

## NOVAS OBSERVAÇÕES ACERCA DA GLACIAÇÃO DA SERRA DA ESTRELA

SUZANNE DAVEAU\*, ANTÓNIO DE BRUM FERREIRA\*, NARCISO FERREIRA\*\*,  
GONÇALO TELES VIEIRA\*

### Resumo

O presente trabalho reúne algumas observações recentes relativas aos vestígios da glaciação da Serra da Estrela, nomeadamente no que se refere a depósitos glaciários, que não foram objecto das investigações clássicas. Essencialmente, dá-se conta da descoberta de *tills* subglaciários, os quais, no vale do Zêzere, se encontram até uma posição bastante alta, revelando a existência de uma glaciação mais importante do que era antes assumido. No vale do Conde foi encontrado um corte mais complexo, com diferentes tipos de *till* e que testemunham o limite nordeste da calote de planalto. Refere-se também a existência de acumulações arenosas na margem esquerda do vale do Zêzere, de origem ainda duvidosa, mas que deverão ser depósitos de tipo "grèze com estratificação irregular", acumuladas numa fase de recessão glaciária. Por último, chama-se a atenção para a importância do estudo petrográfico das moreias, nomeadamente dos blocos isolados, que se exemplifica com os blocos erráticos encontrados a norte da Lagoa Comprida.

**Palavras-chave:** Serra da Estrela, glaciação plistocénica, depósitos glaciários (*tills*), moreias.

### Abstract

*New observations on the Serra da Estrela glaciation* -The Serra da Estrela glaciation was pointed at first by Vasconcelos Pereira Cabral in 1884, but it was only after Lautensach's research in the late 20's that the main characteristics of the glaciation become known. About 40 years later, Daveau (1971) based on new field observations and aerial photo interpretation presented a more detailed picture of the main features of the glaciation (fig. 1). Present-day knowledge on the Serra da Estrela glaciation reflects mainly the results of these two studies.

Recent field observations in the area evidenced some aspects on the glaciation which are worth noting. Field work is being done essentially in what respects to glacial, periglacial and other slope deposits which were not studied in a sedimentological perspective before. The importance of this approach is focused in the present article, specially in what concerns to the Zêzere valley which is the most important glacial valley in the Serra da Estrela. The lack of moraine ridges in its low and medium parts induce several problems concerning the knowledge of glacial phases and glacier dynamics in the area. The authors believe that these problems can be clarified using a sedimentological approach.

Several diamicton outcrops were found, both in low and high positions in the left slope of the Zêzere valley. These are compacted heterometric silty-sand granite deposits with cobbles and boulders, without any apparent structure and are interpreted as subglacial tills. Of special interest are the ones found between Lameiro do Grilo and Caldas de Manteigas between 1050 and 1065m a.s.l., which testify the existence of a 300m ice thickness only 1.5km upvalley from Manteigas (fig. 2).

A different kind of deposit was found between Covão da Caldeira and Lameiro do Grilo with a greater development in the left slope of the Zêzere valley. It is an accumulation of ill-consolidated coarse-sand with scarce cobbles. Most of the deposit shows a poorly developed bedding sub-parallel to the slope gradient. Although, the most interesting sector of this accumulation lies near Barroca de Água (fig. 4 and 5) and presents a trough cross-bedding structure without lamination nor vertical grading. The coarser-grained beds are clast supported, with polycrystalline and very angular elements of porphyritic granite. The finer-grained beds are the thickest ones and are formed by fine to coarse granite sand supported by a silty matrix in which some cobbles may appear. These beds doesn't show a well defined lamination nor grading. It is not possible yet to present an interpretation on the genesis of these deposits; it seems, however, that for the former a periglacial origin seems adequate. In what concerns the deposit of Barroca de Água, a first interpretation points for a "grèze with an irregular stratification" (Bertran *et al.*, 1995), although, it is possible to admit a relationship with the Zêzere glacier in a recessional stage with stagnant ice.

Results are also presented concerning the research done in the Fraga das Penas area which allowed the discovery of glacial deposits supporting the Northeast limits of the ice-cap. Between Cerro Rebolado and Fraga das Penas (fig. 6) the major and more complex till deposit known in the Serra da Estrela was found. In its base, the deposit presents the characteristics of a lodgement till. Above it, lies a coarser and poorly-consolidated deposit interpreted as a supra-glacial till. Above the tills appears a dark sandy and laminated deposit, probably related to Holocene nivation. Furthermore, an accumulation of large boulders corresponding to an eroded moraine-ridge was found in the area.

The study of the petrographic characteristics from moraine cobbles and boulders as well as from other disperse boulders and its comparison with mountain top granite facies are an important research method in order to deepen the knowledge on paleoglacier dynamics and to confirm the erratic nature of some isolated boulders. The method is exemplified using the erratics found North of Lagoa Comprida.

**Key-words:** Serra da Estrela, Pleistocene glaciation, till, moraine.

## 1. O CONHECIMENTO ACTUAL DA GLACIAÇÃO DA SERRA DA ESTRELA

A glaciação da Serra da Estrela foi assinalada por VASCONCELOS PEREIRA CABRAL em 1884, num estudo que constitui, segundo LAUTENSACH (1932), a primeira prova evidente duma glaciação pliocénica na Península Ibérica (ob. cit., p. 13). Mas foi sobretudo a partir das investigações do próprio LAUTENSACH, publicadas na Alemanha em 1929 e, em Portugal, em 1932, que aquela glaciação passou a ser conhecida. Um esboço geomorfológico, na escala aproximada de 1:100.000, reúne as principais conclusões do autor: nele se representam os limites da área glaciada, as moreias, os lagos de origem glaciária e, até, as curvas de nível correspondentes à superfície dos antigos glaciares. Segundo Lautensach, as moreias permitiriam distinguir uma fase de glaciação máxima e três fases de retrocesso.

LAUTENSACH utilizou na cartografia da área glaciada um contraste fundamental da geomorfologia granítica do alto da montanha: aquele que opõe as áreas de rocha nua, varridas pelos glaciares, às áreas não afectadas por estes, em que domina uma paisagem típica de alteração, com areias graníticas e amontoados de blocos *in situ*. No entanto, a individualização das línguas glaciárias foi sobretudo baseada na identificação e localização das moreias. No máximo da glaciação, os gelos formariam uma cúpula no cimo da montanha, de onde divergiam línguas que escoavam pelos profundos vales periféricos. O nível das neves perpétuas foi calculado, com base nas mais altas moreias laterais, em cerca de 1650 m. O autor reconhece na glaciação da Serra da Estrela uma clara dissimetria oeste-leste, com a acumulação do gelo sobretudo na parte oriental, ou seja, a vertente mais abrigada dos ventos que soprariam, então, com alguma violência, dos quadrantes oeste e noroeste. Haveria assim uma sobrealimentação nivosa na vertente a sotavento.

O estudo que DAVEAU (1971) dedicou, quarenta anos mais tarde, à mesma glaciação, pôde beneficiar de um bom levantamento topográfico, na escala de 1:25.000 (em vez do antigo e pouco rigoroso mapa a 1:100.000, utilizado por LAUTENSACH), e de fotografias aéreas, aproximadamente na mesma escala. Os progressos que o novo mapa, elaborado por DAVEAU, apresenta em relação ao esboço de LAUTENSACH reflectem, em parte, esta melhoria dos meios de investigação.

A análise desse mapa (fig 1), mostra que as moreias encontram-se sobretudo nos flancos NW e SE da montanha, enquanto no flanco SW e no sector NE da área glaciada elas são reduzidas ou praticamente não existem. Por sua vez, os circos e os vales glaciários são muito mais amplos do lado oriental da montanha. Este último facto relaciona-se, em grande

parte, com o relevo pré-glaciário, nomeadamente com os grandes entalhes do Zêzere e de Alforfa, entre Manteigas e Unhais da Serra, alinhados segundo um importante acidente tectónico, de direcção NNE-SSW.

O glaciar do profundo entalhe do Zêzere, bem alimentado pelos amplos circos de Candecira e do Alto Zêzere, originou a mais extensa língua glaciária da Serra da Estrela, a qual terá atingido, segundo os estudos de DAVEAU (1971), 13 km de comprimento e a altitude mínima de 680 m. O glaciar de Alforfa, com uma bacia de recepção mais reduzida, atingiu apenas 5,5 km de comprimento e a altitude mínima de 850 m. Todavia, a esse facto não deve ser estranha uma dissimetria norte-sul da insolação, que se manifestaria sobretudo no Verão (DAVEAU, 1971) e que beneficiaria o glaciar do Zêzere em relação ao de Alforfa. O glaciar da Loriga, situado na vertente oeste, beneficiando de uma importante precipitação nivosa e de uma razoável bacia de recepção, atingia 7 km de comprimento e a altitude mínima de 800 m. Os glaciares da vertente noroeste (Covão Grande e Covão do Urso), bem alimentados pela precipitação nivosa, são relativamente amplos e compridos (6,5 km), mas as altitudes mínimas a que chegaram situam-se por volta dos 1000 m. quer dizer, 200 a 300 m acima dos outros glaciares citados. Os pequenos glaciares da vertente sudoeste (Alvoco e Estrela), nitidamente desfavorecidos pelas condições climáticas (menor alimentação nivosa e maior insolação) e por possuírem reduzidas bacias de recepção, quedaram-se a 1300-1350 m de altitude.

## 2. NECESSIDADE DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO

Os estudos de Lautensach e de Daveau estabeleceram as características essenciais da glaciação da Serra da Estrela e fixaram o conhecimento que dela se tem ainda hoje. Esses estudos basearam-se na análise geomorfológica, quer das formas erosivas quer das formas de acumulação. Um critério essencial foi, como se disse, a distinção entre as superfícies de rocha nua, varridas pelos glaciares, e as áreas onde se conservam areias graníticas e amontoados de blocos *in situ*, o que permitiu cartografar, com razoável aproximação, os limites da área glaciada de planalto. Mas foram as moreias o elemento essencial do diagnóstico da glaciação e da determinação da extensão e fisionomia das línguas glaciárias. As acumulações proglaciárias, que parecem ocorrer com alguma abundância nos vales do Zêzere, Alforfa e Alvoco, também contribuíram para a determinação dos limites terminais das línguas glaciárias.

Outros testemunhos, não referidos por LAUTENSACH, mas utilizados por DAVEAU no estudo de

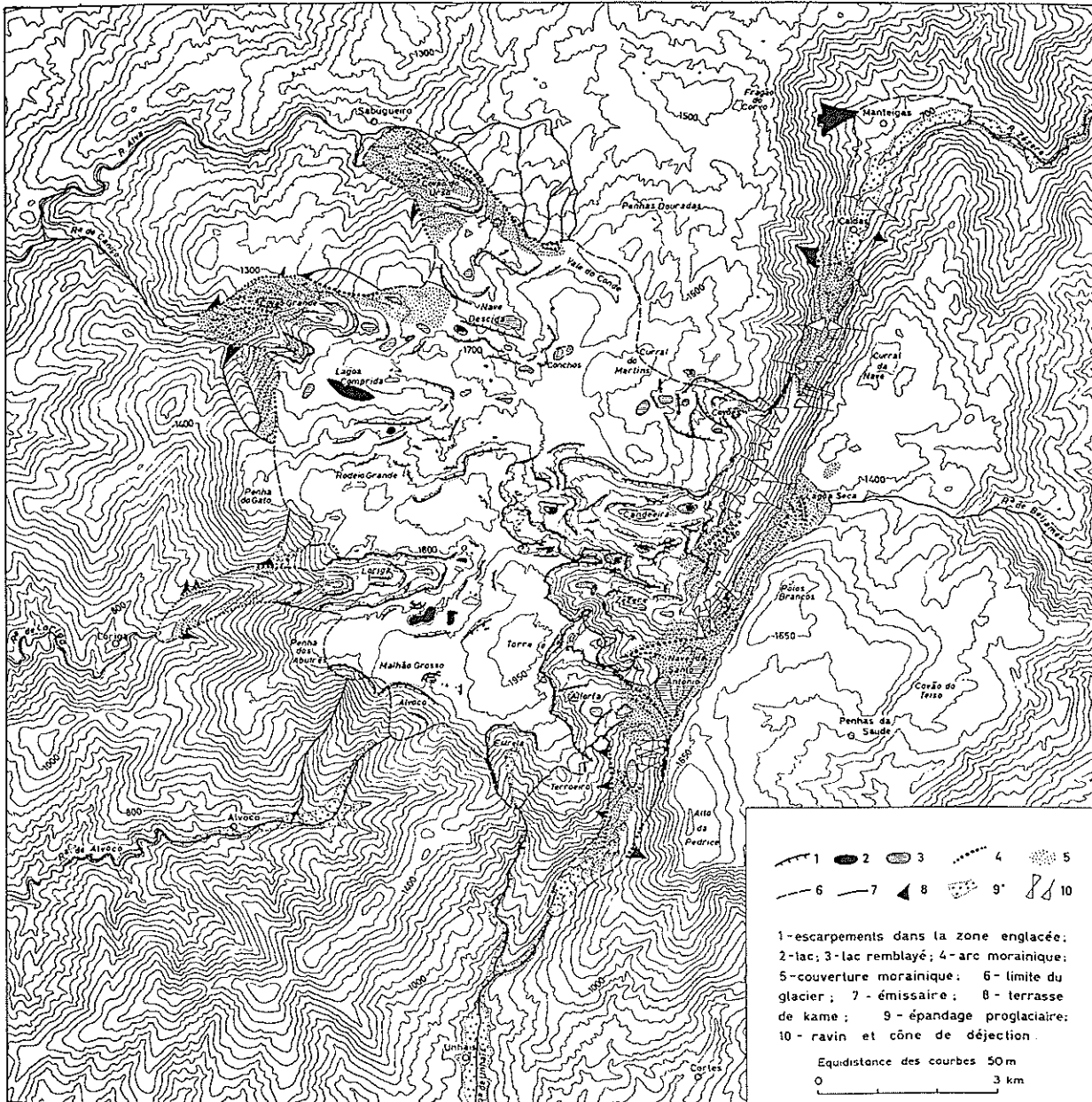


Figura 1 - Glaciação da Serra da Estrela (DAVEAU, 1971). 1 - Escarpas na área da glaciação; 2 - lago; 3 - lago colmatado; 4 - arco morénico; 5 - cobertura morénica; 6 - limite do glaciár; 7 - rio proglaciário; 8 - terraço de obturação lateral; 9 - depósito proglaciário; 10 - barranco e cone de dejeção.

Figure 1 - Serra da Estrela glaciation (DAVEAU, 1971). 1 - Scarps in the glaciated area; 2 - lake; 3 - infilled lake; 4 - moraine ridge; 5 - moraine debris; 6 - glacier boundary; 7 - proglacial river; 8 - kame terrace; 9 - proglacial deposit; 10 - creek and cone.

1971, são os então designados “terraços de *kame*”. São formas triangulares, hoje suspensas sobre os vales glaciários, e que foram interpretadas como terraços de acumulação, originados, à saída dos valeiros afluentes, por interposição da língua glaciária, e aos quais conviria melhor a designação de terraços de obturação lateral. Todavia, essas formas, por vezes bastante claras em observação de campo e em fotografia aérea, não foram ainda objecto de um estudo sedimentológico sistemático e, em certos casos, por falta de cortes, não se sabe ao certo se serão mesmo formas de acumulação. Em que medida serão simples rechãs erosivas, restos de cones adventícios sem qualquer ligação com a língua glaciária, ou verdadeiros terraços de obturação lateral, é uma questão que está ainda por esclarecer.

Outros vestígios nunca estudados até hoje na glaciação da Serra da Estrela são os *tills* subglaciários. Na Serra do Gerês, onde as formas glaciárias são muito pouco nítidas, o estudo destes depósitos foi essencial para o estabelecimento dos verdadeiros limites da glaciação e, até, para a demonstração definitiva da própria existência da glaciação (VIDAL ROMANÍ *et al.*, 1990; FERREIRA *et al.*, 1992). As formas de erosão glaciária e as moreias encontram-se relativamente bem conservadas na Serra da Estrela e, por isso, não se prevê que futuros estudos sedimentológicos venham alterar substancialmente aquilo que hoje se conhece acerca dos limites da glaciação. Mas as recentes observações de campo mostraram que os *tills* subglaciários existem na Serra da Estrela, e serão certamente de muita utilidade no estudo da dinâmica glaciária e da verdadeira extensão dos glaciares nalguns vales, desde que a pesquisa desses depósitos seja feita de maneira sistemática.

### 3. NOVOS DADOS SOBRE A GLACIAÇÃO DO VALE DO ZÊZERE

#### 3.1. O conhecimento actual e os problemas pendentes

O vale do Zêzere, a montante de Manteigas, constitui, por assim dizer, um *ex libris* da glaciação da Serra da Estrela. Este profundo entalhe, rectilíneo, com vertentes majestosas, de perfil regularmente côncavo, impõe-se a qualquer observador menos atento pela singularidade da sua morfologia no contexto das montanhas portuguesas. No entanto, se descontarmos as suas cabeceiras (Covão da Ametade) e alguns entalhes da margem esquerda (Candeeira, Covões), quer o seu perfil transversal quer o seu perfil longitudinal não sugerem uma origem glaciária, faltando a clássica alternância de covões (*ombilics*) e ferrolhos glaciários (*verrous*).

Também as moreias não são abundantes, ressaltando-se, uma vez mais, o sector a montante, onde se encontra a impressionante acumulação do Poio do Judeu, na Nave de Sto. António, e, 3 km a jusante desta, os arcos morénicos da Lagoa Seca. Ambas acumulações encontram-se na margem direita do Zêzere, alcandoradas sobre o vale. Os arcos morénicos de Lagoa Seca, que se encontram em frente do vale de Candeeira (fig. 1), são particularmente interessantes, porque permitem reconstituir uma língua glaciária com uma espessura da ordem de 300 metros, no máximo da glaciação. No fundo do vale, apenas a pequena moreia de Espinhaço de Cão, na margem esquerda, à saída do vale de Candeeira, constitui uma forma de acumulação nítida, testemunhando uma fase tardia de recessão glaciária. No resto do vale do Zêzere, para além de alguns alinhamentos de blocos, que parecem por vezes desenhar arcos transversais, como acontece a montante de Caldas de Manteigas (fig. 1), nenhuma outra forma de acumulação aparece, a não ser algumas cascalheiras de fundo de vale.

Esse facto, nomeadamente a inexistência de uma moreia terminal, conduziu a uma certa indeterminação na fixação dos limites do glaciário do Zêzere. Segundo LAUTENSACH, a língua glaciária terminaria a 600 m de altitude, nas proximidades do lugar de S. Gabriel, cerca de 2 km a jusante de Manteigas. Essa mesma ideia tinha já sido expressa por Vasconcelos Pereira Cabral, com base em depósitos que foram interpretados como moreias de fundo. DAVEAU (1971, 1973) demonstrou que os referidos depósitos não são moreias, mas antes cascalheiras crioclásticas de vertente, que descem até ao fundo do vale, constituídas por corneanas na margem esquerda e por granitos não porfiróides, na margem direita. Mas a língua glaciária teria atingido uma espessura de 50 m na depressão de Manteigas, e a prova disso seria o “terraço de *kame*” que se encontra a oeste de Manteigas, no sopé da vertente de 600 m de altura, que desce do planalto de Penhas Douradas (DAVEAU, 1971).

Na realidade, este último depósito parece apresentar fácies variados; sem uma cartografia de pormenor e sem análise sedimentológica detalhada, não é possível afirmar com segurança a sua origem e saber que relação terá tido com a língua glaciária. Quer dizer então que o vale do Zêzere, sobretudo o sector a jusante, constitui um bom exemplo do trabalho que resta fazer, nomeadamente do ponto de vista da análise sedimentológica, para se ficar com uma razoável ideia da verdadeira extensão e dinâmica da língua glaciária. Tratando-se da língua glaciária mais extensa e provavelmente também com história mais longa, percebe-se a importância de que ela se reveste para a reconstituição das fases e da dinâmica da glaciação da Serra da Estrela.



Figura 2 - Till do vale do Zêzere (1065 m), 1 km a montante de Caldas de Manteigas.  
Figure 2 - Zêzere valley till (1065 m), 1 km upstream from Caldas de Manteigas

### 3.2. Descoberta de prováveis *tills* subglaciários de posição alta no vale do Zêzere

As recentes investigações têm revelado a existência, ao longo do vale do Zêzere, de diversos afloramentos de um *diamicton* com fácies muito semelhantes aos encontrados na Serra do Gerês e cuja origem glaciária foi provada em laboratório (VIDAL ROMANÍ *et al.*, 1990). São depósitos de origem granítica, heterométricos, silto-arenosos, com calhaus, sem estrutura aparente, bastante compactados. Trata-se, muito provavelmente, de *tills* subglaciários. Depósitos deste tipo foram encontrados não só a pouca altura do leito do Zêzere, mas também, na margem esquerda, entre Lameiro do Grilo e Caldas de Manteigas, a altitudes compreendidas entre 1050 e 1085 m (fig.2). Devido ao forte declive longitudinal do leito do Zêzere neste sector, a altura dos afloramentos acima deste leito aumenta rapidamente desde o Lameiro do Grilo até Caldas de Manteigas (fig. 3). Refira-se que o “terraço de *kame*” de Covas (DAVEAU, 1971), um pouco a montante de Caldas de Manteigas, se situa também a uma altitude compreendida entre 1050 e 1100 m.

Como se disse, os arcos morénicos da Lagoa Seca, que se encontram a uma altitude de cerca de 1430 m, permitem reconstituir uma língua glaciária ao longo do vale do Zêzere com uma espessura local de 300 m. A altitude da superfície glaciária atingiria cerca de 1450 m. Os referidos afloramentos de *till* subglaciário permitem reconstituir uma língua glaciária que atingiria também localmente uma espessura da ordem dos 300 m, apenas a 1,5 km a montante de Manteigas. A altitude da língua glaciária chegaria a cerca de 1100m

nesse local, o que dá um declive médio de 7 % para a superfície livre do glaciário, entre Lagoa Seca e Caldas de Manteigas. Admitindo que esse declive se manteria para jusante, a altitude da língua glaciária atingiria aproximadamente 1000 m em Manteigas. Mas é provável que a altitude fosse menor, pois, no sector terminal, a língua glaciária deveria possuir um declive mais acentuado, tanto mais que o gelo se espraiava na larga depressão de Manteigas. O “terraço de *kame*”, referido por DAVEAU (1971) na base da escarpa de Penhas Douradas, encontra-se, no campo de futebol de Manteigas, a 900 m de altitude, o que implicaria, no caso de tratar-se realmente de um terraço de obstrução lateral, uma espessura mínima do gelo de 100 m em relação à depressão de Manteigas e de 200 m acima do leito actual do rio (fig. 3). Se essa hipótese se confirmar, isso implicará a existência de uma glaciação mais importante do que antes se suspeitava no vale do Zêzere e que a língua glaciária se prolongava para além de S. Gabriel. Isso implicará também que as escoadas periglaciárias de ambas as margens do Zêzere que se encontram neste sector sejam, pelo menos em parte, posteriores ao máximo da glaciação.

### 3.3. As acumulações arenosas da vertente esquerda do vale do Zêzere e discussão da sua origem

Na vertente esquerda (virada a leste) do vale do Zêzere, um caminho aberto recentemente próximo do leito do rio, veio pôr em evidência, entre o Covão da Caldeira e o Lameiro do Grilo, a existência de acumulações arenosas, no geral pouco consolidadas, com

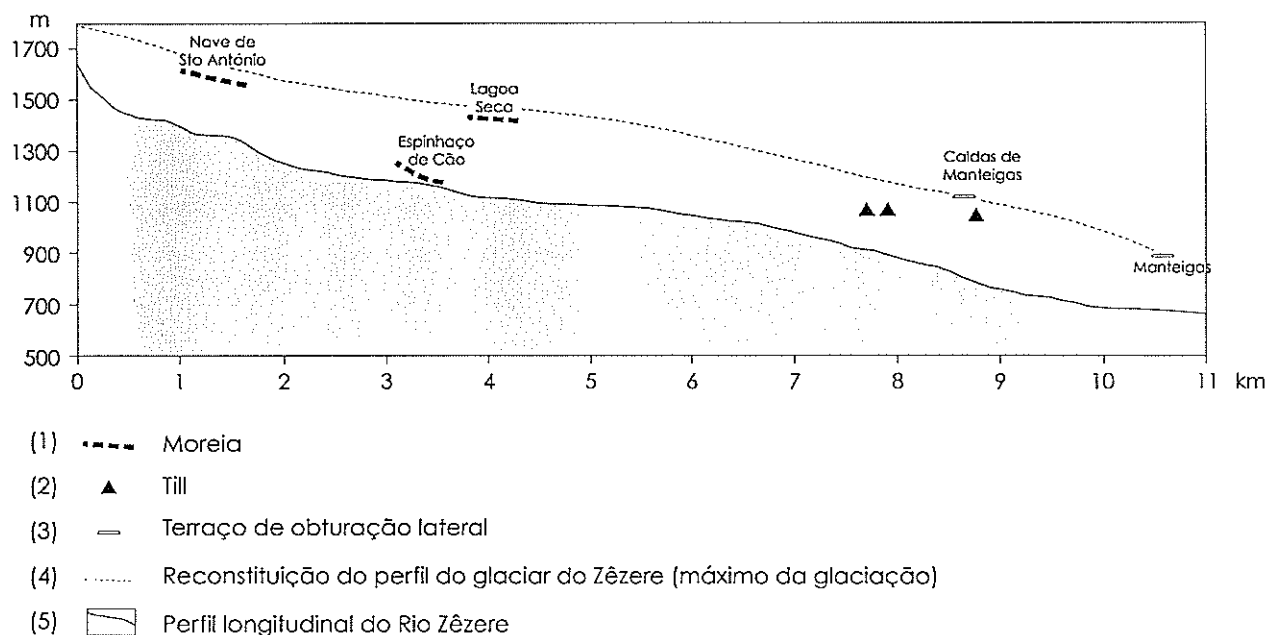


Figura 3 - Depósitos glaciários e reconstituição da língua glaciária do Zêzere.

Figure 3 - Glacial deposits and reconstitution of the Zêzere glacier. 1 - moraine; 2 - till; 3 - kame terrace; 4 - probable profile of the Zêzere glacier (at the glaciation maximum); 5 - longitudinal profile of the Zêzere valley.

ou sem blocos incorporados. Na margem direita, apenas um afloramento, cortado pela estrada, é visível, na extremidade jusante dos depósitos.

O maior afloramento fica a jusante de Barroca de Água e será designado por este nome. O depósito tem a forma de uma colina alongada e regularmente convexa (fig. 4), descendo de uma altura de cerca de 100 m, até muito próximo do leito do Zêzere. Em corte transversal (fig. 5), apresenta uma estrutura entrecruzada, em ventre, mas sem laminação e graduação granulométrica vertical bem definidas. Os leitos mais grosseiros são *clast supported* (sem matriz), constituídos por elementos centimétricos (1-3 cm), policristalinos, de granito porfiróide e perfeitamente angulosos. Os leitos menos grosseiros, que são também os mais espessos, são constituídos por areia fina a grosseira, de origem granítica, envolvida numa matriz siltosa, no seio da qual “flutuam” alguns calhaus. Estes leitos são maciços, sem laminação nem graduação vertical bem definidas.

O carácter anguloso e policristalino dos elementos arenosos grosseiros mostra que o material é de origem local e resultou da fragmentação, muito provavelmente crioclástica, do granito porfiróide. Em todo o caso é de eliminar a arenização por alteração química, atendendo ao carácter policristalino dos grãos, e um transporte prolongado pela água, que teria como resultado um afeiçoamento das

arestas dos elementos feldspáticos e uma laminação mais aparente. Este depósito pode ser considerado uma “*grêze* com estratificação irregular” (BERTRAN *et al.*, 1995), com transporte do tipo escoada de detritos (*debris flow*), talvez com solifluxão assistida pela neve e gelo intersticial.

Este é um depósito com estrutura particular. Os outros afloramentos não mostram estrutura entrecruzada, mas antes uma disposição frustrada em leitos subparalelos à vertente. Além disso, incluem calhaus e blocos angulosos, com o eixo maior disposto segundo o maior declive da vertente. Embora menos estruturados e essencialmente arenosos, estes depósitos apresentam alguma semelhança com as escoadas periglaciárias de granitos não porfiróides de grão médio a fino, tal como se pode observar em S. Gabriel, a jusante de Manteigas, na vertente direita do vale do Zêzere. As diferenças poderiam resultar essencialmente do diferente comportamento dos granitos em relação à crioclastia: enquanto os granitos não porfiróides são favoráveis à fragmentação em calhaus, os porfiróides desfazem-se em areia.

Não é possível, por enquanto, dar uma interpretação segura destes depósitos, nem quanto à sua origem, nem quanto à sua conservação e localização particular. Apesar de se sugerir uma origem periglaciária, não é de excluir uma relação directa com a língua glaciária, nomeadamente no caso do depósito



Figura 4 - Acumulação arenosa de Barroca de Água (vale do Zêzere).  
Figure 4 - Sandy ridge of Barroca de Água (Zêzere valley).



Figura 5 - Acumulação arenosa de Barroca de Água (vale do Zêzere), pormenor.  
Figure 5 - Sandy ridge of Barroca de Água (Zêzere valley), detail.



Figura 6 - Till do Vale do Conde entre o Cerro Rebolado e a Fraga das Penhas (1580 m).  
Figure 6 - Vale do Conde till between Cerro Rebolado and Fraga das Penhas (1580 m).

da Barroca da Água. Em qualquer dos casos, estes depósitos só podem ter-se formado numa fase de recessão glaciária, em que a língua, pouco activa, terminaria junto a estes depósitos ou mesmo a montante deles.

#### 4. DETERMINAÇÃO DO LIMITE NORDESTE DA CALOTE GLACIÁRIA: O TILL DE VALE DE CONDE E OS BLOCOS MORÉNICOS DE FRAGA DAS PENAS

Por falta de indícios geomorfológicos claros, nomeadamente devido à ausência de moreias, os limites do glaciar de planalto, tal como foram representados na fig. 1, são, em parte, hipotéticos, carecendo de demonstração. Este é o caso, particularmente, do limite nordeste. As recentes investigações de campo levaram-nos à descoberta, neste sector, de dois testemunhos dos limites da calote glaciária, que estão,

de resto, em conformidade com a interpretação apresentada por DAVEAU (1971).

##### 4.1. O till de Vale de Conde

Na extremidade norte do Vale de Conde, entre o Cerro Rebolado e a Fraga das Penhas, encontra-se o mais importante afloramento de till identificado até hoje na Serra da Estrela. O depósito apresenta, na base, as características de *lodgment till*, injectando-se ao longo das diaclases do substrato granítico que constituía o antigo leito glaciário. Nalguns sectores observa-se uma laminação arenosa que poderá ser atribuída à fusão subglaciária (fig. 6). Por cima deste till subglaciário, há um depósito mais grosseiro, constituído por calhaus e blocos angulosos, suportados por calhaus mais pequenos e matriz arenosa. O grau de compactação é normalmente inferior ao da unidade basal. Este depósito poderá representar um till supra-

glaciário. Por cima dos *tills*, há uma acumulação arenosa escura, laminada, ligada certamente à dinâmica nival holocénica e horizontes de material mais fino, negro, relacionados com *rankers* recentes.

#### 4.2. Os blocos morénicos da Fraga das Penas

Quem sobe, do lado nordeste, do Vale do Rossim para o cimo da montanha, encontra uma típica morfologia resultante da alteração diferencial dos granitos, com *bornhardts*, *castle koppies* e *tors*. Bruscaamente, no paralelo do vértice geodésico Fraga das Penas (1721), estas formas desaparecem e, em vez delas, encontra-se um alinhamento de grandes blocos que corresponde, muito provavelmente, a uma moreia desmantelada. Este alinhamento de blocos situa-se no prolongamento oriental da moreia do Covão do Urso e do *till* de Vale do Conde. Este *till* e a moreia desmantelada constituem, do nosso ponto de vista, as provas sedimentológica e geomorfológica do limite nordeste da calote glaciária.

#### 5. A PETROGRAFIA DOS GRANITOS E A DINÂMICA GLACIÁRIA: EXEMPLO DOS BLOCOS ERRÁTICOS DA LAGOA COMPRIDA

A área da glaciação da Serra da Estrela é constituída por granitóides hercínicos, enquanto as áreas envolventes se desenvolvem essencialmente em metassedimentos do chamado Complexo Xistograuváquico. Esta aparente uniformidade é, no entanto, bastante enganadora, pois, na realidade, existe entre os granitóides do alto da montanha uma acentuada diversidade petrográfica, que pode ir do granodiorito ao leucogranito. De um modo geral, pode dizer-se que os granitóides se dispõem em faixas grosseiramente concêntricas (fig. 7), em que um granito de duas micas, porfiróide de grão grosseiro, e, depois, de grão médio, envolve um granito moscovítico de grão médio a grosseiro, que passa a granito moscovítico de grão fino ou a granito de duas micas de grão fino. O granito tende, assim, a tornar-se de grão menos grosseiro e mais moscovítico para o interior do maciço.

Esta diversidade petrográfica poderá constituir um auxiliar precioso para a reconstituição da dinâmica glaciária, quando comparada a natureza do substrato com a dos calhaus e blocos que constituem as moreias. Em certos casos, a constituição petrográfica constituirá mesmo a prova da aloctonia de certos blocos dispersos, que representarão, sobretudo nas áreas de declive pouco acentuado, não sujeitas a transportes essencialmente gravíticos, restos de antigas moreias.

Daremos aqui apenas um exemplo. A topografia ao norte da Lagoa Comprida encontra-se salpicada de blocos, às vezes de enormes dimensões, que fazem

logo lembrar blocos erráticos, tanto mais que a vertente sul, que desce de Rodeio Grande (1856 m), se encontra limpa de blocos. Essa dissimetria geomorfológica mostra um movimento de gelo de sul para norte, o que está conforme com o desenvolvimento da calote do planalto da Torre. Mas o critério geomorfológico é reforçado aqui pelo critério petrográfico. Na realidade, alguns dos citados blocos, que são constituídos por granito de duas micas, porfiróide, de grão médio a grosseiro, assentam sobre afloramentos de granito biotítico de grão fino. Encontrou-se também um bloco de granito moscovítico, o que indica um transporte a partir do planalto da Torre, quer dizer, bem para montante do patamar de Rodeio Grande.

#### 6. CONCLUSÃO

A pesquisa minuciosa de depósitos glaciários, nomeadamente de *tills* subglaciários, poderá permitir progressos importantes no conhecimento da dinâmica glaciária e até dos limites da glaciação da Serra da Estrela. Os exemplos examinados no vale do Zêzere parecem testemunhar uma glaciação mais importante do que se supunha neste vale, podendo a língua glaciária ter atingido uma espessura de 100-200 m na depressão de Manteigas, no máximo da glaciação.

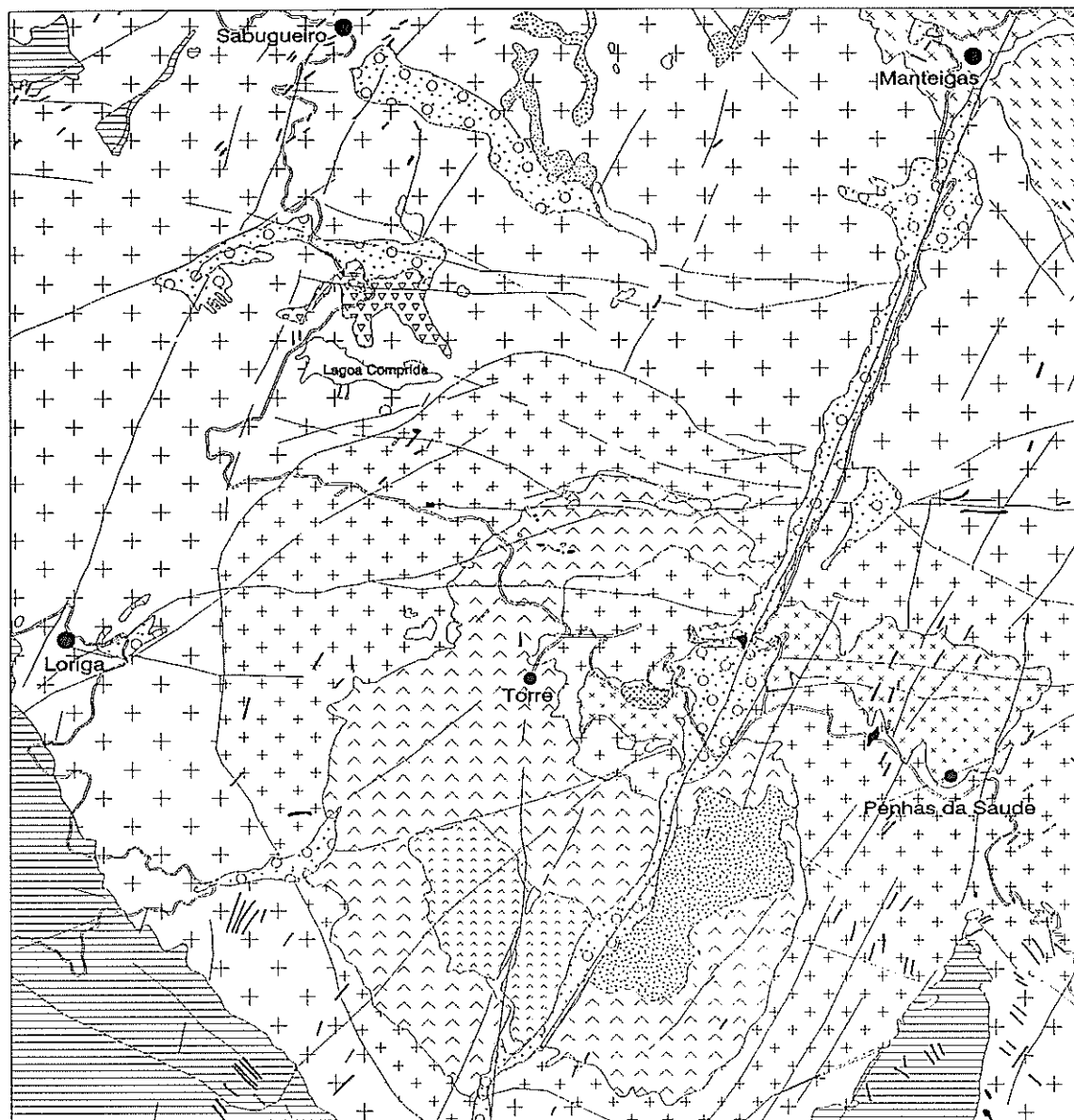
Dos vários afloramentos de *till* encontrados, o mais importante e com estratigrafia mais completa é o do vale do Conde, o qual se situa no limite nordeste da antiga calote de gelo.

Refira-se, no entanto, que a identificação destes depósitos se baseou apenas em critérios de observação de campo, havendo necessidade de confirmar esse diagnóstico com análises de laboratório, nomeadamente de micromorfologia. Esses estudos de laboratório são também necessários no que se refere às acumulações arenosas da margem esquerda do vale do Zêzere, para se ter uma ideia mais clara da sua génese e, no caso particular do depósito de Barroca de Água, para se saber se terá alguma relação com a língua glaciária, em fase de recessão.

Finalmente, chama-se a atenção para a importância de uma análise minuciosa dos diferentes granitóides representados nas moreias, pois a sua comparação com a composição do substrato rochoso, poderá dar preciosas indicações acerca das trajetórias seguidas pelo glaciário e, até, confirmar a origem glaciária dos depósitos nos casos mais duvidosos, nomeadamente no caso dos blocos isolados.

#### NOTA E AGRADECIMENTO

As observações que conduziram ao presente artigo enquadram-se na preparação de um Guia Geológico e



esc. 1:100.000

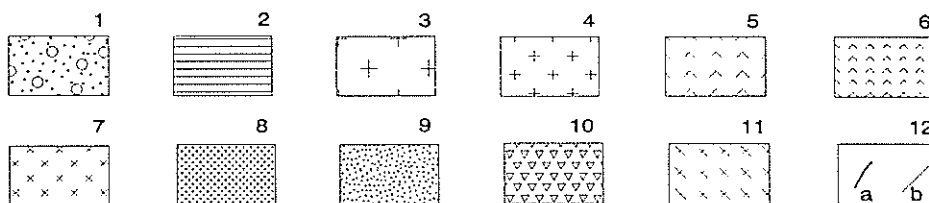


Fig. 7 - Geologia simplificada da área de glaciação da Serra da Estrela. 1 - Depósitos glaciários e fluvioglaciários; 2 - metassedimentos do Complexo Xistograuváquico; 3 - granito de duas micas, porfiróide, de grão grosseiro; 4 - granito de duas micas, porfiróide, de grão médio; 5 - granito moscovítico de grão médio a grosseiro; 6 - granito moscovítico de grão fino; 7 - granito de duas micas de grão médio; 8 - granito orbicular de duas micas, de grão médio; 9 - granito de duas micas, de grão fino; 10 - granito biotítico, de grão fino; 11 - granito biotítico, de grão médio; 12 - a) rochas filoneanas; b) falhas.

Fig. 3 - Simplified geological map of the Serra da Estrela glaciated area. 1 - Glacial and fluvioglacial deposits; 2 - metasediments; 3 - coarse-grained porphyritic two-mica granite; 4 - medium-grained porphyritic two-mica granite; 5 - medium to coarse grained muscovite granite; 6 - fine-grained muscovite granite; 7 - medium grained two-mica granite; 8 - orbicular medium-grained two-mica granite; 9 - fine-grained two-mica granite; 10 - fine grained biotite granite; 11 - medium grained biotite granite; 12 - a) veins; b) faults.

Geomorfológico do Parque Natural da Serra da Estrela, a cargo do Instituto Geológico e Mineiro e do Centro de Estudos Geográficos, e serviram também de arranque a uma tese de doutoramento de Gonçalo Teles Vieira sobre "Formas e processos geomorfológicos do Quaternário recente na Serra da Estrela".

Queremos agradecer ao Director do Parque Natural da Serra da Estrela, e também à Senhora Dr<sup>a</sup> Angelina Barbosa, do mesmo Parque, as facilidades materiais concedidas. Agradecemos também a ajuda preciosa no terreno e o franco companheirismo do Senhor António Simões, técnico auxiliar do Instituto Geológico e Mineiro.

#### BIBLIOGRAFIA

- BERTRAN, P.; COUTARD, J.P.; OZOUF, J.C.; TEXIER, J.P. (1995) - "Dépôts de pente calcaires du nord de l'Aquitaine. Répartition stratigraphique et géographique des faciès". *Zeitschrift für Geomorphologie, N.F.*, Berlin-Stuttgart, 39, p. 29-54.
- CABRAL, F.A. VASCONCELOS PEREIRA (1984) - "Vestígios glaciaários na Serra da Estrela". *Revista de Obras Públicas e Minas*, Lisboa, p. 435-459.
- DAVEAU, S. (1971) - "La glaciation de la Serra da Estrela". *Finisterra*, Lisboa, 11, p. 5-40.
- DAVEAU, S. (1973) - "Quelques exemples d'évolution quaternaire des versants au Portugal". *Finisterra*, Lisboa, 15, p. 5-45.
- FERREIRA, A.B.; VIDAL-ROMANI, J.R.; VILAPLANA, J.M.; RODRIGUES, M.L.; ZÉZERE, J.L.; MONGE, C. (1992) - "Formas e depósitos glaciaários e periglaciaários da Serra do Gerês-Xurés (Portugal; Galiza). Levantamento cartográfico". *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, A Coruña, 17, p. 121-135.
- LAUTENSACH, H. (1929) - "Eiszeitstudien in der Serra da Estrela (Portugal)". *Zeitschrift für Gletscherkunde*, Berlin, XVII, p. 324-369.
- LAUTENSACH, H. (1932) - "Estudo dos glaciares da Serra da Estrela". *Memórias e Notícias*, Coimbra, VI, p. 1-60 (trad. Lautensach, 1929).
- VIDAL-ROMANI, J.R.; VILAPLANA, J.M.; FERREIRA, A.B.; ZÉZERE, J.L.; RODRIGUES, M.L.; MONGE, C. (1990) - "Los tills de la Serra de Gerês-Xurés y la glaciación pleistocena (Minho, Portugal - Ourense, Galicia)". *Cuaternario y Geomorfología*, Logroño, 4, p. 13-25.