



Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA
Serviço Geológico do Paraná - MINEROPAR

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

REGIÃO SUL

Revisão e Editoração

Clarissa Nunes

Catálogo e Referências

Bibliotecária Marlene Mengarda Martelli

Catálogo na fonte

Serviço Geológico do Paraná – MINEROPAR.

Mapeamento geológico da faixa aflorante do sistema Aquífero Guarani no Estado do Paraná - Região Sul. Curitiba : Mineropar, 2016.

35 p., anexos.

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

CDU 556.332 (816.2)

Direitos desta edição reservados ao Serviço Geológico do Paraná - MINEROPAR

Rua Máximo João Kopp, 274 - Bloco 3

Bairro Santa Cândida – Curitiba – Paraná

CEP 80531-970 Fone: (41) 351-6900

<http://www.pr.gov.br/mineropar> e-mail: minerais@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

MINEROPAR - Serviço Geológico do Paraná

José Antonio Zem
Diretor Presidente

Marcos Vitor Fabro Dias
Diretor Técnico

Moacir Lazzarotto de Oliveira Filho
Diretor Administrativo-Financeiro



GERÊNCIA DE GEOLOGIA-BÁSICA E TEMÁTICA

Gerente

Geólogo Edir Edemir Arioli

Execução e elaboração

Geólogo Luciano Cordeiro de Loyola (chefe de projeto)

Geólogo Adão de Souza Cruz

Apoio e colaboração

Geoprocessamento - Donaldo Cordeiro da Silva

Geoprocessamento - Miguel Ângelo Moretti

Técnico de Geologia - Roberto Eustáquio dos Anjos Santiago

Apoio de Campo - Genésio Pinto Queiroz

Digitalização - Silvana Regina Cavichiolo

Revisão e Editoração - Clarissa Nunes

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	6
3. JUSTIFICATIVA.....	7
4. OBJETIVO.....	8
5. METAS.....	8
6. METODOLOGIA.....	9
6.1 Compilação e organização de documentos e dados.....	9
6.2 Definições das áreas de mapeamento.....	9
6.3 Análise e interpretação de imagens de sensoriamento remoto.....	9
6.4 Execuções de levantamentos de campo.....	10
6.5 Tratamento e interpretação dos dados de campo.....	10
7. RESULTADOS DO MAPEAMENTO.....	10
7.1 Região Sul.....	10
7.1.1 Carta 2865-2.....	13
7.1.2 Carta 2866-1.....	16
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	32
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

ANEXOS

Mapa do Aquífero na Região Sul

Mapa do Aquífero na Região Central

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho refere-se ao Mapeamento Geológico do Aquífero Guarani no Estado do Paraná, nas regiões denominadas neste trabalho de Sul e Central.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O abastecimento público de água no Brasil é feito em mais de 50% por águas oriundas de reservas subterrâneas. Somente no Estado de São Paulo este índice sobe a 80%. No cenário atual, o estudo destes aquíferos torna-se imprescindível, pois é fundamental para o bem estar de seres humanos.

O Sistema Aquífero Guarani é considerado um dos maiores reservatórios, inclusive em termos mundiais.

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 Pirambóia. Segundo Machado (2014), "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

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.

4. OBJETIVO

Mapear os limites geográficos e estratigráficos dos arenitos Botucatu e Pirambóia, 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 Pirambóia, 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 é 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 novas áreas de arenito, a mais de 14 quilômetros a oeste dos limites atuais. Com isso, a terceira e última região, a norte, terá que ser 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 (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 secções tipo e de referência para conhecimento da formação a ser mapeada e dos principais elementos a serem cadastrados.
5. Coleta de informações geológicas sistematizadas do Serviço Geológico do Paraná que serão armazenadas no Sistema Mina - Base de Dados da MINEROPAR.

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. Usou-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 Pirambóia.
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 xerox)

colorido da foto de interesse, incluindo a demarcação prévia dos pontos/seções a serem levantadas e vistoriados.

2. Digitalização dos elementos em SIG, utilizando o Sistema de Informações da MINEROPAR (MINA).
3. Transferência da interpretação fotogeológica preliminar para imagens do Google Earth.
4. Impressão das imagens para apoio em campo com cheque 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. Integração final dos dados acima relacionados deverá ser feita em ambiente SIG.
2. Os dados de campo, tanto os compilados quanto os gerados pelo mapeamento, deverão ser inseridos no MINA para a integração final dos resultados.

7. RESULTADOS DO MAPEAMENTO

7.1 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, como pode ser observado na figura a seguir.

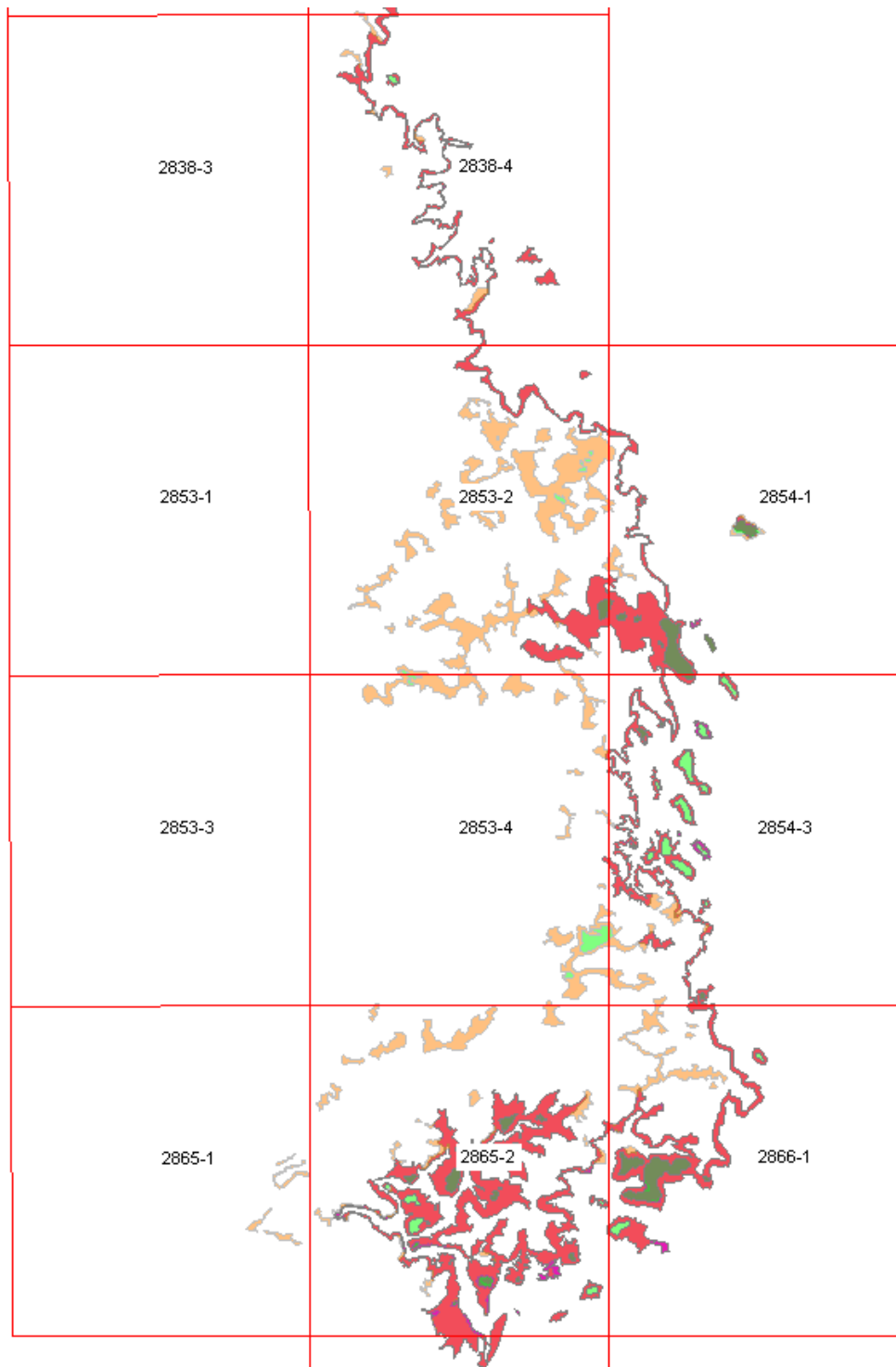


Figura 2. Em exposição sobreposta, percebem-se nos tons alaranjados as novas áreas aflorantes de arenito.

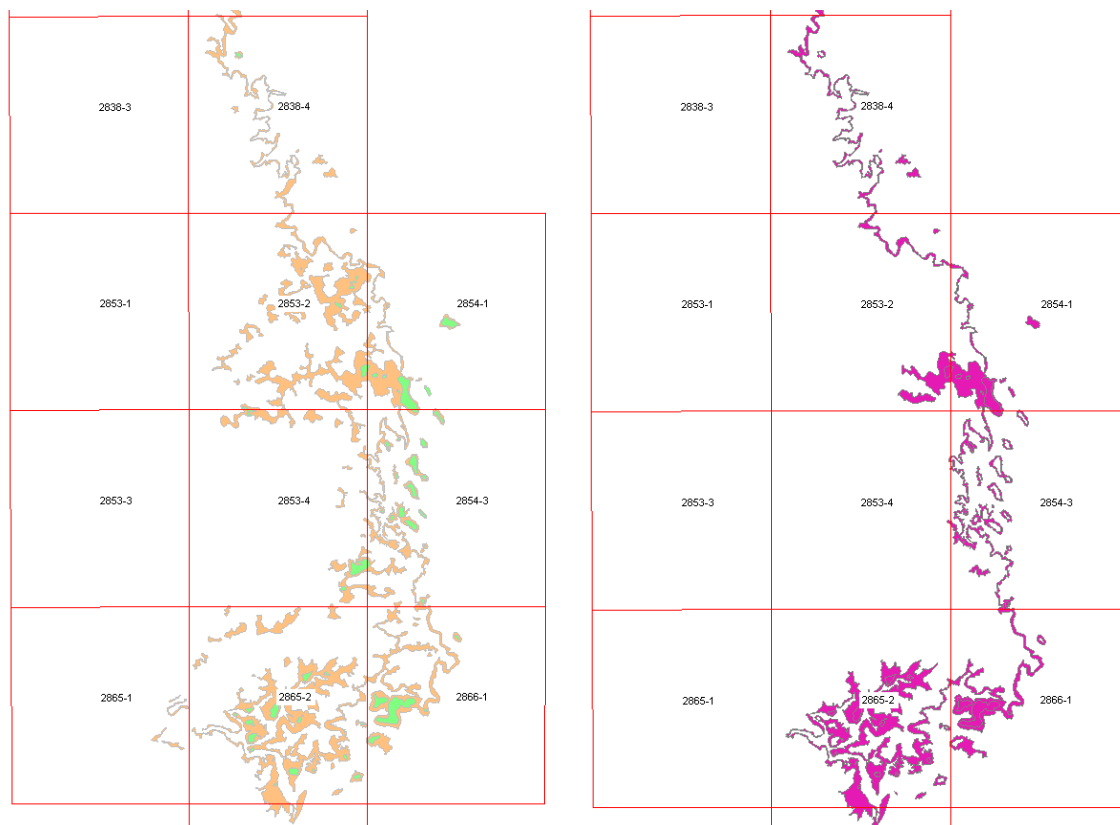


Figura 3. Nestas duas imagens é possível comparar a faixa de exposição do Sistema Aquífero Guarani. À esquerda o resultado do mapeamento atual e, à direita, como estava mapeado anteriormente.

Foram cadastradas 375 Estações de Campo nesta região. Nos subitens a seguir, serão mostradas em detalhes as cartas topográficas e a configuração final do Aquífero Guarani nas mesmas.

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

Figura 4: Articulação das Cartas Topográficas na Região Sul. Nas cartas que não têm denominação é porque as referidas não existem na escala 1:50.000.

7.1.1 Carta 2865-2

Carta mais ao sul deste projeto, com áreas aflorantes ainda dentro do Paraná, na Carta 2865-4 e 2865-1.

Nesta carta é onde ocorrem as lavras de arenito com finalidade de uso na construção civil.

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



Foto 1: Aspecto da serra, ou da escarpa, onde são vistas grandes exposições de arenitos. Estação de Campo LL-1072.



Foto 2: Um dos pontos mapeados mais a Oeste. Barranca da barragem de Foz da Areia. Estação de Campo LL-1336.

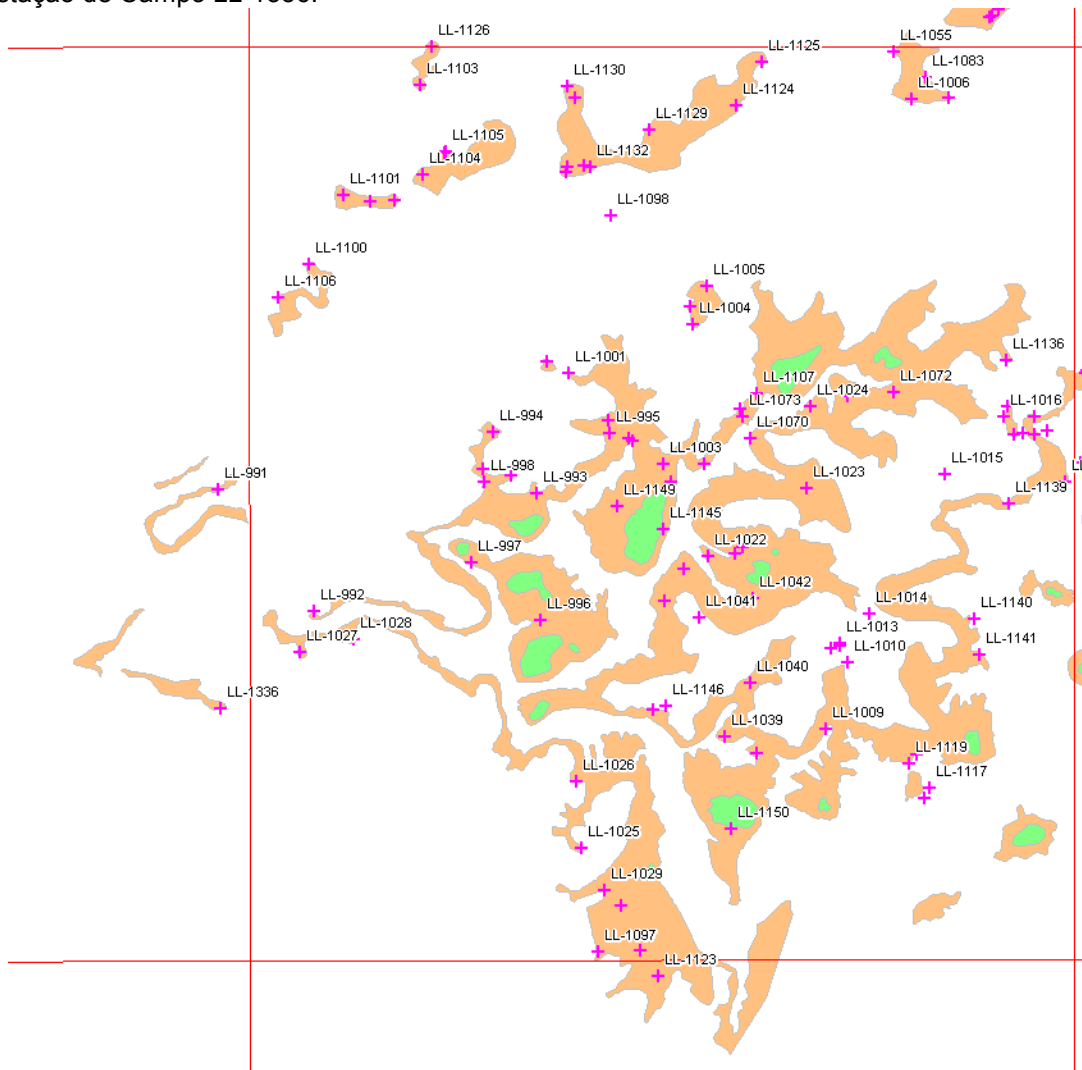


Figura 5: Área mapeada do Aquífero Guarani, com muitas áreas novas que não constavam dos mapas anteriores. As cruzes roxas são as Estações de Campo nesta carta.



Foto 3: Em muitos pontos o contato do arenito com o basalto da Formação Serra Geral é notável. Estação de Campo LL-1102.



Foto 4: Nesta estrada, a sequência de afloramentos de arenitos segue por quilômetros a fio, inclusive com dunas, como é o caso desta foto. Estação de Campo LL-1109.



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. Sem uso na construção civil. Estação de Campo LL-1152.



Foto 6: Duna de arenito e 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. Estação de Campo LL-1126.

7.1.2 Carta 2866-1

Nesta carta, que pega 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.

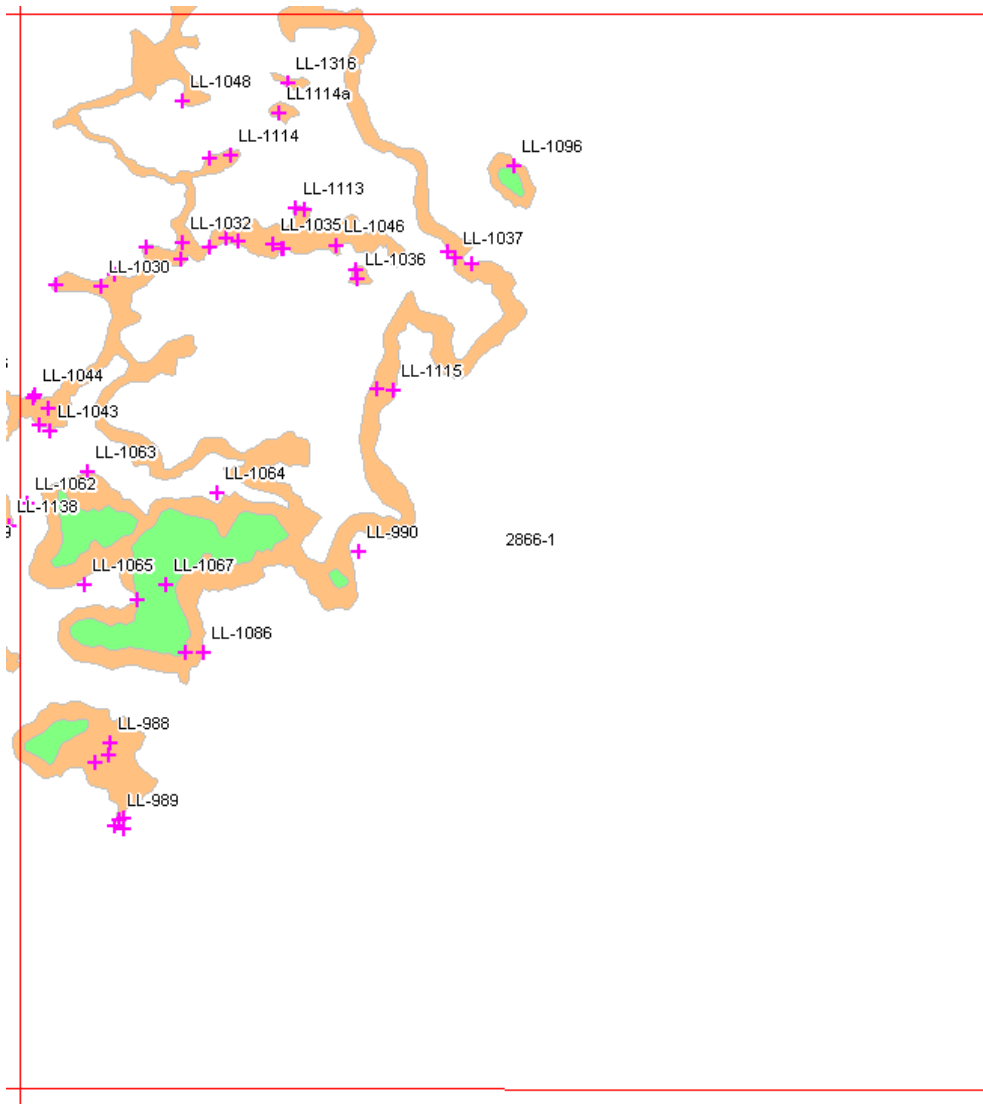


Figura 6: Área mapeada do Aquífero Guarani, com muitas áreas novas a oeste da escarpa, o que seria sua “cuesta”.



Foto 6: Barranco de arenito Pirambóia. Estação de Campo LL-1043.



Foto 7: Paredões de arenito na subida da serra. Estação de Campo LL-1037.



Foto 8: Afloramentos de arenito ao longo das estradas. Estação de Campo LL-1046.

7.1.3 Carta 2853-4 – Pátio Velho

A carta 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 9: Afloramentos de pacote de arenito ao longo das estradas. Estação de Campo LL-1080.

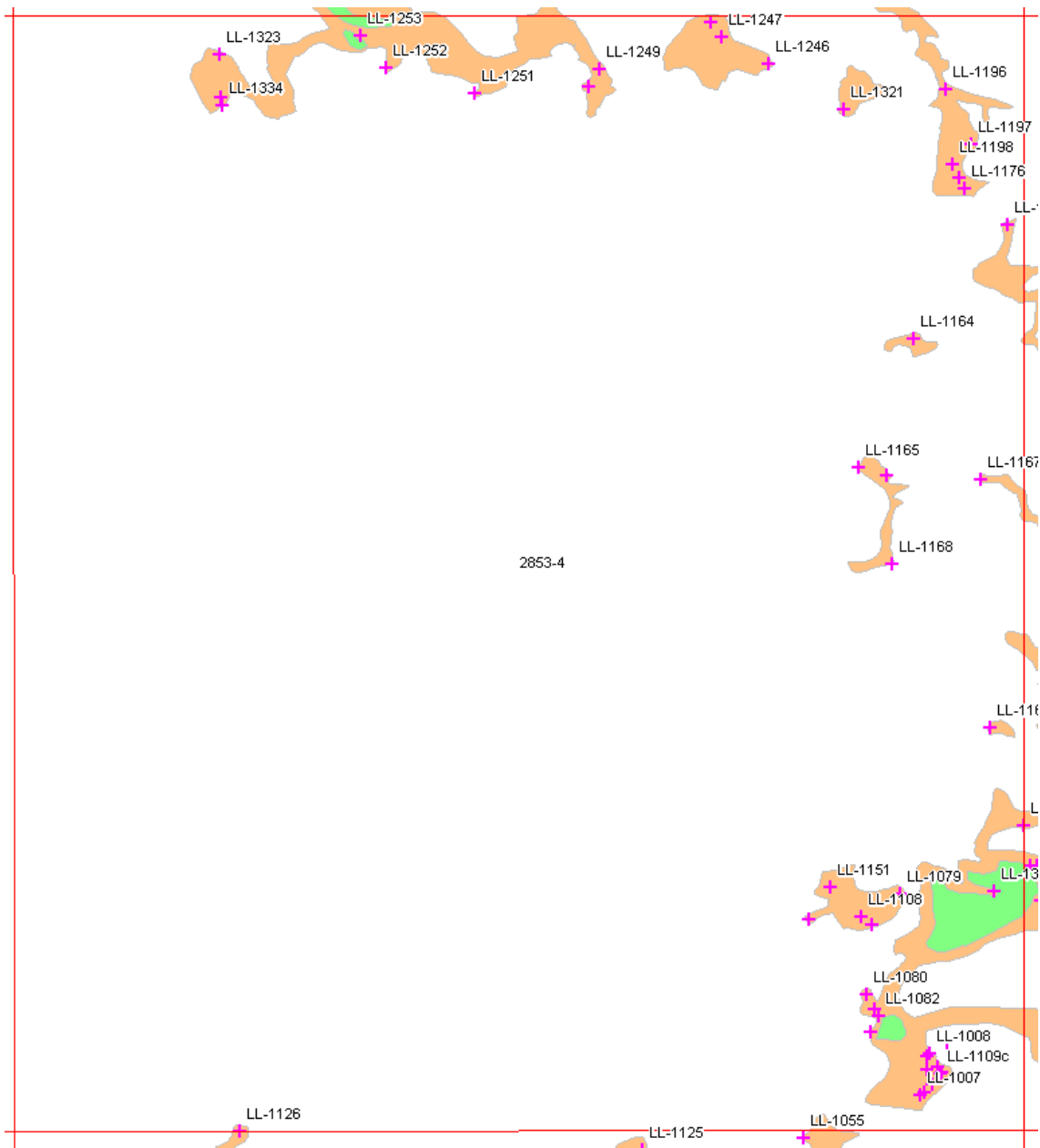


Figura 7: Área mapeada do Aquífero Guarani na carta 2853-4, com muitas áreas novas.

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 10: Afloramentos de pacote de arenito ao longo das estradas. Neste caso com retirada de areia. Estação de Campo LL-1252.



Foto 11: Muitas vezes os afloramentos de pacote de arenito ao longo das estradas mostram as estratificações do mesmo. Neste caso com retirada de areia. Estação de Campo LL-1082.



Foto 12: Em muitos pontos, o contato superior com os basaltos (Serra Geral) é bastante nítido. Estação de Campo LL-1081.

7.1.4 Carta 2854-3

Nesta carta 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 desenhadas.



Foto 13: Escarpa do arenito na subida da serra. Estação de Campo LL-1173.



Foto 14: Cachoeira em paredão de arenito, com cerca de 30 metros de espessura. LL-1077.

7.1.5 Carta 2853-2 – Inácio Martins

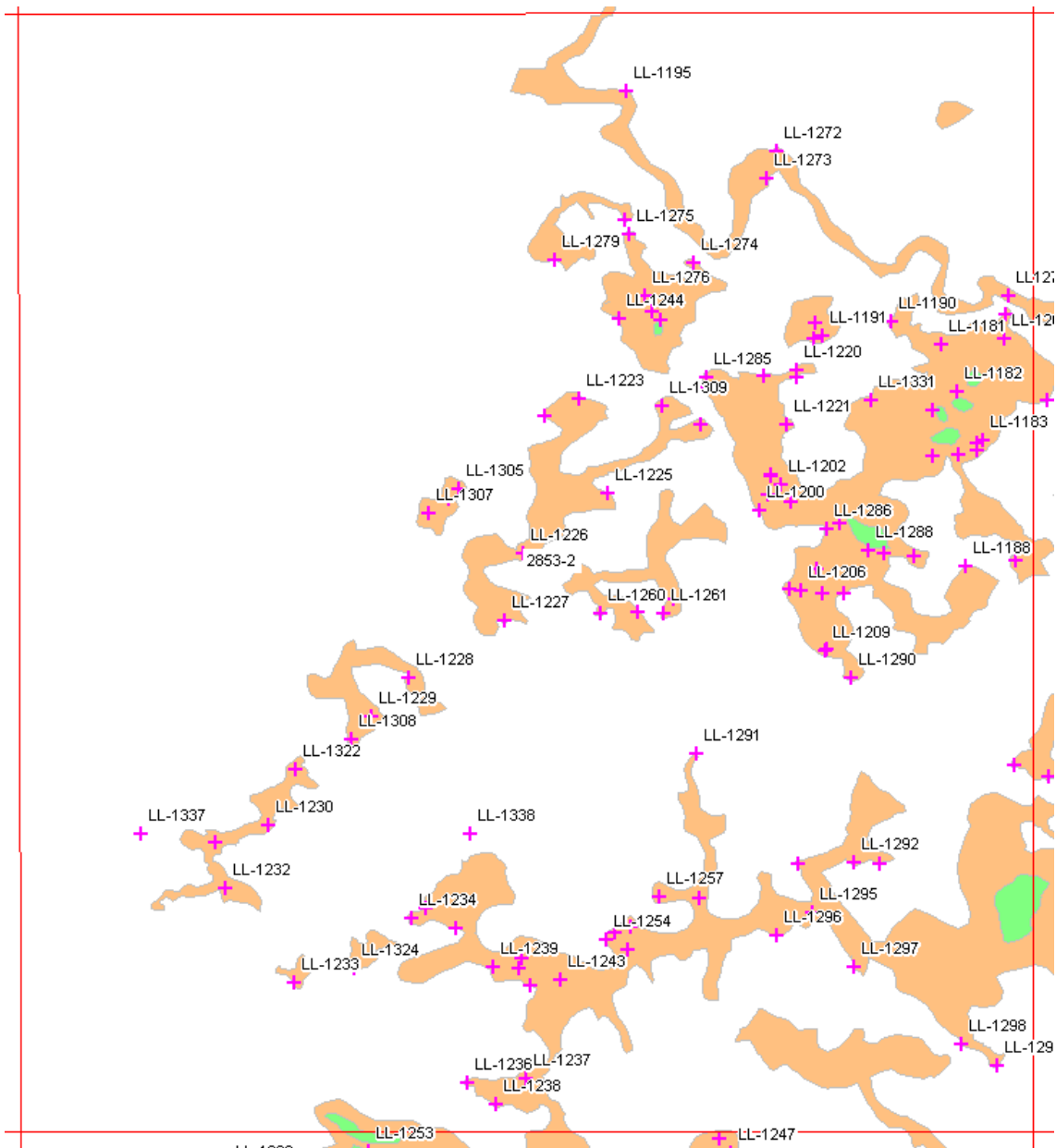


Figura 8: Esta carta foi aquela que está totalmente modificada em relação ao que existia nos mapas antigos.

Nesta carta 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.

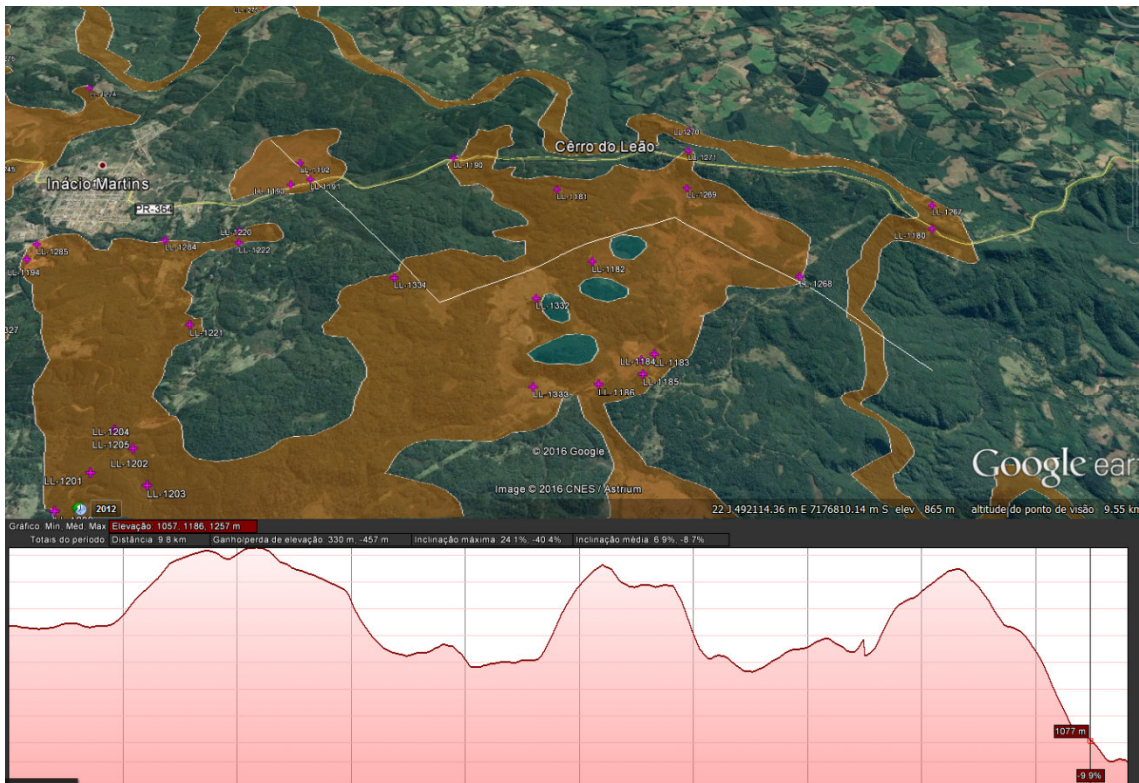


Figura 9: Imagem do Google Earth, com o perfil de elevação abaixo, mostrando algumas das áreas planas mencionadas acima.



Foto 15: Uma das inúmeras áreas planas. Estação de Campo LL-1276



Foto 16: Detalhe da área plana da foto anterior. Mostra o arenito branco estratificado, abaixo da turfa.



Foto 17: 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. Estação de Campo LL-1194.



Foto 18: Contato entre o Arenito Botucatu, bem estratificado, e riodacito alterado do Grupo Serra Geral. Estação de Campo LL-1190.



Foto 19: Uma das inúmeras dunas de arenito do Sistema Aquífero Guarani. Estação de Campo LL-1245.

7.1.6 Carta 2854-1 – Rio Azul

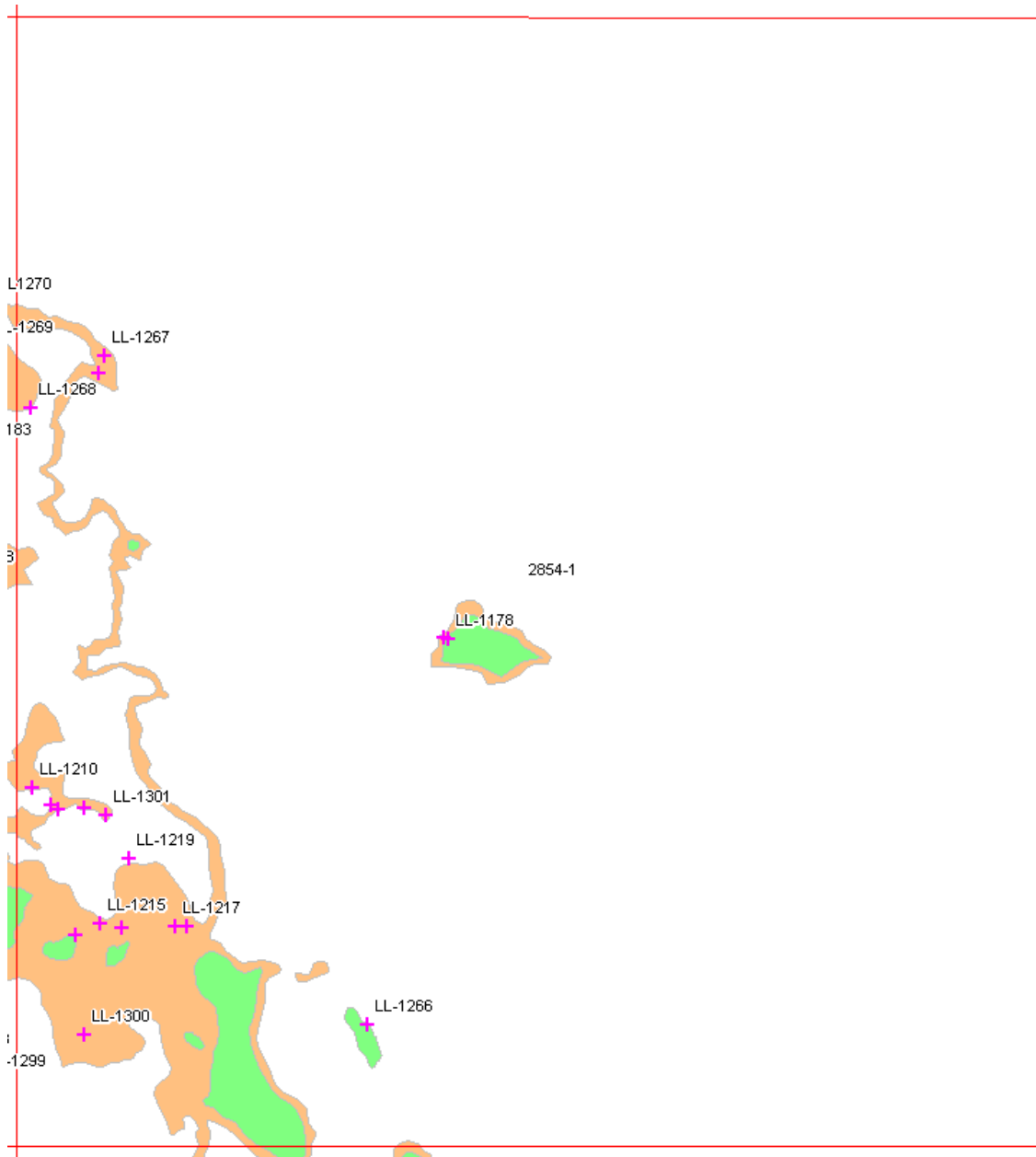


Figura 9: Carta que apresenta poucas modificações em relação ao que constava nos mapas mais antigos.

Nesta carta já havia uma grande área mapeada com arenitos do Sistema Aquífero Guarani, onde a drenagem forma o Rio da Potinga, de grande volume e, mais ao norte, 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.

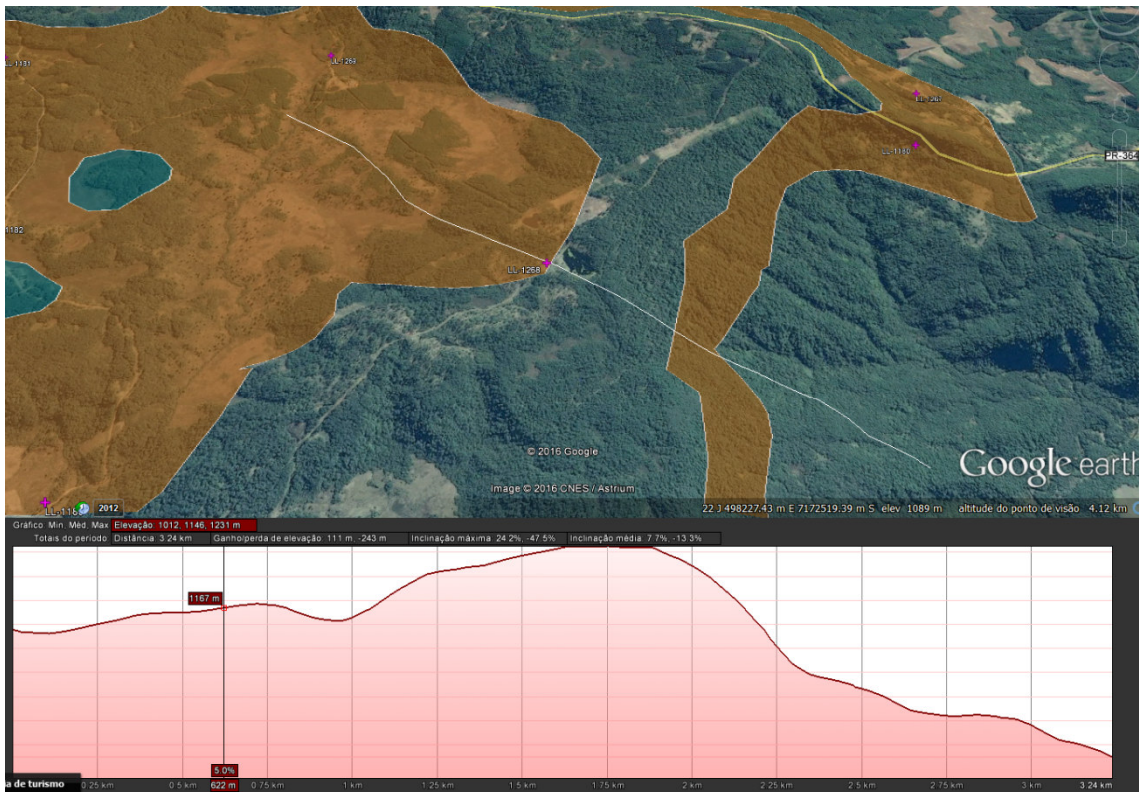


Figura 10: Imagem do Google Earth, com o perfil de elevação abaixo, mostrando a escarpa à direita, uma área elevada de basaltos e algumas áreas planas mais a oeste.



Foto 20: Região ao sul, condicionada ao Rio da Potinga, é o início de uma grande extensão, com direção sudoeste, de arenitos do Sistema Aquífero Guarani. Estação de Campo LL-1214.

7.1.7 Carta 2838-4 – Itapar

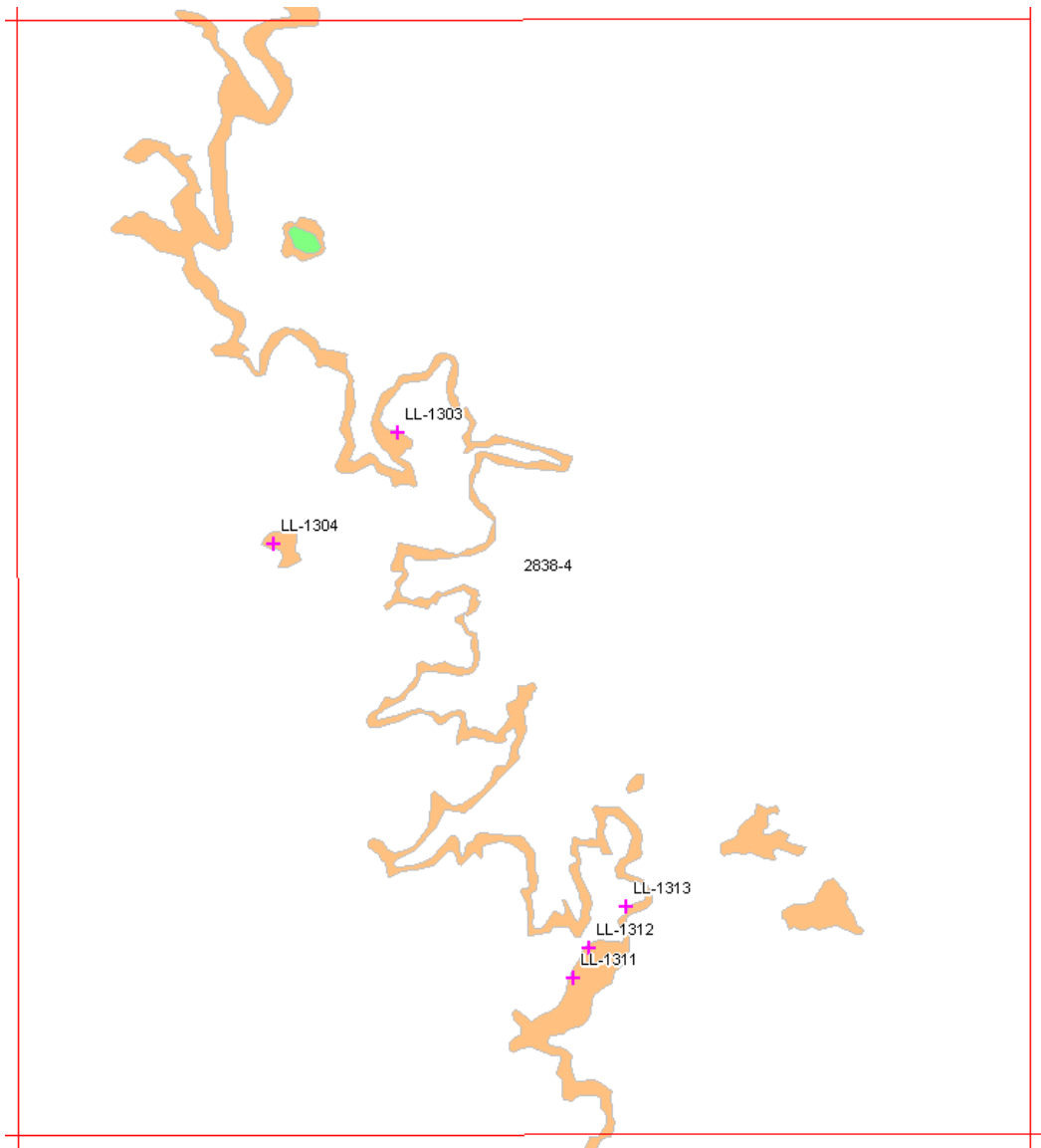


Figura 11: Carta que apresenta poucas modificaes em relação ao que constava nos mapas mais antigos.

Esta carta apresenta uma linha de escarpa de afloramentos de arenitos do Sistema Aquífero Guarani, com uma pequena modificação em áreas de afloramento.



Foto 21: Paredão de arenito, antiga estrada de Guarapuava. Estação de Campo LL-1303.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O substrato rochoso da área sede do município é composto por rochas vulcânicas basálticas pertencentes ao Membro Salgado Filho, subdivisão da Formação Barracão, Grupo Serra Geral.

Foram identificados cinco contatos entre derrames de basalto. Eles constituem zonas permeáveis que favorecem a circulação da água subterrânea, agente catalisador dos processos de movimentos de massa. No Anexo 3 estão delimitados estes contatos.

O relevo na sede do município e entorno é condicionado pelos derrames de basalto que conferem uma paisagem de platôs, margeados por encostas íngremes, vales em degraus e vertentes retilíneas e côncavas. Este tipo de relevo favorece a dissecação do terreno e formação de solos transportados (colúvios) nas vertentes, geralmente íngremes, constantes em Manfrinópolis.

Quanto aos materiais inconsolidados, devido à forte dissecação do relevo de Manfrinópolis, há uma predominância de solos rasos, neossolos regolíticos e litólicos, bem como lajeados de rocha. Solos transportados (colúvios) são de ocorrência mais restrita e ocorrem principalmente nas vertentes côncavas próximas ao vale do Rio Encantilado. Destaque aos depósitos de solos mais espessos (colúvios finos) que preenchem o vale do rio, tornando uma área plana, geoteticamente com boas características para ocupação, no entanto, uma área suscetível a enchentes. Destaque aos campos de matações que constituem unidades de materiais inconsolidados residuais, originados a partir do processo de intemperismo designado de alteração esferoidal. Estas áreas são muito suscetíveis a escorregamentos, notadamente em terrenos de alta declividade (acima de 20%).

Foram individualizadas três unidades de terreno, sendo a “Unidade A” de boas características para a ocupação, salvo a questão das enchentes. A “Unidade B” a maior parte da área de entorno da principal área ocupada, de altas declividades, muito dissecada, e com ocorrências de escorregamentos, é uma área com fortes restrições à ocupação, exigindo estudos geotécnicos de detalhe em locais ocupados e a ocupar. A “Unidade C”, passível de ocupação, exige cuidados. São áreas de atenção.

Determinados tipos de vegetação podem se comportar como agentes de fixação do solo contra MGM (cortinas de bambu e capim Vetiver, por exemplo). Deste modo, recomenda-se a avaliação do plantio de espécies vegetais para este fim, orientado por agrônomo ou engenheiro florestal, em áreas de risco - que são as áreas ocupadas em declividades acima de 20% ou juntas a estas, não importando o material subjacente.

Nas áreas de risco (áreas ocupadas em altas declividades), recomenda-se fortemente a avaliação geotécnica detalhada, com furos a trado e, talvez, a aplicação de métodos geofísicos, a fim de avaliar a profundidade do material inconsolidado, para uma previsão do volume do material que pode ser deslocado (MGM). Estes estudos devem possibilitar a realização de projetos de drenagens e contenção de encostas, se necessários.

Recomenda-se que não sejam abertas estradas, bem como outras obras, em terrenos com elevadas declividades, como é o caso do ponto MF-037 (Imagens 31A, 31B), sem o acompanhamento de técnicos especializados em geotécnica.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MACHADO, J. L. F. **Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul.** Tese (doutoramento). Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 237 p., 2005.
- MACHADO, J. L. F. A redescoberta do aquífero Guarani. Scientific American Brasil, edição 47, abril 2006.
- MENDONÇA, J.L.G. de; GUTIERRE. Os aquíferos Botucatu e Pirambóia no Estado de São Paulo: novos mapas de isóbatas do topo, espessura e nível d'água. Site: perfuradores.com, acesso em 17/12/2014.
- 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.** Tese (doutoramento). em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 189 p., 2007.
- 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, vol. 34 (3): 303 - 316, 2004.

ANEXO

MAPAS