

RELATÓRIO TÉCNICO

Geotectônica e Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro: Síntese dos conhecimentos até 2012



Fonte: <https://iso.500px.com/rio-de-janeiro-photos/>

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA E
GESTÃO TERRITORIAL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Fernando Coelho Filho
Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Vicente Humberto Lôbo Cruz
Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Esteves Pedro Colnago (interino)
Diretor-Presidente

Antônio Carlos Bacelar
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Frederico Cláudio Peixinho
*Chefe do Departamento de
Hidrologia e gestão Territorial*

João Alberto Oliveira Diniz
Chefe da Divisão de Hidrogeologia

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Leandro Alves Lima

Superintendente Regional

Marlon Marques Coutinho

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Natália Dias Lopes

Supervisão de Hidrologia e Gestão Territorial

CRÉDITOS DE AUTORIA

Flávia Maria de Fátima Nascimento
flavia.nascimento@cprm.gov.br

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. METODOLOGIA.....	1
3. GEOLOGIA TECTÔNICA.....	1
4. HIDROGEOLOGIA.....	25
4.1 MAPAS HIDROGEOLÓGICOS	38
4.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO URBANO POR POÇOS TUBULARES.....	47
5. INSTITUIÇÕES COM TEMA HIDROGEOLÓGICO	38
5.1 COMITÊS DE BACIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	53
6. COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA.....	58
7. CONCLUSÕES	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 - Esboço do Mapa de Rodínia na América do Sul.	2
Figura 3.2 - Eventos de convergência e colisão no Brasileiro (900-490 Ma).....	3
Figura 3.3 – Esboço do cenário paleogeográfico do ciclo Brasileiro-Pan Africano.....	4
Figura 3.4 – Blocos crustais delimitados por gravimetria..	5
Figura 3.5 – Experimento de modelagem tectônica envolvendo os blocos BSP (Bloco São Paulo), BV (Bloco Vitória), BB (Bloco Brasília)	6
Figura 3.6 – Mapa estrutural simplificado da Cunha Guaxupé e porção central do Cinturão de Cisalhamento Atlântico (CCA).	7
Figura 3.7 - Estágios da Colisão Brasileira. Adaptado de Heibron et al. (2004).	9
Figura 3.8 – a) Mapa tectônico do segmento central do Sistema Orogênico Mantiqueira.....	10
Figura 3.9 - Desenvolvimento do Rift Sul Atlântico.....	11
Figura 3.10 – Quadro geológico e tectônico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil – RCSB.....	13
Figura 3.11 - Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCSB.....	14
Figura 3.12 – Possíveis fases da tectônica Cenozóica atuantes no Rift Paraíba do Sul	16
Figura 3.13 - Quadro de fases tectônicas cenozóicas no Sudeste do Brasil segundo diferentes autores e regiões	17
Figura 3.14- Alinhamento de rochas alcalinas Poços de Caldas (MG)-Cabo Frio (RJ) e sua continuidade na Cadeia Vitória-Trindade	19
Figura 3.15 - Imagem Landsat com setas indicando o alinhamento superfície de aplainamento JAPI	20
Figura 3.16 – Bacia de Campos e com indicação da zona de charneira cretácea (entres cotas batimétrica de 200 e 2000 m).	22
Figura 3.17 - Perfil morfoestrutural interpretado do Rift do Paraíba do Sul (Gráben de Taubaté) e do Rift Litorâneo (Sub-Gráben de Paraty). Perfil típico de tectônica dominó.....	23
Figura 3.18 - a) Delta intra-lagunar, ilhas barreiras, fluxos marinhos e desembocaduras antiga e atual do Rio Paraíba do sul	24
Figura 4.1 - Bloco diagrama que relaciona as fraturas de alívio sub-horizontais controladas pelo flexuramento de rochas cristalinas através de uma tectônica de falhas de gravidade... ..	28
Figura 4.2 - Mapa morfoestrutural do Rio de Janeiro.....	30
Figura 4.3 - Mapa dos Sistemas Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro.	31

Figura 4.4 – Províncias Hidrogeológicas e potencialidades da água subterrânea do Estado do Rio de Janeiro .	39
Figura 4.5 - Mapa Hidrogeológico do Município de Campos dos Goytacazes.	40
Figura 4.6 – Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro.	41
Figura 4.7 - Mapa de Potencialidades Hidrogeológicas dos Aquíferos do rio Guandu.	42
Figura 4.8 - Subdivisão do aquífero sedimentar de Campos.	43
Figura 4.9 - Mapa de aquíferos do Plano Diretor de Recursos Hídricos do PDBG-RJ (2006).	44
Figura 4.10 – Os grandes domínios hidrogeológicos do Estado do Rio de Janeiro.	45
Figura 4.11 - Mapa de Recarga Final da Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro.	46
Figura 5.1 – Proposta de Integração Institucional para subsidiar os comitês de bacias e a sociedade.	52
Figura 5.2 – Regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro.	54
Figura 6.1 – Fórmula cobrança pelo uso da água. Fonte: Leis 4247/2003 e 5.234/2008.	58
Figura 6.2 – Evolução da cobrança no Estado do Rio de Janeiro desde 2004.	59
Figura 6.3 - Evolução a cobrança nas Regiões Hidrográficas a partir de 2008.	60
Figura 6.4 – participação dos setores usuários em número de empreendimentos no sistema de cobrança em 2011.	60
Figura 6.5 – Participação dos setores usuários em valores cobrados no sistema de cobrança em 2011 nas RHs III, IV e IX.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Características dos aquíferos fraturados.	32
Tabela 4.2 – Características dos aquíferos sedimentares.	34
Tabela 4.3 – Abastecimento urbano nos municípios do Rio de Janeiro por poços tubulares. Fonte: Atlas Brasil (ANA, 2012). Fonte: http://atlas.ana.gov.br/	48
Tabela 5.1 - Dados e Informações Disponíveis nas instituições.	51
Tabela 5.2 – Os Comitês de Bacias do estado do Rio de Janeiro. Fonte: INEA (2012).	55
Tabela 5.3 – Hidrogeologia nos planos de bacias.	57
Tabela 6.1 – Valores e Critérios de cobrança pelo uso da água de domínio estadual.	59

RESUMO

A Hidrogeologia do estado do Rio de Janeiro está compartimentada com base em dois eventos tectono-magmáticos principais: o Evento Colisional Brasileiro (ECB) e o Rifting Sul Atlântico (RSA). Os domínios tectônicos gerados por estes eventos geológicos são responsáveis por 80% dos terrenos do estado do Rio de Janeiro possuírem aquíferos fraturados e apenas 20% representarem os aquíferos sedimentares. O armazenamento de água nos aquíferos fraturados está condicionado às propriedades dos fraturamentos (falhas e fraturas) e espessuras do manto de intemperismo. E podem ser subdivididos em relação aos eventos Pós a Pré Colisional Brasileiro em: Teresópolis/Pedra Branca; Pão de Açúcar/Corcovado; Serra dos Órgãos/Rio Negro; Paraíba do Sul e Região dos Lagos. Em relação aos aquíferos sedimentares de porosidade primária, associados ao RSA, destacam-se os aquíferos fluvio-deltaicos do nordeste fluminense, ou seja, o aquífero aluvionar de Campos (livre a confinado, espessura de 50 a 100 m), aquífero Emboré (confinado, até 2000m), Barreiras Profundo (confinado, até 1535 m) e o Barreiras Raso (livre, até 216m). Dentre os aquíferos fluvio-marinhos associados ao Graben da Guanabara (RSA) destacam-se o Macacu (livre, 200 m), Guaratiba (livre, 80 m) Piranema (livre, 20 m), além dos aquíferos em cordões, restingas e terraços litorâneos, onde destacam-se o Piratininga, Itaipuaçu e Itacoatiara e Camboinhas. Em relação aos aquíferos do Graben do Paraíba do Sul, na região central do estado, destacam-se os aquíferos de Resende (confinado a semi-confinado, até 500 m) e de Volta Redonda (livre a semi-confinado, 150m). O conhecimento sobre os aquíferos no estado do Rio de Janeiro ainda é restrito e disperso e depende de esforços conjuntos para a realização de estudos geológicos, geotécnicos e geofísicos, em escalas adequadas, além de cadastramento, monitoramento, centralização e disponibilização das informações sobre as captações subterrâneas existentes, para subsidiar os planos de bacias.

Palavras-Chave: Geologia, Hidrogeologia, Rio de Janeiro.

1. INTRODUÇÃO

Os eventos geológicos originaram domínios tectono-magmáticos e sedimentares no estado do Rio de Janeiro, os quais são responsáveis por 80% dos aquíferos serem fraturados e apenas 20% sedimentares.

Assim, é indispensável conhecer a evolução geológica, tectônica, sedimentar e geomorfológica e obter uma base de dados de poços tubulares consistente para caracterizar e avaliar a potencialidade dos aquíferos e conseqüentemente subsidiar o planejamento das obras de infraestrutura hídrica e geotécnicas destinadas à melhoria da qualidade de vida da população dos municípios.

Este trabalho apresenta uma síntese da geologia tectônica e da hidrogeologia do estado do Rio de Janeiro até o ano de 2012, indica as instituições que trabalham com o tema hidrogeologia e como é realizada a cobrança pelo uso da água para subsidiar os planos de bacias.

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado a partir da compilação de dados e informações publicadas e disponibilizadas pelos pesquisadores de universidades e instituições de pesquisa, além de dados de poços tubulares presentes no SIAGAS – Sistema de Informações de Água Subterrânea (CPRM).

3. GEOLOGIA TECTÔNICA

A origem dos terrenos tectono-magmáticos deve-se ao evento Brasileiro que na transição Neoproterozóico/Cambriano aglutinou as paleoplacas (ou cratons, ou microcontinentes) convergentes, fragmentadas do supercontinente Rodínia, para formar o Supercontinente Gondwana. Na América do Sul, as evidências dos riteamentos, quebra e *drifting* dos vários blocos descendentes do Rodínia são escassos e controversos, porém as datações indicam que a quebra ocorreu em diferentes intervalos de tempo nos diferentes blocos, como indica a Figura 3.1 (Fuck et al. 2008).

A movimentação das paleoplacas deve-se ao evento Colisional Brasileiro, ocorrido entre cerca de 1.000 Ma e 500 Ma, e podem ser divididos em 3 episódios (Figura 3.2): Brasileiro I, Brasileiro II e Brasileiro III. O Evento Brasileiro II é o mais expressivo, seguindo do Evento Brasileiro III. O primeiro foi o responsável pela estruturação e intrusões magmáticas da Faixa de Dobramentos Ribeira (Orogênese Ribeira) e o segundo pela junção do Terreno Cabo Frio à Faixa de Dobramentos Ribeira (Orogênese de Búzios).

Estes eventos de convergência dos blocos envolveram processos de fechamento de oceanos e colisão de continentes e microcontinentes e foram responsáveis pelos deslocamentos laterais entre as grandes massas continentais gerando grandes zonas de cisalhamento dúcteis e rúpteis que cortam o Brasil e mostram feições transpressivas e transtrativas que circundam os terrenos mesoproterozóicos no interior e borda dos cratons mais antigos (Sato, 1998, Sadowski e Campanha, 2004 in Bizzi et. al 2003).

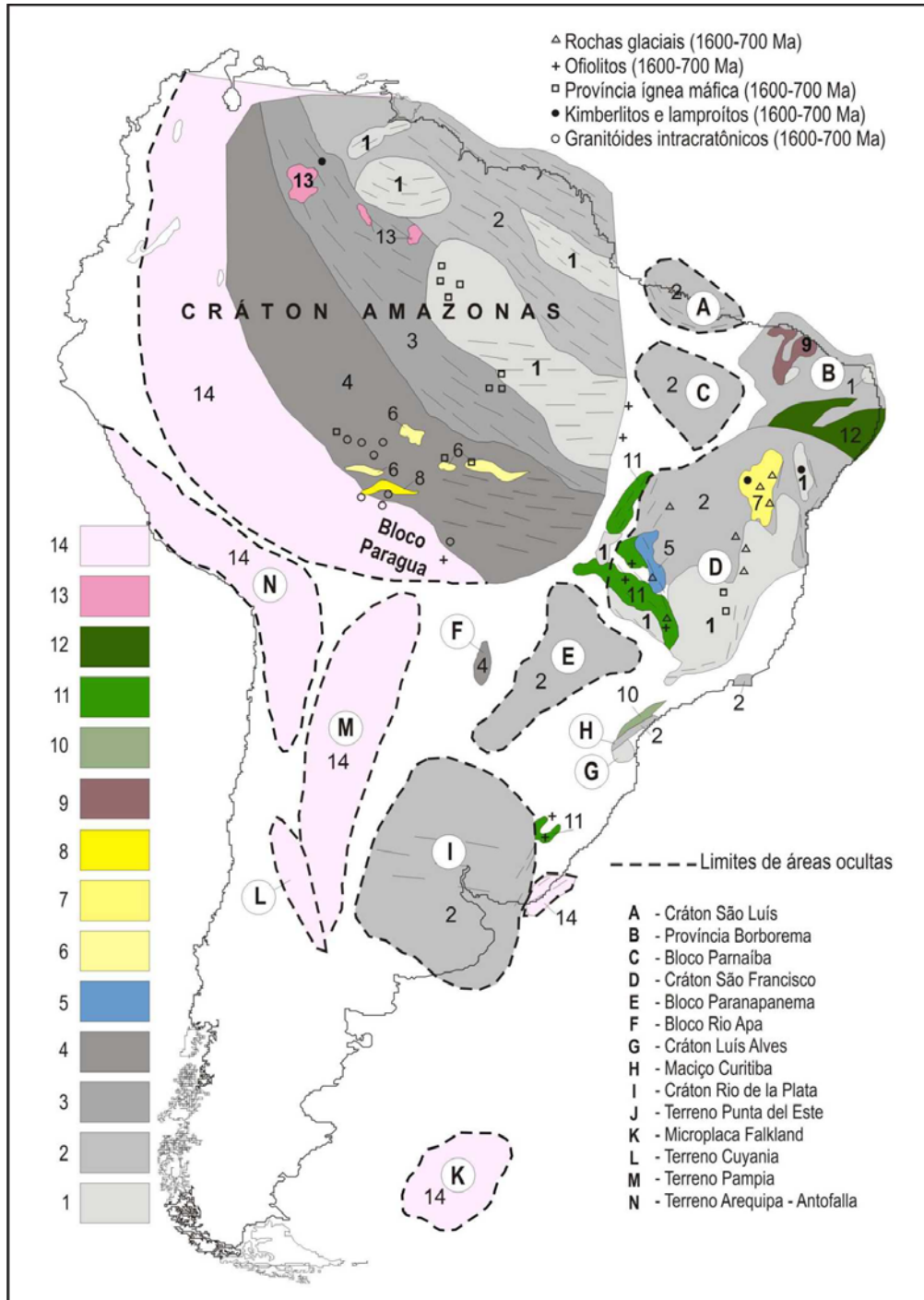


Figura 3.1 - Esboço do Mapa de Rodínia na América do Sul. (1) Rochas arqueanas (> 2500 Ma); Faixas orogênicas Paleoproterozóicas: (2) (2200-2000 Ma), (3) (2000-1800 Ma), (4) (1800-1600 Ma); (5) Depósitos de margens passivas: (1100-900 Ma); Depósitos de bacias intracratônicas: (6) (1600-1300), (7) (1300-1100 Ma), (8) (1100-900 Ma); (9) Rochas relacionadas a riftes: (900-700 Ma); Rochas relacionadas a arcos oceânicos: (10) (1600-1300 Ma), (11) (900-700 Ma); (12) Rochas relacionadas a arcos continentais (1100-900 Ma); (13) Rochas da suíte AMCG (Anostosita-Jotunita-Magerita-Charnokito-granito (1600-1300 Ma); (14) Rochas metamórficas de alto grau de ambiente tectônico incerto (1300-1100 Ma). Fonte: Fuck et al. 2008.

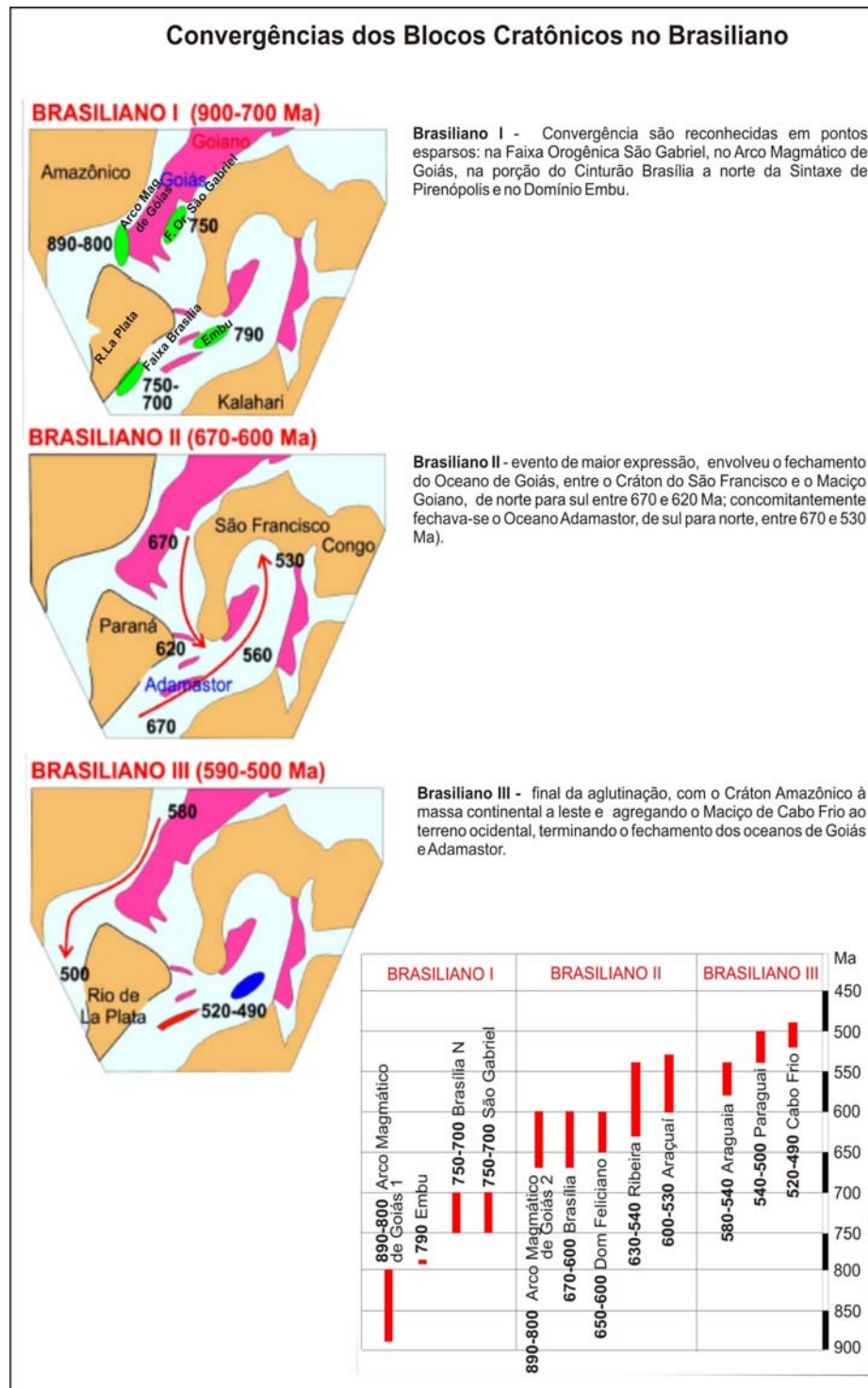


Figura 3.2 - Eventos de convergência e colisão no Brasiliano (900-490 Ma). Adaptado de Hasui (2010).

A Figura 3.3 esboça os blocos neoproterozóicos, as zonas de cisalhamento, as faixas de dobramentos e os oceanos de Goiás e Adamastor e Borborema circundando as massas continentais, com destaque para os blocos tectônicos Paranapanema e São Francisco-Congo-Angola envolvidos na estruturação do Sistema Orogênico da Mantiqueira ou Orógeno Ribeira, onde se encontra o estado do Rio de Janeiro.

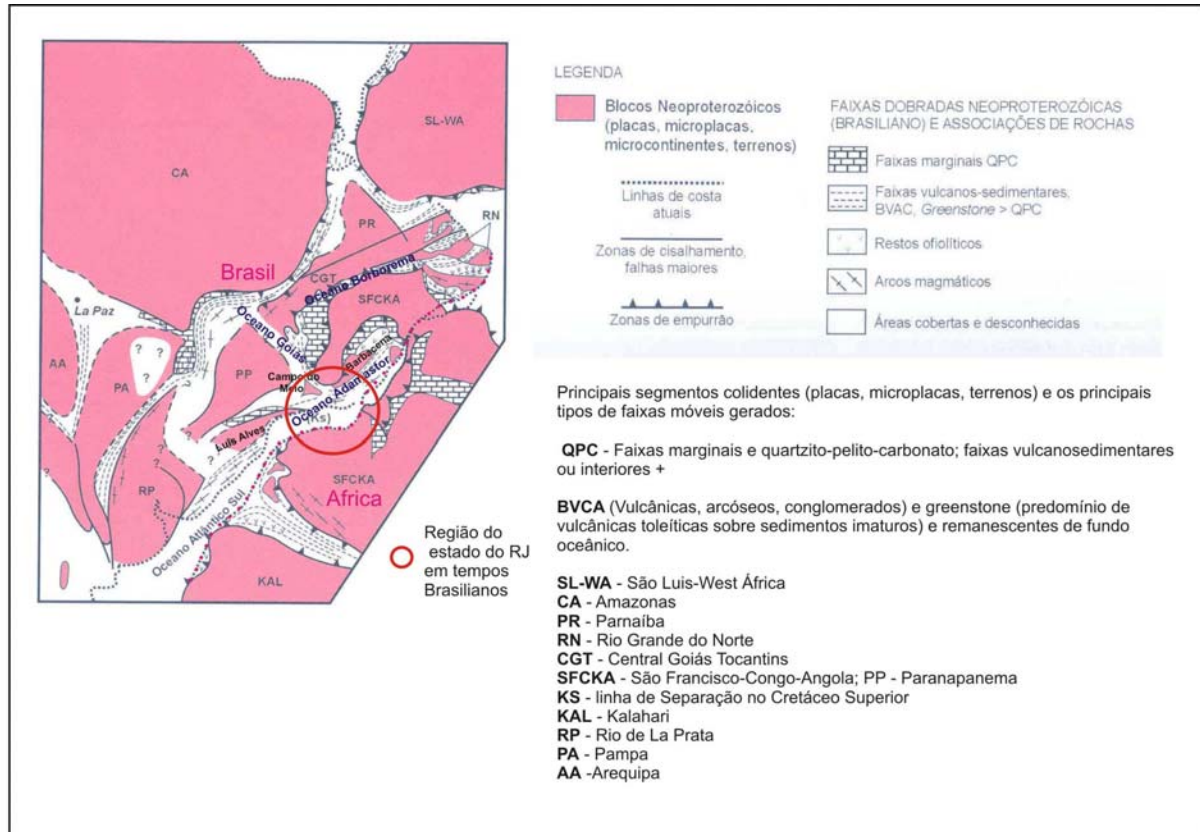


Figura 3.3 – Esboço do cenário paleogeográfico do ciclo Brasiliano-Pan Africano com destaque para os blocos que originaram a Faixa de Dobramentos Ribeira. Adaptado de Almeida et. al. (2000).

A separação dos blocos cratônicos foi estabelecida devido à existência de discontinuidades crustais reconhecidas com base na incidência de cinturões ou núcleos alinhados de rochas de alto grau e suas assinaturas gravimétricas como expressivos gradientes de anomalia Bouguer (Hasui, 2010).

A Figura 3.4 mostra os sentidos de convergência dos blocos durante a Colisão Brasileira. A movimentação dos blocos Vitória, São Paulo e Brasília, resultou na subducção da placa São Franciscana (Bloco Brasília) com polaridade para leste, sob o bloco Vitória, gerando rochas de arco magmático e seguida por dois episódios colisionais: Estágio Colisional I - em 580 Ma. e Estágio Colisional II - 520 Ma (Heibron et al., 2004).

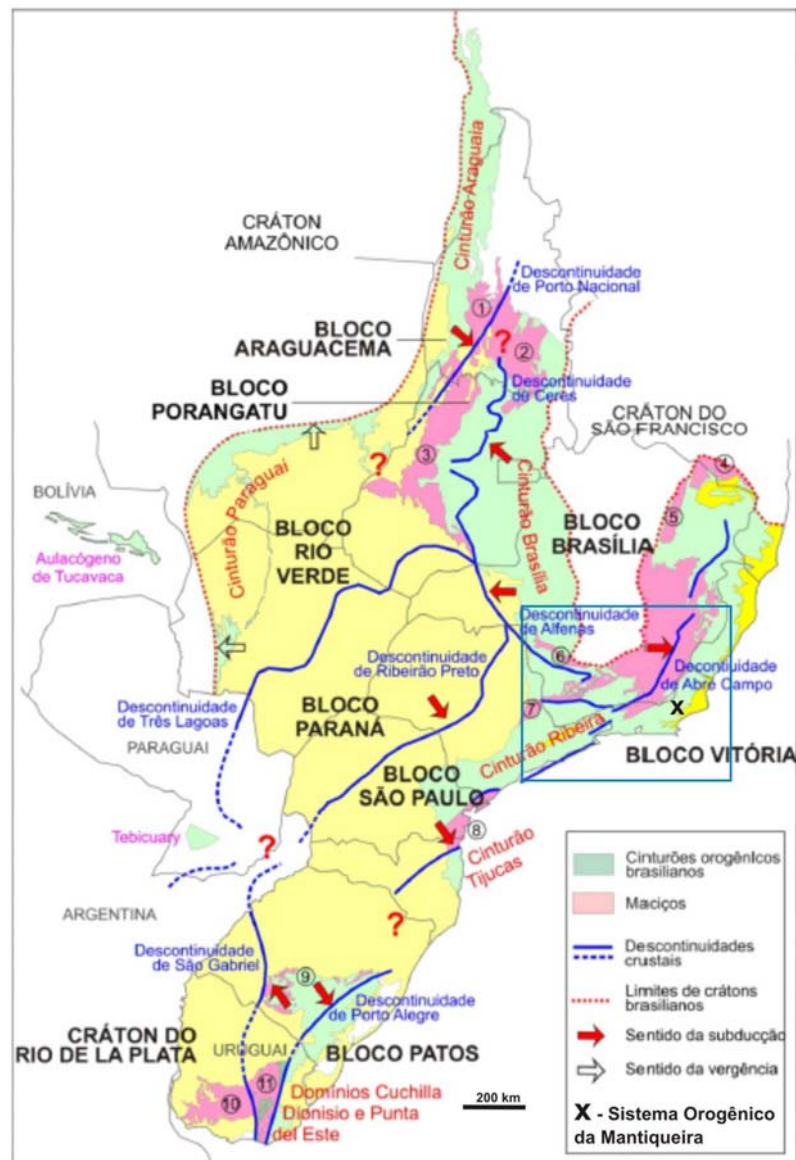


Figura 3.4 – Blocos crustais delimitados por gravimetria. Setas indicam sentidos de subducção que são opostos aos das vergências (Hasui et al., 1993 e Hasui, 2010).

Os terrenos geológicos que compreendem o estado do Rio de Janeiro, parte de São Paulo e do sul de Minas Gerais receberam várias denominações relacionadas aos eventos tectono-magmáticos ou à estruturação geológica predominante na região, dentre as quais tem-se: Faixa de Dobramentos Ribeira (Hassui, et al. 1975), Faixa Ribeira ou Cinturão Ribeira (Almeida et al., 1973) ou Cinturão de Dobramentos Ribeira (Hasui et al., 1975) ou Cinturão Transpressivo Rio Paraíba do Sul (Ebert, et al. 1993) ou porção central do Cinturão de Cisalhamento Atlântico ou Sistema Orogênico Mantiqueira ou Orógeno Ribeira (Heibron, et al., 2004).

Ebert et al. (1993) realizaram um experimento de modelagem tectônica (Figura 3.5) para simular a formação do Cinturão de Cisalhamento Transpressivo Rio Paraíba do Sul a partir da movimentação simultânea entre os blocos Brasília São Paulo e Vitória ao ser aplicado tensões normais aos blocos continentais. Segundo os autores, o arranjo geométrico

das zonas de cisalhamento estaria associado a dois vetores compressivos: Um vetor E-W que originou uma tectônica transpressiva dextral e um vetor N-S que originou uma tectônica transpressiva sinistral.

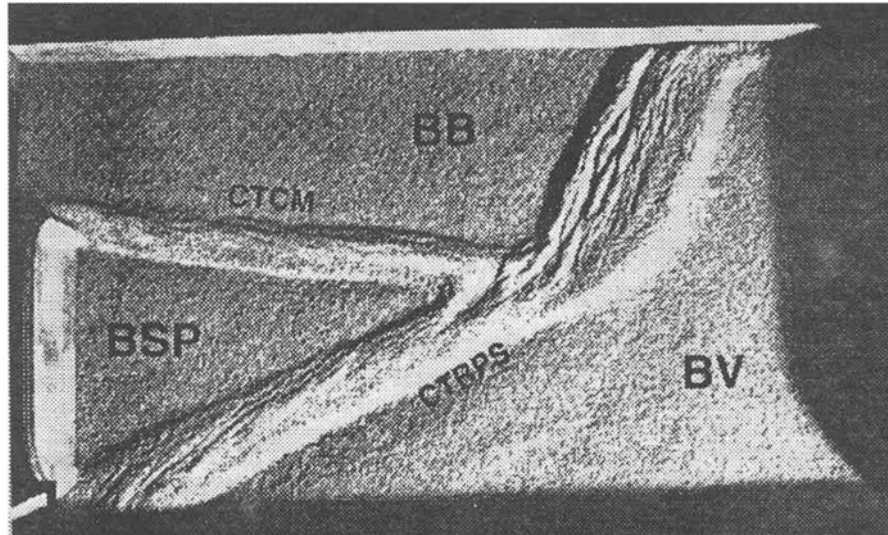


Figura 3.5 – Experimento de modelagem tectônica envolvendo os blocos BSP (Bloco São Paulo), BV (Bloco Vitória), BB (Bloco Brasília); e formação dos cinturões de cisalhamento: CTRPS – Cinturão Transpressivo Rio Paraíba do Sul e CTCM – Cinturão transpressivo Campo do meio gerados devido à esforços tectônicos de direção E-W (Ebert et al., 1993).

O Cinturão Transpressivo Rio Paraíba do Sul – CTRPS (Figura 3.5) ou Cinturão de Cisalhamento Atlântico - CCA (Figura 3.6), é produto do Estágio Colisional I e compreende uma rede de zonas de cisalhamento dúctil-rúptil de direção NE-SW com aproximadamente 200 km de largura que se estende por mais de 1000 km ao longo da costa sudeste do Brasil (Ebert et al. 1993). A partir destas zonas são observadas inúmeras zonas de cisalhamento secundárias e assintóticas que se ramificam em feixes para NNE e SSW.

A Zona de Cisalhamento Rio Paraíba do Sul (Dayan e Keller, 1990) ou Sistema de Cisalhamento Paraíba do Sul faz parte do Cinturão Transpressivo e atravessa todo estado do Rio de Janeiro, com cerca de 260 km de extensão e até 10 km de largura de rochas miloníticas segundo a direção NE-SW.

As rochas sofreram uma forte tectônica tangencial contracional, ou seja, dobramentos que evoluíram para cavalgamentos e imbricamentos frontais. Com o progressivo encurtamento e espessamento crustal a tectônica tangencial evoluiu para uma tectônica transpressional direcional, com direção NE-SW, expressa através de zonas de cisalhamento dúctil-rúptil oblíquas de médio a alto ângulo (Figura 3.6). A estruturação resultou em feições lenticulares de leitões e bandas, trunçações tectônicas e dobras intrafoliares, duplexes, estiramento mineral foliações miloníticas, produtos do encurtamento crustal e zonas de cisalhamento oblíquas de médio a alto ângulo (Ebert et al. 1993; Machado e Endo, 1994).

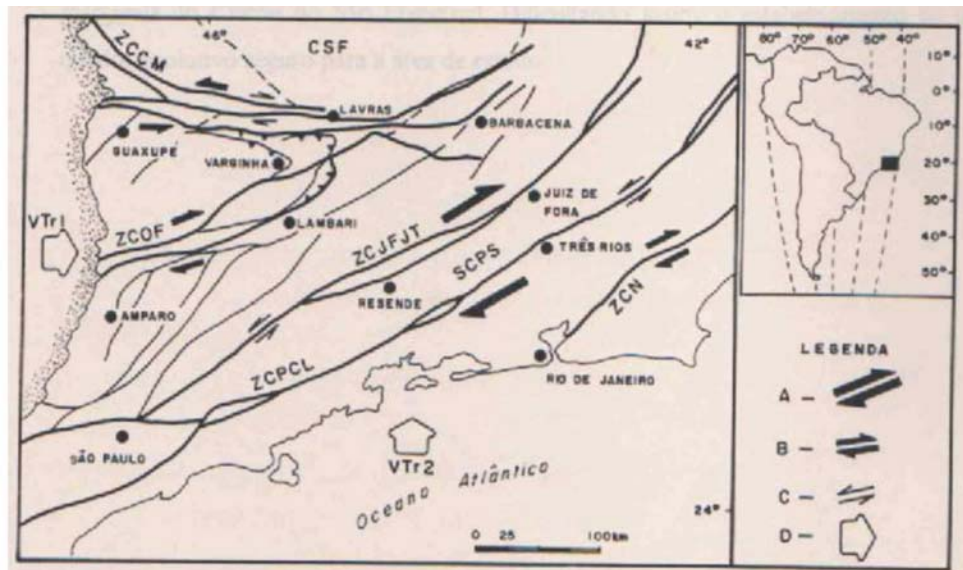


Figura 3.6 – Mapa estrutural simplificado da Cunha Guaxupé e porção central do Cinturão de Cisalhamento Atlântico (CCA). CSF – Craton São Francisco; SCPS – Sistema de Cisalhamento Paraíba do Sul, ZCJFJT – Zona de Cisalhamento Juiz de Fora-Jaquarari-Taxaguara, ZCPCL – Zona de Cisalhamento Além Paraíba-Cubatão-Lancinha, Zona de Cisalhamento Niterói, ZCOF – Zona de cisalhamento Ouro Fino, Zona de Cisalhamento Campo do Meio; VTr1 – Vetor Transpressivo Estágio 1, VTr2 – Vetor Transpressivo Estágio 2. Fonte: Ebert et al. (1993) e Machado e Endo (1994).

Segundo Heibron et al. (2004) os principais estágios da colisão Brasileira que envolvem os blocos continentais e a formação dos terrenos tectono-estratigráficos: Ocidental, Oriental, Klippe Paraíba do Sul e Cabo Frio, são mostrados na Figura 3.7.

Durante a fase Pré a Sincolisional I, houve a intrusão de um corpo granítico (magma cálcio-alcálico) na porção central do estado do Rio de Janeiro, intrusivo no Complexo Paraíba do Sul, denominado Batólito Serra dos Órgãos (Arco Magmático Rio Negro) (Heibron et al. 2004). Este corpo é alongado na direção NE-SW com cerca de 140 km de comprimento por 20 km de largura média (CPRM, 2001). Como plútons sintectônicos associados a um regime transpressivo dextral NE-SW ocorrem os granitos Corcovado, Pão de Açúcar, Cosme velho e outros.

Como produtos do estágio Pós-colisional aparece a granitogênese Brasileira, que originou numerosos corpos de granitos pós-tectônicos que se distribuem especialmente no Domínio Serra do Mar com destaque para os plutons denominados: Pedra Branca, Silva Jardim, Sana, Suruí, Mangaratiba, e Nova Friburgo (CPRM, 2001).

Os eventos geológicos descritos acima explicam porque cerca de 80% do Estado do Rio de Janeiro ser constituído de rochas metamórficas, migmatitos e granitóides relacionados ao Ciclo Brasileiro e as rochas serem resultantes do retrabalhamento de ciclos antigos que datam do Paleoproterozóico (2,5 Ga) a (Neoproteróico 570 Ma).

A Figura 3.8a mostra a compartimentação tectônica da região que envolve o Sul de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, a qual foi dividida por [Heibron et al. \(2004\)](#) em quatro terrenos tectono-estratigráficos: Ocidental, Oriental, Klippe Paraíba do Sul e Cabo Frio, descritos a seguir:

Terreno Ocidental - é representado pelo Domínio Tectônico Juiz de Fora, que integra rochas paleoproterozóicas do Complexo Juiz de Fora e uma seqüência metassedimentar neoproterozóica conhecida como Megasseqüência Andrelândia.

Klippe Paraíba do Sul - aflora como uma estrutura sinformal complexamente dobrada sobre o Terreno Ocidental. É constituído por ortognaisses paleoproterozóicos do Complexo Quirino e por um conjunto metassedimentar rico em intercalações de mármore dolomíticos e de idade ainda incerta, denominado de Complexo Paraíba do Sul.

Terreno Oriental - que contem as rochas geradas em ambientes de arco magmático e metassedimentos neoproterozóicos, foi subdividido na região noroeste fluminense em três domínios estruturais distintos: a) o Domínio Cambuci, em posição basal, compreende uma seqüência metavulcano-sedimentar com lentes de mármore e ortognaisses calcioalcalinos com ambiência tectônica de arco magmático; b) o Domínio Costeiro é constituído por metassedimentos pelíticos em fácies granulito a anfibolito alto, com intercalações de quartzitos impuros intrudidos por ortognaisses e metagabros do Arco Mágmató Rio Negro (790 a 620 Ma); c) a Klippe de Italva aflora sobre o Domínio Costeiro e compreende um conjunto metavulcanosedimentar com mármore calcíticos, anfibolitos (840 Ma) e paragnaisses com provável contribuição vulcânica.

Terreno Cabo Frio - Rochas metamorizadas, em evento colisional com cavalgamento para NW sobre a Faixa Ribeira, durante os estágios terminais da colagem brasileira. Constituído pelo complexo Cabo Frio.

A Figura 3.8b mostra a seção geológica estabelecida para o setor central da Faixa Ribeira mostrando as relações entre os terrenos. Os três primeiros terrenos foram amalgamados entre 600 e 570 Ma, enquanto que o Terreno Cabo Frio foi acrescido ao final da colagem orogênica, em 530-510 Ma.

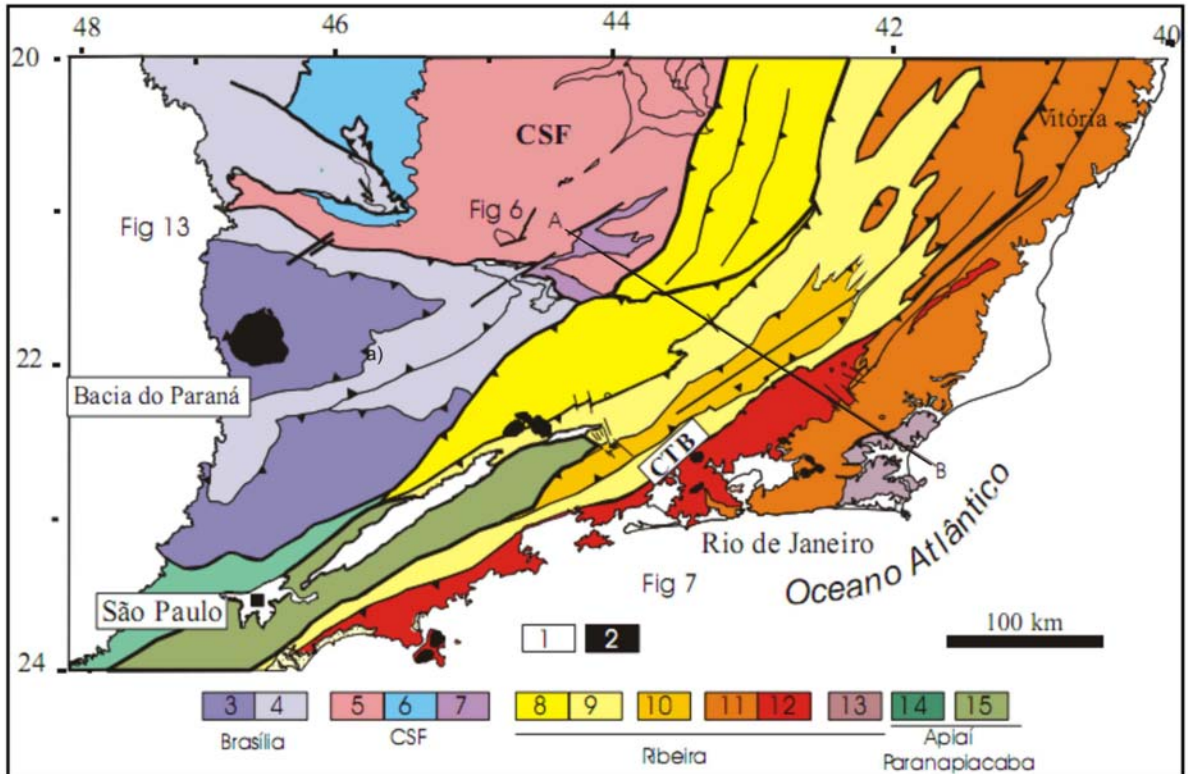
Os Terrenos Ocidental e Oriental são separados por uma zona de cisalhamento complexamente redobrada (Limite Tectônico Central - LTC) com mergulhos subverticais a moderados para NW na porção centro-sul fluminense, e mergulhos para SE na porção noroeste fluminense e sul capixaba.

O Terreno Ocidental corresponderia à paleoplaca inferior (Placa Sanfranciscana), e o Terreno Oriental à placa superior, na qual se instalou o arco magmático responsável pela colisão Arco/Continente. Para leste, por trás do Terreno Oriental, o fechamento do espaço *back-arc* (oceano Adamastor) resultou na colisão com a paleoplaca do Terreno Cabo Frio. O limite basal dos terrenos Cabo Frio e Paraíba do Sul/Embú é representado por uma zona de cisalhamento de baixo ângulo, com mergulhos para SE e NW.



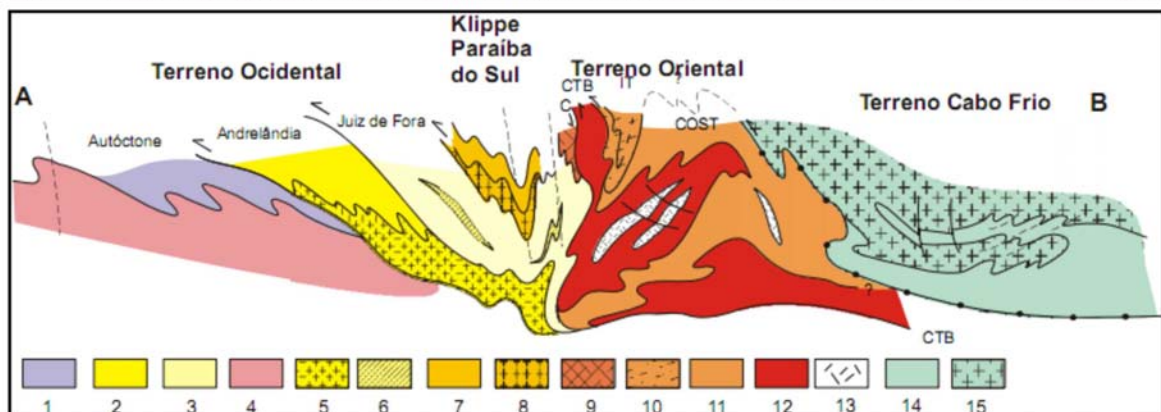
Figura 3.7 - Estágios da Colisão Brasileira. Adaptado de Heibron et al. (2004).

Mapa Tectônico do Segmento Central do Sistema Orogênico Mantiqueira



Legenda: 1 - Riftes cenozóicos; 2 - Rochas Alcalinas do Cretáceo e Terciário; Orógeno Brasília (3-4); 3 - Nappes Inferiores; 4 - Nappes Superiores; 5 - Embasamento do CSF e domínio autóctone; 6 - Supergrupo São Francisco; 7 - Metassedimentos do Domínio Autóctone; Orógeno Ribeira (8 -13): 8 - Domínio Andrelândia e 9 - Domínio Juiz de Fora do Terreno Ocidental; 10 - Klippe Paraíba do Sul; 11 - Terreno Oriental; 12 - Granitóides do Arco Magmático Rio Negro; 13 - Terreno Cabo Frio; Orógeno Apiaí/Paranapiacaba (14-15): 14 - Terrenos São Roque e Açungui; 15 - Terreno Embu.

Seção Estrutural do Orógeno Ribeira com a Relação entre os Diferentes Terrenos e domínios Estruturais



Legenda: Terreno Ocidental (1-6): 1 a 3 - Megassequência Andrelândia nos domínios Autóctone, Andrelândia e Juiz de Fora, Terreno Ocidental; 4 a 6 - Associações do embasamento (Complexo Barbacena, Mantiqueira e Juiz de Fora); Terreno Paraíba do Sul (7-8): 7 - Grupo Paraíba do Sul; 8 - Complexo Quirino; Terreno Oriental (9-13): 9 - Sequência Cambuci; 10 - Sequência Itáva; 11 - Sequência Costeiro; 12 - Arco Magmático Rio Negro; 13 - Granitos colisionais; 14 - Sequências Buzios e Palmital; 15 - Complexo Região dos Lagos.

Figura 3.8 – a) Mapa tectônico do segmento central do Sistema Orogênico Mantiqueira; b) Seção Transversal do Orógeno Ribeira indicando os diferentes terrenos e domínios estruturais. Fonte: Heibron et al. (2004).

Riftes Cenozóicos

Após um longo período de estabilidade tectônica no Paleozóico e início do Mesozóico, os terrenos sofreram uma tectônica extensional com o desenvolvimento do Rife Sul Atlântico - RSA, evento denominado reativação Wealdeniana (Almeida, 1967). A ruptura do megacontinente Gondwana por este evento, ocorrido ao longo da direção NE-SW, originou um sistema de bacias sedimentares continentais com direção WNW-ESSE, as quais apresentam padrão geométrico rômbo/sigmoidal que controlaram a instalação dos riftes cenozoicos (Figura 3.9).

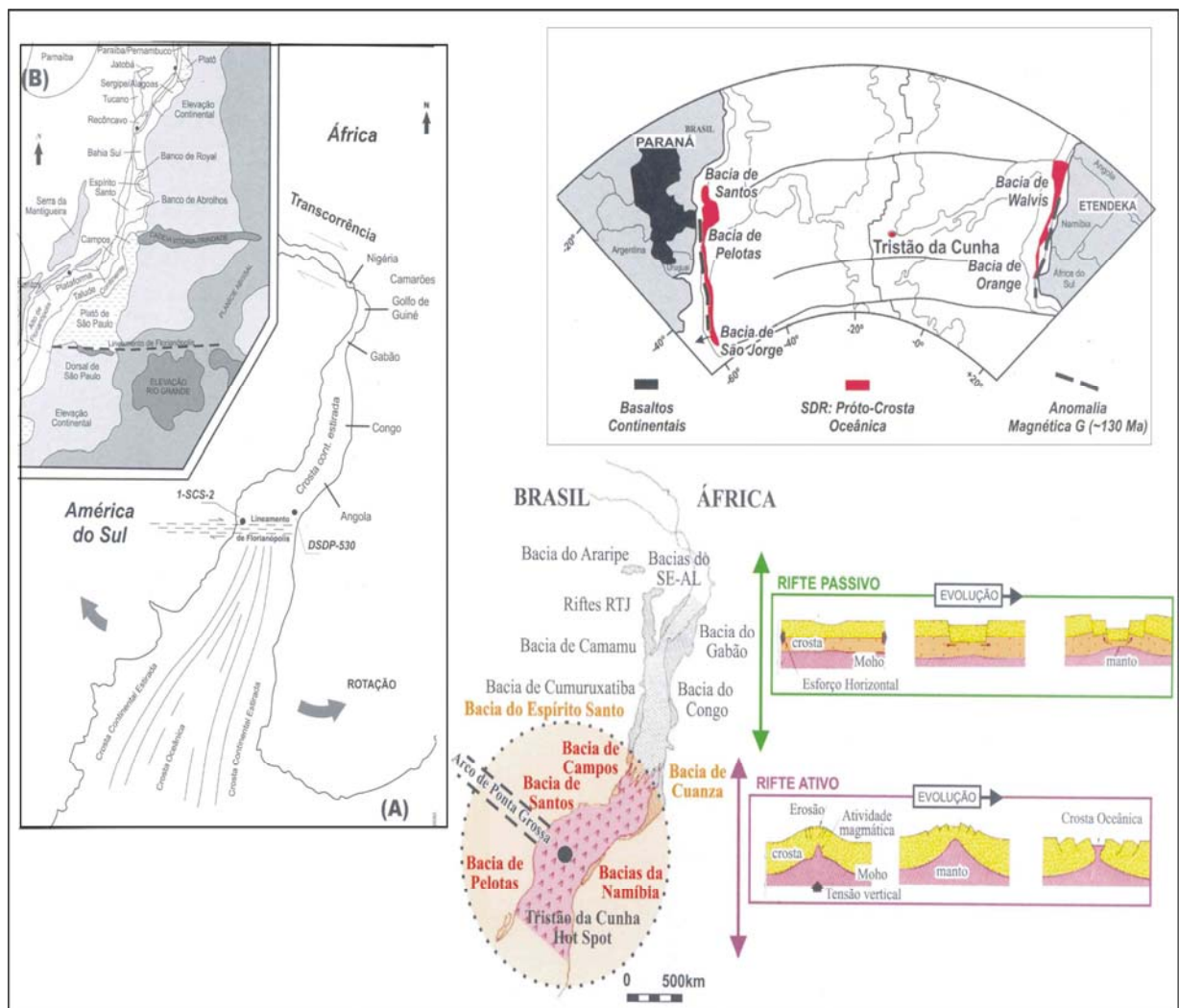


Figura 3.9 - Desenvolvimento do Rife Sul Atlântico. Fonte: A) Bueno (2004) e B) Azevedo (2004 Modificado de Palma et al. 1979 e Macedo 1991).

O RSA teria se processado quase simultaneamente nas regiões equatorial e leste do Gondwana, ocorrendo de sul para norte com episódios de quebra continental estabelecidos em três épocas: 131 Ma (triássico) – com a geração dos afloramentos da bacia do Paraná; 126 Ma - do norte da bacia de pelotas até o sul da bacia de Santos e 115 Ma (Eocretáceo) da bacia de Santos até Alagoas (Bueno, 2004).

A sedimentação pré-rifte do RSA na margem continental brasileira é caracterizada no segmento Norte-Sudeste por um lento e progressivo processo de afundamento da região característica de rifteamento passivo enquanto, no segmento sul-sudeste, predominam o volumoso vulcanismo basáltico da pluma mantélica Tristão da Cunha. Foram gerados cerca de 800.000 km³ de lavas básicas e intermediárias do mesozoico ao eocretáceo (Figura 3.9B). O vulcanismo afetou a largura das bacias ao longo da trajetória do RSA, com as Bacias de Santos e Campos com cerca de 500 km, enquanto Reconcavo, Tucano e Jatobá possuem aproximadamente 70 km) (Bueno, 2004).

Segundo Azevedo (2004) os processos distensivos do RSA, associados a um evento termal teriam causado afinamento da crosta, subsidências e acumulação de sedimentos na bacia de Santos durante o Cretáceo desencadeando um acentuado desequilíbrio isostático entre as áreas continental e oceânica. É interpretado que no Eocretáceo (final do Albiano) houve uma ruptura física e abatimento (Charneira Cretácea) de toda a crosta continental que ligava os continentes Sul-americano e Africano. Este episódio tem dimensão planetária evidenciado pelas discordâncias presentes em diversas partes do mundo.

O Sistema de Rifts da Serra do Mar (Almeida, 1976) ou Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB) (Zalán e Oliveira, 2005) é uma feição tectônica estreita, como uma faixa alongada e deprimida segundo a direção ENE, com extensão de aproximadamente 800 km, que engloba as bacias cenozóicas. Compreende a associação das serras do Mar/Mantiqueira com os vales tectônicos intervenientes e suas extensões na plataforma continental das bacias de Santos/Campos até às suas charneiras, a oeste das quais não ocorrem sedimentos cretáceos (Zalán e Oliveira, 2005).

Segundo Riccomini (1989) o Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) teria uma junção tríplice, da qual dois ramos evoluíram para ruptura continental e abertura do Atlântico, e o terceiro abortou na etapa de soerguimento do Arco de Ponta Grossa. As principais características de sua existência são marcadas pelas manifestações magmáticas (Figura 3.10), ou seja, (a) pelo extenso vulcanismo basáltico que se estendeu nas margens passivas que viriam se formar e no lado africano (Bacia de Etendeka), (b) pela injeção de enxames de diques de diabásio ao longo do Arco de Ponta Grossa (direção NW-SE) e paralelos à costa do Rio de Janeiro-São Paulo (direção ENE-WSW) e Paraná-Santa Catarina (direção NNE-SSW) e (c) algumas intrusões alcalinas na faixa do Arco de Ponta Grossa (Hasui, 2010).

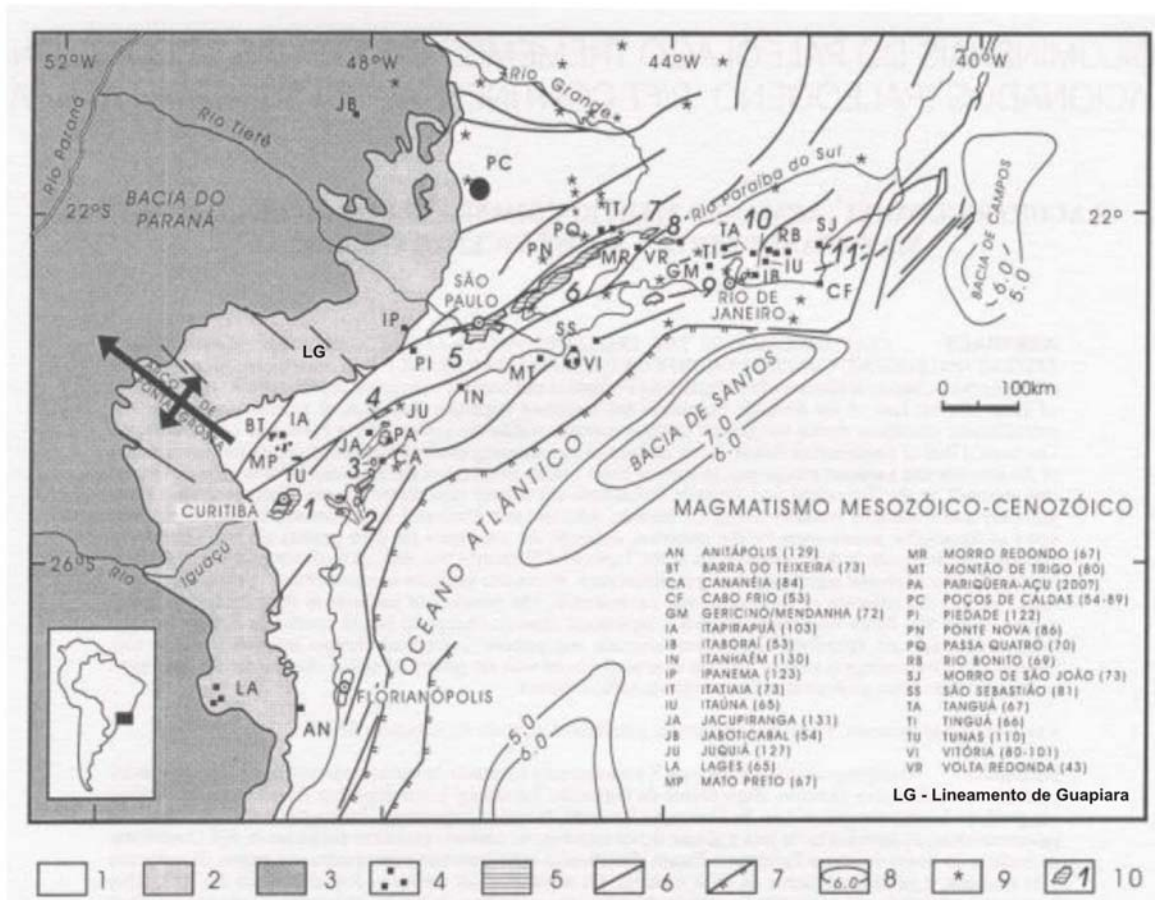


Figura 3.10 – Quadro geológico e tectônico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil – RCSB. Ilustração adaptada de Melo et al. (1985), Riccomini (1989), Riccomini & Coimbra (1992) e Riccomini (1995). 1) Embasamento pré-cambriano; 2) Sedimentos paleozóicos e mesozóicos da Bacia do Paraná; 3) Rochas relacionadas ao vulcanismo da Formação Serra Geral, em parte recobertas por sedimentos e, nesses últimos, algumas intercalações de lavas alcalinas; 4) Rochas relacionadas ao magmatismo Mesozóico-Cenozóico (ver quadro no interior da figura; idades entre parênteses); 5) Sedimentos terciários do RCSB; 6) Zonas de cisalhamento relacionadas ao Ciclo Brasileiro Pan-Africano, em parte reativadas pelo menos durante o Mesozóico e Cenozóico; 7) Zonas de flexura por subsidência mecânica ou Zonas de Charneira; 8) Isópacas, em quilômetros, dos sedimentos das bacias costeiras; 9) Epicentros de terremotos; 10) Bacias do rift (1- bacia de Curitiba. 2 – Formação Alexandra e Graben de Guaraqueçaba, 3 – Formação Pariquera-Açu, 4 – Graben de Sete Barras, 5 – Bacia de São Paulo, 6 – bacia de Taubaté, 7 – Bacia de Resende, 8 – Bacia de Volta redonda, 9 – Graben da Guanabara, 10 – Bacia de Itaboraí, 11 – Graben de Barra de São João).

Zalán & Oliveira (2005) estabeleceram 4 riftes (Figura 3.11) de grandes dimensões com compartimentos sedimentares menores (grábens e sub-grábens): litorâneo, Ribeira e Paraíba do Sul e Marítimo. O Rift Litorâneo engloba, de leste para oeste, os grábens de Barra de São João (RJ), Guanabara (RJ), Ubatuba (SP), Santos (SP), Ribeira do Iguape (SP), Cananéia (SP) e Paranaguá (PR). O Rift do Ribeira engloba os grábens de Sete Barras e Alto Ribeira. O rifte Marítimo contém rombo-grábens inferidos na plataforma continental da Bacia de Santos.

Os Rifts terrestres se interligam em alguns pontos isolados. O Rift do Paraíba do Sul se une ao Rift Litorâneo através do patamar ou rampa de revezamento de Lídice, próximo a Angra dos Reis, provavelmente devido ao quebramento do rifte causado pelos inúmeros diques do Lineamento de Guapiara, porção norte do Arco de Ponta Grossa, Figura 3.10 (Almeida e Carneiro, 1998).

Os riftes são subparalelos, contendo compartimentos menores (grábens e subgrábens), aponta para uma tectônica distensional típica, com elementos estruturais conhecidos tais como: bordas falhadas e flexural, perfis de blocos planares rotacionados (tectônica dominó) e grábens assimétricos/simétricos (Zalán & Oliveira, 2005).

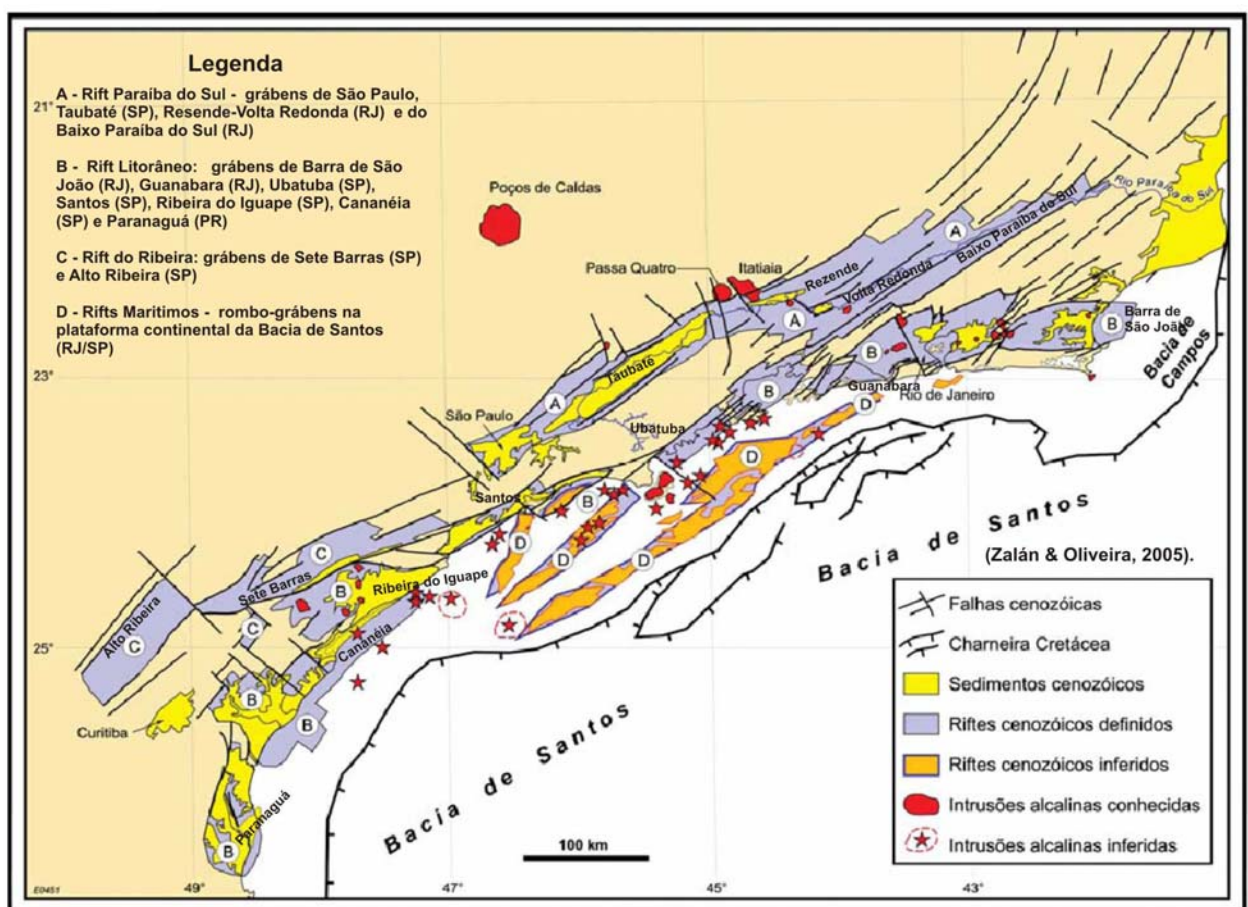


Figura 3.11 - Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCBS: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo; de suas falhas limitantes, preenchimentos sedimentares, intrusões/lavas alcalinas, charneira cretácea das Bacias de Santos/Campos e o Rio Paraíba do Sul. Zalán & Oliveira (2005).

Ainda há divergências e lacunas no conhecimento sobre a relação entre o RCSB com o RSA e também sobre as deformações neotectônicas que afetaram as bacias cenozóicas. Porém, é de consenso geral que trata-se de um sistema de riftes continentais formados por reativação de zonas de cisalhamento (ENE-WSW) gerando hemi-grabens basculados para

NNW, isolados por falhas NNE-SSW, que receberam um volume significativo de sedimentos no cretáceo (Saad, 1993).

O modelo evolutivo para as RCSB mais empregado é o de Riccomini (1989), o qual estudou parte das bacias de Taubaté e Resende, e a área localizada entre elas, um alto estrutural denominado Soleira de Queluz (Freitas 1956, Hasui et al. 1978, Riccomini, 1989). Estas duas bacias possuem como embasamento rochas pré-cambrianas, compostas geralmente por milonito-gnaisses, blastomilonitos, milonitos, gnaisses bandados, gnaisses graníticos, xistos, quartzitos, anfíbolitos, granitos, pegmatitos, aplitos e migmatitos (Riccomini, 1989).

Segundo Riccomini (1989) o RCSB tenderia a sofrer os empuxos resultantes dos estados de tensões nas bordas leste e oeste da Placa Sul-Americana. Mecanismos de extensão e compressão seriam gerados como função da relação entre a deriva para oeste da placa e a subducção a leste. Associando a geração do RCSA a cinco fases tectônicas relacionadas à alternância de regimes devido às diferentes velocidades de migração da Placa Sul Americana (Riccomini et al., 2004).

A Figura 3.12 ilustra os quatro primeiros episódios e as estruturas geradas dos cinco episódios são descritas a seguir:

- 1ª Fase (Eoceno-Oligoceno) - distensão NNW-SSE, imposta pelo basculamento termomecânico da bacia de Santos, que teria levado à formação de uma depressão contínua, pela reativação de antigas zonas de cisalhamento brasileiras como falhas lítricas com caimento para o Oceano Atlântico.
- 2ª Fase (Neógeno) - transcorrência sinistral E-W, primeira fase de deformação do RCSB, provavelmente oligocênica a neogênica, com distensão NW-SE e, localmente, compressão NE-SW.
- 3ª Fase (Pleistoceno/Holoceno) - transcorrência dextral E-W, com compressão NW-SE.
- 4ª Fase (Holoceno) - distensão NW(WNW)-SE(ESE).
- 5ª Fase (Holoceno, subatual) - compressão E-W, caracterizada por famílias de juntas conjugadas de direção ENE e WNW, indicando campo de esforços compressivos E-W.

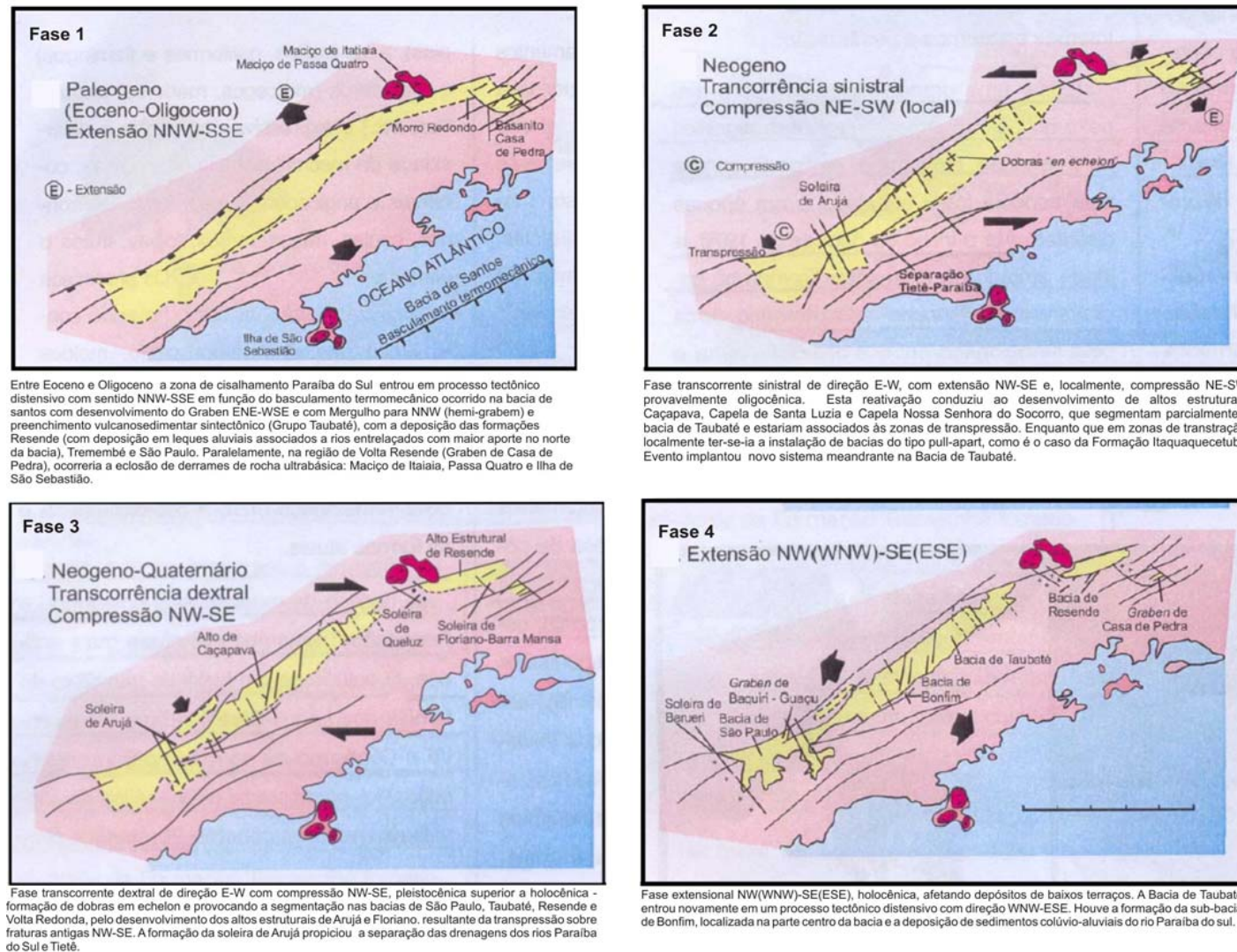


Figura 3.12 – Possíveis fases da tectônica Cenozóica atuantes no Rift Paraíba do Sul, estendidas para o Rift Continental do Sudeste do Brasil e estruturas associadas. Adaptada de Riccomini et al. (1989 in Freitas, 2007).

A Figura 3.13 mostra diversos estudos a partir do final da década de 90 tem apresentado quadros que sintetizam a evolução tectossedimentar da região Sudeste do Brasil do Cenozóico mostrando particularmente a atuação de mecanismos neotectônicos.

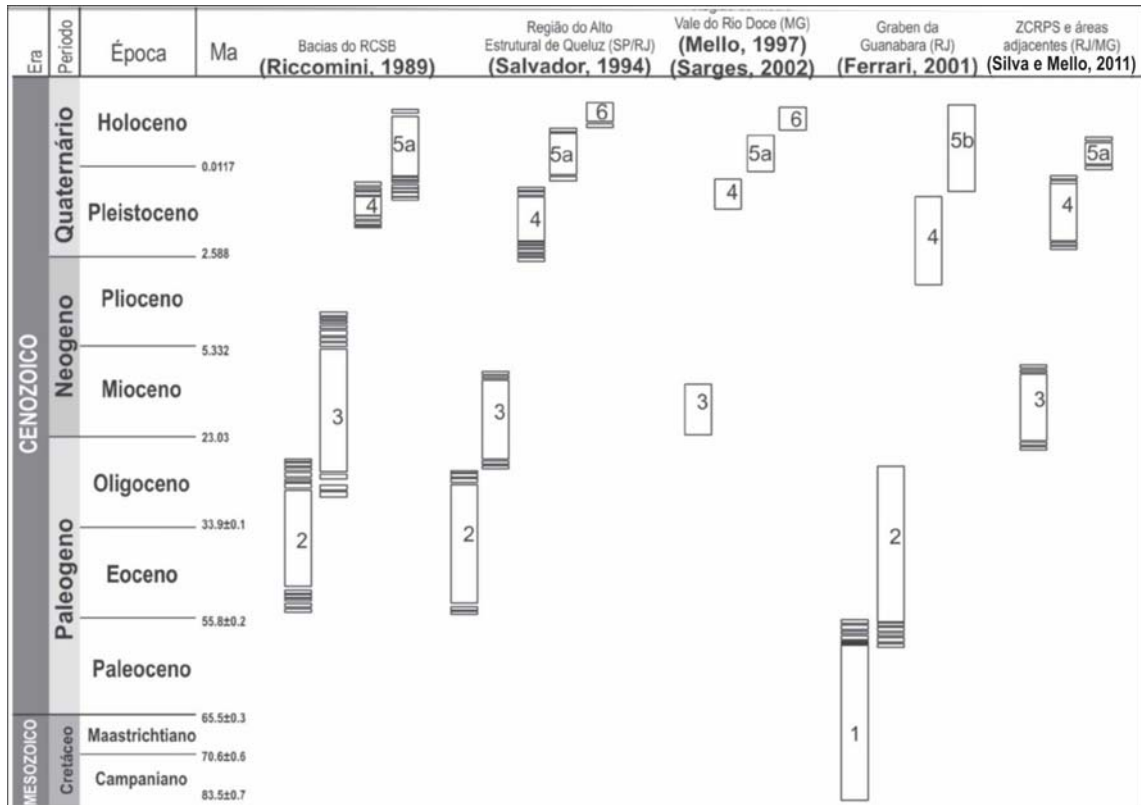


Figura 3.13 - Quadro de fases tectônicas cenozóicas no Sudeste do Brasil segundo diferentes autores e regiões. 1. Transcorrência sinistral E-W; 2. Distensão NW(NNW)-SE(SSE); 3. Transcorrência sinistral E-W; 4. Transcorrência dextral E-W; 5a. Distensão NW(WNW)-SE(ESE); 5b. Distensão E-W; 6. Compressão E-W. Fonte: Adaptado de Silva & Mello (2011).

Silva e Mello (2011) analisando os trabalhos expostos na Figura 3.13 concluíram que:

- Em resposta aos esforços de compressão NE-SW e distensão NW-SE relacionadas ao evento de transcorrência sinistral E-W, miocênico, as faixas de cisalhamento pré-cambrianas, orientadas segundo a direção NE-SW foram reativadas como falhas normais e normais sinistrais. Com base no modelo de Riedel, corresponderiam respectivamente, a falhas T e R (estruturas equivalem a 2^o Fase de Riccomini (1989));
- Estas mesmas estruturas foram novamente reativadas, agora como falhas dextrais normais, sob os esforços de compressão NW-SE e distensão NE-SW relacionados à fase de transcorrência dextral E-W, pleistocênica-holocênica. Corresponderiam, nesta situação, a falhas do tipo P, no modelo de Riedel (estruturas equivalem a 3^o Fase de Riccomini (1989));

- c) O evento neotectônico mais recente, associado a um campo de esforços distensivo NW-SE, holocênico, reativou as estruturas NE-SW como falhas normais (estruturas equivalentes a 4^o Fase de Riccomini (1989)).

As estruturas tectônicas associadas à fase de transcorrência dextral E-W (3^o Fase de Riccomini (1989)) são as de maior ocorrência na ZCRPS e adjacências, principalmente as falhas de caráter normal NW-SE, que podem representar a reativação de estruturas pretéritas ou terem sido neoformadas (Silva e Mello, 2011).

Em relação aos rejeitos de falha, o rejeito do embasamento na borda norte da bacia de Taubaté, na Serra da Mantiqueira, é da ordem de 2500 m (1500 m de escarpa mais 1000 m de espessura sedimentar), similar ao da Bacia de Resende (2000 m de escarpa da Serra de Itatiaia, Serra da Mantiqueira, mais 500 m de espessura sedimentar). Na borda norte do Gráben da Guanabara estima-se um rejeito de 2200 m (desnível entre a Serra dos Órgãos e a Baixada Fluminense (Zalán & Oliveira, 2005, Saad, 1993)). Parte destes rejeitos são atribuídos ao Pleistoceno, visto que na Serra da Mantiqueira mineira são comuns os vales quaternários suspensos e as deformações tectônicas em terraços fluviais (Saad, 1993).

Correlações estratigráficas da bacia de Taubaté e Resende com os depósitos do vale do Rio Paraíba do Sul sugerem que os colúvios, linhas-de-seixos (*“stone line”*), bem como os terraços fluviais, possuem idade pleistocênica superior ou mais jovem (superior à Fase 3^o de Riccomini, 1989). Na Bacia de Taubaté os depósitos coluviais e linha-de-seixos foram afetados por falhamentos com o desenvolvimento de estruturas-em-flôr positivas e negativas. Por outro lado, estruturas-em-flôr positivas relacionadas à Zona Transpressional de Resende provocaram basculamentos em terraços aluviais do vale do Rio Paraíba do Sul. Ambas as situações estão relacionadas à uma movimentação transcorrente principal segundo E-W (Riccomini, 1989).

Soluções de planos de falhas de dois enxames de sismos induzidos por reservatórios da área em análise apresentaram mecanismos focais transcorrentes e de empurrão, relacionados a uma direção geral de compressão segundo E-W. Esta similaridade nos campos de esforços é fortemente indicativa de atividade neotectônica compressiva segundo E-W (5^o Fase de Riccomini), a qual, como tectonismo residual, aparentemente é ativa até o presente (Riccomini, 1989).

No sudeste, São comuns intrusões de diabásio sob a forma de diques e soleiras, as quais datam do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior, além de grandes maciços alcalinos e diques associados, que datam do final do Cretáceo ao início do Terciário (Amaral et al. 1967). As intrusões alcalinas estão dispostas em um alinhamento que une Poços de Caldas (MG) a Cabo Frio (RJ) com direção aproximada WNW-ESSE, denominado *“Lineamento de Cabo Frio”* (Figura 3.14) (Almeida, 1991; Tomaz Filho & Rodrigues, 1999).

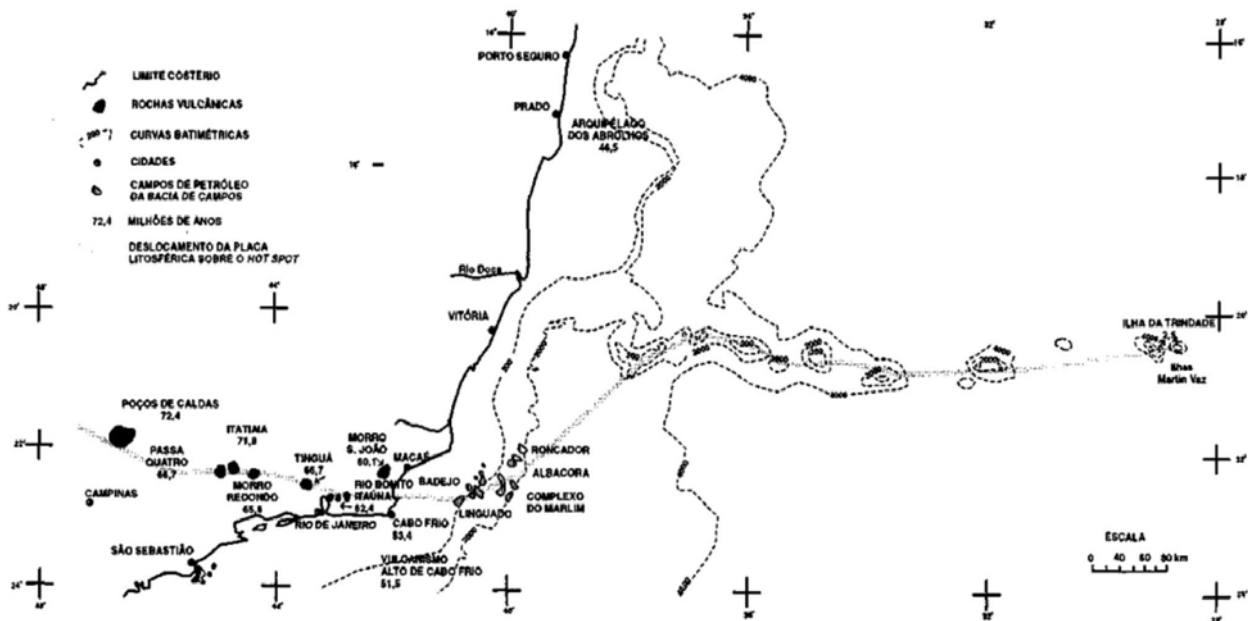


Figura 3.14- Alinhamento de rochas alcalinas Poços de Caldas (MG)-Cabo Frio (RJ) e sua continuidade na Cadeia Vitória-Trindade. Fonte: Tomaz Filho & Rodrigues (1999).

Almeida (1983) refere-se ao magmatismo alcalino como o evento que precedeu ao desenvolvimento do sistema de riftes terciários da região meridional da Plataforma Sul-Americana, que teria se iniciado no Eoceno Inferior. Existem as seguintes teorias para sua geração:

- Os derrames alcalinos estariam relacionados à reativação de falhamentos proterozóicos devido ao basculamento termomecânico da bacia de Santos no eoceno-oligoceno (Riccomini, 1989);
- Nesse sentido, como salientado por Riccomini, Velázquez e Gomes (2005), o magmatismo alcalino das partes central e sudeste da Plataforma Sul-Americana, com idade variável do Mesozoico ao Cenozoico, mostra evidente controle tectônico por discontinuidades crustais e uma ligação evolutiva com as principais bacias sedimentares da região. Os pulsos magmáticos encontram-se associados às principais zonas de fraqueza de alcance regional, geralmente zonas de falha situadas ao longo das bordas das bacias sedimentares. No caso do setor norte da Província Serra do Mar, ao qual o maciço Ponte Nova faz parte, seu desenvolvimento está ligado às bordas da Bacia de Santos, onde zonas de cisalhamento proterozóicas ao lado de outras zonas de fraqueza tiveram sua reativação facilitada, sendo, ainda, o Cretáceo Superior é um dos principais períodos relacionados à elevação da Serra do Mar.
- Após cessado o RSA (134-114 Ma), iniciou-se um levantamento epirogenética da crosta continental em resposta à passagem da Placa Sul-Americana sobre uma anomalia térmica (*hot spot* de Trindade). Este soerguimento neocretácico (89-65 Ma) (Zalán & Oliveira, 2005). Segundo Tomaz Filho & Rodrigues (1999) o hot spot

estaria situado possivelmente na astenosfera, e teria sofrido um importante deslocamento para NE durante o Eoceno, acompanhado por intensas manifestações tectônicas e magmáticas e sua provável continuidade ao longo da Cadeia Vitória-Trindade.

Além do Modelo de evolução de [Riccomini \(1989\)](#) é interessante conhecer o modelo proposto por [Zalán e Oliveira \(2005\)](#) para a geração do RCSB associado ao levantamento epigenético da crosta.

Segundo os autores op cit a região Sudeste do Brasil não se constituiu em uma típica margem passiva, tal como preconizado na visão clássica da Teoria da Tectônica de Placas. A cerca de 25 Ma após cessado o rifteamento (134-114 Ma), iniciou-se um levantamento de natureza epigenética da crosta continental em resposta à passagem da Placa Sul-Americana sobre uma anomalia térmica (hot spot de Trindade). Este soerguimento neocretácico (89-65 Ma) foi acompanhado de intenso magmatismo de natureza alcalina sobre crosta continental não-afinada e de natureza básica sobre crosta afinada, entretanto foi desprovido de tectonismo.

Um megaplanalto de cerca de 300.000 km² (Serra do Mar Cretácea) foi formado durante este período e transformou-se na principal área-fonte de extensa e espessa sedimentação de clásticos grossos coniacianos-maastrichtianos nas Bacias de Santos, Campos e Paraná. À medida que se alçava, seu topo era bizelado e nivelado pela erosão. Ao final de seu soerguimento, exatamente no limite Cretáceo/Terciário, uma superfície de aplainamento (Superfície Japi) nivelou-o em torno de 2000 m em relação ao nível do mar atual (Figura 3.15) ([Zalán de Oliveira, 2005](#)).

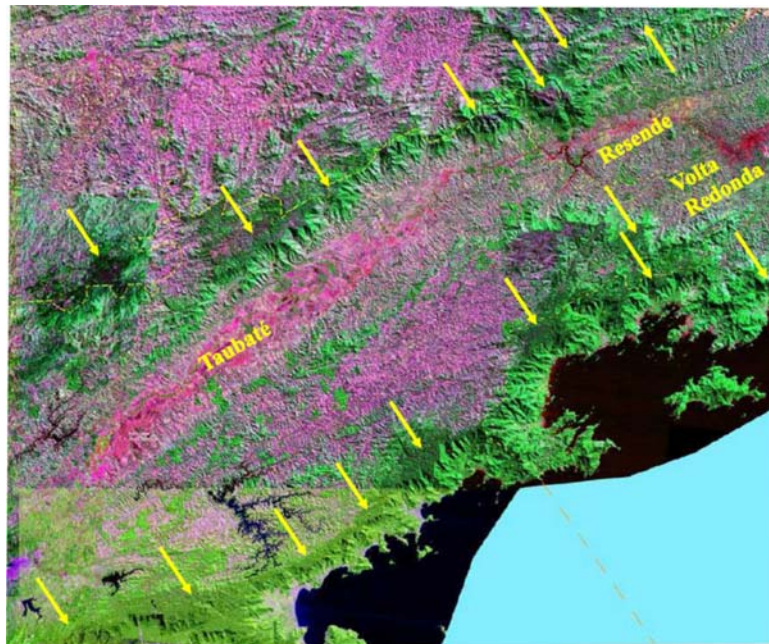


Figura 3.15 - Imagem Landsat com setas indicando o alinhamento superfície de aplainamento JAPI (SAJ) do megaplanalto na divisa São Paulo-Rio de Janeiro. Fonte:?

Este imenso volume de rocha soerguida possuía sua borda oriental adjacente às áreas subsidentes das bacias de Santos e Campos.

Tal situação tornou-se isostaticamente instável, e o colapso gravitacional do megaplanalto em direção às áreas deprimidas iniciou-se 7 Ma após a cessação do soerguimento. Durante boa parte do Cenozóico (58-20 Ma) a crosta continental fendeu-se e afundou-se em diversas áreas lineares formando riftes paralelos à costa.

O rejuvenescimento da topografia ensejou um novo ciclo de alimentação de clásticos grossos nas Bacias de Santos e Campos, só que agora alimentados por fontes pontuais (drenagens controladas por vales tectônicos lineares) (Figura 3.16).

O antigo limite oriental da Serra do Mar Cretácea coincide com a atual linha de charneira das Bacias de Santos e Campos. Os remanescentes topográficos deste megaplanalto constituem hoje em dia as partes altas das Serras do Mar e da Mantiqueira, modificadas por rebote elástico e basculamento dos blocos (Figura 3.17).

O recuo erosivo da escarpa da Serra do Mar, desde então, fez que esta se desfizesse em morros isolados mais resistentes que veio a se constituir nos Maciços litorâneos, a Serra da Carioca e mais afastados a Ilha Grande e Sepetiba, além de outros morros costeiros.

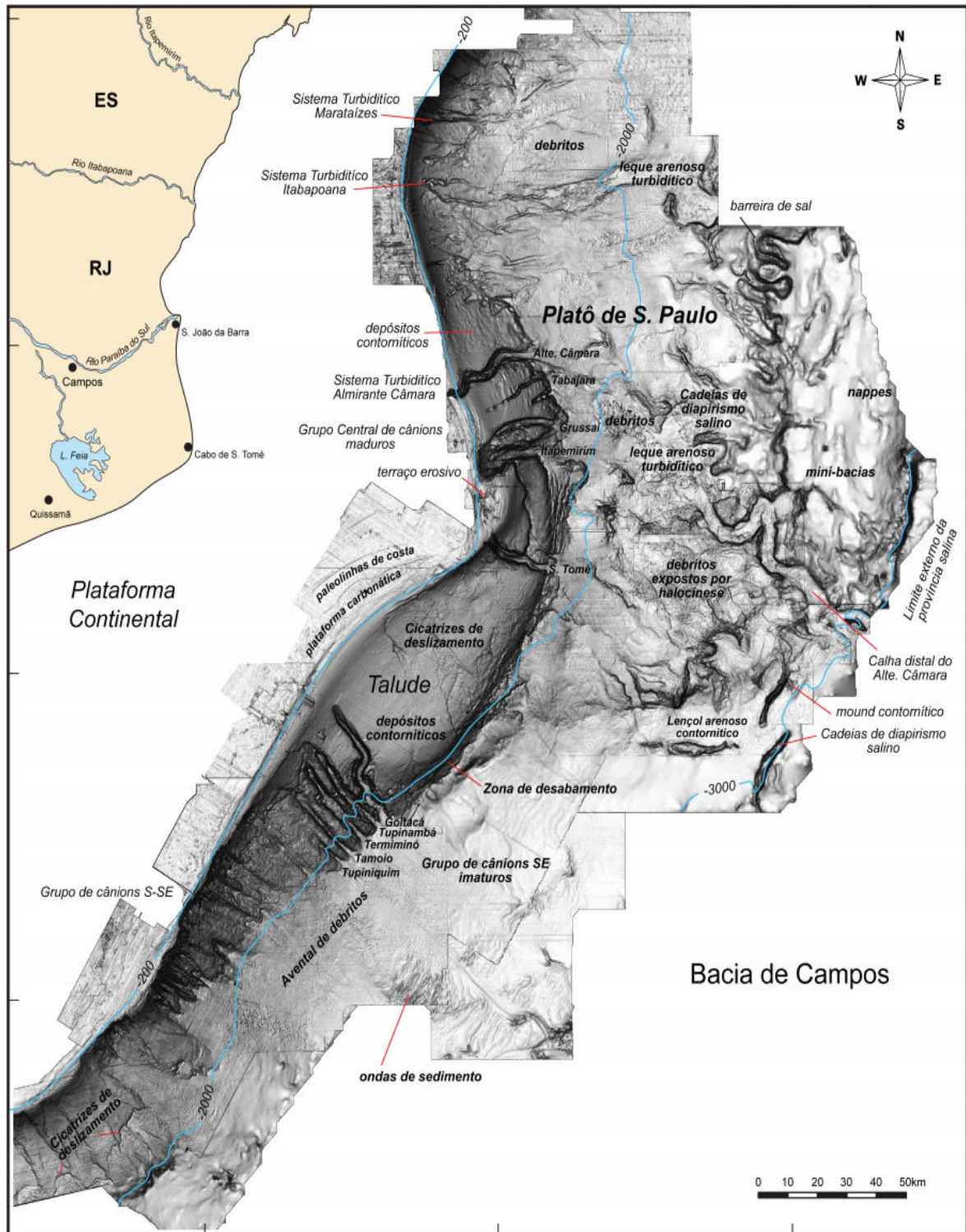


Figura 3.16 – Bacia de Campos e com indicação da zona de charneira cretácea (entre cotas batimétrica de 200 e 2000 m) e cicatrizes de deslizamento que indicam o basculamento das bacias para NW. Fonte: Schreiner et. al. (2007).

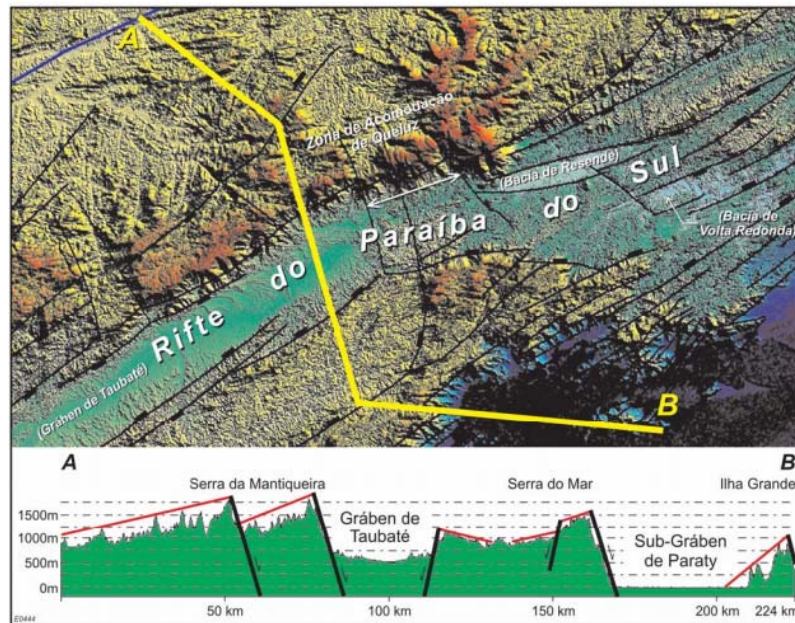


Figura 3.17 - Perfil morfoestrutural interpretado do Rifte do Paraíba do Sul (Gráben de Taubaté) e do Rifte Litorâneo (Sub-Gráben de Paraty). Perfil típico de tectônica dominó. Linha vermelha representa interpretação da atitude atual da SAJ - Superfície de Aplainamento Japi. Fonte: Zalán & Oliveira (2005).

O pacote sedimentar de maior espessura no Rio de Janeiro encontra-se na região de Campos, nordeste fluminense e foi depositado pelo Rio Paraíba do Sul. O Rio foi também responsável pelo suprimento de sedimentos para os depósitos em águas profundas através do Canyon Almirante Câmara (Figura 3.18b). O rio nasce nas encostas setentrionais da Serra do Mar seu fluxo para norte é bruscamente capturado pelo Gráben de Taubaté na altura de Guararema. De oeste para leste, o Rift do Paraíba do Sul engloba os Grábens de São Paulo, Taubaté, Resende-Volta Redonda e do Baixo Paraíba do Sul, este contendo o restante do curso retilíneo e encaixado do rio até São Fidélis.

O aporte sedimentar para a plataforma continental da bacia de Campos foi desenvolvido por mecanismos neotectônicos que provocaram a mudança da desembocadura do rio Paraíba do Sul (avulsão fluvial) (Castro, 1992).

As estruturas NE-SW e E-W, com padrão romboédrico na região de Campos, indicam nítida relação do embasamento da região com o Graben de Barra de São João, e seriam originadas das movimentações tectônicas do Pleistoceno final/Holoceno - regime transcorrente dextral E-W (3ª Fase de modelo de Riccomini, 1989).

Como mostra a Figura 3.18a, a migração do canal do Rio para NE deu-se pelo abandono de paleocanais orientados segundo a direção NW (Caetano, 2000).

Durante as glaciações do Pleistoceno, o mar recuou centenas de metros e pelo Gráben da Guanabara formou-se um sistema de drenagem que escoava por um rio onde hoje fica a baía. Com o avanço do nível do mar ao final da glaciação, as águas marinhas invadiram o continente e erodiram a foz desde antigo rio, formando a baía da Guanabara

aos moldes atuais. Foram igualmente inundadas as baías de Sepetiba e Ilha Grande, orladas pelas escarpas da Serra do Mar, assim como o canal de São Sebastião.

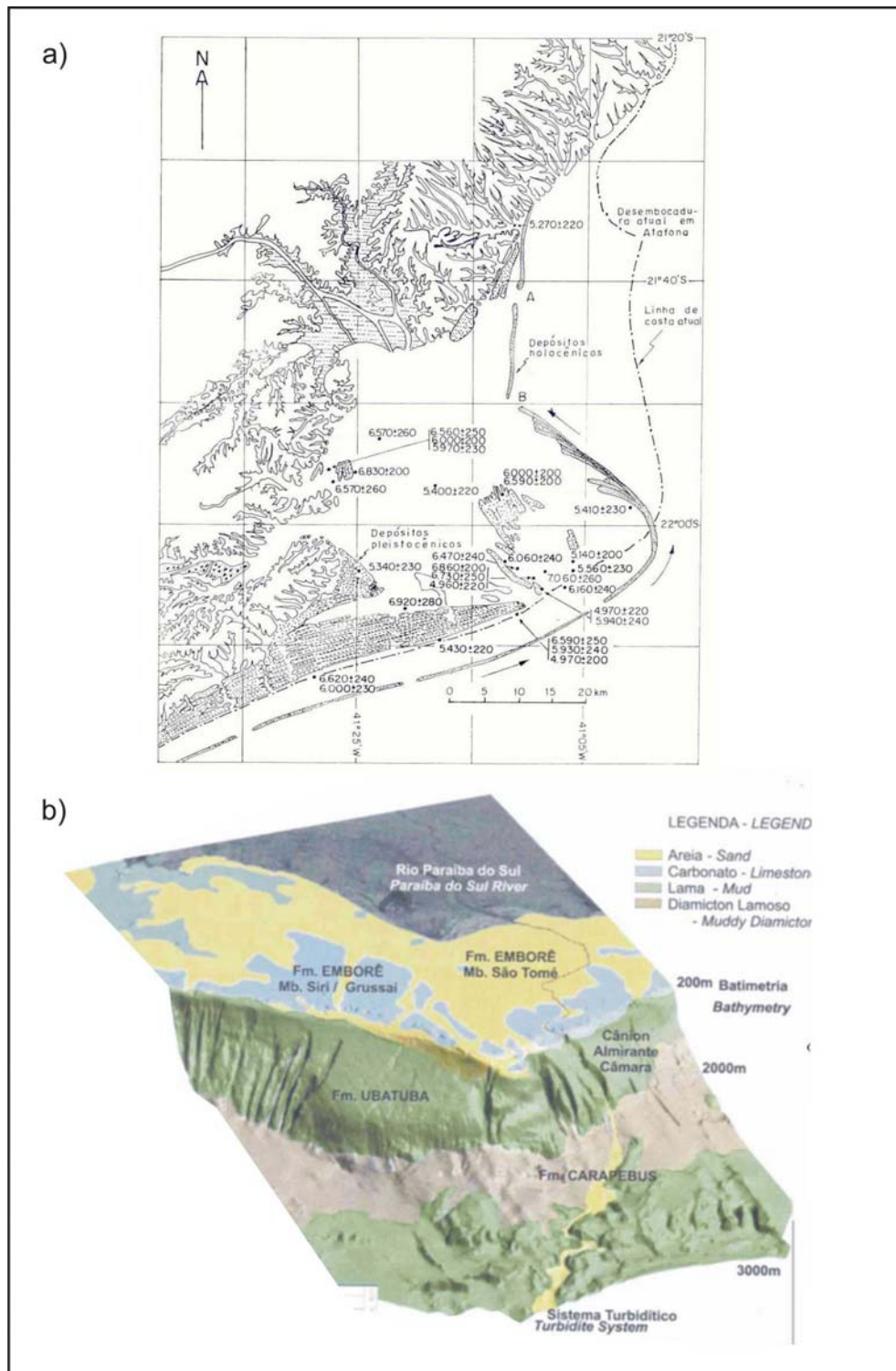


Figura 3.18 - a) Delta intra-lagunar, ilhas barreiras, fluxos marinhos e desembocaduras antiga e atual do Rio Paraíba do sul. Fonte: (Martin et al.,1997) B) Depósitos na plataforma continental (Fonte: Azevedo, 2004).

Em resumo, a origem dos terrenos tectono-magmáticos deve-se ao evento Brasileiro que na transição Neoproterozóico/Cambriano aglutinou as paleoplacas (ou cratons, ou microcontinentes) convergentes, fragmentadas do supercontinente Rodínia, para formar o Supercontinente Gondwana (Figura 3.1) (Fuck et al.,2008).

O evento Brasileiro subdividido em 3 eventos de convergência dos blocos (Brasiliano I, II e III) envolveram processos de fechamento de oceanos e colisão de continentes e microcontinentes e foram responsáveis pelos deslocamentos laterais entre as grandes massas continentais gerando grandes zonas de cisalhamento dúcteis e rúpteis que cortam o Brasil e mostram feições transpressivas e transtrativas que circundam os terrenos mesoproterozóicos no interior e borda dos cratons mais antigos (Hasui, 2010) (Figura 3.2).

Os terrenos geológicos que compreendem o estado do Rio de Janeiro, parte de São Paulo e do sul de Minas Gerais receberam várias denominações relacionadas aos eventos tectono-magmáticos ou à estruturação geológica predominante na região, dentre as quais tem-se: Faixa de Dobramentos Ribeira (Hassui, et al. 1975), Faixa Ribeira ou Cinturão Ribeira (Almeida et al., 1973) ou Cinturão de Dobramentos Ribeira (Hasui et Al., 1975) ou Cinturão Tranpressivo Rio Paraíba do Sul (Ebert, et al. 1993) ou porção central do Cinturão de Cisalhamento Atlântico ou Sistema Orogênico Mantiqueira ou Orógeno Ribeira (Heibron, et al., 2004).

A movimentação dos blocos Vitória, São Paulo e Brasília, resultou na subducção da placa São Franciscana (Bloco Brasília) com polaridade para leste, sob o bloco Vitória, gerando rochas de arco magmático e seguida por dois episódios colisionais: Estágio Colisional I - em 580 Ma. e Estágio Colisional II - 520 Ma (Heibron et al., 2004).

As rochas sofreram uma forte tectônica tangencial contracional, ou seja, dobramentos que evoluíram para cavalgamentos e imbricamentos frontais. Com o progressivo encurtamento e espessamento crustal a tectônica tangencial evoluiu para uma tectônica transpressional direcional, com direção NE-SW, expressa através de zonas de cisalhamento dúctil-rúptil oblíquas de médio a alto ângulo (Figura 3.6). A estruturação resultou em feições lenticulares de leitões e bandas, trunçações tectônicas e dobras intrafoliais, duplexes, estiramento mineral foliações miloníticas, produtos do encurtamento crustal e zonas de cisalhamento oblíquas de médio a alto ângulo (Ebert et al. 1993; Machado e Endo, 1994).

Segundo Heibron et al. (2004) os principais estágios da colisão Brasileira que envolvem os blocos continentais e a formação dos terrenos tectono-estratigráficos: Ocidental, Oriental, Klippe Paraíba do Sul e Cabo Frio, são mostrados na Figura 3.7.

Durante a fase Pré a Sincolisional I, houve a intrusão de um corpo granítico (magma cálcio-alcálico) na porção central do estado do Rio de Janeiro, intrusivo no Complexo Paraíba do Sul, denominado Batólito Serra dos Órgãos (Arco Magma Rio Negro) (Heibron et al. 2004). Este corpo é alongado na direção NE-SW com cerca de 140 km de comprimento por 20 km de largura média (CPRM, 2001). Como plútons sintectônicos associados a um regime

transpressivo dextral NE-SW ocorrem os granitos Corcovado, Pão de Açúcar, Cosme velho e outros.

Como produtos do estágio Pós-colisional aparece a granitogênese Brasileira, que originou numerosos corpos de granitos pós-tectônicos que se distribuem especialmente no Domínio Serra do Mar com destaque para os plutons denominados: Pedra Branca, Silva Jardim, Sana, Suruí, Mangaratiba, e Nova Friburgo (CPRM, 2001).

Os eventos geológicos descritos acima explicam porque cerca de 80% do Estado do Rio de Janeiro é constituído de rochas metamórficas, migmatitos e granitóides relacionados ao Ciclo Brasileiro e as rochas serem resultantes do retrabalhamento de ciclos antigos que datam do Paleoproterozóico (2,5 Ga) a (Neoproteróico 570 Ma).

Após um longo período de estabilidade tectônica no Paleozóico e início do Mesozóico, os terrenos sofreram uma tectônica extensional com o desenvolvimento do Rife Sul Atlântico - RSA, evento denominado reativação Wealdeniana (Almeida, 1967). A ruptura do megacontinente Gondwana por este evento, ocorrido ao longo da direção NE-SW, originou um sistema de bacias sedimentares continentais com direção WNW-ESSE, as quais apresentam padrão geométrico rômbo/sigmoidal que controlaram a instalação dos riftes cenozoicos (Figura 3.9).

O RSA teria se processado quase simultaneamente nas regiões equatorial e leste do Gondwana, ocorrendo de sul para norte com episódios de quebra continental estabelecidos em três épocas: 131 Ma (triássico) – com a geração dos afloramentos da bacia do Paraná; 126 Ma - do norte da bacia de pelotas até o sul da bacia de Santos e 115 Ma (Eocretáceo) da bacia de Santos até Alagoas (Figura 3.9) (Bueno, 2004).

Zalán & Oliveira (2005) estabeleceram 4 riftes (Figura 3.11) de grandes dimensões com compartimentos sedimentares menores (grábens e sub-grábens): litorâneo, Ribeira e Paraíba do Sul e Marítimo. O Rift Litorâneo engloba, de leste para oeste, os grábens de Barra de São João (RJ), Guanabara (RJ), Ubatuba (SP), Santos (SP), Ribeira do Iguape (SP), Cananéia (SP) e Paranaguá (PR). O Rift do Ribeira engloba os grábens de Sete Barras e Alto Ribeira. O rife Marítimo contém rombo-grábens inferidos na plataforma continental da Bacia de Santos.

Os riftes são subparalelos, contendo compartimentos menores (grábens e subgrábens), aponta para uma tectônica distensional típica, com elementos estruturais conhecidos tais como: bordas falhadas e flexural, perfis de blocos planares rotacionados (tectônica dominó) e grábens assimétricos/simétricos (Zalán & Oliveira, 2005).

Ainda há divergências e lacunas no conhecimento sobre a relação entre o Rife Continental do Sudeste do Brasil - RCSB com o RSA e também sobre as deformações neotectônicas que afetaram as bacias cenozóicas. Porém, é de consenso geral que trata-se de um sistema de riftes continentais formados por reativação de zonas de cisalhamento

(ENE-WSW) gerando hemi-grabens basculados para NNW, isolados por falhas NNE-SSW, que receberam um volume significativo de sedimentos no cretáceo (Saad, 1993).

Correlações estratigráficas da bacia de Taubaté e Resende com os depósitos do vale do Rio Paraíba do Sul sugerem que os colúvios, linhas-de-seixos (*“stone line”*), bem como os terraços fluviais, possuem idade pleistocênica superior ou mais jovem (superior à Fase 3º de Riccomini, 1989). Na Bacia de Taubaté os depósitos coluviais e linha-de-seixos foram afetados por falhamentos com o desenvolvimento de estruturas-em-flôr positivas e negativas. Por outro lado, estruturas-em-flôr positivas relacionadas à Zona Transpressional de Resende provocaram basculamentos em terraços aluviais do vale do Rio Paraíba do Sul. Ambas as situações estão relacionadas à uma movimentação transcorrente principal segundo E-W (Riccomini, 1989).

No sudeste, São comuns intrusões de diabásio sob a forma de diques e soleiras, as quais datam do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior, além de grandes maciços alcalinos e diques associados, que datam do final do Cretáceo ao início do Terciário (Amaral et al. 1967). As intrusões alcalinas estão dispostas em um alinhamento que une Poços de Caldas (MG) a Cabo Frio (RJ) com direção aproximada WNW-ESSE, denominado *“Lineamento de Cabo Frio”* (Figura 3.14) (Almeida, 1991; Tomaz Filho & Rodrigues, 1999).

Almeida (1983) refere-se ao magmatismo alcalino como o evento que precedeu ao desenvolvimento do sistema de riftes terciários da região meridional da Plataforma Sul-Americana, que teria se iniciado no Eoceno Inferior.

Os derrames alcalinos estariam relacionados à reativação de falhamentos proterozóicos devido ao basculamento termomecânico da bacia de Santos no eoceno-oligoceno (Riccomini, 1989);

Segundo Zalán e Oliveria (2005) a região Sudeste do Brasil não se constituiu em uma típica margem passiva, tal como preconizado na visão clássica da Teoria da Tectônica de Placas. A cerca de 25 Ma após cessado o rifteamento (134-114 Ma), iniciou-se um levantamento de natureza epirogenética da crosta continental em resposta à passagem da Placa Sul-Americana sobre uma anomalia térmica (hot spot de Trindade). Este soerguimento neocretácico (89-65 Ma) foi acompanhado de intenso magmatismo de natureza alcalina sobre crosta continental não-afinada e de natureza básica sobre crosta afinada, entretanto foi desprovido de tectonismo.

O pacote sedimentar de maior espessura no Rio de Janeiro encontra-se na região de Campos, nordeste fluminense e foi depositado pelo Rio Paraíba do Sul. Foi desenvolvido por mecanismos neotectônicos que provocaram a mudança da desembocadura do rio Paraíba do Sul (avulsão fluvial) (Castro, 1992). O Rio foi também responsável pelo suprimento de sedimentos para os depósitos em águas profundas através do Canyon Almirante Câmara (Figura 3.18).

As estruturas NE-SW e E-W, com padrão romboédrico na região de Campos, indicam nítida relação do embasamento da região com o Graben de Barra de São João, e seriam originadas das movimentações tectônicas do Pleistoceno final/Holoceno - regime transcorrente dextral E-W (3ª Fase de modelo de Riccomini, 1989).

4. HIDROGEOLOGIA

Os domínios tectônicos gerados por estes eventos geológicos são responsáveis por 80% dos terrenos do estado do Rio de Janeiro possuírem aquíferos fraturados e apenas 20% representarem os aquíferos sedimentares.

Embora a maior parte dos mapas hidrogeológicos do estado do Rio de Janeiro considerem o meio cristalino como indiviso em relação às suas propriedades hidráulicas, como visto no item anterior, torna-se importante conhecer a origem das rochas e as estruturas originadas dos processos tectono-magmáticos e neotectônicos a que as rochas foram submetidas para avaliar suas potencialidades quanto ao armazenamento de água subterrânea, uma vez que a potencialidade dos aquíferos fraturados depende principalmente da abertura das fraturas e suas interconexões, porosidade e espessuras dos solos residuais.

Valente et al. (2001), utilizando a metodologia de fotointerpretação de Veneziani e Anjos (1982), concluíram que as principais estruturas neotectônicas, da reativação de discontinuidades do embasamento, são falhas normais, oriundas de um regime tectônico distensivo, em torno das principais direções: N50E, N75E e N50W e secundariamente nas direções N5E e N15W. Estas estruturas constituem os condutos que ligam os altos estruturais (zona de recarga) aos baixos estruturais (zonas de acumulação), que em conexão com as fraturas subhorizontais, relacionado ao alívio de carga, representam um meio de maior condutividade hidráulica, induzindo um maior fluxo de água subterrânea em direção aos baixos estruturais (Figura 4.1).

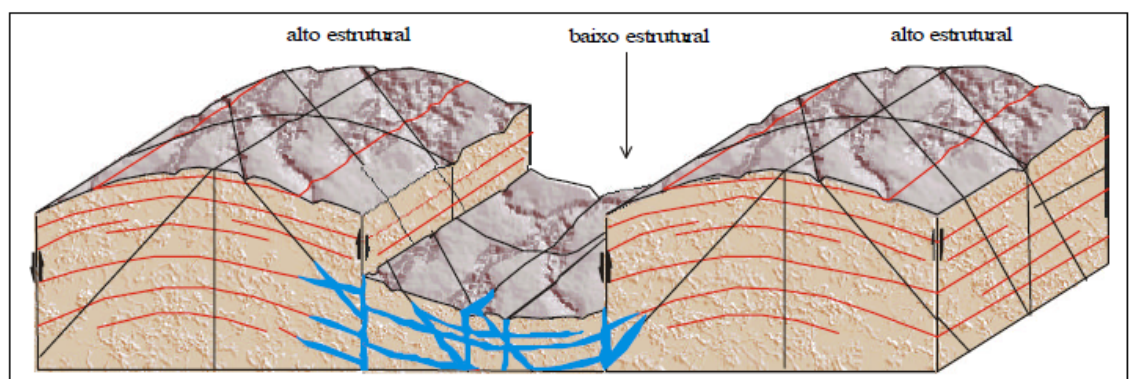


Figura 4.1 - Bloco diagrama que relaciona as fraturas de alívio sub-horizontais controladas pelo flexuramento de rochas cristalinas através de uma tectônica de falhas de gravidade. As falhas de alto ângulo em conexão com as fraturas de sub-horizontais constituem os principais condutos para o armazenamento de água subterrânea nos baixos estruturais. Valente et al. (2001).

Interessante notar que os baixos estruturais de Valente et al. (2001) (Figura 4.2) seguem as mesmas tendências dos riftes definidos por Zalan e Oliveira (2005) mostrados na Figura 3.11. Segundo Valente et al. 2001 a distribuição dos poços possui, de um modo geral, a orientação da morfoestrutura principal que situa em torno de N50-60E.

A síntese geológica, descrita anteriormente, permite estabelecer o Mapa de Sistemas Aquíferos do estado do Rio de Janeiro, Figura 4.3, considerando os terrenos tectono-magmáticos e os depósitos sedimentares (terciários e quaternários).

A Tabela 4.1 e 4.2 apresenta o resultado da compilação de vários autores sobre os aspectos litológicos, hidráulicos e físico-químicos e do tratamento estatístico dos poços tubulares presentes no SIAGAS para os aquíferos em questão.

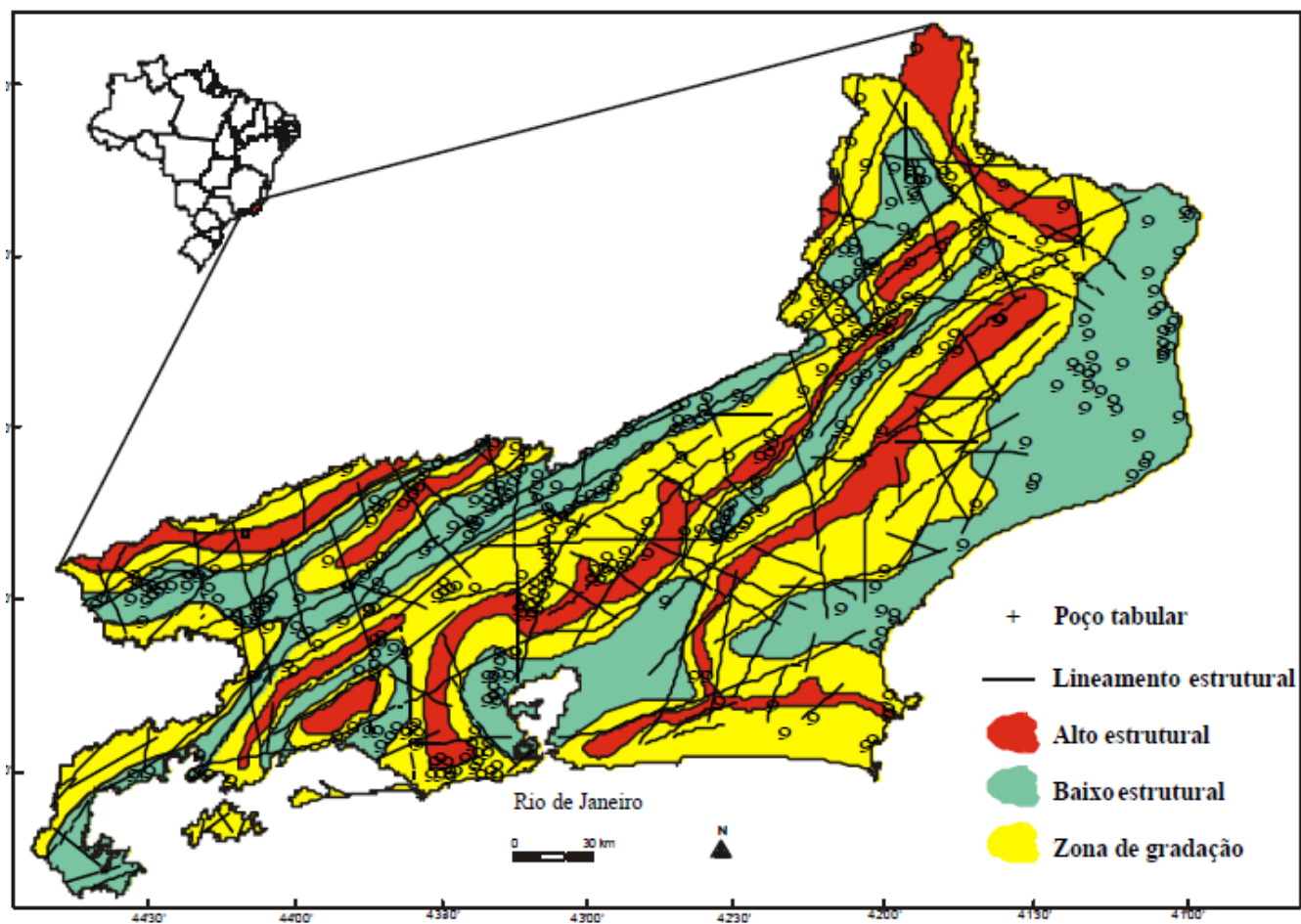


Figura 4.2 - Mapa morfoestrutural do Rio de Janeiro. Fonte: Valente, et al. 2001.

Mapa dos Sistemas Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro

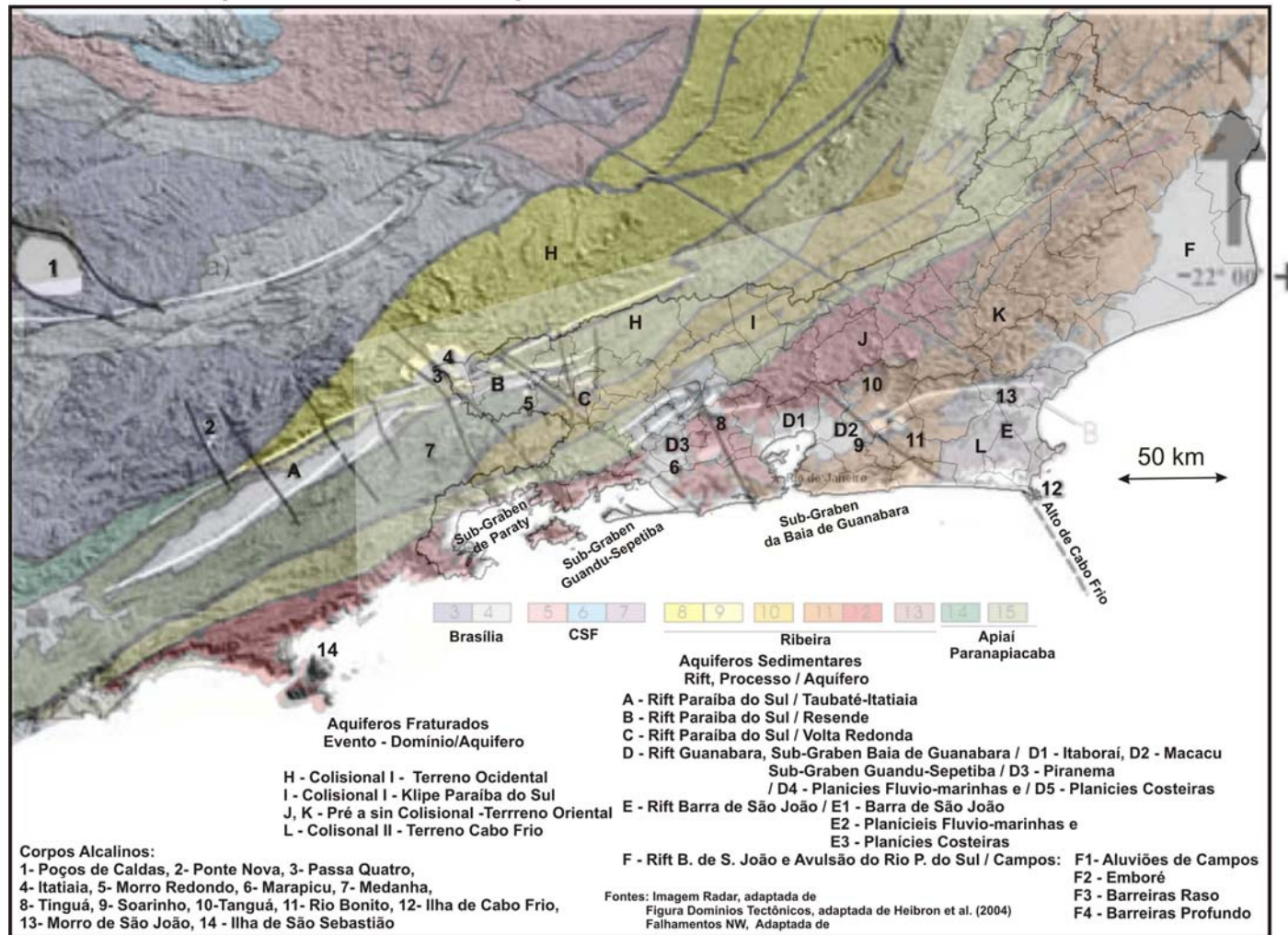


Figura 4.3 - Mapa dos Sistemas Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro. Fonte Mapas: Adaptada de Heibron et al. (2007) e ?.

Tabela 4.1 – Características dos aquíferos fraturados.

Evento / Terreno Tectono-magmático	¹Produtos dos Eventos	Tempo Geológico	¹Principais Rochas e Idades	Nome do Aquífero	Características dos Aquíferos (fraturado + manto intemperismo)	²Tipo de Solo	^{3,4}Tipos de Águas
Vulcanismo Básico associado ao RSA ou passagem de pluma mantélica	Intrusões alcalinas	Eoceno (Paleogeno)-Cretáceo-Superior (Mesozóico)	Rochas Alcalinas: básicas ferro-magnesianas (50-90 ma)	Chaminés Alcalinas	Aquífero livre, fraturado, anisotrópico. Vazões geralmente inferiores a 3 m ³ /h e capacidade específica de 0,08 a 0,6.	Podzólico	Potável de mesa e Fluoretada.
Brasiliano - Estágio Pós-tectônica Colisional II	Granitogênese posterior à colisão	Cambriano Inferior (Paleozóico)	Rochas Granitóides (Hornblenda) - biotita granitóides (540-500 ma)	Teresópolis-Pedra Branca	Aquíferos fraturados e Aquícludos	Afloramentos de rochas e cambissolo	Potável de mesa e radioativa na fonte
Brasiliano - Estágio Tardicolisional I	Granitogênese no final da colisão	Proterozóico Superior/Cambriano (Paleozóico)	Gnaisses facoidais, granito com granada, localmente com bolsões e manchas de granada-ortopiroxênio charnockito (600-560 Ma)	Pão de Açúcar-Corcovado	Aquíferos fraturados e Aquícludos	Afloramentos de rochas e cambissolo	Potável de mesa Fluoretada
Brasiliano - Estágio Colisional	Faixas de Cisalhamento obliquas NE-SW com granitóides tardi-colisionais.	Proterozóico Inferior, Proterozóico superior	Domínio Juiz de Fora (2,4-1,7 Ga); Megassequência Andrelândia (gnaisses pelíticos; gnaisses com quartzitos (Neoproterozóico)); leucocharnokitos com granada (580-570 Ma)	Juiz de Fora-Andrelândia	Aquífero livre, fraturado, heterogêneo, anisotrópico. Apresenta vazões de 3 a 8 m ³ /h e mediana de 5,43 m ³ /h, e capacidade específica variando de 0,04 a 0,5 m ³ /h/m e mediana de 0,2 m ³ /h/m e espessura de solo média de 2 m.	Podzólico e Latossolo	Potável de Mesa Radioativas Fluoretadas

Brasiliano - Estágio Colisional I - Klípe Paraíba do Sul	Brasiliano - Estágio Colisional I - Klípe Paraíba do Sul - Faixas de Cisalhamento NE-SW dobradas com granitóides tardi-colisionais.	Proterozóico Inferior	Grupo Paraíba do Sul - Topo: metassedimentar; Base: gnáissica-migmatítica (?Ma) e Complexo Quirino (2,1 Ga) -Porção basal - Unidade Três Barras: biotita gnaisses bandados, ortognaisses do Complexo Quirino. A porção mediana - Unidade São João:consiste de granada-sillimanita muscovita-biotita gnaisse, intercalações lenticulares de rochas calcissilicáticas, mármore, anfíbolitos e gônditos e anfíbolitos sob a forma delentes, boudins ou diques ou sills metamorfizados. Topo: compreende intercalação de (granada)- biotita gnaisses com xistos e gnaisses pelíticos ricos em sillimanita, muscovita e biotita.	Complexo Paraíba do Sul	Aquífero livre, fraturado, heterogêneo, anisotrópico. Apresenta vazões de 0,3 a 65 m ³ /h e mediana de 10 m ³ /h, e capacidade específica variando de 0 a 3 m ³ /h/m e mediana de 0,3 m ³ /h/m e espessura de solo média de 11 m.	Podzólico, Latossolo e Cambissolo	Potável de mesa, Radioativas, Carbogasosas, Litinadas, Ferrugionosas, Fluoretadas.
Brasiliano - Estágio Pré a Colisional I /Terreno Oriental	Arco magmático Rio Negro e Sequência Costeiro (Domínio Cambuci, Domínio Costeiro e Klípe de Itálva)	Proterozóico Superior; Cambriano - Paleozóico	Klípe Itálva (Grupo Itálva (840-600 Ma)); Costeiro (Suite Bela Joana: charnokitos e granitóides (575-565 Ma), Unidade Angelim (?Ma), Complexo Rio Negro: ortognaisses e gabros (790-620 Ma); Unidade São Sebastião do alto: paragnaisses com quartzitos e Unidade São Fidelis: gnaisses (Neoproterozóico)); Domínio Cambuci (São João do Paraíso: charnokitos (580 Ma); Complexo Serra da Bolívia: Ortognaisses e Charnokitóides (605 Ma); Unidade Cambuci (biotita-gnaisses e granada gnaisse e mármore (Neoproterozoico).	Complexo Rio Negro-Costeiro	Aquífero livre, fraturado, heterogêneo, anisotrópico. Apresenta vazões de 0,4 a 25 m ³ /h e mediana de 6 m ³ /h, e capacidade específica variando de 0 a 1 m ³ /h/m e mediana de 0,3 m ³ /h/m e espessura de solo média de 12 m.	Afloramentos de rocha, Cambissolo, Podzólico	Potável de mesa, fluoretada, eventualmente litinada e radiotiva na fonte.
Brasiliano - Estágio Pré-colisional II/ Terreno Cabo Frio	Brasiliano - Estágio Colisional II - Bloco cratônico (Cráton de Cabo Frio), correlacionável à extremidade ocidental do Cráton do Congo, sobreposto ao Terreno Oriental	Proterozóico Inferior	Ortognaisses e Ortoanfíbolitos Hornblenda-biotita metasiénogranito, metadiorito, ortoanfíbolito e veios leucocráticos (2,0 Ga).	Terreno Cabo Frio	Aquíferos livre, fraturado,anisotrópico. Vazões inferiores a 3 m ³ /h e capacidade específica de 0,05 a 0,8 mediana de 0,3 m ³ /h	Planossolo e Podzólico	Fluoretada Potável de mesa Raras

Fonte: ¹Heibron et al.,2007; ²CPRM, 2001; ³Martins et al., 2006; ⁴Pinto et al. 2006

Tabela 4.2 – Características dos aquíferos sedimentares.

Tipo Aquíf.	Processo/ Domínio Tectônico	Período/ Época	Grupo/Formação /Membro	Nome Aquífero	Localização	Características litológicas	Tipo de aquífero e Propriedades Hidráulicas	Qualidade da água
Sedimentar	Avulsões do canal do Rio Paraíba do sul associadas aos fraturamentos (falhas e fraturas) do Rifteamento Sul Atlântico (RSA)	Coberturas Terciárias (mioceno) sobrepostas ao embasamento fortemente afetadas por falhas normais, aumentando a espessura em direção à linha de costa.	Grupo Bacia de Campos, Formação Emboré, Membro São Tomé.	Aquífero Emboré (Caetano, 2000; CPRM, 2001; Capucci, 2003)	Localiza-se entre as cidades de Atafona e Farol de São Tomé (Município de Campos e São João da Barra).	Sedimentos formados por intercalações de folhelhos e arenitos feldspáticos glauconíticos, com bastante linhita com espessura de 2m. Contato tectônico com as formações mais antigas (Capucci, 2003).	Aquífero confinado, coberto por cerca de 90 a 120 m de sedimentos marinhos com água de má qualidade. Alcança espes. de 2000 m (Capucci, 2003, 2009). Permeabilidade média em 0,86m/dia. capac. espec. de 4 a 7 m ³ /h/m (Capucci, 2003). Surgências de 15 a 20 m ³ /h.	Água de boa qualidade em torno de 150 ppm de STD e cloreto cerca de 30 ppm (Capucci, 2009).
				Aquífero Barreiras Raso (Capucci, 2009) Aquífero Barreiras Primitiva (Capucci, 2003) Aquífero Barreiras (Caetano, 2000 e CPRM, 2001)	Localiza-se ao norte de Campos, no município de São Francisco de Itabapoana. Em faixa alongada no sentido NE-SW.	Sedimentos constituídos por arenitos avermelhados, lateríticos com argilas cálcicas sobre arenitos consolidados argilosos.	Aquífero livre, muito pouco produtivo, com vazões máximas da ordem de 2m ³ /h e capac. espec. média de 0,33m ³ /h/m. (CPRM, 2001). A permeabilidade média estimada é de 1,5m/dia, capac. espec. média estimada é de 0,5 m ³ /h/m a 2,35 m ³ /h/m (Caetano, 2000). Espes. alcança 216 metros em São Francisco de Itabapoana (Capucci, 2009).	Águas normalmente ferruginosas (Caetano, 2000).
				Aquífero Barreiras Profundo (Capucci, 2009) Aquífero Barreiras Recente, (Capucci, 2003) Aquíferos São Tomé I e II (CPRM, 2001). Aquífero Barreiras (Caetano, 2000)	Sedimentos não-aflorentes localizados ao norte e sul de Campos cobrindo os altos estruturais de Itabapoana e Quissamã.	Sedimentos com aspecto laterítico da F. Barreiras, porém com granulação mais grossa (Capucci, 2003).	Aquífero confinado com espes. de 1535 m (poço Petrobras) coberto por cerca de 70 metros de sedimentos argilosos com água de má qualidade (Capucci, 2003, 2009). O aquífero apresenta alta permeabilidade, principalmente a partir de 130 m de prof. (Capucci, 2009). Hidraulicamente conectado com a Lagoa Feia (Capucci, 2009).	Água de boa qualidade STD de 300 - 400 ppm (Capucci, 2003, 2009).

RSA / Rife Paraíba do Sul	Coberturas do Terciário (Mioceno)	Bacia de Resende: Formação Floriano, Membro Acácias e Membro Itaiaia da Formação Resende e Formação Rib. dos Quatis	Aquífero Resende ou Aquifero Multicamadas Resende (CPRM, 2001)	Localiza-se no extremo oeste do RJ, abrange os municípios de Barra Mansa (Distrito de Floriano), Quatis, Porto Real, Resende e Itaiaia. Possui superfície de cerca de 240km ² . A depressão possui largura média de 4,5km, tendo largura máxima de 7,3km a oeste de Resende/RJ, e mínima de 1,2 km a oeste de Itaiaia/RJ.	A Bacia apresenta intensa intercalação de sedimentos, heterogêneos, pelíticos e arenosos. Abrange a Formação Ribeirão dos Quatis, Membro Itaiaia; Formação Resende, Membro Acácias e Formação Floriano. A bacia é segmentada na porção central por um alto estrutural (soleira de Resende). Possui dois Depocentros: de Penedo (300 e 500m) e Porto Real (300m).	Aquífero livre a confinado, com espes. variando de 8 até 220m, fortemente afetados por falhamentos normais e fraturas. A permeabilidade média da Formação Acácias/Floriano é de 3,5m/dia, da Formação Resende é de 1,0m/dia e da Formação Itaiaia é de 0,27m/dia, a capac. espec. média é de 0,559m ³ /h/m.	A qualidade das águas é boa, mas dependendo do local e nível captado, podem ser ferruginosas, com até 4,2 mg/l. O valor de STD normalmente varia de 90 até 400mg/l (Castro, 2000)
Rifteamento Sul Atlântico / Rife Paraíba do Sul	Coberturas do Terciário (Eoceno Inferior ou Paleoceno.)	Formação Resende subdividida por Sanson (2006) nas Formações : Ribeirão dos Quatis; Formação Resende; Basanita Casa de Pedra e Formação Pinheiral	Aquífero Volta Redonda (CPRM, 2001)	Localiza-se no sul do estado. Possui duas áreas separadas por uma região de embasamento afflorante. Uma entre Barra Mansa e Volta Redonda, com sedimentos sob formas de manchas descontínuas. A outra, situa-se entre Casa de Pedra e Pinheiral, com faixa sedimentar alongada com direção ENE-WSW e com aprox. 2,5 a 3 km de largura, denom. de "Graben da Casa de Pedra" (Melo et al.,1983).	Bacia é composta por areias e argilas, fortemente intercaladas, com presença de lateritas. Formação Ribeirão dos Quatis (espes. de 5 a 8m), Formação Resende: (120 m). Basanita Casa de Pedra (11 m). Formação Pinheiral e Sedimentos Neogênicos e Sedimentos Quaternários (até 8 m de espessura).	Aquíferos livres a semi- confinados . A condutividade hidráulica para as Formações Resende e Pinheiral variam de moderados a muito baixos, de 10 ⁻⁸ a 10 ⁻³ cm/s (Marques, 2006). São aquéferos em geral pobres, com pequeno potencial hídrico, mormente considerando-se sua reduzida espes. (Marques, 2006). Produtividade, menor que 1m ³ /h (CPRM, 2001).	Qualidade química das águas é regular, ocorrendo a presença de ferro nas águas (CPRM, 2001)

	Coberturas do Terciário (Paleoceno Inferior a Oligoceno)	Formações Macacu e Pré-Macacu (Meis & Amador, 1977)	Aquífero Macacu (CPRM, 2001)	Localizado na porção oriental da região administrativa da Baía de Guanabara, nas bacias do Rio Macacu e Caceribu, e abrange os municípios de Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Tanguá, Itaboraí, São Gonçalo, Guapimirim e Magé, região da Baixada Fluminense.	A Bacia de Macacu constituídas de uma sucessão de lentes e camadas pouco espessas de sedimentos predominantemente arenosos depositados em ambiente de leques aluviais, intercalado com fácies de natureza provavelmente lacustre (Ferrari & Silva, 1997).	O aquífero é livre a semiconfinado. A espes. média pode chegar a 200m. Sendo pouco produtivo, vazões máximas na ordem de 1,5m ³ /h e a capac. espec. média de 0,06m ³ /h/m (Ferrari & Silva, 1997). Os poços normalmente ultrapassam os sedimentos, podendo ter captações do aquífero sedimentar/fissural ou fraturado.	Águas pouco mineralizadas. (resíduo seco de 53 mg/L). As águas são bicarb. sódica, bicarbonatada cálcica e cloretada sódica, classificadas como potável de mesa, fluoretada ou radioativa.
Avulsões do Rio Paraíba do sul associados à reativações dos grabens da Guanabara e Barra de São João do Rifteamento Sul Atlântico	Coberturas Quaternárias (holoceno)	Grupo Bacia de Campos Formação Emboré Membro São Tomé (Winter et al., 2007).	Aquífero Aluvionar de Campos (Capucci, 2003, 2009) Aquífero Quaternário de Campos (Capucci, 2009), Aquífero Fluvio-deltaico (CPRM, 2001)	Na Bacia de Campos, NE fluminense. Aquífero Ocorre a partir da cidade de Campos Goytacazes em direção ao litoral em antigas calhas do Rio Paraíba do sul, ao longo dos desvios e desembocadura do rio (Capucci, 2009)	Constituído por areias quartzosas esbranquiçadas, finas a grossas, bem selecionadas, recobertas por areia na Mantiformes ou dunas transgressivas. Estratificações cruzadas de pequeno e grande porte nas fácies eólicas (Capucci, 2009).	Aquífero livre a confinado formado por espessos aluviões. Ocorre como aquífero livre a partir da cidade de Campos Goytacazes e torna-se confinado na região costeira por camadas impermeáveis de origem marinha com espes. de 120 a 150 m. Possui espes. de 50 m (poço com capac. espec. de 12 m ³ /h/m, Usina de Queimados) a 100m em direção ao nível do mar (poço com 36 m ³ /h/m no Distrito de Donana). Gradiente hidráulico de 4 a 6% em direção ao nível do mar. Os poços junto ao mar são artesianos (Capucci, 2009).	Os sólidos Totais Dissolvidos - STD variam de 150 em Grussaí a 400 ppm no poço do Farol necessitando apenas de cloração preventiva (Capucci, 2009).
Rifteamento Sul Atlântico / Graben de Guanabara/Sub-graben Guandu-Setetiba	Coberturas Quaternárias (holoceno)	Formação Piranema (Goes, 1994) .	Aquífero Piranema , compreende os Aquíferos: Piranema (Monsorens, Tubbs e Barbosa (2003), Aquífero Itaguaí (Carelli et Al., 2010) e	Localiza-se na região costeira, nos municípios de Seropédica, Itaguaí e RJ, na Bacia do Rio Guandu. A região possui o maior pólo areeiro do RJ.	São sedimentos fluvio-marinhos arenosos, com lentes métricas de argila. A área de planície aluvionar corresponde a mais de 90% da área total da bacia do rio	Aquífero livre ou localmente confinado, constituído por matriz grosseira arcossiana e espes. variável (Tubbs, 1999). A área sul de Seropédica, espes. que oscilam de poucos metros a 20m (Monsorens, et al. 2003). As prof. do nível estático	A água subterrânea é pouco mineralizada e localmente podem ocorrer concentrações elevadas de ferro, manganês, bário e sulfato (Tubbs, 1999). A temp. média é de 25°C; o pH médio é 5 e Eh entre 380 mV e 510 mV. A

			Aquífero Guaratiba (Vicente et al., 2010)		Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim.	(NE) varia de 2,5 m a 5,5 m (Tubbs, 2005) e em Itaguaí de 0,5m a 2m (Carelli et Al., 2010). Permeabilidade média 10^{-3} a 10^{-2} cm/s (Monsores et al., 2003; Silva, 2003) e próximo ao litoral é da ordem de 10^{-6} (Carelli et al., 2010), porosidade em torno 0,3 (área da UFRRJ). As vazões alcançam 30m ³ /h nos municípios de Guaratiba e Campo Grande (Vicente et al., 2010).	condutividade elétrica: 0,15 mS/cm e 0,25 mS/cm, EH=283 a 356 mV. A água subterrânea é cloretada-sódica em Seropédia e Itaguaí (Barbosa, 2005); Em Campo Grande: sulfatada sódica e outras, em Guaratiba: cloretada sódica; e bicarb. sódica (Vicente, et al., 2006). As águas das cavas de areia são sulfatadas-cloretadas sódicas com baixos valores de pH (3,11 – 5,2) (Marques, 2006).
Rifteamento Sul Atlântico / Graben de Guanabara/ Sub-Graben da Baía de Guanabara	Coberturas Quaternárias (holocênio)	Cordões, Restingas e Terraços Litorâneos	Aquíferos da Plataforma Costeira Compreende os aquíferos: Aquífero Piratininga (Cruz et al. 2006, Silva Jr., 2006) Aquíferos de Itaipuaçu, Camboinhas e outros.	O Aquífero Piratininga localiza-se na restinga de Piratininga, no município de Niterói.	Formado por areias quartzosas, homogêneas de granulação média a grossa. Áreas com solos coluviais e residuais pouco produtivas e fácies eólicas sobrejacentes são compostas de areias quartzosas de granulometria fina (Cruz et al., 2006)	Os aquíferos livres que ocorrem no cordão litorâneo de Piratininga e nos aluviões do Cafubá são considerados bons, pois são pred. constituídos por material arenoso com poucos finos e areno-argiloso respectivamente, ambos fornecendo água em relativa abundância. A recuperação do aquífero é rápida (Cruz et al., 2006).	Há três regiões hidrogeológicas principais: (1) a faixa costeira, com maior concentração de cloreto devido a proximidade com o mar e ao afinamento da cunha de água doce do cordão arenoso; (2) a central, que apresenta as águas de melhor qualidade, com pouca salinidade e maior espes. do corpo de água doce; e (3) a lagunar, com águas com qualidade relat. boa (Cruz et al., 2006; Silva Jr., 2003).
				Aquífero de Itaipuaçu: localiza-se na área litorânea entre a Lagoa de Maricá e Lagoa da Barra.	Formado por Areias quartzosas, de coloração esbranquiçada, homogênea de granulação média a grossa.	Aquífero livre com Valores médios de prof. dos poços, do nível estático, são respectivamente Prof=8,14; Nível Estático=3,88 (Silva Jr., 2003).	Valores médios de Cond. Elétrica: 3517mS/cm; Cloretos:1030 ppm. (Silva Jr., 2003).

4.1. MAPAS HIDROGEOLÓGICOS

A seguir é mostrado alguns mapas hidrogeológicos existentes no estado.

- Mapa de Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio de Janeiro, escala 1:400.000 (Capucci, 1988) Figura 4.4;
- Mapa Hidrogeológico do Município de Campos dos Goytacazes, Caetano (2000), Figura 4.5;
- Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro 1:500.000 (CPRM, 2001), Figura 4.6;
- Mapa de Potencialidade Hidrogeológica dos aquíferos à oeste do Rio Guandú, Escala 1:50.000 (Monsorens, 2003), Figura 4.7;
- Mapa de Domínios Hidrogeológicos do Estado do Rio de Janeiro, Escala 1:1.000.000 (DRM, 2006) Figura 4.8;
- Mapa de Aquíferos do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara - PDBG-RJ, 2006 ou 2003, executado pelo Consórcio Ecologus/Agrar da para a Secretaria de estado de Meio ambiente e Desenvolvimento Urbano do estado do Rio de Janeiro SEMADUR/SERLA/INEA, Supervisão DRM; Escala 1:50.000 Figura 4.9.
- Planejamento Estratégico da região Hidrográfica dos rios Guapi-Macacu e Caceribu-Macacu, 2007 (UFF/FEC, 2010).
- Mapeamento de Recarga Hidrogeológica da Região Sul Fluminense do RJ; 1:500.000, Cardozo, et al. 2011 (Figura 4.10).

Vários outros mapas em escalas de detalhe são realizados pelas universidades e instituições de pesquisa, principalmente nos aquíferos sedimentares, Gráben de Resende, Volta Redonda, cordões litorâneas e baixadas do Graben da Guanabara e região de Campos dos Goytacases.

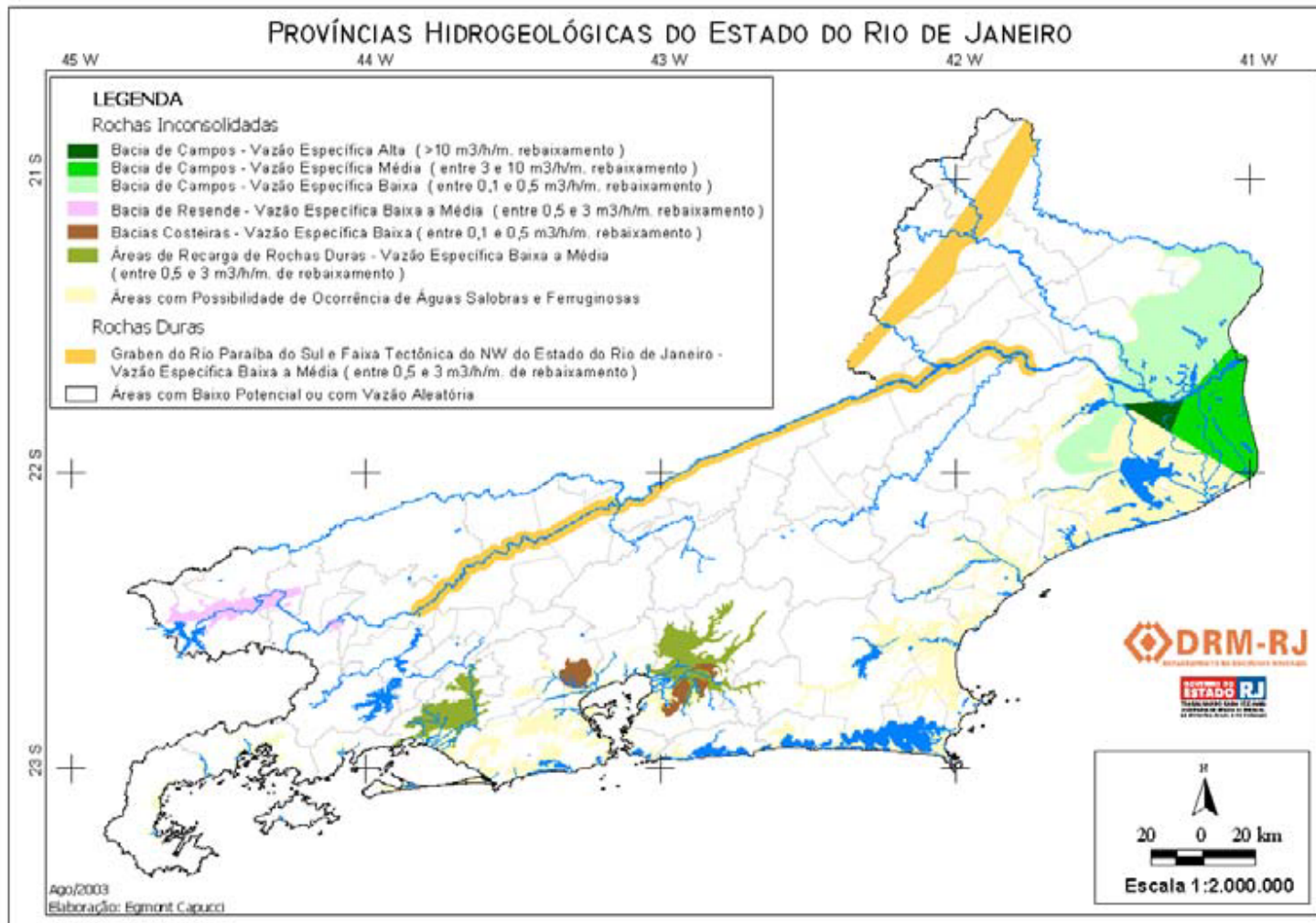


Figura 4.4 – Províncias Hidrogeológicas e potencialidades da água subterrânea do Estado do Rio de Janeiro (Capucci, 1988).

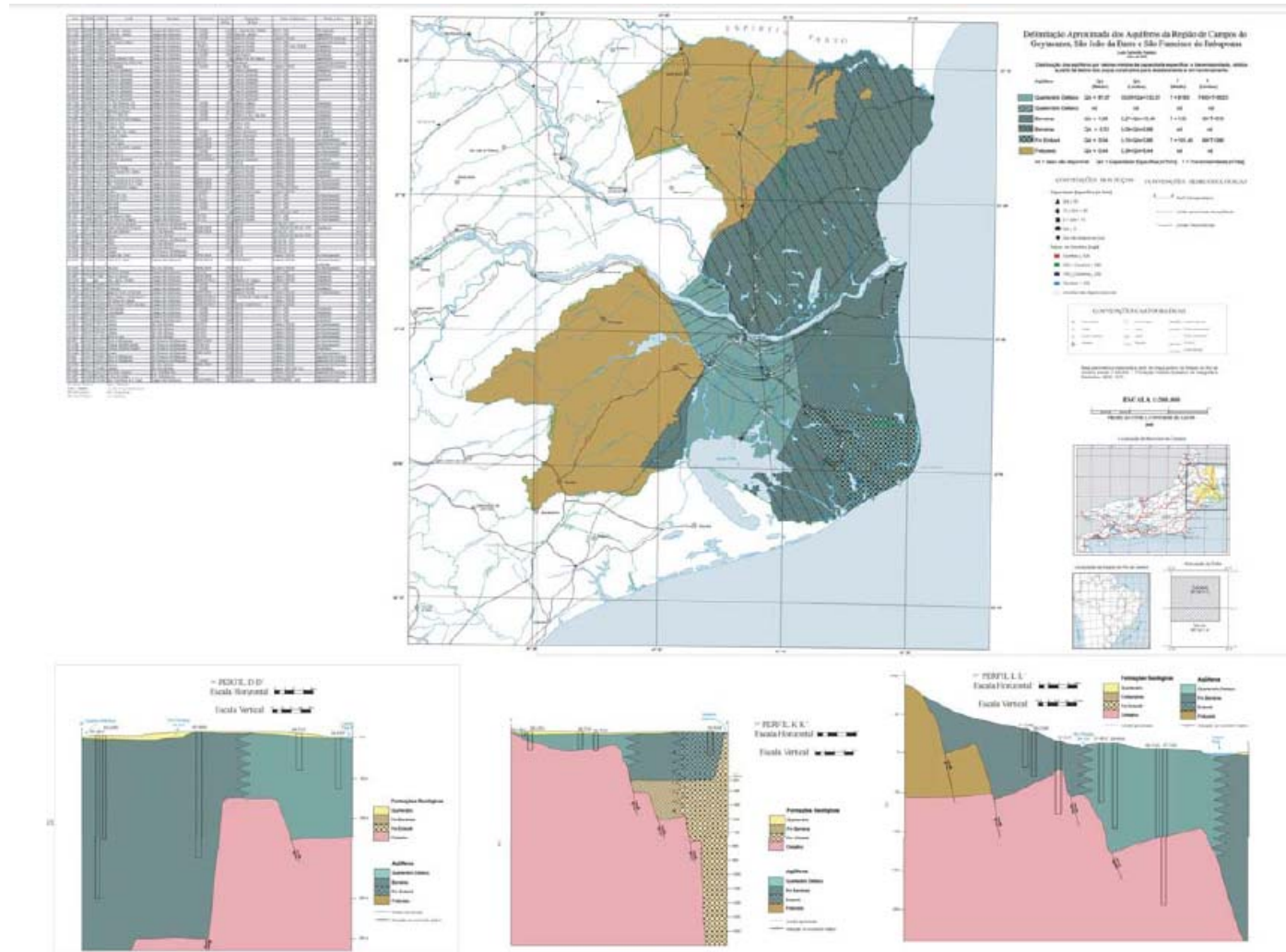


Figura 4.5 - Mapa Hidrogeológico do Município de Campos dos Goytacazes. Fonte: Caetano (2000).

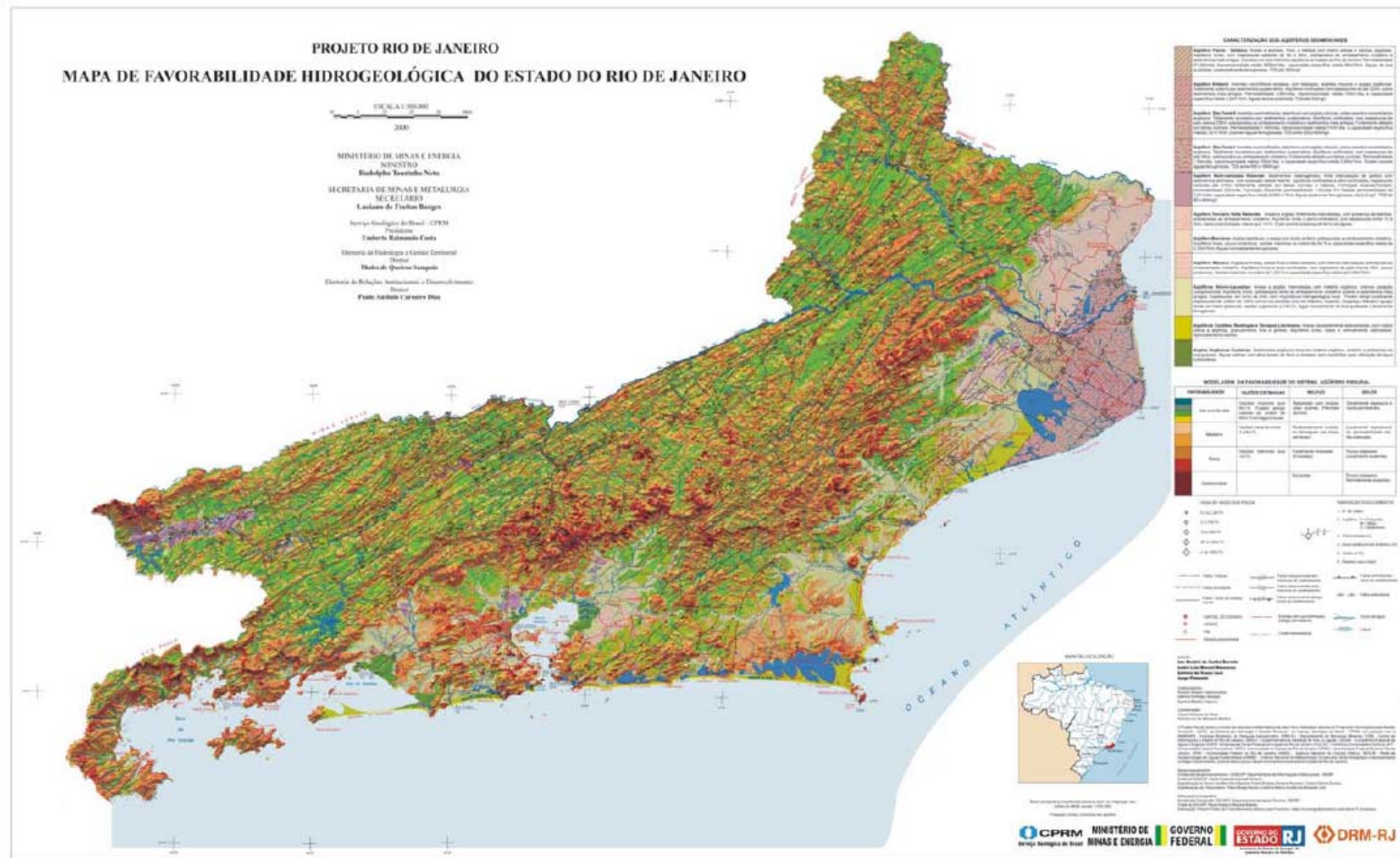


Figura 4.6 – Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro (Fonte: CPRM, 2001).

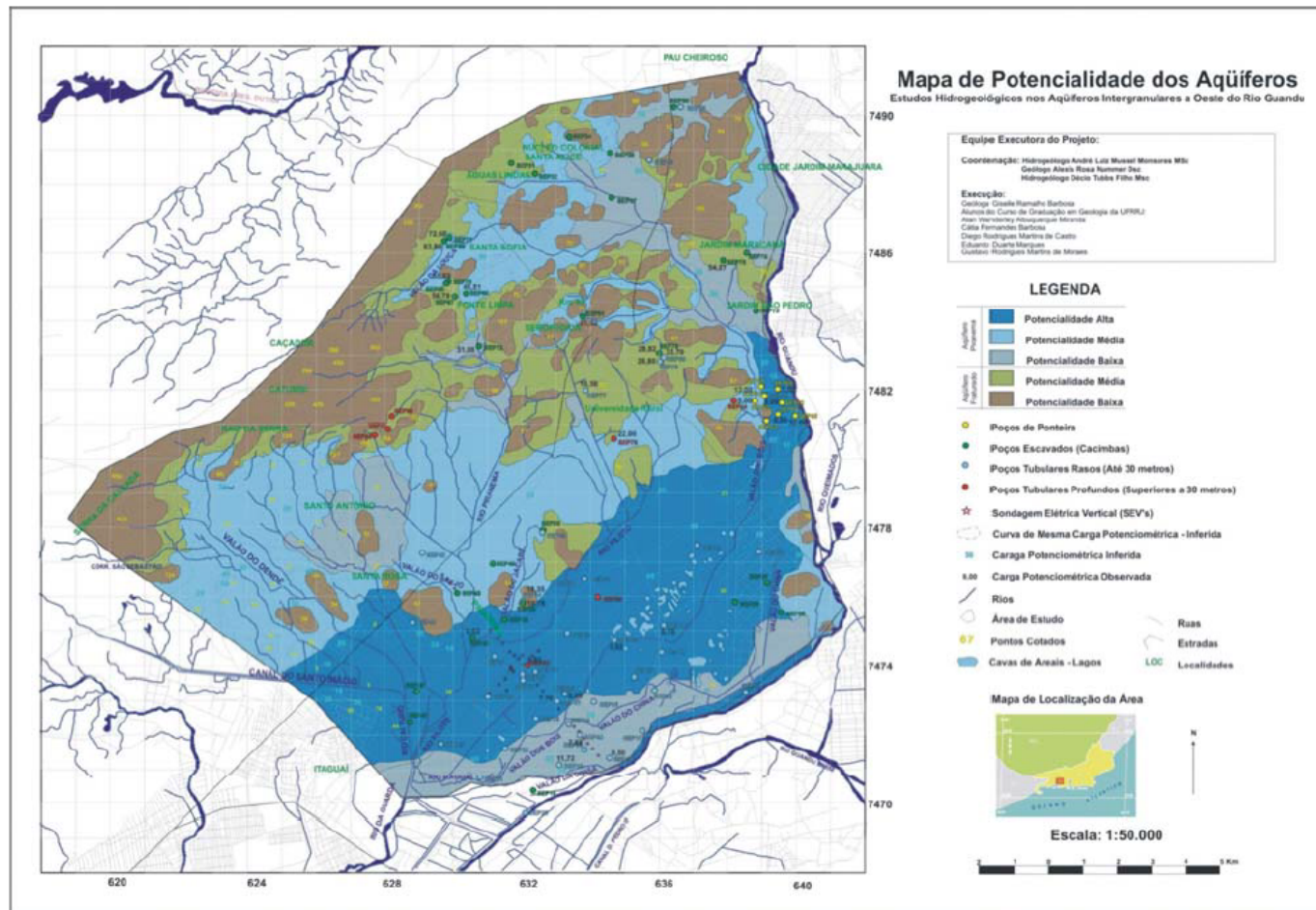


Figura 4.7 - Mapa de Potencialidades Hidrogeológicas dos Aquíferos a Oeste do rio Guandu (Monsorens et al, 2003).

Relação de Localidades Abastecidas por Poços na Bacia de Campos

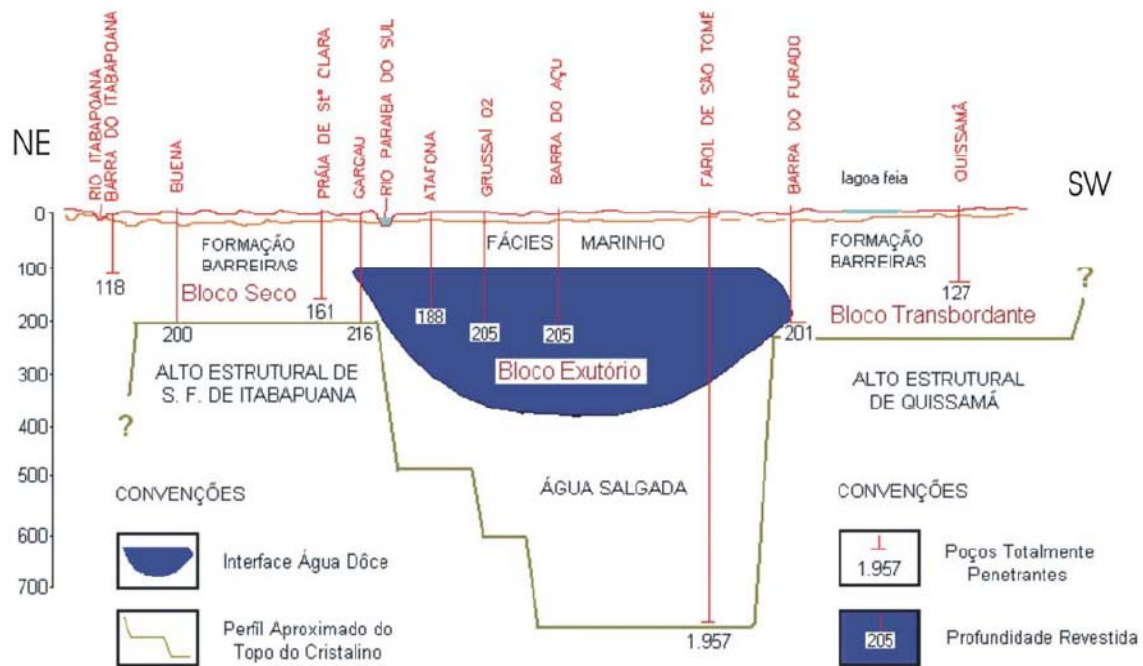
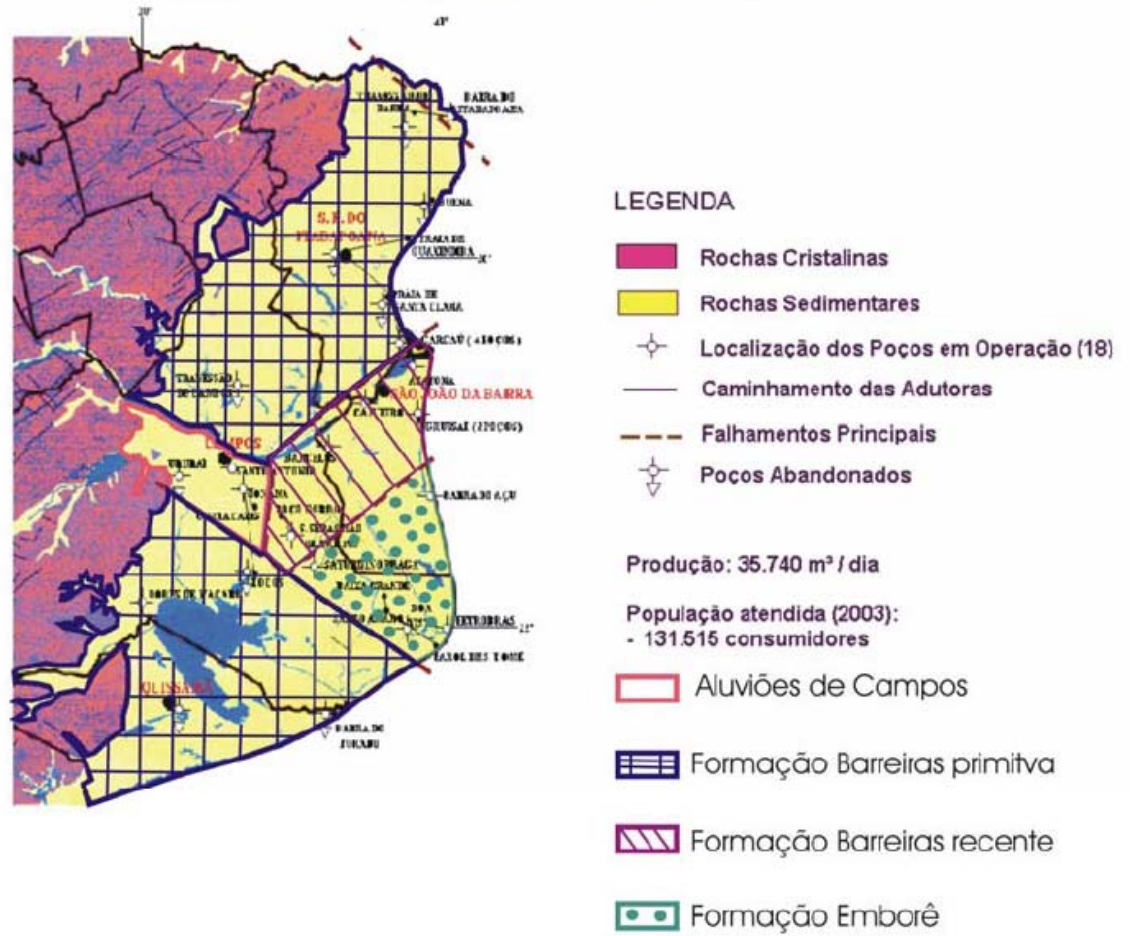


Figura 4.8 - Subdivisão do aquífero sedimentar de Campos. Modificado de Capucci, 2003.

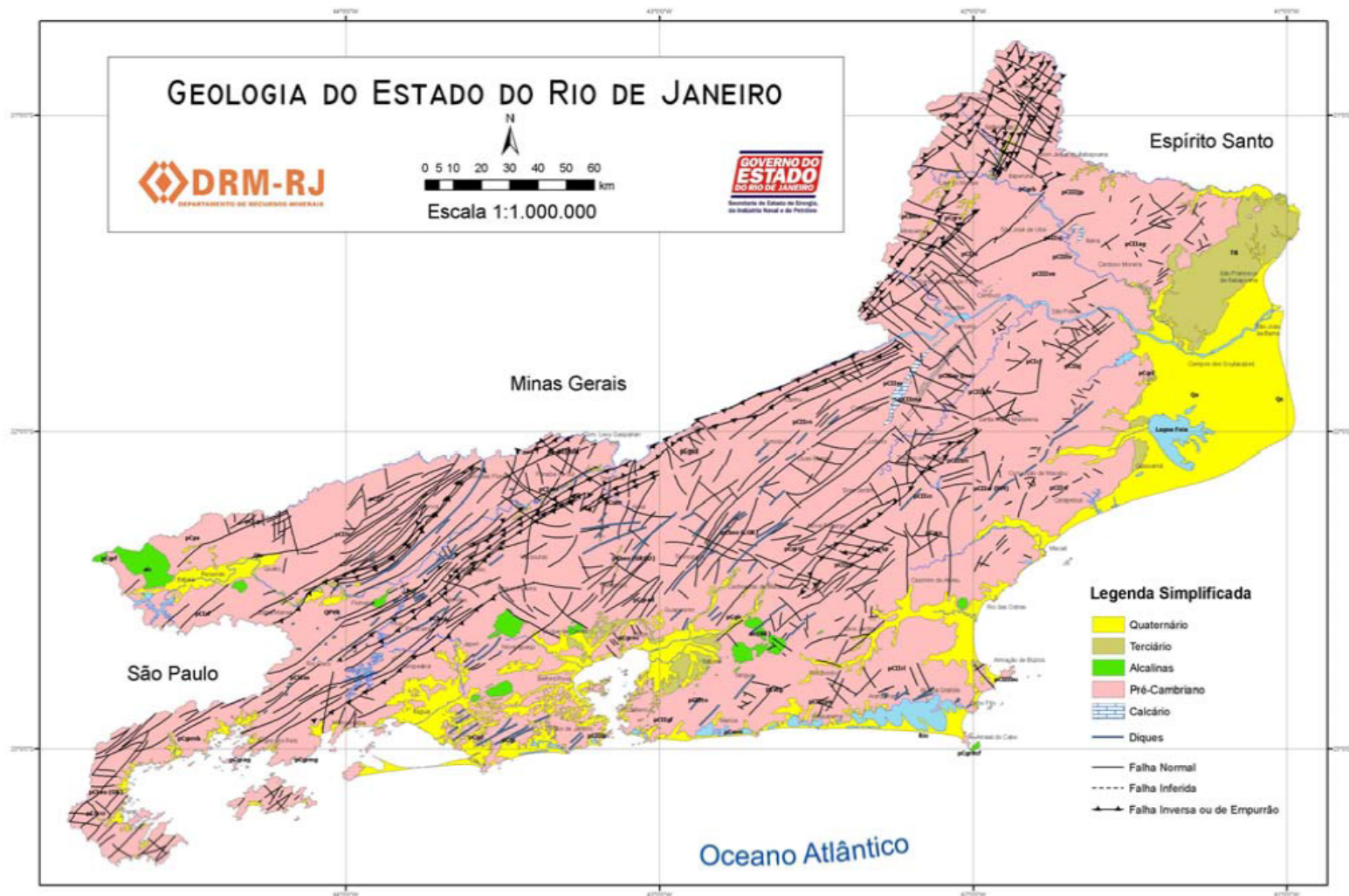


Figura 4.10 – Os grandes domínios hidrogeológicos do Estado do Rio de Janeiro (DRM, 2006).

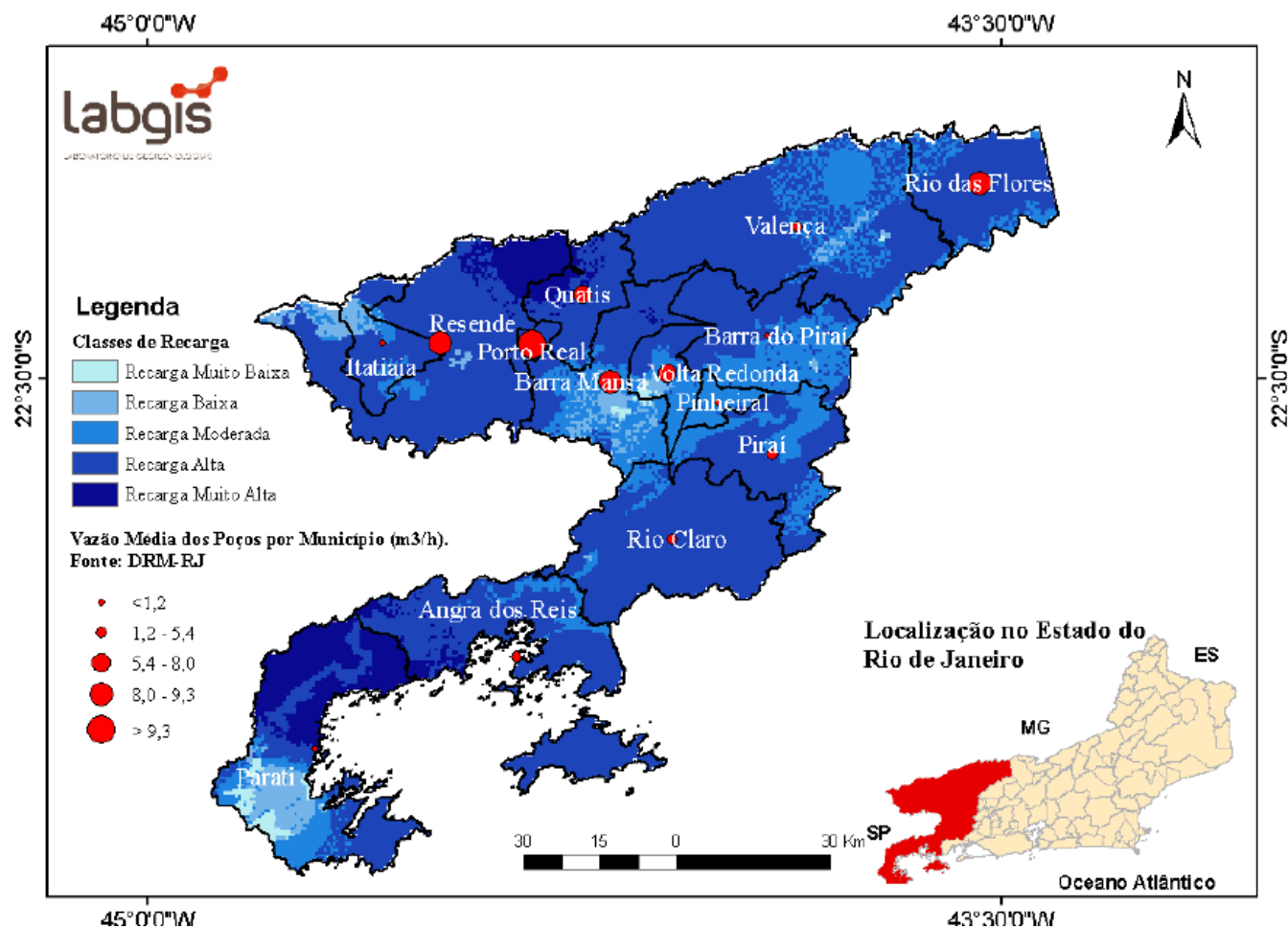


Figura 4.11 - Mapa de Recarga Final da Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Cardozo, et al. 2011.

4.2. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO URBANO POR POÇOS TUBULARES

O Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água da Agência Nacional de Água – ANA mostra que 12 municípios do estado do Rio de Janeiro utilizam poços tubulares para o abastecimento dos centros urbanos (Tabela 4.3).

A vazão média dos poços no estado do Rio de Janeiro é 7,4 m³/h, variando geralmente de 1 a 20 m³/h. com exceção da região do Sistema Aquífero de Campos, cuja média é de 72 m³/h, variando geralmente de 67 a 85 m³/h.

A participação dos poços tubulares no abastecimento nos municípios de Rio das Flores, São Francisco de Itabapoana e São João da Barra representam os maiores valores com respectivamente, 85%, 87% e 33% e o primeiro capta água do sistema aquífero Rift Paraíba do Sul enquanto os dois últimos captam água do Sistema Aquífero de Campos. O primeiro com população em torno de 6.000 habitantes e os dois últimos com cerca de 21.000 habitantes.

Os municípios onde a participação dos poços no abastecimento urbano estão entre 10 e 20% correspondem a Comendador Levy Gasparian (19%), Cordeiro (12%), Petrópolis (11%) e Quatis (10%). E os municípios onde a participação dos poços é menor que 10%, tem-se: Campos de Goytacazes (6%), São Sebastião do Alto (8%), Conceição de Macabú, (9%); Maricá (4%) e Nova Friburgo (<1%).

O abastecimento é considerado satisfatório em cerca de 60% dos sistemas que utilizam poços tubulares enquanto nos demais é requerido a ampliação do sistema. Dos 3 municípios que utilizam basicamente os poços tubulares para o abastecimento, 2 requerem ampliação do sistema São Francisco de Itabapoana e Rio das Flores.

A disponibilização sobre informações dos poços tubulares (localização e perfis construtivos) no Atlas Brasil auxiliaria bastante, complementando a rede de informações para a interpretação dos sistemas aquíferos.

Tabela 4.3 – Abastecimento urbano nos municípios do Rio de Janeiro por poços tubulares. Fonte: Atlas Brasil (ANA, 2012). Fonte: <http://atlas.ana.gov.br/>

ID	Município	População Urbana (2007)	Tipo de Captação	Nome	Vazão (l/s)	Vazão Média por poço (l/s)	Vazão Média por poço (m3/h)	Abastecimento Principal	Participação do(s) Poços no Abast. (%)	Situação do abastecimento
1	Cordeiro	18.121	Poço	Captção 2	10	10	36.0	Rio Paraíba do Sul (92%)	12	Satisfatório
2	Campos dos Goytacazes	38.1271	Bateria de Poços	B. P. Campos de Goytacases	94	18.8	67.7	Rio Macuco (91%)	6	Satisfatório
3	Comendador Levy Gasparian	7.677	Poço	Poço 2	4.1	4.1	15.0	Córrego Fazenda Carlito (81%)	19	Satisfatório
				Poço 3	3.0	3.0	11.0			
4	Conceição de Macabú	17.164	Poço	Poço 2	5	5	18.0	Rio Macabuzinho (91%)	9	Requer Ampliação
5	Maricá	86.993	Bateria de 4 Poços	B. P. Maricá 2	8	2	7.2	Rio Ubatiba (37%)	4	Requer Ampliação
6	Nova Friburgo	155.372	Bateria de 7 Poços	Poço Presidente Sodré	2.6	2.6	9.3	Rio Grande (82%)	< 1	Requer Ampliação
				Poço Parquedes Flores	2.1	2.1	7.6			
7	Petropolis	289.662	Bateria de 34 poços	B. P. Petrópolis	113.2	3.3	12.0	Rio Itamarati e Córrego Ponte de Ferro (37%)	11	Requer Ampliação
			Poço	Poço Simetria	0.3	0.3	1.0			
			Poço	Sertão 4	0.4	0.4	1.3			
			Poço	Sertão 1	0.3	0.3	1.0			
			Poço	Sertão 2	0.3	0.3	1.0			
			Poço	Sertão 3	0.3	0.3	1.0			
8	Quatis	10.557	Poço	Poço 4	5	2.2	7.9	Rio Paraíba do Sul, Ribeirão dos Limas e Córrego Lavapés (90%)	10	Satisfatório
9	Rio das Flores	5.761	Poço	Poço do Centro	4.7	4.7	17.0	Poços (85%)	85	Requer Ampliação
10	São Francisco de Itabapoana	20.780	Poço	Captção 1	20	20	72	Poços (87%)	87	Requer Ampliação
			Poço	Captção 2	20	20	72			
			Poço	Captção 3	20	20	72			
11	São João da Barra	20.431	Bateria de 3 Poços	B. P. São João da Barra	65	21.7	78	Poços (33%)	33	Satisfatório
12	São Sebastião do Alto	3.768	Bateria de 2 Poços	Poço 4	2.2	1.1	4.0	Rio Grande (39%)	8	Satisfatório
				Poço 5		1.1	4.0			

5. INSTITUIÇÕES COM TEMA HIDROGEOLÓGICO

A seguir são apresentadas as principais instituições que possuem o tema hidrogeologia como uma de seus objetivos institucionais, entre estes, destacam-se dois órgãos federais (CPRM e DNPM) e dois órgãos estaduais (DRM e INEA), cujas missões são apresentadas a seguir:

CPRM – Serviço Geológico do Brasil - Missão: Gerar e difundir o conhecimento geológico e hidrológico básico necessário para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Possui um Escritório no Rio de Janeiro, porém a Superintendência Regional de Belo Horizonte (SUREG-BH) é a responsável pelos mapeamentos no estado do Rio de Janeiro, além de Minas Gerais e o Espírito Santo. Disponibiliza à sociedade via internet os dados de poços tubulares através do SIAGAS - Sistema de Informações de Água Subterrânea e RIMAS (Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas).

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral - Missão: Gerir o patrimônio mineral brasileiro, de forma social, ambiental e economicamente sustentável, utilizando instrumentos de regulação em benefício da sociedade. Possui uma unidade regional no Rio de Janeiro. Disponibiliza à sociedade via internet os dados físico-químicos dos poços tubulares referentes aos processos de licenciamento para a produção de água mineral (SIGHIDRO).

DRM – Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro - Missão: Gerenciar e promover o uso sustentável dos recursos minerais, do petróleo e dos recursos hídricos subterrâneos, utilizando-se do conhecimento da geologia em benefício da sociedade fluminense. Possui uma unidade em Niterói.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente (INEA) - Missão: de proteger, conservar e recuperar o meio ambiente para promover o desenvolvimento sustentável. A partir de 2007 foi unificado os três órgãos ambientais: a Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente (Feema), a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF). Possui 10 Superintendências Regionais correspondentes às regiões hidrográficas do Estado.

Além destas Instituições, as universidades e as instituições do MCT tem contribuído de forma importante para o conhecimento dos aquíferos no estado. Porém o maior incentivo na área de hidrogeologia virá da implementação da Lei das Águas 9433/1997, com a criação dos **COMITÊS DE BACIAS** e a implementação dos **PLANOS DE BACIAS** pelas **AGENCIAS DE BACIAS**.

O estabelecimento de uma base única de dados de poços tubulares a serem disponibilizadas via internet à sociedade é sem dúvida a principal carência na área de hidrogeologia do estado.

O SIAGAS – CPRM possui uma base de dados do estado, porém, ainda negocia um Acordo de Cooperação com o INEA para fomentar continuamente a base de dados.

O INEA através da SAE repassa os dados de poços referente às outorgas para o SINIRH. Estima-se que havia em 2011 cerca de 3.000 poços na base estadual os quais são repassado à Agência Nacional de águas – ANA e compõem a base de dados do SNIRH – Sistema Nacional de Informações de Água Subterrânea.

O DRM possui um cadastro próprio, resultado de seus mapeamentos, seu principal parceiro para os projetos que envolvem o tema água subterrânea é o INEA e a CPRM.

O DNPM é responsável pela regulação mineral no país. Em relação à pesquisa de água mineral no estado, Os números levantados em abril de 2005 indicaram 80 requerimentos de pesquisa, 446 autorizações e 58 concessões de lavra. Na base do SIGHIDRO estão registradas as captações subterrâneas (poços tubulares e nascentes).

Até o momento é desconhecido a proposta de ações conjuntas para criação de mecanismos de integração das bases SIAGAS, SIGHIDRO, do DRM, do INEA e outras; além da disponibilização à sociedade.

A Tabela 5.1 mostra de forma geral as informações disponíveis nas principais instituições atuantes no estado do Rio de Janeiro na área de hidrogeologia e os principais dados e informações hidrogeológicas disponíveis nas mesmas.

A Figura 5.1 ilustra uma proposta de integração entre as instituições para subsidiar os comitês de bacias hidrográficas na realização da hidrogeologia dos planos de bacias. Em resumo, após reunir as informações institucionais pelo DRM e CPRM ambos subsidiariam os comitês de bacias hidrográficas para a realização dos planos de recursos hídricos.

Tabela 5.1 - Dados e Informações Disponíveis nas instituições.

Dados e Informações Hidrogeológicas Disponíveis nas Principais Instituições do Estado do Rio de Janeiro							
	Análises Físico-Químicas	Cadastro de Poços Tubulares	Monitoramento de Poços Tubulares	Mapeamentos Hidrogeológicos 2D	Mapeamentos Hidrogeológicos 3D	Laboratórios de Ensaios Geotécnicos	Laboratórios de Geofísica
DRM Departamento de Recursos Minerais/ Serviço Geológico Estadual (Estadual)				X			
INEA Instituto Estadual do Ambiente (Estadual)	X	X	X				
DNPM Depart. Nac. de Produção Mineral (MME)	X	X					
CPRM Serviço Geológico do Brasil (MME) SUREG_BH	X	X	X	X			X
Universidades Federais (UFRJ, UFRRJ, UFF), Universidades Estaduais (UERJ, UENF, UEZO), Universidade Particulares (PUC-RIO (MEC)) Institutos estaduais (CEFET's) e Centros Tec. Estaduais (FIRJAN) Institutos de Pesquisa (CETEM, ON, IRD, LNCC) (MCT)	X			X	X	X	X
Empresas de Saneamento (Estaduais/Municipais/Concessionárias)	X	X	X			X	
Empresas de Perfuração (Emp. Particulares)	X	X					

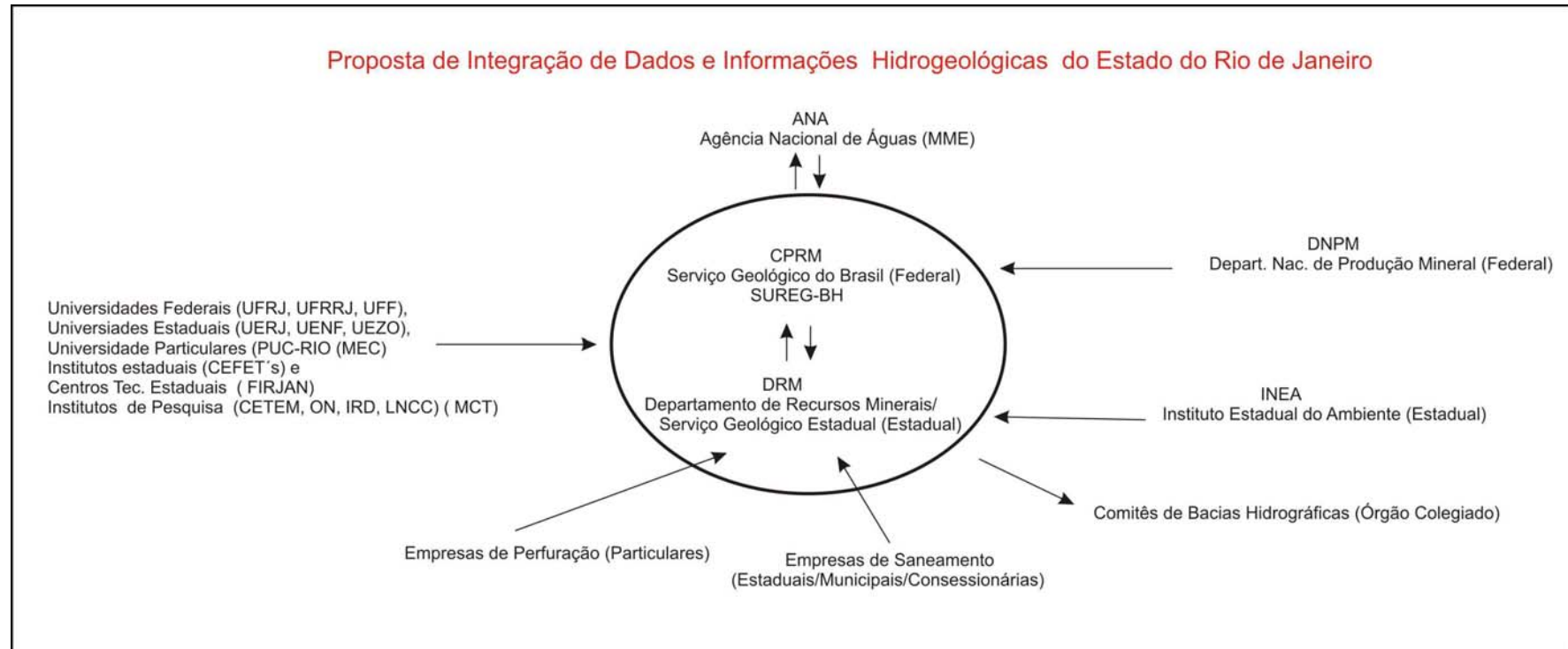


Figura 5.1 – Proposta de Integração Institucional para subsidiar os comitês de bacias e a sociedade.

5.1 COMITÊS DE BACIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Existem 10 comitês de bacias implantados no estado Rio de Janeiro considerando as subdivisões das bacias hidrográficas no estado do Rio de Janeiro.

A Figura 5.2 ilustra as 10 regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e a Tabela 5.2 mostra os comitês de bacias de cada região hidrográfica conforme introduz a Lei das Águas instituída pela **Lei estadual 3239/1999** e leis Federais **9433/1997** e **9.984/00**.

A Bacia do Rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro foi dividida em 4 regiões hidrográficas: Médio Paraíba do Sul, Piabanha, Rio Dois Rios e Baixo Paraíba do Sul. Além dos comitês destas bacias existe o CEIVAP - Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, criado pelo Decreto Federal nº 1842 de 22/03/1996, tendo sido alterado pelo Decreto Federal nº 6591 de 01/10/2008 quando passou a totalizar 184 cidades nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

O Plano de Bacia, criado pelo Comitê de Bacias, contém entre outros itens, um programa de ações e investimentos para recuperação e preservação dos Recursos Hídricos. Este programa depende da aprovação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), instância estadual a que os colegiados estão vinculados.

O tema hidrogeologia está contemplado em alguns planos de bacias como indica a Tabela 2. Os planos de bacia são os mesmos para as bacias do Rio Paraíba do Sul, alterando a estimativa dos valores e tendo sido estabelecida a escala 1:100.000. Enquanto no Plano de Bacia da Região de Lagos de São João foi sugerido a cartografia hidrogeológica na escala 1:50.000. A elaboração dos planos de bacias não levam em conta os aspectos tectono-estruturais inerentes a cada bacia e a coleta de uma base de dados consistente sobre os poços tubulares para a sua realização.

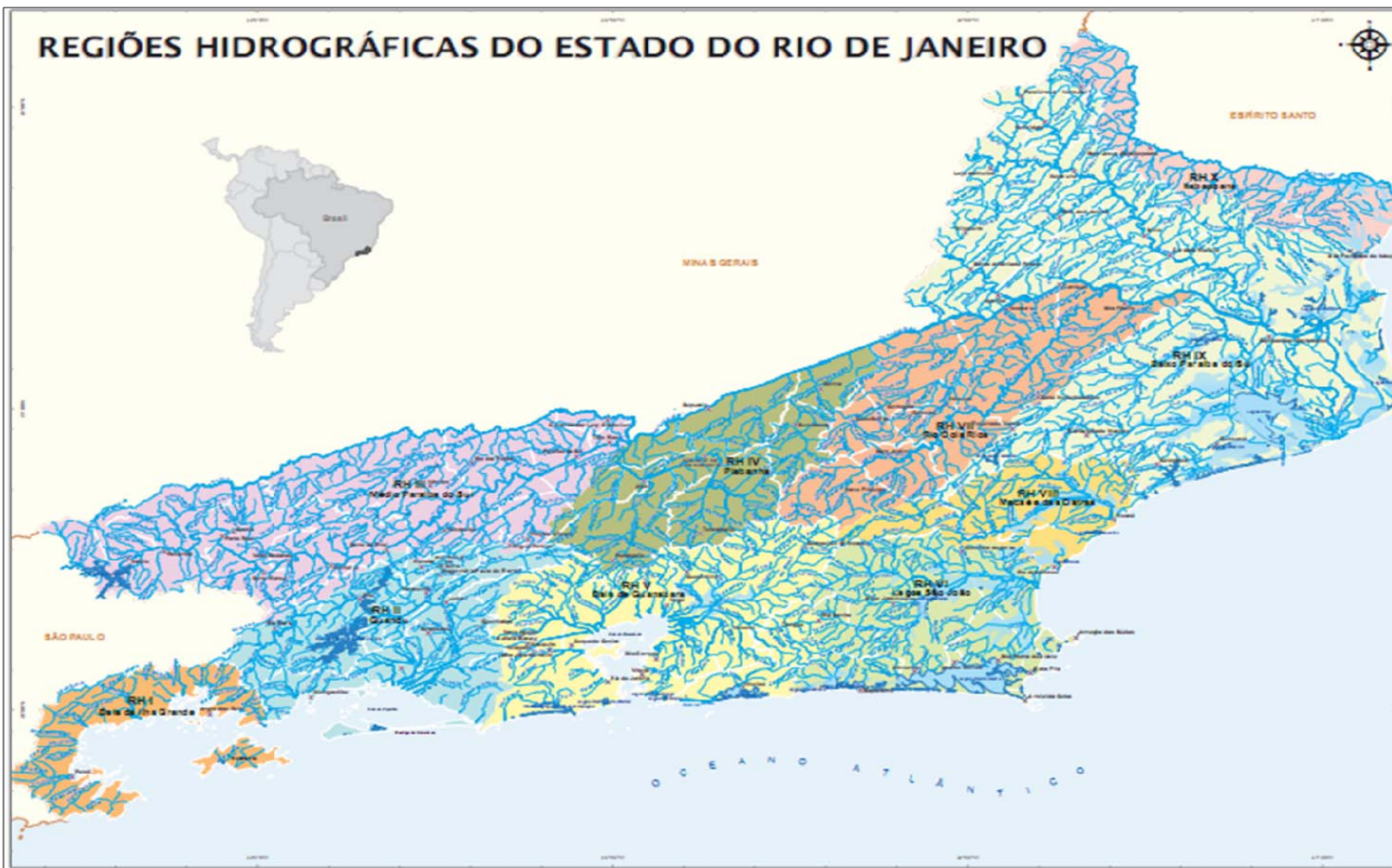


Figura 5.2 – Regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. Fonte: <http://www.inea.rj.gov.br/recursos/arquivos/RegiõesHidrograficas.pdf>

Tabela 5.2 – Os Comitês de Bacias do estado do Rio de Janeiro. Fonte: INEA (2012).

Nome do Comitê de Bacia e Região Hidrográfica	Decreto e data	Bacias e sub-bacias	Municípios	Fase dos Instrumentos de Gestão de Rec. Hid.	Site	Secretaria
Bacia da Baía da Ilha Grande – RH I	Nº 43.226 de 07/10/2011	Bacias contribuintes à Bacia de Parati, Bacia do Mambucaba, Bacias contribuintes à enseada de Bracuí, Bacia de Bracuí, Bacias contribuintes à Baía da ribeira e Bacias da Ilha Grande.	Paraty, Angra dos Reis e Angra dos Reis	Plano de Bacia	http://www.inea.rj.gov.br/recursos/com_brig.asp	Superintendência Regional da Baía da Ilha Grande - SUPBIG SR I - Bacia da Baía da Ilha Grande Estrada Municipal, 91, salas 308/311 Praia do Jardim, Angra dos Reis CEP 23.907-900
Guandu - RH II	Nº 31.178 de 03/04/2002	Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, incluídas as nascentes do Ribeirão das Lages, as águas desviadas do Paraíba do Sul e do Pirai, os afluentes ao Ribeirão das Lages, ao rio Guandu e ao canal de São Francisco, até a sua desembocadura na Baía de Sepetiba, bem como as Bacias Hidrográficas do rio da Guarda e Guandu-Mirim.	Total: Mangaratiba, Itaguaí, Seropédica, Queimados, Engenheiro Paulo de Frontin, Japeri e Paracambi. Parcial: Miguel Pereira, Vassouras, Barra do Pirai, Mendes, Nova Iguaçu, Pirai, Rio Claro e Rio de Janeiro.	Cobrança pelo uso das águas	www.comiteguandu.org.br	Secretaria Executiva do Comitê Guandu – Campus da UFRRJ – Prédio da Prefeitura Universitária – Sala 4 Rodovia BR 465, Km 7 / Seropédica - RJ / CEP.: 23.890-000
Médio Paraíba do Sul – RH III	Nº 41.475 de 11/09/2008	Bacias do curso Médio Superior do Paraíba do Sul	Total: Itaiaia, Resende, Porto Real, Quatis, Barra Mansa, Volta Redonda, Pinheral, Valença, Rio das Flores e Comendador Levy Gasparian. Parcial: Rio Claro, Pirai, Barra do Pirai, Vassouras, Miguel Pereira, Paty de Alferes, Paraíba do Sul, Três Rios e Mendes.	Cobrança pelo uso das águas	http://www.cbhmedioparaiba.org.br/	Superintendência do INEA Volta Redonda Av. Almirante Adalberto de Barros Nunes, nº 5.900 –Belmonte –Volta Redonda/RJ. CEP.: 25.660-000.
Piabanha - RH IV	Nº 38.235 de 14/09/2005	Bacia Hidrográfica do rio Piabanha e Sub-bacias Hidrográficas dos rios Paquequer e Preto.	Total: Areal, Teresópolis, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, Carmo e Sapucaia; Parcial: Petrópolis, Paraíba do Sul, Três Rios e Paty do Alferes.	Cobrança pelo uso das águas	www.comitepiabanha.org.br	Secretaria Executiva do Comitê Piabanha Campus da FASE – Faculdade Arthur Sá Earp Neto Av. Barão do Rio Branco, 1003 CEP.: 25680-120 – Petrópolis
Guanabara - RH V	Nº 38.260 de 16/09/2005	Baía de Guanabara e Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá.	Total: Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá, Guapimirim, Nilópolis, Duque de Caxias, Belford Roxo, Mesquita, São João de Meriti e Magé. Parcial: Maricá, Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu, Petrópolis, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro.	Cobrança pelo uso das águas	http://www.inea.rj.gov.br/recursos/com_bguanabara.asp	Superintendência do INEA Niterói Secretaria Executiva do Comitê Baía de Guanabara na Rua Feliciano Sodré, nº 08, Centro, Niterói –RJ - CEP.: 24.030-014.
Lagos São João - RH VI	Nº 36.722 de 08/12/2004	Bacias Hidrográficas das Lagoas de Araruama, Saquarema e dos rios São João, Una e Ostras.	Total: Silva Jardim, Araruama, Cabo Frio, Armação de Búzios, Saquarema, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia e Arraial do Cabo. Parcial: Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu, Casimiro de Abreu e Maricá.	Cobrança pelo uso das águas	www.lagos saojoao.org.br	Secretaria Executiva do Comitê Lagos São João Av. Getulio Vargas, nº 603, Sala 305 e 306 – Centro – Araruama – RJ – Cep: 28970-000
Rio Dois Rios – RH VII	Nº 41.472	Bacia do Rio Negro e Dois Rios, Córrego do Tanque e adjacentes, Bacia da margem direita do Médio inferior do	Total: Niterói, Bom Jardim, Duas Barras, Cordeiro, Macuco, Cantagalo, Itaocara e São Sebastião do Alto.	Cobrança pelo uso das águas	http://www.cbhriodoisrios.org.br/	Superintendência do INEA Nova Friburgo Av. Julius Arp, 184, Olaria, Nova Friburgo, RJ. CEP.:

	de 11/09/20 08	Paraíba do Sul.	Parcial: Nova Friburgo, Trajano de Moraes, Santa Maria Madalena e São Fidélis.			28.623-000.
Macaé e das Ostras – RH VIII	Nº 34.243 de 04/11/20 03	Bacia Hidrográfica do rio Macaé, que compreende a Bacia do rio Jurubatiba, Bacia do rio Imboassica e a Bacia da Lagoa de Imboassica.	Total: Macaé e Rio das Ostras. Parcial: Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e Macaé.	Cobran ça pelo uso das águas	http://ww w.inea.rj.g ov.br/recu sos/com_ macaee.asp	Secretaria Executiva do Comitê Macaé Rua 9 – casa 11 – Quadra B – Nova Macaé – Macaé – RJ – CEP: 27.950-000
Baixo Paraíba do Sul – RH IX	Nº 41.720 de 03/03/20 09	Bacia do Muriaé, Bacia do Pomba, Bacia do Pirapetinga, Bacia do Córrego do Navato e adjacências, pequenas bacias da margem esquerda do Baixo Paraíba do Sul, Bacia do Cacimbas, Bacia do Muritiba, Bacia do Coutinho, Bacia do Grussaí, Bacia do Iquipari, Bacia do Açú, Bacia do Pau Fincado, Bacia do Nicolau, Bacia do Preto Ururaí, Bacia do Pernambuco, Bacia do Imbé, Bacia do Prata, Bacia do Macabu, Bacia do São Miguel, Bacia do Arrozal, Bacia da Ribeira, Bacia do Marapebus.	Total: Quissamã, Natividade, São João da Barra, Cambuci, Itaperuna, São José de Ubá, Italva, Santo Antônio de Pádua, Cardoso Moreira, Aperibé, Miracema e Laje do Muriaé. Parcial: Trajano de Moraes, Conceição de Macabu, Macaé, Carapebus, Varre-sai, São Francisco do Itabapoana, Campos dos Goytacazes, São Fidélis, Porciúncula e Santa Maria Madalena.	Cobran ça pelo uso das águas	http://ww w.cbhbaixo paraiba.or g.br/regiao hidro.php	Av. Alberto lamego, 2000 – Parque Califórnia – Campos dos Goytacazes CEP: 28013-602
Itabapoana – RH X	S/N	Bacia do Itabapoana, Bacia do Guaxindiba, Bacia do buena, Bacia do Baixo Arroz e bacia do Guriri.	Total: Bom Jesus do Itabapoana; Parcial: Porciúncula, Campos dos Goytacazes, Varre-Sai e São Francisco de Itabapoana.	Formaç ão do Comitê de Bacias	HTTP://ww w.inea.rj.g ov.br/recu sos/comite .asp	Provisório: Rua Prefeito Eugênio leite Lima, 22, Sobrado, Centro Santo Antônio de Pádua, CEP: 28.470-000

Tabela 5.3 – Hidrogeologia nos Planos de bacia.

Comitê de Bacia	Escopo Básico do Plano de Bacia	Prazo	Estimativa de Custos
Guandu - RH II	No contexto do componente gerenciamento de recursos hídricos é prevista a elaboração de estudos específicos que aumentem a base de conhecimento acerca de alguns temas identificados no diagnóstico, dentre outros, o comportamento hidrogeológico dos aquíferos.		
Médio Paraíba do Sul – RH III	A consecução do programa compreende as seguintes etapas: - Execução do mapeamento hidrogeológico da bacia na escala de 1:100.000, identificando as ocorrências e o potencial hídrico dos aquíferos com relação à qualidade e quantidade. Além da carta hidrogeológica da bacia, estão previstas cartas temáticas (mapas de densidade de fraturas e drenagens, de qualidade das águas e vulnerabilidade dos aquíferos, por exemplo); - Execução do cadastramento de poços tubulares, georreferenciado, agregando características construtivas e geológicas dos poços (perfis litológicos e estratigrafia), parâmetros hidrodinâmicos, aquíferos captados e características físicas, químicas, e bacteriológicas das águas. Nesta etapa deverá ser adquirido um "software" que permita, através de modelagem, realizar simulações quanto ao comportamento dos aquíferos e aos efeitos da poluição e/ou aumento de captações (superexploração).;	O prazo previsto para implantação do programa é de 5 (cinco) anos.	O custo total estimado para implementação do Programa, envolvendo mapeamento hidrogeológico em escala 1:100.000, cadastro de poços tubulares, avaliação de áreas de recarga dos aquíferos, realização de balanço hídrico e proposição de um sistema de monitoramento, controle e proteção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, é de R\$ 600.000,00.
Piabanha - RH IV	- Avaliação da recarga dos aquíferos e balanços hídricos;		O custo total estimado para implementação do Programa, é de R\$ 400.000,00.
Rio Dois Rios – RH VII	- Proposição de um sistema de monitoramento, controle e proteção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos .		O custo total estimado para implementação do Programa é de R\$ 350.000,00.
Baixo Paraíba do Sul – RH IX			O custo total estimado para implementação do Programa, é de R\$ 550.000,00.
Lagos São João - RH VI	O diagnóstico compreende um estudo multidisciplinar dos componentes ambientais geobiofísicos e ecológicos: - Definir um sistema oficial de classificação na escala de 1:50.000 para diversos componentes ambientais (geologia, hidrogeologia, geomorfologia, solos, capacidade de uso da terra, bacia hidrográficas e fitogeografia, dentre outros); - Avaliação temporal e espacial da oferta de água superficial e subterrânea e quantificação das demandas de água, atual e projetada, para os diversos fins. - Avaliação temporal e espacial da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea; - Avaliação temporal e espacial das demandas de água para os diversos fins, inclusive as necessárias para manutenção da biodiversidade aquática; - Avaliação qualitativa dos recursos hídricos disponíveis e identificação e caracterização das fontes dos efluentes causadores da degradação das águas; - Definição dos fatores limitantes à exploração dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; - Definição de critérios de outorga de uso da água (prioridades e condicionantes); - Levantamento de todos os elementos necessários à preparação do enquadramento dos cursos de água, através da projeção de usos e conseqüentemente de demandas, em acordo com a Resolução nº 20/86 do CONAMA; - Aperfeiçoar os serviços de monitoramento ambiental e qualitativo das águas; - criar o SIG para lançamento das informações para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o Plano da Bacia.		Em 2016 será preparado um novo Plano Decenal para vigorar médio e longo prazo para promover a recuperação da entre 2018 e 2028. Este Plano dirá o que fazer, quando, como, quem faz e o custo.

6. COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

A cobrança pela outorga de direito de uso no estado foi instituída pela Lei 4247/2003 e 5234/2008 e nas deliberações dos comitês de Bacia para todos os usos significativos superficiais e subterrâneos (captação direta, ao consumo de água bruta e ao lançamento de efluentes nos corpos hídricos) em todas as bacias.

A cobrança da água baseia-se na seguinte fórmula (Figura 6.1):

$$C = \underbrace{Q_{cap} \times K_0}_{\text{captação}} \times \underbrace{PPU}_{\text{preço}} + \underbrace{Q_{cap} \times K_1}_{\text{consumo}} \times \underbrace{PPU}_{\text{preço}} + \underbrace{Q_{cap} \times (1 - K_1) \times (1 - K_2 \times K_3)}_{\text{diluição de efluentes (DBO)}} \times \underbrace{PPU}_{\text{preço}}$$

Onde:

Q_{cap} é o volume de água captada durante um mês ($m^3/mês$), fornecido pelo usuário;

K_0 é o multiplicador de preço unitário para captação;

K_1 é o coeficiente de consumo para a atividade em questão, ou seja, a relação entre o volume consumido e o volume captado pelo usuário (ou o índice correspondente à parte do volume captado que não retorna ao manancial), fornecido pelo usuário;

K_2 é o percentual do volume de efluentes tratados em relação ao volume total de efluentes produzidos (ou o índice de cobertura de tratamento de efluentes doméstico ou industrial), ou seja, a relação entre a vazão efluente tratada e a vazão efluente bruta, fornecido pelo usuário;

K_3 é o nível de eficiência de redução de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) na estação de tratamento de efluentes, fornecido pelo usuário; e

PPU é o Preço Público Unitário correspondente à cobrança pela captação, consumo e diluição de efluentes para cada m^3 de água captada ($R\$/m^3$).

Figura 6.1 – Fórmula cobrança pelo uso da água. Fonte: Leis 4247/2003 e 5.234/2008.

Tabela 6.1 – Valores e Critérios de cobrança pelo uso da água de domínio estadual.

Fonte: Leis 4247/2003 e 5.234/2008.

Setor	PPU (R\$/m ³)	Outros Critérios	Uso Insignificante	
			Água subterrânea	Água superficial
Saneamento e Indústria	0,02	-	5.000 L/dia	0,4 L/s ou 34.560 L/dia
Agropecuária	0,0005	DBO=0, exceto suinocultura (*Impacto < 0,5% custo produção)	0,4 L/s ou 34.560 L/dia	
Aqüicultura	0,0004	Consumo e DBO = 0 (*Impacto < 0,5% custo produção)		
PCHs	-	0,75% x Energia Gerada x TAR	1 MW	

(*) A cobrança desta atividade não poderá exceder a 0,5% dos custos da produção (Lei 4247, Art. 19, §§1º e 2º)

A Figura 6.2 ilustra a cobrança pelo uso da água para as bacias, o aumento significativo a partir de 2007 deve-se a três fatores: a nova divisão hidrográfica do estado (Resolução CERHI nº18 de 08/11/2006), a Lei estadual nº 5.101 de 04/10/2007 que criou o Instituto Estadual do Ambiente – INEA e suas Superintendências Regionais correspondentes às regiões hidrográficas do Estado e a adoção do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNDARH) desenvolvido pela Agência Nacional de Águas.

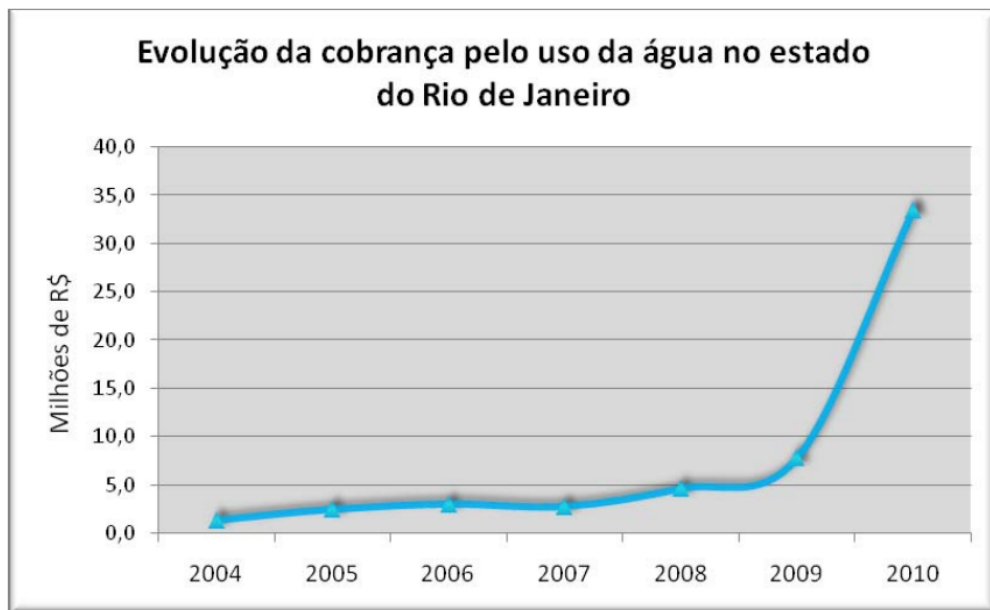


Figura 6.2 – Evolução da cobrança no Estado do Rio de Janeiro desde 2004.

A Figura 6.3 mostra que as bacias do Rio Guandu e da Guanabara são as que propiciaram maior arrecadação devido à participação do setor industrial. Embora a participação do setor industrial nas demais bacias também tenha aumentado, o número de empreendimentos do setor ainda é menor comparado às duas anteriores e destaca-se no Médio Paraíba do Sul (Figura 6.4). Nas bacias do Rio Piabanha e de Dois Rios o número de usuários pelo saneamento e indústria foram em torno, respectivamente, de 25 e 45% do tal

de usuários. No Baixo Paraíba do sul destaca-se o uso da água para o saneamento (45%) (Figura 6.5).

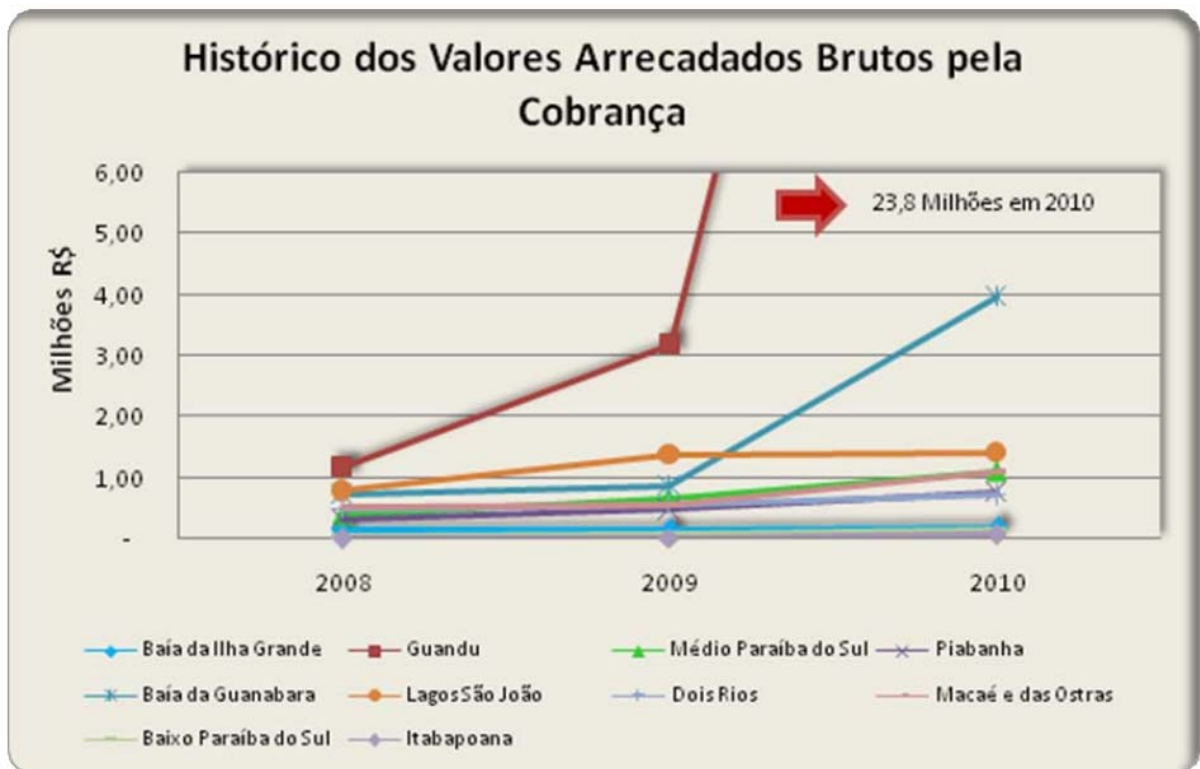


Figura 6.3 - Evolução a cobrança nas Regiões Hidrográficas a partir de 2008. Fonte: <http://www.agevap.org.br/agevap/selecao1.php?id=210>



Figura 6.4 – participação dos setores usuários em número de empreendimentos no sistema de cobrança em 2011. Fonte: <http://www.agevap.org.br/agevap/selecao1.php?id=210>

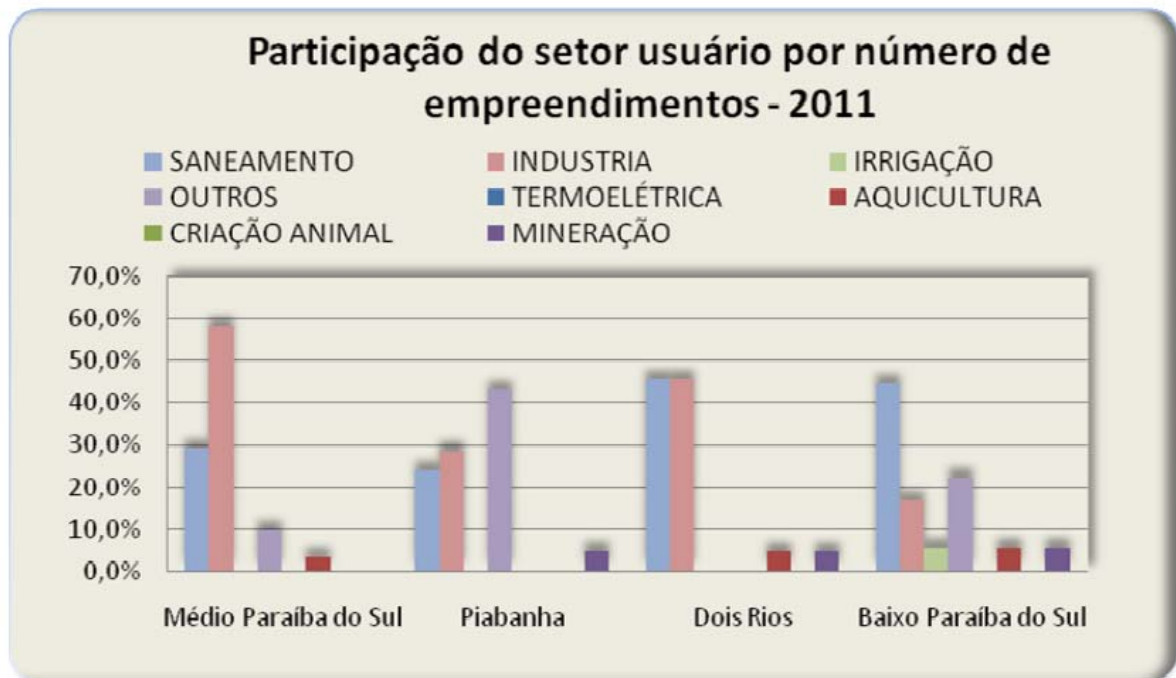


Figura 6.5 – Participação dos setores usuários em valores cobrados no sistema de cobrança em 2011 nas RHs III, IV e IX. Fonte:

<http://www.inea.rj.gov.br/recursos/arquivos/RegioesHidrograficas.pdf>

Os recursos arrecadados decorrentes das verbas da cobrança pela outorga sobre o direito de uso da água, de multas e da dívida ativa decorrente dos débitos com a cobrança, em domínio estadual, são administrados pelo Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI). Do montante 10% são aplicados no próprio órgão gestor, representado pelo INEA. Os 90% restantes investidos na região hidrográfica onde foram captados, com base nos programas previstos no plano de Bacias aprovado pelo respectivo comitê. Onde não há comitê o INEA aplica os recursos, mediante à aprovação do CERHI, em intervenções e ações de conservação.

7. CONCLUSÕES

O aquífero cristalino que apresenta-se maior SDT – Sólidos Totais dissolvidos são os aquíferos das zonas de cisalhamento do Paraíba do Sul, o que é de se esperar, visto que as rochas, apresentam forte milonitização decorrente das zonas de cisalhamento e redobramentos ocorridos nos eventos Brasileiro I e II, e conseqüentemente sofreram maior grau de intemperismo, com predominância de solos mais espessos (latossolos e podzólicos).

As maiores concentração de poços tubulares do SIAGAS ocorrem nas áreas industriais e nos baixos estruturais.

Embora o estado do Rio de Janeiro tenha mapeamento geológico, na escala 1:50.000, realizado pelos Serviços Geológicos (CPRM e DRM) com participação de diversas entidades públicas e privadas por eles contratadas, porém, ainda não dispõe de um mapa hidrogeológico na mesma escala.

Tornar-se necessário uma ação conjunta dos Serviços Geológicos para priorizar a aplicação de recursos públicos disponíveis para o tema hidrogeologia no estado do Rio de Janeiro, considerando as principais necessidades do estado, tais como, em relação à demanda por água subterrânea para abastecimento, poluição e proteção dos aquíferos e áreas de risco de desastres (naturais e induzidos). Considerando na realização dos trabalhos, o uso de escalas adequadas em função das carências mais urgentes da sociedade para subsidiar os tomadores de decisão.

É importante e primordial o envolvimento das instituições de pesquisa e universidades nos trabalhos a serem desenvolvidos, uma vez que estas instituições possuem capacitação e infraestrutura tecnológica, de forma a obter, além do apoio tecnológico, a troca de informações e a capacitação dos técnicos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. – The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, vol. 48, [S.N.], p. 15-26, [s.m.], 1976. (Suplemento).

_____ Relações tectônicas das rochas alcalinas Mesozóicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, vol.13, n.3, p.139 – 158, [s.m.], 1983.

_____ *Origem e Evolução da Plataforma Brasileira*, **Boletim DNPM-DGM**, Rio de Janeiro, n. 241, 1967. 36 p.

_____ O alinhamento magmático de Cabo Frio. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991 São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBG/Núcleos São Paulo e Rio de Janeiro, 1991. p. 423-428.

ALMEIDA, F.F.M. de; BRITO NEVES, B.B. de; CARNEIRO, C.D.R. – The origin and evolution of South American Platform. **Earth-Science Reviews**, [S.L.], vol. 50, [s.n.], p.77–111, [s.m.], 2000.

ALMEIDA, F.F.M. DE, CARNEIRO, C.D.R. - Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**. V.28,[s.n.], p.135–150, [s.m.] 1998.

ALMEIDA F.F.M. DE, AMARAL G., CORDANI H.G., KAWASHITA K. 1973. The Precambrian evolution of South American cratonic margin, South of Amazon River. *In*: A.E.M. NAIRS & F.G. STEHLI (eds.) **The Ocean Basins and Margins**. [s.l.], v.1, [s.n.], p. 441-446, [s.m.], 1973.

AMARAL, G., BUSHEE, J., CORDANI, U.G., KAWASHITA, K., REYNOLDS, J.H. Potassium-argon ages of alkaline rocks from Southern Brazil. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, [s.l.], vol. 31, [s.n.], p.117-142, [s.m.], 1967.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu - PERH, da Guarda e Guandu-Mirim**. Rio de Janeiro: Sondotécnica. 2005.

Azevedo, R. L. M. Paleoceanografia e a evolução do Atlântico sul no Albiano. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v.12 n.2, p.231-249, maio/nov. 2004.

Barbosa C.F. **Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema, Seropédica-RJ**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 2005.

BIZZI L. A., SCHOBENHAUS C., VIDOTTI R.M., GONÇALVES, J.H. (eds) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. CPRM, Brasília, 2003. 55 – 85 p.

BRASIL. LEI 3239, DE 02 DE AGOSTO DE 1999. Disponível em: www.planalto.gov.br/Leis. Acesso em: 08 jan. 2018.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Disponível em: www.planalto.gov.br/Leis. Acesso em: 18 jan. 2018.

BRASIL. LEI Nº 9.984, DE 17 DE JULHO DE 2000. Disponível em: www.planalto.gov.br/Leis. Acesso em: 18 jan. 2018.

BUENO, G. V. Diacronismo de eventos no rifte Sul-Atlântico. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v.12 n.2, p.203-229, maio/Nov. 2004.

Cardozo, C. L.; Lima, L. A.; ALVES, L. F.; Neres A. O.; Menezes, J. M. Uso de Geotecnologias e Análise de Multicritério para Mapeamento de Recarga Hidrogeológica da Região Sul Fluminense do RJ. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba, **Anais...** São Paulo: INPE, 2001. p.3835

CAETANO, L. C. **Água subterrânea no município de Campos dos Goytacazes (RJ): uma opção para o abastecimento**. 2000. 163 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de Campinas. 2000.

CAPUCCI, E. B. **Províncias hidrogeológicas e mapa de potencialidades médias de água subterrânea no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CEDAE. 1988. N.P.

_____. **Água subterrânea na Baixada Campista**. *In*: SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 13/ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES, 1, 2003, Petrópolis. **Anais...** Rio de Janeiro: ABAS. 2003. p. 41-50.

_____. **A importância social, econômica e ambiental das águas subterrâneas para abastecimento aos distritos da Baixada Campista e São Joanense: Relatório Técnico**. Rio de Janeiro: ABAS, 2009. 20p.

CARELLI, S. G.; SOUZA, R. C. S.; ALENCAR, C. T. A.; GOMES, O. V. O.; NASCIMENTO, D. N. Caracterização da condutividade hidráulica de aquíferos em cordões arenosos Cenozóicos no município de Itaguaí-RJ. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS,

16/ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 17, 2010. São Luís - MA. **Anais...** [s.l.] : [s.e.], 2010. p.1-19.

CASTRO, D.D. **Morfologia da margem continental sudeste-sul brasileira e estratigrafia sísmica do sopé continental**. 1992. 145f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1992.

CASTRO, F. G. **Caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica da bacia sedimentar de Resende – RJ**. 2000. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2000.

CPRM Rio de Janeiro: **geologia, geomorfologia, geoquímica, geofísica, recursos minerais, economia mineral, hidrogeologia, estudos de chuvas intensas, solos, aptidão agrícola, uso e cobertura do solo, inventário de escorregamentos, diagnóstico geoambiental**. Rio de Janeiro, RJ: CPRM, Embrapa Solos; Niteroi: DRM-RJ, 2001. 1 CD-ROM.

CRUZ, A.; SILVA Jr., G. C.; ALMEIDA, G. M. Modelagem hidrogeoquímica do Aquífero freático da Restinga de Piratininga, Niterói-RJ. *In*: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 14. 2006 Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABAS, 2006. p.1-19.

DAYAN H.; KELLER J.V.A. A Zona de cisalhamento do rio Paraíba do Sul nas vizinhanças de Três Rios (RJ): uma análise da deformação dada por algumas feições estruturais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 494-506. [s.m.], 1990.

EBERT, H.D.; NEVES, M. A.; HASUI, Y. SZATMARI, P.; AIRES, J. R. Evolução dos cinturões de cisalhamento entre os blocos São Paulo, Vitória e Brasília através da tectônica colisional oblíqua: uma modelagem física. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 6, 1993, Belo Horizonte. vol 12. **Atas...**, Belo Horizonte: SBG. 1993a. p.254-258.

FERRARI, A. L.; SILVA, M. A. M. Bacia do Macacu (RJ): proposta de uma nova bacia do rift continental do Sudeste do Brasil. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 5, 1997, Penedo Rio de Janeiro. **Atas...** SBG/ Núcleo Rio de Janeiro: 1997. p. 32-34.

FREITAS, M. S. **Estratigrafia de Alta Resolução e Geoquímica Orgânica da Formação Tremembé, Terciário da Bacia do Taubaté, Região de Taubaté-Tremembé-SP**. 2007. 85 f. Rio Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências. Universidade Estadual do Rio de Janeiro. 2007.

FREITAS, R.O. Considerações sobre a tectônica do Vale do Paraíba. **Engenharia Mineração e Metalurgia**, [s.l.], [s.v.], n.24, p.276-283. [s.m.] [s.d.].

FUCK, R.A.; BRITO NEVES, C. SHOBHENHAUS Rodinia descendants in South America. **Precambrian Research**, Elsevier, v.160, [s.n.], p. 108-126 [s.m.], 2008.

Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos - COPPETEC **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo – Caderno de Ações Área de**

Atuação da AMPAS. Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Anexo 2 do Relatório Contratual R-10. Rio de Janeiro: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 2006. 121p.

_____ **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo – Caderno de Ações Área de Atuação do Piabonha.** Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Anexo 4 do Relatório Contratual R-10. Rio de Janeiro: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 125p. 2006.

_____ **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo – Caderno de Ações Área de Atuação do BNG-2.** Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Anexo 6 do Relatório Contratual R-10. Rio de Janeiro: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 119p. 2006.

_____ **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo – Caderno de Ações Área de Atuação do GT-Foz.** Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Anexo 7 do Relatório Contratual R-10. Rio de Janeiro: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP, 127p. 2006.

GOES, M. H. B. **Diagnóstico ambiental por geoprocessamento do Município de Itaguaí, Rio de Janeiro.** 1994. 364f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campos de Rio Claro. 1994.

HASUI, Y. A grande colisão Pré-Cambriana do Sudeste Brasileiro e a estruturação regional. **Geociências**, Rio Claro, v.29, n.2, p.141-169, [s.m.], 2010.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. The Ribeira folded belt. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 257-266, [s.m.], 1975.

HASUI, Y.; GIMENEZ, A. F. & MELO, M.S. Sobre as bacias Tafrogênicas Continentais do Sudeste Brasileiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978. Recife, **Anais...** SBG, 1978 p.382-391.

HASUI, Y.; HARALYI, N.L.E.; COSTA, J.B.S. Megaestruturação pré-cambriana do território brasileiro baseada em dados geofísicos e geológicos. **Geociências**. v.12, [s.n.] p.7-31, [s.m.], 1993.

HEILBRON, M; PEDROSA-SOARES, A. C.; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, L. C.; TROUW, R. A. J.; JANASI, V. A - Província Mantiqueira. *In*: **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo: Beca, 2004, p.203-234.

HEILBRON, M.; ALMEIDA, J. C. H.; SILVA, L. G. E.; PALERMO, N.; TUPINAMBÁ, M.; DUARTE, B. P.; VALLADARES, C. S.; RAMOS, R.; SANSON, M.; GUEDES, E.; GONTIJO, A.; NOGUEIRA, J. R.; VALERIANO, C. M.; RIBEIRO, A.; RAGATKY, C. D.; MIRANDA, A.; SANCHES, L.; MELO, C. L.; ROIG, H. L.; DIOS, F. B.; FERNÁNDEZ, G.; NEVES, A.; GUIMARÃES, P.; DOURADO, F.; LACERDA, V. G. **Geologia da folha Volta Redonda SF.23-Z-A-V, escala 1:100.000.**

Brasília: CPRM/UERJ, 2007. Disponível em: www.cprm.gov.br//rigeo. Acesso em 08 de jan. 2018.

MARTIN, L. SUGUIO K., DOMINGUEZ, J. M. L., FLEXOR, J.M. **Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo**. Belo Horizonte: CPRM/FAPESP. 104p. 1997. (Inclui mapa geológico, escala: 1:200.000)

MACEDO, J.M. Evolução tectônica da Bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. *In*: GABAGLIA, G.P.R.; MILANI, E.J. *Coords. Origem e evolução das bacias sedimentares*. 2 ed., Rio de Janeiro: Petrobras, 1991. p.361-374.

MACHADO, R.; ENDO, I. Superposição cinemática Brasileira no Cinturão de Cisalhamento Atlântico e na Cunha de Guaxupé. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário Camboriú. **Boletim de Resumos Expandidos**. SBG, 1994. p.269-271.

MARQUES, E. D. **Hidrogeoquímica nas cavas de extração de areia na região de Piranema, Distrito Areeiro de Seropédica-Itaguaí – RJ**. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências. Universidade Federal Fluminense. 2006.

MARTINS, A. M.; MAURÍCIO, R. C.; MANSUR, K. L.; SILVA, J.J. D.; PIMENTA, T. S.; PEREIRA FILHO, J. C.; ERTHAL, F. L. **Águas Minerais do Estado do Rio de Janeiro**. Niterói: DRM - Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. 2006. 182p.

MEIS, M. R. M.; AMADOR, E. S. Contribuição ao estudo do neoceno-zóico da baixada de Guanabara - Formação Macacu. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, n. 2, [s.m.], p. 150-174, 1977.

MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; CAMPANHA, G.A.C.; MIOTO, J.A. ; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L. & GIMENEZ, A.F.. **Estudos geológico-tectônicos na Bacia de Resende (RJ) e sedimentos terciários de Volta Redonda (RJ) e Bacia de Taubaté (área de Cruzeiro-SP)**. Relatório n. 17.737, São Paulo: IPT, 1983. 124 p.

MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; HASUI, Y.; COIMBRA, A.M. Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.15 n.3, p.193-201, [s.m.], 1985.

MONSORES, A. L. M. **Estudos hidrogeológicos e hidroquímicos em aquíferos fraturados: bacia superior do córrego do Açude – distrito de Raposo - Itaperuna, RJ**. 2003. 150f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2003.

MONSORES, A. L. M.; NUMMER, A. R.; TUBBS FILHO, D. **Estudos Hidrogeológicos dos Aquíferos Intergranulares a Oeste do Rio Guandu, Município de Seropédica/RJ**. São Paulo: ELETROBOLT, 2003. 177p.

NASCIMENTO, F.M.F., CARVALHO, J. E.; PEIXINHO, F. C. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS: Histórico, Desafios e Perspectivas.. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15, Natal. **Anais...**Natal: ABAS, 2008 p.1-18.

PINTO, B. V.; GODOY, J. M.; ALMEIDA, M. C. Características químicas e físico-químicas de águas subterrâneas do estado do Rio de Janeiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14, 2006, Curitiba. **Anais...**Curitiba: ABAS, 2006. p.1-16.

RICCOMINI, C. **Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares pós gonvânicos da porção centra-oriental do Estado de São Paulo e áreas vizinhas**. 1995. 100 f. Tese (livre docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1995.

_____. **O rift continental do sudeste do Brasil**. 1989. 256 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C.; COIMBRA, A.M. **Geologia da Bacia Sedimentar**; Solos da Cidade de São Paulo. São Paulo: ABMS - Associação Brasileira de Mecânica dos Solos/ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1992. p. 37-94.

RICCOMINI, C.; PELOGGIA, A.U.G.; SALONI, J.C.L.; KOHNKE, M.W.; FIGUEIRA, R.M. Neotectonic activity in the Serra do Mar rift system (Southeastern Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, [s.l.] v2, [s.n.], p.191-197, [s.m.], 1989.

RICCOMINI, C.; RODRIGUES, F. B.H. Idade potássio-argônio do derrame de ankaramito da Bacia de Itaboraí, Rio de Janeiro: implicações tectônicas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos...**, São Paulo: SBG, 1992. p.469-470.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A. L. Evolução Geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. *In*. MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO NEVES, B.B. (Org.) **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 407-421.

RICCOMINI, C. VELÁZQUEZ, V.F., GOMES, C.B., Tectonic Controls of the Mesozoic and Cenozoic alkaline magmatism in central-southeastern Brazilian Plataform. *In*: Gomes, C.B. Comin-Chiaramonti, P. (Eds.), **Mesozoic to Cenozoic Alkaline Magmatism in the Brazilian Plataform**. São Paulo: EDUSP-FAPESP, 2005. p. 31-55.

RIO DE JANEIRO. LEI Nº 4247, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2003. Disponível em www.alerj.rj.gov.br acesso em 18 jan. 2018.

RIO DE JANEIRO. LEI Nº 5234, DE 05 DE MAIO DE 2008 Altera a lei nº 4.247, de 16 de dezembro de 2003. Disponível em www.alerj.rj.gov.br acesso em 18/01/2018.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares **Geonomos**. Revista de Geociências da UFMG, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15. 1993.

SADOWISK, G.R.; CAMPANHA, G.A.C. Grandes falhas do Brasil Continental. In. Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito Neves, B.B. (Org.) **Geologia do Continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 407-421.

SATO, Kei **Evolução crustal da plataforma Sul Americana com base na geoquímica isotópica SM-Nd**. 1998, 279f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1998.

SCHREINER, S.; SOUZA, M. B. F. M.; MIGLIORELLI, J. P. R. Modelo digital da geomorfologia do fundo oceânico da Bacia de Campos. **Revista Brasileira de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 157-160, nov. 2007/maio. 2008.

SANSON, M.S.R. **Sistemas Depositionais Aluviais e Tectônica Rúptil Cenozóica na Região de Volta Redonda (RJ) – Rift Continental do Sudeste do Brasil**. 142 f. 2006. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006.

SILVA, E. L. **Determinação da Condutividade Hidráulica através do método de Hazen no Campus da UFRRJ**. Monografia do curso de Geologia. Departamento Geologia, UFRRJ. 60p. 2003.

SILVA JÚNIOR. G. C. Coord. Projeto **ACOST - Estudo de Aquíferos Costeiros no Leste do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Relatório Técnico Final. UFRJ, 2003. 19p.

SILVA, T.P. & MELLO C.L. Reativações neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (Sudeste do Brasil). **Revista Geologia USP - Série Científica**, São Paulo, v.11, n.1, p.95-111, abril 2011.

TOMAZ FILHO, A.; RODRIGUES, A. L. O alinhamento de rochas alcalinas Poços de Caldas-Cabo Frio (RJ) e sua Continuidade na cadeia Vitória-Trindade. **Revista Brasileira de Geociências** v. 29 n.2 p.189-194, junho, 1999.

TUBBS, D. **Ocorrência das Águas Subterrâneas – “Aquífero Piranema”** – Município de Seropédica, área da Universidade Rural e Arredores, Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: FAPERJ, 1999.123 p.

TUBBS, D. Estudos relativos ao emprego da recarga artificial na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu – RJ. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 9/SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 13. **Anais...** Niterói, Rio de Janeiro, Brasil, p. 154-155, 2005.

Universidade Federal Fluminense - UFF/Fundação Euclides da Cunha - FEC, 2010 **Planejamento Estratégico da Região Hidrográfica dos Rios Guapi-Macacu e Caceribu-Macacu**. Niterói, RJ. Programa Petrobras Ambiental. 544p.

VALENTE, C. R.; OLIVEIRA, S.M. A.; VENEZIANI, P. Controle Neotectônico das Águas Subterrâneas no Estado do Rio de Janeiro. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001, Foz do Iguaçu, **Anais ...** São José dos Campos: INPE, 2001, p.367-363.

VENEZIANI, P. & ANJOS, C. E. **Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982. 61p.

VICENTE J. F.; CARVALHO, M. G.; BARBOSA, G. R. Avaliação hidrogeológica das regiões administrativas de Campo Grande e Guaratiba / RJ. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 16/ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 17, 2010. São Luís - MA. **Anais...** [S.L.] : [S.E.], 2010. p.1-19.

WINTER W. R.; JAHNERT, R. J.; FRANÇA, A. B. Bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobras**. Rio de Janeiro. v. 15 n.2, p.511-529. 2007.

ZALÁN, P.V. & OLIVEIRA, J.A.B. - Origem e Evolução Estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras**. Rio de Janeiro. v. 13, n. 2, p.269-300, 2005.