

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA FAIXA AFLORANTE DO SISTEMA
AQUÍFERO GUARANI NO ESTADO DO PARANÁ**

Curitiba
2017

Revisão e Editoração

Clarissa Nunes

Catálogo e Referências

Bibliotecária Marlene Mengarda Martelli

Catálogo na fonte

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG

Mapeamento geológico da faixa aflorante do Sistema Aquífero Guarani no Estado do Paraná. Curitiba : ITCG, 2017.

68 p., anexos.

1. Aquífero Guarani. 2. Botucatu. 3. Piramboia. 4. Paraná. I. Loyola, L.C. II. Cruz, A.S. III. Título.

CDU 556.332 (816.2)

Direitos desta edição reservados:

Permitida a reprodução total ou parcial, desde que citada a fonte.
INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLÓGIA DO PARANÁ
Rua Desembargador Motta, 3384
CEP 80.430-200 - Curitiba - Paraná - Brasil
Telefone: 55 41 3304-7700 - Fax 55 41 3304-7063
homepage: www.pr.gov.br/itcg - email: itcg@pr.gov.br

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Carlos Alberto Richa
Governador

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA

Antonio Carlos Bonetti
Secretário

ITCG – INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ

Amilcar Cavalcante Cabral
Diretor Presidente

Fábio Ortigara
Diretor de Geologia

GERÊNCIA DE GEOLOGIA-BÁSICA E TEMÁTICA

Execução e elaboração

Geólogo Luciano Cordeiro de Loyola - Coordenador

Geólogo Adão de Souza Cruz

Apoio e colaboração

Geoprocessamento – Geólogo Donaldo Cordeiro da Silva

Técnico de Mineração - Miguel Ângelo Moretti

Técnico de Geologia - Roberto Eustáquio dos Anjos Santiago

Apoio de Campo - Genésio Pinto Queiroz

Revisão e Editoração - Clarissa Nunes

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	7
2.1 Sobre o Sistema Aquífero Guarani.....	8
2.2 Aspectos Hidrogeológicos	9
2.3 Potencialidade Aquífera	10
3. JUSTIFICATIVA	11
4. OBJETIVO.....	12
5. METAS.....	12
6. METODOLOGIA.....	12
6.1 Compilação e organização de documentos e dados.....	12
6.2 Definições das áreas de mapeamento	13
6.3 Análise e interpretação de imagens de sensoriamento remoto.....	13
6.4 Execuções de levantamentos de campo.....	14
6.5 Tratamento e interpretação dos dados de campo	14
7. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	14
7.1 Formação Piramboia	14
7.2 Formação Botucatu.....	15
8. RESULTADOS DO MAPEAMENTO	16
8.1 Região Sul.....	16
8.2 Região Central.....	31
8.3 Região Norte.....	51
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	64
10. REFERÊNCIAS	66

ANEXOS

Mapa do Aquífero Guarani na Região Sul

Mapa do Aquífero Guarani na Região Central

Mapa do Aquífero Guarani na Região Norte

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho refere-se ao Mapeamento Geológico do Aquífero Guarani no Estado do Paraná.

A denominação "Aquífero Guarani" foi cunhada pelo geólogo uruguaio Danilo Anton, em 1996, representando, do ponto de vista hidrogeológico, o Arenito Botucatu, de origem eólica, ao qual se acrescenta a fácies subaquosa Piramboia. Segundo Machado (2006), "teria sido melhor denominá-lo Sistema Aquífero Guarani, já que se trata de um conjunto heterogêneo de unidades hidroestratigráficas que podem conter muita, pouca ou nenhuma água. Sinteticamente, essas unidades poderiam ser descritas como formações geológicas portadoras de água, em maior ou menor quantidade. Algumas delas, exploradas há mais de cem anos, já foram estudadas por pesquisadores de países membros do Mercosul". Ainda segundo o mesmo autor, "no Arco de Ponta Grossa as estruturas geológicas e as intrusões vulcânicas dividem o sistema aquífero em diversos fluxos independentes e limitados ao Brasil".

O Instituto das Águas do Paraná fornece informações condensadas que descrevem o potencial hidrogeológico do Aquífero Guarani, abaixo transcritas para melhor entendimento da sua importância.

"Aquífero Guarani é a denominação dada à reserva de água existente em parte do subsolo da região do Mercosul. A reserva é imensa, com uma área total de 1.194.800 km². Além do Paraná, ele atravessa outros sete estados brasileiros (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina). Também passa pela Argentina, Paraguai e Uruguai. No Brasil, a área do Aquífero Guarani é de 840.000 km², e no Estado do Paraná, de 131.300 km².

Trata-se de um aquífero do tipo regional confinado, uma vez que 90% de sua área está recoberta pelos espessos derrames de lavas basálticas da Formação Serra Geral. Suas áreas de recarga localizam-se nas bordas da bacia em faixas alongadas de rochas sedimentares que afloram à superfície. A alimentação do aquífero se dá por dois mecanismos: infiltração direta das águas de chuva nas áreas de recarga; e, infiltração vertical, ao longo de descontinuidades nas áreas de confinamento, num processo mais lento.

O pacote arenoso que constitui o Aquífero Guarani pode apresentar espessuras variando entre 50 e 800 metros, desde a borda aflorante até as regiões mais centrais da Bacia do Paraná."

de captação relativamente menor para pequenas e médias demandas, entre outras vantagens.

Entretanto, o uso intensivo e descontrolado da água subterrânea pode provocar o esgotamento do manancial e ocasionar efeitos colaterais, tais como desaparecimento de nascentes, perda de poços, diminuição da umidade natural dos solos, desequilíbrio no regime de descarga de base dos rios, recalque e subsidência dos terrenos, entre outros.

A poluição dos aquíferos ocorre em locais em que a carga poluidora de origens diversas (atividades urbanas, industriais, agropecuárias, mineração, esgoto etc) é inadequadamente controlada e, em certos componentes, excede a capacidade de atenuação natural dos solos e das camadas de cobertura.

O uso inadequado dos solos sobrejacentes aos aquíferos pode gerar a contaminação destes e a impermeabilização excessiva dos terrenos, com consequente diminuição da recarga natural.

É por esses motivos que existem projetos e programas governamentais, em todas as esferas, para a proteção dos mananciais subterrâneos, por meio de políticas públicas que visam o uso sustentável das águas subterrâneas.

2.1 Sobre o Sistema Aquífero Guarani

Segundo Albuquerque Filho et al (2011), o Sistema Aquífero Guarani (SAG) é considerado um dos maiores reservatórios de águas subterrâneas do mundo, estendendo-se por uma área de aproximadamente 1.087.879 km². A maior parcela do SAG está localizada em território brasileiro (71%) 735.917 km², abrangendo parte de oito estados das regiões sul, sudeste e centro-oeste, a saber: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.

Cita, ainda, que as formações geológicas que constituem o SAG datam de cerca de 130 milhões de anos. No Paraná compreendem duas unidades: Botucatu e Piramboia. Na sua porção basal ocorre a Formação Piramboia e no topo ocorre a Formação Botucatu. Devido às características dos sedimentos destas duas unidades geológicas, possui grande quantidade de poros interconectados, enquadrando-se como sistema aquífero sedimentar e/ou granular, com elevada capacidade de armazenar e fornecer água.

Machado (2006) comenta que “No Brasil, oito estados abrigam partes do Aquífero Guarani. Estudos realizados em quase todos indicaram grande descontinuidade na estruturação geológica. Isso ocorre, por exemplo, no Arco de Ponta Grossa (Paraná), onde as estruturas geológicas e as intrusões vulcânicas dividem o sistema aquífero em diversos fluxos independentes e limitados.”.

2.2 Aspectos Hidrogeológicos

O estudo das águas subterrâneas, em especial sua relação com o ambiente geológico, é conhecido como hidrogeologia.

Na área de afloramento do SAG, a taxa de precipitação média anual varia entre 1300 a 1800 mm. O SAG é livre na sua porção aflorante e é considerado confinado na sua porção não aflorante devido à presença de camadas constituídas por rochas basálticas, que ocorrem superpondo as camadas que compõem o sistema e, também, de rochas sedimentares da Formação Rio do Rastro, de baixa permeabilidade, que ocorrem na base do sistema.

A principal área de recarga do SAG corresponde à sua porção aflorante, onde a água da chuva cai sobre a superfície do terreno e se infiltra diretamente no aquífero. Desta forma, o fluxo da água subterrânea segue da porção de afloramento, a leste, para a região oeste.

As áreas de afloramento do SAG, onde ocorre recarga direta representam regiões onde encontra-se mais vulnerável à contaminação. Já a porção confinada do SAG é mais protegida de possíveis atividades poluidoras, devido à presença de coberturas de rochas basálticas.

Nessas regiões mais vulneráveis, segundo Albuquerque Filho et al (2011), existem áreas de relevos plano e suave ondulado, sustentadas por espessos solos arenosos, muito friáveis, permeáveis e de baixa capacidade de reter poluentes. Então, o uso e a ocupação inadequada do solo podem comprometer, no médio e longo prazo, a qualidade da água.

Portanto, medidas de proteção são necessárias para a manutenção da qualidade natural das águas.

2.3 Potencialidade Aquífera

No ano de 2008, na cidade de Ribeirão Preto (SP), foi realizado o II Congresso Aquífero Guarani e, nas mesas redondas, alguns temas foram definidos, entre estes, há o modelo conceitual de fluxo do SAG que permite estabelecer um zoneamento mínimo para o manejo de sua exploração. Regionalmente, sugere-se apenas três grandes zonas, com distintas características de manejo dos recursos hídricos subterrâneos:

- zona de afloramento [ZA];
- zona de confinamento [ZC] próximo à área de afloramento (de 10-50 km do contato entre os sedimentos SAG e o basalto);
- zona de forte confinamento [ZFC].

O SAG apresenta águas potáveis em localidades com algum problema de qualidade, sendo observadas áreas restritas de elevada salinidade e outras áreas com concentração de flúor e algumas anomalias detectadas de compostos inorgânicos, incluindo arsênico, cádmio, zinco, boro, níquel. A origem, sobretudo de flúor e outros inorgânicos, não estão ainda esclarecidas. No caso específico do arsênico, cádmio, zinco, boro e níquel detectados nas águas de poços termais na região sul do SAG, há dúvidas se eles realmente ocorrem de forma sistemática, pois se carece de estudos de detalhe e monitoramento sistemático. Qualquer uma das anomalias químicas somente ocorre nas áreas de forte confinamento do aquífero (ZFC) e pode, em algumas delas (sobretudo salinidade), estar relacionada com águas advindas de formações pré-SAG que contaminariam o SAG.

É possível reconhecer áreas mais e menos suscetíveis à contaminação no SAG. As áreas aflorantes são aquelas mais facilmente contamináveis [ZA], em oposição à porção de forte confinamento [ZFC], onde a vulnerabilidade é nula. A área de confinamento [ZC] caracteriza-se por apresentar vulnerabilidades baixas a nulas, entretanto, a espessura dos basaltos (<100 m) quando associadas a fraturas abertas, poderia permitir o ingresso de contaminantes da superfície até o SAG.

A presença de água quente no aquífero está relacionada ao grau geotérmico natural da Bacia do Paraná e à profundidade da captação subterrânea. As

porções mais profundas (ZFC) são aquelas, por conseguinte, mais quentes do aquífero. O aproveitamento econômico dessa fonte de energia está associado à temperatura da água. Até o momento, somente o uso para o lazer está sendo contemplado pelas águas quentes do aquífero, que em algumas áreas pode ascender à mais de 50° C.

Afirma-se que no Paraná, na ZA, a produtividade geralmente é muito baixa a localmente baixa e pouco produtiva nas regiões escarpadas, contrastando com a ZC, considerada como de produtividade muito alta.

As águas do SAG, quando requeridas e concedidas autorizações para o aproveitamento do seu grau geotérmico, podem ser utilizadas para a implantação de estâncias hidrotermais, para secagem de grãos e de madeira, para o aquecimento de condomínios, hospitais e quadras esportivas, bem como para a escaldagem/depenagem de carcaças de animais e higienização de ambientes.

3. JUSTIFICATIVA

Os mapas geológicos das formações paleozoicas que afloram no Estado do Paraná foram executados em escala de 1:100.000 ou menor, de modo que os limites dos aquíferos carecem de precisão cartográfica. Considerando a natureza interdigitada e gradacional dos respectivos contatos, bem como as variações laterais de fácies sedimentar, fica evidente a necessidade de atualização da sua cartografia, em escala compatível com o interesse em preservar os mananciais subterrâneos contidos nessas unidades.

O mapeamento da faixa de ocorrência dos arenitos Botucatu e Piramboia constitui a primeira fase de um projeto que visa identificar, em seus desdobramentos, as zonas de recarga e descarga dos aquíferos, bem como as ameaças impostas pelas várias formas de uso e ocupação do solo.

Os problemas relacionados a estas duas unidades geológicas também são importantes para a agricultura, ocupação humana, aproveitamento mineral e o processo erosional.

4. OBJETIVO

Mapear os limites geográficos e estratigráficos dos arenitos Botucatu e Piramboia, no território paranaense, na escala de 1:50.000, determinando a distribuição regional e estratigráfica, com base em critérios litológicos, estruturais (sedimentares e tectônicos), geomorfológicos, pedológicos, de cobertura vegetal e de drenagem superficial.

5. METAS

1. Mapear os limites geográficos e estratigráficos dos arenitos Botucatu e Piramboia, no território paranaense, na escala de 1:50.000 no período de dois anos (2015 e 2016). São 40 folhas que apresentam áreas conhecidas de afloramento destas duas formações.
2. Disponibilizar, ao final dos trabalhos, os resultados do mapeamento, de modo a subsidiar estudos e políticas públicas de uso e ocupação do solo, visando o abastecimento de insumos minerais básicos à construção civil em toda a faixa de afloramento.
3. Disponibilizar, ao final dos trabalhos, os resultados do mapeamento, de modo a subsidiar estudos especializados de hidrogeologia, tais como avaliações de produtividade, vazão, potencial de recarga, vulnerabilidade à contaminação superficial e de áreas prioritárias para proteção dos mananciais subterrâneos no Estado do Paraná.

Inicialmente, a previsão era de que os resultados deste mapeamento seriam quase que, apenas, a confirmação dos mapas pré-existentes. Ocorre que no desenvolvimento dos trabalhos percebeu-se que a área a ser mapeada teria que ser bem maior. Foram mapeadas muitas novas áreas de arenito. Com isso, a terceira e última região, a norte, foi concluída somente em 2017.

6. METODOLOGIA

6.1 Compilação e organização de documentos e dados

1. Levantamento e pesquisa dos trabalhos existentes e, se necessário, a digitalização ou o georrefenciamento dos dados espaciais (mapas, imagens, poços).
2. Pesquisa aos dados do MINA, Base de Dados da Diretoria de Geologia do ITCG em mapas, relatórios, petrografia, sondagens, etc.

3. Demarcação preliminar em bases 1:50.000 e nas imagens Google das áreas de ocorrência conhecidas e que serão objeto do mapeamento.
4. Execução de perfis em seções tipo e de referência, para conhecimento da formação a ser mapeada e dos principais elementos a serem cadastrados.
5. As informações geológicas foram sistematizadas no MINA.

6.2 Definições das áreas de mapeamento

1. Divisão primária possível: percebeu-se que, para facilitar o trabalho das equipes, o ideal seria separar a totalidade da faixa de afloramento em pelo menos três regiões, a Sul, a Central e a Norte. Usaram-se critérios geográficos, de facilidade de acessos e a questão geológica da influência do Arco de Ponta Grossa.
2. Avaliação preliminar: execução de perfis geológicos em estradas para estabelecimento dos limites preliminares da faixa de afloramento dos arenitos Botucatu e Piramboia.
3. Planejamento da fase de mapeamento: divisão das zonas de mapeamento entre os membros da equipe.
4. Mapeamento de uma folha 1:50.000 pela equipe toda, de modo a homogeneizar métodos de trabalho, nivelar conhecimento e solucionar problemas metodológicos.

6.3 Análise e interpretação de imagens de sensoriamento remoto

1. Fotointerpretação geológica e geomorfológica, com lançamento dos elementos diretamente sobre meio analógico (impressão ou reprodução) colorido da foto de interesse, incluindo a demarcação prévia dos pontos/seções a serem levantados e vistoriados.
2. Digitalização dos elementos em SIG, utilizando o Sistema de Informações - MINA.
3. Transferência da interpretação fotogeológica preliminar para imagens do Google Earth.
4. Impressão das imagens para apoio e validação em campo.

6.4 Execuções de levantamentos de campo

1. Execução do mapeamento por folhas 1:50.000.

2. Levantamento sistemático de campo, com demarcação dos contatos e Estações de Campo de afloramentos que subsidiem o mapeamento.
3. Conversão dos dados analógicos para meio digital - digitalização dos elementos, diretamente sobre os “shapes”.

6.5 Tratamento e interpretação dos dados de campo

1. A integração final dos dados acima relacionados foi feita em ambiente SIG.
2. Os dados de campo, tanto os compilados quanto os gerados pelo mapeamento, foram inseridos no MINA, para a integração final dos resultados.

7. ASPECTOS GEOLÓGICOS

O Aquífero Guarani, no Paraná, é composto pelas formações Piramboia e Botucatu, de idades Triássica/Jurássica.

7.1 Formação Piramboia

A seção tipo da Formação Piramboia encontra-se ao longo da Rodovia Marechal Candido Rondon, Estado de São Paulo, sendo também encontrada nas bordas do Terceiro Planalto do Paraná.

Predominam arenitos muito finos a finos, siltosos, presentes em dunas eólicas e interdunas, brancos, com seleção angular e estratificações cruzadas acanaladas de baixo ângulo, entre 1 e 3 m, além de estratificações e laminações plano-paralelas.

São pacotes de arenitos eólicos e também de dunas e interdunas úmidas, devido ao lençol freático alto. Esta umidade, à época da deposição ao final, reflete em cores mais claras dos arenitos. Na área norte de mapeamento deste projeto manteve-se a separação entre os arenitos da Formação Piramboia e da Formação Botucatu que constavam nos mapas mais antigos.

O trabalho de detalhe realizado na região nordeste do Estado de São Paulo, por SOARES (1975), introduziu definitivamente nos mapas geológicos os termos Piramboia e Botucatu como formações geológicas distintas e mapeáveis.

Vários autores citam, ainda, a ocorrência de níveis conglomeráticos com certa frequência na parte superior da Formação Piramboia, não sendo possível afirmar se a posição deles está na base da Formação Botucatu. Nos trabalhos realizados neste projeto e apresentados neste relatório, pode-se afirmar que os níveis conglomeráticos não são constantes e nem são observáveis em toda a extensão do limite (quando mapeável) entre os arenitos das Formações Piramboia e Botucatu.

7.2 Formação Botucatu

A Formação Botucatu é composta por arenitos eólicos, constituídos predominantemente por minerais de quartzo, arredondados, granulação fina à média em meio a cimento de sílica, carbonato e/ou limonita.

Os arenitos estão dispostos em forma de dunas, interdunas e intertrapes, entre os derrames basálticos, e ainda apresentam estruturas laminares, estratificações plano-paralelas e estratificações cruzadas de baixo e alto grau e ainda acanaladas.

Estas dunas e interdunas são de ambiente desértico seco, ou seja, com o lençol freático bem profundo. Isto ocasionou a limonitização destes arenitos, conferindo a eles uma coloração avermelhada.

Em função das naturezas distintas dos arenitos da Formação Botucatu e as lavas do Serra Geral, o seu contato configura uma não conformidade de ambientes geológicos. Em muitos afloramentos (fotos 3, 13 e 19) há uma clara discordância entre as unidades, pelo caráter intrusivo das lavas nestes casos, porém, em outras situações, há uma espessa sequência transicional, devido à alternância entre estes ambientes, dunas eólicas e os derrames de lavas.

Das unidades geológicas que compõem o SAG em território brasileiro, os arenitos da Formação Botucatu são os de maior distribuição espacial, ocorrendo em todos os estados de abrangência da Bacia Sedimentar do Paraná.

Uma das maiores espessuras da Formação Botucatu está na região de Candido de Abreu, superior a 100 metros de espessura quando exposto, correspondendo a arenitos vermelhos, quartzosos, finos, médios e grosseiros,

grãos arredondados e com pouca argila na matriz, com espessura de poucos metros até superior a 100 metros.

Apresenta estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte de até 10 m de altura, sendo indicativo de sedimentação em ambiente desértico.

A relação de contato entre os arenitos das duas formações geológicas que formam o SAG é, na maioria das vezes, de difícil separação. A grande quantidade de Estações de Campo descritas neste trabalho, talvez permita, em pesquisas futuras, uma individualização destas duas unidades em outras áreas do Paraná.

8. RESULTADOS DO MAPEAMENTO

Neste projeto, todos os locais cadastrados foram chamados de Estação de Campo (EC). Totalizando 1394 estações de campo descritas, a maioria das EC tem fotos dos locais, descrição, morfologia, litologia e relações de contato.

A faixa aflorante do arenito Botucatu que constava dos mapas anteriores tinha 1.543,3873 km², com o resultado deste trabalho passou a ter 2.249,2782 km², um acréscimo de 705,8909 km².

8.1 Região Sul

O que se convencionou de Região Sul neste relatório está compreendida entre o limite do Paraná com Santa Catarina, município de União da Vitória, até a BR-277, município de Guarapuava. Abrange 07 cartas topográficas 1:50.000 integralmente e mais parte de outras 02 cartas.

Geologicamente a área de afloramento dos arenitos do Aquífero Guarani apresenta extensa exposição de arenitos, com cor variando do branco ao bege claro, da Formação Piramboia, formando grandes planícies no alto da serra e um aumento significativo da área mapeada.

Foram cadastradas 347 Estações de Campo nesta região. Nas descrições a seguir, serão mostrados alguns detalhes das cartas topográficas e a configuração final do Aquífero Guarani nas mesmas.

2838-4 Itapará	
2853-2 Incio Martins	2854-1 Rio Azul
2853-4 Pátio Velho	2854-3
2865-2	2866-1
2865-4 Matos Costa	2866-3 Poço Preto

Figura 1: Articulao das Cartas Topográficas na Região Sul. Nas cartas que não têm denominao  porque as referidas não existem na escala 1:50.000.

As Cartas mais ao sul deste projeto, com áreas aflorantes ainda dentro do Paraná, são as cartas 2865-4 e 2865-1, onde ocorrem as lavras de arenito como areia, com finalidade de uso na construo civil.

Uma grande parte das estradas secundárias que subiam a escarpa estava desativada. Como a maior atividade econmica da região  a indústria da madeira e com grandes áreas de reflorestamento, os acessos a muitos locais foi prejudicado devido às condioes de tráfego nas estradas.

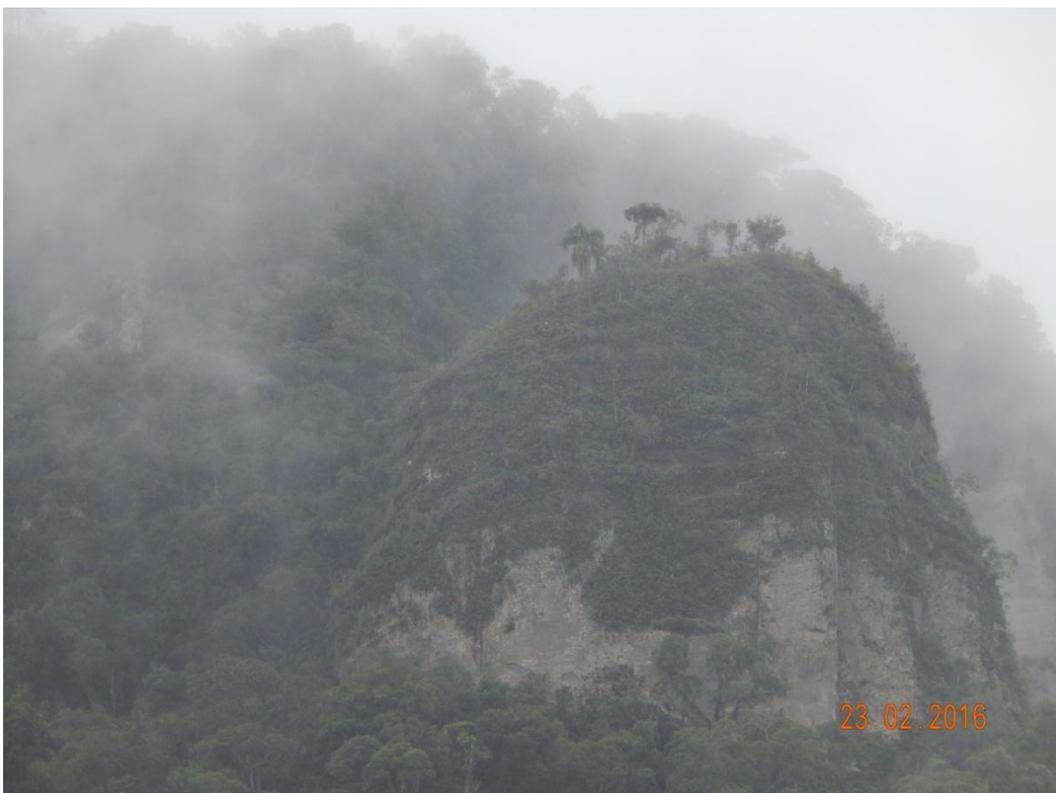


Foto 1: Aspecto da serra, ou da escarpa, onde são vistas grandes exposições de arenitos. EC LL-1072. Carta 2865-2.



Foto 2: Um dos pontos mapeados mais a oeste. Barranca da barragem de Foz da Areia. EC LL-1336. Carta 2865-2.



Foto 3: Em muitos pontos, o contato do arenito com o basalto da Formação Serra Geral é notável. EC LL-1102. Carta 2865-2.



Foto 4: Nesta estrada, a seqüência de afloramentos de arenitos segue por quilômetros a fio, inclusive com dunas, como é o caso desta foto. O arenito não estava mapeado nesta região. EC LL-1109. Carta 2865-2.



Foto 5: Lavra de arenito nas margens da rodovia entre União da Vitória e Cruz Machado. A parte basal, em tom creme esverdeado, é de um arenito do topo da Formação Rio do Rastro. EC LL-1152. Carta 2865-2.



Foto 6: Duna de arenito que está sendo explorada para a retirada de areia. Este ponto, no município de Cruz Machado, é isolado e estava distante das faixas de afloramento conhecidas. EC LL-1126. Carta 2865-2.

Em direção ao norte, área que abrange parte dos municípios de União da Vitória, Paulo Frontin e Paula Freitas, está grande parte da escarpa. Os contatos não são tão nítidos. Os siltitos da Formação Rio do Rastro vão quase até o contato com as rochas basálticas. Há inúmeros diques estreitos de diabásio que recortam a escarpa e escondem os afloramentos de arenito.



Foto 7: Barranco de arenito Piramboia. EC LL-1043. Carta 2866-1.



Foto 8: Paredões de arenito na subida da serra. EC LL-1037. Carta 2866-1.



Foto 9: Afloramentos de arenito ao longo das estradas. EC LL-1046. Carta 2866-1.

A carta 2853-4, Pátio Velho, abrange parte dos municípios de Cruz Machado até o limite com Inácio Martins. Aqui surgem novas áreas de afloramento dos arenitos acompanhando as principais drenagens.



Foto 10: Afloramentos de pacote de arenito ao longo das estradas. EC LL-1080. Carta 2853-4, Pátio Velho.

Outro aspecto comum a várias das cartas na Região Sul são os afloramentos à margem das estradas, em locais onde os habitantes escavam as areias, principalmente para uso na construção civil e também para revestir fornos de produção de carvão.



Foto 11: Afloramentos de pacote de arenito ao longo das estradas. Neste caso, com retirada de areia. EC LL-1252. Carta 2853-4, Pátio Velho.



Foto 12: Muitas vezes os afloramentos de pacote de arenito ao longo das estradas mostram as estratificações do mesmo. EC LL-1082. Carta 2853-4, Pátio Velho.



Foto 13: Em muitos pontos, o contato superior com os basaltos (Serra Geral) é bastante nítido. EC LL-1081. Carta 2853-4, Pátio Velho.

Na carta 2854-3 se encontram vários morros isolados de arenito, sendo o contato superior com basaltos e o inferior com os siltitos e arenitos da Formação Rio do Rastro.

Quase todos estes morros tiveram seus limites redesenhados. Em alguns deles os siltitos chegam quase ao topo, e a extensão de afloramento dos arenitos do Sistema Aquífero Guarani é muito estreita.

Na parte oeste, a de “cuesta”, já havia uma área de arenito mapeada. Esta foi totalmente redesenhada.

A escarpa, propriamente dita, tem inúmeras discontinuidades na faixa aflorante, principalmente em função da presença de diques de pouca espessura que quebram a sequência de arenitos. Pela dificuldade de acesso, estas discontinuidades não foram mapeadas.



Foto 14: Escarpa do arenito na subida da serra. EC LL-1173. Carta 2854-3, Pátio Velho.



Foto 15: Cachoeira em paredão de arenito, com cerca de 30 metros de espessura. EC LL-1077. Carta 2854-3, Pátio Velho.

Na carta 2853-2, em Inácio Martins, aparecem as maiores modificações em relação aos mapas antigos. Surgem inúmeras dunas que não constavam dos mapas, áreas planas imensas com arenito e morrotes de arenito no seu entorno e pacotes de arenito com sills de diabásio com 10 metros de espessura.



Foto 16: Uma das inúmeras áreas planas. EC LL-1276. Carta 2853-2, Inácio Martins.



Foto 17: Detalhe da área plana da foto anterior. Mostra o arenito branco estratificado, abaixo da turfa. Carta 2853-2, Inácio Martins.



Foto 18: Lavra de sill de diabásio dentro da área urbana de Inácio Martins. O detalhe é que o diabásio está na forma de um sill de 10 metros de espessura, com arenitos capeando e em posição inferior ao mesmo. EC LL-1194. Carta 2853-2, Inácio Martins.



Foto 19: Contato discordante entre o arenito, bem estratificado, e riodacito alterado do Grupo Serra Geral. EC LL-1190. Carta 2853-2, Inácio Martins.



Foto 20: Uma das inúmeras dunas de arenito do Sistema Aquífero Guarani. EC LL-1245. Carta 2853-2, Inácio Martins.

Na carta Carta 2854-1, Rio Azul, já havia uma grande área mapeada com arenitos do Sistema Aquífero Guarani, onde a drenagem forma o Rio da Potinga, de grande volume. Mais ao norte está a nascente do Rio da Areia, onde não havia áreas de arenito mapeadas, mas que de fato apresentam arenitos, que erodidos e carregados pelas águas, justificam o nome deste rio.



Foto 21: Região ao sul, condicionada ao Rio da Potinga, é o início de uma grande extensão, com direção sudoeste, de arenitos do Sistema Aquífero Guarani. EC LL-1214. Carta 2854-1, Rio Azul.



Foto 22: Paredão de arenito, antiga estrada de Guarapuava. EC LL-1303. Carta 2838-4, Itapará.



Foto 23: Arenito Piramboia. Areia fina, esbranquiçada, com estratificações cruzadas truncadas. Serra da Esperança, BR 277, Prudentópolis. EC AC-1640. Carta 2838-4, Itapará.



Foto 24: Idem anterior, com estratificações plano-paralelas. Serra da Esperança, estrada velha de Guarapuava para Prudentópolis. EC AC-1653. Carta 2838-4, Itapará.



Foto 25: Contato entre a Formação Piramboia e Arenito Botucatu, Serra da Esperança, BR-277, Prudentópolis. EC AC-1644. Carta 2838-4, Itapará.

8.2 Região Central

O que se convencionou de Região Central neste relatório está compreendida, ao sul, pelos municípios Prudentópolis e Guarapuava e, ao norte, pelos municípios de Tamarana e Marilândia do Sul. Abrange 16 cartas topográficas 1:50.000.

Geologicamente, a área de afloramento dos arenitos do Sistema Aquífero Guarani (SAG), nesta região, apresenta exposição de arenitos brancos a bege claros da Formação Piramboia em áreas de escarpa e nos contatos com a Formação Rio do Rasto, além de uma grande extensão de arenitos de coloração avermelhada, estratificado (às vezes com estratificações cruzadas), com granulometrias variando de fina à média, em raros casos grosseira, da Formação Botucatu. Aqui também aparecem na superfície dos terrenos os blocos de arenito.

Foram cadastradas 768 Estações de Campo nesta região.

2783-4 Borrazópolis	2784-3 Rio Bom	2784-4 Mauá da Serra
2804-2 Ivaiporã	2805-1 Faxinal S	2805-2 Bairro dos França
2804-4 Ivaiporã S	2805-3 Rio Branco do Ivaí	2805-4 Campineiro do Sul
2821-2 Manoel Ribas	2822-1 Cândido de Abreu	2822-2 Marumbi
2821-4 Boa Ventura do São Roque	2822-3 Faxinal da Boa Vista	2822-4 Teresa Cristina
2837-2 Turvo	2838-1 <u>Guairacá</u>	2838-2 Vista Alegre

Figura 2: Articulação das Cartas Topográficas na Região Central na escala 1:50.000.

Na carta de Turvo e a de Boa Ventura de São Roque havia nos mapas antigos áreas aflorantes de arenito, porém, após este mapeamento verificou-se que as mesmas não existiam.



Foto 26: Afloramento de arenito claro, estratificado e fino. EC AC-1600. Carta 2838-1, Guairaçá.

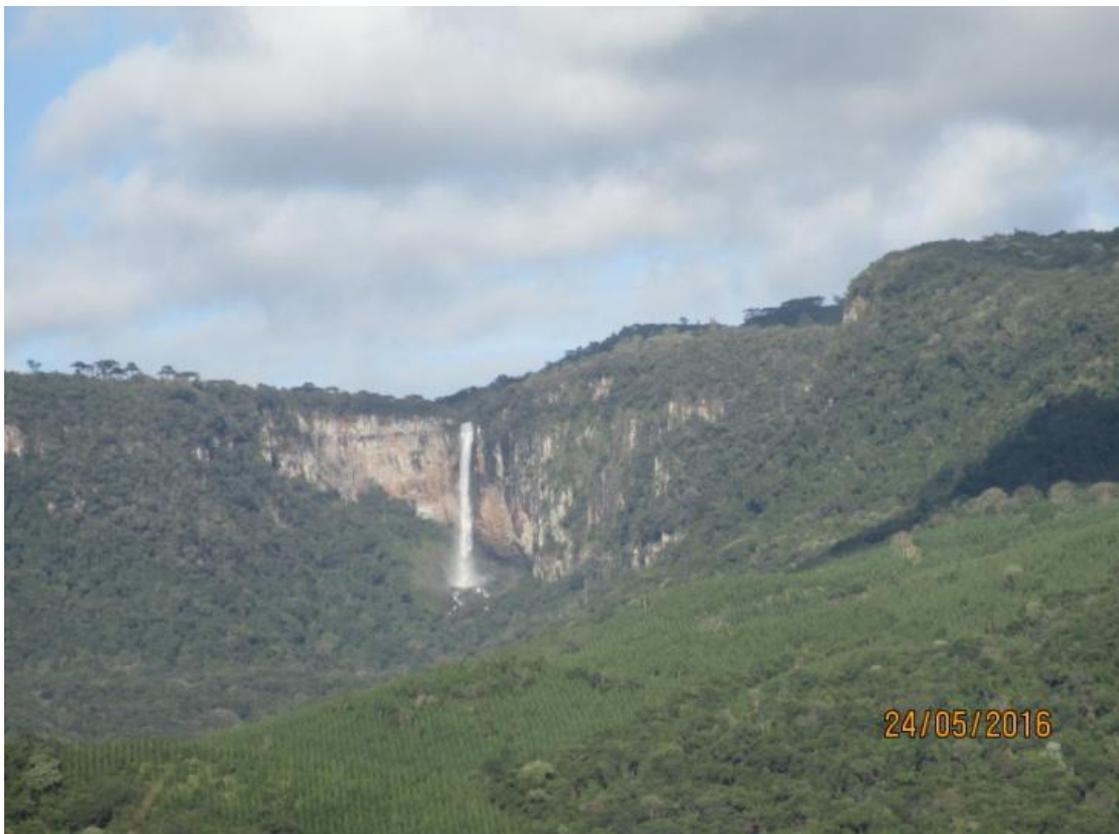


Foto 27: Limite entre Prudentópolis e Guarapuava, Cachoeira São Francisco. No topo basalto e base arenito Botucatu. EC AC 1610. Carta 2038-1, Guairaçá.

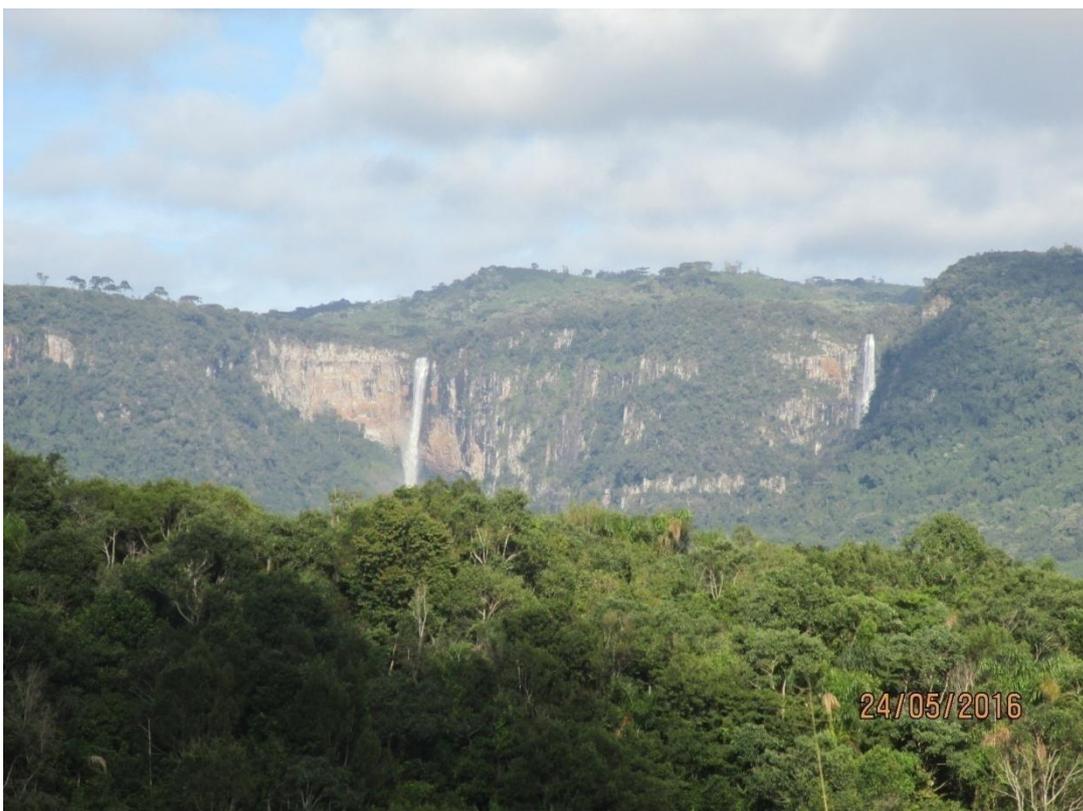


Foto 28: Arenito Botucatu, Cachoeiras Irmãs Gêmeas, Vila Esperança, Prudentópolis. EC AC-1620. Carta 2838-2, Vista Alegre.



Foto 29: Usina Hidroelétrica Pedrinho. No topo basalto e base arenito Botucatu. EC AC 1610. Carta 2038-1, Guairaçá.



Foto 30: Arenito resistente, grosseiro, com restos de sedimentos argilosos. EC AC-1560. Carta 2822-3, Faxinal da Boa Vista.

Na carta de Faxinal da Boa Vista se encontram vários morros isolados de arenito sem contato superior com basaltos, apresentando apenas o inferior com os siltitos e arenitos da Formação Rio do Rastro.

A escarpa, propriamente dita, nesta região apresenta maiores larguras de afloramento, não se constituindo apenas de uma estreita faixa de escarpa.



Foto 31: Escarpa de Arenito Botucatu. EC AC-1566. Carta 2822-3, Faxinal da Boa Vista.



Foto 32: Arenito Botucatu, fino, avermelhado, friável. EC AC-1569. Carta 2822-3, Faxinal da Boa Vista.



Figura 33: Afloramento em leito de estrada, arenito fino e resistente. EC AC-1489. Carta 2821-2, Manoel Ribas.



Foto 34: Afloramento em leito de estrada, arenito fino, estratificado e resistente. EC AC-1524. Carta 2821-2, Manoel Ribas.



Foto 35: Afloramento de arenito, leito de estrada, com nascente. EC AC XXX Carta 2822-1, Cândido de Abreu.



Foto 36: Lavra de arenito. EC AC-1430. Carta 2822-1, Cândido de Abreu.



Foto 37: Escarpa de arenito Botucatu. EC AC-1410. Carta 2822-1, Cândido de Abreu.



Foto 38: Arenito Botucatu, cor amarelada, grosseira, friável. EC AC 1461. Carta 2822-1, Cândido de Abreu.



Foto 39: Arenito grosseiro com pequenos seixos de quartzo. EC AC-1370. Carta 2822-2, Marumbi.



Foto 40: Contato definido entre os siltitos da Formação Rio do Rastro e os arenitos do SAG. EC AC-1372. Carta 2822-2, Marumbi.



Foto 41: Escarpa de Arenito Botucatu. EC AC 1360. Carta 2822-2, Marumbi.



Foto 42: Arenito grosseiro a conglomerático da Formação Botucatu EC AC-1388. Carta 2822-2, Marumbi.



Foto 43: Arenito da Formação Botucatu, de fino a médio, laminado. EC AC 1386. Carta 2822-2, Marumbi.



Foto 44: Arenito resistente, fino, com cobertura de solo avermelhado. EC LL-804. Carta 2804-4, Ivaiporã S.



Foto 45: Os principais afloramentos não se destacam na topografia e são observáveis nos cortes e leitos de estradas. EC LL-813. Carta 2804-4, Ivaiporã S.



Foto 46: Arenito resistente e fino. Surge na topografia com a presença de inúmeros blocos. EC LL-877. Carta 2805-3, Rio Branco do Ivaí.



Foto 47: Percebeu-se que os arenitos afloravam até o alto dos morros, às vezes na mesma cota dos basaltos. Um guia de campo para estas situações são os vales que recortam e dão forma a estes morros. EC LL-887. Carta 2805-3, Rio Branco do Ivaí.



Foto 48: Alguns morros isolados de arenito, como este da foto, não estavam nos mapas antigos. EC LL-905. Carta 2805-3, Rio Branco do Ivaí.



Foto 49: Testemunho de arenito fino, resistente e estratificado no alto de um morro. EC LL-910. Carta 2805-3, Rio Branco do Ivaí.

A Carta 2804-2, Ivaiporã, apresenta várias modificações em relação ao que constava nos mapas mais antigos. Ajustes nos limites e dimensões dos corpos, inclusive alguns isolados que não estavam mapeados e a redefinição dos limites no alto dos grandes morros.



Foto 50: Arenito resistente e fino, no distrito de Dinizópolis. Area que não constava dos mapas antigos. EC LL-957. Carta 2804-2, Ivaiporã.



Foto 51: É possível se perceber como o arenito ocorre nesta região. Não deixa marcas ou lineamentos na topografia, porém em muitos locais encontram-se inúmeros blocos na superfície do terreno. EC LL-978. Carta 2804-2, Ivaiporã.

A carta 2805-1 - Faxinal S - apresenta a maior modificação em relação aos mapas antigos, principalmente nas proximidades da cidade de Grandes Rios.



Foto 52: Arenito resistente fino, à direita da foto, e em contato com o basalto à esquerda da foto. Não há evidência de diferença de morfologia ao se avaliar a superfície do terreno. EC LL-834. Carta 2805-1, Faxinal S.



Foto 53: Arenito Piramboia, com nódulos de siltitos da Formação Rio do Rastro em seu interior. EC LL-895. Carta 2805-1, Faxinal S.

A carta 2784-3, Rio Bom, apresenta quase tudo modificado. Grandes extensões de arenito não constavam dos mapas antigos. Na área mais ao norte, no município de Marilândia do Sul, aflora também a Formação Rio do Rastro.



Foto 54: Afloramento de sedimentos da Formação Rio do Rastro. EC LL-934. Carta 2784-3, Rio Bom.



Foto 55: Arenito Botucatu na mesma sequência de afloramentos da foto anterior. EC LL-934. Carta 2784-3, Rio Bom.



Foto 56: Em muitas áreas desta carta, o arenito resistente, às vezes silicificado, de cor clara, aparece na superfície. EC LL-929. Carta 2784-3, Rio Bom.



Foto 57: Outro local onde é vista a mesma situação relatada na foto anterior. EC LL-949. Carta 2784-3, Rio Bom.

A carta 2784-4, Mauá da Serra, apresenta muitas modificações com extensas áreas, onde hoje é lavrado arenito e que não constavam dos mapas antigos.



Foto 58: Lavra e produção de paralelepípedos de arenito silicificado EC AC-1691. Carta 2784-4, Mauá da Serra.



Foto 59: Paredão de arenito. Mesma região da foto anterior. EC AC-1698. Carta 2784-4, Mauá da Serra.



Foto 60: Paredão de arenito às margens da rodovia BR-376. EC AC-668. Carta 2784-4, Mauá da Serra.



Foto 61: Arenito Botucatu em corte da estrada de ferro. EC AC-1682. Carta 2784-4, Mauá da Serra.



Foto 62: Arenito Botucatu, silicificado, muito bem compactado, próprio para obtenção de paralelepípedos empregados na construção civil. EC AC-1692. Carta 2784-4, Mauá da Serra.

8.3 Região Norte

O que se convencionou de Região Norte, neste relatório, está limitada a oeste e ao sul pelos municípios de Marilândia do Sul, Rio Bom e Faxinal, e ao sul pelos municípios de Sapopema, Ibaiti, Venceslau Braz, entre outros. Abrange 16 cartas topográficas 1:50.000.

Geologicamente, a área de afloramento dos arenitos do Sistema Aquífero Guarani (SAG), nesta região, apresenta exposição de arenitos branco a bege-claro da Formação Piramboia, mapeados isoladamente dos arenitos da Formação Botucatu.

Os arenitos da Formação Botucatu estão representados por uma grande área de solo arenoso vermelho com blocos de arenito branco, e outra de arenitos de coloração avermelhada, estratificado (às vezes cruzadas), com granulometrias variando de fina à média, em raros casos grosseira, formando escarpas e morros testemunhos. Aqui também aparecem na superfície dos terrenos os blocos de arenito.

Foram cadastradas 279 Estações de Campo nesta região. Nos subitens a seguir, serão mostradas em detalhe as cartas topográficas e a configuração final do Aquífero Guarani nas mesmas.

					2732-3 Ourinhos	
				2760-2 Cambará	2761-1 Jacarezinho	2761-2 Ipaçu
		2759-4 Nova Fátima	2760-3 Ribeirão do Pinhal	2760-4 Santo Antonio da Platina	2761-3 Joaquim Távora	2761-4 Carlópolis
2784-2 Tamarana	2785-1 Santa Cecília do Pavão	2785-2 Congonhinhas	2786-1 Vassoural			
2784-4 Mauá da Serra	2785-3 Terra Nova	2785-4 Sapopema				

Figura 3: Articulação das Cartas Topográficas na Região Norte na escala 1:50.000.



Foto 63: Escarpa de Arenito Botucatu, margem do rio Apucarantina. EC AC 1743. Carta 2784-2, Tamarana.



Foto 64: Arenito Botucatu médio a grosseiro, fonte de água mineral – Água da Mina. EC AC-1781. Carta 2784-2, Tamarana.



Foto 65: Arenito Botucatu, areia de média a grosseira, friável, com fonte surgente. Está situada no lado oposto da Água da Mina. EC AC-1787 A. Carta 2784-2, Tamarana.



Foto 66: Arenito Botucatu, parte grosseira a conglomerática, ideal para construção civil. EC AC-1782 A. Carta 2785-4, Sapopema.



Foto 67: Lavra de areia da Formação Botucatu, PR-092, entre Sapopema e São Jerônimo da Serra. EC AC-1788. Carta 2785-4, Sapopema.



Foto 68: Arenito Piramboia em contato com siltito da Formação Rio do Rastro, entre Sapopema e São Jerônimo da Serra. EC AC-1789. Carta 2785-4, Sapopema.



Foto 69: Arenito Botucatu, granulometria de fina/média à grosseira, própria para construção civil – estrada entre São Jerônimo da Serra e Terra Nova. EC AC-1799. Carta 2785-4, Sapopema.



Foto 70: Arenito Botucatu, granulometria média à grosseira, pouco friável. EC AC 1807. Carta 2785-3, Terra Nova.



Foto 71: Arenito Botucatu, afloramento de arenito médio a grosseiro, próprio para ser empregado na construção civil. Apresenta estratificação cruzada truncada. EC AC 1855. Carta 2785-2, Congonhinhas.



Foto 72: Arenito Botucatu "silicificado", próprio para construção civil. EC AC 1862. Carta 2759-4, Nova Fátima.



Foto 73: Arenito Botucatu, lavra de areia média a grosseira do Areial Hoby. Pode-se observar no topo o nível de areia alterada sobre uma zona de erosão. EC AC 1859. Carta 2786-1, Vassoural.



Foto 74: Em uma grande área entre Ribeirão do Pinhal e Santo Antonio da Platina, o solo é arenoso, de coloração vermelha. Quando se encontram blocos de arenito, estes são de cor clara, resistentes a "silicificados", estratificados. EC LL-1347. Carta 2760-3, Ribeirão do Pinhal.



Foto 75: Afloramento de arenito de granulação média, com estratificação cruzada, típica de fluxo subaquoso. EC LL-1361. Carta 2760-3, Ribeirão do Pinhal.



Foto 76: Uma grande área de arenito forma solos frágeis, com sulcos erosivos. EC LL-1370. Carta 2760-3, Ribeirão do Pinhal.



Foto 77: Quando são encontrados blocos de arenito no meio do pacote de solo arenoso, o arenito é claro (cinza a branco), bastante resistente a “silicificado”. EC LL-1371. Carta 2760-3, Ribeirão do Pinhal.



Foto 78: Grandes áreas de erosão e consequente assoreamento dos rios, já no município de Abatiá. EC LL-1393. Carta 2760-4, Santo Antonio da Platina.



Foto 79: Detalhe da cor dos blocos de arenito encontrados na região. EC LL-1398. Carta 2760-3, Ribeirão do Pinhal.



Foto 80: Solo arenoso avermelhado, friável, com inúmeros blocos de arenito branco. EC LL-1450. Carta 2760-4, Santo Antonio da Platina.



Foto 81: Lavra de arenito do Piramboia para uso na construção civil. EC LL-1478. Carta 2761-1, Jacarezinho.



Foto 82: Morro testemunho do arenito Botucatu. EC LL-1483. Carta 2761-3, Joaquim Távora.



Foto 83: Em uma lavra abandonada de arenito, pode-se perceber todo o pacote, arenitos claros, estratificados alternados com camadas de arenito silicificado. Uma possível alternância de arenitos do Piramboia com os do Botucatu. EC LL-1488. Carta 2761-1, Jacarezinho.



Foto 84: Lavra de blocos de arenito Botucatu. EC LL-1491. Carta 2761-3, Joaquim Távora.



Foto 85: Um dos inúmeros morros testemunhos de arenito Botucatu que marcam a paisagem de toda a região. Carta 2761-3, Joaquim Távora.



Foto 86: A lavra de arenitos “silicificados” para fim de confecção de paralelepípedos é uma situação constante em toda a região. EC LL-1505. Carta 2761-2, Ipauçu.

Na região norte há um forte controle estrutural, o que condiciona os limites mapeados entre as formações. Foram mapeados alguns locais onde a Formação Rio do Rastro e os arenitos superiores foram encontrados em áreas anteriormente mapeadas como sendo da Formação Serra Geral.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho de mapeamento mostrou que o trabalho de campo continua imprescindível para se alcançar os objetivos pretendidos. Buscou-se auxílio de várias ferramentas (fotos aéreas, imagens de satélite, avaliação digital do terreno) para facilitar a demarcação dos arenitos da SAG. Porém, a maioria dos novos afloramentos só foi descoberta através da intensa pesquisa de campo.

No sul, a região a oeste da escarpa mostrou que há muitas formas onde são encontrados os arenitos do SAG, seja nas formas de dunas, de áreas planas e úmidas, seja como pacotes de arenito, cuja presença é mascarada pela presença de sills e diques de diabásio.

As áreas planas só poderão ser realmente entendidas quando se fizer pesquisa com sondagens nestes locais, pois há, pelo menos, duas possíveis explicações para a existência das mesmas. A primeira é que estas áreas representam o topo da Formação Rio do Rastro, recoberta pelos arenitos do SAG e matéria orgânica. A segunda é que, nestas áreas, houve um processo erosional e que foi interrompido justamente no limite do lençol freático.

Outra dúvida que surgiu é que, nestas áreas planas, costumam ocorrer argilas claras, de coloração predominante cinza claro. Estas argilas foram queimadas em laboratório e apresentam baixa retração com comportamento refratário. A análise química tem teores altos de sílica e dióxido de alumínio, e baixo de dióxido de titânio. Estas características descartam que sua origem seja da alteração das rochas basálticas. É mais uma situação a ser estudada. Para sanar esta dúvida seriam necessárias mais pesquisas.

A dificuldade de acesso em vários pontos da região atrapalhou a execução dos perfis de campo. A região passou no ano de 2015 por grandes alagamentos, e muitas pontes foram levadas pelas correntezas, interrompendo os acessos.

Uma das áreas mais difíceis de entender a compartimentação geológica foi no município de Grandes Rios, na área central, às margens do rio Ivaí. Quase nada estava mapeado ainda nos mapas antigos. O fato de estar quase ao centro do enxame de diques de diabásio do Arco de Ponta Grossa tornou a execução deste mapeamento mais complicado de se realizar.

Nos perfis de campo realizados, foi comum encontrar a alternância da sequência normal de deposição, ou seja, siltitos da Formação Rio do Rastro, arenitos do SAG e basaltos e riodacitos do Grupo Serra Geral. Porém, em muitas das Estações de Campo a ordem estava truncada.

Na porção norte a noroeste do município de Faxinal, em direção ao município de Marilândia do Sul, foi mapeada uma grande extensão do SAG. Em alguns locais, a exposição de arenitos e de siltitos se encontram na base e nas laterais de depressões e estruturas de direção noroeste. Em muitos afloramentos, o que se encontrou foi grande extensão de arenitos silicificados, só que de coloração clara, diferentes daqueles lavrados e comercializados em Tamarana e Faxinal, além de Jacarezinho e Ribeirão Claro, no Norte.

A posição encontrada ao norte, nos municípios de Ribeirão do Pinhal, Abatiá e Santo Antonio da Platina, principalmente onde poucos afloramentos de rocha foram encontrados, em uma sequência de solos arenosos, erodíveis e espessos, com muitos blocos de arenito claro (branco a castanho) precisa ser mais bem pesquisada. Esta situação dificulta identificar qual a formação geológica a que pertence (Piramboia ou Botucatu), além do impacto na região, com forte erosão nas encostas e consequente assoreamento dos rios.

Uma situação que chamou a atenção em todas as três regiões foi a presença de riodacitos em proximidade com os arenitos. Em muitas áreas, mapeadas anteriormente como pertencente à Formação Serra Geral, mapeou-se muito arenito e quase sempre se encontrava nestas lavas característica ácida. A relação entre estas litologias precisa ser mais bem compreendida.

Várias áreas extensas, distantes da escarpa, foram mapeadas, o que demonstra que há sim a necessidade de se controlar melhor a utilização destas áreas, e que há (principalmente no Sul) áreas planas com surgência de água, com necessidade imediata de se estabelecer parâmetros de utilização e preservação.

Sobre os níveis conglomeráticos citados que ocorreriam com certa frequência na parte superior da Formação Piramboia, nos trabalhos realizados neste projeto e apresentados neste relatório, pode se afirmar que os níveis

conglomeráticos não são constantes e nem observáveis em toda a extensão do limite entre os arenitos das Formações Piramboia e Botucatu.

Por último, para o objetivo deste projeto de remapear a faixa de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Paraná, considera-se que o mesmo foi cumprido.

É possível detalhar ainda mais os mapas, principalmente levada em conta a forte estruturação tectônica (regiões Central e Norte). Porém, para isso se concretizar é preciso se trabalhar com mais detalhe. O número de estações de campo é considerado satisfatório para os objetivos pretendidos.

10. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE FILHO, J. L. (coord.) et al. **Subsídios ao plano de desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo**. São Paulo : IPT, 2011.

ANDRADE, D. C. **Análise da fragilidade e do conflito de uso do solo em área de recarga do Aquífero Guarani**. 69 f Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2014.

BONACIM, A. L. (Coord.) et al. **Elaboração da carta das águas subterrâneas do Paraná: relatório parcial 3**. Porto Alegre, 2015.

CONGRESSO AQUÍFERO GUARANI, 2, 2008, Ribeirão Preto. **Memória**. Ribeirão Preto, 2008. p. 1-36.

GESICKI, A. L. D. **Evolução diagenética das formações Pirambóia e Botucatu (Sistema Aquífero Guarani) no Estado de São Paulo**. 175 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2007.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Aquífero Guarani**. Curitiba : Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=57>>. Acesso em: 14/12/2016.

MACHADO, J. L. F. A redescoberta do aquífero Guarani. **Scientific American Brasil**, São Paulo, n. 47, n. p., abr. 2006.

MACHADO, J. L. F. **Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul**. 237 f. Tese (doutorado em Geologia sedimentar) - Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2005.

MASSOLI, Marcos. **Caracterização litofaciológica das formações Pirambóia e Botucatu, em subsuperfície, no município de Ribeirão Preto (SP), e sua aplicação na prospecção de águas subterrâneas.** 189 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

PORTELA FILHO, C. V. et al. Compartimentação magnética-estrutural do Sistema Aquífero Serra Geral e sua conectividade com o Sistema Aquífero Guarani na região central do arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, n.3, p. 369-381, set. 2005.

OLIVEIRA, L. A. ; VIEIRA, A. S. Estado da arte do Sistema Aquífero Guarani - SAG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, jun. p. 174-189, 2010.

OLIVEIRA, L. A. Estado da arte do Sistema Aquífero Guarani – SAG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, p. 174-189, jun.,2010.

RICCOMINI, C.; et al. Considerações sobre a estratigrafia do Permo-Triássico na região da serra do Cadeado, Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: SBG, v. 2, p. 754–763, 1984.

ROCHA, D. L. Aspectos geográficos e arcabouço geológico do Aquífero Serra Geral no Estado do Paraná. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v.1, número especial, p. 140-152, jul./dez. 2014.

ROSA FILHO, E. F. et al. **Aquíferos do Estado do Paraná.** Curitiba : Gráfica Universitária da UFPR, 2011, 200 p.

ROSA FILHO, E. F. et al. **Água subterrâneas no Estado do Paraná.** Curitiba : Maxi Gráfica e Editora Ltda, 2010, 147 p.

SOARES, P. C. **O Mesozóico gonduânico no Estado de São Paulo.** 152 f. Tese (Doutorado em Ciências), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista. 1973.

SOARES, P.C. Divisão Estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 229-251. 1975.

STRUGALE, Miguel et al. Compartimentação estrutural das Formações Pirambóia e Botucatu na região de São Jerônimo da Serra, Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo v. 34, n. 3, p. 303 - 316, 2004.

STRUGALE, Miguel et al. Structural framework and Mesozoic–Cenozoic evolution of Ponta Grossa Arch, Paraná Basin, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, n. 24, p. 203–227, 2007.

ZALÁN, P. V., et al. Tectonics and sedimentation of the Paraná basin. In: SIMPÓSIO DO GONDWANA. São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s. n.]. 1988.

ANEXO
MAPAS

450000

500000

720000

720000

ÁREA SUL

LEGENDA

-  Grupo Serra Geral
-  Formação Botucatu/Pibamboia

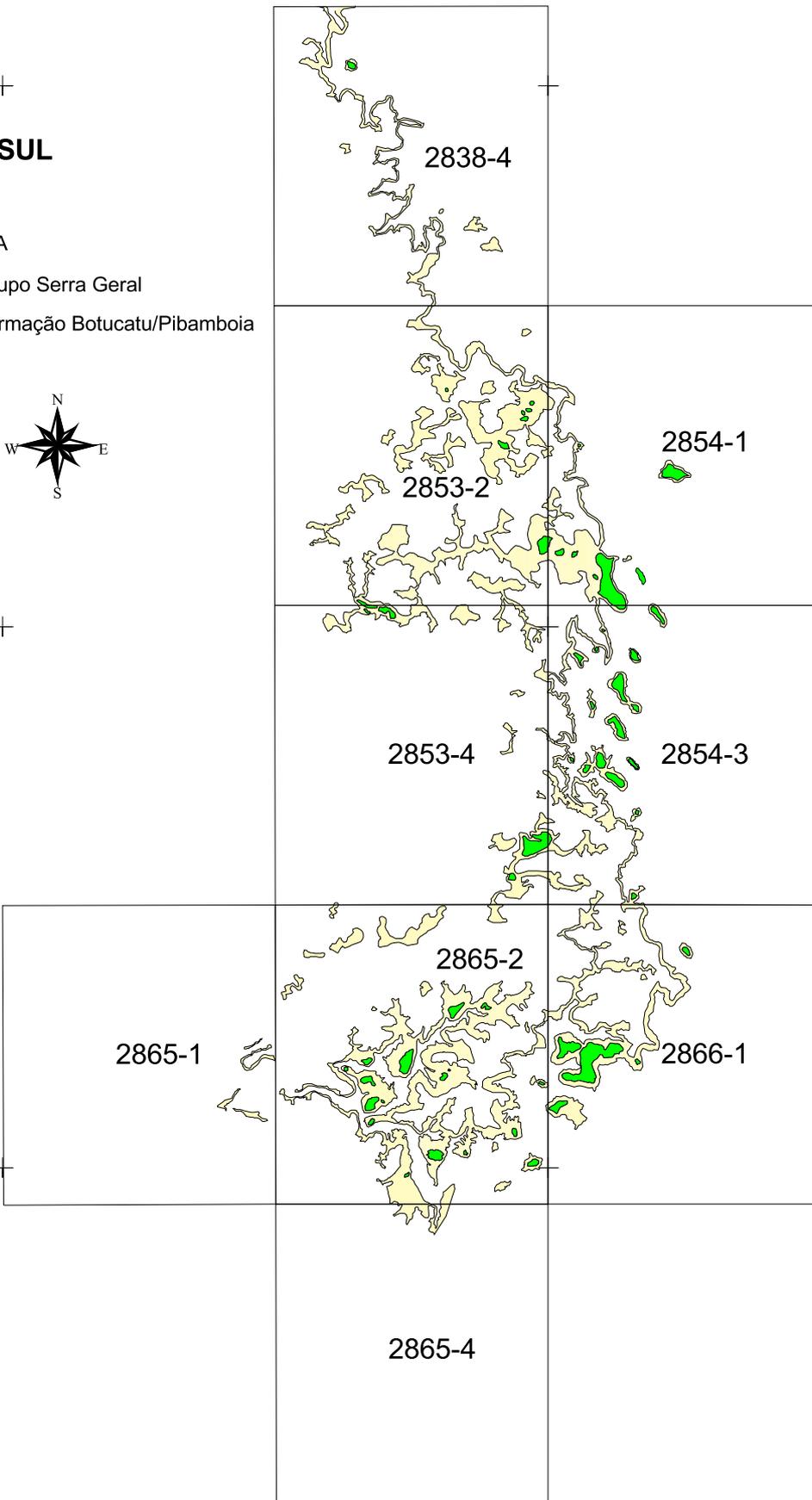


7150000

7150000

7100000

7100000



450000

500000

