

Rocha moutonnée de Salto, SP

Típico registro de abrasão glacial do Neopaleozóico

SIGEP 21

Antônio Carlos Rocha-Campos¹

A rocha *moutonnée* de Salto é o único exemplar desse tipo de estrutura de abrasão glacial conhecido no neopaleozóico da Bacia do Paraná, associada às rochas glaciais do Subgrupo Itararé. Localiza-se nos arredores da cidade de Salto, no centro-leste do Estado de São Paulo. Embora só parcialmente preservada, a estrutura guarda a morfologia e as feições características de abrasão glacial típicas das rochas *moutonnées* recentes ou pleistocênicas. Sua descoberta veio a comprovar a origem glacial das rochas associadas do Subgrupo Itararé e permitiu deduzir o sentido de movimento da geleira neopaleozóica na área, de sudeste para noroeste.

A estrutura foi erodida em granito do Neoproterozóico e está recoberta por rochas do Subgrupo Itararé representando depósitos subglaciais e subaquáticos formados, respectivamente, durante avanço e recuo da geleira. A rocha *moutonnée* de Salto localiza-se no interior do Parque Rocha *Moutonnée*, o qual oferece eficiente proteção ao importante monumento geológico.

Roche Moutonnée of Salto, State of São Paulo - A typical record of late Paleozoic glacial abrasion

The roche moutonnée associated with glacial rocks of the Itararé Subgroup, near Salto, central-eastern State of São Paulo, is the only example of this kind of glacial abrasion feature known in the late Paleozoic of the Paraná Basin. Though now only partially preserved, the structure still displays the characteristic shape and glacial abrasion features typical of Recent and Pleistocene roche moutonnées. Discovery of the moutonnée in 1946 strongly supported the interpretation of a glacial origin for the associated rocks of the Itararé Subgroup and demonstrated a northwestward sense of movement of the late Paleozoic glacier in the northern Paraná Basin. The structure was eroded from Neoproterozoic granite and is overlain by rocks of the Itararé Subgroup interpreted as subglacial deposits formed during glacier advance and subaqueous sediments deposited during subsequent retreat of ice. The roche moutonnée from Salto lies inside the Parque Rocha Moutonnée (Roche Moutonnée Park), that provides adequate conditions for the conservation of this important geological monument.

INTRODUÇÃO

O sítio em questão, de natureza geológica, visa proteger os restos do único exemplar de rocha *moutonnée*⁽²⁾ associada aos depósitos glaciogênicos do Subgrupo Itararé (Permo-Carbonífero) conhecido na Bacia do Paraná, localizado junto à cidade de Salto, no centro-leste do Estado de São Paulo. A estrutura é formada em granito neoproterozóico do embasamento da Bacia do Paraná.

Rocha *moutonnée* é uma feição geomórfica glacial de mesoescala (1m a 1km de tamanho), sob a forma de uma bossa ou elevação rochosa, de perfil assimétrico, que apresenta um lado menos inclinado, alisado pela abrasão glacial, a montante, e uma face mais irregular e inclinada, produzida pelo arrancamento de fragmentos de rocha, a jusante, em relação ao sentido do movimento da geleira. Trata-se, pois, de uma feição glacial do tipo montante-jusante (*stoss and lee*) ou forma alongada moldada (*streamlined molded form*). A teoria sobre a formação das rochas *moutonnées* implica a formação de uma cavidade subglacial, a jusante de uma elevação rochosa preexistente do embasamento sobre a qual o gelo desliza. A cavidade é gerada por variação na pressão vertical exercida pela geleira sobre o obstáculo, que é mais intensa a montante, onde ocorre abrasão e geração das estrias, e menos intensa a jusante, onde predomina o arrancamento (*plucking* ou *quarrying*). Este processo é auxiliado pela variação na pressão da água de degelo subglacial. A forma das *moutonnées* é grandemente influenciada pela estrutura da rocha do embasamento resultando em variações na sua morfologia.

Apesar de várias feições geradas por erosão glacial durante a glaciação neopaleozóica, tais como, pavimentos e superfícies estriadas, formadas, respectivamente, sobre embasamento rochoso ou intraformacionalmente, serem conhecidas na Bacia do Paraná (Rocha-Campos, 1967; Frakes & Crowell, 1969; Santos et al., 1996; Rocha-Campos et al., 1998), outras estruturas do tipo rocha *moutonnée* não foram ainda descobertas. Na verdade, na literatura só há escassas informações a respeito de rochas *moutonnées* ligadas aos depósitos glaciogênicos neopaleozóicos do Gondwana sul-americano.

A exploração descontrolada do granito local, em Salto, durante décadas, para a produção de materiais de construção, reduziu grandemente a área exposta da rocha. A parte ainda preservada, entretanto, exhibe felizmente um conjunto de características merecedor de proteção. Além da sua morfologia típica,

a rocha *moutonnée* de Salto contém outras feições de erosão glacial de pequena escala, abaixo descritas, o que a torna um documento importante da glaciação que afetou o Sudeste do Brasil no Permo-Carbonífero. A par de constituir uma indicação inquestionável da origem glacial das rochas do Subgrupo Itararé (Almeida, 1948; Rocha-Campos, 1967; Frakes & Crowell, 1969; Santos et al., 1996), a descoberta da rocha *moutonnée* permitiu, pela primeira vez, interpretar, de modo correto, o sentido do movimento do gelo neopaleozóico, nesta parte da Bacia do Paraná. Desde então, a rocha passou a constituir um dos afloramentos mais importantes ligados à glaciação do Gondwana, tendo atraído a atenção de pesquisadores nacionais e estrangeiros. Constitui ainda ponto de visita obrigatório destes e de estudantes secundários e de geologia de todo o Brasil, constando de roteiros de excursão geológica do Gondwana da Bacia do Paraná (Rocha-Campos et al., 1972; 1988).

LOCALIZAÇÃO

A rocha *moutonnée* de Salto aflora na periferia da zona urbana da cidade de Salto, SP, a cerca de 96 km a noroeste de São Paulo, ao lado da estrada municipal, hoje Rodovia Rocha *Moutonnée*, que liga as rodovias da Convenção (SP-75) e Rodovia do Açúcar SP-79 (Figura 1).

O afloramento situa-se no interior do Parque Rocha *Moutonnée*, logradouro municipal instalado ao redor da estrutura. A área total do parque é de 43.338 m². O acesso rodoviário ao parque, devidamente sinalizado, pode ser feito diretamente da Rodovia do Açúcar, a partir do km 33, pela Rodovia Rocha *Moutonnée*.

HISTÓRICO

Deve-se a Marger Gutmans, pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas, a descoberta da rocha *moutonnée*, em 1946. Ao que parece, Gutmans divulgou o achado em reunião da Sociedade Brasileira de Geologia. A primeira descrição publicada da rocha é de autoria de Almeida (1948). O autor reconheceu a forma assimétrica característica do perfil da rocha e a presença de feições erosivas glaciais sobre a sua superfície. Descreveu ainda as rochas do Subgrupo Itararé que recobrem a rocha *moutonnée*, posteriormente incluídas na Formação Itu (Barbosa & Gomes, 1958), unidade basal do Subgrupo.

Almeida (1948) deduziu corretamente o sentido do movimento da geleira neopaleozóica, para noroeste,

nesta parte da Bacia do Paraná, um tópico então controverso e que assim permaneceu durante vários anos (Leinz, 1937; Rocha-Campos, 1967). Estudos posteriores (Martin, 1961; Rocha-Campos, 1967; Frakes & Crowell, 1969; Santos *et al.*, 1996) vieram a confirmar a procedência oriental das geleiras que influenciaram a deposição do Subgrupo Itararé, na parte norte da Bacia do Paraná.

A descoberta da rocha *moutonnée* forneceu definitiva evidência a favor da origem glacial dos diamictitos e rochas associadas do Subgrupo Itararé e sobre o sentido do movimento da geleira neopaleozóica na parte norte da Bacia do Paraná. A relevância dessas informações para a interpretação dos ambientes sedimentares e paleogeografia dos depósitos glaciais neopaleozóicos é hoje unanimemente aceita na literatura nacional e internacional (Rocha-Campos, 1967; Frakes & Crowell, 1969).

DESCRIÇÃO DO SÍTIO

Menos de um terço da estrutura original formada em granito está atualmente exposta no interior do Parque Rocha *Moutonnée* (Figuras 2 e 3). A exposição inclui parte do flanco sudeste da face a montante e a jusante da rocha, com cerca de 21 m de comprimento por 2-3 m de altura exposta. Estrias (mm de largura) e sulcos (até alguns cm de largura) subparalelos a ligeiramente divergentes podem ser observados sobre a superfície menos inclinada a montante, no flanco sudoeste, e sobre a superfície superior da *moutonnée*. Numa vista de cima, as estrias assumem uma disposição encurvada, contornando o flanco sudeste da rocha. A orientação geral das estrias varia de N 35° - N 65° W. Almeida (1948) descreveu marcas de fricção e estrias curtas que se iniciam em pequenos orifícios aparentemente deixados pela remoção de cristais do granito, hoje pouco visíveis em razão do intemperismo que afetou a rocha. Um excelente exemplo de marca de fricção ou em crescente pode ainda ser visto sobre o flanco sudoeste da rocha (Figura 3). No geral, portanto, as microfeições glaciais e sua disposição são similares às tipicamente encontradas em rochas *moutonnées* recentes e do Pleistoceno.

Todo o lado nordeste da rocha foi totalmente destruído pela extração do granito. Uma vista da rocha a partir da antiga praça da pedreira permite, entretanto, visualizar o perfil assimétrico da *moutonnée*. A superfície mais abrupta, a jusante, inclui um conjunto irregular de degraus formados pela remoção de fragmentos de granito através do processo de arrancamento glacial,



Figura 1 - Localização do sítio.
Figure 1 - Location of the site.

controlado por um sistema de juntas, principalmente verticais, orientadas segundo N110°E, N61°E, N81°-86° e N121° E. Corpos descontínuos e pouco espessos de arenito conglomerático e diamictito arenoso ocorrem fortemente aderidos à superfície da rocha *moutonnée*, na zona a montante, preenchendo depressão no granito e, lateralmente, junto ao flanco sudoeste da estrutura. As litologias estão fortemente compactadas e exibem uma espécie de foliação irregular e descontínua, sendo interpretadas como tendo sido depositadas subglacialmente, durante o avanço da geleira na área, através do processo de alojamento (tilito de alojamento). Essas rochas passam transicionalmente, ao longo da face sudoeste da *moutonnée*, a folhelho e laminito de siltito e argilito marrons, contendo clastos caídos (cm-dm em tamanho). Na seção exposta a sudeste da face a montante da estrutura, o folhelho e laminito recobrem, em contato de falha, um diamictito arenoso, amarelado, deformado. O diamictito, com vários metros de espessura, é maciço a mal estratificado e contém clastos arredondados a subangulares de composição variada (principalmente rochas cristalinas e quartzito) até decimétricas em tamanho, alguns facetados e estriados. A deformação do diamictito inclui falhas e dobras. Enquanto o folhelho e laminito são interpretados como depósitos subaquosos, formados em corpo de água acumulado durante o recuo da geleira, a origem do diamictito é menos clara. Ele poderia representar um outro tipo de *till* subglacial depositado por degelo (*till* de ablação), durante recuo

ou estagnação do gelo, em seguida deformado por avanço ulterior da geleira.

O granito do embasamento local faz parte de um batólito regional (“granito de Itu”), extensivamente exposto em todo o amplo vale onde se situa o parque. Outros afloramentos ocorrem a nordeste do parque. Neste local, pequenas áreas do embasamento ondulado contendo estrias orientadas paralelamente às da *moutonnée* foram descritas (Amaral, 1965). A idade radiométrica do granito, em torno de 580 Ma, coloca-o no Neoproterozóico (Pré-Cambriano superior).

A época da formação da rocha *moutonnée* pela erosão subglacial do granito do embasamento local deve provavelmente corresponder à da deposição das rochas sedimentares do Subgrupo Itararé imediatamente sobrejacentes à estrutura. Por causa de sua situação junto à margem da Bacia do Paraná, estas rochas foram tidas como de posição estratigráfica basal, dentro do Subgrupo Itararé (Barbosa & Gomes, 1958; Rocha-Campos, 1967; Frakes & Crowell, 1969). Dados

palinológicos do varvito de Itu, possivelmente correlacionável às rochas de Salto, são contraditórios, indicando idades mais antigas (neocarbonífero) ou mais novas (eopermiano) para essas camadas, dentro do neopaleozóico. Considerações paleogeográficas e estratigráficas dos depósitos glaciais sugerem correlação das rochas de Itu e Salto com a parte superior do pacote sedimentar do Subgrupo Itararé.

Além da morfologia assimétrica da rocha *moutonnée*, o sentido do movimento da geleira neopaleozóica no local, para noroeste, é indicado pela orientação da marca em crescente e outras microfeições encontradas sobre a rocha. A rocha *moutonnée* e rochas sedimentares associadas documentam um avanço da geleira neopaleozóica na área de Salto, movendo-se para noroeste, produzindo erosão do granito e formação da estrutura e de outras feições glaciais e depositando o *till* de alojamento. Isto teria sido seguido pelo recuo do gelo e deposição de sedimentos estratificados e do *till* de ablação.

Figura 2 - Vista geral de sudeste mostrando parte da superfície a montante da rocha *moutonnée* (lado esquerdo da foto) contendo estrias, e pacote de sedimento preenchendo depressão no granito. Notar a grande porção destruída da rocha pela retirada do granito.

Figure 2 - General view of the roche *moutonnée* from the southeast showing part of its upglacier (*stoss*) surface bearing striae and a patch of rock filling a depression in the granite.

Figura 3 - Vista de sudoeste mostrando face lateral da rocha com estrias e marca em crescente (aproximadamente na metade da superfície inclinada) e massa rochosa (arenito conglomerado e diamictito arenoso) comprimida contra o flanco da estrutura.

Figure 3 - View from the SW showing the lateral face of the rock bearing striae and a crescentic mark (near the top of the inclined surface). Note bed of coarse sediments compressed against the structure.



MEDIDAS DE PROTEÇÃO

Várias iniciativas tomadas em âmbito estadual e municipal, abaixo descritas, permitiram finalmente proteger o importante monumento geológico representado pela rocha *moutonnée* de Salto, antes de sua destruição total:

- a. tombamento da área contendo o monumento geológico pela Secretaria de Estado da Cultura de São Paulo, em 1990, atendendo à proposta do Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico e Artístico do Estado de São Paulo (CONDEPHAAT);
- b. desapropriação da área tombada e de área adicional, periférica à rocha *moutonnée*, num total de 43.338 m², pela Prefeitura do Município de Salto, em 1990;
- c. instalação, na área acima, pela Prefeitura do Município, do Parque Rocha Moutonnée, inaugurado em 1991. Trata-se do primeiro parque brasileiro planejado e instalado com objetivo ecológico e de proteção de um monumento específico, de excepcional interesse geológico. O parque busca integrar a valorização e proteção da rocha *moutonnée* e de parte do ecossistema terrestre local com sua utilização para finalidades de lazer, educação ambiental e divulgação científica. O local dispõe de infraestrutura adequada para as suas finalidades e é freqüentemente visitado pelo público em geral, estudantes de vários níveis e pesquisadores e geólogos do Brasil e exterior.

AGRADECIMENTOS

Paulo R. dos Santos, José R. Canuto, Ivo Trodstorf Jr. e Alexandre Tomio prestaram valioso auxílio nos trabalhos de campo em Itu e Salto, pelo que lhes sou grato. Agradeço ainda a Paulo R. dos Santos pela leitura crítica do texto e a Thomas R. Fairchild pela revisão do inglês. Este artigo é uma contribuição do Projeto Temático: “Controles tectônico, climático e paleogeográfico das características, gênese e preservação dos depósitos glaciais pré-Cenozóicos do Brasil”, apoiado pela FAPESP (Proc. 91/0546-2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, F. F. M. 1948. A “roche moutonnée” de Salto, Estado de São Paulo. Boletim de Geologia e Metalurgia(1948), 5:112-118.

- Amaral, S. E. 1965. Nova ocorrência da rocha moutonnée em Salto, São Paulo. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia(1965),14:71-82.
- Barbosa, O.; Gomes, F. A. 1958. Pesquisa de petróleo na Bacia do Rio Corumbatai, Estado de São Paulo. Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 171, 40p.
- Frakes, L. A.; Crowell, I. C. 1969. Late Paleozoic glaciation I, South America. Geological Society of America Bulletin (1969),80:1007-1042.
- Leinz, V. 1937. Estudo sobre a glaciação permo-carbonífera do sul do Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão do Fomento da Produção Mineral, Boletim 21, 47p.
- Martin, A. 1961. The hypothesis of continental drift in the light of recent advances of geological knowledge in Brazil and in South-West Africa. Geological Society of South Africa Transactions(1961), 64, 47p.
- Rocha-Campos, A. C. 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: J. Bigarella; R.D. Decker; I.D. Pinto (eds.), Problems in Brazilian Gondwana Geology, Curitiba, p.27-102.
- Rocha-Campos, A.C.; Oliveira, M.E.C.B.; Santos, P.R.; Saad, A.R. 1972. Late Paleozoic geology of Northern Paraná Basin. In: International Symposium on Carboniferous and Permian Systems in South America, Excursion Guide-Book, Instituto de Geociências, USP, p.3-13.
- Rocha-Campos, A. C.; Santos, P. R.; Canuto, J. R. 1988. Sedimentology and stratigraphy of the Gondwana sequence in São Paulo State. In: 7th Gondwana Symposium, Excursion B2 Guide-Book, Instituto de Geociências, USP, 40 p.
- Rocha-Campos, A. C.; Santos, P. R.; Canuto, J. R. 1998. Multiple, striated, soft sediments surfaces in the late Paleozoic and Proterozoic of Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências(1998), 71:841.
- Santos, P. R.; Rocha-Campos, A. C.; Canuto, J. R. 1996. Patterns of late Paleozoic deglaciation in the Paraná Basin, Brazil. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (1996), 125:165-184.

¹ Instituto de Geociências – USP - Rua do Lago, 562 – 05508-900 São Paulo
acrcampos@usp.br

⁽²⁾ Embora a denominação *moutonnée* (do francês = “carneirado”) seja atribuída costumeiramente à forma da estrutura, semelhante à de um carneiro deitado, é mais provável que tenha derivado do nome de um tipo de peruca ondulada, em uso na França, no século XVIII.