NÃO CIRCULA

ROCHAS CLÁSTICAS DO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS

Alfredo José Simon Bjornberg

DEDALUS - Acervo - IGC

30900013334

Tese Doutorado

1958

ÍNDICE

<u>INTRODUÇÃO</u>	1
<u>OBSERVAÇÕES</u>	
<u>ARENITOS E SILTITOS</u>	
<u>Coleta de sedimentos</u>	4
<u>Análise mecânica</u>	5
<u>Forma dos componentes</u>	7
<u>Brilho</u>	9
<u>Análise mineralógica</u>	10
<u>Minerais pesados</u>	11
<u>Estruturas sedimentares sinrenéticas e epigenéticas</u>	12
<u>Considerações sobre o Sedimento Arenoso</u>	14
<u>Origem e ambiente de sedimentação</u>	16
<u>Idade dos arenitos</u>	19
<u>AS BRECHAS</u>	
<u>Descrição</u>	25
<u>Considerações gerais sobre as brechas</u>	33
<u>Idade das brechas</u>	36
<u>AS ROCHAS CLÁSTICAS NO ESPAÇO</u>	38
<u>INTERPRETAÇÕES</u>	
<u>Origem das brechas</u>	40
<u>As grandes estruturas</u>	44
<u>Abatimento, erosão ou explosão?</u>	46
<u>CONCLUSÕES</u>	49
<u>Bibliografia</u>	55

ROCHAS CLÁSTICAS DO PLANALTO
DE
POÇOS DE CALDAS

INTRODUÇÃO: O escopo do presente trabalho é o estudo das rochas clásticas do planalto de Poços de Caldas, sul do Estado de Minas Gerais, enquadrado nas longitudes de 46^o e 47^o W (Greenwich) e nas latitudes de 21^o e 22^o S. Em meados de 1954, o Dr. José Moacir V. Coutinho, o Sr. Reinholt Ellert e eu iniciamos os trabalhos de campo no planalto de Poços de Caldas. Estes trabalhos foram executados principalmente durante as férias escolares da Universidade de S.P.. Como o trabalho de cada um de nós seria assunto para tese, foi ele dividido em diversas partes a serem tratadas separadamente. A mim coube o estudo das rochas clásticas. Entretanto, o levantamento geológico geral foi feito em conjunto.

A dificuldade inicial encontrada foi a da falta de cartas topográficas adequadas que servissem para o mapeamento das diversas formações, posteriormente sanada com a obtenção de mapas precisos e atualizados. O mapa definitivo foi traçado na escala de 1:50.000, que se encontra anexo.

Poços de Caldas é uma das maiores ocorrências de rochas alcalinas do globo. Situa-se nos limites de São Paulo e Minas gerais, junto aos contrafortes da Serra da Mantiqueira, entre as cabeceiras do Rio Pardo e Mogiguassu. É rodeada por uma cinta de rochas sedimentares clásticas, que testemunharam e registraram os importantes acontecimentos geológicos, que afetaram parte, incluindo o vulcanismo. Dêsse modo, as rochas sedimentares têm importante papel na datação como ponto de referência no tempo. Por outro lado, os sedimentos são muito importantes, auxiliando o reconhecimento e estudo das

estruturas da região. Assim, as amplitudes e orientação de certos deslocamentos nas eruptivas puderam ser conhecidos, graças aos movimentos que interessaram os dois tipos de rochas.

Foram também estudadas as rochas clásticas diretamente ligadas, quanto à origem, ao vulcanismo. São representadas por rochas piroclásticas propriamente ditas, isto é, por rochas expelidas por vulcões e por brechas associadas às intrusões alcalinas. Este último tipo compreende as rochas primariamente piroclásticas, ígneas, ou sedimentares, que sofreram movimento, injeção, ou percolação de material ígneo. O estudo das brechas é de importância capital para o conhecimento das condições geológicas que existiram na região. A figura 1, mostra um mapa da mesma, em que são representados os contactos das rochas alcalinas com a encaixante, as rochas clásticas e os pontos numerados de coleta ou material fragmentário englobado por rocha ígnea, das brechas piroclásticas, isto é, provenientes da ejeção e deposição de material vulcânico. Nesse mapa, pode-se ter uma idéia do tamanho da área estudada.

Graças à beleza da paisagem, ao ótimo clima e às propriedades medicinais das águas do planalto, serviu êle de chamariz a numerosos visitantes.

Derby, (16) no fim do século passado, foi o primeiro geólogo que examinou essa localidade. Esse notável naturalista teve sua atenção chamada para o arenito ali existente, extremamente branco, fino e fraturado, de aspecto metamórfico. Relacionou-o a sedimentos carboníferos, por ter encontrado, entre suas camadas, intercalações de folhelho.

Contudo, não encontrou fósseis que estabelecessem, corretamente, a identidade dessas camadas. Constatou Derby, ainda, com referência às rochas clásticas, tufo capeado por arenito e intrusões alcalinas no sedimento. Cinquenta anos depois, novas observações sobre essas rochas foram feitas por Barbosa (3,p.33). Este autor situa os folhelhos, nas formações Estrada Nova e Rio do Rastro, atribuindo o metamorfismo de tais rochas à influência da intrusão alcalina nas mesmas. O arenito é identificado ao microscópio por aquele autor como Botucatu. Mais recentemente, temos o trabalho de Freitas, (18, p.26-37), incluindo os folhelhos na série Passa Dois, transgressiva sobre o arqueano na região de Poços de Caldas. Considera este autor o arenito como pertencente à série São Bento, transgressivo em maior escala que os sedimentos da série anterior, ambos, em alguns pontos do planalto, muito metamorfizados. Sugere, como interpretação da geologia um único vulcanismo e soerguimento das estruturas sedimentares pelo magma alcalino, que as separou deste modo, do embasamento cristalino. Em 1948, Barbosa, (4,p.235 - 237) apresenta outro trabalho, contestando o ponto de vista de Freitas, afirmando ter havido duas atividades do magma alcalino na região de Poços de Caldas. O primeiro, plutônico anterior ao permiano, que depois de desgastado teria servido como base de deposição ao sedimento. O segundo, vulcânico, extrusivo, teria agido em várias fases, metamorfizando e perturbando os arenitos e folhelhos. Outras observações permitiram ao autor citado explicar a situação elevada dos arenitos, por um processo de soerguimento epirogênico moderno. Freitas (19,p.85-90) volta ao assunto em 1951, refutando as idéias de Barbosa, porém não oferece novos dados

sobre as rochas clásticas. O último trabalho que se refere aos mesmos sedimentos é o de Branco, em 1956 (10, p.9-11). Este autor verificou a semelhança na composição dos arenitos da Serra do Mirante, vizinha ao planalto, com o arenito Botucatu. Acha também que os blocos de arenito flutuaram sobre o magma, no planalto, esposando a idéia de Freitas. Com referência às brechas estudou, do ponto de vista petrográfico, várias secções delgadas. No campo, teve oportunidade de constatar intrusões alcalinas, em aglomerado vulcânico, observações essas que o levaram a acreditar em mais de uma fase eruptiva.

Devo meus agradecimentos ao nosso Mestre Professor Dr. Viktor Leinz, por seus conselhos, ensinamentos e orientação; aos Drs. Alceu F. Barbosa e Rui O. de Freitas, pelo auxílio técnico aos meus colegas e amigos Dr. José Moacir V. Coutinho e Reinholt Ellert, pelas críticas construtivas, cooperação, determinações petrográficas etc.; ao Dr. Elisiário Távora, várias determinações mineralógicas, ao Conselho Nacional de Pesquisas, o auxílio material. A todos aqueles que me ajudaram, consigno os meus agradecimentos.

OBSERVAÇÕES:

ARENITOS E SILTITOS

Coleta de sedimentos: Procuramos coletar amostras de sedimentos de todos os tipos que apresentassem diferenças físicas, litológicas e de estrutura, que não tivessem sofrido metamorfismo de contacto ou recristalização. Esta norma foi obedecida pelas seguintes razões:

a) As rochas sedimentares metamorfizadas mostram, frequentemente, deformações plásticas ou recristalização de grãos, cujos graus de arredondamento são diferentes dos apresen

tados no sedimento original.

b) A desagregação das mesmas, para serem peneiradas, provoca fraturamento e granulação artificial em relação à rocha original.

c) Para facilitar a comparação deste trabalho com os de outros autores. O estudo destas rochas metamorfasadas em secção delgada não foi feito porque, usando esse método, fica suprimida uma dimensão, resultando daí dados imprecisos.

Análise mecânica: Depois de coletado, o material foi desagregado a mão. As frações de cada amostra, menores que 43 microns, foram separadas por decantação. O material restante foi secado em estufa a 100° C aproximadamente. Foram examinados os grãos aglutinados das diversas frações para o recálculo granulométrico. Para não produzir um fraturamento artificial dos aglutinados, por uma desagregação mais energética, preferimos determinar ao microscópio, a frequência dos mesmos e, nessa base, recalcular a granulometria. A análise granulométrica do siltito ou da fração fina do arenito, foi feita pelo processo de decantação em água, usando-se como defloculante oxalato de sódio. A suspensão decantada foi filtrada e seu peso determinado, após secagem em estufa. O método de decantação não satisfaz plenamente por duas razões:

1- Partículas pequenas têm sua marcha de queda normal modificada no fluido, graças aos movimentos convencionais do meio líquido, dificultando o controle da sedimentação.

2- Outra razão é o não saber se a desagregação foi suficiente para separar os compostos primários do material. Entretanto, assim mesmo foi usado esse método, por ser suficientemente aproximado e para não haver quebra do processamento, que complicaria a marcha normal dos trabalhos de la-

beratório. A análise mecânica dos sedimentos arenosos deu tipos diversos de curvas cumulativas, que foram representadas nas figuras 2, 3, 4, 5 e 6. Nas abcissas, são marcados os diâmetros dos grãos em milímetros. Nas ordenadas, a porcentagem em peso. nas curvas cumulativas, assim como nas tabelas que se seguem, são dados os números das amostras correspondentes à numeração do mapa da fig. 1, nos pontos em que foram coletadas. As letras indicam os tipos diferentes de amostras obtidas nos afloramentos indicados pelos números. Maneira simples de resumir os resultados estatísticos dessa análise está na obtenção dos quartis, mediana e coeficientes de seleção. Os dois primeiros, Q_3 e Q_1 , podem ser obtidos, graficamente, como preconiza Krumbein e Sloss (22,p.73), e o último, pela seguinte fórmula: $So = \frac{Q_3}{Q_1}$. Na tabela 1 são dados os valores da mediana, quartis e grau de seleção aproximados das diferentes amostras. A mediana e o coeficiente de seleção parecem dar indicações sobre o processo de formação dos sedimentos clásticos. Como se vê na tabela 1, há uma grande diferença nos valores das diferentes medianas. Quanto aos quartis, há aproximação ora de um ora de outro, em relação à mediana das diversas amostras. Segundo Krumbein e Sloss (22, p.75) esses dados parecem indicar mudanças na competência do agente erosivo. Ainda segundo os mesmos autores, grandes discrepâncias do grau de seleção devem indicar condições variadas de transporte. Os dados texturais Q_3 e Q_1 permitiram fazer uma classificação de todas as amostras de acordo com Pettijohn (28,p.27). Segundo essa classificação, tabela 1, as amostras 1b, 4, 6b, 7b e 10 poderiam ser chamadas de arenito siltoso; as amostras 5b, 7e e 10b chamar-se-iam siltitos; a amostra 7a seria um siltito argiloso e todas as restantes amostras enquadrar-se-iam entre os arenitos.

Certas amostras rudáceas não permitiram análise mecânica normal, pelo fato de conterem grandes ou pequenos fragmentos de feldspato decomposto, ou rocha decomposta. Foram elas estudadas com auxílio da lupa binocular.

Forma dos componentes: As partículas componentes dos sedimentos foram classificadas, quanto à forma, segundo o grau de arredondamento. Esta é uma relação entre a média dos raios das angulosidades e o raio do máximo círculo inscrito. As seções dos grãos quartzosos das diversas amostras foram desenhadas por meio de "câmara clara" adaptada ao microscópio. Seguindo-se método de Waddel (36), foi possível fazer a determinação do grau de arredondamento para 40 grãos de cada fração. Tomando por base o princípio de que o arredondamento de areias e seixos quartzosos é função da distância transportada, do tamanho dos elementos e do meio transportador, resolvemos comparar, na mesma rocha, os graus de arredondamento dos grãos de duas frações distintas, isto é, 74 a 105 e 297 a 500 microns. O meio não só influirá no modo de deslocamento, como também no tipo de impacto que os grãos em transporte sofrerão. Assim, no meio aquoso, o transporte em suspensão é facilitado pelo fato da água ter maior densidade que o ar e, ainda, por ter essa densidade aumentada, quando rica em impurezas tais como argila, ou sais. O impacto das partículas entre si é amortecido no ambiente aquoso, devido ter a água maior viscosidade que o ar. Neste último, o impacto é direto, tanto das partículas grosseiras como finas. Na água, as partículas pequenas, tendo sua densidade relativa ao meio diminuída e amortecidos os choques com os grãos vizinhos, podem manter por muito tempo a sua superfície original sem sofrer desgaste. Por outro lado, quanto maior a distância de transporte e quanto maior a turbulência e movimento do meio,

tanto maior será a probabilidade de haver atrito entre os grãos. Dêsse modo, em geral, quanto maior o transporte, tanto maior será o arredondamento das partículas de quartzo. É fato conhecido que, em geral, nos fragmentos movimentados nos ambientes aéreos ou aquosos, os maiores são mais arredondados que os menores. Assim, pode-se determinar, às vezes, o grau de maturidade de certos sedimentos arenosos pela relação; tamanho e arredondamento. Pode-se também determinar dentro de certos limites o ambiente em que se formou o sedimento, comparando os graus de arredondamento entre grãos grosseiros e finos de uma amostra. Com o fito de se estabelecer essa comparação, foram feitas as seguintes determinações do grau de arredondamento: dez de arenitos do planalto de Poços de Caldas, uma do arenito Botucatu (provavelmente eólico), uma do arenito Bauru, uma de sedimento considerado flúvio - glacial, duas de quartzito não transportado, uma de grãos quartzosos de gnais decomposto não transportado. Os arenitos Botucatu e Bauru, foram coletados em São Carlos (Estado de São Paulo). O gnais e uma das amostras de quartzito foram coletadas nos arredores de São Paulo. A outra amostra de quartzito foi coletada na Serra Jacobi na (Bahia). O arenito flúvio-glacial foi coletado em Campinas (Estado de São Paulo). A tabela 2 apresenta os resultados dessa análise. Foram feitas outras determinações do grau de arredondamento em amostras do planalto de Poços de Caldas, porém para estas se usou um método mais expedito, de Russel e Taylor (30) modificado por Pettijohn (28, p.52-54), menos preciso. Em resumo os resultados desta última foram os seguintes:

- 1- Em cada amostra de Poços de Caldas, nenhuma das duas frações apresentou grãos, cujas médias em grau de arredondamento ultrapassou o valor de 0,5.

2- Em geral, as médias em grau de arredondamento correspondentes à fração grosseira e fina tiveram valores iguais ou muito próximos.

De tudo o que foi exposto, em conjunto, pode-se concluir que:

a) Em ambiente provavelmente eólico, os graus de arredondamento são altos para o material das duas frações. Os grãos de areia da fração grosseira são melhor arredondados que os da fração fina.

b) Em ambiente aquoso, os graus de arredondamento correspondentes às duas frações são mais baixos que o anterior e de valores próximos entre si.

c) Em rochas metamórficas decompostas, os grãos de quartzo apresentam nas duas frações, grosseira e fina, graus de arredondamento extremamente baixos e, em geral, na fração fina, os graus de arredondamento são maiores, em relação à fração grosseira.

Pode-se verificar que os arenitos de Poços de Caldas se enquadram melhor entre os do grupo b, isto é, entre os aquosos. Esse critério, entretanto, foi usado com cautela, pois arenitos como os de Poços de Caldas, provavelmente de origem mista (como veremos adiante), devem ter sofrido influência das eruptivas alcalinas, que modificaram, em parte, o grau de arredondamento dos seus componentes.

Brilho: É o brilho um importante meio para se distinguir grãos de areia trabalhados pelo vento daqueles trabalhados pela água. Fizemos algumas determinações do brilho usando a técnica de Cailleux (11, p.11-19). Segundo este autor, deve-se verificar o brilho em grãos bem arredondados. Nós fizemos observações não só nos grãos de areia arredondados, como também nos angulosos (fração granulométrica de 210-105 microns).

As razões foram as seguintes:

1-0 nosso sedimento arenoso não mostrou grãos de areia bem arredondados em quantidade suficiente. Como já foi visto antes nos resultados da determinação do grau de arredondamento, raras foram as médias superiores a 0,3.

2-0 brilho fosco, em grãos bem arredondados, pode ser produzido por processo abrasivo, em virtude de toda a superfície do grão de areia estar exposta. Quando, porém, existirem reentrâncias no grão de areia e essas reentrâncias apresentarem brilho fosco, é possível que esse brilho se deva mais ao ataque de soluções que ao processo abrasivo propriamente dito. Nada impede, nessas circunstâncias, que grãos bem arredondados tenham também superfície fosca provocada pelo ataque de soluções e não por razões de abrasão. Considerando essas limitações ao método, foi desnecessária uma contagem porcentual do número de grãos brilhantes e foscos de cada amostra, no nosso caso. Algumas determinações aproximadas deram os seguintes resultados: para as amostras do grupo 1, 2 e 4 a maioria dos grãos de areia foi do tipo brilhante. Os grãos de areia foscos dessas amostras mostraram-se corroídos. Para as amostras 6a e 10 foram encontradas quantidades aproximadamente iguais de foscos e brilhantes. Em todas as restantes amostras predominou o número de foscos em relação aos brilhantes. As amostras do grupo 7 mostraram maior quantidade de grãos bem arredondados foscos que todas as outras amostras. Pode-se dizer que, em conjunto as amostras de arenitos apresentaram maior quantidade de grãos foscos que brilhantes. Aquêles são do tipo corroído, preponderantemente.

Análise mineralógica: Do material retido em cada peneira

da análise granulométrica, foram contados ao microscópio 100 grãos escolhidos ao acaso. Em seguida, foram calculadas as médias ponderais, de acordo com as proporções das porcentagens e, a partir destas, a composição mineralógica total. A tabela 3 mostra a composição percentual aproximada dos diversos arenitos e siltitos, excetuando-se os minerais pesados.

Minerais pesados: 20 gramas de cada amostra desagregada contendo todas as frações granulométricas foram atacadas por ácido muriático, a quente. Em seguida, foram lavadas em água e secas em estufa. Depois disso, foram lançadas em bromofórmio afim de serem separados os minerais pesados. Estes correspondem, em geral, a menos que 1% aproximadamente do peso de cada amostra. Todas as amostras apresentaram uma boa porcentagem de zirconita (vide tabela 4). O mínimo observado foi de 30%, em relação aos demais minerais pesados, na amostra 10b.

Em resumo, as amostras 7, 8, 9 e 10 possuem maior variabilidade de minerais pesados. Nestas amostras ocorre também leucóxênio em certa quantidade. Os minerais opacos não foram diagnosticados, por dificuldades técnicas na sua determinação.

Em todas as amostras, ocorre o mineral bauerita, ora na fração leve, ora na fração pesada. Por causa dessa propriedade, não entrou no cálculo entre os minerais pesados propriamente ditos. A bauerita parece ser o resultado da lixiviação de biotita. É isótropa ao microscópio. Em certos pontos deste mineral, aparecem aglomerados microcristalinos de quartzo. Segundo Brammal e Harwood (9, p. 20-26), a biotita submetida a condições especiais de alteração é capaz de dar bauerita e resíduo contendo titânio.

O anatóasio apareceu sempre ideomorfo, frequentemente formando agregados minerais, que servem algumas vâzes como cimento aos grãos de quartzo. Suas características indicam autigenia.

A zirconita, em geral bem arredondada; apresentou frequentemente tons róseos e alongamento médio de 0,2 milímetros; quando prismática, mostrou frequentemente terminação em pirâmides altas.

A turmalina foi encontrada sempre bem arredondada de cor castanha, parda, ou azulada, com inclusões raras.

O rutílio apresentou sempre forma prismática arredondada e cor laranja avermelhada a amarelada.

A monazita foi encontrada em quantidade na amostra 5a. Apresentou-se, no caso, com tamanho médio de 0,5 milímetros e bem arredondada.

A granada mostrou-se incolor na maioria das vâzes.

O córindon, azul característico apresentou-se às vâzes arredondado.

A hornblenda e a apatita foram determinadas precariamente, por terem sido encontradas em fragmentos muito pequenos.

Estruturas sedimentares singenéticas e epigenéticas: Os sedimentos alcançam sua máxima espessura em Águas de Prata e ao norte de Andradas, na fazenda Pinheirinho, a poucos quilômetros desta cidade. Nesses locais, acamou em primeiro lugar material predominantemente siltoso e argiloso, em conjunto, com espessura aproximada de 60 metros. Acima dessa camada mixta, aparece arenito com aproximadamente 30 metros de espessura. Nos outros pontos do planalto, foram encontrados unicamente arenitos. Quando sobrepostos, pa

rece não haver inconformidade entre o sedimento siltoso-argiloso e o arenoso. São frequentes leitos finos e espessos de arenito intercalados no siltito e argilito. Ocorrem também, neste sedimento, leitos de muscovita e bauerita, cujas plaquetas atingem, em casos raros, um centímetro de tamanho e leitos de seixos de gnaís ou arenito de tamanho máximo de alguns centímetros. O material fino apresentou acamamento laminar paralelo e rítmico e, quando inclinado, os ângulos de mergulho não são maiores que 20° . O arenito apresenta estratificação plana paralela, ou cruzada, na grande maioria dos casos. A estratificação cruzada, no máximo, em ângulos de 30° . Na Serra do Mirante ocorre sedimento arco-siano imaturo em tipo de depósito torrencial, Lahee (24, p. 83), de cuja textura damos um esquema na figura 7. É frequente encontrar-se nos arenitos, que afloram na Serra do Mirante, brecha intraformacional de argilito ou arenito fino e concentrações limoníticas. Devem ser resultantes do dissecamento de material argiloso, que foi, posteriormente depositado com o outro sedimento. Na Serra do Quartel, a NE de Águas da Prata, existe pedreira de arenito silicificado, onde se encontram nódulos esferoides, assemelhando-se bastante aos do arenito Botucatu encontrados na estrada de rodagem, entre Analândia e Descalvado, nas encostas da Serra do Cuscuzeiro (Estado de São Paulo). São nódulos às vezes ôcos, às vezes contendo areia e argila friáveis, outras vezes compactos até o centro. Apresentam sempre camadas concêntricas discerníveis ora por sua maior concentração de calcedônia, ora por maior concentração ferruginosa ou manganosa.

Não foram encontrados até o momento, sedimentos seme

lhantes aos estudados fora da área das intrusões alcalinas. Os mais próximos ocorrem em afloramentos descontínuos, na Serra do Mirante. Apoiam-se sobre o gnais. No seu ponto mais alto (1580 metros aproximadamente) estes sedimentos parecem estar ligeiramente basculados para W. Provavelmente, aí também ocorrem rochas alcalinas, pelo fato do talus da mesma serra, na altitude de 1500 metros, conter blocos de tinguaito, de mistura com os de arenito. Para o sul, descreve esta serra uma ligeira curvatura para E, acompanhando externamente a Serra do Paiol, terminando em Águas da Prata a 800 metros de altitude. O arenito capeia estas elevações, cujas cristas passam gradualmente da cota 800 a 1580 metros. Suas diaclases são aproximadamente EW e NS obedecendo as linhas de fraqueza do cristalino. Em Águas da Prata e ao norte de Andradas, aparecem nestes sedimentos inúmeras perturbações estruturais (falhamentos, basculamentos etc.). Dificilmente são observados adernamentos de blocos em ângulo superior a 10° . São constatadas inúmeras intrusões alcalinas nos arenitos da região. Diques radiais, em relação ao centro do planalto são frequentes nas pedreiras de arenito próximas à barragem do Rio das Antas até Poços de Caldas. Em vista aérea tem-se a clara impressão de que os afloramentos de arenito seguem uma linha interrompida ao longo da borda do planalto, acompanhando-a, como incrustação interna das encostas montanhosas do grande círculo. Freitas (3, p.37) já havia feito observações semelhantes. A posição dos mesmos varia entre cota de 1000 metros até a cota de 1500 metros, mergulhando geralmente para o interior.

Considerações sobre o Sedimento Arenoso: Certos areni-

tos por nós estudados, vide figura 7, além de apresentarem textura "turbilhonar" possuem certa quantidade de feldspato, microclina em geral, também constatada por Branco (10, p.9), que por decomposição dá à rocha um aspecto salpicado. Esse sedimento arcossiano apresenta acamamento do tipo torrencial, isto é, alternância de camadas horizontais paralelas com estratos cruzados ou caóticos, ou ainda alternância de camadas paralelas grosseiras e finas. Segundo vários autores, Twenhoffel (34, p.313), Krynine (23, p.353-363), a presença de feldspato nos arenitos desse tipo indica decomposição e retirada sem completa destruição dos minerais, erosão rápida, pouco transporte e soterramento em curto espaço de tempo. O tipo de acamamento irregular sugere, por outro lado, variações de competência durante o processo de sedimentação. Outros dados, que apontam condições variadas de sedimentação, são as alternâncias de arenito e siltito em Aguas da Prata e ao Norte de Andradas. Estes arenitos, intercalados no siltito, possuem notáveis semelhanças com os demais arenitos da mesma região (incluindo o arenito, que ocorre acima do siltito, em espessa camada). Têm o mesmo grau de seleção, mediana granulométrica sempre na fração arenosa, estratificação em geral cruzada etc.. Há casos excepcionais, como por exemplo nas proximidades da Cachoeira do Ozório, em que o arenito apresenta estratificação inclinada curta e curva, ou ainda, níveis de seixos e areia grosseira, indicando, possivelmente, locais onde agiram correntes aquosas. Normalmente o siltito mostra laminação, produzida possivelmente em condições calmas. Como já foi dito anteriormente, existem leitos de mica no siltito, cujos fragmentos, às vezes, alcançam um centímetro de tamanho. Talvez seja esse o indício de proximidade da fonte, ou condições calmas de sedimentação, Krumbein e Sloss (16), pois

com o transporte, a mica se fragmenta, diminuindo de tamanho. Como se pode depreender das curvas cumulativas, o silício nem sempre se apresenta bem selecionado, talvez por defeito de amostragem.

Origem e ambiente de sedimentação: Cabe aqui fazer-mos uma consideração de caráter teórico. Para tanto empregamos o cálculo proposicional, que permite traduzir a linguagem comum em símbolos operáveis matematicamente e, assim, orientar o raciocínio para obtenção de conclusões em moldes simples e precisos. Exemplifiquemos numericamente para esclarecer o método, usando modelo de Reichenbach (29): "Jogando dois dados, um homem faz a seguinte aposta- "Eu obterei a face quatro em um dado ou no outro". Se substituirmos a proposição "Eu obterei a face quatro em um dado" por "a" e se substituirmos a proposição "eu obterei a face quatro no outro dado" por "b" e, ainda, a operação "ou" por "v", toda a proposição será expressa simbolicamente por "a v b". Esta última expressão equivale à expressão seguinte: "a v $\bar{a}.b$ ", Reichenbach (29,p.99). Em álgebra comum, "v" indica operação de soma e "." a de multiplicação. Dêsse modo, substituindo essas proposições pelas respectivas probabilidades expressas em números, teremos para $a=1/6$, $b=1/6$ e $\bar{a}=5/6$, o seguinte resultado: $1/6 + (5/6.1/6) = 11/36$. Esse raciocínio mostra que, para se obter uma face determinada em um dado, a probabilidade será de $1/6$. Para um dado ou outro, será de $11/36$. Para um dado ou outro, ou ainda outro, será de $91/216$. Nota-se haver, portanto, um aumento de probabilidade com aumento dos termos da expressão. Por outro lado a probabilidade de ter-se uma determinada face em um dado e outro será de $1/6$. $1/6 = 1/36$ e, em um dado e outro e ainda outro, será de

1/216. Há, portanto, uma diminuição de probabilidade com aumento dos fatores. Voltando para o campo da geologia, agora podemos traduzir a proposição geral: "O sedimento estudado provém originalmente de sedimento fluvial, ou de sedimento lacustre, ou ainda, de sedimento marinho "pela seguinte fórmula simbólica": "a v b v c". Se atribuírmos certo grau de probabilidade a cada termo da fórmula, verificamos que a soma dos mesmos representa um aumento de probabilidade total, como no caso numérico. Por outro lado, se representarmos por símbolos a proposição geral: "Ocorre no mesmo pacote de sedimentos, siltito formado em certas condições e arenitos em outras condições e arenito grosseiro arcossiano em condições ainda diferentes das duas primeiras", teremos: "A.B.C.". Se atribuírmos certo grau de probabilidade a cada um dos fatores, vemos que há uma diminuição da mesma na expressão acima, em relação a cada fator em separado, por se tratar de um produto. Podemos concluir que, do ponto de vista teórico:

1- O sedimento estudado deve ter diversas procedências.

2- Este sedimento é difícil de ser encontrado, por ter-se sedimentado, provavelmente, em diferentes condições de ambiente.

Só há valor na teoria quando esta encontra confirmação no campo prático. Dêsse modo, estudando os minerais pesados, pudemos constatar serem estes comuns de rochas ácidas. Assim, a zirconita e monazita têm sua origem em rochas ígneas ácidas ou intermediárias, o mesmo podendo-se dizer do anatásio, que é geralmente autígeno por decomposição de ilmenita ou mineral titanífero, Milner (27, p. 235).

A côr rosada da zirconita, no caso, é indício de idade arqueana, Saldanha e Franco (17,p.48). Os minerais pesados: turmalina, rutilo, granada e córindon provêm de rochas metamórficas ou ígneas ácidas. Os seixos e fragmentos encontrados nos arenitos e siltitos de Águas da Prata são de gnaís ou de arenito cimentado por limonita. Os minerais pesados do seixo de arenito apresentam 90%, aproximadamente, de turmalina e pequena porcentagem de zirconita; de modo que, não houve confirmação da primeira hipótese na prática. Quanto à segunda, sabemos que, até agora, não é encontrado êsse mesmo tipo de sedimento em outras partes, a não ser dentro do planalto de Poços de Caldas ou junto a êle, na Serra do Mirante. Podemos admitir que, se todo o pacote sedimentar mostra alternância de rochas formadas em condições diferentes, então sua ocorrência deve estar limitada a uma linha de sobreposição de meios e ambientes diversos de sedimentação. Tal situação, por exemplo, poderia existir na beira de deserto. O siltito e argilito depositar-se-iam em lagoas. As intercalações de arenito podem ser explicadas como transgressões passageiras de areias do deserto que, por fim, devem ter sobrepujado os depósitos siltíticos. Fato que apoia essa interpretação é que êsse tipo de sedimento existe em "playas" atuais, Hamilton (21), apresentando espessuras semelhantes às por nós encontradas, o mesmo acontecendo em desertos do passado, Martin e Korn (26,p.88). Estudos de Barrel (5,p.285-294) mostram serem comuns em zonas áridas ou semi-áridas sedimentos dêsse tipo. Há declive suficiente para que, em um caso de chuva intensa, as torrentes carregadas de lama transportem os detritos e se espraíem na planície de inundação. Essas super

fícies, em climas áridos, são estéreis durante quase todo o ano. Detritos depositados pela água podem ser facilmente re-trabalhados pelo vento, de modo que, nesses locais, há justaposição de sedimentos fluviais, pluviais e eólicos reconhecíveis por sua estrutura. As camadas argilosas podem rachar ao secar, dando fragmentos que podem ser movimentados pelo vento. Fragmentos de arenito ou gnais, no nosso caso, podem ser retomados de depósitos piemônticos e levados pela água durante seu movimento, formando leitos de seixos. A fração siltítica e arenosa, incoerente quando seca, é levada pelo vento a grandes distâncias. Pode também ficar retida diante de anteparo montanhoso, que dissipa a competência eólica. Originar-se-ia, assim, a brecha intraformacional já citada, encontrada na Serra do Mirante.

Idade dos Arenitos: Até agora nenhum fóssil foi verificado nos sedimentos arenosos considerados. Nessas condições, não nos é possível correlacionar, com segurança, o sedimento a outros e nem datá-lo. Faremos uso então de caracteres litológicos, para podermos compará-lo a outros. Quem examinar pela primeira vez os arenitos do planalto de Poços de Caldas fica logo sugestionado pelo seu aspecto friável e pela angulosidade dos grãos que o compõem. Derby (16), o primeiro geólogo a encarar esse assunto, acreditou inicialmente na possibilidade de se tratar de quartzito do embasamento cristalino. Logo abandonou essa idéia, atribuindo idade carbonífera ao sedimento, pelo fato de ter encontrado nele intercalações de folhelho. A primeira vista, parece realmente um quartzito. Entretanto, as análises de arredondamento, tabela 2, parecem indicar não terem eles sofrido metamorfismo suficiente para se transformarem em tal rocha, cujos

grãos teriam angulosidade muito maior. A segunda idéia de Derby encontra melhor apóio nos resultados sedimentológicos. Voltando à tabela 2, pode-se notar que o grau de arredondamento dos arenitos de Poços de Caldas, é semelhante aos dos arenitos fluviais e flúvio-glaciais em geral. A título de comparação, damos, a seguir, os coeficientes de seleção de três sedimentos, dois arenitos flúvio-glaciais e um loessito, cujos histogramas foram obtidos por Leinz (25, p.17-24). Por esses dados verificamos que o arenito de Pitanga (Estado de São Paulo) e o loessito de Rio do Sul (Santa Catarina) são bem selecionados com coeficiente de seleção ao redor de 2. O arenito fino do Rio do Sul, ao contrário, deu seleção medíocre e ao redor de 10. Os dois primeiros, entretanto, mostram como o sedimento glacial retrabalhado pode apresentar-se bem selecionado, perfeitamente comparável aos de Poços de Caldas. Existe, no entanto, forte discrepância com relação aos minerais pesados. Enquanto os sedimentos glaciais ou flúvio-glaciais contêm de modo uniforme a granada, predominantemente, havendo também certa frequência de turmalina e apatita, Leinz (25, p.27-28); nos nossos sedimentos, a granada e a apatita a parecem em porcentagem muito baixa. Este último dado afasta a hipótese de Derby de que os arenitos por ele encontrados, próximos e dentro do planalto de Poços de Caldas, sejam correlacionáveis aos sedimentos flúvio-glaciais.

Como vimos na introdução deste trabalho, os autores mais modernos apontam semelhanças dos arenitos considerados, com o arenito Botucatu, principalmente devido ao conteúdo em feldspato quase sempre presente em sua composição. Foram então comparados os nossos dados, aos obtidos por Carvalho (12) em estudos realizados sobre o arenito Botucatu no Estado de São

Paulo e também aos de outros autores. Pode-se dizer que , apesar de nossos arenitos apresentarem bom grau de seleção granulométrica, tabela 1, possuem êles maior quantidade de argila do que os arenitos estudados por Carvalho (12). Esta autora, comparando o arenito Botucatu a areias desérticas da África, verificou que há em ambos, de um modo geral:

1- Muito material bem selecionado para a granulação de 500 e 200 microns, chegando a representar 96% da amostra.

2- Muito pouco material mais fino e mais grosso que a moda.

Os nossos histogramas, obtidos a partir das curvas cumulativas, mostram que a moda se situa no intervalo de 500 a 125 microns, em geral mais próxima a este último valor e em porcentagem aproximadamente de 45 em relação ao total. Acima e abaixo da moda se distribue o restante material correspondente a 65% da amostra. Como se vê, não há perfeita correspondência entre os dados daquela autora e os nossos. Bagnold, (1, p. 118-124) teve oportunidade de verificar que a estratificação dos sedimentos eólicos mostra haver mudanças rápidas nas condições de formação desses depósitos. Assim, as camadas são homogêneas só na espessura de poucos milímetros. Amostragem em maior espessura faz com que, junto à moda, apareça uma outra classe de granulação, que a acompanha em porcentagem. Assim, por amostragem mal feita, pode-se modificar totalmente a curva cumulativa dando-lhe características de pequeno grau de seleção. Ainda maiores discrepâncias na granulometria são obtidas, quando uma duna se move, havendo mistura de duas camadas, uma gros

seira e uma fina, formando depósito misto. Dêsse modo, seja por falhas de amostragem ou outra razão, não há correspondência granulométrica entre os arenitos por nós estudados e o arenito Botucatu. Quanto ao grau de arredondamento, os arenitos de Poços de Caldas apresentam grãos em média pouco arredondados, como vimos anteriormente, não só nas frações finas, como nas grosseiras, tabela 2. Isto, segundo Twenhoffel (34,p.308-309) não é suficiente para que se elimine a hipótese do sedimento em questão ter sofrido transporte eólico. Diz aquêlê autor que pequeno transporte, ou ainda a retomada do sedimento por outro agente, pode modificar o arredondamento original dos componentes. De qualquer forma, o arredondamento no caso não é do tipo eólico, enquadrando-se melhor entre os do tipo aquoso, tabela 2. Comparando os nossos sedimentos, de grau de arredondamento ao redor de 0,4, no máximo, com os de Carvalho, no máximo ao redor de 0,7, vê-se que os nossos são completamente diferentes daqueles. Quanto ao brilho, já vimos antes que o grão fosco só pode ser determinado quando bem arredondado, o que não é o caso. Dessa forma, não é possível estabelecer comparação com outros arenitos, quanto a êsse caráter, que pode também surgir em circunstâncias outra que em ambiente eólico. Os minerais pesados serviram de base mais segura para estabelecimento de semelhanças entre as duas formações. O arenito Botucatu descrito por Carvalho (12) apresenta, além dos minerais por nós encontrados, ainda: baritina, epidoto e estaurolita, faltando a êle anatásio, comum nos de Poços de Caldas. Entretanto, podemos dizer que ambos divergem pouco, principalmente se considerarmos a grande distância do local on -

de foram obtidas as amostras estudadas por aquela autora (a NW do Estado de São Paulo, quase nos limites com o Estado do Paraná) em relação aos de Poços de Caldas. É possível e mesmo provável que haja uma certa semelhança de alguns arenitos de Poços de Caldas com os da série Bauru, pois têm em comum o ambiente aquoso de sedimentação. É interessante comparar alguns dados nossos com os de Freitas (20) sobre a série Bauru. Já se nota flagrante diferença na composição dos dois arenitos. Para os da série Bauru, o teor de argila é muito maior, Freitas (20, p.80-81) do que nos nossos arenitos (figuras 2,3,4,5 e 6). Por outro lado, diz Freitas no seu trabalho, que os sedimentos por ele estudados apresentam grande variabilidade dos coeficientes de seleção, geralmente medíocres, o que não é o nosso caso, tabela 1. Os arenitos por nós estudados possuem, frequentemente, teor mais alto em quartzo, superior ao máximo (85%) dos sedimentos estudados por Freitas. Além disso, os grãos de areia destes últimos possuem tamanho máximo de 0,125 milímetros, ultrapassado pelo tamanho médio dos componentes dos arenitos de Poços de Caldas, com valores ao redor de 0,3 milímetros. Por outro lado, o teor em zirconita dos arenitos da série Bauru é sempre baixo, em contraste com os minerais pesados dos arenitos de Poços de Caldas. Aquêles são também comuns de rochas metamórficas e de rochas basálticas, contrastando com estes, comuns de rochas ígneas ácidas. São ambos semelhantes, quanto ao grau de arredondamento, tabela 2, entretanto como já foi dito e como veremos adiante, o arenito de Poços de Caldas parece ter sofrido a influência do magma alcalino que parece ter-lhe modificado em parte o grau de

arredondamento dos componentes. Além disso, em Águas da Prata e ao norte de Andradas, existe diabásio cortando os arenitos. Fica assim eliminada a hipótese de, pelo menos estes, serem da série Bauru. Deixamos de comparar os siltitos que ocorrem abaixo da última intercalação de arenito com outras formações sedimentares, porque somente as camadas superiores ocorrem em toda a área estudada e intervieram nos processos vulcânicos. Considerando as analogias do arenito que ocorre na região de Poços de Caldas (incluindo o espesso pacote de intercalações arenosas no siltito) com as rochas da formação Botucatu, a correlação com tal arenito é aceita por nós, provisoriamente. O arenito Botucatu faz parte da série São Bento e acha-se em Águas da Prata cortado por sill de diabásio da mesma série. Atribui-se-lhe idade supostamente triássica e sua situação estratigráfica não foi elucidada definitivamente. É bem provável que este arenito tenha se depositado, ou tenha sido remobilizado durante as manifestações alcalinas vulcânicas, pois aparece capeando lava ou tufo nas proximidades de Águas da Prata, no leito e margens do Córrego do Quartel, Derby (16), e mais ao norte na fazenda Monte Alto intercalado com tufo. Foi impossível determinar o caráter da rocha alcalina decomposta e o tipo de contacto, por falta de melhores exposições. Em todo caso, o arenito está cortado e em contacto a quente com o tinguaito, na maioria dos outros afloramentos, fazendo-nos acreditar que ele se depositou antes das intrusões alcalinas e em ambiente misto eólico-aquoso. Se a situação desse material no tempo é problemática, por outro lado a sua situação espacial é de grande importância para estabelecer os fenôme-

nos estruturais da região.

AS BRECHAS

Descrição: Entendemos por brecha, tendo por finalidade o mapeamento geológico, a rocha fragmentária ligada diretamente ao vulcanismo alcalino. Como se pode ver na figura 1, as brechas aparecem frequentemente acompanhando os afloramentos de arenito em linha bordejante interna do círculo alcalino. Há exceções, quanto aos dois afloramentos, que ocorrem no centro sul do planalto. São descritos os quatro tipos seguintes:

1- Brecha de cor castanho-arroxeadada encontrada nas proximidades da represa do Rio das Antas até Águas da Prata, seguindo a estrada de rodagem, que liga aquela cidade a Poços de Caldas, e, ao norte de Andradas em pequeno afloramento na fazenda Pinheirinho. Os afloramentos aparecem descontínuos, como se pode ver na figura 1 e no anexo mapa geológico da região. No planalto, essa brecha se encontra geralmente decomposta e, então, só reconhecível pelo fato de os fragmentos que a compõem mostrarem cor clara, que sobressai na massa escura castanha da matriz. De Cascata a Águas da Prata, estas rochas estão mais frescas.

a- Matriz: O exame macroscópico revela a existência de uma matriz de cor tipicamente castanho-arroxeadada, que, decomposta, parece-se muito com a terra roxa proveniente das rochas básicas. É de granulação fina afanítica, só se podendo distinguir o quartzo que aparece em grãos detríticos arredondados. De Cascata para Águas da Prata, há um aumento de quartzo detrítico na matriz. O exame microscópico mostra: em primeiro lugar, o alto teor em clacita. Esta se encontra, às vezes formando agrupamentos de cristais grandes de geminação

encurvada. Na maioria das vezes, entretanto, forma massa de microcristais, que compõe o cimento e ocupam, em substituição, os espaços deixados por minerais, tanto da matriz como dos fragmentos. Tal é sua quantidade que, acreditamos, deva talvez entrar em porcentagem superior a 60 no feltro dessas rochas. Ao lado da calcita existe também grande quantidade de hematita. É ela responsável pela coloração dessas rochas, aparecendo microcristalina, castanho-avermelhada e opaca. Além desses minerais, existe sempre em menor quantidade leucóxênio em massa fina, intersticial. A hematita aparece, frequentemente, formando uma rede irregular, onde a calcita e os fragmentos estão incluídos. As massas de cristais finos de calcita, geralmente arredondados, não têm limites bem definidos e não são maiores que alguns milímetros. No caso de apresentarem limites nítidos, com relação à hematita e demais minerais, são por nós considerados como fragmentos e não mais como matriz.

b- Fragmentos: Os fragmentos são de dois tipos principais: os fragmentos de rochas e os fragmentos de minerais.

Os fragmentos de rocha, macroscopicamente, são de dois tipos. Os fragmentos claros, esbranquiçados, de textura grossa em geral e os fragmentos escuros, castanhos de textura geralmente fina, afanítica. Os primeiros são isentos de quartzo, podendo-se distinguir, mesmo macroscopicamente, ripas de feldspato que alcançam, no máximo, alguns milímetros de comprimento e também pontos esverdeados, onde houve cloritização. Os fragmentos escuros são, frequentemente, pouco nítidos, realçando-se mal na matriz, cuja cor é semelhante, também escura e castanha. Ambos os tipos são angulosos, alcançando aqueles, em geral, maior tamanho. O maior encontrado foi de pouco mais de uma dezena de centímetros. Entre os mi-

nerais , o único que se pôde determinar macroscôpicamente, como vimos, é o quartzo, que aparece em relação aos outros , em tamanho maior. Este, assim como grãos detríticos de feldspato, ao microscópio, ressaltam na massa. Sua quantidade aumenta de tal modo nas proximidades de Aguas da Prata que chegam a formar um arenito de composição igual a 80% em relação à matriz, que, no caso, fica reduzida a simples cimento. Além do feldspato e do quartzo, existem sempre pequenas porcentagens de grãos de apatita, ora prismáticos bem ideomorfos, ora fraturados, pequenos fragmentos de magnetita ou ilmenita. A proporção máxima de quartzo obtida em relação ao feldspato foi de 90%. Este último se identifica em dois tipos: ortoclásio e albita, quase em iguais proporções, havendo, em certos casos, predominância do primeiro. Os fragmentos claros , ao microscópio se revelam como sendo principalmente de rocha, cuja textura e composição se assemelham ao diabásio. Apresentam ripas finas de plagioclásio, cujo tamanho máximo observado foi 3,5 milímetros de comprimento, para 0,3 milímetros de largura, dispostos irregularmente. O espaço entre as ripas é ocupado por calcita e agregados alongados de magnetita ou ilmenita. Esses fragmentos estão bastante decompostos; porém , foi possível diagnosticar o feldspato como sendo albita com índice menor que o bálsamo e ângulo de extinção para os geminados, segundo a lei da albita ao redor de 14° . Ao norte de Andradas, aparece essa mesma brecha com fragmentos grandes de gnais. Os fragmentos escuros são concentrações maiores de hematita ou fragmentos de arenito fino com maior quantidade de cimento hematítico. Além desses fragmentos maiores, existem também alguns de aglomerados de calcita, ou quartzo, ou , ainda, feldspatos microgranulares, de extinção ondulante . Os

grãos de quartzo acham-se frequentemente atacados, apresentando cavidades de corrosão, ocupadas pela calcita. A brecha é composta aproximadamente por 60% de fragmentos e 40% de matriz. Os fragmentos estão desorientados; entretanto, nota-se acamamento dessa brecha na Serra do Paiol.

2- Brecha de cor verde-azulada clara, encontrada nas proximidades do leito do Rio das Antas entre a Barragem e Poços de Caldas e também, isoladamente, na Vila de Cascata. Quando semi-decomposta, essa brecha apresenta cor azul clara ou cor castanha clara, confundindo-se com a primeira já descrita.

a- Matriz: O exame macroscópico da rocha fresca mostra matriz afanítica manchada de azul e verde de modo irregular. As manchas apresentam limite indefinido. Distinguem-se na matriz fragmentos e grãos de quartzo. Aquêles ocorrem em pequena quantidade representando, aproximadamente, 10% da composição total. Ao microscópio, pode-se notar como componente do feltro o piroxênio alcalino, em prismas curtos ou em finas agulhas radiais, sempre ideomorfos e, ainda, calcita. Esta última, forma massa fina de microcristais ou agregados maiores sem limites nítidos com os demais componentes da matriz, como acontece na brecha 1, já descrita. Na brecha encontrada na Vila de Cascata, além desses componentes normais a egirina parece estar alterada em mineral fibroso de cor azulada clara. Em alguns pontos da rocha, falta a egirina totalmente, ficando a matriz representada só por calcita. Leucoxênio aparece intersticial.

b- Fragmentos: Macroscopicamente, distinguem-se fragmentos de rocha e de minerais. Pode-se reconhecer nessa brecha, mesmo macroscopicamente, os fragmentos de rocha insaturada

ou saturada, dos fragmentos de rocha ácida. Foi possível, por exemplo, reconhecer fragmentos de gnais além de fragmentos de lava, arenito e sienito. Entretanto, só ao microscópio foi possível diagnosticar melhor os diversos tipos. Pode-se dizer de início, que estes são mais variados que os encontrados na brecha 1. Entretanto, como naquela, muitos são os pedaços de rocha de textura diabásica com plagioclásios ripiformes de albita contendo magnetita intersticial. Existem também fragmentos de fonolito ou tinguaio cujos componentes são: feldspato, egiirina e nefelina, microgranulares. Entre os tipos alcalinos grosseiros, ocorre sienito intemperizado com cristais de ortoclásio, de mais ou menos 2 milímetros de tamanho contendo alguns máficos representados pelo piroxênio sódico mais ainda plagioclásio que o torna diferente dos foliitos normais da região.

O arenito e o gnais não foram estudados ao microscópio. Além desses fragmentos, ocorrem conjuntos de agregados de feldspato ou quartzo, que ressaltam na matriz pelo seu tamanho. Os minerais detríticos mais comuns nessa brecha são estes dois últimos, em proporções variáveis quanto aos níveis de uma sondagem, feita no sítio Bortolan, próximo à Barragem, junto à estrada de rodagem Poços de Caldas a Águas da Prata. Amostras coletadas a 53 metros e 71 metros de profundidade continham, unicamente, feldspato detrítico. Na superfície, algumas amostras contêm muito quartzo detrítico e raros grãos de feldspato. Este último é geralmente do tipo plagioclásio e em quantidade menor ortoclásio e microclínio. Tanto o feldspato como o quartzo acham-se muitas vezes corroídos e substituídos pela calcita. Além desses minerais aparece a biotita em certos casos e apatita. A biotita pode ocorrer em grandes cristais, alguns de 0,5 centímetro de comprimento. A apatita é comum em

cristais ideomorfos. De todos os fragmentos observados, o maior não ultrapassou o tamanho de 10 centímetros, sempre encontrados dispostos desorientadamente. Em Cascata e nas proximidades da ponte sobre o Rio das Antas, a brecha está acamada.

3- Brecha associada diretamente às rochas ígneas alcalinas, encontrada ao norte de Poços de Caldas, na estrada que liga esta cidade à Pedra Balão e na Serra do Paiol nas elevações que limitam o planalto a SW. Estas brechas são representadas, na figura 1, por triângulos. Quem sai de Poços de Caldas em visita à Pedra Balão encontra na subida da Serra, que separa esses dois pontos, um tinguaito comum de cor negra e textura afanítica, que passa gradualmente a uma rocha de mesmo aspecto, contendo fragmentos de vários tipos. A SW do planalto, capeando as elevações maiores e as colinas que o limitam, é encontrado um tinguaito que, quando fresco, é de cor negra como o anterior, passando, às vezes, a um tipo de granulação mais grosseira, assemelhando-se macroscopicamente a um microfoiuito. Apresenta, em pontos dispersos de sua massa, fragmentos de rocha de textura mais fina. Os fragmentos podem estar, às vezes, distanciados de metros, outras vezes distantes de alguns milímetros, formando um agrupamento denso.

a- Matriz: A matriz, do ponto de vista macroscópico, é a mesma em ambos os casos. Diverge esta última daquela quanto à textura, mais grosseira. Ambas possuem grande semelhança na composição. Ao microscópio, a matriz tem aspecto de tinguaito. A primeira, de Poços de Caldas, é porém mais rica em nefelina, que se apresenta ideomorfa em cristais grandes, até dois milímetros de comprimento. Os feldspatos presentes são sanidina e ortoclásio de 1,5 milímetros, no máximo. Na brecha de Poços de Caldas, o feldspato e a nefelina estão frequentemente alterados. O feltro da matriz é, em ambas, constituído de cristais

menores, cujo tamanho é de 0,15 milímetros, no máximo. É composta dos seguintes minerais: piroxênio sódico, nefelina e feldspato.

b- Fragmentos: Distinguem-se quatro tipos de fragmentos, macroscopicamente, na brecha de Poços de Caldas. São eles os seguintes: rocha esverdeada muito escura, cujos minerais prismáticos faneríticos são, no máximo de um centímetro; rocha clara de cristais feldspáticos faneríticos com alguns fêmicos acessórios; rocha fina afanítica de cor preta; arenito. A primeira, ao microscópio, mostrou ser uma rocha piroxênica, às vezes poiquilítica, englobando biotita (que também é muito frequente na rocha) feldspato e apatita. Os acessórios são: titanita, apatita e magnetita. Augita ocorre, passando, nas beiradas, a piroxênio sódico. Ao microscópio, a segunda se mostra bastante decomposta; é do tipo foliário com grandes cristais de ortoclásio e nefelina. O piroxênio sódico é prismático e intersticial. Aparece biotita no contacto do fragmento e matriz. Apatita é acessório comum dessas rochas, na forma de agulhas. O terceiro tipo de fragmentos mostrou ser, ao microscópio, uma rocha microcristalina formada essencialmente de feldspato, nefelina e piroxênio sódico. No centro, passa a ter uma textura esferulítica. O arenito foi observado macroscopicamente. Além desses dois tipos, aparece na Fonte Paio, a três quilômetros de Águas da Prata, na estrada de rodagem para Cascata, a 900 metros de altitude, uma brecha de lava de cor parda esverdeada ou roxa escura, fragmentária, lítica, bastante decomposta. A matriz é pulverulenta, rica em hematita, magnetita (?), calcita, apatita, clorita e, às vezes, biotita, onde se destacam fragmentos de lava básica alcalina, com cristais de augita e analcita, porfíricos, de 1,5 centímetros de tamanho máximo. Outros fragmentos são de rocha formada exclusivamente de piroxênio

nio, magnetita ou ilmenita, de textura panideomorfa ou panipidiomorfa, cujos interstícios são preenchidos por calcita. Como acessório, ocorre a titanita, perovskita (?) e granada (?). Os fragmentos menores são de aglomerados de feldspato em decomposição, possivelmente analcita, clorita, olivina (?) reconhecível só pela forma e apatita. Em sondagem de 100 metros de profundidade, essa rocha se apresentou contínua, contendo blocos com tamanho máximo de algumas dezenas de centímetros, dispostos desorientadamente. A sondagem não atingiu o fim da ocorrência em profundidade.

4- Brecha piroclástica ou tufo, encontrada na estrada de ferro ligando Águas da Prata e Cascata, a 500 metros, aproximadamente, acima do cruzamento daquela, com a estrada de rodagem para a "Fonte Platina". É rocha fina, afanítica, estratificada, de cor parda, contendo em certos níveis bombas e blocos acamados. Ao microscópio, mostra matriz de poeira vulcânica castanha escura a pardacenta, decomposta, contendo fragmentos maiores de vidro e lava microcristalina, geralmente angulosos, de cor parda clara, outras vezes arredondados. Estes são, às vezes, de material criptocristalino. Material semelhante a este (e que parece ser também tufáceo) ocorre no centro sul do planalto, nos dois afloramentos centrais, marcados na figura 1 e também no mapa anexo, na estrada de rodagem que liga Poços de Caldas a Andradas, junto à fazenda Carlito Junqueira. A melhor exposição é de 50 metros de comprimento, aproximadamente. É rocha acamada em leitos rítmicos, cuja espessura é de 1 a 2 centímetros no máximo, muito decomposta e de cor roxa e cinza, contendo quartzo rolado. Acha-se atravessada por um dique e um sill de rocha, provavelmente alcalina, também decomposta. Os leitos se apresentam ligeiramente dobrados.

Considerações gerais sobre as brechas: Na maioria dos sedimentos, material de origem vulcânica está presente só em traços, sem importância para constituição da rocha. É provável que cinzas e poeira vulcânica estejam sempre presentes em sedimentos subaquosos ou sub aéreos, formados na superfície da terra, pois este material, lançado ao ar a grandes altitudes, durante explosões violentas, adquire larga distribuição. Entretanto, por ser material muito fino e originário do magma decompõem-se facilmente nas condições reinantes na superfície, tornando-se difícil de reconhecer em sedimentos arenosos ou argilosos antigos. Em regiões de ativo vulcanismo, os sedimentos podem conter, exclusivamente, produtos de ejeção e, por conseguinte, são chamados de depósitos piroclásticos. É material formado principalmente por explosões violentas, em que lava e rocha sólida são pulverizadas e lançadas ao ar. Caindo na superfície da terra, comporta-se como qualquer outro tipo de sedimento, podendo ser retransportado tanto por vento como por água e misturado a fragmentos detríticos de outras procedências. Tratando-se de material completamente desagregado e solto, é facilmente erodido. Esses depósitos sub aéreos dificilmente são preservados da destruição por erosão. Por outro lado, a decomposição química nesses depósitos se realiza com facilidade, pela circunstância do estado subdividido e arranjo frouxo de seus componentes. Tipos mais grosseiros aglomeráticos provêm de grandes blocos quebrados e arremessados durante as explosões, frequentemente arrancados do edifício vulcânico, tanto na superfície como em profundidade. Tais blocos podem ser arredondados ou angulosos, conforme o tipo de origem e sedimentação, correspondentemente em ambiente aquoso ou sub aéreo. Além desses tipos de brechas vulcânicas, há as formadas por fraturamento durante explosões, sem ejeção. São ês

tes formados por afrouxamento e fraturamento do "teto" e da "rolha" vulcânicos por forças da pressão dos gases acumulados que procuram saída, Coos (13). Há nesses casos, um ajustamento de pressões, pelo escape de gases através do conjunto de fendas do edifício vulcânico. O material original, fraturado pelas pressões, pode ser de diversos tipos, tanto da rocha ígnea consolidada como também de matéria piroclástica depositada em erupções prévias.

Esses três tipos de brecha parecem estar representados na região de Poços de Caldas. A brecha, provavelmente piroclástica de modo exclusivo, é aquela tipo 4, em que parece não ter havido contaminação por outro material que não o vulcânico. Nela não foi encontrado nenhum grão de areia arredondado. Os tipos 1 e 2 se enquadrariam, talvez, entre as brechas fraturadas por explosão, permeadas por gases. A favor dessa hipótese estão os fatos:

1- De que essas rochas se encontram acamadas em certas exposições, indicando sua origem sedimentar primária.

2- De essas rochas conterem quartzo ou feldspato arredondados dispostos em maior ou menor concentração, em diversos níveis, indicando mais uma vez a origem detrítica de alguns de seus constituintes e seu arranjo original sedimentar.

3- De terem sofrido modificações na composição da rocha, posteriormente à sedimentação. Pode-se citar a transformação sofrida pelos plagioclásios, que, provindo de uma rocha possivelmente do tipo do diabásio, foram alterados em albíta, perdendo seu conteúdo em cálcio. Talvez o próprio leucoxênio originário da decomposição da ilmenita, Milner (27, p.308) e disposto como cimento em torno dos fragmentos da brecha, como também nos interstícios das ripas de feldspato do diabásio alterado, são indícios das transformações

sofridas por essas rochas, cuja causa talvez esteja nas intrusões alcalinas.

4- O caráter híbrido das brechas, que, como vimos na descrição, apresentam ao lado dos grãos de quartzo e feldspato detríticos também egirina ideomorfa, às vezes formando amídalas. É improvável que este mineral seja detrítico, o mesmo podendo-se dizer da apatita, que ocorre como aquêle, às vezes, em finas agulhas ideomorfas.

O terceiro tipo de brecha no planalto de Poços de Caldas, que não possui as qualidades dos sedimentos propriamente ditos, é a rocha fragmentária de matriz tinguaitica, tipo 3 já descrita, que se classifica entre as brechas magmáticas. Como foi visto antes, há dois tipos dessas brechas, um de xenólitos diversos e outro de fragmentos da mesma composição que a matriz de textura mais fina. O primeiro d'elles estaria localizado numa fenda, por onde caminharia o magma, atravessando níveis litológicos diferentes, de onde teria arrancado fragmentos, trazendo-os à superfície, onde aflora. O segundo, por outro lado, é de pequena espessura. Algumas dezenas de metros no máximo, em que os fragmentos se distribuem, principalmente na horizontal, em área de 5 Km^2 , aproximadamente, e são sempre de composição parecida ou igual à da matriz. Entretanto, esses apresentam uma textura mais fina de modo que, mesmo na rocha decomposta, distinguem-se os blocos quebrados do feltro. Parece que foram formados estes últimos por uma quebra de rocha ígnea resfriada, posteriormente retomada e englobada por novo afluxo de magma. Há casos em que esta brecha forma superfícies ou tabuleiros, distinguíveis na topografia, com facilidade. A brecha de Poços de Caldas, cujos xenólitos são de tipos diferentes, mostra pelo menos um caso de provável alcalinização em que, cris -

tais de augita de fragmento piroxênico, apresenta mudanças na borda para piroxênio sódico, havendo uma passagem congruente de um a outro mineral, sem que entre ambos haja limites definidos.

Idade das brechas: O estudo das diversas brechas mostrou que os tipos 1, 2 e 3 possuem fragmentos de arenito. Evidentemente, é um indício de que essas brechas são posteriores à formação do sedimento arenoso. Entretanto, na estrada de rodagem entre Cascata e Águas da Prata, na altura da Fonte Deliciosa e, também, nas proximidades da Fazenda Monte Alto, ao norte de Águas da Prata, existe de mistura com os detritos arenosos muita argila fina de cor cinza azulada salpicada de pontos claros e finamente estratificada. Seria esse material resultado da deposição conjunta de arenito e tufo? O exame feito com auxílio da lupa revela semelhança desta rocha com aquela piroclástica descrita como tipo 4 das brechas. Entretanto, está mais intemperizada que o tufo propriamente dito e contém grande quantidade de quartzo detrítico, inexistente na outra rocha. É provável, portanto, que tenha havido deposição simultânea dos arenitos e dos tufos nas fases iniciais do vulcanismo, ou que ambos tenham sido retrabalhados em época posterior. Devido ao estado de decomposição da rocha arenosa, contendo possivelmente tufo, foi impossível determinar os seus componentes finos. Dêsse modo, fica o problema sem solução, podendo-se acreditar ser improvável a ocorrência de numerosas e boas exposições de tufo, pelo fato de esse material resistir pouco ao intemperismo e erosão, como já vimos.

Talvez se possa explicar a presença do arenito e siltito, tanto no planalto como na sua vizinhança, imaginando terem eles sido capeados por material piroclástico e lava que os protegeu, possibilitando a sua exumação em épocas moder-

nas. Os arenitos mais afastados da região vulcânica não teriam tido a mesma sorte, sofrendo destruição erosiva já em épocas remotas. De qualquer forma, as brechas parecem ser posteriores ao arenito e anteriores ao final das últimas manifestações vulcânicas, pois estão cortadas por intrusões alcalinas (tinguaite) em muitos pontos onde afloram. Além disso, possuem, em quantidade, fragmentos de diabásio, intrusivo sob a forma de diques ou sills nos arenitos de Águas da Prata. Esse detalhe revela serem estas brechas também posteriores às eruptivas básicas, fato esse já citado por Freitas (19,p.8).

Martin e Korn (26,p.121), estudiosos de vulcanismos alcalinos na parte ocidental da África do Sul, estabelecem as seguintes relações entre aquelas ocorrências e as nossas, com base na reconstrução das "Terras Gondwânicas" feita por Du Toit:

1- Há grandes semelhanças entre os sedimentos triássicos da África e os sedimentos do Brasil meridional, ligados ao vulcanismo alcalino.

2- Há muitas semelhanças de rochas extrusivas nas duas áreas, do ponto de vista petrográfico.

3- Há uma continuação linear na disposição das ocorrências alcalinas nos dois continentes.

4- As maiores ocorrências alcalinas nos dois continentes marcam o fim das erupções básicas.

Acreditamos, com aqueles autores, que, em Poços de Caldas, as manifestações alcalinas vieram, provavelmente, encerrar no tempo o ciclo de eruptivas básicas, como demonstram os fatos acima.

AS ROCHAS CLÁSTICAS NO ESPAÇO

A figura 8 mostra três perfis, que cortam o planalto de Poços de Caldas na direção este-oeste. A distância entre eles é de 3,5 quilômetros, aproximadamente, começando de Águas da Prata para o norte. Os perfis mostram as diversas posições que os afloramentos de arenito tomam nessa região. Evidentemente, pelas considerações já feitas, esse arenito deveria encontrar-se em níveis equivalentes aos das demais rochas sedimentares da bacia do Paraná. Entretanto, ocupa na Serra do Mirante, o nível de 1580 metros de altitude, aproximadamente. O mesmo fenômeno ocorre dentro do planalto, em que os arenitos acham-se deslocados de 400 metros para cima, em relação aos de Águas da Prata (a 820 metros de altitude). Além disso, como já vimos na figura 1, o centro do planalto está livre de sedimentos arenosos e, na borda interna, estes se encontram juntos e sobre o tinguaito e foiaito, nas mesmas cotas altimétricas (ao redor de 1300 metros de altitude). Houve, portanto com toda a probabilidade, levantamento dos arenitos. Poder-se-ia pensar que estes tivessem ocupado as rampas das elevações do sopé ao cume dando a falsa impressão de levantamento. Entretanto, existe uma separação montanhosa entre os arenitos de dentro e de fora do planalto. Além disso, essas rochas do interior do planalto em geral mergulham para dentro do mesmo, mostrando mais uma vez terem se dissociado estruturalmente, com relação aos de fora.

Os arenitos do planalto parecem estar apoiados diretamente sobre a rocha alcalina. Essa afirmação se baseia em um afloramento que ocorre nos arredores da cidade de Poços de Caldas, a NW da mesma, na Serra de Poços. Nesse local, o arenito acha-se apoiado sobre o tinguaito, mergulhando para o sul, aproxi-

madamente de 30^o em afloramento, que sobe quase até o cume dessas elevações. Lembremos também que o tufo já descrito, decomposto, que ocorre no centro sul do planalto, ocupa as mesmas coíbas que o arenito da borda, isto é, aproximadamente 1300 metros de altitude. Como veremos adiante, êsse é um dado muito importante para esclarecer as disposições estruturais da região. Como já vimos, a brecha acompanha internamente a beirada montanhosa alcalina. É interessante notar a semelhança entre as brechas 1 e 2. Apesar de se exibirem nos afloramentos com diferentes côres, isso provavelmente se deve a circunstâncias secundárias de decomposição e intemperismo. Fato interessante, que demonstra a sua semelhança, é o de conterem, como fragmentos, grande quantidade de diabásio e, muitas vèzes, arenito detrítico. Parece que formam uma faixa contínua desde Poços de Caldas até Águas da Prata em linha semi-circular, provavelmente ocorrendo em maior escala do que a verificada no campo; pois, como vimos no planalto, o intemperismo é muito intenso, tornando difícil a identificação perfeita dessas rochas nas colinas e demais pontos, onde são encontradas. Acreditamos que essas brechas tenham tido sua composição determinada pela litologia subjacente. Assim, em Águas da Prata, onde ocorre muito arenito e diabásio, a brecha é rica dêsse material e dos produtos de decomposição e alteração do diabásio, como vimos. Mais para perto de Poços de Caldas, onde provavelmente a influência alcalina se torna maior, o feltro dessa rocha se transforma, passando a conter enorme quantidade de piroxênio sódico. Infelizmente são poucos os dados que possuímos sobre a espessura vertical dêsse tipo de rocha. Adiante voltaremos ao assunto.

INTERPRETAÇÕES: Até agora foram descritos e interpretados fenômenos observados. Para chegarmos a uma interpretação plausível geral, muitas inferências terão que ser feitas sem termos para elas confirmação. Essas versões serão, portanto, do tipo conjectural. No entanto, será feita uma tentativa para deduzir dos fenômenos observados em superfície aqueles que ocorreram nas profundezas inacessíveis, ou, ainda aqueles cuja verificação direta é impossível. Observando o mapa geológico, o que primeiro chama a atenção é a disposição dos arenitos e brechas. O restante do planalto, a grande área central, apresenta aspecto homogêneo e pouca variabilidade litológica. Qual seria a razão para as rochas clásticas ocuparem a estreita faixa ao longo da cadeia montanhosa, que limita o planalto?

Origem das brechas: A origem sedimentar das brechas 1 e 2 pode ser verificada em alguns afloramentos pelo acamamento, apesar delas nem sempre apresentarem quartzo ou feldspato detriticos. Tal se dá em Cascata, onde a quantidade de quartzo é geralmente pequena e também perto da ponte sobre o Rio das Antas, nas proximidades de Poços de Caldas.

Como vimos, existe grande semelhança litológica em toda a extensa faixa em que ocorre esta rocha, de maneira que é plausível considerar a maior ou menor concentração de grãos arredondados de quartzo ou feldspato, como uma variação simplesmente faciológica.

Caracteres sedimentares das brechas:

- 1- Acamamento em certos pontos, como visto acima.
- 2- A presença frequente de grãos detriticos de quartzo e feldspato na sua composição, que devem provir dos sedimentos arenosos da superfície.

Caracteres vulcânicos e magmáticos das brechas:

1- Blocos de arenito silicificado e recristalizado e blocos de gnaís, que tomam parte como fragmentos maiores da brecha, possivelmente arrancados de pontos profundos, trazidos à superfície e atirados junto com os demais ejectólitos.

2- Os cristais ideomorfos de piroxênio sódico com texturas ígneas amigdaloides e os cristais ideomorfos de apatita.

3- Movimentação e fraturamento, talvez causado por explosões e acomodações vulcânicas indicadas por:

a- Calcita, apresentando planos de geminação encurvados.

b- Extinção ondulante do quartzo.

c- Textura "morteiro" da brecha, em alguns pontos.

Explicação: Com toda probabilidade, essas rochas devem ter sofrido a percolação de gases, pois estes podem encontrar caminho aberto no tufo, arenito e material piroclástico poroso, afrouxado em consequência dos abalos vulcânicos. Os gases alcançando a superfície, sofrem frequentemente reação de oxidação com o ar atmosférico Barth, (6, p.153), havendo, em consequência, grande aumento de temperatura. Talvez esta última seja suficiente para promover a fusão do quartzo dos arenitos que, às vezes, aparece em veios ou na forma de quartzito, produto de recristalização. É fato conhecido, que a água, nas vizinhanças da sua temperatura crítica (375°C), é ligeiramente ácida e capaz de dissolver vidro, silício e outros silicatos. Acima dessa temperatura, a água se encontra no estado de vapor, qualquer que seja sua pressão.

Bowen (8, p.84) afirma que, durante o processo de cristalização do magma alcalino, há um enriquecimento de voláteis, tais como: H_2O , CO_2 , S, Cl etc.. Tal é o aumento de voláteis no magma alcalino, que ele é incluído por alguns autores, Tur

ner e Verhoogen (33,p.308) entre os pegmatitos. Dessa maneira seria fácil para esses compostos, quer na forma de gases, quer na forma de soluções, atacar e corroer os grãos de quartzo de certas rochas e, ao mesmo tempo, enriquecê-las de outros minerais. Explicar-se-ia, assim, o pequeno grau de arredondamento nos grãos de quartzo dos arenitos, principalmente os do planalto, diretamente envolvidos nos fenômenos vulcânicos. Por outro lado, certos minerais, tais como a zirconita, nada sofreram, provavelmente devido à grande estabilidade deste mineral.

É possível que as considerações feitas acima possam explicar os processos metassomáticos que permitiram a formação de alguns minerais epigenéticos nas brechas e nos arenitos, tais como: leucoxênio, anatásio ideomorfo, albita nos plagioclásios componentes dos fragmentos de diabásio etc..

De qualquer forma, existe ao longo dos afloramentos da brecha uma zona de fraqueza evidenciada pelos seguintes fatos:

Em primeiro lugar, porque nêsse local ou nas suas vizinhanças foram necessários vulcões que produzissem o material piroclástico e vulcões só existem nos pontos em que haja possibilidades do magma vir à superfície. No entanto, fazendo uma ressalva, as brechas piroclásticas podem formar-se afastadas dos vulcões de uma certa distância, pelo fato dos blocos serem expelidos, nem sempre caindo nas proximidades de onde foram lançados.

Em segundo lugar, como se pode ver no mapa geológico anexo, existem lavas, ocorrendo próximas aos afloramentos de brecha. Geralmente, as corridas dessa massa fluida não se afastam muito do cone vulcânico, irradiando-se alguns quilômetros apenas da sua origem.

Em terceiro lugar, a homogeneidade da litologia central

do planalto, vide mapa geológico anexo.

Em quarto lugar a ocorrência de fontes quentes em Poços de Caldas e outros tipos em Pocinhos do Rio Verde, Águas da Prata e suas vizinhanças, nas regiões que circundam o planalto.

Em quinto lugar, a ocorrência de calcita em grande quantidade na brecha, mineral inexistente nas rochas vizinhas alcalinas e proveniente de profundidade, no caso, Shand (31,p. 150).

Com êsses dados apontados acima, surgem dificuldades de ordem estrutural. Por exemplo, pode surgir a seguinte pergunta: até que profundidade se encontraria a faixa brechosa? Já vimos que, por sondagem, se apresenta contínua, até aproximadamente 100 metros de profundidade. Existem algumas boas exposições, ao longo do vale do Quartel, entre Cascata e Águas da Prata, em que se vê contato vertical entre brecha e rocha ígnea alcalina. Êsses afloramentos, litologicamente semelhantes, seguem com pequenas interrupções da cota, de 1200 metros de altitude a 820 metros de altitude. Deve-se então pensar em uma faixa de brecha de 400 metros de profundidade ou deve-se pensar em uma camada que se depositou em pequena espessura, descendo o planalto até a soleira das montanhas, em um vale pré-formado? Por enquanto, é impossível dar uma resposta a êsse problema.

Como vimos antes, é fato bem conhecido que os vulcões condicionam a subida do magma até a superfície, aparecendo nos pontos fracos da crosta. De fato, só onde existem fendas que permitam a passagem de matéria ígnea para o exterior é que se formam os edificios vulcânicos. Assim, até mesmo nas zonas estáveis da crosta, os vulcões seguem alinhamentos estruturais, Hans Cloos (14), Umbgrove (35,p.296-297) obede -

cendo a condições tectônicas de falhas e fissuras. É interessante notar que essas rochas vulcânicas de continentes são, em geral, do tipo basáltico e seus diferenciados. Rochas leucíticas podem aparecer nesses casos; entretanto seu caráter alcalino parece ser causado por circunstâncias locais, Sitter (32,p.373-374). Os vulcões devem ter surgido ao redor do planalto, onde existem várias evidências de influência magnética, direta ou indireta. É aí que o próprio magma pode vir à superfície, como mostra a brecha da Serra de Poços, no caminho da Pedra Balão, como vimos. Cloos (13) verificou, em vários vulcões da Suabia, que o próprio "neck" consolidado dos vulcões pode tomar o aspecto de brecha, quando quebrado e afrouxado durante o escape da pressão interna. Verificou ele a existência de dois tipos extremos de brecha, a dos blocos arredondados, com movimentação, expulsão de material e injeção de gases concomitantemente, e segundo grupo mais simples, de fragmentos angulosos. Neste último caso, os blocos seriam fraturados devido à explosão, ou simplesmente expulsos por fenda, sem atrito suficiente para perderem os ângulos. Os nossos dados permitiram enquadrar os blocos tanto em um tipo como em outro; porém, tal é a complexidade dessas rochas e tal é a falta de boas exposições que acreditamos ser difícil, talvez impossível, situar na região estudada, os vulcões do passado.

As grandes estruturas: A altitude dos arenitos em Águas da Prata e adjacências, em relação aos do planalto, figura 8; o mergulho acentuado, muitas vezes vertical, das texturas fluidais nas rochas alcalinas da beirada; a marcante saliência desta última; o contacto quase vertical do gnais e rocha alcalina, parecem indicar ter havido avanço da intrusão para o alto, durante o seu "mise en place". Tanto os picos marginais do

planalto, como o deslocamento dos arenitos com relação ao exterior do planalto, mostram haver uma declividade da ordem de 500 metros em um quilômetro, tomando como relação o sopé externo. Admitindo que a intrusão tivesse causado um abaulamento, em tal ângulo, relativo à horizontal, construímos, em escala reduzida, três perfis do planalto, para se fazerem especulações sobre as condições estruturais em que teriam se originado e situado as brechas, figura 9. Experiências de Cloos e Ridel citados por Balk (2,p.101) mostram que massa em movimento ao longo de obstrução estacionária, inúmeras fendas surgem no contacto da parte móvel e estável. Essas serão perpendiculares às linhas de máxima distensão local. Essa direção é facilmente determinada, pois é perpendicular às linhas fluidais da intrusão. Se o material usado para a experiência for relativamente fluido, as fendas estarão ao longo da faixa fina, no ponto onde a borda estacionária forma uma flexão brusca, figura 10. Entretanto, quanto menos fluido for o material, mais suave a flexão e mais larga será a zona de fratura, figura 10 C. O mesmo acontece à encaixante solidária à intrusiva, nas proximidades do contacto entre ambas. Das figuras 9 e 10, pode-se chegar à seguinte conclusão: é no alto e nas bordas dessa estrutura que se desenvolvem melhor as forças de tensão. Formar-se-iam, assim, nesses locais, fendas por onde entraria o magma com mais facilidade. No segundo exemplo da figura 9, há abaulamento externo, com translação de blocos falhados, sem adernamento, enquadrando-se no caso C de Balk. O mesmo se dá no terceiro esquema da figura 9, em que foi representado um suposto levantamento e abatimento. Nesse esquema, entre os blocos A, B e C e seus simétricos, não só houve maior movimentação, como também as superfícies de contacto, representadas por

linhas grossas verticais são mais curtas , relativamente aos outros blocos do conjunto. Sob o ponto de vista geométrico, seguindo os moldes traçados, as zonas fracas estariam na charneira, isto é, na borda da convexidade intrusiva, nas proximidades desta com a encaixante. Na figura 11, mostramos três perfis da borda e um teórico hipotético. Como se vê, a semelhança é sugestiva. Os dados relativos ao levantamento geológico parecem mostrar ter havido um soerguimento por falha. Até que ponto a interpretação é verdadeira, não sabemos.

Abatimento, erosão ou explosão? Várias hipóteses podem ser lançadas para explicar tal situação atual das rochas clásticas no planalto.

1- Por explosão pode ter havido o arrasamento do centro da massa intrusiva, ficando apenas alguns testemunhos do teto na beirada. Esta primeira hipótese é pouco plausível, porque exigiria uma força explosiva tremenda para livrar o planalto de toda a sua cobertura, correspondente a milhares de quilômetros cúbicos, Shand (31,p.148). Por outro lado, deveria haver nas vizinhanças externas, ao redor da região alcalina, blocos e material desagregado ou pulverizado resultante de tais acontecimentos, o que parece não ser o caso. Examinemos então mais duas hipóteses.

2- Pode ter havido um abaulamento para o exterior provocado pela intrusão, facilitando a rápida erosão dos pontos altos dessa estrutura, determinando o desaparecimento da cúpula.

3- Pode ter havido um abatimento do teto na parte central do planalto, determinando o englobamento do mesmo pelo magma alcalino, sem deixar vestígios na superfície.

A erosão, agindo constantemente nas formas geológicas atuais, é fenômeno que deve ter ocorrido no passado. Nada impe

de que logo após a intrusão ter produzido novas formas na superfície exterior, estas começassem a ser modificadas pelo trabalho da erosão. Formar-se-ia, assim, uma estrutura igual à de Poços de Caldas, arrasada no centro, onde aparecem os tipos ígneos plutônicos, e conservada na periferia, onde ainda aparecem os restos do teto, as rochas clásticas. Entretanto, existe um dado de campo que perturba este raciocínio; trata-se da rocha provavelmente piroclástica, que ocorre no centro sul do planalto, figura 1. Este tufo, como vimos, está nas mesmas cotas altimétricas que o arenito da beirada (ao redor de 1300 metros de altitude). É possível que, depois de erodida a parte central do planalto, tivesse se depositado esse material consequente de um vulcanismo ativo muito demorado no tempo geológico. Mais fácil é, porém, pensar que a causa dessa situação em igual nível das rochas clásticas no centro e na periferia, esteja ligada a um abatimento central proposta na hipótese terceira. Analisemo-la. Para haver um abatimento do teto é necessário que este sofra um solapamento e englobamento pelo magma alcalino, em grandes ou pequenos blocos, como o tipo de "subsidence" de Billings (7, p. 286). Para que tal se desse, seria necessário que a possível capa, gnais e arenito, tivessem densidade maior que o magma alcalino, podendo afundar neste por gravidade. Seguindo uma tabela de Daly (15, p. 47 - 48), não há praticamente diferença de densidades entre gnais e rochas alcalinas, sem contar o arenito. Este último, pelo fato de ser poroso, provavelmente se comportaria como rocha de densidade menor. Entretanto, o próprio Daly (15, p. 47-48) se refere às rochas em alta temperatura como possuindo menor densidade que as mesmas no estado sólido, ainda frias. Além disso, essa propriedade de ter diminuída a densidade talvez se

acentue em magma do tipo alcalino, rico em gases, como é o caso. De qualquer forma, o gnais não é encontrado no interior do planalto com exceção dos fragmentos constituintes da brecha e o arenito aparece nos raros pontos em que o contacto é visível, diretamente, sobre o magma alcalino, como se tivesse flutuado no mesmo. Além disso, como vimos, a brecha magnética encontrada no planalto, do lado interno da Serra do Paiol é uma rocha tinguaitica contendo fragmentos às vezes angulosos de uma rocha microcristalina. Este fato, aliado à pequena espessura dessa brecha e, ainda, sua distribuição em área, sugere ter o magma vindo até à superfície. Teria então se resfriado, quebrado e, posteriormente, sido retomado por outro avanço do magma. Se tal realmente aconteceu, o teto parece ter sido representado pela fina camada de magma solidificada. Onde estaria o teto primitivo de arenito e gnais? Teria ele se abatido no interior da massa ígnea ascendente? É difícil supor que, no caso de ter havido abatimento, não ter ficado nem um bloco na superfície, resto do antigo teto, ou que o magma alcalino não tivesse se acidificado com inclusões de gnais e arenito.

De qualquer forma, o abatimento, caso se tenha realizado não deve ter sido maior que algumas dezenas de metros, pois os sedimentos mergulham pouco para o interior do planalto. Martin e Korn (26, p.91) apontam esse detalhe como indício de pequenos abatimentos. É preciso, no entanto, fazer uma ressalva com referência aos arenitos do norte de Andradas. Nesse local em uma faixa de algumas dezenas de metros, o arenito e siltito encontram-se dobrados, cortados por veios de quartzo e mergulhando quase na vertical. Pode-se apelar para a primeira e segunda hipóteses em conjunto, como solução provisória para esses problemas, que cada uma separadamente não consegue re -

resolver. Portanto, para finalizar, podemos dizer que o pequeno número de evidências nos indicam ter havido um levantamento dos sedimentos, produzido pela rocha alcalina. Estes devem ter-se mantido sobre o magma alcalino. Posteriormente, a erosão e pequeno abatimento devem ter dado ao planalto sua configuração atual, eliminando do centro o teto primitivo. Nesse local, manchas de tufo devem ter-se depositado, após a fase de erosão.

CONCLUSÕES:

1- Na região de Poços de Caldas, ocorrem sedimentos arenosos, siltsos e brechas vulcânicas, formando uma faixa, junto ao contacto rocha alcalina e gnais, a 1300 metros de altitude aproximada. A oeste da área alcalina os arenitos aparecem, capeando o gnais em uma elevação de 1580 metros de altitude. Fora dessa área não se encontrou até agora ocorrência desse sedimento.

2- A análise mecânica revelou serem os arenitos e siltitos bem selecionados. Os coeficientes de seleção variam de 1,1 a 3,6. A média dos coeficientes de seleção é 1,7. As medianas representativas do diâmetro em milímetro dos grãos componentes do arenito variam de 0,10 a 0,54. A grande maioria possui diâmetro de 0,3 milímetros.

3- Quanto à forma, foi estudado o arredondamento dos componentes do arenito e siltito. A média do grau de arredondamento da fração 0,500 milímetros a 0,297 milímetros e da fração 0,074 a 0,044 milímetros, deu valores muito próximos entre si, sempre inferiores a 0,5 e superiores a 0,2.

4- A análise mineralógica revela uma grande variabilidade no teor em quartzo, de 90% a 20% nas amostras, predominando porcentagens acima de 70. O feldspato varia em teor de 0 a

10%. Os minerais argilosos, muscovita, bauerita e hidróxidos e óxidos de ferro, em conjunto variam em porcentagem de 1 a 79. Predominam as porcentagens inferiores a 30.

5- Há grande variabilidade no teor de minerais pesados nos sedimentos estudados. Nunca ocorrem em quantidade superior a 1% com relação ao total de componentes. Predomina a zirconita sempre presente em todas as amostras. Em ordem decrescente, aparecem ainda os seguintes minerais: anatásio, turmalina, rutilo, granada, monazita, hornblenda, apatita e córdon. A maior quantidade e variabilidade de minerais pesados ocorre nos sedimentos de Águas da Prata e arenitos da Serra do Mirante, amostras de 7 a 11. Além desses minerais, ocorre muito leucoxênio como cimento no arenito.

6- Os grãos de areia, examinados em relação ao brilho, mostram-se geralmente foscos. Pelo fato do material examinado apresentar baixo grau de arredondamento, concluiu-se que os grãos foscos adquiriram esse caráter, por corrosão.

7- A máxima espessura alcançada pelos sedimentos é de aproximadamente 90 metros, em Águas da Prata. Trinta metros de arenito no topo a 60 metros, aproximadamente, de siltito com intercalações arenosas, abaixo. O material fino apresenta acamamento laminar paralelo e rítmico; quando inclinado, os ângulos são menores que 20° . O arenito apresenta estratificação plana, paralela, ou cruzada em ângulos ao redor de 30° . Em certos locais, o arenito toma um fácies arcossiano, com estrutura de depósito torrencial; em outros pontos, apresenta níveis de seixos. No planalto, falta em geral o siltito e as camadas de arenito parecem ser pouco espessas. Acham-se cortadas por intrusões alcalinas e, em certos pontos, por intrusões básicas (diabásio). As intercalações de arenito e silti

to parecem indicar um ambiente misto de sedimentação aquoso e eólico com predominância final deste último.

8- Pelo fato de não terem sido encontrados fósseis nesses sedimentos, foi impossível datá-lo. Estabeleceu-se então uma correlação com outros sedimentos em bases litológicas. Foi feita uma comparação com sedimentos flúvio - glaciais, arenito Botucatu e Bauru. Os minerais pesados e os resultados granulométricos indicaram algumas semelhanças entre o arenito de Poços de Caldas e o arenito Botucatu, cuja correlação foi por nós aceita provisoriamente, atribuindo a ele idade triássica. A hipótese de se tratar de arenito Bauru foi eliminada, pelo menos em Águas da Prata e ao norte de Andradas, pelo fato de o sedimento estar cortado pelo diabásio nesses locais.

9- Como brechas foram classificadas as rochas fragmentárias ligadas diretamente ao vulcanismo alcalino. Ocorrem em afloramentos, acompanhando internamente a borda montanhosa do planalto. São elas de dois tipos principais:

a- Detríticas

b- Magmáticas.

a- Detríticas: Essa rocha ocorre de Poços de Caldas até Águas da Prata e em pequeno afloramento isolado ao norte de Andradas, na fazenda Pinheirinho. Os fragmentos dispõem-se, geralmente, de modo desorientado, em massa fina afanítica castanha ou azulada esverdeada. Os fragmentos mais comuns são de diabásio alterado e, em menor quantidade, sienito, quartzito, lava e gnais. Entre os fragmentos de minerais predomina o quartzo detrítico e feldspato, geralmente corroídos e substituídos por calcita. A matriz, isto é, o feltro da brecha, é rico em calcita, hematita, egirina e, em menor quantidade, em leucoxênio, apatita e biotita. Essas

rochas aparecem acamadas em Cascata e ainda nas proximidades de Poços de Caldas, junto ao Rio das Antas. Além desse tipo, existe rocha piroclástica propriamente dita, muito fina, acmada, com fragmentos de vidro e massa castanha escura, decomposta, encontrada na base da Serra do Paiol e no centro do planalto, em pequeno afloramento.

b- Magnética: A matriz é tinguaitica e, portanto, de rocha ígnea alcalina, contendo fragmentos de rocha piroxênica, lava, arenito e folaito, nas proximidades de Poços de Caldas. Na Serra do Paiol, nos limites montanhosos a oeste do planalto, essa rocha é do mesmo tipo. A matriz apresenta textura mais grosseira e os fragmentos são da mesma rocha, porém mais fina, microcristalina. Esta última brecha ocorre em área de 5 quilômetros quadrados aproximadamente e em espesura no máximo de uma dezena de metros.

10- Quanto à origem:

As brechas do tipo a são detríticas, primariamente, e posteriormente, modificadas por movimento, percolação de soluções e gases. Os indícios que apoiam essa conclusão são os seguintes:

1- Quantidade grande de grãos de areia arredondados na matriz.

2- O acamamento dessas rochas em algumas exposições.

3- A ocorrência de piroxênio sódico ideomorfo na matriz formando em alguns casos amídalas ou agulhas.

4- A albitização dos feldspatos componentes do diábasio e a corrosão dos grãos de areia.

5- Geminação encurvada da calcita e textura "morteiro" de alguns fragmentos.

As brechas do tipo b são magnéticas, porque a matriz é de rocha ígnea (tinguaito ou lava piroxênica).

11- As brechas são posteriores ao arenito e diabásio , no tempo, pelo fato de conterem fragmentos dessas duas rochas. Devem ser anteriores às últimas manifestações alcalinas, por estarem cortadas por diques de tingualto.

12- A posição dos arenitos no planalto, a 1300 metros de altitude em relação aos da faixa exterior a 820 metros, mostra ter havido um levantamento da área de intrusão alcalina.

13- O levantamento deve ter sido em bloco causado por falha, sem basculamento, porque:

1- Os arenitos do interior e do exterior do planalto acham-se de modo geral pouco perturbados em ângulo.

2- As exposições de arenito no interior do planalto , ao longo do círculo alcalino, encontram-se aproximadamente no mesmo nível (cota de 1300 metros).

3- O contacto das rochas alcalinas e da encaixante gnaíssica é, praticamente, vertical.

4- A textura fluidal do contacto das rochas alcalinas com o cristalino é, quando visível, também aproximadamente vertical.

14- Há alguns indícios de que o planalto tenha sofrido pequeno abatimento central. Os indícios são os seguintes:

1- Os arenitos mergulham para o interior do planalto, de modo geral.

2- Do lado de fora, na Serra do Mirante, o arenito es tá situado sôb^{re} o gnais, em maior altitude (1580 metros) que os do planalto (1300 metros).

3- Ocorre, no centro do planalto, uma rocha possivelmente piroclástica, em mesmo nível que os arenitos da borda interna do planalto. Este último, que é o argumento mais forte, mostra que houve ou abatimento, ou o vulcanismo da re

gião demorou-se ativo em tempo suficientemente longo, para que a deposição da rocha piroclástica se desse depois da erosão alcançado tal nível.

15- Com base nos dados geológicos, inferências e conjecturas; foi tentada uma representação esquemática da sucessão provável de acontecimentos geológicos ocorridos na região de Poços de Caldas, figura 12; a, b, c, d.

A primeira, a, mostra a fase anterior à intrusão, em que os arenitos ocuparam a região. Nos lagos da beirada desértica depositou-se silte e argila.

A segunda figura mostra a intrusão e vulcanismo.

A terceira figura mostra o abatimento hipotético que foi exagerado no desenho.

Esta talvez seja a fase em que se formaram as brechas híbridas.

A quarta figura mostra, de modo grosseiro, a forma atual do planalto, após longa ação erosiva.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1- Bagnold, R. A. - The physics of blown sand and desert dunes, 265p., Methuen & Co. Ltd., Londres. 1941.
- 2- Balk, R. - Structural behavior of igneous rocks, 177p. , Edward Brothers Inc. Michigan. 1948.
- 3- Barbosa, O. - Notas preliminares sobre o Planalto Poços de Caldas e suas possibilidades Econômicas, Serv. Fom., Prod. Mineral, (Brasil), Avulso 8, pp.1-33. 1936.
- 4- - Sobre a Idade das Rochas Alcalinas e a Origem do Planalto de Poços de Caldas, Min. e Met., vol. XII, nº 76, pp.235-237, Rio de Janeiro, 1948.
- 5- Barrel, J. - Relations Between Climate and Terrestrial Deposits, Jour. Sed. Pet., v.21, n.3, pp.147-150. 1951.
- 6- Barth, T. F. W. - Theoretical Petrology, John Wiley & Sons, Inc. New York. 1952.
- 7- Billings, M. P. 6 Structural Geology, Prentice Hall, Inc. New York, 1942.
- 8- Bowen, N. L. - The Evolution of The Igneous Rocks, Dover Pub., Inc. New York. 1956.
- 9- Brammell, A. e Harwood, H. F. - Occurrence of rutile, brookite, and anatase on Dartmoore, Min. Mag., n.20, pp.20-26, 1923.
- 10- Branco, J. J. R. - Notas sobre a Geologia e Petrografia do

- Planalto de Poços de Caldas M. G., Esc. Eng. Univ., Min. Ger., Inst. Pes. Rad., n.5, 73 p .. 1956.
- 11-Cailleux, A. - Morphoskopische Analyse der Geschiebe und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie, Geol. Rund. v.40, h.1, p.11-19, 1952.
- 12-Carvalho, A. M. V. - Contribuição ao Estudo Petrográfico do Arenito Botucatu no Estado de São Paulo, Bol. Soc. Bras., Geol. v.3, n.1, p.51-71.1954.
- 13-Cloos, H. - Bau und Tätigkeit von tuffschloten, Geol. Rund., v.32, h.1-2, p.709-799, 1941.
- 14- - Hebung-Spaltung-Vulkanismus, Geol. Rund., v. 30, p.405-527, 1939.
- 15-Daly, R. A. - Igneous Rocks and the Depths of the Earth, Mac Graw Hill Book Co., Inc., 1933.
- 16-Derby, O. A. - Sobre as Rochas Nefelínicas no Brasil, (Extr) Rev., Eng., Rio de Janeiro, p.1-15, 1888.
- 17-Franco, R. R. e Gama, R. S. - Sobre o Zircão de Florânia, Rio Grande do Norte, Brasil, Bol. Soc. Bras. Geol., v.4, n.2, p.41-49, 1955.
- 18-Freitas, R. O. - As Estruturas Fósseis do Sistema de Santa Catarina no Planalto de Poços de Caldas, Bol. Assoc. Geogr. Bras., n.3, p.25-36, 1943.
- 19- - Ensaio sobre a Tectônica Moderna do Brasil, 120 p., Bol. Dep. Geol. Fac. Fil. Ci. Let. de São Paulo, n.6, 1951.

- 20- - Sedimentação, Estratigrafia e Tectônica da Sé-
rie Bauru, (Estado de São Paulo), 185 p. Bol .
Dep. Geol. Fac. Fil. Ci. Let. de São Paulo, n.14,
1955.
- 21-Hamilton, W. B. - Playa sediments of Rosamond Dry Lake ,
California, Jour. Sed. Petr., v.21, n.3, p.147-
150, 1951.
- 22-Krumbein, W. C. & Sloss, L. L. - Stratigraphy and Sedimen-
tation, W. H. Freeman & Co. S. Francisco, 1951.
- 23-Krynine, P. D. - Arkose Deposits in the Humid Tropics. Am.
Jour. Sc., ser.5, v.29, p.353-363, 1935.
- 24-Lahee, F. H. - Field Geology, Mac.Graw Hill Book Co., Inc.
1941.
- 25-Leinz, V. - Estudos sobre a glaciação Permo Carbonífera do
Sul do Brasil, Serv. Fom. Prod. Min. Bol.21, Rio
de Janeiro. 1940.
- 26-Martin, H. e Korn, H. - The Messun Igneous Complex in Sou-
th West Africa, Trans. Proc. Geol. Soc. S. Afr.
v.LVII, p.84-122, 1954.
- 27-Milner, H. B. - Sedimentary Petrography, Thomas Murby &
Co., London, 1952.
- 28-Pettijohn, F. J. - Sedimentary Rocks, Harper & Bros., New
York, 1952.
- 29-Reichenbach, H. - Elements of Symbolic Logic, Mac Millan
Co., New York, 1952.

- 30-Russell, R. D. e Taylor, R. E. - Roundness and Shape of Mississippi River Sands, Jour. Geol., vol.45, p. 239-248, 1937.
- 31-Shand, S. J. - The Geology of Pilaansberg in the Western Transvaal, Trans. Geol. Soc. S. Afr., v.KXXI, p. 97-156, 1929.
- 32-Sitter, L. U. de - Structural Geology, p.373-374, Mac Graw Hill Book Co. Inc., Michigan, 1948.
- 33-Turner, F. J. e Verhoogen, J. - Igneous and Metamorphic Petrology, Mac Graw Hill Book Co., Inc., 1951.
- 34-Twenhoffel, W. H. - Principles of Sedimentation, Mac Graw Hill Book Co. Inc., New York, 1950.
- 35-Umbgrove, J. H. F. - The Pulse of the Earth, Martinus Nijhoff, 1947.
- 36-Waddel, H. - Volume, Shape and Roundness of Particles, Jour. Geol., v.40, p.443-451, 1932.
-

TABELA Nº 1

AMOSTRAS, SUAS RESPECTIVAS PROCEDÊNCIAS, MEDIANA, QUARTIS E GRAU DE SELEÇÃO

Amostras e Procedências	Altitude aprox.	Md. em mm	Q ₃ em mm	Q ₁ em mm	So.
1a-Arenito Branco-Margem do rio das Antas	(1220 m)	0,17	0,22	0,12	1,4
1b-Arenito Siltoso Amarelo-Ponte sobre o Rio das Antas	(1200 m)	0,37	0,38	0,24	1,3
2 -Arenito Branco Fino-Cachoeira do Ozorio	(1200 m)	0,25	0,41	0,17	1,6
3a-Arenito Vermelho Claro-Cachoeira do Ozorio	(1200 m)	0,27	0,55	0,16	1,9
3b-Arenito Grosseiro Branco-Cachoeira do Ozorio	(1200 m)	0,50	1,06	0,17	2,5
4 -Arenito Siltoso Branco-Pocinhos do Rio Verde	(1100 m)	0,27	0,40	0,12	1,8
5a-Arenito Vermelho-Faz. Capão do Mel	(1150 m)	0,36	0,38	0,33	1,1
5b-Siltito Vermelho-Faz. Capão do Mel	(1100 m)	0,03	0,04	0,02	1,4
6a-Arenito Branco-Faz. Pinheirinho	(1150 m)	0,22	0,29	0,18	1,3
6b-Arenito Siltoso Amarelado-Faz. Pinheirinho	(1100 m)	0,27	0,40	0,19	1,5
7a-Siltito Argiloso-Águas da Prata	(845 m)	0,0024	0,0075	0,0022	1,8
7b-Arenito Siltoso-Águas da Prata	(840 m)	0,03	0,10	0,008	3,6
7c-Arenito Amarelado-Faz. São Vicente	(930 m)	0,38	0,49	0,24	1,4
7d-Arenito Amarelado Intercalado no Siltito-Águas da Prata	(860 m)	0,21	0,29	0,11	1,6
7e-Siltito Intercalado no Arenito-Águas da Prata	(863 m)	0,04	0,07	0,03	1,5
7f-Arenito Amarelado Intercalado no Siltito-Águas da Prata	(866 m)	0,16	0,20	0,13	1,2
7g-Arenito Amarelado-Águas da Prata	(960 m)	0,37	0,54	0,28	1,4
8a-Arenito Claro Alaranjado-Faz. Jequitibá	(1050 m)	0,14	0,21	0,06	1,9
8b-Arenito Azulado-Faz. Jequitibá	(1000 m)	0,10	0,16	0,03	2,3
9a-Arenito Branco-Serra do Mirante	(1405 m)	0,15	0,25	0,10	1,6
9b-Arenito Claro Amarelado-Serra do Mirante	(1390 m)	0,31	0,39	0,21	1,4
10-Arenito Siltoso Laranja-Serra do Mirante	(1450 m)	0,54	0,76	0,28	1,6
10a-Arenito Grosseiro Avermelhado-Serra do Mirante	(1580 m)	0,26	0,36	0,08	2,1
10b-Siltito Amarelado-Serra do Mirante	(1560 m)	0,18	0,27	0,07	2,0
11-Arenito Branco-Norte de Cascata	(1200 m)	0,14	0,24	0,09	1,6

TABELA Nº 2

MÉDIA DOS GRAUS DE ANCHURAMENTO ENTRE DUAS FRAÇÕES DE VÁRIAS AMOSTRAS

Amostra	Média do grau de ar. 74-44 μ	Média do grau de ar. 500-297 μ	Amostra	Média do grau de ar. 74-44 μ	Média do grau de ar. 500-297 μ
3a <i>B. de</i>	0,26	0,26	Quartzito (Jaraguá)	0,22	0,11
10a	0,34	0,30	Quartzito (nordeste)	0,19	0,15
10b	0,36	0,43	7a	0,30	0,29
1a	0,31	0,27	7b	0,33	0,30
Gnaiss	0,21	0,15	7c	0,18	0,32
Ar. Botucatu	0,48	0,54	7d	0,35	0,37
Ar. Bauru	0,38	0,38	3b	0,29	0,25
Fluvio-glacial	0,32	0,32	2	0,23	0,23

TABELA Nº 3

LOCAL DE COLETA DAS DIVERSAS AMOSTRAS E SUA COMPOSIÇÃO PORCENTUAL APROXIMADA

Amostra	Quartzo	Feldspato	Minerais ^(x) argilosos	Amostra	Quartzo	Feldspato	Minerais ^(x) argilosos
1a <i>clausp</i>	90%	—	10%	7d	9½%	1%	5%
2a	90%	—	10%	7e	77%	3%	20%
2b	80%	—	20%	7f	88%	2%	10%
3a	50%	—	50%	7g	85%	2%	13%
3b	80%	1%	19%	8a	70%	2%	20%
4	98%	—	2%	8b	73%	10%	17%
5a	85%	2%	13%	9a	97%	3%	8%
5b	83%	—	17%	9b	88%	1%	11%
6a	98%	—	2%	10	82%	1%	17%
6b	9½%	—	6%	10a	83%	—	17%
7a	20%	1%	79%	10b	40%	—	60%
7b	82%	1%	17%	11	99%	—	1%
7c	84%	10%	6%				

(x) Entre os minerais argilosos estão incluídos: muscovita, bauerita, hidróxidos e óxidos de ferro.

TABELA Nº 4

TABELA DE MINERAIS PESADOS EM PORCENTAGEM APROXIMADA

Amostra	Zircão	Turmalina	Rutilo	Granada	Anastácio	Monazita	Hornblenda	Apatita	Corindon.
1a	80	1	-	-	20	-	-	-	-
1b	70	1	-	-	29	-	-	-	-
2	80	-	-	20	-	-	-	-	-
3a	100	-	-	-	-	-	-	-	-
3b	50	-	-	2	48	-	-	-	-
4	75	1	7	-	17	-	-	-	-
5a	55	5	-	-	-	35	-	-	-
5b	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6b	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7a	73	9	17	-	-	-	-	-	1
7b	50	35	15	-	-	-	-	-	-
7c	76	9	19	-	-	-	-	-	2
7d	42	42	9	3	1	1	1	-	-
7e	64	7	33	-	-	1	-	-	2
7f	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7g	50	40	10	-	-	-	-	-	-
8a	55	6	15	-	20	-	-	-	-
8b	50	-	-	7	32	2	1	1	-
9a	50	-	-	-	50	-	-	-	-
9b	65	-	1	-	48	-	-	-	-
10	60	-	13	-	29	-	1	-	-
10a	40	-	-	-	50	1	-	-	-
10b	33	-	-	1	63	-	-	1	-
11	76	-	-	-	20	-	-	-	-

Fig. 1

Mapa do planalto de Poços de Caldas com delimitação esquemática dos afloramentos de rochas clásticas.

Fig. 2

Sedimentos do quadrante norte do planalto alcalino

Fig. 3

Sedimentos do quadrante este e sul do planalto alcalino

Fig. 4

Sedimentos arenosos e siltosos da borda oeste do planalto al
lino de Poços de Caldas

Fig. 5

Sedimentos arenosos do quadrante oeste do planalto alcalino

Fig. 6
Arenitos do quadrante noroeste do planalto de Poços de Caldas

Fig. 7

Fragmento de rocha clástica arenosa arcossiana
(Serra do Mirante)

Fig. 8

Esquema de três perfis E-W de Aguas da Prata para o norte dis-
tanciados de 3,5 quilômetros aproximadamente

Fig. 9

Esquemas estruturais especulativo

Fig. 10

Esquema dos resultados experimentais fornecidos por massa que
se move ao longo de obstrução estacionária

Fig. 11

Um perfil teórico dos blocos movimentados e três reais do
 contacto rocha alcalina e encaixante

Fig. 12 a
Fase pré intrusão

Fig. 12 b
Fase provável de intrusão e vulcanismo