

## **12.1.2. Geologia**

### **12.1.2.1. Geologia**

No âmbito dos terrenos Apiaí (conforme descrito no item 11.1.3 – Geologia da AII), a AID situa-se, principalmente, no domínio de unidades neo-proterozóicas e meso-proterozóicas, constituídas por rochas granitóides cálcio-alcálicas, granitos tipo-A, Supergrupo Lageado, Formação Capiru, Formação Águas Claras, Formação Votuverava e Formação Perau, separadas de terrenos arqueanos, situados a sul-sudeste, pela Zona de Cisalhamento Lancinha (Figura 12.1.2/01).

Cerca de 70% da AID é formada pelos granitos Três Córregos, que ocupam toda a porção central e norte-ocidental da área enfocada (Desenho MA136.00.15-DE.02–Mapa de Geologia). Na parte central, a centro-leste, os granitos encontram-se em contato tectônico com os metassedimentos do Grupo Açungui, os quais ocorrem também sob a forma de enclaves de diversos tamanhos, capeando os granitos em várias partes da área de domínio dessas últimas rochas magmáticas.

Os granitos Três Córregos caracterizam-se por apresentarem granulação grossa, com textura porfiróide, sendo de coloração branco-acinzentada ou rosada clara. Quando não afetados por zonas de cisalhamento, falhas ou fraturas, não mostram quaisquer indícios de orientação dos cristais, inexistindo estruturas como lineações ou foliações. Eles afloram, sob a forma de rocha sã, observáveis sobretudo, em alguns cortes de estradas, como nas rodovias que ligam as cidades de Ribeira a Itapirapuã Paulista e Ribeira a Apiaí, além da estrada de ligação de Cerro Azul com Adrianópolis (foto 1; ponto 11). Na foto 2 (ponto 95) é claramente ilustrada a textura do granito Três Córregos, em diversos locais da , desde próximo a Itapirapuã Paulista, ao norte, até as cercanias de Cerro Azul, ao sul.

Além dos numerosos afloramentos de rocha sã, os granitos Três Córregos ocorrem também sob a forma de solos saprolíticos e saprolitos saibrosos, facilmente desagregáveis, freqüentemente aproveitados para revestimento de estradas (fotos 3, 4, 5, 6 e 7; pontos 5, 10, 13, 19, e 100). Na calha das drenagens que cruzam o domínio dos granitos, como no rio das Criminosas, rio Catas Altas, rio Ponta Grossa e no próprio rio Ribeira, existem lajedos rochosos e grandes acumulações de blocos de rocha sã, muitos com dimensões métricas (fotos 8, 9, 10 e 11; pontos 4, 9, 39, 101). Localmente, os granitos Três Córregos podem ser equigranulares, mostrando granulação fina a média (foto 12; ponto 104), e podem apresentar, independentemente da granulação e tipo de textura, veios aplíticos e pegmatíticos delgados.

As rochas graníticas, em função da baixa coesão dos saprolitos e solos saprolíticos (horizonte C), apresentam grande erodibilidade em taludes de escavação, e suscetibilidade alta a movimentos de massa, em encostas e escavações, como ilustrado nas fotos 5 e 13 (pontos 13 e 9A). Em áreas graníticas não são incomuns encostas com presença de matacões residuais de granito, como os observados na rodovia de ligação Apiaí-Ribeira (foto 14; ponto 12A) e nas vertentes do rio Itapirapuã (foto 15; ponto 43A).

O relevo correspondente ao granito Três Córregos é bastante acidentado, sendo a drenagem encaixada e profunda, delineando vales com vertentes íngremes e altos espigões divisores (foto 14; ponto 12A).

ENTRA FIGURA 12.1.2/01

Dentre as seqüências metassedimentares, predominam na AID, as pertencentes à unidade superior do Grupo Açungui (Unidade p̄am), constituídas por metassiltitos, filitos, metarritmitos e ardósias, reunidos simplificadaem em unidade metapelítica. Essas unidades litológicas afloram geralmente sob a forma de rocha alterada, com colorações bege-amareladas, rosadas e avermelhadas, raramente cinza-prateadas, nos casos em que a rocha é sã ou pouco alterada. Nas fotos 16 e 17 (pontos 34 e 24A), são ilustrados diversos aspectos de afloramentos de rochas dessa unidade, a qual se distribui ao longo da direção NE e ocupa toda a parte SE da AID, onde se intercala com outras unidades metassedimentares do Grupo Açungui.

São característicos dessa unidade os metapelitos, representados por filitos e, especialmente, metarritmitos muito finos e argilosos, com laminação muito desenvolvida, ao menos quando alterados (fotos 18 e 19; pontos 22 e 22A). Os metapelitos muitas vezes são sericíticos, às vezes quartzosos, e apresentam planos de foliação e clivagem muito nítidos, sendo ainda reconhecidos, no caso dos metarritmitos, os planos reliquiais de acamamento.

Nessa unidade metapelítica são bastante comuns processos de instabilidade de taludes de estradas, em função das descontinuidades planares existentes nessas rochas e do seu grau de alteração (fotos 20 e 21; ponto 26A). Nas fotos 22 e 23 (pontos 28A e 29A) são ilustrados afloramentos de metapelitos alterados, atravessados por delgados diques de rochas máficas, igualmente intemperizadas, enquanto que na foto 24 (ponto 31A) os metapelitos alterados ocorrem sotopostos a espessos depósitos rudáceos.

Em proporções mais ou menos equivalentes aos metapelitos e metarritmitos da unidade p̄am, ocorrem faixas a eles intercaladas de metassedimentos siltico-argilosos, incluindo epicalcários, calcários e xistos de metamorfismo de contato da unidade p̄amc, os quais ocupam grande área na parte NE da AID. Essas rochas aparecem também sob a forma de grandes encaves no domínio dos granitos Três Córregos (Desenho MA136.00.15-DE.02). Em diversos locais ocorrem afloramentos dessa unidade, tendo sido registrados, nos trabalhos de controle de campo, filitos alterados avermelhados ou quase sãos (foto 25; ponto 54A), quartzoxistos (foto 26; ponto 53) e espessas lentes de calcário, geralmente maciço, com foliação e/ou acamamento pouco visíveis (fotos 27, 28 e 29; pontos 63 e 38A). A passagem dos metapelitos para as lentes de calcário é geralmente gradual, com a freqüente presença de calcioxistos e calciofilitos no contato entre esses dois tipos de rocha (fotos 28 e 30; pontos 63 e 1A). Os quartzoxistos podem passar, eventualmente, a faixas quartzíticas, às vezes silicificadas e muito resistentes, intensamente deformadas tectonicamente, com veios de quartzo e dobras em “S”, como ilustrado na foto 31 (ponto 77).

Preferencialmente próximo aos contatos com as rochas graníticas da unidade Três Córregos, os pacotes calcários da unidade p̄amc exibem estratificação muito bem desenvolvida, resultante da alternância de delgadas camadas silicificadas e/ou epidotizadas, com camadas carbonáticas que apresentam espessura da mesma ordem de grandeza das precedentes e exibem textura micro-sacaróide, emprestando aspecto marmóreo a esses calcários. Essas rochas representam “skarnitos” de contato, no entanto, minerais de metamorfismo de contato, como granada, wollastonita e outros não são distinguíveis a olho nu. As fotos 12 e 32 a 36 (pontos 104, 7A, 16A, 17A e 34A) ilustram esses “skarnitos” bem estratificados, próximos aos contatos com intrusões graníticas.

Localmente, o contato dos metassedimentos com os granitos, do mesmo modo como ocorre com os metapelitos da unidade p̄am, se dá por falhamento. É o caso da grande zona de falha que atravessa a AID na parte central, de direção NNE, e de outras falhas, como a observada na rodovia que liga Apiaí a Ribeira (fotos 37 e 38; pontos 5A e 6A).

Uma terceira unidade metassedimentar da AID é constituída por rochas calcárias da unidade p̄ac, a qual se interdigita através de extensas faixas com as outras unidades

metassedimentares, além de aparecer sob a forma de pequenos enclaves dentro da unidade p€am, na extremidade SW da área (Desenho MA136.00.15-DE.02). Essa unidade é constituída quase exclusivamente por rochas carbonáticas, representadas por epicalcários, geralmente calcíticos, com intercalações de epicalcários dolomíticos e calcários de maior profundidade. Essas rochas foram submetidas a baixo grau de metamorfismo, encontrando-se ainda preservadas as estruturas de acamamento, caracterizadas por camadas decimétricas que apresentam mergulhos geralmente acentuados, muitas vezes coincidentes com a incipiente foliação (fotos 39 a 44; pontos 30, 31, 43, 91, 21A). Esses calcários distinguem-se, muitas vezes, das lentes carbonáticas da unidade p€amc por apresentarem estratificação reliquiar e textura sacaróide de granulação fina, lembrando rochas marmóreas.

Intercalados nas unidades metapelíticas e, em menor grau, nas calcárias, ocorrem metarenitos e quartzitos (unidade p€ac) sob a forma de estreitas e longas faixas concordantes com a orientação regional das unidades metassedimentares (Desenho MA136.00.15-DE.02). Essas rochas exibem nítidas estruturas de foliação, que coincidem com a estratificação, podendo encontrar-se localmente muito silicificadas e resistentes. As fotos 45 e 46 (pontos 36A e 56A) ilustram quartzitos dessa unidade, se bem que no local do ponto 36A (foto 45) os quartzitos representam pequena lente embutida em calcários da unidade p€ac, do mesmo modo que os quartzitos silicificados do ponto 77 (foto 31, ponto 77), representam intercalações no seio dos metassedimentos siltico-argilosos e carbonáticos da unidade p€amc.

Tanto nas unidades metassedimentares como no domínio das rochas graníticas, ocorrem pequenos corpos de rochas metamáficas, entretanto, sua presença é mais freqüente nas unidades metassedimentares, onde é assinalado um enclave de maiores dimensões que delinea corpo vermiforme suavemente ondulado, acompanhando a estruturação regional, na extremidade SW da AID (Desenho MA136.00.15-DE.02). Essas rochas são representadas por anfíbolitos, metagabros e outras metamáficas, conformando corpos de pequenas dimensões (fotos 47 e 48; pontos 9 e 52A).

Na parte central da AID ocorrem algumas pequenas intrusões de rochas alcalinas representadas essencialmente por nefelina sienitos e fonolitos (Desenho MA136.00.15-DE.02). Na porção norte há corpo com maiores dimensões de nefelina sienito, em cujas proximidades aflora intrusão carbonatítica onde houve desenvolvimento de caverna por dissolução cárstica (foto 49; ponto 49A). Essas rochas vulcânicas são de idade cretácea, provavelmente um pouco mais novas que os numerosos diques diabásicos que se introduziram no Jurássico-Cretáceo, sob a forma de extensos diques que cortam notavelmente a AID em direção NW (Desenho MA136.00.15-DE.02).

As fotos 22 e 23 (pontos 28A e 29A) ilustram delgados diques máficos introduzidos em metapelitos alterados da unidade p€am, enquanto na foto 50 (ponto 58A) é mostrada grande intrusão diabásica-gabróide, com granulação grossa, em área escavada para exploração de material a ser utilizado em revestimento de estradas.

No vale do rio Carumbé que drena principalmente metapelitos da unidade p€am, na direção NE, ocorrem espessos depósitos rudáceos junto ao fundo de vale, com idade possivelmente pleistocênica. Consistem, essencialmente, em clastos muito grossos, arredondados, com dimensões até de matacões, os quais predominam na porção basal dos depósitos. Delineando visível plano de acamamento, superpõem-se à camada com matacões pacotes, contendo pequenos blocos e fragmentos angulosos de diversos tipos de rocha, imersos em abundante matriz areno-argilosa, com grãos grossos de quartzo dispersos na matriz.

Esses depósitos em muito se assemelham ao material da calha atual do rio Carumbé, podendo representar produto de correntes torrenciais semelhantes às que presentemente podem ocorrer em períodos de grandes cheias, com contribuição de material provindo das

encostas, representado pelos pacotes superiores, semelhantes a depósitos de tálus retrabalhados. As fotos 24 e 51 a 53 (pontos 27A e 30A) retratam aspectos desses depósitos rudáceos, denominados no presente relatório “*Ruditos Carumbé*”, sendo que na foto 54 (ponto 30A) é mostrado pormenor da matriz areno-argilosa, de coloração avermelhada variegada de amarelo e branco.

A associação com atividade tectônica moderna é atestada pela presença de “horst” que desloca o contato sub-horizontal dos depósitos rudáceos com o embasamento, constituído por metapelitos da unidade p $\epsilon$ am, alterados e deformados tectonicamente junto aos planos de falha ( fotos 24 e 55, ponto 31A).

Os grandes clastos arredondados da camada inferior são constituídos essencialmente de quartzo e quartzito, existindo subordinadamente alguns de rochas metapelíticas sãs, inclusive de calcário, sendo esses últimos mais comuns no pacote superior, com características de paleodepósito de tálus.

O relevo acidentado da região, sobretudo no vale do rio Ribeira, faz com que as coberturas de solos residuais, colúviais e de tálus sejam bastante reduzidas. Nas encostas íngremes, as coberturas de solo são delgadas e aparecem no sopé depósitos de tálus e colúvios bastante restritos, junto às margens do rio Ribeira (fotos 56 a 64; pontos 2, 3, 45, 56, 74, 21A, 38A ).

Na porção SSE da AID, conforme diagnóstico sobre geomorfologia, o relevo caracteriza-se por altos espigões estruturais, orientados na direção NE, com freqüentes exposições rochosas, que ultrapassam a altitude de 1.000 metros (foto 65; pontos 59A ).

Nas fotos 5, 13, 33, 66 e 67 (pontos 13, 9A, 7A, 2A e 29A) são ilustrados alguns aspectos de coberturas de solos de alteração de rocha e residuais, onde elas são mais espessas e mostram evidências de instabilidade em taludes, como na rodovia que liga Apiaí a Ribeira.

Os depósitos aluviais são reduzidos, restringindo-se a bancos de cascalho no leito do rio Ribeira e pequenas planícies, sobretudo a jusante do eixo de barramento. Existem também alguns depósitos mais antigos, representando pequenos terraços, como observado no rio Ponta Grossa, nas cercanias de Cerro Azul (fotos 68 e 69; pontos 6 e 7).

No domínio das rochas carbonáticas, distribuídas por toda a área metassedimentar da AID, foram observadas muitas evidências de fenômenos cársticos, como diversas cavernas (Desenho MA136.00.15-DE.06 Mapa de Espeleologia), surgências de água e brechas calcárias cimentadas por “tufas”, indicando processos de colapso ocorridos em passado recente. Foram também assinalados pequenos depósitos aluviais, associados a algumas zonas de brecha calcária, indicando drenagem subterrânea relacionada a eventos pré-atuais (fotos 70 a 76; pontos 32, 52, 59, 66, 81, 88 e 97).

#### a) Estruturas Tectônicas

Do ponto de vista estrutural, na porção oriental da AID, a presença da seqüência metassedimentar dobrada caracteriza terrenos visivelmente estruturados, com presença de dobras, falhas, intensa foliação, lineamentos e estruturas reliquias de acamamento. O contato com os granitos Três Córregos, a NNW, é caracterizado por grande descontinuidade tectônica, representada por zona de cisalhamento orientada segundo NNE, que recebeu a denominação de “Falha do Morro Agudo”. Essa grande descontinuidade tectônica atravessa a AID na parte central, desenvolvendo-se desde pouco a leste de Cerro Azul até próximo a Itapirapuã (Desenho MA136.00.15-DE.02). Essa falha cruza o rio Ribeira, poucos quilômetros a montante do eixo da barragem de Tijuco Alto, tendo sido observadas rochas

com indícios de cisalhamento e cataclasamento nas proximidades do ponto 49 (foto 77; ponto 49).

No domínio dos metassedimentos destacam-se ainda importantes falhas que acompanham, preferencialmente, a estruturação regional do cinturão dobrado, destacando-se o Lineamento Ribeira, cujo traçado se desenvolve ao longo da extremidade SE da AID, e a Zona de Cisalhamento Quarenta Oitava, com direção regional NE, paralela ao Lineamento Ribeira. As rochas metacarbonáticas e metassedimentares clásticas estão dispostas em faixas rochosas segundo a direção NE-SW / ENE-WSW, fortemente afetadas pela zona de cisalhamento Ribeira e Quarenta Oitava. A Zona de Cisalhamento Quarenta Oitava exerce importante papel no quadro estrutural da área; localmente apresenta inflexão para a direção ENE, provocando o arrasto e deformação da foliação e dos corpos rochosos (IPT, 1997).

Logo ao norte do Lineamento Ribeira, numa direção que lhe é subparalela, há dobra sinclinal com os flancos em calcário (péac) e a charneira expondo metapelitos da unidade péam, sobrepostos aos calcários. Já na extremidade SW foi assinalada a presença de estrutura anticlinal, com eixo orientado na direção NW, afetando metapelitos da unidade péam e que corta estreita faixa de rochas metamáficas ( MA136.00.15-DE.02).

Existem ainda numerosas falhas e fraturas subordinadas, que se distribuem em sistemas entrecruzados nas direções NE e NW, afetando com mais visibilidade os granitos Três Córregos. Destacam-se, ainda, os conspícuos e espessos diques de diabásio que fazem parte do enxame do Arco de Ponta Grossa e compartimentam a AID em vários segmentos com direção NW. Muitos desses diques alcançam extensões de várias dezenas de quilômetros.

Os trabalhos de controle de campo possibilitaram a observação de algumas deformações rúpteis (falhas) e plásticas (dobras) em diversos locais (fotos 24, 29, 37, 38, 55 e 78 a 80; pontos 55, 89, 5A, 6A, 31A e 38A). Acompanhando a mega-estruturação regional, a foliação das rochas metamórficas, ditada por marcante textura nematoblástica, delinea nítidas descontinuidades planares pela orientação dos minerais, que se alinham, regionalmente, na direção NE. Os mergulhos são geralmente acentuados, orientados tanto para NE como para NW.

No Quadro 12.1.2/01. a seguir são relacionadas as direções estruturais, obtidas por meio de medidas de campo, com indicação do tipo de estrutura e da unidade litológica onde foram observadas. Os pontos estão plotados no Desenho MA136.00.15-DE.02 (Mapa de Geologia – 1:50.000)

**QUADRO 12.1.2/01. DIREÇÕES ESTRUTURAIS OBSERVADAS EM CAMPO**

PONTO	TIPO DE ESTRUTURA	ATITUDE	TIPO DE ROCHA	OBSERV.
14	Foliação	N35°;vert.	Xisto escuro	
14	Lineação	40° no rumo N35°E	Idem	
22	Foliação/ Acamamento(?)	N25°; 55°SE e N25°;70°SE	Metarritmito	
25	Foliação	N25°;45°SE	Filito	
26	Acamamento(?)	N60°;40°SE	Calcário (marmóreo)	
28	Acamamento	N10°;65°SE	Contato filito/ calcário	Caverna no contato
29	Foliação	N30°;70°NW	Calcário (marmóreo)	
30	Foliação	N15°;40°SE	Calcário (marmóreo)	
34	Foliação	N20°;45°SE	Filito	
35	Foliação	N20°;55°SE	Calcário	
45	Foliação	N20°;40°SE	Calcário	
49	Milonitização	N50°;vert.	Milonito	Zona de falha
50	Foliação	N15°;60°SE	Micaxisto-metassilito	Contato
51	Foliação	N30°;60°SE	Quartzoxisto	
52	Acamamento	N25°;75°SE	Quartzoxisto	Lente de calcário
53	Foliação	N15°;50°SE	Quartzoxisto	
54	Foliação	N30°;vert.	Quartzito micáceo	
57	Foliação	N15°;55°NW e N160°;55°NE	Filito	Muito alterado
58	Foliação	N60°;50°NW	Quartzoxisto	
60	Foliação	N60°;vert.	Calcário (marmóreo)	
61	Foliação	N45°;vert.	Calcário (marmóreo)	
62	Foliação	N60°;80°NW	Filito prateado/ quartzito filitoso	Contato
63	Acamamento	N50°;vert.	Calcário/ calcixisto	Contato
64	Foliação	N50°;40°NW	Calcário	
70	Acamamento	N40°;55°NW	Calcixisto	Com bandas carbonáticas
71	Foliação	N90°;75°N	Calcário (marmóreo)	
77	Foliação	N55°;70°NW	Quartzito	Dobrado
82	Foliação	N65°;55°SE	Calcixisto micáceo	Prateado e são
83	Acamamento	N45°;80°NW	Calcário impuro	
84	Foliação	N35°;65°SE	Quartzito	Cataclástico
85	Foliação	N25°;80°SE	Calcário	Muito fino
91	Foliação	N80°;70°NW	Calcário (marmóreo)	
94	Acamamento	N90°;35°N	Metarritmito	Filito/ calcário
102	Acamamento	N175°;60°NE	Calcário	
104	Acamamento	N150°;55°NE	Calcário	"skarnito"
1A	Foliação	N115°;45°SW	Calcixisto	
2A	Foliação	N175°;43°NE	Calcário	
5A	Milonitização	N90°;70°S	Milonito afetando metapelito	Falha
6A	Milonitização	N90°;60°N	Contato granito/ metapelito	Falha
7A	Acamamento	N130°;vert.	Calcário/ granito	Contato
12A	Foliação	N155°;65°NE	Metapelitos silicificados	"skarnitos"
16A	Foliação	N40°;60°NW	Granito/ metapelito	Contato
17A	Acamamento	N35°;75°NW	Granito/ calcário (marmóreo)	Contato
18A	Acamamento	N130°;40°SW	Granito/ calcário ("skarnito")	Contato
19A	Acamamento	N105°;70°NE	Calcário	"skarnito"
21A	Acamamento	N25°;27°NW	Calcário/ filito	Contato
21A	Foliação	N45°;60°NW	Metapelito	Filito
22A	Foliação	N35°;30°NW	Metapelito	
23A	Foliação	N40°;72°NW	Filito sericítico	
24A	Foliação	N65°;80°NW	Metapelito	
26A	Foliação	N90°;30°S	Metapelito	
28A	Foliação	N50°;27°NW	Metapelito	
28A	Intrusão ígnea	N50°;27°NW	Dique máfico	Mais espesso

(continua...)

**QUADRO 12.1.2/01. DIREÇÕES ESTRUTURAIS OBSERVADAS EM CAMPO**

(...continuação)

PONTO	TIPO DE ESTRUTURA	ATITUDE	TIPO DE ROCHA	OBSERV.
28A	Intrusão ígnea	N75°;20°NW	Dique máfico	Mais delgado
29A	Foliação	N70°;55°NW	Filito	
29A	Intrusões ígneas	N120°;77°NE	Diques máficos	2 diques paralelos
31A	Foliação	N55° a 70°;37° a 58° NW	Metapelitos deformados	"horst"
31A	Plano de falha	N170°;55°NE	Metapelitos/ depósito rudáceo	Contato de falha-"horst"
32A	Foliação	N80°;53°NW	Calcário	
33A	Acamamento	N155°;55°NE	"skarnito"/ granito	contato
34A	Acamamento	N65°;45°SE	Calcário	
35A	Acamamento	N90°;83°S	Calcário	
36A	Foliação	N90°;75°N	Quartzito	
37A	Acamamento	N90°;42°S	Calcário	
38A	Acamamento	N80°;20°SE	Calcário	Eixo de dobra
54A	Foliação	N25°;70°NW	Filito	
56A	Acamamento	N10°;40°SE	Quartzito	Intercalação de filito