

O MAPEAMENTO FACIOLÓGICO EM ROCHAS ÍGNEAS PLUTÔNICAS

HORSTPETER H.G.J. ULBRICH, SILVIO R.F. VLACH & VALDECIR A. JANASI

ABSTRACT *FACIES MAPPING OF PLUTONIC IGNEOUS ROCKS* The mapping of plutonic igneous rocks poses special problems, since the usual stratigraphic "laws" are not applicable to such cases. Most igneous massifs are frequently the result of complex sequences of magma emplacement, to be unraveled by mapping procedures. Special care is thus needed with the definition of the several mapping units, and the mapping activity itself becomes a foremost tool for the interpretation of igneous processes and data. Initially, the *igneous rock facies* is recognized as the core mapping unit, each defined entirely by macroscopic-mesoscopic features (mineral content, texture, color and color index, structure). Most facies cannot be represented on a map, on the usual standard scales such as 1:10,000 or 1:25,000, so that the next step is to identify the *mappable unit* (or *facies association*), usually various facies that can clearly be grouped together, on account of similarities in composition, structure, and relative ages, as shown by crosscutting relationships. Mapping of these units outlines the igneous massif, its structure, geometry and emplacement behaviour. The term *igneous body* is here proposed as a synonym for this rheologic or emplacement unit, and the neutral name *massif* seems fit to identify any medium- or large-sized igneous occurrence. "Facies" and "facies associations", or mappable units, should be named informally (e.g., facies A, B; facies of "red granite"; etc.), while a geographic addition identifies the entire "massif" (e.g., "Atibaia massif", etc.). All cited mapping categories (facies, facies association, body, massif) are *informal* and should therefore be clearly separated from the *formal* names defined in the official Stratigraphic Codes. Several geologically-geotectonically related massifs, grouped together, identify a still *informal* category of higher hierarchy, the *magmatic or genetic unit*, *informally* akin to the "suites" and "supersuites" of other authors, to be defined only after comprehensive regional studies.

Key words: Igneous plutonic rocks, mapping, facies, mapping unit, igneous body

RESUMO A finalidade de todo mapeamento detalhado ou expedito em rochas ígneas plutônicas é a de representar as verdadeiras relações encontradas nessas ocorrências, com histórias intrusivas quase sempre complexas. Os problemas nestes mapeamentos são específicos das rochas ígneas plutônicas, já que a sua colocação não obedece a nenhum dos "princípios" estratigráficos normais. A definição das várias unidades mapeáveis deve, portanto, ser particularmente cuidadosa, fazendo que o mapeamento se torne ferramenta importante na interpretação de processos ígneos. Começa-se por definir a *facies de rocha plutônica*, em função unicamente de feições macro- a mesoscópicas (mineralogia, textura, cor e índice de cor, estrutura). A maioria destas facies não é mapeável, nas escalas usuais recomendadas, da ordem de 1:10.000 a 1:25.000, fazendo-se necessária a identificação da *unidade mapeável* (geralmente, uma *associação de facies*), agrupando para tal as facies consideradas afins, por meio de critérios estruturais, composicionais, e de idades relativas, como mostradas pelas relações entrecortantes. O mapeamento destas unidades mapeáveis representa forma, estrutura interna e geometria do maciço ígneo, definindo histórias de colocação e em última instância o comportamento reológico ou de movimentação dos magmas. O termo *corpo ígneo* é aqui proposto para identificar essa unidade reológica, e o de *maciço* para caracterizar qualquer ocorrência ígnea, geograficamente circunscrita, de dimensões médias a avantajadas. As "facies" e as "associações de facies", ou unidades mapeáveis, devem ser denominadas de maneira informal (e.g., facies A, B; facies de "granito vermelho"; etc.), enquanto um aditivo geográfico identifica o "maciço" (e.g., "maciço Atibaia"). Todas as categorias de mapeamento citadas são unidades *informais*, e não devem ser confundidas com as hierarquias *formais* propostas em Códigos Estratigráficos. Vários maciços ígneos podem constituir uma hierarquia *informal* de ordem superior, a *unidade magmática ou genética* -similar à "suíte" ou "supersuíte" de outros autores-, que deve ser definida apenas após estudos regionais detalhados.

Palavras-chaves: Rochas ígneas plutônicas, mapeamento, facies, unidade mapeável, corpo ígneo

INTRODUÇÃO Os critérios para definir as unidades de rochas sedimentares foram objeto de estudos muito elaborados, hoje expostos em Códigos Estratigráficos nacionais e internacionais. Os mesmos critérios podem ser aplicados, com algum cuidado, também para as rochas metassedimentares pouco deformadas e, naturalmente, para as rochas supracrustais vulcânicas.

Diferente é o caso das rochas ígneas plutônicas, que são definidas por Streckeisen (1976) sem nenhuma conotação genética, em paralelo ao significado da palavra *Massengesteine* dos autores alemães; o adjetivo *intrusivo*, na medida em que seja sinônimo de plutônico, deveria também adquirir caráter neutro, não necessariamente indicando que a rocha se formou por *intrusão* de um magma. Estas rochas não obedecem aos ditados dos clássicos *princípios estratigráficos*, tais como o de continuidade lateral ou o de superposição; a exceção talvez única é a dos maciços intrusivos "estratiformes", onde a superposição sequenciada das bandas dos sedimentos ígneos definem uma clara estratigrafia interna.

É aqui ressaltada a necessidade de definir as várias litologias ígneas, previamente a qualquer interpretação. Desta forma, o mapa de detalhe torna-se a ferramenta principal para fundamentar interpretações sobre geologia e controles de colocação, idades relativas e geocronologia, evolução geoquímica e condições de cristalização. Como um exemplo proeminente, salientam-se os estudos realizados no Batólito Costeiro dos Andes do Peru central (e.g., Cobbing & Pitcher 1972; Cobbing et al. 1977; Pitcher 1978) que também levaram a uma proposta elaborada para facilitar mapeamento em rochas ígneas (Cobbing & Mallick 1983).

Problemas relacionados com a nomenclatura estratigráfica em ro-

chas ígneas plutônicas estão sendo discutidos na literatura. O tema, praticamente sem referências nas primeiras versões do Código Estratigráfico Norte-americano (e.g., American Commission on Stratigraphic Nomenclature, ACSN 1961, 1970), é tratado com maior detalhe, com recomendações, na edição mais recente (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, NACSN 1983), dedicando-se toda uma seção, a dos artigos 32 até 42, para definir nomenclatura e critérios estratigráficos aplicáveis às rochas ígneas e às metamórficas fortemente deformadas e de alto grau. Recomendações nesse sentido são também encontradas no Código Estratigráfico brasileiro (Petri et al. 1982, 1986). Mas as regras propostas, longe de merecer unanimidade, vêm sendo discutidas e em parte contestadas em vários trabalhos mais recentes, mostrando que o tema ainda não está exaurido (e.g., Fakundiny & Longacre 1989; Hattin 1991).

No presente trabalho, parte-se do reconhecimento de que *unidades de mapeamento em rochas ígneas plutônicas* não se equivalem com as *categorias estratigráficas formais*, tais como definidas nos vários Códigos Estratigráficos, mesmo porque ainda não existe consenso sobre a nomenclatura a aplicar. Estas unidades de mapeamento são aqui identificadas por meio de uma nomenclatura *informal* (ver comentários sobre a utilidade de definir categorias informais em NACSN 1983, p. 850).

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos pelos autores no mapeamento de maciços ígneos (Ulrich, 1984; Vlach, 1985), reconhecendo-se, evidentemente, que outros grupos tanto no Brasil (e.g., Wernick 1990; Galembeck 1991) como no exterior (e.g., Cobbing & Mallick 1983; Pitcher 1993) também ofereceram contribuições para esta temática.

As relações entre estas *unidades informais* e as *formais* propostas nos códigos estratigráficos são discutidos em trabalho adicional (Ulrich et al., em elaboração).

A FACIES O conceito de facies foi introduzido em Sedimentologia por Amand Gressly em 1837 ou 1838, naquela época na Universidade de Estrasburgo, ao estudar rochas sedimentares jurássicas da Suíça (ver, por ex., Middleton 1978).

O termo tem sido utilizado com conotações variadas, enumeradas na literatura específica (e.g., Bates & Jackson 1980): 1) tipo petrográfico cujas feições provavelmente refletem as condições de formação; 2) unidade mapeável circunscrita; 3) conjunto característico de rochas que apresentam uma ou várias feições universalmente presentes na coluna geológica (e.g., facies de arenitos vermelhos); 4) biofacies, com conteúdo específico de fósseis; 5) conjunto petrográfico formado e/ou depositado em determinado ambiente (facies eólica, etc.); 6) tectofacies ou facies paleogeográfica (facies de plataforma, de molassas, etc.). A todos estes significados, aplicáveis a rochas sedimentares, deve adicionar-se ainda o de facies metamórfica, muito mais amplo, que define um conjunto variado de rochas metamórficas identificadas por associações minerais características e que engloba também, implicitamente, a definição das condições de cristalização, em termos de pressão e temperatura, permitindo ainda subdivisões em "subfacies" (Bates & Jackson 1980; Fyfe & Turner 1966; Turner 1981).

Hedberg (1976) comenta que se abusou do termo facies, e indica que ele deve ser utilizado claramente, sempre acompanhado de definição estrita. Esse autor alega que as rochas só podem ser descritas, na sua totalidade, mediante a caracterização de suas várias propriedades, o que permitiria, então, descrever a "litofacies", juntamente com a "biofacies", a "facies mineral", a "tectofacies", etc.

Definições rigorosas, portanto, devem resgatar a utilidade do termo. Nesse sentido, destaca Middleton (1978) que a descrição de facies deve enfatizar apenas os aspectos descritivos (litológicos, estratigráficos, etc.) afastando considerações interpretativas. A sua denominação seria informal (facies A, B, etc.) ou por meio de palavras sucintas (e.g., facies de argilito maciço). Esta definição de *facies s.s.* não excluiria a utilização do termo em contextos interpretativos mais abrangentes (facies fluvial, eólica, etc.), mas sempre com precisa identificação do significado.

Para Selley (1985), a facies sedimentar seria descrita como a "massa de rocha sedimentar que pode ser definida, e diferenciada de outras massas, pela geometria, litologia, estrutura, padrão de paleocorrentes e fósseis". Considerações similares são expressas em Leeder (1982) e especialmente em Reading (1986).

As propostas de Walker (1984) são coincidentes. A facies sedimentar, uma unidade caracterizada pelo "aspecto" (litológico, estrutural, etc.), seria identificada por parâmetros descritivos, de preferência observados no campo. Desta forma, são facilitadas as interpretações subsequentes, em termos de ambientes deposicionais e outros parâmetros (ver também Middleton 1978). O maior ou menor detalhe com que são descritas as facies sedimentares dependerá, evidentemente, dos objetivos do estudo e de outras considerações (e.g., de índole econômica), já que levarão a subdivisões mais ou menos detalhadas do corpo sedimentar pesquisado (e.g., Walker 1984).

Uma discussão paralela, em termos da descrição das facies e de sua posterior tipificação em função de variáveis genéticas, é apresentada também para o caso das rochas piroclásticas por Cas & Wright (1987).

Deve ficar claro que as facies sedimentares não são, necessariamente, unidades que podem ser mapeadas (Hedberg 1976; NACSN 1983; Petri et al. 1982; Salvador 1994), por carecer frequentemente de espessura e/ou extensão significativas.

Da discussão acima, extraem-se como conclusão vários aspectos em comum:

1. O termo facies é essencialmente descritivo e equivale a uma *unidade litoestratigráfica*, com exclusão das feições que dependem da atuação de fatores posteriores (pós-deposicionais e supérgenos).
2. A denominação das facies deve ser *informal* (e.g., facies A, B, etc.; facies de siltito laminado, ou bioturbado, etc.), reservando-se a nomenclatura *formal* para as unidades tradicionais (membros, for-

mações, grupos, etc.).

3. A *subdivisão* em facies de determinado corpo sedimentar facilita a interpretação posterior em termos de parâmetros genéticos.
4. O reconhecimento das facies identifica a *assinatura característica* (eventualmente única) dos vários processos genéticos que as geraram, devendo-se ressaltar, entretanto, que descrição e interpretação são, conceitualmente, atividades diferentes, até porque as interpretações mudam ao longo dos anos.
5. Embora exija esforços consideráveis, o mapeamento faciológico de materiais de origem sedimentar é *condição necessária* para ensaios interpretativos modernos.

A facies petrográfica plutônica A definição da *facies petrográfica plutônica* não pode se afastar daquela utilizada para identificar o seu antecessor histórico, que é a facies sedimentar. Deve basear-se, portanto, em parâmetros descritivos.

Define-se aqui a facies petrográfica plutônica como a *unidade litoestratigráfica informal de menor hierarquia que pode ser reconhecida e descrita, na amostra de mão e no campo, pelas características mineralógicas, texturais e estruturais*. Em decorrência desta definição,

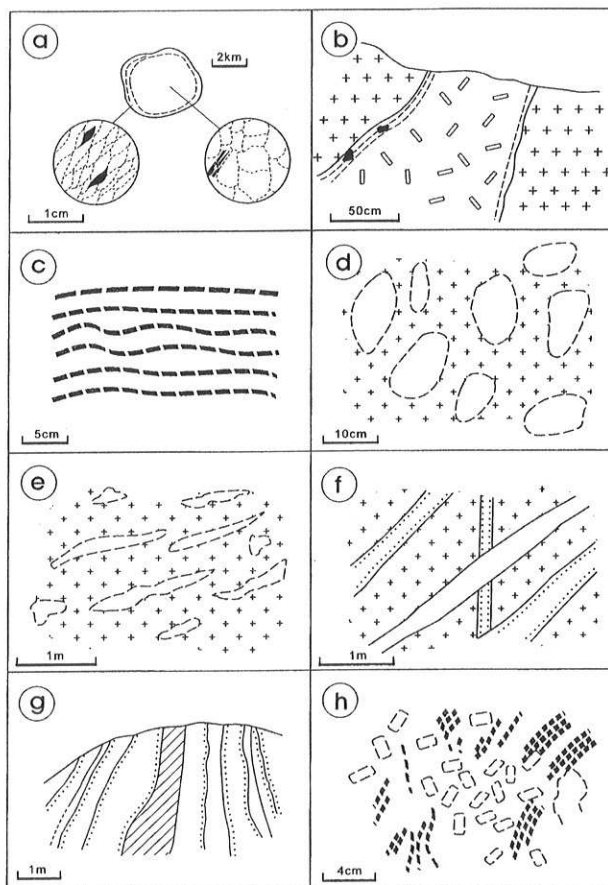


Figura 1 - Ilustrações de vários exemplos de facies (observações próprias, nos casos sem referência). a) Corpo granítico zonado, com facies de borda e centro (corpos de Ardara, Connemara, e Tuolumne, California; Pitcher & Berger 1972; Bateman & Chappell 1979). b) Dique de fonólito, em nefelina sienito, com enclaves de rocha encaixante na borda (Poços de Caldas, MG-SP, SE brasileiro). c) Bandado centimétrico ("inch scale layering") em maciço estratiforme (Skuaergaard, Stillwater, etc.; Hess 1960; Wager & Brown 1967). d) Facies de borda com enclaves arredondados de rocha encaixante, sugerindo relações de "commingling" (a exemplo de vários corpos graníticos e sieníticos). e) Segregações de veios pegmatíticos quartzo-feldspáticos, com micas, frequentes em maciços graníticos. f) Várias gerações de veios pegmatíticos e aplíticos, com relações entrecortantes, em rocha granítica (exemplos de vários maciços graníticos: Atibáia, SP, e outros). g) Afloramento de diques-em-diques de composição basáltica ("sheeted dikes"), em zonas de distensão de crosta oceânica (e.g., Sturt et al. 1979). h) Heterogeneidade em rocha granitóide-migmatítica de estrutura nebulítica, com segregações pegmatíticas, concentrações de megacristais de feldspato e "schlieren" com biotita (ver Mehnert 1968).

considera-se que ela é também uma *categoria genética*, por representar a atuação de um ou vários processos como, por exemplo, a invasão de determinado magma, temporal ou até composicionalmente diferente dos outros.

Esta definição será ilustrada por meio de exemplos selecionados (Fig. 1).

Nas duas ocorrências iniciais (Figs. 1a, 1b), são observadas uma facies de borda separada de uma de centro, em escalas muito diferentes, mapeável apenas num caso; estas diferentes facies, entretanto, são claramente caracterizadas pela granulção, estrutura, presença de fenocristais e xenólitos, colocação geológica e eventualmente também pela cor geral, diferenças mineralógico-texturais, etc. A passagem entre os dois tipos pode ser rápida ou gradacional.

As unidades rítmicas do bandado centimétrico ("inch-scale layering", Hess 1960) são encontradas principalmente em maciços máfico-ultramáficos estratiformes (Wager & Brown 1967). As bandas ilustradas (Fig. 1c), embora diferentes mineralogicamente, se formam conjuntamente por processos cumuláticos (Wager & Brown 1967; Irvine 1980). A facies, neste caso, será o conjunto ciclicamente repetido das duas bandas, e não cada uma delas.

Outro exemplo é o de algumas fácies ígneas plutônicas ou subvulcânicas, geralmente de borda, carregadas de inclusões (enclaves s.s., xenólitos, autólitos). O processo de incorporação dos enclaves não se pode desvincular da cristalização e colocação da própria rocha ígnea. Portanto, a facies está constituída pelo conjunto tanto dos enclaves (ou xenólitos, etc.) como da "matriz" de rocha ígnea predominante (Fig. 1d). O caso ilustra também o processo hoje denominado de "mingling" e "commingling", com um magma hospedeiro mostrando enclaves de outro magma contrastante (Vernon 1983).

O exemplo seguinte (Fig. 1e) ilustra veios pegmatíticos irregulares, interpretados como segregações locais de líquidos residuais, e que se colocam quando a rocha encaixante ainda se encontrava em estado parcialmente líquido. Pela colocação irregular destes veios e seu tamanho em geral pequeno e a possibilidade de serem encontradas passagens gradacionais entre eles e a rocha encaixante, parece mais apropriado definir uma única facies, constituída pelo conjunto das duas litologias: veios e rocha encaixante.

Os dois próximos exemplos (Figs. 1f, 1g) são encontrados quando uma rocha ígnea foi sistematicamente invadida por manifestações magmáticas posteriores, cogenéticas ou não: a rocha encaixante comporta-se como material rígido. Os casos que se ilustram mostram as manifestações dos "diques-em-diques" ou "sheeted dikes", uma das unidades da seqüência ofiolítica (Conference Participants 1972), e o outro, o de veios pegmatíticos e/ou aplíticos que se encontram como enxames em algumas áreas graníticas. Contrariamente ao caso anterior, devem aqui ser identificadas duas ou mais facies diferentes, o da rocha encaixante e dos diques, até porque é possível estabelecer uma relação de idades relativas, pelas relações entrecortantes. No caso dos "sheeted dikes", diques básicos invadem em seqüência ininterrupta outras manifestações cogenéticas anteriores, nos ambientes de extensão permanente das dorsais e zonas de distensão em crosta oceânica. Os diques e corpos de pegmatitos e aplitos em rochas granitoides são de ocorrência comum e marcam diferentes etapas de injeção de materiais mais diferenciados ou até de geração posterior, em parte mineralizados.

Outro caso diferente é quando a rocha muda de textura e estrutura e, tipicamente, também de mineralogia, por variações na distribuição e quantidade de minerais essenciais e acessórios. Contudo, não é possível detectar, no afloramento ou na amostra de mão, indícios claros de geração e/ou colocação em tempos muito diferentes (Fig. 1h). Estas feições sugerem que a rocha é invadida por líquidos residuais que cristalizam intersticialmente, ou como bolsões e veios, por vezes mudando profundamente e de maneira irregular o aspecto da rocha original. Os exemplos mais marcantes são encontrados nas bordas e tetos de maciços maiores de granitoides de vários tipos, na "mesozona" e "catazona". Em outros casos, supõe-se que a rocha se forma em áreas submetidas a anatexia, ou reflete estágios mais avançados de incorporação e assimilação de rochas encaixantes várias, ou até do "commingling" ou mistura de magmas de origem e composições diferentes, confundindo-se então este caso com o exemplo retratado na Figura 1d. A própria *variabilidade* textural-mineralógica, na rocha ou

afloramento, se converte em feição característica da facies a definir.

Importa assinalar que qualquer definição proposta para as facies pode ser facilmente reproduzida ou transmitida por descrições, desenhos ou fotografias. O mapeamento faciológico permite escapar do procedimento corriqueiro que reduz as rochas ígneas a conjuntos litológicos monótonos, não retratando o mapeamento os vários processos atuantes.

A denominação informal da facies A facies plutônica, como menor unidade litoestratigráfica informal, deve ser denominada de maneira simples (e.g., facies de granito róseo, ou de diorito cinza). Mesmo quando uma terminologia geográfica é utilizada (e.g., "granito da facies Piedade"), não deve se perder de vista que esta nomenclatura não tem o "status" de categoria estratigráfica *formal*.

Por ser a facies plutônica a unidade de mapeamento de *menor hierarquia*, não cabe estabelecer subunidades (e.g., a de "subfacies", ou outras parecidas).

A UNIDADE PLUTÔNICA MAPEÁVEL A unidade mapeável *plutônica* será a que pode ser representada em escala adequada, selecionando-se a de 1:10.000 ou a de 1:25.000, a última a mesma que foi proposta para a identificação da formação sedimentar (Petri et al. 1982).

Mas as variações encontradas em muitos maciços ígneos são geralmente extremas, como no caso das jazidas do tipo "porphyry copper". A famosa jazida de Bingham, em Utah, USA, registra não menos de 9 invasões de variados magmas em superfície exposta de rocha mineralizada não superior a 2,25 km² (Lanier et al. 1978). A jazida de molibdenita de Henderson e Urad, no Colorado, mostra exposições de rocha ígnea da ordem de 2 km², ocorrendo nelas uma sucessão de mais de 5 intrusões ("estágios"), cada uma com várias subunidades reconhecidas (Wallace et al. 1978).

As escalas sugeridas para identificar a unidade mapeável são portanto recomendações gerais, já que elas serão definidas em função dos objetivos do mapeamento.

Por vezes, a própria facies, por mostrar extensão considerável, é a unidade mapeável. É o caso do maciço de Atibaia (Melhem 1995), e várias das facies de nefelina sienitos mapeadas no maciço alcalino de Poços de Caldas (Ulbrich 1984). Nos casos mais comuns, entretanto, algumas dessas unidades devem ser agrupadas, reunindo *apenas* os tipos correlacionados, para não deturpar as relações mútuas (e.g., estruturais e de idade). Surge assim a denominação de *associação de facies*, proposta por Vlach (1985, 1993), definida como um conjunto de facies associadas, às quais são atribuídas relações estruturais e geoquímicas de cogeneticidade. O conceito equivale ao da *unidade mapeável*, quando é a associação de facies a que aparece representada em mapa.

O mapeamento faciológico expedito No mapeamento faciológico *expedito* de uma determinada região ou maciço, ou conjunto de maciços, será retratada em mapa tão somente a distribuição das unidades maiores, sem registro dos detalhes. O trabalho se iniciará, então, com uma rápida familiarização com as variedades petrográficas presentes no distrito e, a seguir, com a definição das unidades "expeditas" de mapeamento, que certamente serão associações de facies, tarefa tipicamente realizada com o auxílio de imagens de sensoriamento remoto.

Mesmo neste caso, é imprescindível realizar uma clara identificação das variações presentes no maciço: o mapeamento faciológico *expedito* não deve ser confundido com o mapeamento convencional de reconhecimento, no qual os diversos tipos de granitoides, por exemplo, não são discriminados no mapa geológico final. Também aqui o resultado poderá vir a ser, com razoável objetividade, um mapa que mostre as verdadeiras relações de campo, com o quê o geólogo poderá então guiar a sua interpretação para definir estruturas, idades relativas, movimentação de magmas, etc.

As associações ou unidades definidas no mapeamento *expedito* devem mostrar características comuns, que justificariam o seu agrupamento, e a nomenclatura utilizada deve ser informal. Na literatura, entretanto, já foram utilizados nomes dos mais variados, acrescidos de adjetivação toponímica, preferindo-se denominações como "tipo",

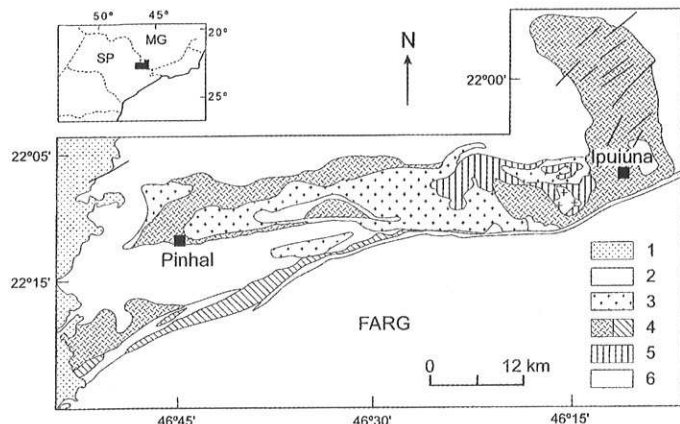


Figura 2 - Mapa expedito do batólito Pinhal-Ipuiúna, SP-MG. 1: sedimentos e rochas vulcânicas da Bacia do Paraná; 2: milonitos e blastomilonitos; 3: unidade Serra do Pau d'Alho (sienogranitos róseos porfíricos); 4: unidade Ipuiúna (hornblenda-biotita monzogranitos a granodioritos porfíricos, com Augen gnaisses); 5: unidade São José da Prata (hornblenda-biotita monzodioritos equigranulares a porfíricos); 6: Complexos Pinhal (metagranitóides) e Caconde (metassedimentos), indivisos. FARG: Faixa Alto Rio Grande. Fonte: Haddad (1995), Haddad et al. (1997).

"unidade", "facies", mas também aparecendo outras que relacionam petrografia ou um conceito geológico-genético, tais como "granito", "tonalito", "pulso", etc. Exemplos são terminologias como a do "granito Catapora", "facies Piedade", "tipos Pirituba, Cantareira, etc.", e várias outras, espalhadas na literatura sobre granitóides do Estado de São Paulo (ver, por ex., Janasi & Ulbrich 1991, 1992).

Um exemplo ilustrativo deste tipo de mapeamento expedito é o de Vasconcelos & Janasi (1988) no batólito Pinhal-Ipuiúna, SP, que aflora por mais de 900 km² (Fig. 2). O mapeamento de reconhecimento foi realizado após a identificação de apenas três grandes associações de facies, chamadas de "unidades": a Serra do Pau d'Alho (35% dos afloramentos), a Ipuiúna (55%), e a São José da Prata (10%). Estas "unidades" agrupam os granitóides sin-tectônicos foliados que constituem esse batólito, que podem assim ser separadas das demais litologias fortemente deformadas expostas na região, estranhas ao corpo mapeado. Estudos petrográficos e químicos mais detalhados posteriores confirmaram que as múltiplas variedades que integram as três "unidades" definidas constituem conjuntos geneticamente relacionados entre si (Haddad & Janasi 1992; Haddad 1995; Haddad et al. 1997).

A denominação informal proposta para as unidades mapeáveis e as associações de facies Seja no mapeamento detalhado, seja no de natureza expedita, as unidades mapeáveis (ou associações de facies) devem ser consideradas tão somente unidades de mapeamento estritamente *informais*. Mesmo assim, é prática comum a de identificar estas unidades por meio do acréscimo de nomes geográficos, facilitando com isto referências futuras. Vários dos horizontes portadores de magnetita e cromita, tanto no "complexo" de Bushveld (África do Sul) como no Grande Dique (Zimbabwe) são identificados com denominação puramente informal (e.g., Wager & Brown 1967), mas aquele que em Bushveld carrega a mineralização de platina mereceu o nome específico de "Merensky reef". Várias associações de facies ("suítes", "tipos", "unidades", etc.) são definidas por denominações geográficas (e.g., "tipo" ou "suíte Piedade", cf. Hasui 1973; Stein 1984; Janasi et al. 1990).

A mera utilização de acréscimo toponímico, entretanto, não basta para definir uma categoria estratigráfica *formal*. Lembrem Petri et al. (1982, p.52) que denominações informais como estas, na qual o termo identificador *ad-hoc* é acrescido de nome geográfico, define de fato apenas uma unidade *para-estratigráfica*, portanto não formal, que

pode ser desfeita em função de conveniências futuras ou estudos posteriores.

A conclusão, neste sentido, é muito clara, e não por repetida deve ser menos enfatizada: a *equiparação das unidades de mapeamento com unidades estratigráficas formais deve seguir normas reconhecidas de nomenclatura e realizada após devida reflexão, de preferência após a finalização do mapeamento*. Volta-se ao assunto em trabalho específico (Ulbrich et al., em elaboração).

Avaliação e agrupamento de rochas ígneas plutônicas em escalas regionais

Não é aconselhável realizar agrupamentos de rochas plutônicas em regiões extensas com pouca informação prévia. Nesses casos, as tentativas de definir "conjuntos" ou "unidades" regionais apenas consegue identificar, em escala ampla, os tipos semelhantes em termos de petrografia, estrutura, textura e mineralogia, ocultando-se com esse agrupamento as verdadeiras relações de parentesco. Como exemplo esclarecedor, vale o da Estratigrafia das rochas sedimentares, que nunca permitiria que "arenitos", apenas por serem "similares", sejam agrupados e considerados "unidades" mapeáveis e representadas como tais em mapas regionais, sem fundamentos estratigráficos sólidos.

O CORPO ÍGNEO PLUTÔNICO O mapeamento faciológico reveste-se de bastante objetividade, na medida em que identifica as facies e as representa isolada ou agregadamente em mapa. Graus maiores de complexidade são enfrentados quando se pretende agrupar as unidades mapeáveis ou as associações de facies para constituir as *unidades maiores de mapeamento* que permitem identificar as histórias de resfriamento e de colocação.

Parte-se agora para uma discussão das várias conotações do conceito de *corpo ígneo plutônico*.

A primeira acepção do termo, a mais óbvia, apenas identifica como corpo ígneo um determinado volume ou "ocorrência" geológica de rocha ígnea. Pouco ajuda esta definição, já que o corpo assim identificado pode estar constituído por várias unidades diferentes. O antigo conceito de batólito (um dos clássicos "corpos ígneos"), que relacionava vastos afloramentos de rochas ígneas com a idéia de fusões ou invasões igualmente imensas de magmas (ver, por ex., Daly 1933, p.112 e seg.), mostra claramente as limitações desta interpretação apenas geométrica.

Uma outra definição, aqui preferida, é a que identifica o corpo ígneo como uma unidade de colocação e movimentação (por ex., dos magmas invasores), cuja delimitação e caracterização é um dos principais objetivos do trabalho geológico em rochas ígneas. Desta forma, o conceito de corpo ígneo torna-se sinônimo de *unidade de movimentação ou unidade reológica*. Pouco importa, agora, se este "corpo ígneo" se localiza como massa total ou parcialmente líquida em intrusão única ou eventualmente sequenciada, ou se ele se desloca como "mush" anatético ou à maneira dos "domos gnáissicos" em áreas profundas e aquecidas da catazona (e.g., Eskola 1949; Buddington 1959).

A identificação do corpo ígneo plutônico a partir do mapeamento faciológico Agrupar as unidades mapeadas para identificar os corpos ígneos é uma das tarefas proeminentes do mapeamento em rochas ígneas.

Alguns casos serão discutidos, com base nos mapeamentos realizados em maciços do SE brasileiro pelos autores (maciço alcalino de Poços de Caldas, MG-SP; Ulbrich 1984; Ulbrich & Ulbrich 1992; granitóides de Morungaba, SP; Vlach 1985, 1993; maciço sienítico de Capituvã, MG; Janasi 1992).

No maciço de Poços de Caldas, MG, aflora na Serra do Quartel a facies de "nefelina sienito porfíritico", que é encontrada como vários corpos irregulares com poucas centenas de metros de extensão, todos contemporâneos, encaixados em egrina fonólitos. No presente nível de erosão, cada uma dessas ocorrências representa uma unidade de movimentação, portanto um corpo ígneo como definido acima; considerações sobre dimensões não afetam essa conclusão (Fig. 3: ver mapa em Ulbrich & Ulbrich 1992).

No Anel Norte, no mesmo maciço, é encontrado o "nefelina sienito cinza do Anel Norte", invadindo em geral egrina fonólitos, com vari-

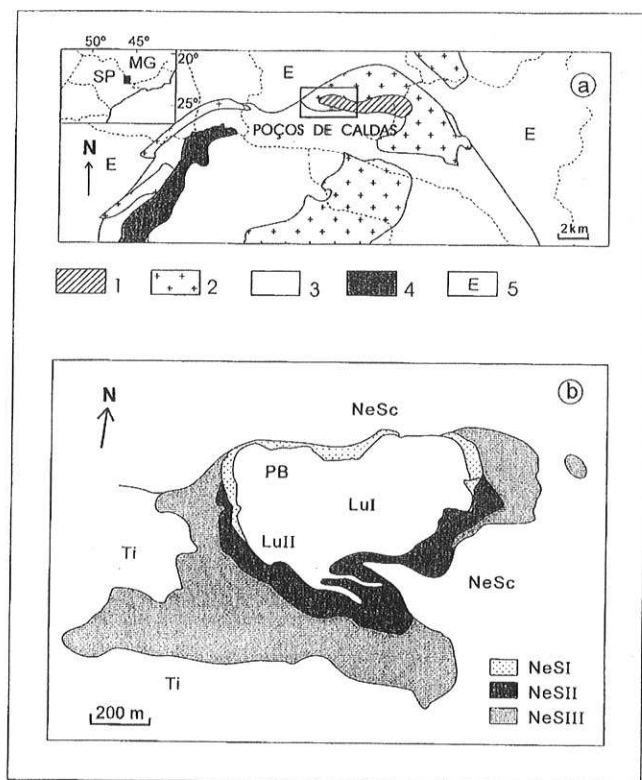


Figura 3 - Corpos de lujauritos e chibinitos do Anel Norte, Poços de Caldas. a) Maciço de Poços de Caldas, parte setentrional. 1: corpos de lujauritos e chibinitos; 2: corpos de nefelina sienitos; 3: tinguaitos e fonólitos; 4: brechas e tufitos do Vale do Quartel, juntamente com "roof pendants" do arenito Botucatu, indivisíveis; 5: E, embasamento cristalino. b) Detalhe do corpo ocidental de lujaurito-chibinito; NeS I, II: nefelina sienitos I e II, traquitóides; NeS III: chibinito; LuI e II: lujauritos grosso, central, e fino, marginal; NeSc: nefelina sienito cinza; Ti: tinguaito. PB: Pedra Balão, ponto de referência turístico. Fonte: Ulbrich (1984), Ulbrich & Ulbrich (2000).

ações por vezes destacadas no tamanho das nefelinas. Esta facies ou associação de facies, pouco variada, estende-se por vários quilômetros. Os afloramentos, em boa parte cobertos por vegetação, parecem contínuos. De maneira análoga, o "nefelina sienito da Pedreira" constitui uma associação de facies, muito homogênea, formada por rochas com peculiar aspecto manchado; aflora por mais de 80 km² desde o Anel Norte até o centro do maciço. Os afloramentos, muito esparsos, não permitem a observação de possíveis contatos internos.

Nos dois exemplos anteriores, a facies ou associação de facies aparece exposta por áreas consideráveis, que podem corresponder, ou não, aos afloramentos combinados de vários corpos; inexistem exposições de melhor qualidade para resolver a questão.

É diferente o caso dos lujauritos e chibinitos do Anel Norte, na Pedra Balão, em Poços de Caldas (Fig. 3).

Este corpo mostra 5 facies claramente identificáveis e mapeáveis (em escala 1:5.000), com disposição concêntrica e contatos entre si ora bruscos, ora rapidamente gradacionais. No centro, parte-se do lujaurito grosso, um mela-nefelina sienito com eudialita e marcada foliação magmática, para a facies lujaurítica mais fina, contornada perifericamente por dois nefelina sienitos traquitóides muito similares e, finalmente, por um envoltório externo de chibinito, que é um eudialita nefelina sienito geralmente maciço, por vezes foliado. As facies mostram continuidade estrutural, e a foliação, subhorizontal no centro, passa a ter inclinações marcadas nas facies do lujaurito fino e dos sienitos traquitóides, alcançando valores entre 45-60°, para então desaparecer na estrutura maciça do chibinito. O conjunto, verdadeira unidade estrutural e litológica, mostra assim a disposição de um

"lopolito" e suas características petrográficas e estruturais só podem ser entendidas se o conjunto é interpretado como uma unidade reológica ou corpo ígneo único.

No chibinito de Botelhos, que aflora na parte oriental do Anel Norte de Poços de Caldas, são encontradas pelo menos quatro diferentes facies, cujas relações mútuas não podem ser reconhecidas por falta de afloramentos adequados. O conjunto, mesmo assim, constitui uma corpo ígneo distinto dos outros, individualizado pela sua forma particular e seus contatos nítidos com os egrina fonólitos encaixantes (ver mapa e perfis em Ulbrich & Ulbrich 1992).

Em mapeamento de detalhe realizado na região dos granitóides de Morungaba, SP, em parte em escalas de 1:10.000, Vlach (1985, 1993) separa várias dezenas de facies, finalmente agrupadas formando pelo menos seis conjuntos maiores (Fig. 4). Ao norte da lente gnáissica que separa o complexo em duas partes, aparecem localizadas as intrusões setentrionais de Morungaba, constituídas por quatro conjuntos separados. O mais antigo é o "Pluton Areia Branca", mostrando monzogranitos equigranulares cinzentos, que ocorrem como intrusões irregulares a alongadas. Vizinho está o chamado "Complexo Ouro Verde", alongado no sentido NE-SW, com lâminas de granitóides porfiríticos separados por lascas preservadas de rochas gnáissicas encaixantes. A W, aflora o "Pluton Jaguari", com lâminas e diques semianelares e corpos irregulares de monzo- a sienogranitos porfiríticos e equigranulares, em parte concêntricos. Mais para sul, ocorre o "Pluton Oriental", também com alongamento NE-SW, mostrando monzogranitos equigranulares relativamente homogêneos. Estas quatro unidades são, claramente, corpos ígneos distintos.

Para o sul da lente gnáissica, aparece o "Pluton Meridional", uma unidade com zonalidade petrográfica distintamente concêntrica e que mostra monzogranitos equigranulares a porfiríticos róseos, em parte invadindo as manifestações anteriores das "Ocorrências Meridionais", estas constituídas por corpos irregulares a lenticulares de monzogranitos peraluminosos cinzentos. O "Pluton Meridional" é uma unidade reológica distinta, enquanto que as "Ocorrências Meridionais" representam os remanescentes de uma unidade mais antiga (Vlach 1993).

O maciço sienítico potássico de Capituvá, MG, aflora por mais de 150 km², encaixado em terrenos metamórficos que mostram rochas ortoderivadas, ortognaisses e charnockitos fortemente deformados e migmatitos, junto com granitóides "nebulíticos" e cálcio-alcalinos variados (Fig. 5).

O maciço Capituvá mostra forma de funil, observando-se zonalidade marcada pela invasão de vários "pulsos" de magmas, com acentuada foliação centrípeta, paralela em geral aos contatos entre unidades. Estes "pulsos" são em parte tidos como líquidos residuais dos quais separaram-se, principalmente, minerais máficos e feldspato potássico (Janasi 1992). No núcleo, ocorre a unidade estrutural mais nova, a do "pulso" 4, com melasienitos, rodeados para fora, sucessivamente, pelas associações ou "pulsos" 3 de sienitos foliados de granulação média, 2 de sienitos porfiríticos com matriz fina-média e 1 com sienitos foliados grossos a porfiríticos, mais antigos, formando pequena meia lua a oeste da intrusão. O mapeamento reconheceu vários tipos distintos, cujas relações de campo identificavam a sequência de intrusão, tanto pela presença de inclusões como pela geometria da zonalidade concêntrica: a cada conjunto destes tipos deu-se o nome de "pulso", implicitamente colocando na própria terminologia uma indicação da provável gênese.

Observe-se que cada uma dessas associações ou "pulsos" no maciço de Capituvá é uma unidade reológica. Mas, da mesma maneira, o conjunto dos vários pulsos deve ser considerado um exemplo de "unidade reológica" única, embora de história muito complexa, por tratar-se de invasão claramente sequenciada de magmas muito parecidos entre si, constituindo todos uma unidade decididamente comagmática.

Os exemplos citados mostram o intervalo considerável abarcado pelo termo de "corpo ígneo". No caso mais simples, é apenas uma massa limitada de "magma" que se coloca e resfria, até de volume muito pequeno (e.g., pequenos diques; "stocks"; ocorrências isoladas de lamproitos ou kimberlitos; etc.). No caso mais abrangente, engloba várias das unidades de mapeamento, todas elas relacionadas entre si, como mostrado pelas relações mútuas no campo, pela continuidade

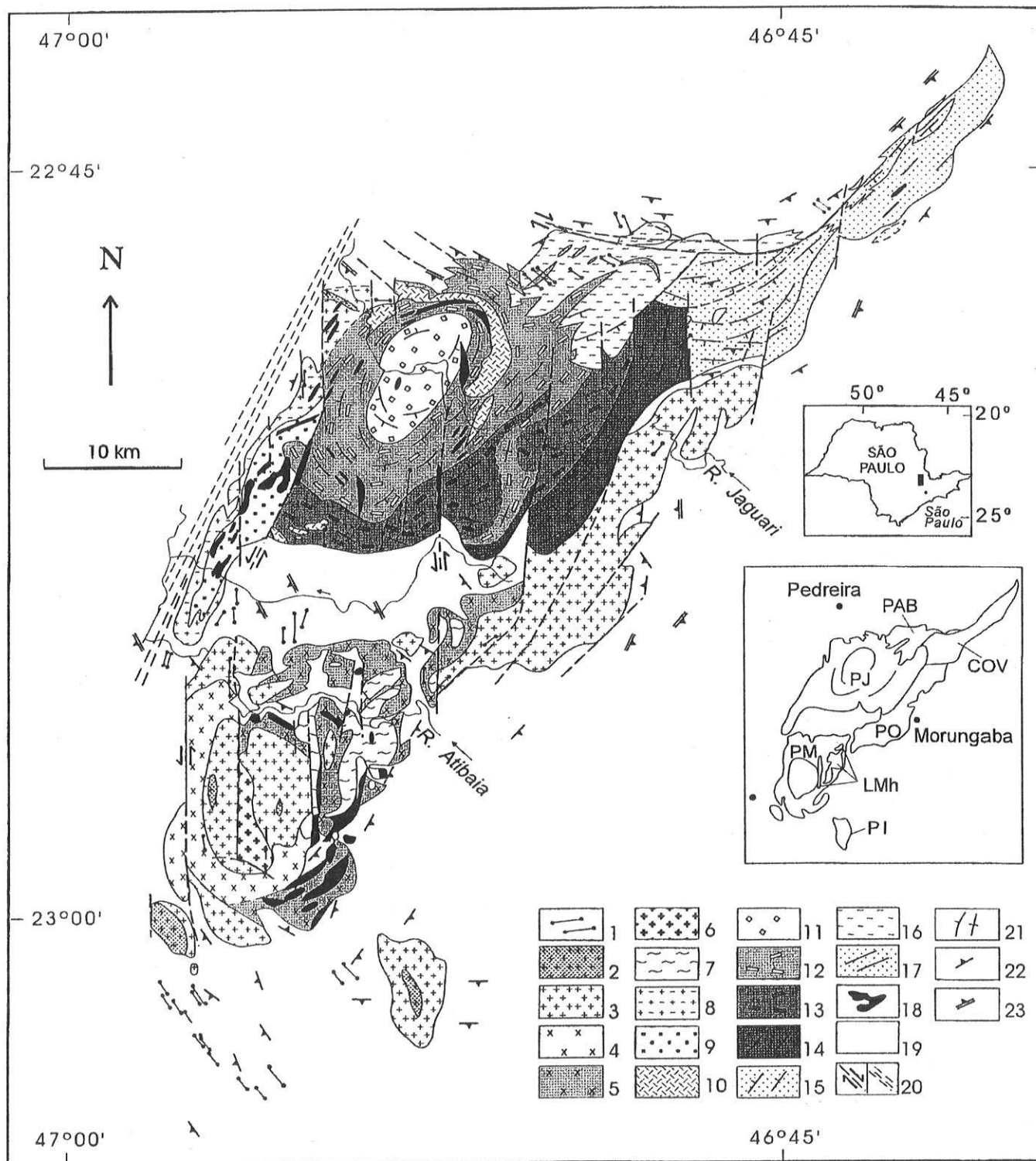


Figura 4 - Mapa dos granitóides de Morungaba, SP. Corpos ígneos mapeados: COV: Complexo Ouro Verde; LMh: Ocorrências Meridionais; PAB: Plúton Areia Branca; PI: Plúton Itatiba; PJ: Plúton Jaguarari; PM: Plúton Meridional; PO: Plúton Oriental. Símbolos: 1: diques de microgranito, microdiorito e pórfiro granítico; 2: micro monzogranitos (mgr) róseos equigranulares (equi) a porfíricos (porf); 3: mgr róseos equi (média a fina); 4: quartzo monzonitos (qm), mgr e sienogranitos (sgr) róseos inequi (média a grossa); 5: qm e mgr inequi (média); 6: qm e mgr porf róseos (matriz média a grossa); 7: leuco mgr equi cinzentos (fina a média) e granodioritos (grd) híbridos (média); 8: mgr e sgr róseos equi a inequi (média a muito grossa); 9: mgr róseos porf (matriz fina); 10: grd e mgr cinzentos porf, em parte híbridos; 11: mgr e sgr porfíroides (grossa a muito grossa); 12: mgr e sgr porf (matriz média a grossa); 13: qm e mgr porf (grossa a muito grossa); 14: qm, mgr e sgr porf a porfíroides (média a grossa), com rochas metamórficas intercaladas; 15: mgr e sgr porf (média a grossa), e qm, mgr e sgr microporf (média); 16: leuco mgr equi cinzentos (média); 17: leuco mgr equi (média), rochas metamórficas intercaladas; 18: quartzo monzodioritos e grd, em parte híbridos (fina a grossa); 19: rochas encaixantes (Complexos Piracéia, Amparo e Itapira) e granitóides deformados; 20: zonas de cisalhamento; 21: fluxo magmático; 22: foliação metamórfica/migmatítica; 23: foliação milonítica. Porfíroide: maior densidade de megacrístais; porfírico: quantidade menor de megacrístais. Entre parêntesis: granulação. Fonte: Vlach (1985, 1993).

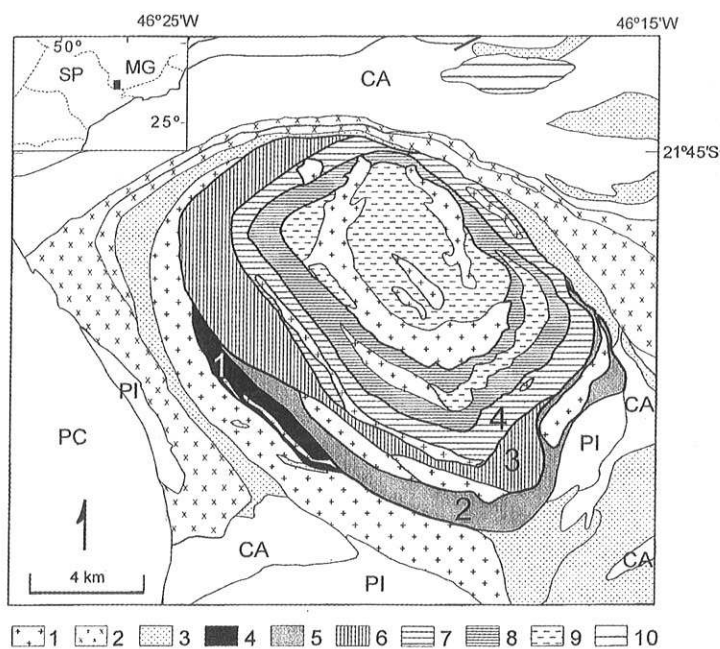


Figura 5 - Mapa geológico simplificado do maciço Capituva e rochas encaixantes. CA: paragnaisses do Complexo Caconde; PI: gnaiesses granitóides do Complexo Pinhal; PC: maciço Poços de Caldas. Símbolos: 1: granitóides gnáissicos cálcio-alcálicos potássicos. 2: suíte gnáissica mangerito-chnockito-granito. 3: granitos-migmatitos róseos anatócticos. 4: sienitos grossos laminados e porfíricos com matriz fina (pulso 1). 5: sienitos porfíricos com matriz fina-média (pulso 2). 6: sienitos laminados médios (pulso 3). 7: sienitos laminados grossos. 8: sienitos laminados finos e médios. 9: melasienitos. 10: leucosienitos predominantes em corpo satélite. Unidades 7 a 9: pulso 4. Números 1 a 4 identificam os pulsos. Fonte: Janasi (1992).

geográfica e, principalmente, pelas características petrográficas e a geometria do seu desenho estrutural.

Ressalta-se aqui outra vez a importância do trabalho criterioso de campo para sustentar interpretações de utilidade genética, visto que um corpo ígneo, se não identificado pelo mapeamento, dificilmente poderá ser caracterizado por meio de outros dados (e.g., de laboratório).

A denominação informal proposta para corpos ígneos

Os corpos ígneos devem ser considerados, no presente contexto, *unidades de mapeamento* e identificados por nomenclatura informal.

As propostas de nomenclatura encontradas na literatura são das mais variadas. Alguns autores utilizam uma denominação petrográfica como nome-raiz (e.g., maciço ou "granito" Atibaia; "granito" Cabreúva; etc.).

Outra denominação muito popular é a que identifica o corpo ígneo por meio de nomes geológico-estruturais, tais como "plúton", "dique", "lâmina", "soleira", "stock", etc., e até "ocorrência"; todos estes termos, por serem descritivos e/ou gerais, são preferíveis ao de "intrusão", já que este apenas indica que se tratava de uma invasão de origem magmática, sendo portanto pouco descritivo. Como lembrado nas primeiras páginas, a própria definição de "rocha ígnea" é de considerável amplitude, englobando também, como possibilidade, a da geração por processos metassomáticos ou reomórficos ou por recrystalização (Streckeisen 1976).

Uma nomenclatura como esta foi utilizada por Vlach (1993) para definir os vários corpos ígneos que formam parte do "Batólito" ou "Complexo" de Morungaba, cunhando nomes informais como o das "Ocorrências" meridionais, ou "Plúton Oriental", etc. Observe-se que, mesmo caracterizando os corpos com nomes em maiúscula, a nomenclatura proposta pelo autor citado não deixa de ser puramente informal.

Da lista de termos que poderiam ser recomendados para estabelecer

esta nomenclatura informal deveriam ficar excluídos os que possuem significado genético específico ou admitem conotações dúbias (e.g., "migma", "pulso", etc.). O que é "migma" e "pulso" dependerá da definição ou interpretação de cada autor, até porque esses termos foram utilizados de forma diferente ao longo dos anos por diversos autores.

A UNIDADE PLUTÔNICA MAGMÁTICA OU GENÉTICA

Um determinado evento magmático pode gerar toda uma série bastante contrastada de magmas que, ao se colocarem, cristalizarão como corpos ígneos diferentes, em parte separados por intervalos geográficos e temporais consideráveis. A *unidade magmática* ou *genética* é definida como o conjunto dos corpos que derivam da cristalização de magmas relacionados genética, geográfica e temporalmente entre si. O conceito é útil, porque permite separar as várias seqüências ígneas em áreas com eventos poli-magmáticos.

Os casos a diferenciar são vários. Um exemplo mais simples pode ser aplicado ao caso das rochas alcalinas do maciço Poços de Caldas (área total superior a 800 km²). Nele, as rochas faneríticas afloram como dezenas de corpos ígneos, de dimensões geralmente moderadas até reduzidas (menos de um a poucos km²), isolados entre si e espalhados pelo distrito inteiro, mas com concentração preferencial nas áreas de borda do maciço. É difícil estabelecer as relações de idade entre eles, salvo em casos isolados. Estes nefelina sienitos podem ser rapidamente catalogados, com base em considerações petrográficas, em tipos agpaíticos e miasquíticos (cf. Ulbrich & Ulbrich 1992). Os primeiros apresentam minerais "agpaíticos", com álcalis e metais raros como eudialita, rinquita, lamprofilita, e vários outros, que faltam nos segundos. Somente em alguns casos foi constatado que os nefelina sienitos agpaíticos são posteriores aos miasquíticos (por ex., na zona da Pedra Balão, no Anel Norte). Neste caso, a possível identificação de que todos os nefelina sienitos agpaíticos pertencem à mesma "unidade genética", ou "subunidade" se assim se prefere, encontraria imediata aplicação estratigráfica; observações isoladas como a citada, mostrando que "agpaíticos" são posteriores aos "miasquíticos", poderiam então ser generalizadas com maior fundamento (principalmente se mostrado que entre eles existia relação genética, os primeiros derivados por diferenciação dos segundos).

O mais complicado caso é o dos grandes batólitos graníticos, ou conjuntos deles, construídos durante milhões de anos por sucessivos aportes de magmas. Cada um destes ciclos de atividade ígnea se manifesta numa etapa determinada da história regional, e as rochas constituintes poderão ser reconhecidas pelas suas feições químicas, petrográficas, isotópicas e geológico-estratigráficas. Um dos exemplos mais citados é o da Cordilheira Costeira dos Andes peruanos (e.g., Cobbing et al. 1977; Pitcher 1993), na qual são diferenciadas várias unidades genéticas, "units" e "superunits" na terminologia dos autores citados.

O "Batólito" Costeiro do Peru estende-se ao longo da costa peruana por mais de 2100 km, com largura média de uns 100 km. Foi dividido em "segmentos" geográficos (os de Piura, Trujillo, Lima e Arequipa, de N para S; e.g., Pitcher 1993). Geologicamente, trata-se de intrusões em terrenos clásticos e vulcânicos, localizados em bacias "pull-apart" ou de extensão (e.g., as de Huarmey e Cañete), que devem sua origem à separação de lascas da crosta continental realizada no Permo-Triássico, ao longo da margem continental daquela época. As bacias mostram afundamento central de blocos crustais e instalação de regime marinho conseqüente, em boa parte por controle de falhamentos longitudinais profundos, utilizados também como os canais de acesso dos magmas posteriores. Cada um dos "segmentos" mencionados consta de conjunto muito complexo de plutons alongados a irregulares precursores, de início, com gabros e tonalitos, e a seguir, com outros tonalitos e granodioritos, cortados por manifestações circulares a retangulares derradeiras, além de diques anelares e diques, constituídas por rochas mais evoluídas (monzo- a sienogranitos, aplogranitos, aplitos). Todos eles invadem crosta rúptil, em ambiente de "superestrutura", sendo em parte até subvulcânicos. Os plutons são descontínuos, e estão separados entre si por rochas encaixantes.

No "segmento" de Lima, que aflora numa extensão de 350 km, são identificadas duas "unidades" (as de Humaya e Pativilca) e oito "superunidades" (as de Sayan/Cañas, Puscao, San Jerónimo, La Mina

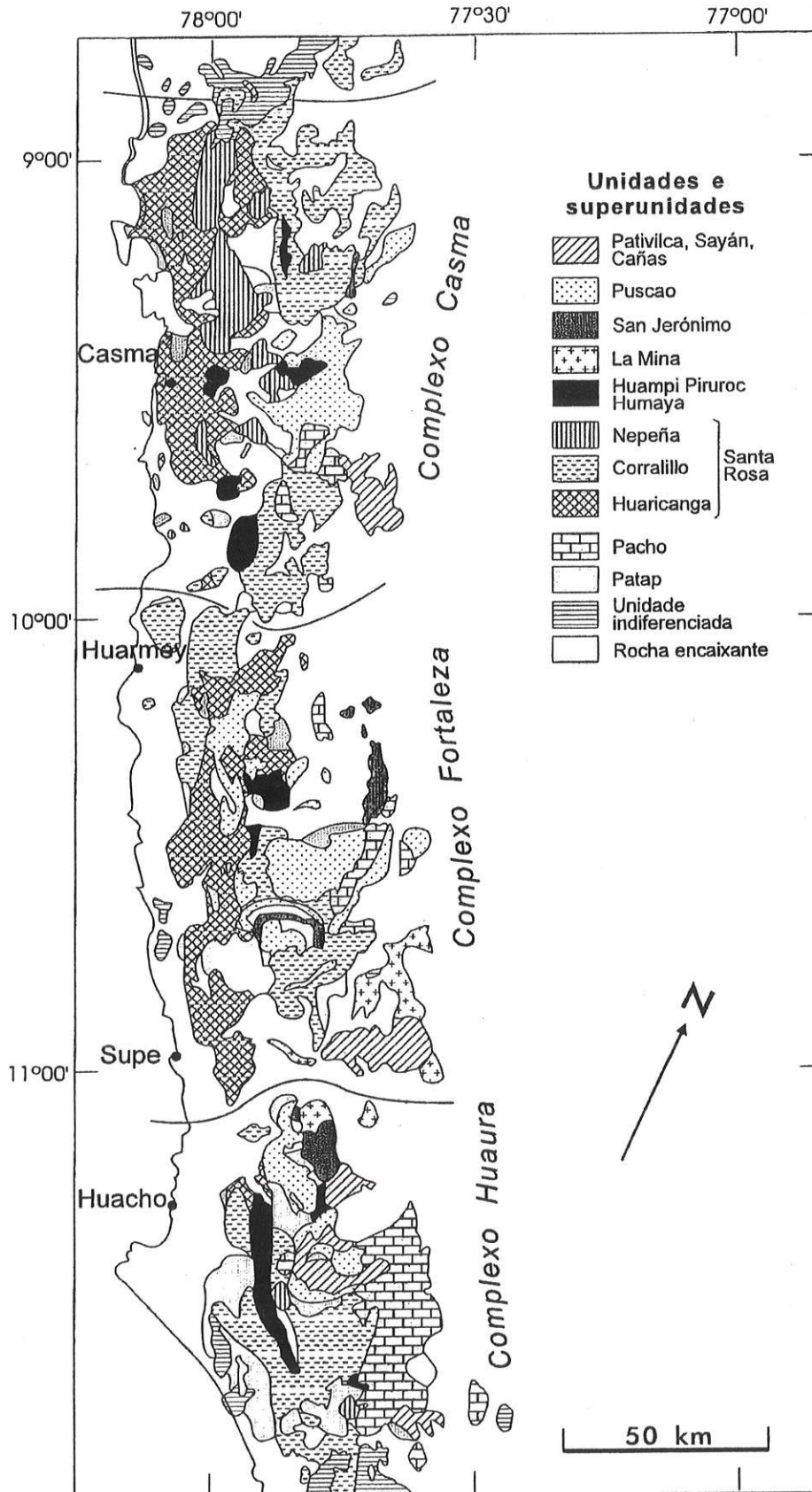


Figura 6. O segmento Lima do "batólito" costeiro do Peru: as unidades e superunidades. As relações de idades estão indicadas na coluna estratigráfica, à direita. Fonte: Pitcher (1993).

e Patap, entre outras; ver Fig. 6). As *unidades* estão constituídas por tipos litológicos únicos, equivalentes às associações de facies na nomenclatura informal aqui proposta, que afloram em vários plutons distribuídos por áreas muito grandes. A de Humaya, por exemplo, é formada por um conjunto de plutons descontínuos granodioríticos, com características petrográficas muito semelhantes entre si. As *superunidades* constam destes plutons descontínuos, geralmente compostos, mostrando rochas cogenéticas mas com distinto grau de evolução magmática, que se supõem relacionadas, principalmente, por processos de cristalização fracionada. Em cada uma das superunidades, a sequência de colocação é de magmas menos evoluídos, iniciais, até os finais, mais diferenciados. Assim, a superunidade Patap apresenta desde gabros até dioritos e tonalitos, a denominada La Mina desde tonalitos a granodioritos, e a Puscao um conjunto de granodioritos, monzogranitos e aplogranitos. Cada uma das unidades ou superunidades desenvolveu-se em períodos de tempo limitado, desde as mais antigas (Patap: 105 Ma) até a mais nova (Pativilca: 37 Ma), com a maioria mostrando idades em torno de 63 a 73 Ma. Em conjunto, observa-se ainda uma evolução crescente neste magmatismo regional, por estarem as superunidades mais novas constituídas por grupos de rochas cada vez mais diferenciadas.

A denominação informal proposta para unidades de ordem superior

Por vezes, um único corpo ígneo constitui um conjunto definido, separado de outros provavelmente cogenéticos por áreas ocupadas por rochas encaixantes; a ocorrência granitóide de Atibaia, SP, representa um exemplo. Em outros casos, várias unidades de rochas, até muito contrastadas petrografica ou estruturalmente, aparecem agrupadas, localizadas em regiões limitadas. É o caso da maioria das manifestações alcalinas intrusivas no S e SE do Brasil, tais como a de Poços de Caldas, MG-SP, ou Banhadão, PR (Ruberti 1984), que mostram em seu interior tipos muito diferentes de rochas ígneas, ou ainda o de muito granitóides colocados sob condições de “epizona”, de dimensões reduzidas mas de grande valor econômico, tais como os que contêm as jazidas de “porphyry coppers” no SW dos USA (e.g., Lanier et al. 1978; Wallace et al. 1978).

Para definir cada uma destas ocorrências, é proposto um termo *informal*, o de *maciço*, inteiramente descritivo, que identifica o conjunto das rochas intrusivas *geograficamente circunscritas* e que mostram histórias de colocação por vezes até relativamente complexas, mas certamente *limitadas no tempo*. Os maciços maiores, ou aqueles que tem alguma importância genética ou econômica, devem ser denominados com nome geográfico (e.g., maciço Poços de Caldas, ou Atibaia, ou Piracaia, ou Banhadão, etc.).

O termo *Complexo*, por outro lado, deveria ser reservado tão somente para o caso de se encontrar histórias *intrusivas* extremamente complexas e de larga duração, frequentemente com participação de rochas de outros tipos (metamórficas ou sedimentares; ver ACSN 1961, 1970; Hedberg 1976; NACSN 1983; Petri et al 1982, 1986; Salvador 1994). O conjunto de rochas granitóides que caracteriza a região de Morungaba, SP, constitui assim um “Complexo”, o de Morungaba, por apresentar pelo menos seis conjuntos reológicos ou corpos ígneos, com intercalações várias de rochas metamórficas. Caberia também, para o conjunto dos granitóides Morungaba, a denominação informal de “batólito”, igualmente apropriada, por mostrar superfície coberta superior aos 100 km².

O termo *unidade genética* ou *magmática* é sugerido como nome *informal* para as unidades de hierarquia maior, em paralelo à utilização já proposta (e.g., Cobbing et al. 1977; Pitcher 1993).

PANORAMA FINAL E CONCLUSÕES

1. *Definição das unidades de mapeamento*. Estabelece-se, para efeito de mapeamento de

rochas ígneas plutônicas, um conjunto de *unidades de mapeamento de natureza informal*. A de menor hierarquia é a *facies plutônica*, definida como uma unidade de rochas com características estruturais, texturais, e mineralógicas específicas. Várias facies são agrupadas em *associações de facies*, que comumente constituem a *unidade mapeável* a ser representada em mapa de escala conveniente (tipicamente, de 1:10.000 ou 1:25.000). O conjunto de associações (ou unidades mapeáveis) que mostram *histórias de invasão* ou de *colocação comuns* constituem uma *unidade reológica* ou de *movimentação*: para ela, é proposto o nome de *corpo ígneo*, portanto incorporando uma conotação além do mero significado geométrico. Os corpos ígneos relacionados podem aparecer isolados, constituindo maciços independentes mas geograficamente agrupados, ou agrupados, formando maciços ígneos compostos. As *unidades magmáticas* ou *genéticas* são as categorias de ordem superior, englobando todos os maciços geograficamente agrupados em área específica e que estariam relacionados genética e temporalmente entre si: constituem uma *província ígnea*. Em circunstâncias geralmente excepcionais, uma única facies é, *per se*, uma unidade mapeável que por vezes forma também um corpo ígneo.

2. *Denominações informais*. As *facies* e as *associações de facies* ou *unidades mapeáveis* deveriam, em geral, ser denominadas de maneira simples (facies A, B, etc. ou de “granito róseo”; associação de “granitos cinzentos”; etc.). O acréscimo de nome geográfico (e.g., “granitos tipo Piedade” = “granitos da associação Piedade”) não é condição suficiente para constituir uma categoria formal.

A terminologia utilizada para os *corpos ígneos*, outra vez, será sempre informal, podendo ser utilizados termos como “Plúton Jaguari”, “Ocorrência meridional”, “Dique Maravilha”, “Stock Itatiba”, e outros, todos com conotação geológico-descritiva. O nome “*complexo*” é apropriado para o caso da presença de conjuntos de rochas diferentes (e.g., ígneas e metamórficas) associadas de maneira “complexa”, ou quando vários corpos ígneos formam um “maciço” de complexa história. Mesmo sendo informais, nomes com conotação genética ou de processos deveriam ser evitados, como “migma Mogi Mirim”, “pulso Seresta”, “injeção Águas da Prata”, etc.

O *maciço ígneo* é um conjunto de rochas ígneas que ocupam uma área circunscrita, identificado por adição de nome geográfico (e.g., “maciço” alcalino Poços de Caldas em SP-MG, “maciço” alcalino Banhadão no PR, “maciços” Cabreúva e Itu em SP, etc.).

As categorias de ordem superior, as *unidades genéticas* ou *magmáticas*, são *informais*: agrupam várias unidades correlatas e só deveriam merecer nome oficial (mesmo informal) após demorados estudos geológicos e de laboratório.

3. *Mapeamento faciológico expedito*. Este tipo de mapeamento é realizado em áreas com pouca informação geológica prévia, ou quando são mapeadas áreas extensas de rochas plutônicas (e.g., acima de 100 ou 200 km²). Uma etapa de reconhecimento permitirá identificar várias associações de facies como as unidades mapeáveis. Mesmo assim, uma seleção criteriosa destas associações geralmente consegue agrupar conjuntos geneticamente relacionados, os separando dos outros, definindo com isto os corpos ígneos, as relações de idades, as sequências de colocação, etc. O arcabouço assim construído será fundamental para uma avaliação mais cuidadosa dos dados geocronológicos, isotópicos, mineralógicos, petrográficos, estruturais e geoquímicos.

4. *Hierarquia das unidades de mapeamento*. O significado e a hierarquia dos vários nomes devem ser claramente indicados na descrição e nas legendas de figuras e mapas, identificando-se assim sem equívocos as facies, as associações (ou unidades mapeáveis), os corpos ígneos e os maciços.

Referências

- ACSN, American Commission on Stratigraphic Nomenclature 1961. Code of Stratigraphic Nomenclature. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 45:645-665.
- ACSN, American Commission on Stratigraphic Nomenclature 1970. *Code of Stragrapic Nomenclature*, 2^{da} edição, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, 45 p.
- Bateman P.C. & Chappell B.W. 1979. Crystallization, fractionation and solidification of the Tuolumne Intrusive Series, Yosemite National Park, California. *Geological Society of America Bulletin*, 90:465-482.
- Bates R.L. & Jackson J.A. 1980. *Glossary of Geology*. 3^a edição. American Geological Institute, Virginia, 751 p.
- Buddington A.F. 1959. Granite emplacement with special reference to North America. *Geological Society of America Bulletin*, 70:671-747.
- Cas R.A.F. & Wright J.V. 1987. *Volcanic Successions Modern and Ancient*. Allen & Unwin, Londres, 528 p.
- Cobbing E.J. & Mallick I.J. 1983. A new approach to mapping granites. *Episodes*, v.1983:10-14.
- Cobbing E.J. & Pitcher W.S. 1972. The Coastal Batholith of Central Peru. *Journal of the Geological Society of London*, 128:421-460.
- Cobbing E.J., Pitcher W.S., Taylor W.P. 1977. Segments and super-units in the Coastal Batholith of Peru. *Journal of Geology*, 85:625-631.
- Conference Participants 1972. Ophiolites. Penrose Field Conference. *Geotimes*, 17 (12):24-25.
- Daly R.A. 1933. *Igneous Rocks and the Depths of the Earth*. McGraw Hill, Nova Iorque, 598 p.
- Eskola P. 1949. The problem of mantled gneiss domes. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 104:461-476.
- Fakundiny R.H. & Longacre S.A. 1989. North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. Note 57. Application for Amendment of North American Stratigraphic Code to provide for exclusive informal use of morphological terms such as Batholith, Intrusion, Pluton, Stock, Plug, Dike, Sill and Body. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 73:1452-1453.
- Fyfe W.S. & Turner F.J. 1966. Reappraisal of the metamorphic facies concept. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 12:354-364.
- Galembeck T.M.B. 1991. *Aspectos geológicos, petrográficos e geoquímicos da intrusão Cabreúva, Complexo Granitóide de Itu, SP*. Dissertação de Mestrado, UNESP, 195 p.
- Haddad R.C. 1995. *O Batólito Granitóide Pinhal-Ipuiúna (SP-MG): um exemplo do magmatismo cálcio-alcálico potássico no Sudeste brasileiro*. Tese de Doutorado, Inst.de Geociências, Univ.São Paulo, 270 p.
- Haddad R.C. & Janasi V.A. 1992. Petrografia do Batólito Pinhal-Ipuiúna (SP-MG). In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São Paulo, *Boletim de Resumos Expandidos*, v.1, 394-395.
- Haddad R.C., Janasi V.A., Ulbrich H.H.G.J. 1997. Caracterização geoquímica preliminar dos granitóides aflorantes nas vizinhanças do batólito Pinhal-Ipuiúna (SP-MG). *Revista Brasileira de Geociências*, 27:129-138.
- Hasui Y. 1973. *Tectônica da área das Folhas de São Roque e Pilar do Sul*. Tese de Livre Docência, Inst.de Geociências, Univ.São Paulo, 134 p.
- Hattin D.E. 1991. Lithodemes, suites, supersuites, and complexes: intrusive, metamorphic, and genetically mixed assemblages of rocks now embraced by North American Code of Stratigraphic Nomenclature. *Precambrian Research*, 50:355-357.
- Hedberg H.D. (ed.) 1976. *International Stratigraphic Guide*. Wiley, Nova Iorque, 200 p.
- Hess H.H. 1960. Stillwater Igneous Complex, Montana: a quantitative mineralogical study. *Geological Society of America Memoir* 80, 230 p.
- Irvine T.N. 1980. Magmatic density currents and cumulus processes. *American Journal of Science*, 280-A:1-58.
- Janasi V.A. 1992. *Rochas sieníticas e mangerítico-charnoquíticas neoproterozóicas da região entre Caldas e Campestre, MG: aspectos petrológicos*. Tese de Doutorado, Inst. de Geociências, Univ.São Paulo, 298 p.
- Janasi V.A. & Ulbrich H.H. 1991. Late Proterozoic granitoid magmatism in the State of São Paulo. *Precambrian Research*, 51:351-374.
- Janasi V.A. & Ulbrich H.H. 1992. Inventário bibliográfico de granitos do Estado de São Paulo. *Boletim IG-USP Publicação Especial nº 11*, São Paulo, 253 p.
- Janasi V.A., Vasconcellos A.C.B., Vlach S.R.F., Motidome M.J. 1990. Granitóides da região entre as cidades de São Paulo e Piedade (SP): faciologia e contexto tectônico. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, RN, *Anais ...* v.4:1925-1935.
- Lanier G., John E.C., Swensen A.J., Reid J., Bard C.E., Caddey S.W., Wilson J.C. 1978. General geology of the Bingham Mine, Bingham Canyon, Utah. *Economic Geology*, 73:1228-1241.
- Leeder M.R. 1982. *Sedimentology*. G.Allen & Unwin, Londres, 344 p.
- Melhem M.M. 1995. *Geologia e petrografia das rochas granitóides do maciço Atibaia e adjacências, SP*. Dissertação de Mestrado, Inst.de Geociências, Univ.São Paulo, 117 p.
- Mehnert K. 1968. *Migmatites and the Origin of Granitic Rocks*. Elsevier, Amsterdam, 393 p.
- Middleton G.V. 1978. Facies. In: Fairbridge R.W. & Bourgeois J. (eds.): *Encyclopedia of Sedimentology*. Dowden, Hutchinson & Ross, Stoudsburg, PA, 323-325.
- NACSN, North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. 1983. North American Stratigraphic Code. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 67:841-875.
- Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ojeda y Ojeda H.A., Fúlfaro V.J., Ponçano W.L. 1982. *Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica, edição preliminar*. Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo São Paulo, 55 p.
- Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ojeda y Ojeda H.A., Fúlfaro V.J., Ponçano W.L. 1986. *Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica. Guia de Nomenclatura Estratigráfica*. *Revista Brasileira de Geociências*, 16:370-415.
- Pitcher W. S. 1978. The anatomy of a batholith. *Journal of the Geological Society of London*, 135:157-182.
- Pitcher W.S. 1993. *The Nature and Origin of Granite*. Blackie Academic & Professional, Londres, 321 p.
- Pitcher W.S. & Berger A.R. 1972. *The Geology of Donegal: a Study of Granite Emplacement and Unroofing*. Wiley-Interscience, Nova Iorque, 435 p.
- Reading H.G. 1986. Facies. In: Reading H.G. (ed.): *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell, Oxford, 4-19.
- Ruberti E. 1984. *Petrologia do maciço alcalino do Banhado*. Tese de Doutorado, Inst. de Geociências, Univ. de São Paulo, 248 p.
- Salvador A. (ed.) 1994. *International Stratigraphic Guide*. 2d. edition. International Union of Geological Sciences- Geological Society of America, 207 p.
- Selley R.C. 1985. *Ancient Sedimentary Environments*. Chapman & Hall, Londres, 317 p.
- Stein D.P. 1984. *Esboço da geologia pré-cambriana da Folha Pilar do Sul, SP - SF.23-Y-C-IV-4*. Dissertação de Mestrado, Inst. de Geociências, Univ. São Paulo, 179 p.
- Strecker A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sciences Review*, 12:1-33.
- Sturt B.A., Thon A., Furns H. 1979. The Karmoy ophiolite, southwest Norway. *Geology*, 7:316-320.
- Turner F.J. 1981. *Metamorphic Petrology*. 2a. edição, McGraw Hill, Nova Iorque, 524 p.
- Ulbrich H.H. 1984. *A petrografia, a estrutura e o quimismo de nefelina sienitos do maciço alcalino de Poços de Caldas, MG-SP*. Tese de Livre Docência, Inst. de Geociências, Univ.São Paulo, 477 p.
- Ulbrich H.H. & Ulbrich M.N.C. 1992. O maciço alcalino de Poços de Caldas, MG-SP: características petrográficas e estruturais. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São Paulo, *Roteiro de Excursões*, v.5:64 p.
- Ulbrich H.H. & Ulbrich M.N.C. 2000. The lujavrite and khibinite bodies in the Poços de Caldas alkaline massif, southeastern Brazil: a structural and petrographic study. *Revista Brasileira de Geociências* (no prelo).
- Ulbrich H.H., Janasi V.A., Vlach S.R.F. 2002. As unidades de mapeamento em rochas ígneas plutônicas e a nomenclatura estratigráfica formal. *Em preparação*.
- Vasconcelos A.C.B.C. & Janasi V.A. 1988. Mapeamento faciológico do Batólito granitóide cálcio-alcálico de Pinhal-Ipuiúna (SP-MG). In: SBG-NMG, Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 5, Belo Horizonte, *Atas*, 65-69.
- Vernon R.H. 1983. Restite, xenoliths and microgranitoid enclaves in granites. *Journal and Proceedings of the Royal Society NSW*, 116:77-103.
- Vlach S.R.F. 1985. *Geologia, petrologia e geocronologia das regiões meridional e oriental do Complexo de Morungaba, SP*. Dissertação de Mestrado, Inst. de Geociências, Univ.São Paulo, 253 p.
- Vlach S.R.F. 1993. *Geologia e petrologia dos granitóides de Morungaba, SP*. Tese de Doutorado, Inst. de Geociências, Univ.São Paulo, 414 p.
- Wager L.R. & Brown G.M. 1967. *Layered Igneous Rocks*. Freeman, San Francisco, 588 p.
- Walker R.G. 1984. General introduction: facies, facies sequences and facies models. In: Walker R.G. (ed.): *Facies Models*. Geoscience Canada, Reprint Series 1, Geological Association of Canada, Toronto, 1-9.
- Wallace S.R., Mackenzie W.B., Blair R.G., Muncaster N.K. 1978. Geology of the Urad and Henderson molybdenite deposits, Clear Creek County, Colorado. *Economic Geology*, 73:325-368.
- Wernick E. 1990. Zoneamento magmático regional de granitóides brasileiros no Sudeste-Sul do Brasil: implicações geotectônicas. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, RN, *Anais ...* v.4:1668-1683.

Manuscrito A-1181

Recebido em 05 de setembro de 2000

Revisão dos autores em 10 de maio de 2001

Revisão aceita 15 de maio de 2001