

MINEROPAR

SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ



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

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO
ESTADO DO PARANÁ**

REGIÃO CENTRAL

Curitiba
2016

Revisão e Editoração

Clarissa Nunes

Catálogo e Referências

Bibliotecária Marlene Mengarda Martelli

Catálogo na fonte

Serviço Geológico do Paraná – MINEROPAR.

Mapeamento geológico do sistema Aquífero Guarani no Estado do Paraná - Região Central. Curitiba : Mineropar, 2016.

47 p., anexos.

1. Aquífero Guarani – Região Central. 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

MINEROPAR

SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ



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 REGIÃO CENTRAL.....	10
7.1 Carta 2838-1 - Guairaçá	14
7.2 Carta 2838-2 - Vista Alegre	16
7.3 Carta 2821-4 – Boa Ventura do São Roque.....	17
7.4 Carta 2822-3 – Faxinal da Boa Vista.....	17
7.5 Carta 2822-4 – Teresa Cristina.....	20
7.6 Carta 2821-2 – Manoel Ribas	21
7.7 Carta 2822-1 – Cândido de Abreu.....	23
7.8 Carta 2822-2 – Marumbi	26
7.9 Carta 2804-4 – Ivaiporã S.....	28
7.10 Carta 2805-3 – Rio Branco do Ivaí.....	30
7.11 Carta 2805-4 – Campineiro do Sul.....	33
7.12 Carta 2804-2 – Ivaiporã	34
7.13 Carta 2805-1 – Faxinal S.....	36
7.14 Carta 2805-2 – Bairro dos França.....	38
7.15 Carta 2784-3 – Rio Bom	39
7.16 Carta 2784-4 – Mauá da Serra	42
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	45
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

ANEXOS

Mapa do Aquífero na Região Central

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho refere-se ao Mapeamento Geológico do Aquífero Guarani no Estado do Paraná, na região denominada neste trabalho de Central.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O abastecimento público de água no Brasil é feito em mais de 50% por águas oriundas de reservas subterrâneas. Só 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", cunhada pelo geólogo uruguaio Danilo Anton, em 1996, representa do ponto de vista hidrogeológico o arenito Botucatu, de origem eólica, ao qual se acrescenta a fácies subaquosa Pirambóia. Segundo Machado (2005), "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 dos países 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,

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 e 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). A base utilizada para digitalização foi a do Mapa Geológico do Paraná, da MINEROPAR, na escala 1:650.000, de 2006.
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 das informações obtidas.

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 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 Pirambóia 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.

Segundo Oliveira ET AL (2010), os arenitos da Formação Pirambóia ocorrem nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e região norte do Rio Grande do Sul. A formação caracteriza-se por uma sedimentação arenosa flúvio-eólica ocorrida em ambiente de clima semiárido. Os litotipos correspondem a arenitos finos a muito finos, siltosos, brancos e friáveis, arenitos avermelhados, finos a médios, sendo que nas camadas inferiores podem ocorrer arenitos grossos a conglomeráticos e arenitos argilosos.

E, o mesmo autor diz que a Formação Botucatu é composta por arenitos eólicos, constituídos predominantemente por minerais de quartzo, arredondados (peito-de-pomba), 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, estratificações cruzadas de baixo e alto grau e ainda acanaladas. O contato superior com os basaltos da Formação Serra Geral é concordante, sendo comum a intercalação entre camadas de arenitos (trapes) e basaltos.

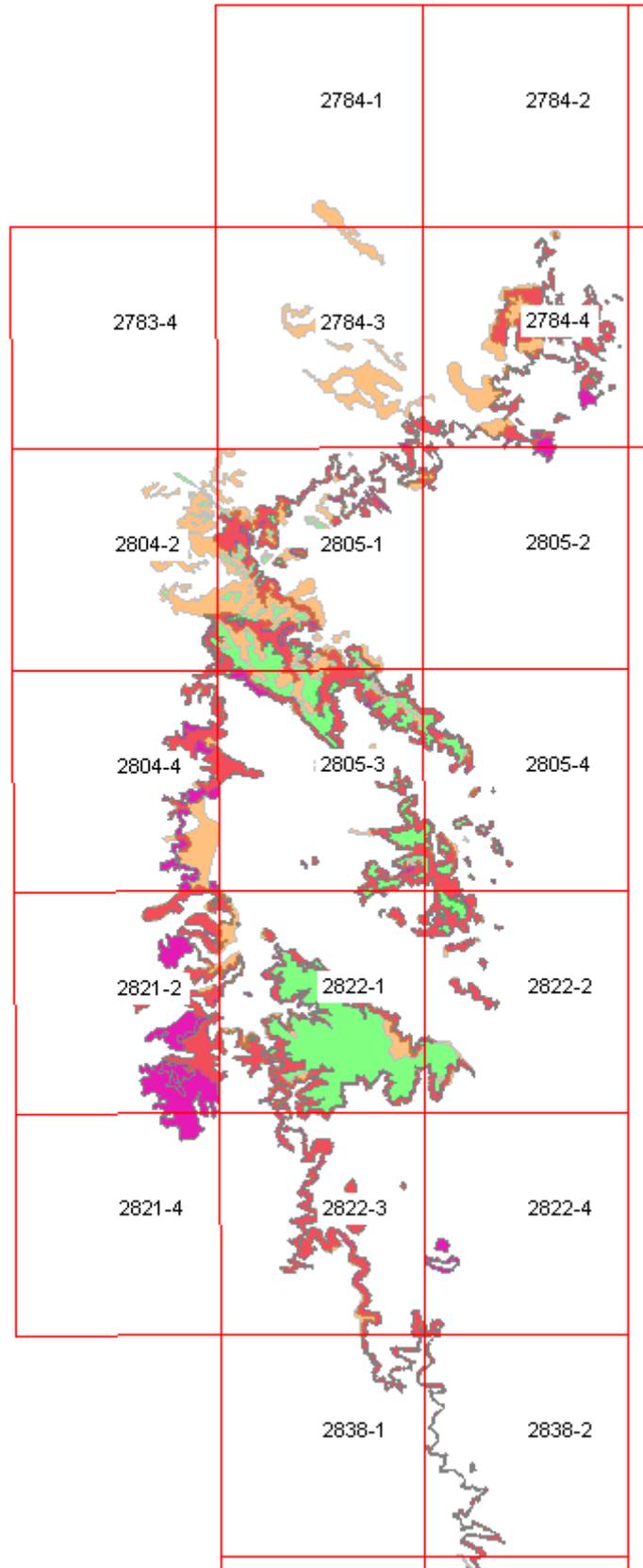


Figura 2. Em exposição sobreposta, percebem-se nos tons alaranjados as novas áreas aflorantes de arenito.

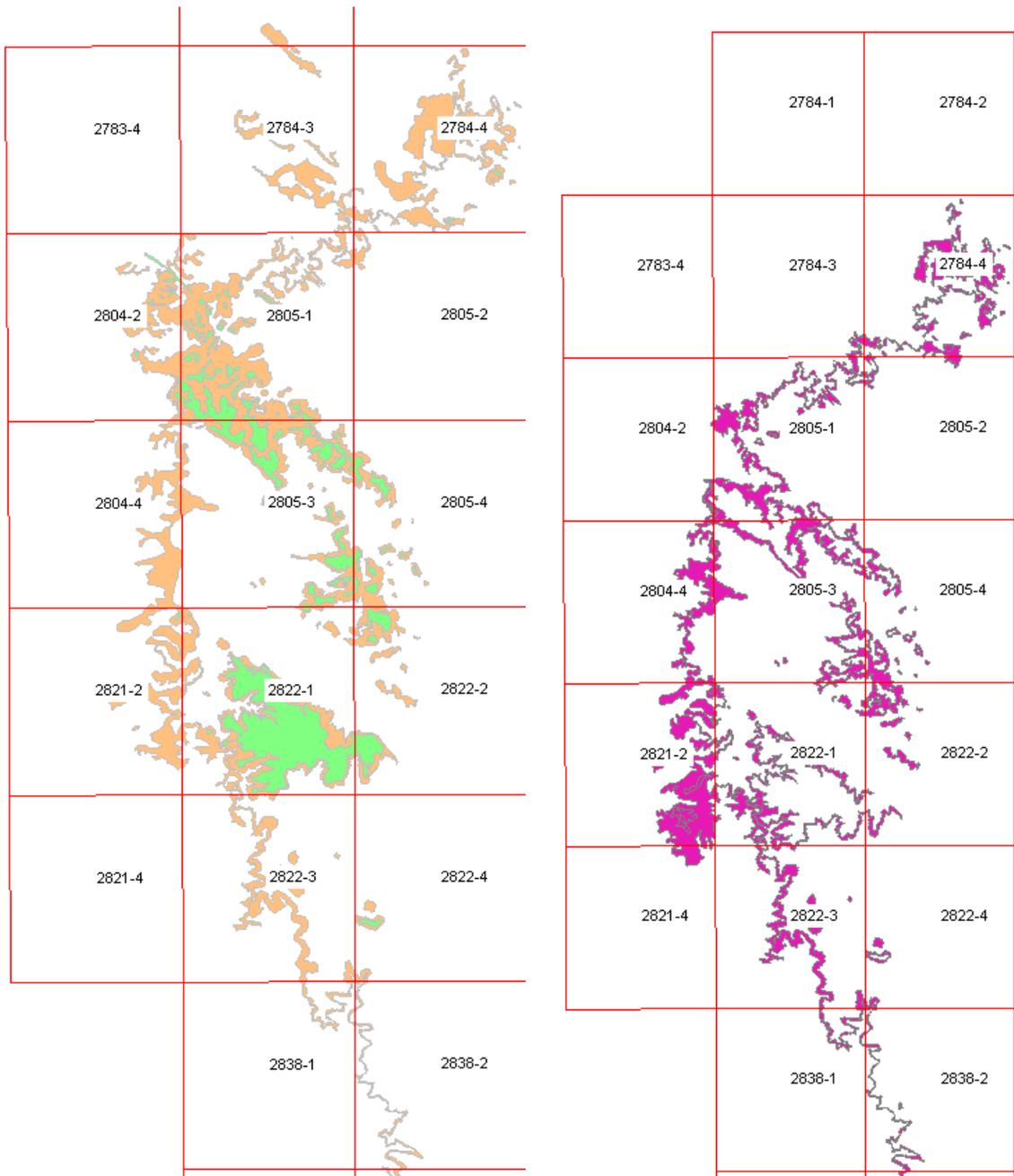


Figura 3. Nestas duas imagens é possível comparar a faixa de exposição do Sistema Aquífero Guarani. À esquerda, o resultado do mapeamento atual e, à direita, como estava mapeado anteriormente.

Foram cadastradas 580 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.

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>Guairaçá</u>	2838-2 Vista Alegre

Figura 4: Articulação das Cartas Topográficas na Região Central na escala 1:50.000.

7.1 Carta 2838-1 - Guairaçá

Esta é uma das cartas mais ao sul deste projeto, onde a área de exposição do SAG permaneceu a mesma. Na carta de Turvo havia nos mapas antigos áreas aflorantes de arenito, porém, após este mapeamento, verificou-se que as mesmas não existiam.



Foto 1: Afloramento de arenito claro, estratificado e fino. Estação de Campo AC-1600.

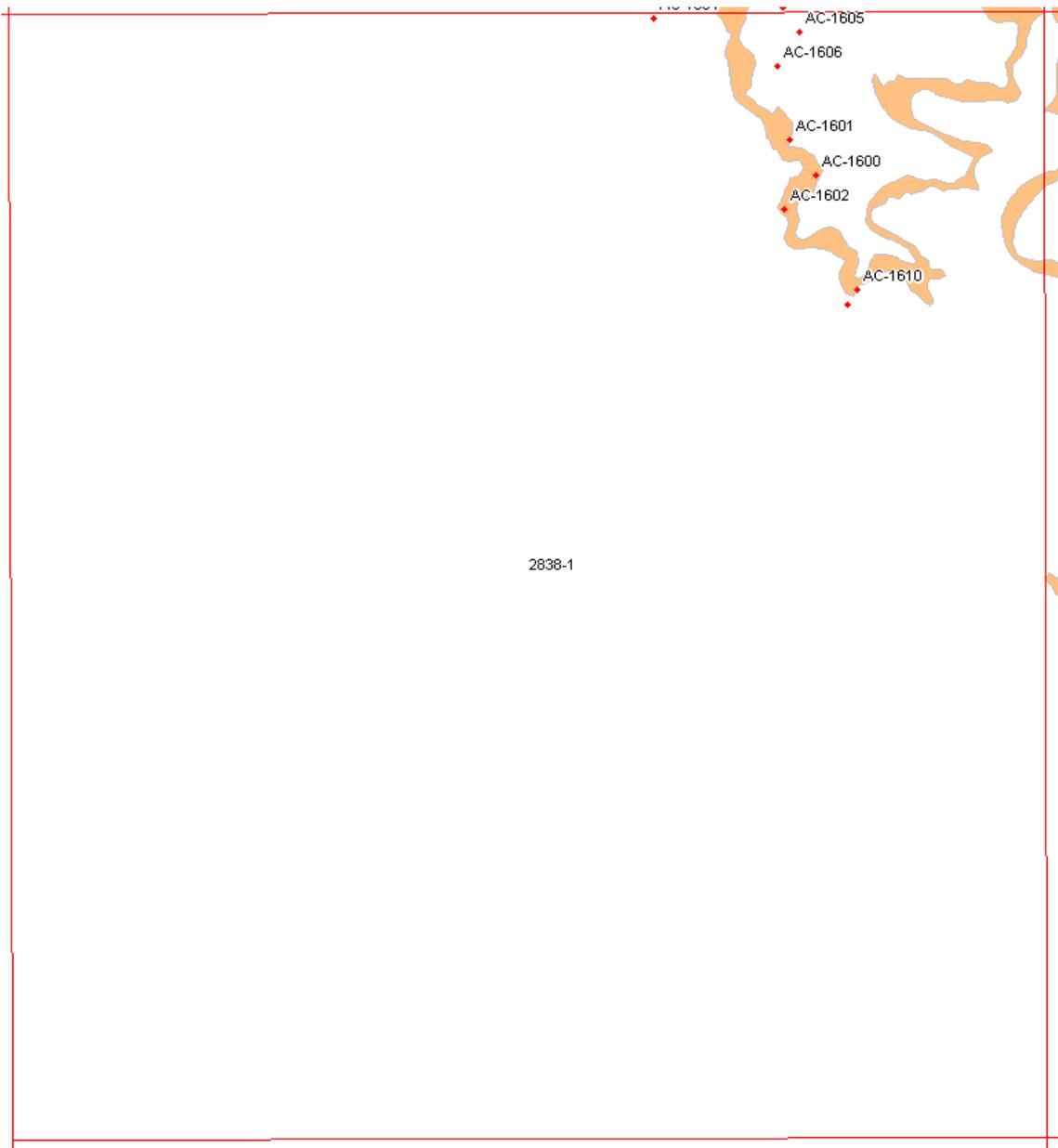


Figura 5: O SAG na carta 2838-1 Guairaça.

7.2 Carta 2838-2 - Vista Alegre

Carta que abrange apenas parte da escarpa.

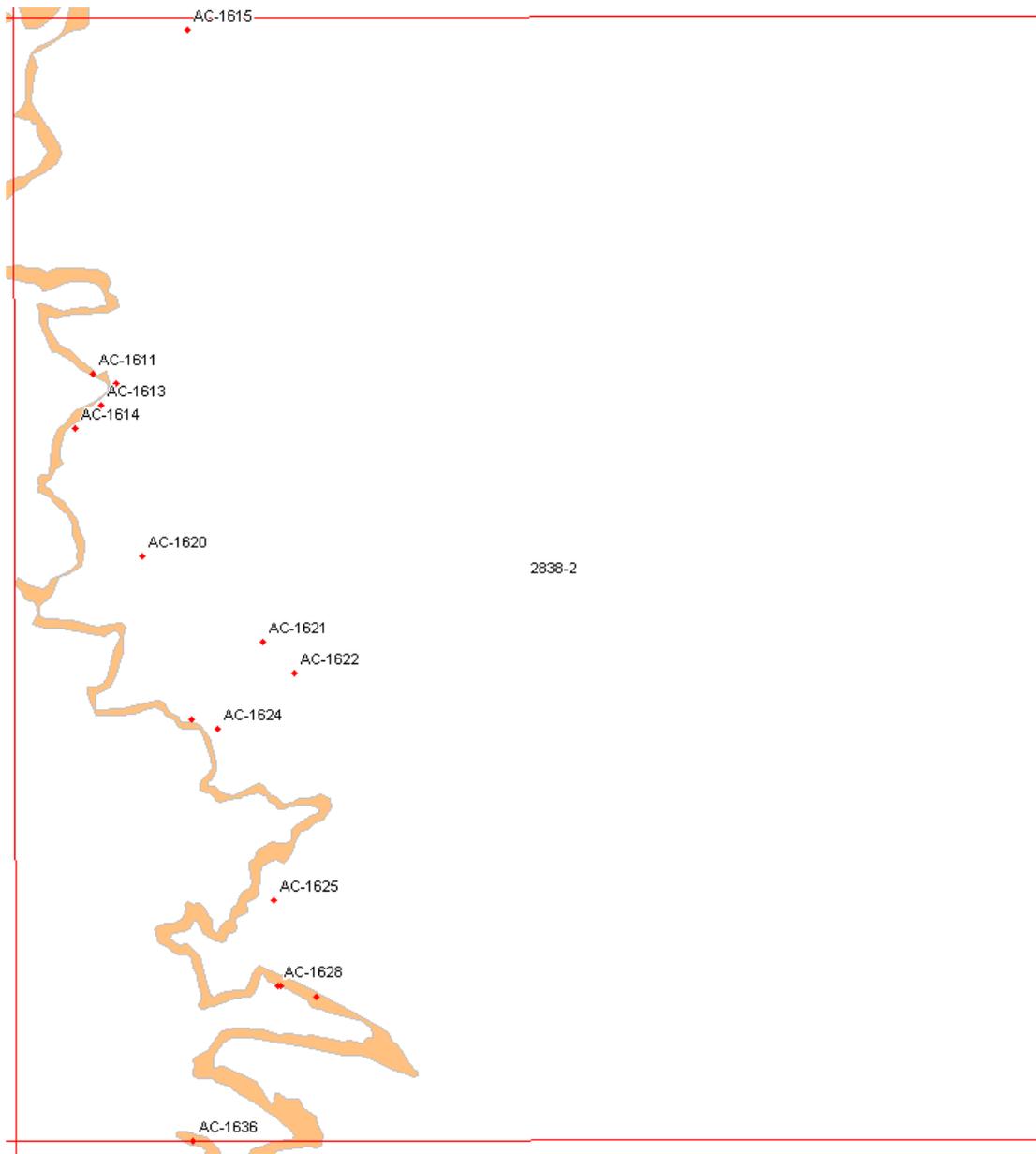


Figura 6: Área mapeada do SAG, nesta carta abrange apenas a escarpa.



Foto 2: Escarpa de arenito e duas cachoeiras. Estação de Campo AC-1620.

7.3 Carta 2821-4 – Boa Ventura do São Roque

Esta carta possuía uma área de SAG mapeada, mas a mesma não foi observada nos trabalhos de campo.

7.4 Carta 2822-3 – Faxinal da Boa Vista

Nesta carta 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 Rasto.

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



Figura 7: Área mapeada do SAG - esta carta abrange apenas a escarpa e morros isolados.



Foto 3: Escarpa do arenito com uma bela cachoeira. Estação de Campo AC-1553.



Foto 4: Arenito resistente, grosseiro, com restos de sedimentos argilosos. Estação de Campo AC-1560.

7.5 Carta 2822-4 – Teresa Cristina



Figura 8: Esta carta tem apenas uma pequena extensão de afloramentos de arenitos e morros isolados.

7.6 Carta 2821-2 – Manoel Ribas

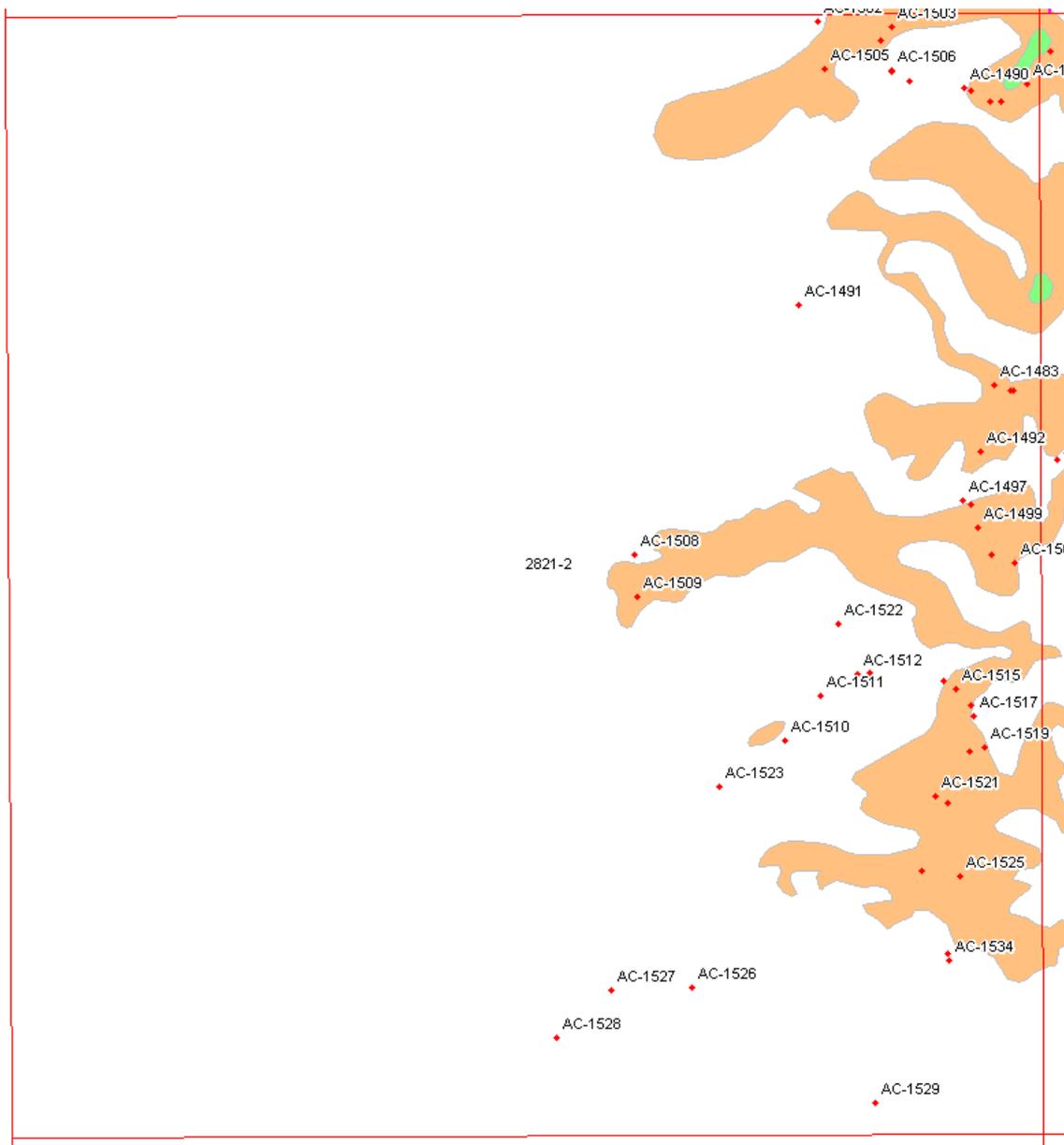


Figura 9: Carta que apresenta modificações em relação ao que constava nos mapas mais antigos, principalmente áreas que estavam mapeadas como sendo do SAG, porém não são.



Figura 5: Afloramento em leito de estrada, arenito fino e resistente. Estação de Campo AC-1489.



Foto 6: Afloramento em leito de estrada, arenito fino, estratificado e resistente. Estação de Campo AC-1524.

7.7 Carta 2822-1 – Cândido de Abreu

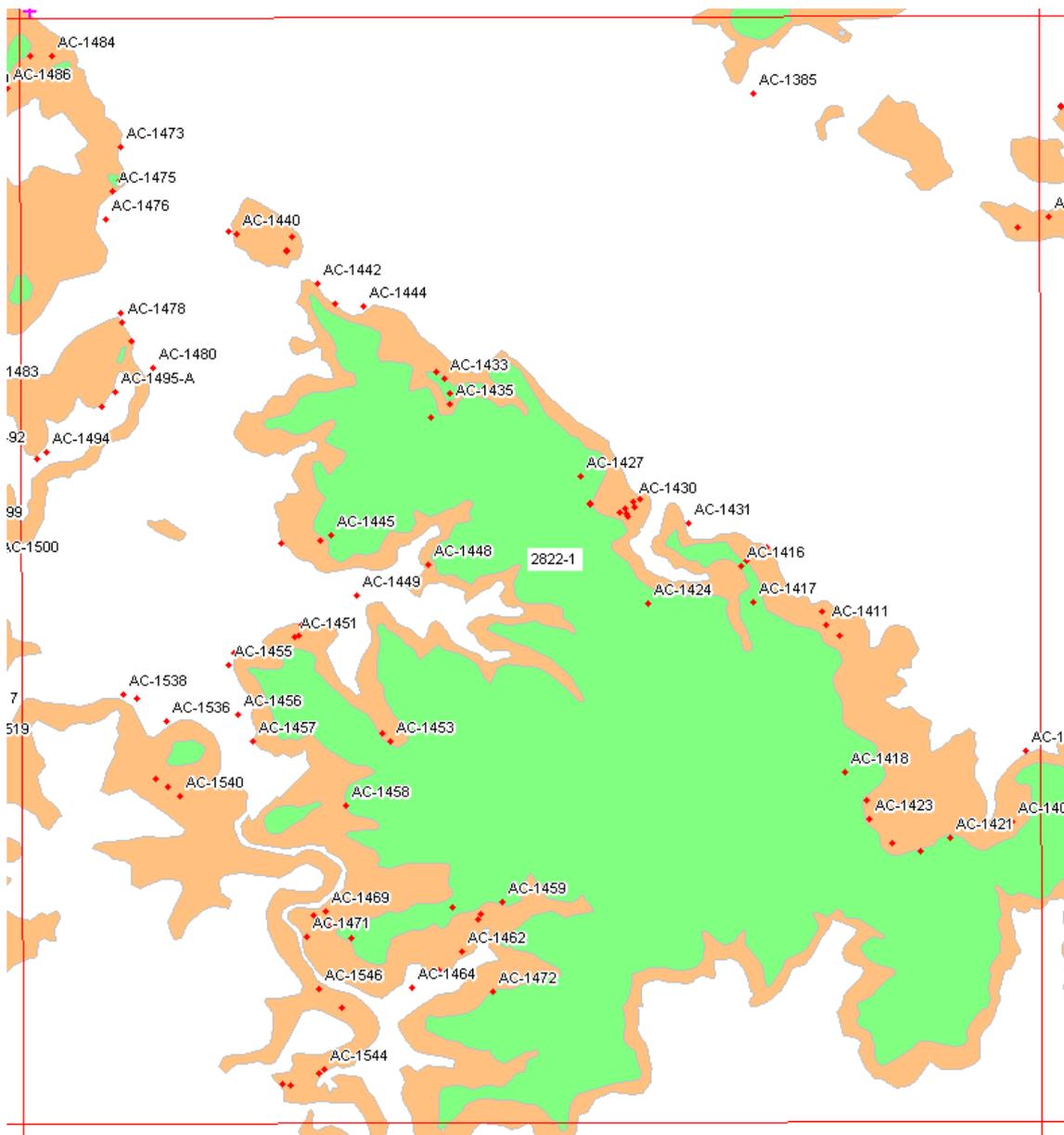


Figura 10: Carta que apresenta poucas modificações em relação ao que constava nos mapas mais antigos.



Foto 7: Paredão de arenito, antiga estrada de Guarapuava. Estação de Campo AC-1303.



Foto 8: Arenito fino, resistente e estratificado. Estação de Campo AC-1428.



Foto 9: Lavra de arenito. Estação de Campo AC-1430.



Foto 10: Exemplo de estratificação cruzada. Estação de Campo AC-1442.

7.8 Carta 2822-2 – Marumbi

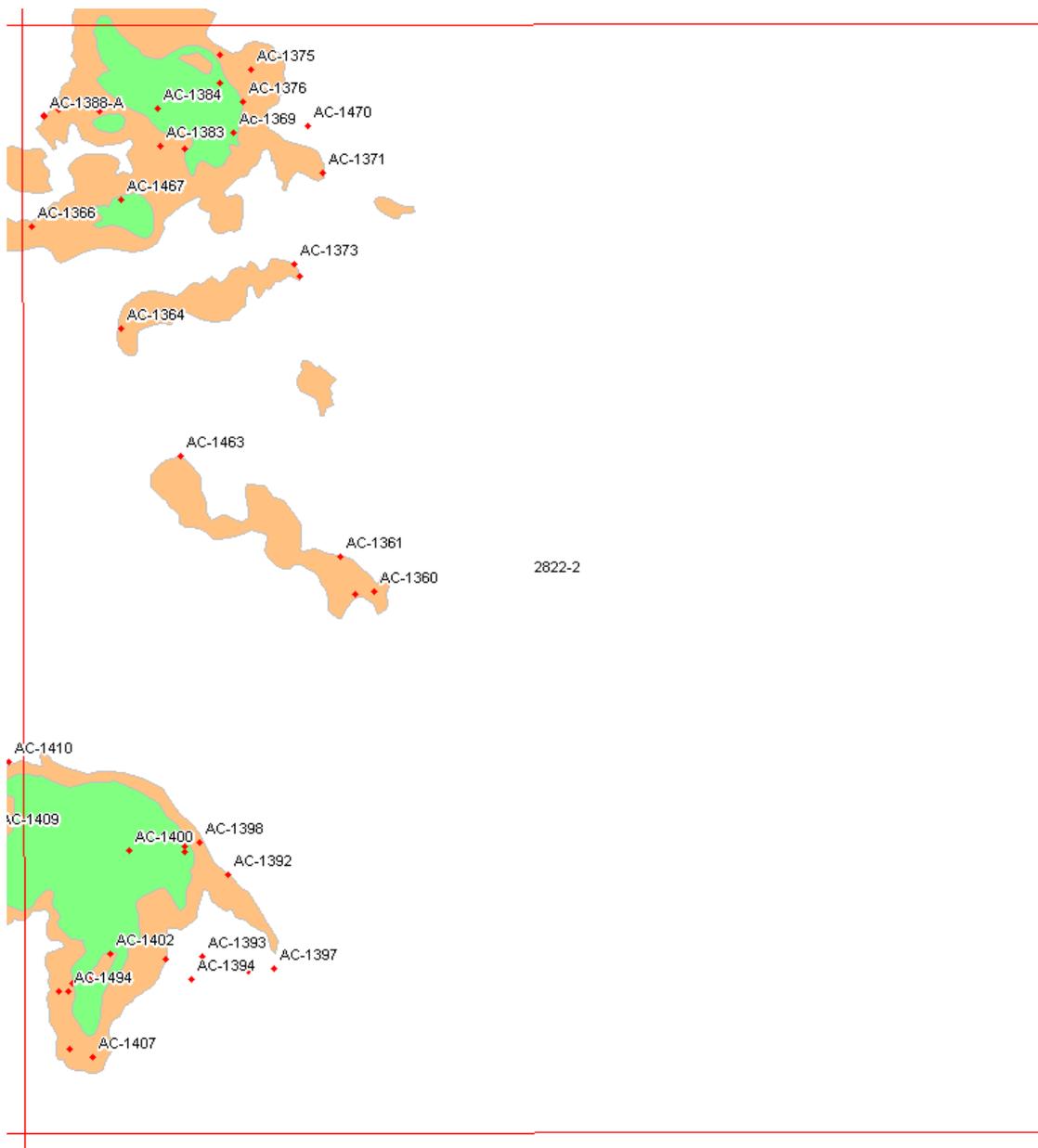


Figura 11: Carta que apresenta poucas modificações em relação ao que constava nos mapas mais antigos. Apenas ajustes nos limites e dimensões dos corpos.



Foto 11: Arenito grosseiro com pequenos seixos de quartzo. Estação de Campo AC-1370.



Foto 12: Contato definido entre os siltitos da Formação Rio do Rasto e os arenitos do SAG. Estação de Campo AC-1372.

7.9 Carta 2804-4 – Ivaiporã S

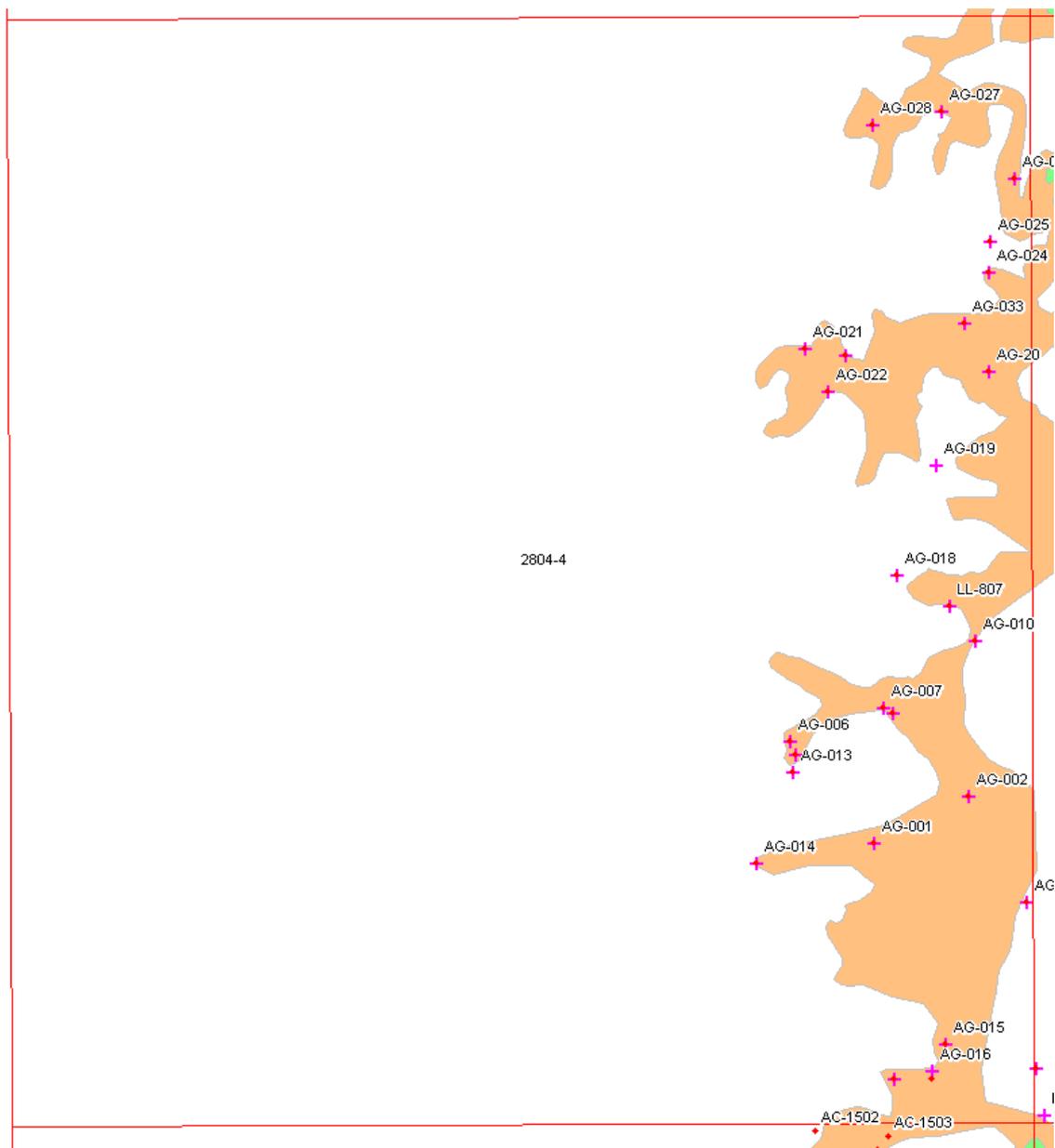


Figura 12: Carta que apresenta poucas modificações em relação ao que constava nos mapas mais antigos. Apenas ajustes nos limites e dimensões dos corpos.



Foto 13: Arenito resistente, fino, com cobertura de solo avermelhado. Estação de Campo AG-006.



Foto 14: Os principais afloramentos não se destacam na topografia e são observáveis nos cortes e leitos de estradas. Estação de Campo AG-015.

7.10 Carta 2805-3 – Rio Branco do Ivaí

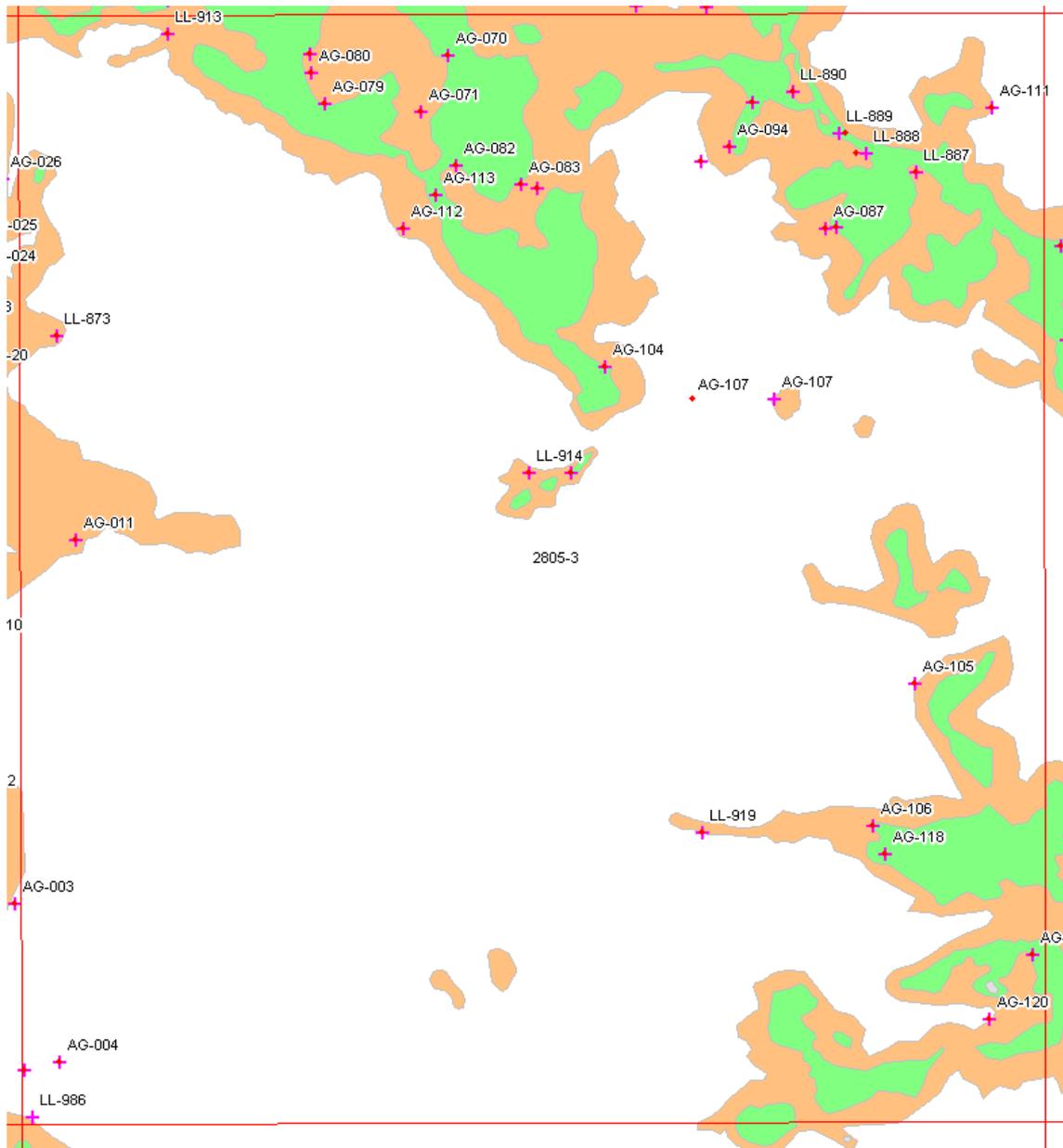


Figura 13: Carta que apresenta várias pequenas modificações em relação ao que constava nos mapas mais antigos. Ajustes nos limites e dimensões dos corpos, alguns corpos isolados que não estavam mapeados e a redefinição dos limites no alto dos grandes morros.



Foto 15: Arenito resistente, fino, surge na topografia com a presença de inúmeros blocos. Estação de Campo AG-079.



Foto 16: 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. Estação de Campo AG-089.



Foto 17: Alguns morros isolados, como este da foto, não estavam nos mapas antigos. Estação de Campo AG-107.



Foto 18: Testemunho de arenito fino, resistente e estratificado no alto de um morro. Estação de Campo AG-112.

7.11 Carta 2805-4 – Campineiro do Sul

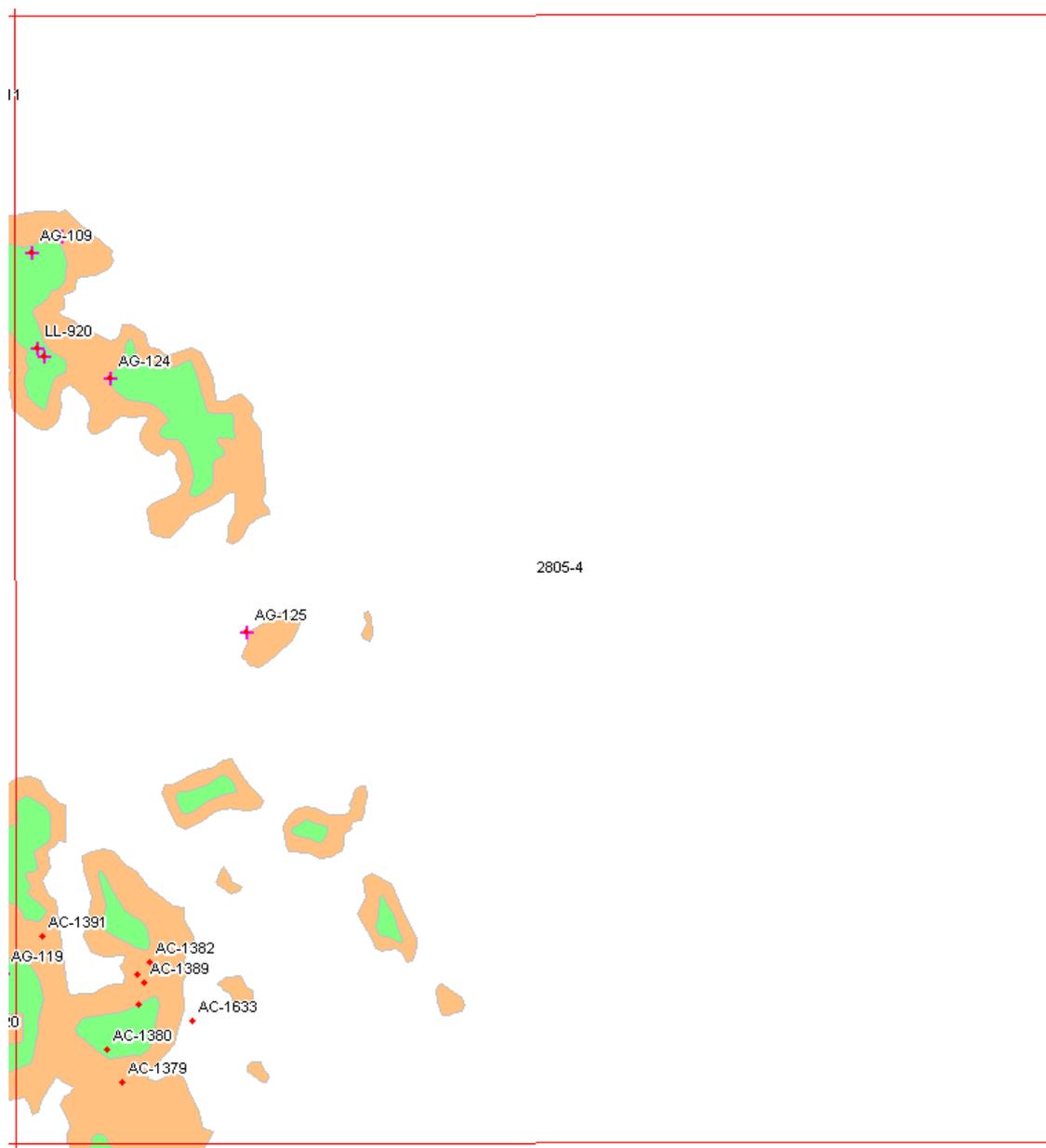


Figura 14: Carta que apresenta a mesma configuração dos mapas antigos.

7.12 Carta 2804-2 – Ivaiporã

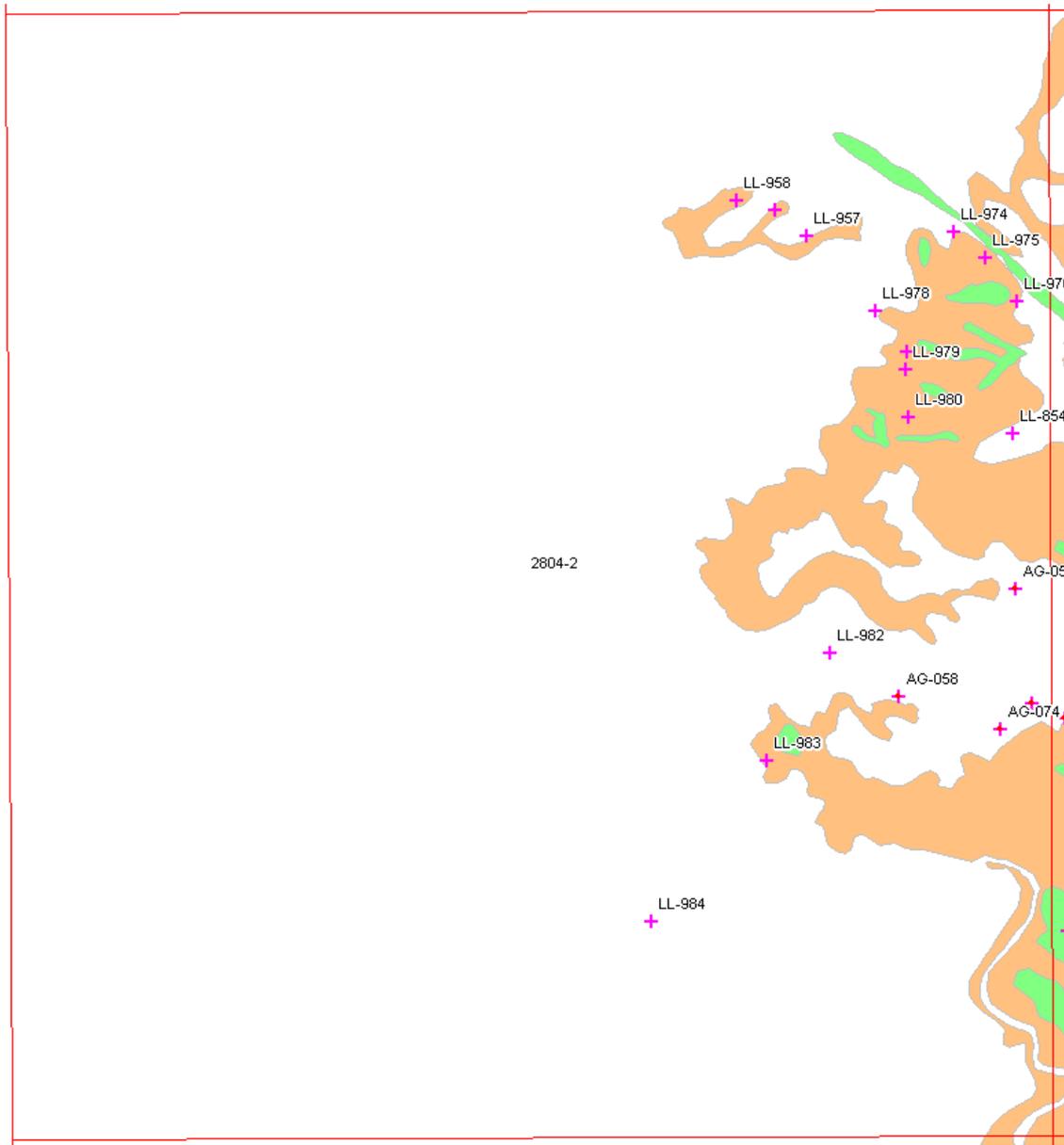


Figura 15: Carta que apresenta várias modificações em relação ao que constava nos mapas mais antigos. Ajustes nos limites e dimensões dos corpos, alguns corpos isolados que não estavam mapeados e a redefinição dos limites no alto dos grandes morros. Além de novas áreas de afloramento de arenitos do SAG.



Foto 19: Arenito resistente, fino, no distrito de Dinizópolis. Área que não constava dos mapas antigos. Estação de Campo AG-159.



Foto 20: 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. Estação de Campo LL-978.



Foto 21: 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. Estação de Campo AG-036.

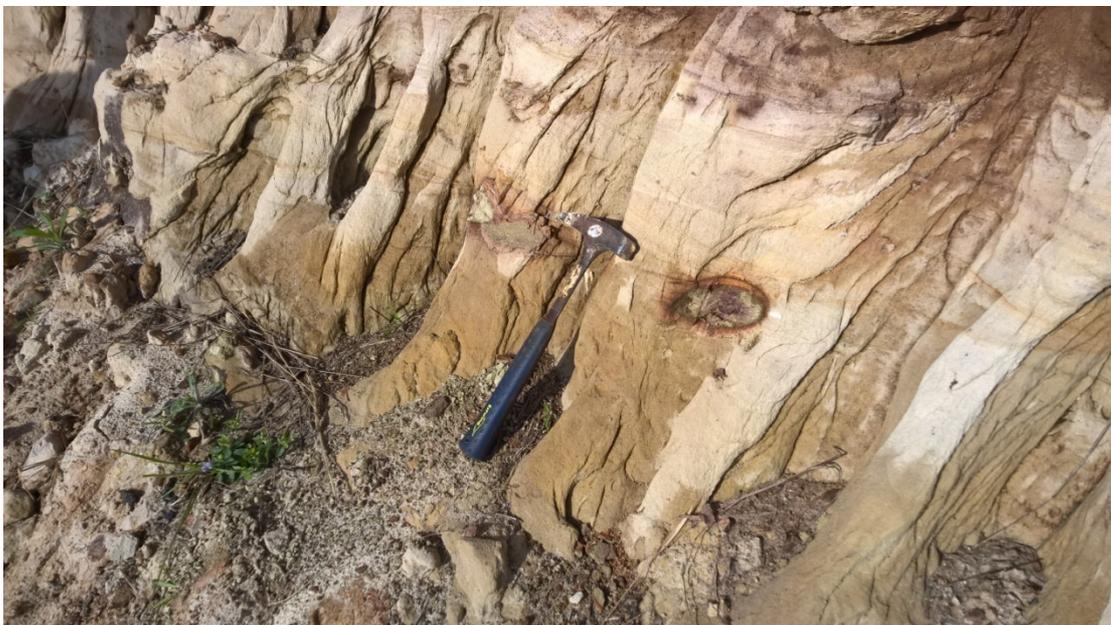


Foto 22: Arenito Pirambóia, com nódulos de siltitos da Formação Rio do Rasto em seu interior. Estação de Campo AG-097.

7.14 Carta 2805-2 – Bairro dos França

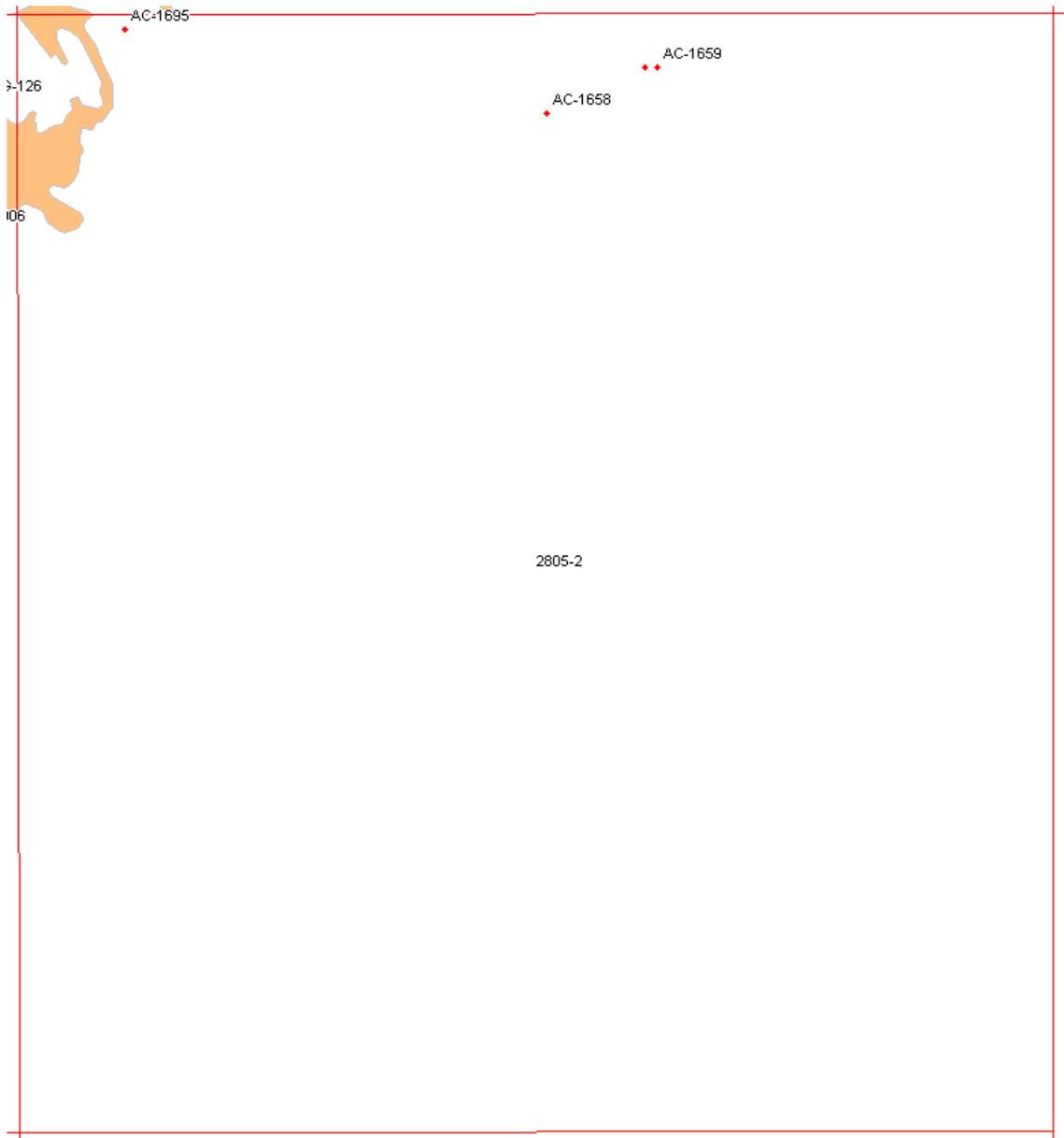


Figura 17: Carta que apresenta poucas modificações, com exceção da retirada de parte dos arenitos anteriormente mapeados ao norte da mesma.

7.15 Carta 2784-3 – Rio Bom

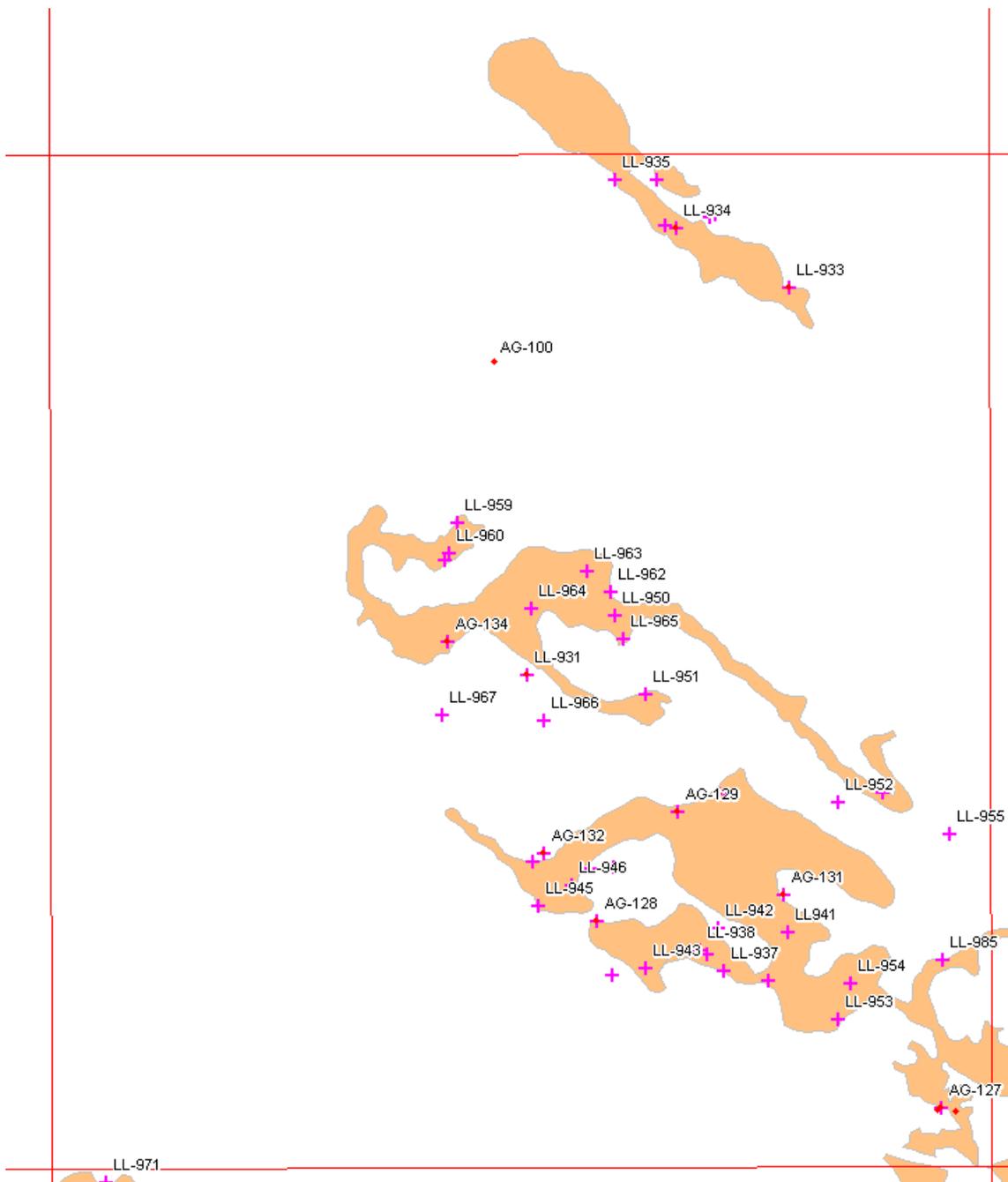


Figura 18: Carta que apresenta quase tudo modificado. Grandes extensões de arenito não constavam dos mapas antigos. Na área mais ao norte, no município de Marilândia do Sul, aflora também a Formação Rio do Rasto. A área de afloramento do SAG segue carta 2784-1 adentro.



Foto 23: Afloramento de sedimentos da Formação Rio do Rasto. Estação de Campo AG-136.



Foto 24: Arenito Botucatu na mesma sequência de afloramentos da foto anterior. Estação de Campo AG-136.



Foto 25: Em muitas áreas desta carta, o arenito resistente, às vezes silicificado, de cor clara, aparece na superfície. Estação de Campo AG-131.



Foto 26: Outro local onde é vista a mesma situação relatada na foto anterior. Estação de Campo AG-151.

7.16 Carta 2784-4 – Mauá da Serra

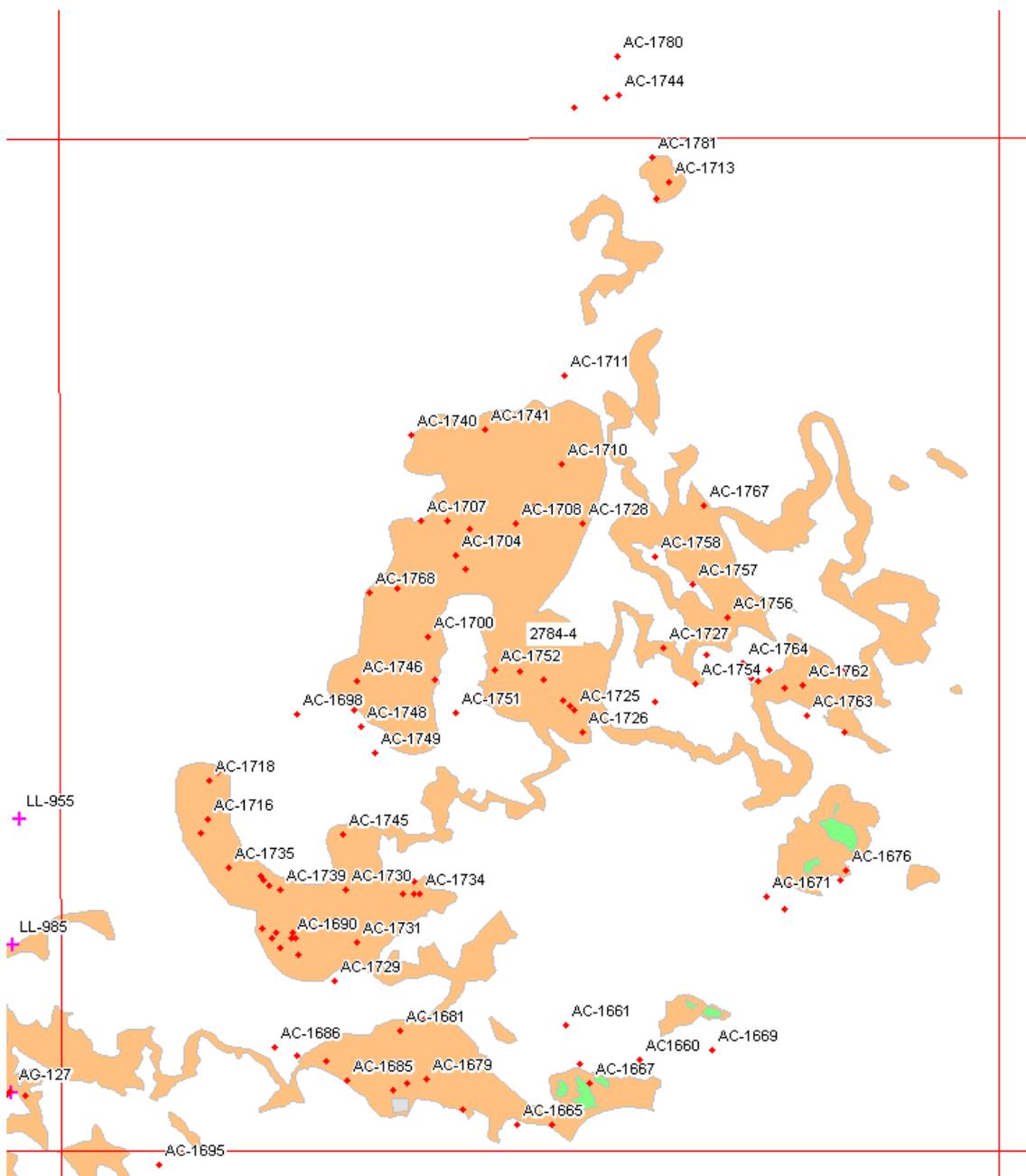


Figura 19: Carta que apresenta muitas modificações. Extensas áreas, onde hoje é lavrado arenito, não constavam dos mapas antigos.



Foto 27: Lavra e produção de paralelepípedos de arenito silicificado Estação de Campo AC-1691.

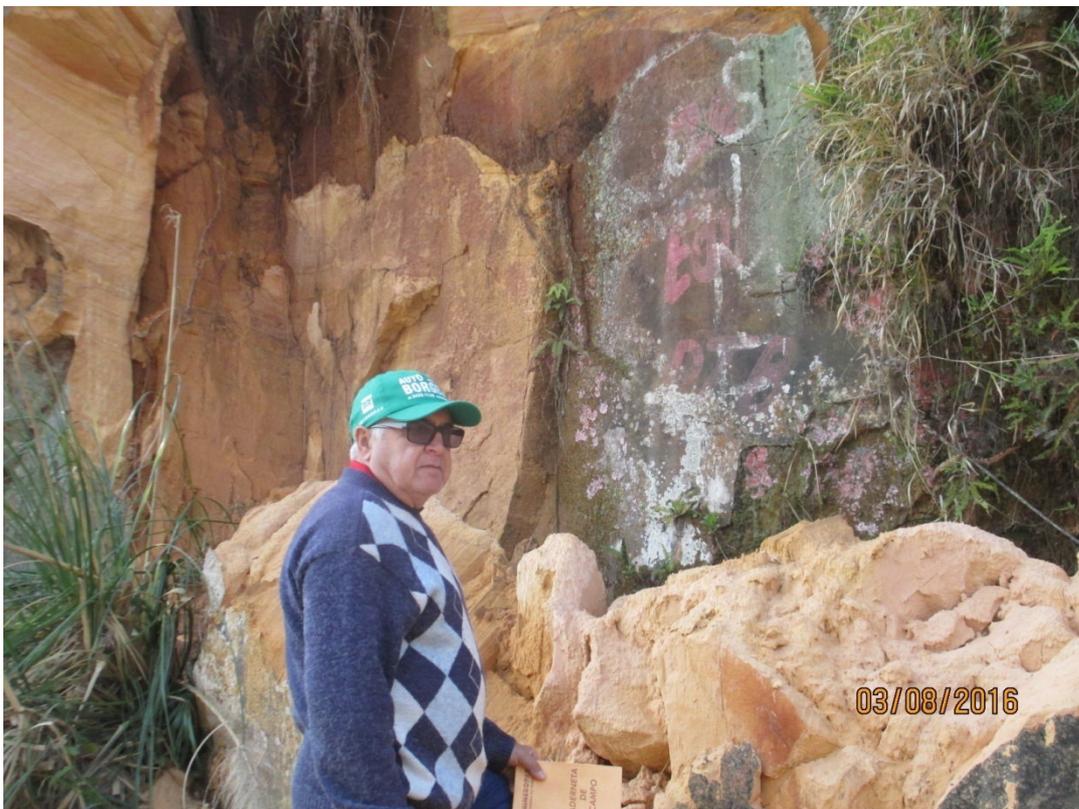


Foto 28: Paredão de arenito. Mesma região da foto anterior. Estação de Campo AC-1698



Foto 29: Engarrafamento de água em afloramento de arenito. Estação de Campo AC-1781.



Foto 30: Paredão de arenito as margens da rodovia. Estação de Campo AC-668

8. 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.

Uma das áreas mais difíceis de entender a compartimentação geológica foi no município de Grandes Rios, e áreas 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.

Situação comum nos perfis realizados foi a de encontrar alternância da sequência normal de deposição, ou seja, siltitos da formação Rio do Rasto, arenitos do SAG e basaltos e riodacitos do Grupo Serra Geral. 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 nas laterais de depressões e estruturas 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.

É possível detalhar ainda mais os mapas desta região, principalmente se levar em conta a forte estruturação tectônica a que foi submetida. Porém, para isso se concretizar é preciso se trabalhar em uma escala ainda maior. O número de estações de campo é considerado satisfatório para os objetivos pretendidos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. **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.

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.

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

ANEXO

MAPAS