

## EXCURSÃO: MOJAVE DESERT TO DEATH VALLEY

*Lylian COLTRINARI*

*In the near future, all (or at least most) geomorphologists will be computer literate; the laboratory will occupy increasing amounts of each researcher's time. Nonetheless, in most areas of geomorphology the collection of field data, no matter the degree of development of remote sensing, will be essential.*

*H. Jesse Walker [1993]*

*In Death Valley, there is a great potential for understanding the link between process and form by correlating in time the fossil landforms with the paleoclimates that produced them.*

*R. I. Dorn & D. Meek [1993]*

Em 1993 teve lugar em Hamilton (Canadá) a III International Geomorphology Conference. Foi precedida e sucedida por excursões a áreas que, por suas características, dariam aos participantes oportunidade de confrontar teoria e realidade no âmbito adequado: o campo. Minha escolha inicial foi a excursão que desceria o vale do Mississipi, desde Wisconsin, próximo ao limite com o Canadá, até New Orleans, na costa do golfo de México. A excursão foi cancelada, outras alternativas oferecidas e sucessivamente também canceladas até a excursão

Lylian Coltrinari

dos desertos ficar como única possibilidade. Por obra do acaso, tive a oportunidade singular de conhecer paisagens que obrigam a rever e passar a limpo dúvidas e mal-entendidos correntes na geomorfologia, em particular as relações entre processos e formas resultantes.

A chegada a Los Angeles, ponto de partida do trabalho de campo, ocorreu em 15 de agosto. Da organização e coordenação foram responsáveis Ronald I. Dorn, do Departamento de Geografia da Arizona State University, Tempe (AZ), e Norman Meek, do Departamento de Geografia da California State University, San Bernardino (CA), escolhidos pela International Association of Geomorphologists. São também autores do livro-guia, que contou com contribuições de alunos de doutorado do Departamento de Geografia da Arizona State University. Esse documento é uma verdadeira geografia dos desertos da Califórnia e Nevada, que reúne informações - texto e ilustrações - relativas à história das paisagens, desde a tectônica de placas responsável pela evolução do relevo até as disputas atuais entre os responsáveis por empreendimentos imobiliários que instalam - ou pretendem instalar - loteamentos sobre falhas ativas, as autoridades, e as organizações ambientalistas, além de incluir bibliografia extensa e atualizada. Junto com o guia, cada participante recebeu um jogo de 20 slides ilustrativos dos sítios visitados durante a excursão. O grupo de participantes reuniu pesquisadores da França (4), Alemanha (4), Japão (9), Austrália (1), Itália (8), Bélgica (1), Reino Unido (1), Brasil (2) e Holanda (1), além dos organizadores.

Como co-organizadores, os pós-graduandos responsabilizaram-se também pela condução dos veículos e pela infra-estrutura de alimentação e alojamento. É necessário destacar o cuidado com que também esses aspectos da excursão foram considerados, já que trata-se de áreas onde inexitem recursos de qualquer tipo, no caso os requeridos por um grupo de 40 pessoas que percorreria em torno de 1.500 km em 4 dias e meio. Em decorrência de todos os cuidados que precederam sua realização e, especialmente, o nível das discussões mantidas durante o percurso, a travessia dos desertos foi uma experiência rara.

## Dia 1: Los Angeles-Crestline

A excursão partiu de Los Angeles no dia 17 de agosto [Fig.1]. De início foi realizado o reconhecimento da geomorfologia urbana de áreas próximas à falha de San Andreas (Santo André) no vale de San Gabriel, formado na interseção de diversas falhas transcorrentes e frequentemente afetado por terremotos. Nas proximidades da California State University em San Bernardino, em local atravessado por dois ramos da falha de San Andreas - portanto com alto potencial para um grande terremoto -, com amplitude topográfica de 350m, submetido a incêndios florestais e escorregamentos, será instalado um loteamento para 504 casas em 163 ha. A vegetação natural está sendo velozmente destruída, e com ela, o precário equilíbrio dos materiais de vertente, sobretudo as mais íngremes, que serão loteadas com prévia construção de degraus.

As montanhas San Bernardino, antiga área de exploração florestal, são hoje local de lazer para os habitantes de Los Angeles o ano inteiro. Crestline, onde pernoitamos, é uma vila-dormitório onde o baixo risco sísmico - a cadeia é formada por rochas mesozóicas e paleozóicas - compensa o perigo das condições meteorológicas no inverno e os numerosos dias de neblina por ano. Estas condições meteorológicas são provocadas pelas massas de ar que chocam-se com a cadeia, que separa a bacia de Los Angeles e o deserto Mojave, criando a maior "sombra de chuva" no sul da Califórnia. Como consequência, do lado SW da cadeia pode-se identificar a transição de vegetação entre o *chaparral* (bioma mediterrâneo) e a floresta de coníferas. Para perpetuar-se, o chaparral requer queimada, prática ancestral que levou os índios a chamar o vale de San Gabriel de "vale das fumaças". Apesar do relativo sucesso das tentativas de contenção dos fogos, os riscos aumentaram por causa do material solto nas vertentes, transportado durante as chuvas torrenciais.

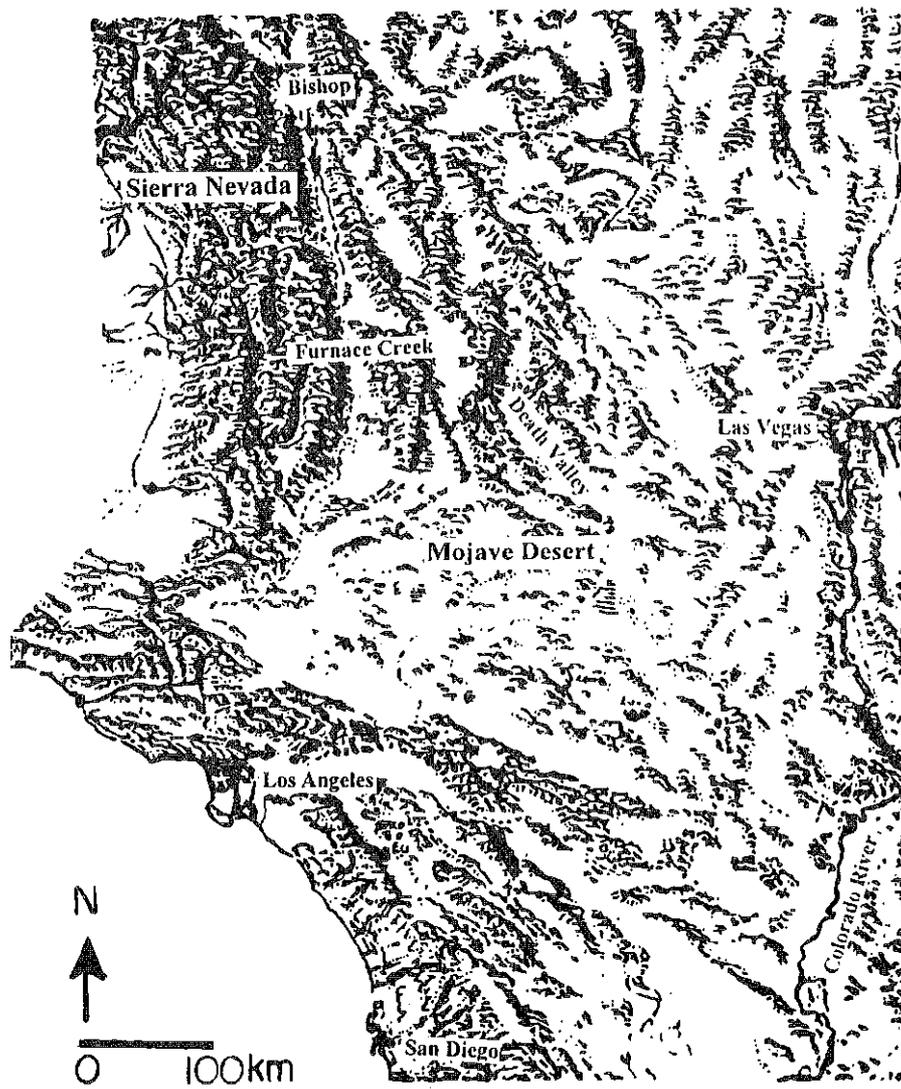


Figura 1 - Deserto do Mojave e Death Valley (DORN & MEEK, 1993)

## Dia 2: Crestline-Barstow

No dia 18 começou a passagem em direção ao deserto Mojave com o ascenso de mais de 500 m entre Crestline e Big Bear, antiga área de exploração de ouro, hoje inabitada. A posterior exploração da madeira transformou-a primeiro em reserva florestal e depois no Parque Nacional de San Bernardino. Os lagos Baldwin (originalmente uma *playa*) e Big Bear ocupam depressões fechadas naturais no fundo de um *graben*, utilizadas de início para armazenar água para uso agrícola, hoje transformadas em áreas de recreação. Sequências sedimentares com 3 km de profundidade ocupam o fundo da depressão tectônica, sem que, até hoje, tenham sido pesquisadas detalhadamente em busca de tefras ou de registros de eventos climáticos ou tectono-estratigráficos pleistocênicos. A atual ocupação e o aumento das áreas de proteção ambiental provavelmente impedirão que essas investigações venham a ser realizadas no futuro.

Um dos aspectos mais interessantes deste trecho da excursão foi a observação da província florística desértica. Ao sul dos 36°N, nos *bolsones* formados por *bajadas* e pedimentos abaixo dos 500m s.n.m., aparece a *desert scrub vegetation*, enquanto ao N desse paralelo, nos fundos das bacias a mais de 1000m e nos topos das montanhas a mais de 2000m, a maior altitude e o aumento da latitude traduzem-se em maior umidade no solo. Conseqüentemente, ao *desert scrub* juntam-se plantas de maior porte e que toleram temperaturas menores. A palinologia possibilitou reconstruções da paleodistribuição da vegetação no tempo e na altitude não muito confiáveis. Os indicadores mais precisos provêm dos ninhos de ratos selvagens, onde foram encontradas evidências da presença da creosota - planta dominante na área - já em torno de 10 ka BP<sup>1</sup>

---

1 10ka BP=10.000 anos antes do presente

Lylian Coltrinari

A preservação do deserto Mojave está sendo rediscutida pelo governo federal, depois do impasse ocorrido durante os governos Reagan e Bush por causa dos lobbies das mineradoras, terratenentes, militares e usuários de veículos *off-road*. A lei atualmente em discussão cria uma área de 600.000 ha para o Mojave National Monument (Mojave Oriental), que passaria a ser administrado pelo Serviço de Parques Nacionais; essa lei aumenta a área do Death Valley Park em 526.000 ha e em 81.000 ha a do Joshua Tree Park. Uma área adicional de 1.600.000 ha passaria a ser considerada *federal wilderness area*, onde rodovias e veículos a motor seriam proibidos.

Uma feição de grande interesse geomorfológico, o Blackhawk Landslide, um dos maiores do mundo (300.000.000 m<sup>3</sup>) foi visitado a seguir. Sua idade é, aproximadamente a do último máximo glacial e está formado por fragmentos de mármore branco que alcançam, na parte distal, altitude maior que a da área-fonte. Neste trecho, a vegetação torna-se novamente elemento de interesse: ocorrem aqui as plantas de creosota mais antigas da América do Norte, que crescem em forma de anéis clonais, onde todas as plantas têm o mesmo código genético. O mais antigo deles, o *King Clone*, tem idade aproximada de 10 ka. Junto com a flora do deserto convive o tamarindo, introduzido pelos chineses na Califórnia no final do século passado como planta ornamental e posteriormente dispersado pelos pássaros.

No Apple Valley observamos pela primeira vez os pedimentos graníticos do deserto Mojave. No caso, essa denominação é atribuída aos pedimentos rochosos, cuja litologia frequentemente não muda na passagem *inselberg*-pedimento, formados por granodioritos e monzonita quartzo. As discussões relativas à origem e evolução dos pedimentos -ou, se quisermos, sobre a origem e evolução das vertentes nas áreas secas- proliferam na bibliografia, a começar por Davis, que baseou-se no deserto Mojave para a dedução do "ciclo árido de erosão". Pontos de vista diversos são sustentados por estudiosos do deserto desde os anos 70, em particular no que refere-se à evolução paleoambiental, a morfometria e morfologia das formas e a relação entre as

seqüências de formas nos perfis dos pedimentos e a granulometria dos materiais de recobrimento, entre outras questões.

A seguir a excursão chegou à bacia do lago Manix através do Afton Canyon. As apresentações e discussões focalizaram questões diversas, entre elas, a origem dos pavimentos e vernizes desérticos (*rock coatings*) e dos *dust coatings*, material fino depositado nas soluções de continuidade das rochas. Na área percorrida considera-se que os *dust coatings* são formados por uma combinação de produtos do intemperismo *in situ* e deposição de pó transportado pelo vento.

A extensão da bacia do Lago Manix é de aproximadamente 236km<sup>2</sup>; no Pleistoceno Médio/Superior estava ocupada por um lago pluvial, e apresenta uma das melhores colunas sedimentares pleistocênicas da América do Norte, fora a do Rancho La Brea. No sítio paleontológico de Camp Cady os fósseis, as datas radiométricas e os tefras permitiram localizar a seqüência estratigráfica das argilas verdes lacustres entre 350 ka e 19 ka. O estágio máximo do Lago Manix está materializado numa *beach ridge* cuja idade radiométrica localiza-se em torno de 14.000 B.P.

### **Dia 3:Barstow-Bishop**

No dia seguinte, 19 de agosto, o percurso foi iniciado com a visita às Calico Mountains, a começar pelo Yermo Fan, uma acumulação aluvial separada das montanhas pelo deslocamento da falha Calico e posteriormente entalhada pelo escoamento, que deu origem a colinas alongadas, as *ballenas*. O sítio arqueológico do "proto-homem de Calico" foi escavado nesse depósito. O Prof. Louis Leakey teve papel importante no desenvolvimento das pesquisas nos anos 60, quando visitou o sítio a convite da arqueóloga Ruth Simpson e incentivou os trabalhos, que continuam a desenvolver-se depois de quase 40 anos. O verniz das lascas e artefatos da "Manix Lake Lithic Industry" foi estudado em seis sítios e determinou-se que a maioria dos artefatos são

Lylian Coltrinari

holocênicos, mas existem outras datações atribuindo-lhes idade pleistocênica superior.

Neste local foram novamente levantadas questões sobre os pavimentos desérticos, isto é, a concentração dos elementos grosseiros na superfície de setores abandonados de leques aluviais. São várias as hipóteses, e é difícil escolher um só agente (deflação, fluxo superficial, etc.) como único responsável pela origem das acumulações grosseiras. No caso em análise, entretanto, é provável que a deflação não tenha agido, por causa da ocorrência de vernizes e a ausência de sinais de abrasão nos seixos e artefatos.

A seguir a excursão percorreu a parte ocidental do Mojave passando ao sul das Iron Mountains. Em Kramer Junction toma-se a direção N, passando entre Saddleback Mountain e Freemont Peak, chegando às cadeias montanhosas Rand e Lava. As lavas mais antigas têm idade de  $20 \text{ Ma}^2$  no topo do planalto e na parte imediatamente inferior, entre 11-12 Ma. Depois de atravessar a faixa da falha Garlock, paralela às montanhas El Paso, entramos no sistema de drenagem do Rio Owens/Death Valley pela bacia do China Lake. Ao longo da estrada avistamos as instalações da planta experimental de energia solar do Departamento de Energia dos EUA que deverá gerar 10 MW até 1998. O projeto recebeu do presidente Clinton as verbas retiradas das pesquisas para produção de energia nuclear.

O vale Owens localiza-se entre os blocos montanhosos Inyo/White a leste e Sierra Nevada a oeste, de onde extensos piemontes formados por leques aluviais coalescentes descem em direção ao vale. Os topos das montanhas localizam-se entre 3.000 e 4.200m s.n.m. e o fundo do vale em torno de 1.200m. De acordo com os dados de anomalias gravimétricas, o embasamento do vale jaz a 1.100m abaixo do nível do mar, portanto, há aproximadamente 2.300m de sedimentos aluviais

---

2  $20 \text{ Ma} = 20.000.000$  de anos

acumulados. O clima é de estepe, com verões secos e quentes, e invernos frios com fortes ventos. A precipitação média anual de 140mm, entre chuva e neve, ocorre entre novembro e abril.

A bacia do China Lake faz parte da cadeia de lagos do sistema fluvial do rio Owens. Quando apresentava extensão máxima, o lago China juntava-se ao lago Searles, numa cadeia que terminava no Death Valley. O sistema Owens de paleolagos era o terceiro em área na América do Norte ocidental, depois do lago Bonneville e o Lahontan. A história das flutuações dos lagos foi reconstruída a partir de isótopos de oxigênio, sedimentologia e teores de cloro, a partir de 1,3 Ma, sendo que o lago Searles secou completamente somente duas vezes nos últimos 600 ka: em torno de 290 ka, e desde 10 ka até hoje. Entra-se no vale Owens através do canal de cheia pleistocênico entre os lagos Owens e China. As Fossil Falls formaram-se quando o rio Owens foi barrado por um fluxo de lava a leste das cataratas. A erupção ocorreu entre 62 e 57 ka e o basalto foi profundamente entalhado por água acumulada num lago raso que depois transbordou, formando um *canyon* - hoje abandonado - com 30 m de largura que, na parte mais profunda, alcança 12m. Alarga-se a seguir num canal de fundo chato; a jusante, aprofunda-se novamente até 10m, numa garganta com formas espetaculares marmitas [a maior delas com profundidade de 4m e diâmetro entre 0,6 e 1m], incisões, colunas. Além do modelado, que lembra a arquitetura escultural de Gaudí, o preto de basalto contrasta com os tons bege-acinzentados do solo e o azul transparente e profundo do céu, acentuando a rara beleza da paisagem.

No trajeto até Lone Pine, a estrada passa pelo lago Owens, atualmente seco por causa da transferência da água para Los Angeles. No século XIX apresentava profundidade em torno de 10m mas hoje 280 km<sup>2</sup> do fundo estão expostos à deflação. O livro-guia inclui depoimentos prestados, no começo de agosto deste ano, por um antigo criador de ovelhas e pelo *water chief* de Inyo County, que denunciam, com raiva e tristeza, a degradação da paisagem e a perda de autonomia das autoridades e dos habitantes locais face às imposições da cidade de Los Angeles.

Lylian Coltrinari

Do ponto de vista geomorfológico o vale Owens é uma área clássica para o estudo dos leques aluviais, existindo diversos modelos que tentam explicar seu desenvolvimento e estado atual. No final da tarde visitamos a escarpa de falha criada pelo terremoto de 1872 no vale Owens, local onde o movimento vertical foi aproximadamente de 6m. A análise morfológica indica que possivelmente ela foi gerada por três episódios tectônicos, dois deles pré-históricos. A falha, por sua vez, cortou o setor distal (pleistoceno) do leque aluvial de Long Pine Creek. A idade do verniz dos matacões do bloco soerguido indicam entre 17 a 14 ka, correspondendo com a deglaciação da Serra Nevada. Outro setor da Serra Nevada, o Movie Flat Pediment, apresenta outro tipo de interesse, já que desde os anos 50 tem sido utilizado como cenário de filmes "western". Faz parte do batólito da Sierra Nevada, que no setor atinge 4.418m no monte Whitney; o pedimento apoia-se nas Alabama Hills, mais de 3.000m abaixo, num claro exemplo da importância da atividade tectônica.

#### **Dia 4: Bishop-Furnace Creek**

No dia seguinte, 20 de agosto, foi realizado o percurso entre as White Mountains e Furnace Creek, no Death Valley. Subindo as White Mountains, a primeira parada ocorreu numa floresta de Bristlecone Pine. Antes disso, foi possível observar as mudanças da vegetação com a altitude e com as diversas litologias. A dendrocronologia e ecologia da floresta de *Pinus longaeva* - o Bristlecone Pine - é o aspecto melhor conhecido da história quaternária das White Mountains. A árvore viva mais antiga tem mais de 4.000 anos mas a cronologia dos anéis das árvores estende-se quase ao longo de todo o Holoceno mediante cruzamento de dados. Importantes nesse sentido foram a identificação da largura dos anéis nos limites inferior e superior da floresta, e a dos anéis de congelamento, que coincidem com as maiores erupções vulcânicas. No limite inferior inferem-se as anomalias de precipitação, e no superior, as de temperatura, com base nos desvios na largura dos anéis expressa pela média móvel de 20 anos.

A estrada em direção ao *verdadeiro deserto*, de acordo com Ron Dorn (o Mojave é, na realidade, uma zona subdesértica, do ponto de vista ecológico) atravessa, desde o vale Owens, Payson Canyon, Deep Springs Valley - onde observamos o lago seco, em cujas margens crescem plantas halófitas e os leques aluviais - , a zona de falha Furnace Creek- Death Valley e contorna as montanhas Sylvania e Gold (no estado de Nevada) e retorna à Califórnia onde acompanha o traçado da zona de falha NW-SE. Neste ponto foram discutidos os leques aluviais de Crater Flat, onde têm sido realizados estudos de correlação entre diversas superfícies geomórficas.

Tivemos a primeira visão do deserto a partir da barra de praia Beatty Road do lago Manly [Fig. 2]. O livro-guia oferece informações detalhadas de todos os aspectos paleogeográficos. Dorn & Meek [1993] mencionam os três temas clássicos da geomorfologia dos desertos, que foram retomados ao longo do percurso pelo Death Valley: primeiro é o da ação de processos que agiram em escalas espaço-temporais diferentes e organizaram, por combinação, os padrões diferenciados de relevo do Death Valley. O segundo é o das taxas graduais de mudanças geomorfológicas que caracterizam as zonas úmidas, que contrastam com a extrema dicotomia das taxas de mudança das paisagens do Death Valley: formas que permaneceram intocadas por centenas de milhares de anos aparecem ao lado de outras, remodeladas diariamente, e, em terceiro lugar, a dificuldade de integrar processos e formas em geomorfologia, clara no Death Valley, onde o clima árido atual não pôde ter originado as numerosas formas úmidas fossilizadas. Conforme os autores citados, o Vale da Morte oferece condições excepcionais para compreender os vínculos entre processos e formas mediante a correlação, no tempo, das formas fósseis com os paleoclimas que as produziram.

Outra questão relevante diz respeito à história dos lagos pluviais do Death Valley. Dorn & Meek [1993] chamam a atenção para a magnitude da mudança climática que originou uma barra de praia, hoje a 47m sobre o nível do mar, que *atualmente* está situada 132m *acima* do fundo do Death Valley. Nos períodos muito úmidos, o ponto de coa-

Lilian Coltrinari

lescência dos sistemas de drenagem paleo-Owens, Amargosa e rio Mojave era, de acordo com Blackwelder, o lago Manly no Death Valley, nível de base geral dos outros sistemas. Reconstruções paleogeográficas registram lagos históricos durante curtos períodos, inclusive em 1993; no Holoceno médio pode ter existido um lago, de acordo com evidências arqueológicas. No Pleistoceno Superior existiu um lago desde antes de 25ka e 10ka. Este dado é consistente com registros de paleovegetação de um semi-deserto de *Yucca* ao longo das margens do paleolago e flora compatível nas cadeias Panamint e Black.

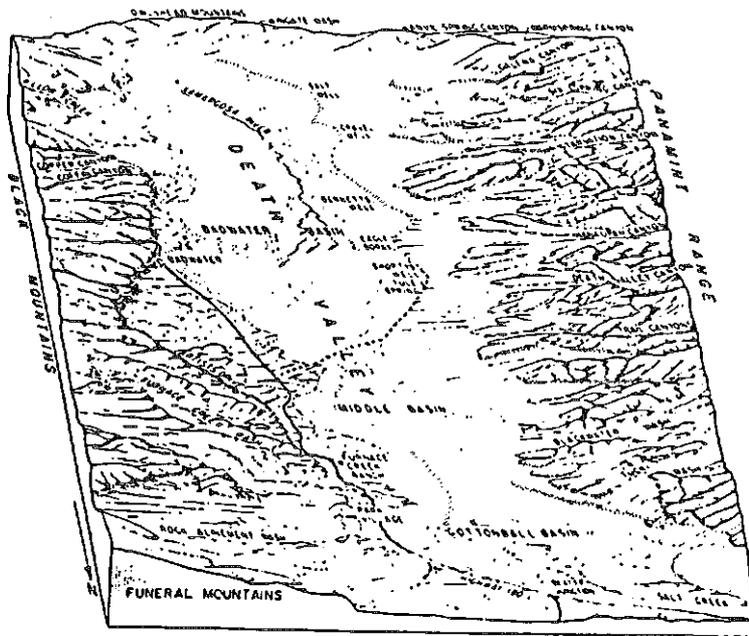


Figura 2 - Bloco diagrama do sul do Death Valley. (DORN & MEEK, 1993)

## Dia 5: Furnace Creek-Las Vegas

O último dia da excursão começou às 5 da manhã, em Zabriskie Point, no belvedere localizado sobre depósitos lacustres siltosos e argilosos da formação Furnace Creek (6-4 Ma). A descida ao longo da Gower Gulch, por onde corre atualmente a drenagem do Furnace Creek até o Death Valley, foi uma das passagens mais emocionantes do trabalho de campo. É praticamente impossível traduzir o impacto combinado de cores e formas antes da saída do sol, o jogo das sombras nas vertentes, ressaltando os entalhes nos estratos inclinados de cores diversas, o silêncio. Depois, com o amanhecer, a descoberta de outras nuances de cores, a sucessão de litologias, os traços do escoamento, fossilizados nas vertentes e ativos no fundo da garganta, os degraus do leito nos sucessivos níveis de base, e finalmente, depois de quase três horas de marcha, a visão do Death Valley.

Mais adiante, em contraste com a paisagem fluvial, visitamos o *Devil's Golf Course*, para conhecer o *salt pan* -sal limpo com pouco silte que aflora na parte central da depressão, com espessura de 0,7-2m, resultante da dessecação do lago do Holoceno Médio. O Campo de Golfe do Diabo é formado por sal grosseiro, siltosos; essa mistura de materiais -formada pela incorporação da lama aos sais que cristalizaram- acumulou-se em volta do sal limpo. Na estação seca, esse material cristaliza formando polígonos semelhantes aos *patterned soils* periglaciais. Aparentemente, as fendas formam-se enquanto as lamas ressecam e trincam; o cloreto de sódio sobe periodicamente ao longo das fendas e precipita-se formando uma cunha que cresce para cima e alarga as fendas. A etapa posterior ocorre por causa das cunhas de sal que isolam os polígonos, criando armadilhas para a água das cheias, que dissolve e precipita os sais em forma de lâminas. Aparece assim uma topografia de "pires de sal" entre as cunhas. Além disso, os materiais sofrem a compressão gerada pela expansão das cunhas de sal, criando uma microtopografia ainda mais complexa.

Lylian Coltrinari

A parada seguinte ocorreu nas diversas superfícies do Hanaupah Canyon Fan, um dos mais estudados, talvez, na América do Norte. Distinguem-se nele 4 superfícies geomórficas, a mais recente de idade holocênica. A última parada da manhã ocorreu em Badwater, o local mais baixo do hemisfério ocidental, a 85m abaixo do nível do mar. O nome deriva da água que surge na poça permanente em Badwater, com abundantes cloretos e sulfatos, mas poucos carbonatos. A viagem finalizou com o percurso entre o Death Valley e Las Vegas, com a impressão de ter deixado para trás um lugar único na Terra, pela riqueza e complexidade de sua história tectônica e climática. Ao mesmo tempo permanece a emoção de ter passado por ele junto com os pesquisadores que o visitam com frequência e conhecem quase todos seus segredos, e fizeram o possível para traduzi-los de forma fidedigna.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- DORN, R. I. & MEEK, N. -1993- *Geomorphology: Mojave Desert to Death Valley*. International Association of Geomorphologists, 3rd. International Geomorphology Conference, *Guide to Field Excursion A3*, 131p.
- WALKER, H. J. -1993- Geomorphology: the research frontier and beyond-Introduction: *Geomorphology*, 7 (1-3) : 1-7