série 1000, realizados pelo DNPM e CPRM no período 1953-2007

Na Região Norte-Centro-Oeste destaca-se o Projeto Geofísica-Canadá, com 375.000 km² cobrindo parte dos Estados do Pará, Mato Grosso, Goiás e o hoje Tocantins, considerado no Quadro 1 acima como parte da Região Norte, enquanto na Região Sudeste ressalta o Projeto Convênio Geofísica Brasil-Alemanha que cobriu 570.000 km² de Minas Gerais e um pequeno trecho do Espírito Santo.

Para 2009, a CPRM tem programada a execução de nove levantamentos aerogeofísicos, seis dos quais na Amazônia, um na Sudeste e dois na Sul.

2.2.1.2. Projetos da Série 2000

Realizados também em todas as regiões do País, no período 1959-1982, tiveram seu ápice na década de 70, e compreenderam 33 projetos que cobriram uma área total de 1.016.174 km² de nosso território com levantamentos aerocintilométricos e mais de 450.000 km² com levantamentos magnetométricos, com ênfase nas regiões Sudeste (180.766 km de perfis e área coberta de 299.385 km²) e Norte (187.448 km de linhas, espaçamento também entre 500 e 4.000 m, altura de vôo entre 90 e 135 m, e 277.339 km² de área coberta), seguidas do Nordeste (235.213 km de linhas, 244.100 km² de área voada) e Centro-Oeste (206.492 km de linhas e 153.350 km² de área). Na Região Sul são registrados na Base AERO da CPRM 2 projetos, perfazendo 36.410 km de linhas voadas e 42.000 km² de área coberta com cintilometria e magnetometria.

Na Região Norte, os maiores projetos foram executados no hoje Estado do Tocantins, noroeste de Rondônia, sudeste de Mato Grosso e norte-noroeste de Roraima, com pequenos levantamentos no Pará. O espaçamento entre as linhas de vôo variou entre 0,5 e 4 km, mas a maioria dos levantamentos utilizou espaçamento de 1 e 2 km. Um projeto apenas, em Rondônia, empregou, segundo os registros da CPRM, a distância de 4 km entre as linhas. A altura de vôo esteve entre 90 e 150 m.

Na Região Nordeste, os levantamentos foram realizados no oeste de Pernambuco, leste da Paraíba, centro, sul e norte da Bahia, sudeste e norte do Ceará. O espaçamento das linhas de vôo foi, tal como na Região anterior, entre 500 e 4.000 m (um caso apenas), mas em geral entre 500 e 1.000 m, enquanto a altura de vôo foi de 150 m em quase todos os projetos.

Na Região Centro-Oeste foram realizados 6 projetos entre 1971 e 1978, nas áreas de Alto Garças (GO), Bodoquena (MS), Amorinópolis (GO), Rondonópolis (MS/MT) e no Domo de Araguainha (GO). A altura de vôo **utilizada foi de** 120 a 150 m e o espaçamento entre linhas variou entre 200 e 2.000m, com média de 1.000 m.

Privilegiada com 11 projetos, a Região Sudeste teve levantadas com cintilometria e, em boa parte, com magnetometria, áreas de São Paulo (Franca, Bauru) e Minas Gerais (Bambuí, Quadrilátero Ferrífero, Furnas, Poços de Caldas, Diamantina), todas com registros ou potencial para minerais radioativos. A altura de vôo utilizada esteve entre 120 e 150 m e espaçamento de linhas entre 150 e 4.000 m (um projeto apenas), com média de 500 a 1.000 m.

Finalmente, na Região Sul, os dois projetos registrados no AERO foram executados na área de Ponta Grossa-Criciúma, com vôos de 120 m de altura e espaçamento de linhas de 1.000 m.

Todos esses levantamentos trouxeram importantes informações sobre a constituição **radiométrica** e magnetométrica do País e sobre o potencial para minerais nucleares, especialmente no Tocantins, Ceará, Quadrilátero Ferrífero, Bahia e Poços de Caldas.

O Quadro 2 a seguir ilustra, por região, as principais características dos levantamentos da Série 2000 da Base AERO da CPRM.

Região	Perfis voados	Altura de vôo	Espaç. linhas	Área coberta
Norte	187.448 km	90 – 150 m	0,5 – 4,0 km	277.339 km ²
Nordeste	235.213 km	100 – 150 m	0,5 - 4,0 km	244.100 km ²
C. Oeste	206.492 km	120 – 150 m	0,2 – 2,0 km	153.350 km ²
Sudeste	180.766 km	120 - 150 m	0,5 - 1,0 km	299.385 km ²
Sul	36.410 km	120 m	1,0 km	42.000 km ²
Total	846.329 km	90 - 150 m	0,2 - 4,0 km	1.016.174 km ²

Quadro 2: Aerolevantamentos cintilométricos e magnetométricos da Série 2000, realizados para a CNEN e Nuclebras no período 1959-1982

2.2.1.3. Projetos da Série 3000

Realizados para empresas privadas, em convênio com DNPM e instituições educacionais (Fundação Gorceix) e em parcerias com Governos Estaduais (Amapá, Amazonas, Bahia, Goiás, Maranhão e Minas Gerais), no período de 1955 a 2007, esses projetos de aerolevamentos cintilométricos e magnetométricos, com ênfase nesses últimos, cobriram um total de 400.707 km² do País, com 657.811 km de linhas cintilométricas e 672.811 km lineares com magnetometria.

A maior parte dos levantamentos se deu na Região Centro – Oeste, entre 1981 e 2006, com um total de 399.426 km de linhas voadas com espaçamento entre 500 e 1.000 m, altura de vôo entre 100 e 150 m, e 179.715 km² de área coberta com cintilometria e magnetometria, em regiões de Goiás conhecidas pela presença de *greenstone belts clássicos* (Mara Rosa, Goiás, Juscelândia) e outras com potencial para sua existência.

A Região Nordeste teve na Bahia a concentração dos levantamentos dessa Série, com ênfase aos complexos máfico-ultramáficos de Vitória da Conquista e Campo Alegre de Lourdes. Foram dois grandes projetos que cobriram cerca de 102.000 km², com altura de vôo entre 100 e 150 m e espaçamento de linhas entre 500 e 1.000 m.

O Norte teve uma área de 108.650 km² coberta com aeromagnetometria e 94.150 km² com aeromagnetometria, com altura de vôo entre 80 e 150 m e espaçamento entre linhas de 400 até 8.000 m (?).

Segue-se a Região Sudeste, com levantamentos magnetométricos e cintilométricos em 10.573 km² de Minas Gerais (30.594 km de perfis espaçados entre 400 e 5000 m, e altura de vôo entre 100 e 150 m). No Projeto Rio das Velhas, pelo menos, está registrado o levantamento HEM ao lado da cintilometria e magnetometria.

Não há registros no AERO de levantamentos nessa Série 3000 na Região Sul.

O Quadro 3 a seguir ilustra as principais características dessa Série 3000 da CPRM.

Região	Perfis voados	Altura de vôo	Espaç. linhas	Área coberta
Norte	49.974km	80 – 150 m	0,4 – 8,0 km	108.650 km ²
Nordeste	192.997km	100 – 150 m	0,5 - 1,0 km	101.769 km ²
C. Oeste	399.426 km	100 – 150 m	0,5 – 1,0 km	179.715 km ²
Sudeste	30.594 km	100 - 150 m	0,4 - 5,0 km	10.573 km ²
Sul	-	-	-	-
Total	672.991 km	80 - 150 m	0,4 - 8,0 km	400.707 km ²

Quadro 3: Aerolevamentos cintilométricos e magnetométricos da Série 3000, realizados para empresas e governos estaduais no período 1955-2007

2.2.1.4. Projetos da Série 4000

Caracterizados por cobrirem, em geral, grandes extensões de áreas sedimentares ou metassedimentares, e por espaçamento entre linhas de vôo de até 7 km, além de alturas de vôo de 780 m, esses projetos estão registrados na Base AERO da CPRM para o período de 1952 a 1996, mas com informações nem sempre completas, principalmente quanto a altura e intervalos de registro. Com a exceção de quatro projetos realizados em 1995 na Região Norte, abrangendo magnetometria e gravimetria aéreas, todos os demais, totalizando 68, tiveram apenas levantamentos magnéticos.

A Região Norte concentrou metade dos projetos registrados na AERO (34), cobrindo uma área total de cerca de 2.027.675 km² e 771.230 km de linhas voadas. Os registros de altura de vôo são imprecisos e o espaçamento entre as linhas varia de 300 a 6.000 m. Aqui, os destaques maiores

são o conjunto de projetos ao longo dos rios Amazonas e Negro (AM), a Serra do Moa (AC), a Chapada dos Parecis (MT), o Grupo Beneficiante no médio – alto Tapajós, e a Bacia do Parnaíba (MA e PI), além de pequenos levantamentos na região de Urucu (AM).

Na Região Nordeste, a Base AERO da CPRM registra, entre 1957 e 1996, 14 projetos de aeromagnetometria, cobrindo uma área de 901.050 km² com 321.481 km de perfis, com espaçamento entre 2 e 6 km e altura de vôo não revelada. Destacam-se os levantamentos da Plataforma Continental, desde o Ceará ao norte do Espírito Santo, das Bacias de Tucano-Jatobá, Camamu, Potiguar e Parnaíba, a bacia hidrográfica do São Francisco, o Platô de Pernambuco e os interessantes perfis transversais que atravessaram os Estados do Maranhão, Piauí e Ceará, em projeto realizado com linhas de vôo espaçadas de 5 km em 1957.

No Centro Oeste foram 5 projetos entre 1979 e 1991, contemplando o Arco de Campo Grande, as cabeceiras do rio Aporé, a Serra das Araras e a Borda Oeste da Bacia do Paraná (dois Blocos), todos no Mato Grosso do Sul e limite sudoeste de Goiás, num total de 326.085 km² de área e 128.478 km de linhas voadas com alturas pouco registradas (uma delas, de 400 m) e espaçamento de linhas entre 2,0 e 3,0 km.

Na Região Sudeste foram 9 projetos entre 1952 e 1992, cobrindo uma área total de 638.200 km² e 226.370 km de perfis. Além do levantamento da Plataforma Continental Sul (Rio de Janeiro ao norte do Rio Grande do Sul), esses projetos cobriram as bordas da Bacia do Paraná e parte da Bacia de Campos. As alturas de vôo não estão claras nos registros e o espaçamento das linhas variou ente 2,0 e 5,0 km.

Finalmente, na Região Sul, foram 6 projetos no período de 1969 e 1989, compreendendo a Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, a Borda Leste e partes centrais da Bacia do Paraná (rios Iguaçú e Avaí). A área total coberta no período foi de 370.846 km², com 125.597 km de linhas espaçadas de 500 a 1.500 m (?).

O Quadro 4 a seguir resume os principais dados dos levantamentos da Série 4000 da Base Aero.

Região	Perfis voados	Altura de vôo	Espaç. linhas	Área coberta
Norte	771.230 km	?	0,3 – 6,0 km	2.027.675 km ²
Nordeste	321.481 km	?	2,0 - 6,0 km	901.050 km ²
C. Oeste	128.478 km	400 - ? m	2,0 – 3,0 km	326.085 km ²
Sudeste	226.370 km	450 - ? m	2,0 - 5,0 km	638.200 km ²
Sul	125.597 km	500– 1.500m(?)	2,0 - 7,0 km	370.846 km ²
Total	1.573.156 km	400–1.500 m(?)	0,4 - 8,0 km	4.263.856 km ²

Quadro 4: Aerolevantamentos magnetométricos da Série 4000, realizados pelo CNP e Petrobras no período 1952-1996

Este total evidencia que os levantamentos realizados pela Petrobras, se considerados os realizados na Plataforma Continental Brasileira do Amapá ao Rio Grande do Sul, representam cerca de 50% do território brasileiro. Se retirada a área da Plataforma levantada (1.181.500 km²), ainda assim serão 36% do Brasil com aeromagnetometria voltada à prospecção de óleo e gás.

2.2.1.5. Considerações Gerais

Levando-se em consideração apenas esses 205 projetos realizados no período de 1952 a 2008, pode-se fazer as seguintes observações genéricas, a partir do Quadro 5.

Quadro 5 - Características Gerais dos Aerolevantamentos Geofísicos no Brasil no Período entre 1953 e 2007

Região	Série CPRM	Área total (km ²)	Nº Projetos	Área total CINTIL. (km2)	Área total MAGN. (km2)	Área total HEM (km2)	Área total GRAV (km2)	Perfis Km	Espaçamento de Linhas (Km)	Altura de Voo (m)	Escalas de Produtos (MAPAS)	Período de Execução (Anos)
NORTE	1.000	2.294.853	40	2.294.853	2.294.853	-	-	2.303.130	0,5 - 2,0	100 - 150	1:25.000 - 1:500.000	1974 - 2008
	2.000	277.339	8	277.339	125.500	-	-	187.448	0,5 - 4,0	90 - 150	1:50.000 - 1:100.000	1968 - 1974
	3.000	108.650	4	94.150	108.650	-	-	49.974	0,4 - 8,4	80 - 150	1:50.000 - 1:250.000	1955 - 1973
	4.000	2.204.338	34	-	2.204.338	-	201.690	778.195	0,3 - 6,0	?	1:100.000 - 1:500.000	1957 - 1996
Subtotal		4.885.180	80	2.666.342	4.733.341	-	201.690	3.318.221	0,3 - 8,0	80 - 150		
NORDESTE	1.000	852.126	21	852.126	852.126	-	-	1081.790	0,1 - 2,0	100 - 150	1:10.000 - 1:250.000	1973 - 2008
	2.000	249.100	8	249.100	189.100	7.328	-	245.123	0,5 - 4,0	100 - 150	1:50.000 - 1:100.000	1959 - 1974
	3.000	101.769	2	101.769	101.769	-	-	192.997	0,5 - 1,0	100 - 150	1:50.000 - 1:500.000	1975 - 2006
	4.000	901.050	14	-	901.050	-	-	321.481	2,0 - 6,0	?	1:100.000 - 1:1.000.000	1957 - 1996
Subtotal		2.104.045	39	1.202.995	2.044.045	7.328	-	1.841.391	0,1 - 6,0	100 - 150		
CENTRO-OESTE	1.000	144.704	1	144.704	144.704	-	-	190.901	0,5 - 1,0	80 - 150	1:50.000 - 1:250.000	1973 - 2008
	2.000	153.350	5	153.350	112.000	1.763	-	170.082	0,2 - 2,0	120 - 150	1:50.000 - 1:100.000	1971 - 1976
	3.000	179.715	6	179.715	179.715	-	-	399.426	0,5 - 1,0	100 - 150	1:100.000 - 1:500.000	1981 - 2006
	4.000	208.315	5	-	208.315	-	-	82.017	2,0 - 3,0	400 - ?	1:100.000 - 1:1.000.000	1979 - 1991
Subtotal		686.084	21	477.769	644.734	1.763	-	842.426	0,2 - 3,0	80 - 400		
SUDESTE	1.000	806.090	17	620.698	806.090	-	-	774.463	0,25 - 1,0	150	1:25.000 - 1:25.000	1953 - 2008
	2.000	294.385	10	294.385	25.000	4.205	-	170.766	0,5 - 1,0	120 - 150	1:20.000 - 1:250.000	1959 - 1982
	3.000	10.573	2	10.573	10.573	1.700	-	30.630	0,4 - 5,0	100 - 150	1:25.000 - 1:250.000	1992 - 2007
	4.000	638.200	9	-	638.200	-	-	226.370	2,0 - 3,0	450 - ?	1:100.000 - 1:250.000	1952 - 1992
Subtotal		1.748.948	36	925.656	1.479.863	5.905	-	1.202.229	0,25 - 5,0	120 - 450		
SUL	1.000	129.022	6	129.022	129.022	-	-	144.243	1,0	150	1:50.000 - 1:250.000	1972 - 1979
	2.000	42.000	2	42.000	2.816	3.600	-	36.410	1,0	120	1:50.000 - 1:250.000	1971
	3.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.000	370.846	6	-	370.846	-	-	125.597	2,0 - 7,0	500 - 1.500 (?)	1:100.000 - 1:1.000.000	1969 - 1989
Subtotal		541.868	14	171.022	502.684	3.600	-	306.250	1,0 - 7,0	150 - 1.500 (?)	1:100.000 - 1:1.000.000	1969 - 1989
Total		9.966.125	190	5.443.784	9.404.667	18.596	201.690	7.510.517	0,25 - 8,0	80 - 1.500 (?)	1:25.000 - 1:1.000.000	1953 - 2008

Obs.: 1) O período de execução corresponde ao primeiro e ao último ano de levantamento

Obs.: 2) Região Norte tomada com o sentido de Amazônia Legal, incluindo os Estados do MT, TO e MA

- Os levantamentos aerogeofísicos realizados até agora pelos órgãos governamentais do Brasil (DNPM, CPRM, CNEN, Nuclebras, CNP, Petrobras) praticamente se restringiram a dois métodos, combinados ou não nos mesmos vãos: magnetometria e gamaespectrometria. Menos de 10 deles utilizaram métodos geoeletricos ou ainda a aerogravimetria.
- Os levantamentos aerogeofísicos realizados na década de 70 acompanharam os objetivos dos mapeamentos geológicos em terra, e cobriram áreas com possibilidades de se detectarem depósitos minerais importantes para substituição de importações (Sn, Cu, Ni, Cr, Al, Co, P) ou aumento de reservas já conhecidas (U, Nb, T.R., Au, petróleo e gás), em acordo com a política estabelecida pelo Plano Mestre Decenal para Avaliação dos Recursos Minerais do País 1965-1974. E muito contribuíram para o entendimento da geologia e a descoberta de muitos depósitos minerais hoje em processo de aproveitamento econômico.
- Nas décadas de 80 e 90 praticamente só a Petrobras continuou com seus aerolevantamentos, com resultados altamente positivos. Os recursos escassos do DNPM, nos anos 80, e da CPRM, na década de 90, não foram suficientes para trabalhos aerogeofísicos em quantidade. Os poucos projetos privilegiaram, no entanto, importantes áreas da Amazônia, como as Províncias de Carajás e Tapajós.
- Considerados os quatro grupos de Projetos da página eletrônica da CPRM até aqui examinados, o Brasil teria mais da metade de seu território emerso coberto com aerolevantamentos gamaespectrométricos e mais de 100% com aeromagnetometria. Esses números, no entanto, têm que ser considerados com muita cautela. Em primeiro lugar pela sobreposição de vários projetos com objetivos diferenciados, e em segundo lugar pela qualidade dos dados hoje disponíveis. Há que se lembrar, por exemplo, que os levantamentos só agora começam a ser digitalizados e as localizações das linhas de vão e mesmo das coordenadas das áreas levantadas são tanto mais imprecisas quanto mais antigos são os trabalhos.
- Os levantamentos executados antes de 1992 em geral contemplaram sistemas de navegação com posicionamentos precários dos pontos de medição, resultando, muitas vezes, em erros de até 2 km (especialmente na Amazônia). Os planejamentos eram feitos sobre mosaicos de radar ou sobre fotografias aéreas com pouco controle, muito diferente do obtido hoje por satélites de posicionamento global (GPS). Os dados de gamaespectrometria eram apresentados em “contagem por segundo – cps” e não em unidades equivalentes, tornando imprecisa a correlação dos resultados de levantamentos diferentes, e até mesmo dentro de um mesmo levantamento quando a aquisição era feita por plataformas diferentes.
- Os projetos da Série 1000 (DNPM, CPRM, incluindo os realizados em 2008 e os previstos para 2009) e 4000 (CNP, Petrobras) privilegiaram as Regiões Norte e Nordeste em termos de áreas aerolevantadas, seguidas das Regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste.
- Já os projetos da CNEN e Nuclebrás (Série 2000) tiveram o Nordeste e o Centro-Oeste como regiões principais de operação, seguidas das Regiões Norte, Sul e Sudeste.
- As Regiões Centro-Oeste e Nordeste foram os alvos principais dos levantamentos para empresas e órgãos de Governo Estaduais, graças às parcerias estabelecidas nos últimos anos, seguidas das Regiões Norte e Sudeste, não havendo nenhum registro na AERO para a Região Sul.
- Enquanto nos projetos mais antigos (como deve ser esperado), os produtos disponibilizados pela CPRM são mais simples e com menor diversificação (e.g. mapas de perfis rebatidos do canal de U e Th, de contorno radiométrico – contagem total, de contorno de intensidade magnética total, além de posicionamento de linhas de vão e fita magnética, interpretação dos dados magnéticos e radiométricos), os projetos mais recentes apresentam mais de 30 produtos, comprovando a evolução da geofísica no Brasil, acompanhando o que acontece no resto do mundo.

A pergunta que se poderia fazer é: são válidos os resultados dos projetos mais antigos? Certamente que sim, mesmo se considerando os equipamentos para obtenção, tratamento e interpretação dos dados obtidos à época. E, tal como no caso da geoquímica e das próprias técnicas de levantamentos geológicos, isso é válido para a grande maioria dos países que realizaram seus trabalhos após a 2ª Guerra Mundial.

Nesse sentido, a CPRM assinou, em fevereiro de 1995, um Convênio Técnico-Científico com a empresa canadense de consultoria em geofísica *Paterson, Grant e Watson Limited – PGW* para a digitalização dos Mapas de Contornos Magnéticos (campo magnético total) e dos Mapas Radiométricos (K, U, Th e o Canal de Contagem Total) dos principais levantamentos executados (em especial o Geofísica Brasil-Canadá, da década de 70, que cobriu parte do Pará, Mato Grosso e Goiás), visando à geração do Mapa Aeromagnético da América do Sul (*South American Magnetic Mapping Project – SAMMP*) e o Mapa Aeroradiométrico do Brasil (*Brazil Airbone Radiometric Mapping Project - BRMP*).

Para o SAMMP, a PGW, em colaboração com a empresa GETECH, compilou mais de 500 aerolevantamentos magnetométricos no continente sulamericano, com o apoio de um consórcio de mais de 20 companhias internacionais de mineração e petróleo, e os dados comerciais foram liberados em julho de 1997. O Projeto cobriu aproximadamente 75 % da área terrestre e plataforma continental, desde o Caribe até a Patagônia. Os dados são vendidos por país ou por folha de 1° x 1° e entre os produtos disponibilizados estão atlas com mapas em escalas de 1:2.000.000, em 1:5.000.000, metadatos, incluindo datas de aquisição, redução, reprocessamento e produção dos mapas, *grids* de 1 km x 1 km ou com alta resolução.

Para o BRMP, a PGW recompilou mais de 2,3 milhões de quilômetros de perfis de aerolevantamentos radiométricos em áreas cratônicas do Brasil, com o espaçamento médio de linhas de vôo, em geral de 2 km e altura entre 60 e 150 m, abrangendo 42 Projetos. Entre os produtos oferecidos (arquivos e mapas completos do País vendidos a US\$ 40,000; arquivos de perfis por projeto a US\$ 0,15 por km; e *grids* por Estado ou área a US\$ 10,000) estão dados calibrados de perfis para % de K, eU, eTH e T.C. e *grids* para cada projeto, *grids* regionais de K, U, Th e T.C, mapas de radioelementos em escalas de 1:2.000.000 e 1:5.000.000, e relatórios técnicos e atlas de projetos.

Para 2009, a CPRM tem programada a realização de nove Projetos, dos quais, seis na Amazônia (Rondônia Central, Sudoeste de Rondônia, Nordeste de Mato Grosso, Sucunduri, Carará-Jatapu; Tucuruí), um na Região Sudeste (Espírito Santo) e dois na Região Sul (Paraná-Santa Catarina e Escudo do Rio Grande do Sul).

A Base AERO da CPRM não está integrada no GEOBANK da CPRM, o excelente banco de dados da empresa, ao menos em sua página eletrônica.

2.2.1.6. O Banco de Dados da ANP

A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis – ANP mantém o Banco de Dados de Exploração e Produção – BDEP, administrado e operado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, e recentemente ampliou a sua “característica básica de repositório de informações para um centro de serviços para o mercado e para a sociedade, agregando valores aos dados e informações armazenadas”.

Com essa finalidade, a ANP se modernizou e adquiriu equipamentos e *softwares*, instalados nas dependências da CPRM. O Banco é gerenciado pelo Sistema Petrobank, originalmente desenvolvido pela IBM e adquirido depois pela PGS.

A Portaria nº 114 da ANP, de 5 de julho de 2000, regulamenta o acesso às informações sobre as bacias sedimentares brasileiras classificadas em três grandes categorias: bacias terrestres (em número de 42), terrestres e marinhas (13) e marinhas (4).

Os dados do BDEP enquadram-se em três grupos: públicos (dados que não se encontram em período de confidencialidade), confidenciais (dados que se encontram em período de confidencialidade) e secretos (contém dados e informações de interesse estratégico e comercial para as empresas detentoras).

Além de levantamentos sísmicos 2D e 3D, o BDEP abrange levantamentos aéreos (magnetometria e cintilometria em sua maioria), marítimos e terrestres.

3. A Geofísica em Países Selecionados

3.1. África do Sul

O Council for Geoscience – CGS é um dos Conselhos Nacionais de Ciência da África do Sul e sucedâneo legal do *Geological Survey of South Africa*, criado em 1912, e hoje trabalha “sob três mandatos”, segundo seu regimento:

- O Ato da Geociência, cujo objetivo é desenvolver e disseminar o conhecimento e produtos geocientíficos de classe mundial e oferecer serviços relacionados às geociências para o público e a indústria sulafricana;
- O Sistema Nacional de Inovação, através do qual o Departamento de Ciência e Tecnologia exerce um papel de integração na regulamentação do ciência e tecnologia através de todas as organizações de pesquisa do País;
- A preparação de informações para o Presidente da República e outras autoridades, incluindo as defesas de orçamentos para os Ministros de Minerais e Energia e Ciência e Tecnologia.

Seu sistema de informações compreende: a) publicações (relatórios anuais, livros, memórias, boletins, série sismológica, notas explicativas de mapas, bibliografia e *index* da geologia da África do Sul, publicações da Comissão de Estratigrafia da África do Sul, série populares de geociências); b) relatórios e documentos em *open file*; c) coleção de testemunhos de sondagens para prospecção mineral; d) banco de dados bibliográficos; e) biblioteca; f) mapoteca; g) e o *GEODE*, um conjunto de subsistemas operados como um único banco de dados referenciado espacialmente. Ele opera paralelamente ao sistema do CGS desenvolvido usando-se o programa GIS. Aparentemente, à semelhança do que aconteceu com o SIGA e o GEOBANK brasileiros.

O *GEODE* abrange o *SAMINDABA* (dados de minas, depósitos e ocorrências minerais no território sulafricano), *COREDATA* (sondagens para prospecção mineral), *COALDATA* (dados de sondagens para carvão mineral com respectivas análises químicas), *ENGGODE* (dados de geologia de engenharia), *SACS* (litoestratigrafia, cronoestratigrafia e bioestratigrafia), *SAGEOLIT* (bibliografia), *FARMS* (informações sobre as fazendas sulafricanas), Turfas; Paleontologia; e o próprio *GEODE/GIS*.

A Unidade de Geofísica do CGSA é a responsável pelos levantamentos geofísicos do País, em escalas cada vez mais detalhadas, abrangendo magnetometria, radiometria e gravimetria, tanto aérea quanto terrestre. Além disso, mantém laboratórios de determinações paleomagnéticas e petrofísicas tanto para pesquisas quanto para fins comerciais.

Em termos de geofísica aérea, o CGSA especializou-se em levantamentos magnéticos e radiométricos de alta resolução para a prospecção mineral, localização de quimberlitos, mapeamento geológico e para geoengenharia, utilizando três aviões adaptados para os aerolevantamentos: um Cessna 206, outro 210 e um Caravan 208 B (este para levantamentos em áreas internacionais ou em levantamentos radiométricos onde “ o sensor de sódio-iodide (NaI)

consiste de um pacote de um cristal de dimensão de 32 litros). Esses aviões podem levantar perfis com espaçamento de até 50 m.

O País disponibiliza dados magnéticos de todo o seu território. Entre 1965 e 1996, esses dados eram obtidos mediante contratos com empresas especializadas, com linhas espaçadas de 1 km entre si. A partir de então foi criado o Programa de Aerolevantamentos e o espaçamento agora usado, em geral, é de 200 m, com alturas de no mínimo 80 m. A interpretação dos dados inclui análise, integração e processamento, produção de mapas e operações com GIS, utilizando os programas *ER Mapper*, *Intrepid* e *ArcView*.

Além dos levantamentos aerogeofísicos, o CGSA ainda usa um grande número de métodos terrestres, tanto para os seus trabalhos quanto para empresas privadas, entre os quais, magnetometria e eletromagnetometria, domínios de tempo e frequência, radar, gravimetria, polarização induzida, espectrometria, sísmica, para aplicações em monitoramento ambiental, engenharia, pesquisa mineral, água subterrânea, petróleo, gás e urânio e estudos crustais.

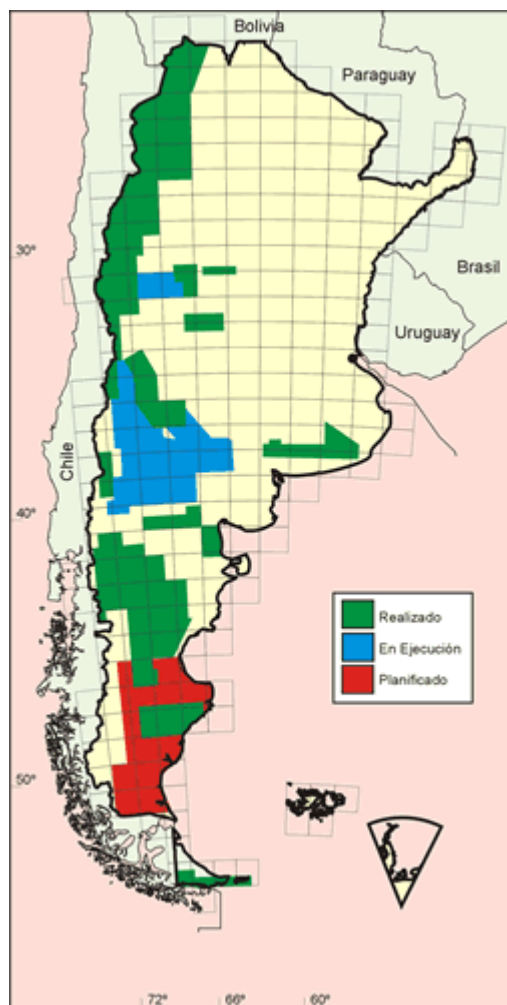
Além disso, o CGSA está envolvido em três grandes projetos experimentais: o *Southern African Magnetotelluric Experiment (SAMTEX)*, no Craton de Kapvaal, com a participação da *De Beers Consolidated Mines*, além de empresas americana e irlandesa e do Serviço Geológico do Canadá, e com o objetivo de estudar a estrutura da litosfera; o *Three Dimension Modelling*, um software que permite analisar a distribuição das unidades litológicas e estruturas em duas ou três dimensões; e o *Geophysical Test Site*, um laboratório para testes geofísicos (o segundo de sua espécie no mundo e o primeiro no Hemisfério Sul), voltado ainda para treinamento de estudantes e novos empregados, além dos testes propriamente ditos com equipamentos e métodos.

3.2. Argentina

O *Servicio Geológico Minero Argentino – SEGEMAR* é o órgão nacional do país ligado à *Secretaria de Minería de La Nación*, no âmbito do *Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios*, e tem 103 anos de idade.

Está integrado por duas unidades especializadas: o *Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM)*, responsável pelo reconhecimento e caracterização dos recursos naturais não renováveis, pelo mapeamento geológico e pela produção de mapas geológicos e temáticos do País, e pelo *Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN)*, encarregado do processo tecnológico para o setor mineiro.

A Área de Geofísica da *Dirección de Recursos Geológico-Mineros* mantém o “Programa de Relevamentos Aerogeofísicos” que tem por objetivo a cobertura total do território argentino com magnetometria e gamaespectrometria, priorizando locais com maior potencial mineiro (Figura 8).



Fonte: SEGEMAR, Dirección de Recursos Geológico -Mineros

Figura 8: Levantamentos Aerogeofísicos na Argentina

A informação geofísica básica disponibilizada inclui bases de dados e perfis geofísicos em formato digital dos blocos na escala 1:250.000, mapas de contorno e perfis magnéticos, gamaespectrométricos e modelo de elevação digital e a publicação da Série Geofísica, que apresenta a informação de blocos em escalas de síntese.

Além disso, a *Dirección de Recursos Geológico-Mineros* ainda executa, na área da geofísica, a interpretação geológico-estrutural de áreas selecionadas, a identificação de regiões com potencial mineiro, a compilação de levantamentos geofísicos de diversas fontes e modelamentos, informações essas publicadas na Série de Contribuições Técnicas – Geofísica, e a digitalização de antigos levantamentos analógicos realizados pela antiga *YPF- Yacimientos Petrolíferos Fiscales*.

Até dezembro de 2007, segundo as informações da página eletrônica do *SEGEMAR*, haviam sido digitalizados os perfis aeromagnéticos analógicos de quatro regiões (Bacia Neuquina, Santa Cruz, Bacia Chaco-Paranaense e, parcialmente, a Província de Buenos Aires),

3.3. Austrália

O *Australian Geological Survey Organization – AGSO* é o órgão responsável pela produção e disseminação da informação geocientífica do País.

Seu Projeto Nacional de Mapas Geológicos compila informações geológicas de toda a Austrália, com apoio especial dos Serviços Geológicos do Estado e do Território do Norte (*Northern Territory*), incluindo ainda as zonas marinhas e o “Território Antártico da Austrália”.

Esse projeto compreende três componentes principais:

- A base de dados das Unidades Estratigráficas da Austrália (nomes, atributos descritivos e fontes de referência de todas as unidades usadas no País, e seu histórico);
- A geologia de superfície da Austrália (compilada em escala de 1:1.000.000, principalmente a partir da escala 1:250.000);
- A base de dados das Províncias Geológicas da Austrália (limites e descrições de rochas relacionadas no espaço e no tempo, através de uma história geológica comum).

A base *web* de mapeamento chamada *ProvExplorer* é uma ferramenta que permite pesquisas interativas das províncias, apresentando os resultados em relatórios, mapas e links para outras bases de dados. Os dados das províncias podem ser integrados com outras bases, como as de geofísica, depósitos minerais e poços de petróleo via *online* e podem ser acessados no *National Datasets Online GIS* ou através de *download* gratuito da página do *Geoscience Australia*.

O *Geoscience Australia's National Airborne Geophysical Database* contém dados magnéticos, gamaespectrométricos, eletromagnéticos e de elevação, de mais de 900 levantamentos aerogeofísicos realizados pelo governo australiano desde 1951. São mais de 19 milhões de quilômetros voados principalmente com magnetometria e gamaespectrometria.

Esses dados podem ser obtidos a partir de várias fontes, entre as quais, o *Geophysical Archive Data Delivery System (GADDS)* (*download* gratuito), o *Geoscience Australia Sales Center* (Centro de Vendas) e o *Index of Airborne Geophysical Surveys*, que está em sua 10ª edição e fornece metadados de aerolevantamentos magnéticos e radiométricos do País.

O *GADDS* fornece dados magnéticos, radiométricos, de gravidade e elevação digital dos arquivos geofísicos dos governos nacional, estaduais e dos Territórios. A obtenção das informações se dá por definição de área (lat/long) ou por nome da Folha na escala 1:250.000.

O *IAGS* mostra um resumo das especificações essenciais de mais de 800 aerolevantamentos magnéticos e radiométricos realizados pela AGSO – *Geoscience Australia* desde 1951 até os dias de hoje. Os dados e mapas digitais estão “disponíveis a preços reduzidos de aquisição como uma ferramenta de exploração para empresas de mineração e de petróleo”, segundo a página eletrônica da *Geoscience Australia*.

Uma quarta fonte de informação é o *Geoscience Portal*, uma iniciativa do *Australian Chief Government Geologists Committee*, que reúne os dados de todas as agências de geociências do País, e em especial a *Geoscience Australia*, o *New South Wales Department of Primary Industries*, o *Queensland Department of Mines and Energy*, o *Western Australian Department of Industry and Resources*, o *Tasmanian Department of Infrastructure, Energy and Resources*, o *Northern Territory Department of Regional Development, Primary Industry, Fisheries and Resources* e o *Victorian Department of Primary Industries*.

O *Australian National Gravity Database* contém informação dos trabalhos de gravimetria conduzidos no País e em seus territórios ultramarinhos, originados de levantamentos dos governos nacional e estaduais, de empresas de mineração e de petróleo, de universidades e organizações internacionais. A consistência dos dados é controlada por observações acuradas de gravimetria feitas através de uma rede de estações chamada *Fundamental Gravity Network*.

Um Programa iniciado em 2006, que será desenvolvido até 2011 (*Australian Government's Onshore Energy Security Program*), está promovendo a realização de levantamentos eletromagnéticos em áreas consideradas potenciais para concentrações econômicas de urânio e tório. Esses levantamentos fazem parte do Projeto de Aquisição e Interpretação de Levantamentos Eletromagnéticos do País e estão sendo realizados em áreas relativamente extensas, com linhas espaçadas de 1 a 6 km. Um de seus alvos são os paleocanais com horizontes de grafita em xistos abaixo de inconformidades estratigráficas.

O mesmo *Security Program* inclui também levantamentos radiométricos para detecção de fontes de energia termal, executados em blocos com linhas de 400 km de extensão, com espaçamento de 75 km, e um programa de aquisição de dados sísmicos em Províncias Paleoproterozóicas com alto potencial para urânio e granitos de alta temperatura como possíveis fontes também de energia termal.

A Austrália tem 100% de seu território coberto com levantamentos aeromagnéticos e 80% com aeroradiometria. Cerca de 60% desses levantamentos foram realizados com espaçamento de linhas de vôo de 500 m ou menos, e o restante com 1,5 a 3 km. A aeromagnetometria tem sido considerada como ferramenta fundamental para o conhecimento do potencial mineral nos últimos 25 anos.

Os aerolevantamentos gravimétricos não são significativos, mas 100% do País estão cobertos com gravimetria terrestre, com estações espaçadas de 11 km ou menos.

Nos próximos cinco anos, a Austrália deverá investir cerca de US\$ 40 milhões em novos projetos com aerogeofísica.

3.4. Canadá

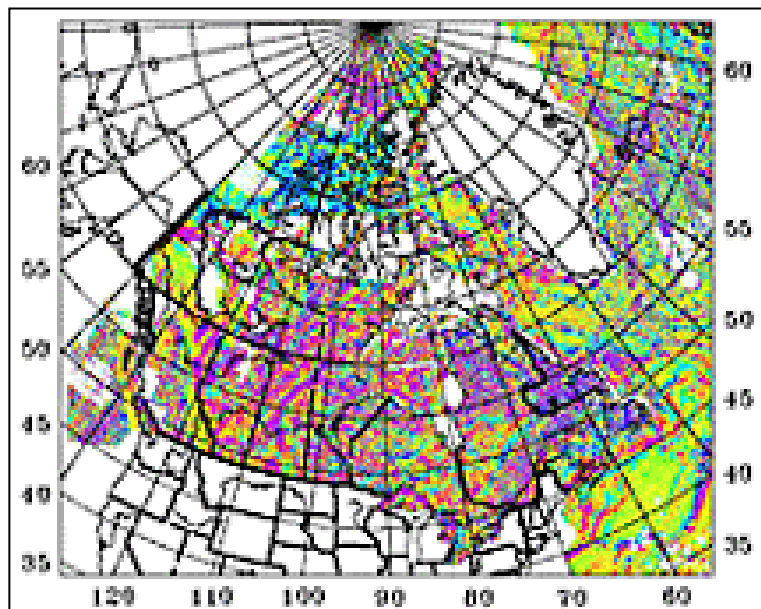
O *Geological Surey of Canada* – GSC é um dos mais antigos e respeitados Serviços Geológicos do mundo e opera sob o *Earth Sciences Sector do Natural Resources Canada*, fornecendo interpretação, manutenção e distribuição de mapas, informações, tecnologia, padrões e especialistas no território emerso e *offshore* nos campos da geociência, geodésia, mapeamento, topografia e sensoriamento remoto.

O GSC mantém um sistema de informações admirável, moderno e constantemente atualizado, voltado com ênfase para sua indústria mineral, mas cada vez mais, também, com a preocupação ambiental e saúde da população (geologia médica).

Pelas suas condições climáticas, os métodos indiretos de prospecção são bastante evoluídos e servem de modelos aplicados em outros países, inclusive o Brasil. Entre eles o sensoriamento por imagens, a geofísica (aérea e terrestre) e os levantamentos geoquímicos.

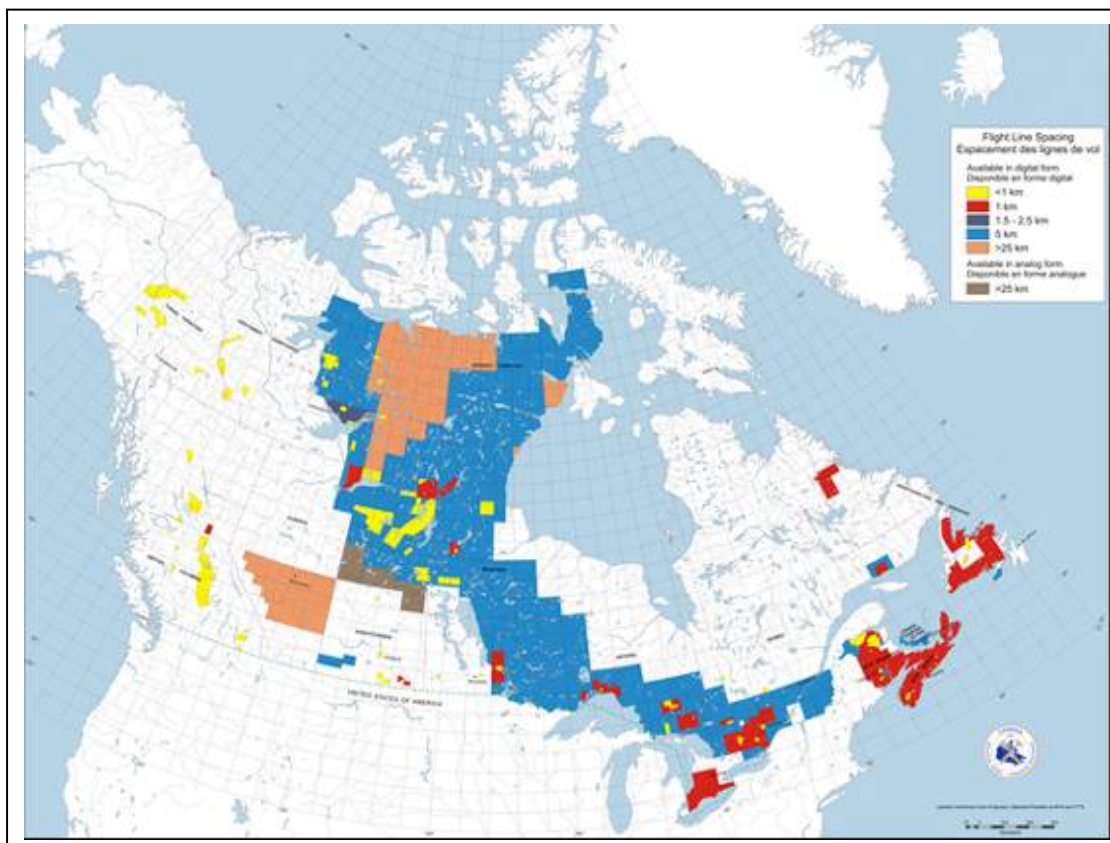
Especialmente em geofísica, o Canadá não só é um dos países mais avançados em desenvolvimento tecnológico, como em área coberta por aerolevantamentos.

O País está coberto totalmente com aeromagnetometria, realizada desde 1947 (Figura 9) e tem as suas porções centro - norte e sudeste, assim como pequenas áreas descontínuas do nordeste, oeste e sudeste, abrangidas com aerogamaespectrometria (Figura 10). O Programa Nacional de Gravimetria é executado pela *Geomatics Canada*, e o país conta com cobertura total de estações gravimétricas (Figura 11). Levantamentos eletromagnéticos são também comuns em várias partes do País.



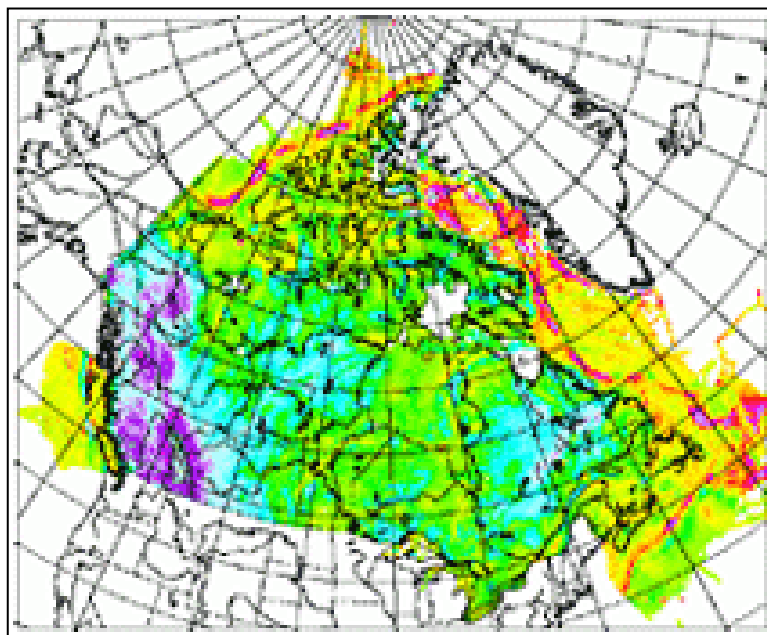
Fonte: *Geological Survey of Canada, 2009*

Figura 9: Cobertura Aeromagnética do Canadá



Fonte: *Geological Survey of Canada, 2009*

Figura 10: Cobertura Gamaespectrométrica do Canadá



Fonte: *Geological Survey of Canada*, 2009

Figura 11: Cobertura Gravimétrica do Canadá

O *Geoscience Data Repository – GDR* é uma coleção de bases geocientíficas do Setor de Ciências da Terra da *Natural Resources Canada*, gerenciada e acessada através de uma série de Serviços de Informação – *CDRIS*, que permite visualizar e se fazer *download* gratuito das seguintes classes de dados, entre outros:

- Mapas geocientíficos elaborados desde os anos 1800 (*MIRAGE – Geoscience Maps Images e Digital Geoscience Maps*);
- Dados de Geofísica: aeromagnetometria, eletromagnetometria, gravimetria, radioatividade, sísmica e levantamento magnetotélúrico, perfis geofísicos de sondagens;
- Dados de Geoquímica: pontual (sedimentos de lagos, correntes, água) incluídos na base *NGR – National Geochemical Reconnaissance*) e metadados geoquímicos de mais de 500 levantamentos geoquímicos do Canadá, desde 1950);
- Depósitos Minerais;
- Bacias Petrolíferas (incluindo informações geológicas, geofísicas e de engenharia);
- Energia (óleo, gás, carvão, testemunhos e afloramentos, fração de gasolina, saturados, aromáticos, hidrocarbonetos, observações geotérmicas);
- Geocronologia;
- Propriedades Físicas das Rochas;
- Geologia Marinha metadados sobre as expedições científicas nos Oceanos Atlântico e Pacífico; amostras e registros geofísicos terrestres e marinhos;
- Monitoramento da Costa, do Ártico e Leste do Canadá e lagos selecionados;
- Léxico Estratigráfico;
- Geologia Urbana;
- Dados Sísmicos;
- Mudanças Climáticas, Desastres Naturais.

O *Canadian Aeromagnetic Data Base*, em especial, contém mais de 12 milhões de km de dados de levantamentos regionais de campo total e dados de *grids* e perfis que estão paulatinamente sendo nivelados a um *datum* comum, independentemente do ano de vôo, altitude ou tipo de levantamento.

O CADB compreende dados das seguintes fontes:

- Mapas de Contorno Digitalizados, em escalas originais de 1: 63.360 a 1:50.000, com dados obtidos antes do advento do registro digital, com espaçamento de linhas de vôo de 805 m e altitude de 305 m acima do solo;
- Dados Digitais Adquiridos: Levantamentos Regionais de Reconhecimento realizados desde os anos 70 até hoje, com espaçamentos de 800 m a dois, quatro e seis km; Levantamentos de Detalhe, com espaçamento de linhas de 300 m e 150 m de altura;
- Cobertura do *offshore*, com dados de inúmeras organizações em *grid* de cinco km (*Open File 3125*);
- Cobertura Internacional, realizada em outros países como o Brasil, Burkina Faso, Camarões, Guiné, Guiana, Costa do Marfim, Kenya, Mali, Níger, Paquistão, Ruanda, Tailândia e Zimbábwe.

No *Geoscience Data Repository* está armazenada uma série de 21 mapas radiométricos compilados na escala de 1:1.000.000, usando os dados dos levantamentos com espaçamento de linhas de cinco km entre si, contidos na base NATGAM. Há, ainda, uma série de mapas compilados também da NATGAM, usando espaçamentos de um km ou menos, e cinco km, quando disponíveis, referentes às Províncias do País.

Os levantamentos realizados pelo governo federal normalmente têm espaçamento de linhas de vôo maiores do que os do setor privado.

O Governo canadense estará investindo uma quantia bastante grande de recursos (cerca de R\$ 100 milhões nos próximos cinco anos) em seu Programa *Geoscience Mapping for Energy and Minerals (GEM)*. Um mínimo de 75% desses recursos serão gastos nos territórios do norte do País, onde, a exemplo da Amazônia, não existem levantamentos em padrões atuais adequados.

3.5. Chile

O *Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN* é a instituição oficial do Chile encarregada de oferecer produtos e serviços nas áreas de geologia e mineração para os organismos do governo, companhias privadas, indivíduos e outras entidades interessadas.

Entre outros produtos, o *SERNAGEOMIN* fornece os seguintes:

- Informações sobre a geologia do território chileno continental, insular e fundos oceânicos, incluindo os ambientes e locais contendo depósitos minerais e energéticos, áreas de riscos geológicos, como o estado de atividade dos vulcões, avaliação dos recursos hidrogeológicos, recomendando seu uso e avaliando sua vulnerabilidade. As informações são também digitais e estão disponíveis no Sistema de Informação Nacional - SIGEO;
- Cadastro e estatísticas mineiras;
- Arquivos geológicos nacionais e mineiros, mantendo atualizadas as compilações de geologia e mineração do país;
- Inspeção de segurança nas minas e monitoramento ambiental;
- Assistência técnica às concessões mineiras, geotermiais e de caráter geológico;
- Cursos e seminários para trabalhadores e estudantes de geologia;
- Serviços de laboratório geológico e ambiental a todo o tipo de interessados.

A principal atividade na área de geologia do *SERNAGEOMIN* está na elaboração da Carta Geológica do Chile, Série Geologia Básica, combinando as disciplinas de geologia regional, geologia estrutural, petrologia, geoquímica, e bioestratigrafia, consistindo no levantamento geológico nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000 nas regiões central e norte, segundo a complexidade geológica da área em estudo, e seguidos da publicação de sínteses em escalas de 1:250.000 e

1:1.000.000 (Mapa Geológico do Chile). Na região sul do país, a escala dos levantamentos é de 1:250.000.

No campo da Geofísica Aplicada, o *SERNAGEOMIN* realiza estudos regionais e de detalhes complementares ao Programa da Carta Geológica do País, elaborando a Carta Magnética e Gravimétrica do Chile e mapas de microzoneamento de sismos.

São trabalhos que visam principalmente a geração de conhecimento da geologia, hidrogeologia e dos recursos naturais não renováveis em apoio a projetos da própria instituição, do setor público e privado em geral, além do interesse nos assuntos relacionados com a geologia e geofísica marinhas e de sensoriamento remoto.

3.6. China

O Serviço Geológico da China (*China Geological Survey – CGS*) tornou-se a agência geocientífica principal do País, desde a sua reconstrução em 1999, passando a ter a responsabilidade pela investigação geológica básica, estratégica e pública e pela exploração mineral em todo o território chinês, além da pesquisa geocientífica e pela cooperação internacional (Zhang Minghua, 2006).

O trabalho de geoinformação desenvolvido objetiva:

- Implementar a informatização como principal procedimento no Serviço Geológico, incluindo a aquisição de dados de campo, processamento e gerenciamento do banco de dados, taxaço mineral e disseminação da informação;
- Fortalecer a construção das bases de dados geológicas fundamentais em ambiente de GIS;
- Avançar com a padronização dos trabalhos no modelo de dados e metadados geológicos para troca de informações dentro do CGS e para a disseminação da informação ao público.

Entre as bases geocientíficas principais estão as de **geofísica** e **geoquímica**.

Desde 1999, o CGS tem promovido o projeto de digitalização dos mapas da terra e recursos do país (*DLRP*) para a informatização da instituição que inclui duas partes principais: a de bases de dados geocientíficas nacionais e a informatização digital dos mais importantes procedimentos de trabalho na instituição. Cada parte dessas abrange 6 projetos, cada um subdividido em vários subprojetos.

O *GCS* mantém três grandes bases de dados em sua página em inglês: a *GEODATA*, a *METADATA* e a *GEOMAP*.

A *GEODATA* mantém mapas digitalizados de terras e recursos naturais, incluindo mapas geológicos em 1:50.000 e 200.000, mapas hidrogeológicos em 1:200.000 além de dados básicos em bases de dados digitais geológicos em 1:500.000, 1:2.500.000 e 1:5.000.000, bases hidrogeológicos e de recursos minerais em 1:5.000.000.

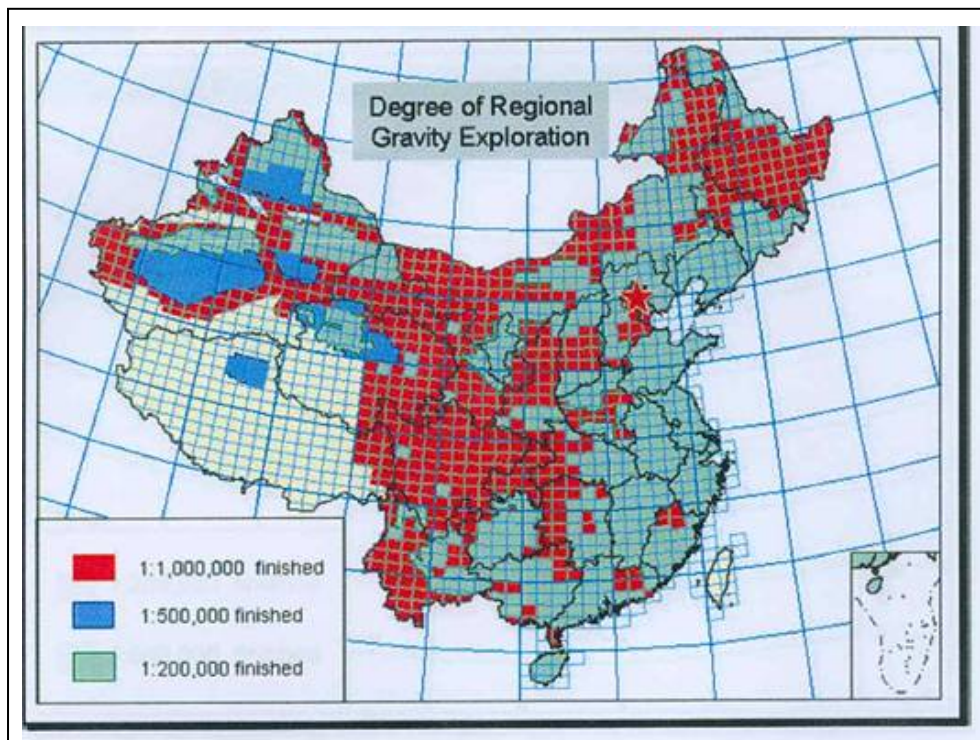
A *METADATA* apresenta 18 zonas minerais importantes na China, com a intensidade das pesquisas nela, além de recursos hídricos subterrâneos.

Já a *GEOMAP* contém informações sobre mapas geológicos de pequena escala da China, incluindo os Mapas Metamórfico da China, o de Desastres Naturais, o de Recursos Minerais Não-Metálicos, o de Rochas Vulcânicas, o de Precambriano, Neotectônica e Geologia, além dos Mapas de Anomalias de Gravidade Bouguer, Geologia do Quaternário, Meio Ambiente e Geomorfologia, Recursos Minerais Metálicos, Hidrogeologia e Carstes do País.

No campo da prospecção e pesquisa geológicas, várias bases de dados foram completadas e algumas outras estão sendo atualizadas a cada ano. A maior parte dessas bases são integradas com as bases de gravimetria regional, geofísica de sondagens e levantamentos aeromagnéticos na escala de 1:1.000.000. Em 2008 encontravam-se disponíveis ao público as informações sobre as anomalias de gravidade Bouguer e aeromagnetometria nacionais em 1:5.000.000; aeroeletromagnetometria (em *MapGIS*), e parcialmente disponíveis os dados sobre os parâmetros geofísicos de rochas, os

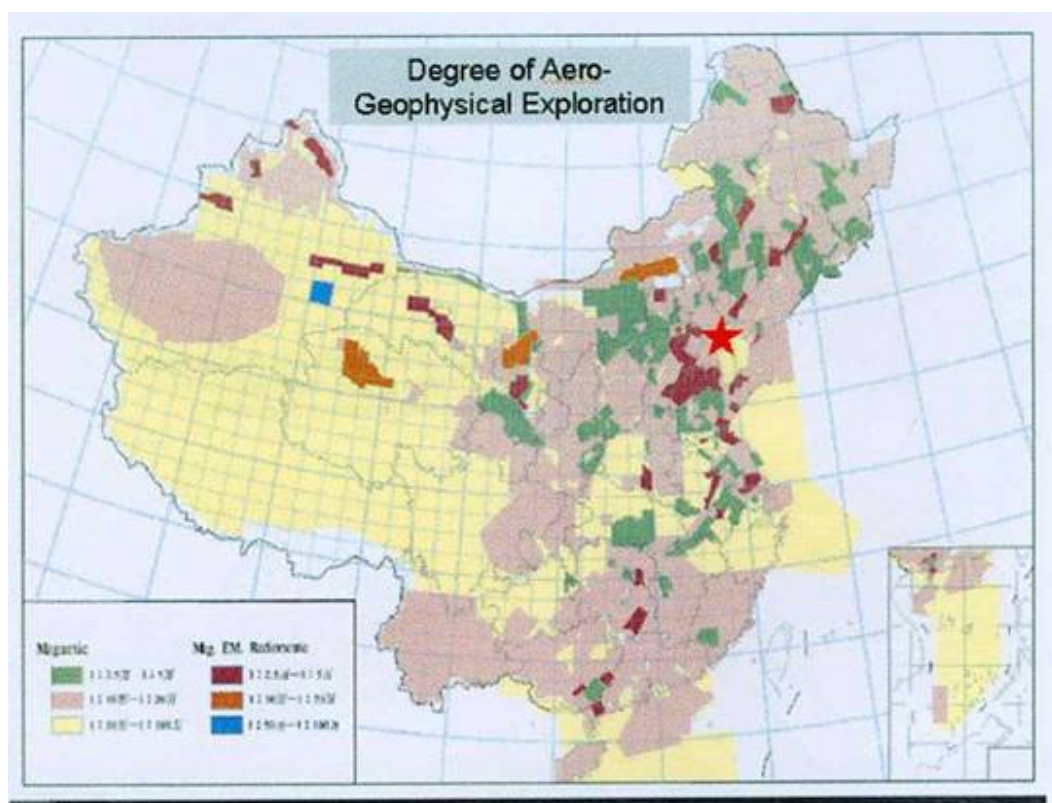
perfis geofísicos de poços, aeromagnetometria, gravidade regional (em *ArcView*), estando em andamento as informações aeroradioativas (em *SQS Server*).

As Figuras 12 e 13 evidenciam as coberturas gravimétricas e aerogeofísicas presentes na República Popular da China em 2008.



Fonte: *China Geological Survey*, 2009

Figura 12: Cobertura gravimétrica da China



Fonte: *China Geological Survey*, 2009

Figura 13: Cobertura Geral de Aerogeofísica da China em 2008

3.7. EUA

Criado em 1879, o *United States Geological Survey* constitui-se, ao lado de seus congêneres inglês e canadense, uma das instituições nacionais de geologia mais antigas do mundo, sendo hoje a única instituição da ciência subordinada ao *Department of the Interior* do País, com um extenso acervo de dados geológicos e biológicos.

Com sede em Reston, VA, e vários escritórios espalhados no território americano, o USGS abrange cinco grandes disciplinas científicas: biologia, geografia, geologia, geomatemática e água.

Hoje, o Programa mais importante em realização pelo *USGS* é o *National Cooperative Geologic Mapping Program*, “cujo componente *FEDMAP* dentro do *USGS*, criado como resposta ao *National Geologic Mapping Act* de 1992, tem por objetivos a produção de mapas geológicos digitais de multi-uso de alta qualidade, redes regionais de geologia e outros modelos geológicos que podem ser usados para a ocupação racional da terra, através da indicação de áreas de risco (deslizamentos de encostas, terremotos, vulcões, inundações, carstes, emissões de radônio), recursos (água, minérios, energia, agregados), Terras Federais (Parques Nacionais, Áreas de Conservação), ecossistemas e mudanças climáticas”.

O *NGMGP* representa há mais de uma década a cooperação de sucesso entre o Governo Federal (*FEDMAP*), Estaduais (*STATEMAP*) e Universidades (*EDMAP*) na produção e divulgação de mapas geológicos digitais.

O *National Geologic Map Database - NGMDB* é a fonte original para a informação sobre mapas geológicos dos EUA e está organizado em três grandes partes para obtenção de dados:

- Catálogo de Mapas Geocientíficos, que permite acesso aos mapas geológicos e outras informações relacionadas aos *FEDMAP*, *STATEMAP* e *EDMAP*, e *links* para outras organizações, e informação em geologia geral, desastres naturais, recursos minerais e hídricos, **geofísica**, geoquímica, geocronologia, estratigrafia, paleontologia e geologia marinha;
- Nomenclatura Geológica, incluindo o léxico de unidades litológicas e geocronológicas usadas nos mapas geológicos e relatórios científicos;
- Novos Levantamentos, com informações sobre os novos mapeamentos em realização no País.

Os EUA estão inteiramente cobertos com aerogeofísica, particularmente com magnetometria (Figura 14) e radiometria, e com gravimetria, além de uma grande porção com eletromagnetometria e outros métodos.

O primeiro levantamento aeromagnético nos EUA foi realizado em 1944 pelo *U.S. Geological Survey*, e desde então o *USGS* vem gradativamente coletando dados para a maior parte do território americano, incluindo as áreas oceânicas adjacentes em ambas as costas do País.

Os arquivos digitais e analógicos do USGS compreendem mais de 1.000 levantamentos, segundo o seu *Open-File Report 02-361*, cobrindo cerca de 8 milhões de km de linhas voadas a alturas e espaçamentos diversos.

Por muitos anos, o USGS vem trabalhando os arquivos, digitalizando-os e colocando-os a público gratuitamente os seguintes: perfis magnéticos digitais (<http://pubs.usgs.gov/of/2002/ofr-02-361>), mapas magnéticos analógicos digitalizados (http://pubs.usgs.gov/of/1999/ofr-99-0557/HTML/mag_home.htm), **grid magnético** (<http://pubs.usgs.gov/of/2002/ofr-02-441>), entre outros.

Os levantamentos aéreos radiométricos e gravimétricos são encontrados no endereço <http://crustal.usgs.gov/geophysics/> e os levantamentos sísmicos em <http://earthquake.usgs.gov/research/hzmaps/>.

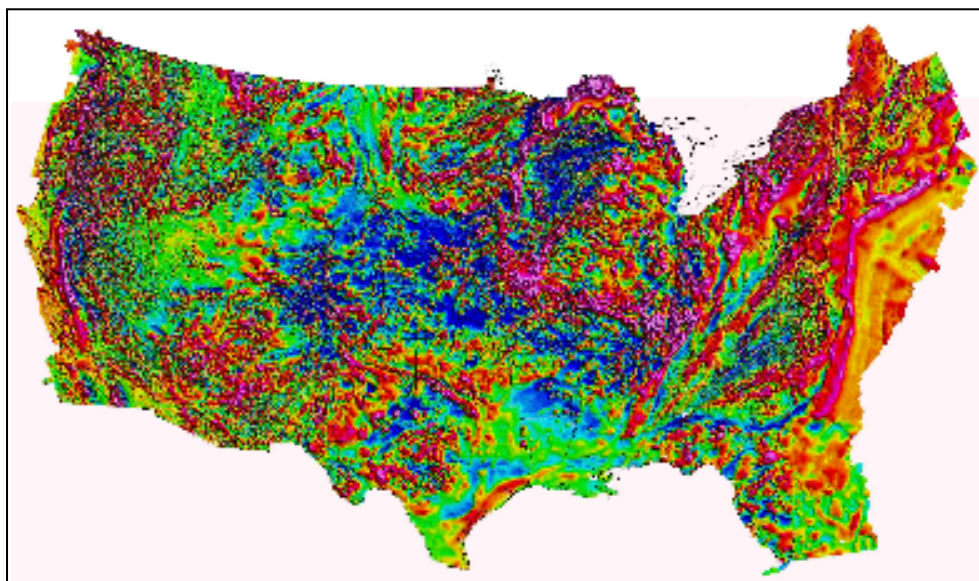
O sistema de informações do *NGS* registra uma facilidade extra para a pesquisa dos interessados através do chamado “perguntas mais freqüentes”, que inclui as seguintes:

- ✓ O que esse conjunto de dados descreve?
 - como deveria ser esse conjunto citado?
 - qual área geográfica coberta?
 - como ele aparece?
 - o conjunto descreve as condições em um dado período de tempo?
 - qual o formato geral desse conjunto de dados?
 - como esse conjunto de dados representa feições geográficas?
 - como o conjunto descreve as feições geográficas?
- ✓ Quem produziu esse conjunto de dados?
 - quem são os produtores originais dos dados?
 - quem também contribuiu com eles?
 - a quem o usuário dos dados deve enviar questões?
- ✓ Como foi o conjunto de dados criado?
 - De que trabalhos prévios foram os dados tirados?
 - Como foram os dados gerados, processados e modificados?
 - Que dados similares ou relacionados o usuário deveria procurar?
- ✓ Quão confiáveis são os dados; que problemas restam no conjunto de dados?
 - Como foram os dados confirmados?
 - Quão precisas são as localizações geográficas?
 - Quão precisos são os dados de altitude e profundidade?
 - Onde estão as falhas nos dados? O que está faltando?
 - Quão consistentes são as relações entre os dados, incluindo a topologia?
- ✓ Como se pode obter uma cópia do conjunto de dados?
 - Há alguma restrição legal para acessar ou usar os dados?
 - Quem distribui os dados?
 - Que número do catálogo eu necessito para solicitar os dados?
 - Que alertas legais eu devo ler?
 - Como posso fazer o *download* ou solicitar os dados?
- ✓ Quem escreveu os metadados?

Para cada uma das perguntas acima são fornecidas respostas adequadas para a pesquisa dos dados, mas quaisquer outras perguntas podem ser feitas, havendo, porém, restrições rígidas contra “*spams*” ou mensagens que tenham palavras consideradas pelo *USGS* como possíveis indicativos de “*spams*”.

Os dados do banco do *NGS* podem ser vistos em tela (em janela *web browser* ou em qualquer GIS usando o *OGC WMS*) e podem ser baixados no computadores por uma ou mais áreas geográficas ou pelo conjunto total de dados.

A Figura 14, retirada do *USGS NGS database* (http://pubs.usgs.gov/sm/mag_map/index.htmlgeochemistry/ngs.html), ilustra a cobertura do projeto.



Fonte: *U.S. Geological Survey*, 2009

Figura 14: Mapa de Anomalias Magnéticas dos EUA

3.8. Índia

O *Geological Survey of India* foi criado oficialmente em 1856, mas somente depois da independência do País da Inglaterra é que o SGI passou a ter uma enorme influência na localização de recursos minerais. Em 1951 foi lançado o primeiro Plano Quinquenal de Geologia do Serviço Geológico, com a utilização intensiva de fotografias aéreas nos levantamentos geológicos e exploração mineral, a introdução da prospecção geoquímica voltada para recursos minerais, a geofísica, e as disponibilidades de sondagens e análises químicas. “Durante os anos 60, o GSI teve um papel quase monopolístico no campo da exploração mineral no País”.

Segundo a página eletrônica do *Geological Survey of India*, até 2007 haviam sido:

- Cobertos 98,3 % da área do País com mapas em escala de 1:50.000;
- Reconhecidos cerca de 97 % da Zona Econômica Exclusiva (2,02 milhões de km²) da área oceânica adjacente;
- Voados 2,07 milhões de km² do país com **geofísica**;
- Cobertos mais de 92.500 km² de áreas críticas com estudos geológicos e mapas temáticos na escala de 1:25.000;
- Mapeamento geológico de mais de 19.000 km² no Continente Antártico;
- Atingido o papel de vanguarda na pesquisa em Petrologia, Geocronologia, **Geofísica** e Geoquímica;
- Publicados 240 mapas geológicos correspondentes a quadrículas e importantes mapas temáticos, incluindo o Mapa Geológico/ Mineral/ Tectônico/Geotectônico da Índia em várias escalas, Mapas dos Sedimentos de Fundo Oceânico etc;
- Trabalhos geotectônicos em áreas de barragens;
- **Mapa Aeromagnético da Índia Peninsular** (2001);
- Projetos de engenharia civil em associação com instituições da área.

Atualmente, entre outras atividades, o *GSI* prepara e atualiza os mapas geológicos, **geofísicos** e geoquímicos da Índia e de sua área oceânica adjacente.

O Serviço Geológico da Índia completou o mapeamento geológico de todo o País, segundo informações do *NGCM Core Group, 2006* e hoje está envolvido com as principais necessidades da nação nos domínios do meio ambiente, agricultura e saúde humana.

Inserido no documento “Visão 2020”, datado de 2001, o SGI ficou encarregado de executar o Levantamento Geofísico Sistemático da Índia, em escala de 1:50.000, com uma densidade média de uma estação por 2,5 km sobre todo a área do Escudo Indiano, as Planícies Indo - Ganges, as áreas ocidentais e orientais do Chat, incluindo as áreas costeiras e áreas cobertas com sedimentos. As regiões com dificuldades de acesso serão cobertas com levantamentos utilizando helicóptero. Em termos de aerolevantamentos os helicópteros terão sensores para Gravidade, Domínio Eletromagnético de Tempo, Magnético e Radiométrico junto com câmera hiperespectral.

O Serviço Geológico da Índia cobriu, no âmbito de seu X Plano de Ação, 70.000 km² com levantamento geofísico terrestre e 130.816 km de linhas voadas com aeromagnetometria, em nível nacional.

3.9. México

O *Servicio Geológico Mexicano* tem mais de cinquenta anos de atividades e é o responsável pela geração e disseminação da informação geocientífica no país.

A maior parte da informação histórica que possui está focada na exploração mineral, mas a partir de 1995 todos os esforços têm se concentrado na obtenção de uma infraestrutura geológica básica do território nacional, através de mapeamentos nas escalas de 1:250.000 e 1:50.000, com alguns trabalhos em 1:100.000.

O objetivo maior desse trabalho, segundo consta em sua página eletrônica, é “proporcionar aos diferentes usuários as variadas especialidades das ciências da Terra e suas relações diretas com as áreas de investigação, prospecção, planejamento futuro para tomada de decisões, ordenamento do meio físico e exploração, reduzindo riscos e permitindo um melhor manejo e administração de todos os recursos envolvidos”.

Além da cartografia geológico-mineira, o SGM oferece, como quase todos os Serviços Geológicos do mundo, produtos de levantamentos geológicos de semidetalhe e de detalhe, interpretação fotogeológica, análise estrutural, sensoriamento remoto, **aeromagnetometria**, geoquímica, geologia ambiental, bases de dados, jazimentos minerais, metalogenia, petrografia e petrologia, estratigrafia e sedimentologia.

A informação geofísica oferecida pelo SGM no território do País tem por base uma equipe de 24 especialistas, um avião Islander turbohélice e um Piper Navajo Panther equipados com magnetômetros de vapor de césio e um deles com espectrometrômetro de raios gama de 256 canais, além de um helicóptero com magnetômetro e gamaespectromômetro.

Os produtos oferecidos vão desde mapas simples, impressas em papel normal ou semifotográfico, nas escalas de 1:50.000 ou 1:250.000. Os planos estatais são manejados em escalas de 1:250.000, 1:500.000, 1:750.000 e 1:1.000.000. Para o Mapa Magnético do País os planos estatais são manejados em escalas de 1:3.000.000 e 1:4.000.000.

Atualmente, o SGM está trabalhando na implementação de Levantamentos de Alta Resolução com métodos magnetométricos e radiométricos e se integrando à base de dados digitais e ao Mapa Magnético da América do Norte em convênio com os Serviços Geológicos dos EUA e Canadá.

Para os estudos geofísicos terrestres o *SGNM* conta com equipes de magnetometria, gravimetria, polarização induzida e resistividade.

Essas e outras informações são lançadas e regularmente atualizadas na Base de Dados do SGM denominada *GeoInfo*, que se encontra disponibilizado desde 2000, através de um “servidor capaz de gerar e extrair qualquer tema, mapa, tabela, estatísticas sobre o dado requerido”. Dentro em breve poder-se-á obter atenção personalizada, segundo o SGM, sobre essa Base nos escritórios regionais e se contará com comercialização eletrônica de produtos através da internet.

3.10. Peru

O *Instituto Minero y Metalurgico – INGEMMET* tem uma ampla gama de funções, entre as quais:

- Realizar e fomentar a investigação dos recursos minerais, energéticos e hidrogeológicos do país, atualizar o inventário dos mesmos e promover o seu conhecimento e desenvolvimento;
- Investigar e efetuar estudos em geomorfologia e geologia ambiental no âmbito de sua competência, assim como estudos de avaliação e monitoramento dos riscos geológicos no território nacional e seus efeitos junto à comunidade e ao meio ambiente;
- Propor às instâncias pertinentes as políticas gerais em matéria de investigação científica e tecnológica nas diversas áreas das geociências e suas aplicações;
- Desenvolver, manter e atualizar a Carta Geológica Nacional e seus mapas temáticos em coordenação com outros organismos competentes;
- Identificar, estudar e monitorar os riscos associados a movimentos de massa, atividade vulcânica, inundações, tsunamis e outros;
- Integrar, salvaguardar, administrar, interpretar e difundir a informação geocientífica nacional, como depositário oficial de toda informação geocientífica e mineira do país;
- Participar, como representante do Estado, de programas e projetos de cooperação internacional em temas geocientíficos;
- Constituir, administrar e manter a base de dados geocientífica do Peru, como ferramenta básica para os investimentos e o desenvolvimento nacional;
- Realizar e/ou participar de programas de reconhecimento, prospecção e monitoramento do terreno no seu âmbito de competência;
- Administrar o inventário de recursos não renováveis do subsolo;
- Identificar e regular as zonas que, em razão da presença de patrimônio geológico, possam ser consideradas como áreas protegidas ou a se constituírem em Geoparques;
- Garantir a certificação das águas termais e medicinais de todo o território peruano;
- Receber, analisar e tramitar os pedidos de concessão mineira em nível nacional;
- Outorgar títulos de concessão mineira;
- Tramitar e resolver os recursos interpostos e denúncias relacionadas a concessões mineiras;
- Informar periodicamente à *Dirección General de Minería* sobre as infrações cometidas pelos peritos mineiros nomeados no exercício de suas funções;
- Administrar o cadastro mineiro, o pré-cadastro e o cadastro de Áreas Restritas para a atividade mineira;
- Elaborar o Padrão Mineiro Nacional;
- Proporcionar aos governos regionais assessoria em matéria jurídico-administrativo - mineira;
- Assessorar o Ministério de Energia e Minas e outras entidades do Estado em assuntos de sua competência.

A lista acima é parcial, não englobando várias outras responsabilidades. De qualquer sorte, dá para se perceber o grau de complexidade de suas funções, reunindo atribuições de um Serviço Geológico s.s. e de um Serviço de Mineração, a exemplo do que foi o DNPM, de certa forma, até 1994, quando a CPRM se tornou oficialmente o Serviço Geológico do Brasil.

O principal produto de geociências do *INGEMMET* é a Carta Geológica Nacional, conduzida em duas escalas básicas: 100.000 e 1:50.000. Cada mapa vem acompanhado de um Boletim Geológico. Todo o país está coberto com mapas geológicos na escala 1:100.000, os quais vêm sendo revisados, atualizados e digitalizados desde o ano 2000, estando disponíveis em meio digital no formato *E00 do ArcGIS* e em formatos *Mapinfo* e *Autocad*.

As informações são integradas ao Banco de Dados *GEOPERU*, estruturado com base na tecnologia GIS usado a *Geodatabase Corporativa* como fonte de dados espaciais, servidor de mapas, que permite consultas interativas sob o padrão *ISSO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics)*, em concordância com a infraestrutura de dados espaciais do Peru - *IDEP*.

No *GEOPERU* estão atualmente reunidas as informações sobre: o Mapa Geológico, Projetos e Operações, Ocorrências Mineraias, Riscos Geológicos, Inventário de Vulcões, Fontes Termiais e Mapa Metalogenético. Não há registro específico sobre dados de Geofísica, deixando na dúvida se esse é um parâmetro regularmente utilizado ou não nos trabalhos do *INGEMMET*.

3.11. Rússia

O *A.P.Karpinsky ALL-Russian Institute of Geological Research (VSEGEI) – Russian Academy of Sciences (RAS)* é subordinado ao Ministério de Recursos Naturais da Rússia e é a mais importante instituição de estudos geológicos regionais. Sua criação data de 1882, quando foi instalado o Comitê do Serviço Geológico da Rússia. No entanto, outros órgãos federais e provinciais também realizam trabalhos de geologia, **geofísica**, geoquímica etc., a exemplo do Instituto de Geologia (*Institute of Geology*), em *Novosibirsk*, que possui, entre outros laboratórios, o de Prospecção Geoquímica e Geoquímica de Ouro e o *United Institute of Geology, Geophysics and Mineraloge - SB RAS*, situado em *Novosibirsk*, que tem, como principais campos de atuação as pesquisas em geodinâmica global e periodicidade global de processos geológicos, UHP de rochas metamórficas; tectônica e geodinâmica de faixas dobradas, análises de terrenos; petrologia do Manto e modelamento geoquímico; mineralização de ouro e geoquímica de ouro.

Informações sobre a geofísica aérea na Rússia são difíceis de obter, até mesmo porque as atividades estão dispersas por várias instituições.

Em 2007, *Beriozko et al* publicaram um artigo no *Russian Journal of Earth Sciences* referenciando à representação de dados geológicos e geofísicos em um ambiente integrado de GIS – *Geographic Information System*, evidenciando, s.m.j., que só recentemente a Rússia adotou a modernidade desse Sistema de Informações.

Uma notícia publicada na página da empresa *Fulgro Airborne Surveys*, uma das maiores (senão a maior) companhia de levantamentos aerogeofísicos do mundo, em maio de 2007 registrava um acordo de cooperação com a *Aerogeophysica*, a maior empresa da Rússia nessa área. Tal acordo objetiva o desenvolvimento e a execução de projetos de aerolevantamentos geofísicos para o mercado privado. Segundo essa notícia, a *Aerogeophysica* tem 35 anos de experiência com levantamentos aerogeofísicos em todas as regiões da Rússia, trabalhando com 9 helicópteros e aviões de asa fixa.

Em 2000 foi criada a *GEOSCAN International Agency (GIA)* através de um consórcio de instituições acadêmicas e empresas de pesquisa e produção especializado em tecnologias e serviços aeroespaciais, ciências da Terra e Espaço e hidrometeorologia, com acesso completo à Academia de Ciências da Rússia e às Empresas Russas Aeroespaciais, e contando com o apoio do Ministério da

Indústria, Ciência e Tecnologia da Federação Russa (MIST). Um dos projetos a ser desenvolvido pelo Consórcio é o Sistema de Aerolevante Radar-Geofísico, em colaboração com a *MYASISHCHEV Design Bureau e a POLYOT Research & Production Enterprise*, envolvendo Sondagem Eletromagnética da Terra, com aplicações na exploração mineral, incluindo óleo e gás natural, recursos hídricos, reservas de água salgada, monitoramento ambiental, estudos de permafrost em regiões polares, e estruturas subterrâneas, como cavernas, túneis, linhas de transmissão etc.

O Instituto de Geofísica *SB RUS*, por sua vez, está envolvido em estudos científicos fundamentais e aplicados, com prioridade para a) estudos da estrutura interna e da composição da Terra, dos campos geofísicos da Terra e os processos geodinâmicos e b) teoria, princípios físicos, e técnicos para levantamentos e exploração de campos de hidrocarbonetos e depósitos minerais.

4. Conclusões

A geofísica é uma das mais importantes ferramentas para conhecimento do solo e subsolo terrestres, contribuindo para a detecção e seleção de áreas favoráveis para a exploração mineira, mas também para o planejamento de ações governamentais e para a detecção de áreas de risco geológico.

Desenvolvida principalmente após a 2ª Guerra Mundial, a aerogeofísica tem contribuído sobremaneira para a descoberta de depósitos minerais, inclusive no Brasil. Por isso mesmo deve continuar a ser implementada em todo o País, quer através de levantamentos em áreas pouco conhecidas como a Amazônia, quer em áreas já trabalhadas no passado, quando a tecnologia de levantamentos, coleta e processamento de dados, não era tão evoluída como hoje.

Como um País que quer integrar os grandes produtores de bens minerais, como os EUA, o Canadá, a África do Sul, a Austrália (que têm seus territórios inteiramente cobertos com levantamentos aeromagnetométricos e, em grande parte com gamaespectrometria também, além de gravimetria terrestre), já está seguindo os exemplos da Índia e China, que reconhecendo a importância dessa técnica (inclusive para diversas questões ambientais) criaram os seus Programas Nacionais de Aerogeofísica, objetivando re-analisar os resultados dos levantamentos mais antigos e detalhar as áreas de possível interesse para a exploração mineral.

Além disso, os aerolevanteamentos executados no Brasil sempre privilegiaram os métodos magnetométrico e gamaespectrométrico, existindo rara cobertura com outros métodos como o aeroeletromagnético e o aerogravimétrico, os quais, empregados em áreas selecionadas pelo seu potencial mineral, podem contribuir sobremaneira para se definirem estruturas e delimitar zonas possivelmente mineralizadas. Certamente que outros métodos de aerolevanteamentos surgirão com o avanço da tecnologia nesses próximos vinte anos de abrangência do Plano ESTAL do MME, e a CPRM principalmente deve estar atenta para essa questão, haja vista que cada vez mais são explorados depósitos com profundidades maiores e teores menores. Dessa forma, para acompanhar o desenvolvimento tecnológico, é preciso que desde já se façam testes com esses métodos em regiões conhecidas, visando a sua aplicabilidade econômica.

Não tendo sido encontradas referências diretamente relacionadas aos levantamentos aerogeofísicos no que tange ao seu impacto direto na exploração mineral, estudos elaborados no Canadá têm evidenciado que para cada C\$ 1 milhão investido em “geociências públicas” (levantamentos geológicos, geoquímicos, geofísicos etc) conduz a investimentos de C\$ 5 milhões pela indústria mineira e C\$ 125 milhões em recursos minerais. Nesses números, a geofísica (e particularmente a aérea) certamente tem um percentual de participação muito expressivo, principalmente em áreas de difícil acesso (altas montanhas, desertos), ou com coberturas expressivas de gelo (caso do Canadá, por exemplo), de lateritos profundos (Austrália) ou mesmo de

vegetação cerrada. Parte desses exemplos (acesso difícil, lateritos e florestas) são encontrados no Brasil, com destaque para a Amazônia, o que, por si só, já diz quase tudo em defesa dos investimentos em aerogeofísica.

O caminho hoje percorrido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil está correto ao priorizar os levantamentos aerogeofísicos na Amazônia e a digitalizar os perfis e mapas de projetos mais antigos, onde é possível. É nesse sentido e com a mesma filosofia que países como os acima citados têm agido e construído suas bases para o desenvolvimento mineiro de seus territórios, mas sempre com a preocupação ambiental, hoje imprescindível para se minimizar as pressões das comunidades.

5. Recomendações

As considerações aqui expressas levam às seguintes recomendações para a CPRM – Serviço Geológico do Brasil:

- Elaborar um Programa Nacional de Geofísica para o Brasil que contemple tanto a Aerogeofísica Regional quanto a Geofísica terrestre, e que tenha por objetivo não só a prospecção e pesquisa minerais, mas também questões sociais;
- Continuar elegendo como prioritária a Amazônia Legal, por ainda ser a região mais desconhecida do Brasil, e, dentro dela, as áreas que não sejam Reservadas (como as indígenas, parques nacionais, ambientais, florestas nacionais etc), que abranjam rochas complexos precambrianos, que já tenham minerações econômicas e que estejam em zonas de fronteiras;
- Detalhar, com espaçamentos e alturas menores de vôos áreas levantadas no passado e que se apresentem como potenciais para a concentração de depósitos minerais;
- Planejar todos os levantamentos levando em conta os mapeamentos geológicos e geoquímicos realizados anteriormente; em outras palavras, aproveitar ao máximo o conhecimento já adquirido para racionalizar os trabalhos de aerogeofísica, normalmente de custos elevados;
- Em um segundo momento, elencar áreas prioritárias no restante do País, ainda não voadas, com potencial mineral de relevância para o Brasil no âmbito de uma visão global (recursos energéticos e hídricos subterrâneos, minerais básicos para emprego na agricultura, metais e minerais de uso em indústrias de ponta como a espacial, a tecnologia da informação, elementos com aplicativos em saúde e lazer, além dos considerados economicamente estratégicos para o País);
- Continuar a envolver os Estados da Federação em parcerias nos levantamentos aéreos, a exemplo do que já vem sendo feito com Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso;
- Introduzir outros métodos aerogeofísicos em áreas selecionadas pelo seu potencial, como os eletromagnéticos e gravimétricos;
- Continuar a digitalizar os perfis e mapas de levantamentos das décadas anteriores ao presente século;
- Integrar o AERO ao GEOBANK, da mesma forma que outros bancos de dados que lá estão, ao menos no que tange aos metadados dos projetos;
- Aprimorar o aperfeiçoamento de suas equipes e incentivar profissionais e estudantes e profissionais externos nas operações, emprego, tratamento e interpretação das informações geofísicas, fortalecendo as parcerias com as Universidades e, entre outras, com a Sociedade Brasileira de Geofísica;
- Estabelecer Acordos de Cooperação Internacionais para a troca de experiências e treinamento de pessoal em todos os níveis abrangidos pela geofísica.

Em março e abril de 2000, especialistas de várias instituições brasileiras se reuniram em dois grupos para debater as questões da geofísica na Amazônia e apresentar recomendações no âmbito do Projeto Plataforma EXMIN/Amazônia (Comitê *Ad hoc*. Plataforma EXMIN/Amazônia, 2000)

O primeiro grupo, constituído de professores e profissionais da UFPR, UnB, USP, UFPA, DOCEGEO, LASA, WMC, CPRM e ADIMB, elaborou as propostas reproduzidas a seguir para a aerogeofísica na Amazônia, as quais continuam válidas até hoje e, de certa forma estão sendo seguidas em boa parte pelo MME, através da CPRM:

- *“Complementar a cobertura aerogeofísica em magnetometria e gamaespectrometria de modo a cobrir toda a região amazônica com linhas espaçadas de pelo menos 1.000 metros, com o estado da arte nestes métodos em termos de aquisição e processamento.*
- *Fazer a cobertura da aeromagnetrometria e aerogamaespectrometria de todas as províncias minerais e distritos mineiros, em linhas de vôo espaçadas de 500 metros ou menos.*
- *Recobrir, progressivamente, com linhas espaçadas de 1.000 metros, áreas voadas anteriormente a 1992, de modo a fornecer novos dados.*
- *Liberar todos os dados dos aerolevantamentos em meio digital, a custo mínimo, à medida em que forem sendo obtidos, antes mesmo da geração das cartas temáticas oficiais, permitindo assim sua utilização imediata pelos interessados.*
- *Garantir que o Programa de Aerolevantamentos da Amazônia - PAA (SMM/CPRM-2000) seja concluído e expandido para outras áreas da região amazônica o mais breve possível, visto constituir-se num programa estratégico para o setor mineral e um primeiro passo de apoio político ao setor na Amazônia.*
- *Realizar transectas regionais de aerogravimetria cortando os escudos e as bacias com o objetivo de identificar as estruturas maiores, condicionadoras em geral de depósitos minerais/petrolíferos.*
- *Fomentar e apoiar os programas e projetos de pesquisas técnico-científicas aplicadas sugeridas neste documento, no sentido de melhorar o entendimento dos métodos aerogeofísicos e de seus condicionantes na região amazônica.*
- *Viabilizar a formação clássica e continuada de pessoal em aerogeofísica em todos os seus níveis.*
- *Aumentar a disponibilidade de dados aerogeofísicos na região através da criação de mecanismos legais que viabilizem a abertura de dados de aerogeofísica de empresas privadas.*
- *Reforçar quantitativa e qualitativamente o pessoal técnico da CPRM, bem como oferecer atrativos capazes de fixá-lo na região amazônica.*
- *Viabilizar centros, consórcios e/ou grupos cooperativos de pesquisa que possam somar os conhecimentos acadêmicos e empresariais no estudo objetivo dos ambientes mais promissores da região amazônica e de seus depósitos minerais.*
- *Divulgar os resultados do Projeto-Plataforma EXMIN/Amazônia junto à comunidade internacional de investidores no setor mineral e aos formadores de opinião, através de um portal de alta qualidade a ser criado na Internet.”*

O segundo grupo, formado por especialistas da UnB, UFPA, IAG/USP, INPE e ON do MCT, DOCEGEO, Petrobras, SOPEMI, SBGf, RTZ/Consult., elaborou propostas e recomendações para a mesma Região Amazônica no que tange à geofísica profunda, as quais, perfeitamente válidas, são reproduzidas a seguir:

- *“Para promover o conhecimento geofísico em profundidades litosféricas são recomendados levantamentos conjugados e apropriados para a obtenção de informações sobre os parâmetros físicos e estruturas que ocorrem nestas profundidades, através de um esforço nacional envolvendo governo, empresas e universidades. A interpretação deve integrar o conhecimento multidisciplinar proporcionado pelas diversas abordagens geofísicas.*
- *Deve-se realizar esforços para a criação de consórcios e de cooperação de pesquisas entre a área acadêmica, entidades do governo e empresas, para a realização de levantamentos, processamentos e interpretações dos dados a exemplo do que ocorre em outros países de dimensões continentais.*
- *Devido às dificuldades de acesso, são recomendados como prioritários os levantamentos através de plataformas aéreas (aerogravimetria e aeromagnetometria), o aproveitamento dos rios navegáveis (sísmica e gravimetria fluvial), a instalação de redes de equipamentos para a coleta de dados de suporte (rede gravimétrica fundamental, estações de Maré Solida) e estudos regionais (tomografia telessísmica; sondagens geomagnéticas profundas, paleomagnetismo).*
- *Empresas de mineração devem disponibilizar coleções de amostras catalogadas, para o início dos estudos de caracterização das propriedades físicas de rochas e minérios, tais como as magnéticas, elétricas, elásticas, térmicas, radioativas, de densidade e permeabilidade; Devem também dar apoio logístico em levantamentos próximos às suas áreas de atuação.*
- *Os levantamentos de geofísica profunda devem ser ajustados ao **Programa de Levantamentos Aerogeofísicos na Amazônia (PLAA)**. Estes dados e os de outros programas geofísicos executados por entidades públicas, empresas e universidades devem se tornar públicos em curto prazo após serem adquiridos.*
- *Deve-se melhorar substancialmente a capacidade de pessoal e equipamentos especializados para levantamentos geofísicos profundos na área acadêmica, instituições governamentais e empresas, principalmente aquelas que atuam na Amazônia; mobilizar pesquisadores para atuarem em pesquisa na Amazônia e viabilizar recursos para trabalhos de campo, contratação de pessoal técnico especializado e para manutenção de equipamentos.*
- *Deve-se obter apoio financeiro para viabilizar seminários anuais de discussões e avaliações do andamento e dos resultados dos projetos da Amazônia e elaborar mapas ilustrativos da situação atual do conhecimento e do que vai ser adquirido através dos projetos, e divulgá-los em publicações impressas e via internet.”*

As recomendações desses dois grupos de especialistas em geofísica para a Amazônia vêm reforçar indubitavelmente a priorização que deve ter a Amazônia. Não só pelo seu potencial mineral em razão de sua constituição geológica, como pelo caráter estratégico que representa para o Brasil, como uma das últimas fronteiras do conhecimento físico do mundo, comprovadamente rica em biodiversidade, recursos hídricos e energéticos, para apenas citar os mais óbvios. E está na mineração organizada uma das possibilidades reais de ocupação e aproveitamento sustentados dessa vasta área do globo terrestre.

6. Referências Bibliográficas

- ARGENTINA. Servicio Geológico Minero Argentino. *Geofísica aérea*. Disponível em: <<http://www.segemar.gov.ar>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- _____. *Geologia*. Disponível em: <<http://www.segemar.gov.ar>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- _____. *Ordenamiento territorial*. Disponível em: <<http://www.segemar.gov.ar>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- _____. *Sistema de información geográfica y cartografía digital*. Disponível em: <<http://www.segemar.gov.ar>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- AUSTRALIA. Geoscience Australia. *Airborne electromagnetics acquisition and interpretation*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- _____. *Airborne electromagnetics project*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- _____. *Airborne geophysics and gravity data*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- _____. *Geophysical archive data delivery system*. Disponível em: <<http://www.geoscience.gov.au>>. Acesso em: 27 jun. 2009.
- _____. *Index of Airborne geophysical surveys*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 27 jun. 2009.
- _____. *National geological maps*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- _____. *Online mapping and databases*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- _____. *Onshore energy and minerals projects*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- BERIOZKO, A.; SOLOVIEV, A.; KRASNOPEROV, R. Representation of geological-geophysical data in a unified integrated GSI environment. *Russian Journal of Earth Sciences*, v. 9. Sept. 2009.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Estudos para elaboração do plano duodecenal (2008-2028) de geologia, mineração e transformação mineral: macro-atividade 4.2 - geologia do Brasil*. [S.l.: s.n., s.d.]. Relatório técnico 14: informação geoquímica.
- _____. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Bando de dos de exploração e produção – BDEP*. Disponível em: <http://www.bdep.gov.br> Acesso em 04 de set. 2009.
- _____. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Plano mestre decenal para avaliação de recursos minerais do Brasil 1965-1974*. Publicação Especial Nº 3, 3. ed. Rio de Janeiro, DNPM, 1967.
- _____. *Plano decenal de mineração 1990-1999*. Primeira Parte: Diagnóstico. Brasília, DNPM, 1991.
- _____. *II Plano decenal de mineração: diretrizes básicas 1981-1990*. Brasília, DNPM, 1980.
- _____. *Plano plurianual para o desenvolvimento do setor mineral*. Brasília, DNPM, 1994.
- _____. *Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil 1985-1999*. Brasília, [Sd.].
- _____. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. *Projeto água subterrânea no nordeste do Brasil: levantamentos aerogeofísicos*. Disponível em: <<http://prosne.net/airbornesurveyport>>. Acesso em: 11 jun. 2009.
- _____. *Catálogo de projetos aerogeofísicos*. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 26 abr. 2009.

- _____. *GEOBANK*. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/geobank>>. Acesso em: 26 abr. 2009.
- _____. *Geofísica*. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 26 abr. 2009.
- _____. *Relatório anual, 2007*. Rio de Janeiro, 2008.
- CANADA. Geological Survey of Canada - CPRM - Serviço Geológico do Brasil. *Northeastern Brazil groundwater project - PROASNE 2000 -2004: closing report. 2005*.
- _____. National Resources Canada. Earth Sciences Sector. *Business plan, 2006-2009*. Canadá, 2006. 50 p.
- _____. *Geophysical data centre*. Disponível em: <<http://gdcinfo.agg.nrcan.gc.ca>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- _____. *Geoscience data repository*. Disponível em: <<http://gde.nrcan.gc.ca>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- CHILE. Servicio Nacional de Geología y Minería De Chile. *Geofísica*. Disponível em: <<http://www.sernageomin.cl>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- CHINA. China Geological Survey. *Geological activities: metadata of China digital map database*. Disponível em: <<http://old.cgs.gov.cn/Ev/gs/Metadata>>. Acesso em: 28 jun. 2009.
- Comitê Ad hoc Plataforma EXMIN/Amazônia. Proposta do Comitê de Aerogeofísica ao fórum para o desenvolvimento de métodos para a exploração mineral na Amazônia: *Revista Brasileira de Geofísica*, São Paulo, v. 18, n. 2, 2000.
- _____. Proposta do Comitê de Geofísica Profunda ao fórum para o desenvolvimento de métodos para a exploração mineral na Amazônia. *Revista Brasileira de Geofísica*, São Paulo, v. 19, n. 3, 2001.
- COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL - CBPM. *Geofísica na Bahia*. Disponível em: <<http://www.cbpm.com.br>>. Acesso em: 23 maio 2009.
- _____. *Levantamentos aerogeofísicos*. Disponível em: <<http://www.cbpm.com.br>>. Acesso em: 23 maio 2009.
- GEOSCAN. *International Agency on Complex Monitoring of the Earth, natural disasters and technogenic catastrophes: official web site*. Disponível em: <<http://www.geoscan.org>>. Acesso em: 28 jun. 2009.
- HARTHILL, Norman; WARREN, Dewhurst T. Russian airborne geophysics and remote sensing. In: GEOPHYSICAL TECHNOLOGY TRANSFER INITIATIVE WORKSHOP, 1992, Colorado. *Proceedings...* Bellingham, Wash., USA: SPIE, 1993.
- HILDENBRAND, Jorge Dagoberto. Aero geofísica no Brasil e a evolução das tecnologias nos últimos 50 anos. In: SIMPÓSIO DE GEOFÍSICA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, [S.l.: s.n.] 2002.
- INDIA. Geological Survey of India. Geological survey of India in a historical perspective. In: _____ . *Report of the functioning of the GSI*. [S.l.: s.n., s.d]. Cap. I.
- _____. *GSI today*. In: _____ . *Report of the functioning of the GSI*. In: _____ . *Report of the functioning of the GSI*. [S.l.: s.n., s.d]. Cap. II.
- _____. *Goals, strategy, milestones & scientific resources*. In: _____ . *Report of the functioning of the GSI*. [S.l.: s.n., s.d]. Cap. VII.
- INTERNATIONAL MEDICAL GEOLOGY ASSOCIATION REGIONAL DIVISION RUSSIA. - IMGA RD. *Recent activities of IMGA Regional Division Russia - NIS (est. July 2006)*. Disponível em: <<http://www.medicalgeology.org>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- MEXICO. Servicio Geológico Mexicano. *Base de Datos*. Disponível em: <www.coremisgm.gob.mx>. Acesso em: 10 jul. 2009.
- _____. *Geologia*. Disponível em: <www.coremisgm.gob.mx>. Acesso em: 10 jul. 2009.

- _____. *Geofísica*. Disponível em: <www.coremisgm.gob.mx>. Acesso em: 10 jul. 2009.
- PERU. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- INGEMMET. *Geología Nacional*. Disponível em: www.ingemmet.gob.pe. Acesso em: 10 jul. 2009.
- QIHERIGE, Zhang Minghua. *Geo-information work at China Geological Survey*. Disponível em: <<http://www.gisdevelopment.net>>. Acesso em: 28 jun. 2009.
- RUSSIA. United Institute of Geology, Geophysics and Mineralogy SB RAS. *Main fields of research*. Disponível em: <<http://www.uiggm.nsc.ru>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA - SBGf. *Diagnóstico geofísica*. Disponível em: <<http://www.absf.org.br>>. Acesso em: 11 de jun. 2009.
- SOUTH AFRICA. Council for Geoscience of South Africa. *Geophysics*. Disponível em: <<http://www.geoscience.org.za>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- THOMSON, S. *Cooperation in Russia between aerogeophysics and Fugro Airbone Survey*. Leidschendam: Fugro Word Wide, 2007.
- U.S.A. United States Geological Survey. *Bouguer gravity anomaly data grid for the conterminous US*. Disponível em: <<http://tin.er.usgs.gov>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- _____. *Database*. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- _____. *Digital data grids for the magnetic anomaly map of North America*. Disponível em: <<http://tin.er.usgs.gov>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- _____. *Digitized aeromagnetic datasets for the conterminous United States, Hawaii, and Porto Rico*. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov>>. Acesso em: 4 jun. 2009.
- _____. *Geophysical data system*. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov>>. Acesso em: 4 jun. 2009.
- _____. *History*. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- _____. *Introduction to potential fields: gravity*. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- _____. *Introduction to potential fields: magnetics*. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- _____. *National Geologic Mapping Act - 1992*. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- _____. *Open-File Report 02-361*. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- _____. *USGS geophysical data products*. Disponível em: <<http://crustal.usgs.gov>>. Acesso em: 4 jun. 2009.