

OS LEQUES ALUVIAIS E O PULÇÕES HUMANAS NA AMÉRICA LATINA

Gerusa Maria Duarte (*)

INTRODUÇÃO

Os leques aluviais (abanicos aluviales) ativos têm sido estudados no Brasil-Santa Catarina, e em muitos outros países uma vez que eles ocorrem em todos os continentes e em todos os tipos de climas.

Eles são uma expressão de processos deposicionais e erosivos que ocorrem entre uma área elevada de alta declividade e o sopé desta que se constitui em área ampla e de baixa declividade.

A área elevada, sejam montanhas ou planaltos com escarpamentos, é o setor de oferta de sedimentos e água. A ação das correntes fluviais se expressa mais eficientemente nos momentos de chuva ou de derretimento de neve e/ou gelo. A água tem sua capacidade ampliada pela atração gravitacional naquelas situações de desníveis entre as altas encostas e o sopé. A água com a carga sólida tem neste transporte um poder erosivo excepcional que ajuda a remover o que estiver disponível na área fonte. Há um aumento de poder erosivo e destrutivo que não cessa ao chegar ao sopé onde sua energia vai ser usada na redistribuição dos depósitos de várias idades. Assim os depósitos dos leques são continuamente erodidos e redepositados com a mudança dos canais fluviais.

O padrão de canais da área fonte dependerá das litologias, estruturas geológicas e declividade, e poderá ser paralelo, peniforme, subdendrítico. Na área do leque o padrão dominante é o entrelaçado (*braided*). Este padrão revela a alta movimentação dos canais, podendo mudar a cada inundação ou se dividir em vários canais para logo após reunir-se.

Freqüentemente os leques têm declividades de 1°, 2° até 5°, confundindo-se muitas vezes, quer em planícies quer em planaltos, com planos aluviais de outras origens, ou com outros depósitos sedimentares.

Os rios que os formam e os atravessam são em geral, rios torrenciais que produzem no plano dos leques, inundações catastróficas. Estas inundações, os processos geradores dos leques e a situação no sopé de elevações, estas com grande potencial para oferecer águas e sedimentos, tornam os leques aluviais áreas de elevado risco para as populações e as edificações humanas que neles são ou estão estabelecidas.

Na América Latina continental eles merecem mais estudos pois são encontrados em todos os países no sopé de cordilheiras, de outras cadeias montanhosas e dos escarpamentos. Ao longo da Cordilheira dos Andes, nos seus vários segmentos, nas suas vertentes leste e oeste, eles são visualizados e têm sido estudados em poucos países como o Chile e Argentina. Mas eles também ocorrem no Paraguai, Bolívia, Perú, Colômbia, Venezuela, e em outros países ao norte inclusive o México.

Os Leques Aluviais e Suas Características

Leque aluvial é um depósito fluvial cuja feição topográfica é de um leque, mais ou menos desdobrado, que se desenvolve a partir do sopé de uma elevação montanhosa, irradiando-se a partir de um ponto onde o rio deixa a área montanhosa, espalhando-se para jusante. Ele faz parte de um sistema de erosão-deposição (BULL, 1968), isto é, há uma área fonte de sedimentos onde estes são reunidos pelas águas da chuva ou de derretimento de neve nos vários tributários e levados para um canal-tronco que os transfere para uma zona mais baixa, onde vai ocorrer a sedimentação. Note-se que os três processos: erosão, transporte e deposição ocorrem nos três setores e, embora nos dois primeiros haja o predomínio da erosão e do transporte, na área do leque os três são concomitantes havendo grande dinamismo ao longo e nas laterais dos canais entrelaçados.

De acordo com BULL (1968), McGEE em 1891, declarou que o uso da expressão leque aluvial, neste sentido, foi feito pela primeira vez por HAAST, em 1864. Após este, também DREW (1873) a aplicou na bacia do Indus. GILBERT a usou em 1882, quando tratou do Lago Bonneville, e ECKIS, em 1928, quando estudou leques aluviais na Califórnia Meridional. Desde então outros a utilizaram, e desde o século passado a expressão tem sido aplicada à mesma forma e depósito construído sob condições climáticas diferentes.

(*) UFSC- Brasil

Autores também têm se referido a estes depósitos e sua forma como cone, cone de dejeção, segmento de cone, cone chato, cone baixo ou conóide e eles não estabelecem nenhuma diferença entre cone e leque aluvial.

O leque nada mais é, então, do que uma feição de um sistema duplo erosivo-deposicional. Esta se configura por uma bacia hidrográfica cujas nascentes e parte de sua rede situam-se em áreas elevadas constituindo o substrato que através de vários processos vai liberar a carga sólida inicial. Estes cursos de água reúnem-se em um tronco ou leito comum, ainda em declive acentuado mas já próximo ao sopé da elevação. Após a passagem por este leito comum, com mudança de gradiente e perda de capacidade das correntes ou fluxos, as águas e os sedimentos se espalham, pois não há mais o confinamento às paredes rochosas, formando então o leque. Esta dispersão vai permitir também o desenvolvimento do padrão de canal *braided*, que gera no leque uma intensa dinâmica erosivo-deposicional.

É, portanto, uma forma com baixa declividade cujo ponto de onde se irradia vai constituir o ápice do leque e o local mais alto da forma deposicional. O ápice é ao mesmo tempo o local mais baixo de uma área fornecedora de detritos que é radiada para cima pela ação erosiva dos tributários.

BLISSENBACH (1954) apresenta valores de declividade de leques aluviais estudados por ele e outros autores, que variaram de 5° a 9°. Os ângulos maiores que 5° são considerados como característicos da metade superior de leques pequenos, isto é, leques com extensão de poucas dezenas de metros, ou, nos 1/20 superiores de grandes leques como aqueles com extensão radial de até 7 km. Os valores apresentados por outros autores levam à afirmação de que este ângulo raramente ultrapassa 10° e, para alguns, não há ângulos maiores que 5° ou 6°.

Para BLISSENBACH (1954), ângulos acima de 5° são raros e são chamados altos; os situados entre 2° e 5° são chamados baixos ou moderados e, aqueles abaixo de 2° são leques achatados. Este autor verificou esses valores em trechos diferentes dos leques aluviais maiores, aqueles das montanhas Santa Catalina, no Arizona. Nos 300 m superiores a inclinação medida foi acima de 5°, nos 1.200 m seguintes os ângulos medidos situaram-se entre 2° e 5° e, nos restantes 5.000 m, abaixo de 2°.

Estas medidas correspondem a trechos dos leques que são diferenciados a partir do seu ápice até os depósitos mais distantes da fonte em três faixas ou zonas. Elas constituem a zona **proximal** à qual pertencem o ponto de irradiação do depósito chamado de ápice do leque e a cabeça do leque, a zona **mediana** e a zona **distal**.

Valores de **espessura** de leques de várias regiões têm sido apresentados : cerca de 165 m no leque de Tigar, na Índia (DREW, 1873); 275 m no leque do Rio Jaj, no Irã (BEAUMONT, 1972); 338 m no leque de Minel Creek, na Califórnia, EUA, (BEATY, 1970); 30 m no leque de Umberumberka, em New South Wales, na Austrália; e BLISSENBACH (1954), citando ECKIS, diz que os leques aluviais podem ter mais de 300 m de espessura, sendo as maiores espessuras no ápice. Entretanto, também afirma que, sob certas condições, um depósito de leque aluvial pode ser mais espesso na sua área distal do que no ápice, como é o caso do leque das Montanhas Santa Catalina, no Arizona. Nele as espessuras crescem de 0 a 30 m no ápice, para 60 a 90 m na área distal.

O leque pode perder a individualização de sua forma pela **coalescência lateral** de dois ou mais leques. BULL (1968) lembra que leques menores podem ter sua forma descaracterizada ou restringida por leques adjacentes maiores. Porém, para este autor, quando não se define mais a forma de um ou vários leques coalescentes, a forma constitui-se então em um avental aluvial (*alluvial apron*) ou declive(encosta) aluvial (*alluvial slope*). No Brasil muitos desses depósitos aluviais têm sido chamados de pedimentos detríticos com origem sob condições semi-áridas, sem haver referência à atividade fluvial.

GARY *et al.* (1972) apresentam, para a forma gerada pela coalescência lateral de uma série de leques aluviais individuais, mas confluentes, o nome de *bajada*, sinônimo de avental de leque (*fan apron*). Trata-se de um amplo declive ou "encosta" aluvial (*alluvial slope*) contínuo, ou superfície de detritos inclinada suavemente para dentro e em torno de uma bacia, tendo um caráter ondulante devido às convexidades dos leques componentes. Estes autores esclarecem, ainda, as diferenças entre pedimento e *bajada*. Esta é uma superfície gerada por deposição, ao passo que o pedimento é uma superfície de erosão que se assemelha à *bajada* na forma da mesma. Apresentam como sinônimo de *bajada* as seguintes palavras ou expressões: *bahada*, *apron*, *alluvial apron*, *debris apron*, *fan apron*, *mountain apron*, *compound alluvial fan*, *aluvial plain*, *waste plain*, *piedmont plain*, *piedmont slope*, *gravel piedmont* e *alluvial bench*. Vê-se que faltam muitas discussões para se homogeneizar referências. Talvez seja melhor falar-se em leques coalescidos até que a nomenclatura torne-se mais precisa. Salienta-se que *bajada* ou *bahada* é terminologia relativa a ambiente desértico.

Acredita-se que a **área** de um leque pode ser influenciada por vários fatores, porém, vêem-se leques com apenas alguns decímetros, obtidos inclusive em laboratório, até aqueles cuja forma não é abrangida com apenas uma visada, e que, portanto, poderão ser delimitados apenas mediante fotografias aéreas. BULL (1968) apresenta como variáveis mais importantes que afetam a área do leque, a litologia da bacia de drenagem, o clima, a história tectônica e o espaço disponível da bacia receptora dos sedimentos.

Este autor afirma que na Califórnia os leques que têm argilitos nas áreas-fonte são duas vezes maiores que os derivados de arenitos e também são os mais espessos, considerando-se o mesmo tempo para a produção dos sedimentos. O autor atribui este fato à maior erodibilidade dos argilitos e folhelhos. A superfície dos leques derivados de áreas-fonte constituídas de argilitos apresentam, em geral, o dobro do tamanho destas, ao passo que áreas-fonte constituídas de quartzito geram leques com 1/5 do tamanho das mesmas.

O **clima**, como outro fator coadjuvante das conformações dos leque, é discutido por BLISSENBACH (1954) que considera que leques mais achatados e com gradientes moderados ocorrem em ambientes úmidos, com abundância de água corrente, mais do que nos ambientes áridos. Nestes, para este autor, os leques aluviais são mais conspícuos, porque as condições áridas e semi-áridas são mais favoráveis ao seu desenvolvimento.

Essas explicações são muito sucintas, necessitando de maiores detalhes. Como já foi mencionado anteriormente, leques são encontrados em vários tipos de clima, e sob condições úmidas são gerados ao longo dos Alpes, dos Himalaias, no Japão e no Canadá, bem como nas regiões Árticas da Escandinávia e do Canadá, entre outras condições climáticas. Os registros pluviométricos, em muitas áreas do globo são precários, porém na Califórnia Meridional, ECKIS (*apud* BLISSENBACH, 1954) registrou precipitação pluviométrica anual de 431 mm, e no Arizona esta varia de 254 mm a 482 mm. No chamado Distrito de Sonora (McGEE, 1986 *apud* Blissenbach, 1954), ela pode alcançar 381 mm a 508 mm; na Sierra Madre, nos sopés raramente chega a 254 mm, ao passo que no interior a média cai abaixo de 127 mm e pode não ser superior a 50 mm ou 76 mm. Esses dados são elementos de comparação e também podem sugerir condições de sedimentação e geração de formas em climas semi-áridos. Porém, são ainda insuficientes pois não esclarecem sobre o regime dessas precipitações. Não tem sido levado em conta a maior ou menor infiltração ou a maior ou menor evaporação e quais as condições para que estas ocorram. As descrições de McGEE (1897), no próprio Distrito de Sonora e sopés da Sierra Madre, mostram que chuvas rápidas e concentradas promovem principalmente cheias em lençol (*sheetflood*) de areias finas que cobrem áreas relativamente extensas e com declividade perto da horizontal.

A literatura entretanto, demonstra que as interações de variáveis é que vão explicar as características dos leques. Haja vista as descrições de McGEE (1897) e de BEAUMONT (1972).

Por outro lado, as superfícies dos leques aluviais têm sido evidenciadas em fotos em trabalhos realizados sobre muitas dessas formas e corpos. O que se observa é o que tem sido afirmado por BLISSENBACH (1954) nos seus estudos sobre leques de áreas de clima semi-árido e árido, isto é, estas superfícies mostram sistemas de canais distributários que irradiam a partir do canal principal ou canal tronco, no ápice do leque. Esses canais se entrelaçam ao longo de todo o leque e não apenas na parte distal ou na área da *bajada*. São eles os distributários num sistema entrelaçado (*braided*). Segundo este autor, eles são rasos ou muito pouco encaixados na superfície do leque, quando em fase de deposição. Canais mais estreitos e profundos tendem a se formar em situações de degradação do leque ou de menor oferta de carga, porém com fluxo de água maior ou mais freqüente. Porém, deve-se considerar que a natureza permeável do leque leva à diminuição da água corrente mesmo em clima úmido e, portanto, com preenchimento mais lento do canal, ou, em momentos de intensa precipitação de chuva ou de derretimento de neve há a chegada de material entulhando o canal-tronco na área do ápice, levando à origem de um novo canal e ao retorno das condições de entrelaçamento dos distributários em outro setor do leque.

JOHNSON em 1895 (*apud* McGEE, 1897), cria a nomenclatura drenagem entrelaçante ("interlacing drainage") para uma multidão de correntes amplas, rasas e rápidas, aproximadamente paralelas, constantemente bifurcando-se e reunindo-se, de tal maneira que originam numerosas ilhas que são invadidas e varridas do local, de tempo em tempo, pelas águas. Já no século passado, de acordo com MIAL (1982), os três termos "*braided*", "*anastomosing*" e "*meandering*" eram usados, embora não bem definidos. DAVIS, em 1898, identificou o tipo "*braided*" tomando como padrão o Rio Platte, fato que se mantém até hoje e correspondente ao "*interlacing*" de Johnson. No entanto, este rio já havia sido considerado anteriormente como anastomosado ("*anastomosing stream*"), gerando muita confusão nas traduções de trabalhos de língua inglesa e na terminologia, isto é, muitos chamam de anastomosado o que é na verdade entrelaçado ("*braided*"). O padrão anastomosado é um tipo raro de canais sinuosos que circundam "ilhas" permanentes como produto de erosão efetuado pelos canais. No padrão entrelaçado ("*braided*") as barras é que podem ser transformadas em ilhas se demorarem a ser varridas pelas cheias ou pela migração dos canais. Estes depósitos podem durar um dia ou, um, dez, ou cinquenta anos, adquirindo vegetação abundante e de grande porte, mas a dinâmica deste ambiente poderá em apenas uma inundaçãõ levar a vegetaçãõ, o depósitõ e todas as construções humanas. Tudo pode ser varrido rapidamente.

Leques Aluviais Ativos na América Latina

Leques aluviais do Cenozóico, ainda com sua forma exposta subaereamente, são observados e têm sido estudados em vários Estados dos Estados Unidos como no Texas, Califórnia, Arizona, Novo México,

Nevada, Wyoming, Alasca, Iowa; em Estados do Canadá como Alberta e Colúmbia Britânica; e em outros países como na Índia, Austrália, Espanha, Argentina, Israel, Península do Sinai, Vale do Arava entre Israel e Jordânia, Irã, Afeganistão, Suécia, Nova Zelândia, Tasmânia, Papua, Nigéria, muitos deles ainda em desenvolvimento.

Leques ativos nas Américas, são referidos desde o Canadá Ártico até o sul da Argentina, relacionados a vários tipos de clima.

REGAIRAZ *et al.* (1975) demonstram a existência desses depósitos no piemonte da Pré-Cordilheira, na Província de Mendoza, Argentina, em diferentes altitudes. O rio Mendoza é o principal curso fluvial sobre os mesmos. As fotos e mapa evidenciam a migração, o entrelaçamento dos canais e o desenvolvimento dos leques sobre os quais estão as cidades de Mendoza, Maipu e Lujan.

Muitos outros leques ativos são visualizados nesta Província na área dos rios Tunuyan, Aruel e Diamante, e, mais ao norte nas Províncias de La Rioja, Catamarca, Tucuman e Santiago del Estero. Grande área dominada por leques aluviais e rios entrelaçados situam-se nas Províncias de Salta, Formosa e Chaco, no domínio do Rio Bermejo. Salta e Formosa além dos problemas com as águas e o entrelaçamento dos rios, têm aqueles com o limite com o Paraguai. Este limite é constituído pelo rio Pilcomayo, na área dos leques, com a dinâmica de rio entrelaçado. Um rio não constitui um bom limite muito menos um rio de padrão entrelaçado. Sucodem-se então questões internacionais de limite, acentuadas pelas questões com as águas fornecidas por rio com regime torrencial onde ora são escassas ora têm grande volume, inundando grande área para voltar muitas vezes a um curso novo, mais para o norte ou mais para o sul. Salienta-se que as nascentes do Pilcomayo e algumas do Bermejo estão na Bolívia o que orienta para a discussão internacional dos problemas sobre águas nestas bacias.

O caso do Paraguai é bastante sério. Quase dois terços (246.925 km²) da área daquele país, com total de 406.752 km², a oeste do Rio Paraguai, constituem cinco dos vinte e um Departamentos e tem uma densidade populacional bastante baixa pois compreende menos de 200 mil habitantes, contra quatro milhões do outro terço. A razão é principalmente a má distribuição das águas no piemonte andino, provenientes da Bolívia e que desaparecem por infiltração e evaporação. Acresce o fato de serem águas muito ricas em sais, o que é de se esperar considerando-se os processos de alteração das rochas nas altitudes andinas.

No Chile referências têm sido feitas aos leques na área da capital Santiago. Outras ocorrências existem em muitos locais e trechos ao longo da zona costeira bem visualizados de avião, de Santiago para o norte, ou entre a Cordilheira da Costa e a Cordilheira Ocidental. Entre Antofagasta e Calama observam-se vários e amplos leques que põem em risco a Carretera Panamericana e outras rodovias pavimentadas. Como a área é muito seca o risco não é tão freqüente, mas a possibilidade de areias sobre a pista é um risco para o transporte rodoviário uma vez que estas estradas atravessam estes leques.

A maioria dos países entre o Chile e o México, ao longo da zona costeira mais ou menos elevada, como trechos de grandes terraços marinhos soerguidos, apresentam leques aluviais, sempre com os padrões morfológicos de leques mais ou menos abertos, com rios de padrão entrelaçado, inclinando do sopé da cordilheira Andina, ou outras elevações para o mar. Praticamente todos os rios que chegam à costa desenvolvem estas características.

No México vários autores estudaram leques aluviais no sopé da Sierra Madre Ocidental e Oriental.

Leques aluviais têm sido registrados no Brasil, na grande maioria dos Estados, por literatura especializada nos campos de conhecimento da Geologia e Geomorfologia, cujos depósitos situam-se no intervalo de tempo entre o Proterozóico e o Cenozóico. Os trabalhos geológicos apresentados até agora no Brasil visam principalmente a caracterização dos corpos de rochas ou dos depósitos sedimentares, não havendo descrições de formas. A forma é apenas sugerida pelo nome leque, cone de dejeção ou em desenhos estilizados. Os trabalhos mais antigos com enfoque geomorfológico parecem ser os de MARTONNE (1944) e de RUELLAN (1944).

Uma área com leques que chama a atenção é aquela do Pantanal Matogrossense por não possuir a montante grandes elevações, mas há a escarpa da Serra de Maracaju, sobre rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Talvez devida a esta contribuição é que a área é tão ampla. Os depósitos arenosos do leque do Taquari tem a contribuição de arenitos do Devoniano e do Carbonífero daquela bacia. Como outros rios entrelaçados o Taquari tem períodos em que suas águas são muito baixas apresentando canais secos.

Em Santa Catarina, leques ativos são citados rapidamente, sem nenhuma descrição geológica ou geomorfológica nos trabalhos da Bacia do Paraná–Borda Leste (GUAZELLI & FEIJÓ, 1970).

Neste Estado estes depósitos com expressão areal e morfológica ocorrem em pelo menos três bacias fluviais da vertente atlântica : Mampituba, Araranguá e Tubarão, e, em uma do planalto : a do rio Canoas, formador do rio Uruguai.

Na bacia do rio Tubarão eles ocorrem em dois setores: aquele da sub-bacia do rio Laranjeiras no sopé da Serra Geral e o outro constituindo o leque deltáico na área da foz do Tubarão. Nas bacias dos rios Araranguá e Mampituba, no extremo sul de Santa Catarina, eles foram melhor estudados.(DUARTE, 1995). Nelas uma série de leques irradiam-se do sopé da escarpa da Serra Geral para o leste, entre 20m e 200m de altitude, coalescendo lateralmente. Na bacia do rio Araranguá cobrem cerca de 1100 km² estando unidos os leques dos rios Manoel Alves e Jundiá, do Amola Faca que reúne o Molha Coco, o Rocinha e o Figueira, do Pinheirinho, do da Pedra e Itoupava. Mais para leste e proveniente do norte há depósitos relacionados aos leques dos rios do Cedro, Mãe Luzia e Sangão. Na bacia do rio Mampituba estes depósitos cobrem cerca de 160 km², distribuídos nos leques dos rios Bonito e Leão, Sanga da Ripa, Cachoeira, Três Irmãos, Malacara ou Macaco, Molha Côco, Pavão e Mampituba.

No extremo sul de Santa Catarina, os leques têm parte da zona proximal ou cabeça do leque estendida e confinada dentro dos vales, isto é, constituem o que foi denominado de *fan-bay* por W.M. DAVIS, em 1938 (*apud* BLISSENBACH, 1954). Esta situação é melhor observada em todos os leques da bacia do rio Araranguá, onde os alargamentos dos vales são maiores que na bacia do rio Mampituba. Dominam nas duas bacias os depósitos proximais e medianos dos leques aluviais. Há pouca representação dos depósitos distais. Os leques coalescem na parte que está sendo considerada como sua zona mediana.

Os raios dos leques aluviais do extremo sul catarinense variam de 7,25 km, no leque do Rio Malacara ou Macaco, na bacia do rio Mampituba, a 34 km, no do Rio da Pedra, na bacia do rio Araranguá. Na literatura são citados raios de poucas centenas de metros (BEAUMONT, 1972), de uma milha, no leque do Tigar, na Índia (DREW, 1873); de três a 30 km (BOOTHROYD & NUMEDAL, 1982), até 48.270 km (DAVIS Jr., 1983). BLISSENBACH (1954) afirma que os raios de um leque aluvial podem ter de 152 m nos leques das Black Hills, Arizona, a 6,5 km nas Montanhas Catalina, também no Arizona, podendo, entretanto, alcançar mais de 60 km.

Os perfis longitudinais dos leques aluviais da área mostram-se levemente côncavos para cima, porém também poder-se-ia dizer que se constituem de vários segmentos retilíneos.

Suas larguras ainda nos trechos considerados proximais variam de 4 km a 7 km na bacia do rio Araranguá, e 1,5 km a 3 km nos leques da bacia do rio Mampituba. Os depósitos das zonas medianas dos leques estão coalescidos, atingindo uma largura de norte a sul, de 15 km na bacia do rio Mampituba, e cerca de 42,5 km na bacia do rio Araranguá, de nordeste a sudoeste. Medidas transversais dos leques têm sido citadas com valores de 3 km, em leques coalescidos na margem esquerda do Indus, na Índia (DREW, 1873); de 4 km nos leques de Minel Creek, White Mountains, EUA, (BEATY, 1970); e de 19 a 30 km, em leques coalescentes do oeste de Fresno County, na Califórnia (BULL, 1962, 1964).

As espessuras conhecidas nos leques de ambas as bacias do extremo sul catarinense são variáveis. Na bacia do rio Mampituba as medidas até o embasamento são mais numerosas devidas aos estudos realizados pela SUDESUL. Ali o que se conhece evidencia que na zona proximal dos leques a espessura pode variar de 0 m a 30 m. Na área de Costão Novo, a oeste da localidade de Cachoeira, município de Praia Grande, no leque do Rio Cachoeira, verifica-se lado a lado, tanto formas lobadas dos depósitos de leques aluviais quanto formas convexas produto da erosão sobre o Arenito Botucatu, com desníveis de 6 a 8 m e altitudes em torno de 80 a 90 m. Entretanto, pouco mais ao norte, no eixo projetado da barragem do Rio Leão, os depósitos de leque apresentam-se com espessuras de 12 m e na do Rio Bonito, de até 18m. Para o sul, na área do *fan-bay* do leque do Rio Mampituba, as espessuras chegam a 30m. Por outro lado no leito do Rio Leão a jusante do local da barragem, rochas do Grupo Passa Dois afloram, evidenciando um assoalho da bacia receptora bastante erodido e de morfologia irregular.

Os leques da bacia do rio Araranguá são diferenciados dos da bacia do rio Mampituba pela sua maior área, com largura e raios bem maiores, a coalescência já ocorrendo em altitudes entre 100 e 200 m, como é o caso dos leques formados pelos rios Rocinha, Amola Faca e Molha Coco; as áreas de coalescência em cotas mais baixas são também muito maiores que nos leques da bacia do rio Mampituba. A área distal constitui um avental de leque entre 20 e 40 m, sendo larga e contínua, havendo a coalescência de todos os seus leques. Esta morfologia de leques coalescidos se estende em cotas abaixo de 20 m e com superfície muito maior que na bacia do Mampituba.

As declividades dos leques das duas bacias são similares, em torno de 1° . elas são menores em direção aos limites distais. Uma exceção é a do leque do rio Pavão na bacia do Mampituba.

O leque do Rio Pavão é bastante individualizado ao passo que os que se situam mais ao norte dentro da mesma bacia, são todos coalescentes nas altitudes entre 40 e 60 m, e aqueles entre a localidade de São Brás e Rio Leão já coalescem a partir dos 80 m de altitude.

O Rio Mampituba, que corre de sudoeste para nordeste, tem seu leque iniciando-se dentro do vale e assim nesta situação é um *fan bay* que vai se espriar na altura da localidade de Praia Grande.

Ainda na situação de *fan bay* recebe toda a carga de detritos e águas da bacia do Rio Pavão, afluente da margem esquerda. A área dominada por este rio com canais múltiplos, situada entre a base da escarpa da Serra Geral, saindo do cânion do Itaimbezinho, até o Rio Mampituba, constitui-se num leque aluvial com disposição transversal ao *fan-bay* do último.

O leque do Rio Pavão, cobre aproximadamente 10 km², enquanto o do Rio Mampituba sem este contribuinte, tem cerca de 44 km². As declividades de ambos explicam a morfologia geral assumida pelo leque do Rio Pavão. Enquanto o Rio Mampituba na área do *fan bay*, possui menos de 1° de inclinação entre as altitudes de 90 m e 70 m e apenas 30' de inclinação entre 90 m e 50 m de altitude, o Rio Pavão tem mais de 3° de inclinação.

A área aproximada dos domínios dos leques individualizados na bacia do Araranguá varia de 60 km² no leque do Pinheirinho a 400 km² (176 km² dos quais situam-se entre 40m e pouco menos de 20m de altitude), no leque do Rio Mãe Luzia/Cedro, enquanto na bacia do Mampituba a área varia de 12 km² no leque do Leão/Bonito a 26 km² no Cachoeira e outros 26 km² no da Sanga da Ripa/Molha Rabo.

O padrão entrelaçado é o característico da área dos leques aluviais, no sopé da escarpa da Serra Geral. Este padrão constitui-se ali por sistemas de canais múltiplos, complexos. Tanto os canais principais mencionados anteriormente como outros menores mudam de posição e comportamento, permitindo uma toponímia variada para o mesmo rio e que freqüentemente traz confusão tanto para a população como para quem pesquisa. Freqüentemente os rios têm dois nomes e, por vezes vários. Assim, o Rio Pavão também é chamado do Boi, e seus dois canais principais, a montante da principal ponte que o atravessa, recebem ainda o nome de Rio Seco, ora um, ora outro. O Rio Mampituba recebe ainda os nomes de Roça da Estância, Morto, Velho, Praia Grande, Grande, Preto, Verde e novamente Mampituba no último trecho do baixo curso. Esta toponímia múltipla para um mesmo rio deve-se ao entrelaçamento ou subdivisão do canal principal que não é entendida pela população e não é percebida pelos reambuladores e elaboradores dos mapas e mesmo na fotointerpretação, por muitos estudiosos.

Muitos canais têm o nome de Rio do Meio, Rio Seco, Rio Turvo, ou nomes como Rio Morto e Sanga Perdida que lembram a situação de bifurcações, mudança de curso, entulhamento, diminuição do fluxo da água, enfim entrelaçamentos, típicos de leques.

Nos últimos 60 anos, de acordo com a informação dos habitantes dessas áreas, estes rios têm mudado tanto de curso como também de vazão, evidenciando que os leques são ativos ainda hoje.

Depósitos de Leques Aluviais e a Atividade Fluvial

Os depósitos de leques compreendem na área estudada três tipos de materiais rudáceos, e depósitos de materiais mais finos. Entre os rudáceos diferenciam-se os sem matriz - fácies de canal fluvial predominante; os com matriz arenosa e os com matriz argilosa - fácies de "debris flow" com pequena representação. Há depósitos mais finos, areno-argilosos - fácies areno-argilosa, intercalados nos ruditos, e outros tanto no leque mediano como na base do leque. Frequentemente sobre os depósitos rudáceos vê-se uma cobertura que varia de espessura chegando até 4 m, em que dominam areia e finos, porém com pequenos geodos ou seus fragmentos disseminados e que estão pedogeneizados de tal modo a apresentar horizontes de solos bem definidos.

Todos os afloramentos encontrados foram examinados. Na área proximal e mediana dos leques foram medidos 63 cortes em sua espessura e comprimento e foram descritos quanto ao material constituinte, distribuição, coloração, características pedogenéticas e de 39 foram coletadas amostras.

Na área proximal e mediana onde dominam os depósitos rudáceos, a cobertura de materiais mais finos, já referida, apresenta horizontes e que constituem perfis de solo. Este aspecto é importante, porque a presença de horizonte-B em solos dá uma idéia de idade relativa. Apenas processos pedogenéticos muito longos geram horizontes bem delineados. Um outro aspecto que é acrescido a esta questão de idade é a possibilidade de sedimentos rudáceos terem sido completamente mascarados pela pedogênese, isto é, o topo dos depósitos com material rudáceo teria sido alterado tão intensamente que os seixos deixaram de existir passando a constituir o solo. Este fato também sugere a antigüidade de alguns depósitos. Esclarece-se que os mais variados tamanhos de fragmentos mostram-se com forte alteração intempérica pois apenas a limpeza dos cortes com a enxada seccionou quase a totalidade desses fragmentos. Raramente encontrou-se o núcleo vivo da rocha. Os fragmentos constituem-se de basaltos, com exceção de alguns seixos de rochas sedimentares em três afloramentos.

Outras hipóteses podem ser aventadas: uma tal cobertura de materiais mais finos que cobre extensas áreas poderia ser pensada como de origem eólica, ou marinha, ou cinzas vulcânicas. Nenhuma dessas possibilidades explicaria a variedade de conteúdo dessa cobertura que vai de argilas a geodos e fragmentos destes, de vários tamanhos (2 mm a 2,5 cm), e por vezes também fragmentos de basalto, menores que 10 cm. Além deste aspecto há aquele da concordância desta cobertura com as formas lobadas convexas, isto é, o perfil do solo acompanha a forma.

Na maioria dos afloramentos, os tamanhos maiores (eixo maior) dos fragmentos medidos dos depósitos rudáceos variam de 10 cm a 42 cm, ao passo que os tamanhos menores situam-se entre 3 mm e 1,5 cm. Porém, os tamanhos preponderantes vão de 5 a 15 cm.

Na bacia do rio Araranguá o tamanho médio é frequentemente maior que na bacia do rio Mampituba. Entretanto, nesta há um afloramento de área proximal de um leque, ao norte da localidade de Vila Rosa e no domínio do Rio Macaco ou Malacara, em que dominam blocos e matacões.

No domínio das áreas proximais e médias, na bacia do rio Mampituba, são notadas entre as formas lobadas, áreas planas com inclinação muito baixa, isto é, menor que a inclinação geral dos leques. Estes planos constituem-se de material rudáceo na base, até o tamanho de matacão, porém, no topo os sedimentos são bem mais finos que quando secos apresentam coloração esbranquiçada. Há uma diferença marcante entre a cor do material seco das formas lobadas e a do material dessas áreas planas intercaladas. Isto talvez deva-se a menor permeabilidade da parte superior das últimas e sua menor inclinação, do que nas formas lobadas.

Os depósitos distais da fácies areno-argilosa, afloram apenas na bacia do rio Araranguá. A área é pequena e estes depósitos são descontínuos pois apresentam-se dissecados. Suas altitudes variam de 5 a 9 m; em um local chegam a 11 m. Encontram-se profundamente pedogeneizados com cobertura de Latossolo roxo. Encontram-se em cotas abaixo de 20 m. A oeste destes afloramentos eles podem estar interdigitados com os depósitos com seixos e mesmo recobrimdo-os.

Os cascalhos das barras de leitos de rios atuais apresentam uma variedade de tamanhos entre 4mm e maior que 256 mm, até métricos, isto é, de seixo a matacão Mas, é raro encontrar-se nos depósitos seixos pequenos, pois frequentemente o intervalo entre 16 mm e 32mm apresenta valores percentuais muito baixos, isto é, menores que 10%, praticamente inexistindo os menores. Continuando a referência, segundo intervalos de 1ϕ , os tamanhos mais frequentes são ora de 32 mm a 64 mm e ora de 64 mm a 128 mm. São sedimentos unimodais e a moda nunca alcança 50% dos fragmentos medidos, embora a maioria das modas tenha valores acima de 40%.

Todos os tamanhos de fragmentos podem ser colocados em movimento. Foi verificado este fato em campo quando todos eles foram pintados ao longo de uma faixa de pouco mais de 1 m de largura atravessando todo o canal, ou em outros locais onde todos os fragmentos da superfície de barra lateral ou longitudinal foram também pintados. Ou mesmo quando apenas os maiores foram assim marcados. A movimentação aconteceu após uma chuva de dois dias que elevou as águas, não considerada como enchente pela população. Segundo esta "foi uma chuva pouca".

As tintas usadas foram de diversos tipos e cores para distinguir os fragmentos dos diversos setores.

Processos Geradores de Depósitos

No que se relaciona aos leques, BULL (1968) afirma que a deposição geradora do leque aluvial não é causada pelo decréscimo abrupto no gradiente do canal do rio, pois as declividades da parte superior da maioria dos leques seriam quase as mesmas daquela do canal imediatamente a montante dos ápices dessas formas, e a mudança da declividade nas superfícies das mesmas é gradual.

Para este autor, a deposição é causada por mudanças na geometria hidráulica do fluxo após o rio deixar a área confinada do canal-tronco, uma vez que a descarga do rio é igual ao produto da área da seção transversal do canal pela velocidade do fluxo. Quando um rio ou o fluxo de detritos (*debris flow*) alcança o final do canal-tronco na cabeça do leque, ele se espalha. O aumento da largura é acompanhado pelo decréscimo da profundidade e da velocidade, o que causa a deposição do material. Também a descarga diminui quando o fluxo se faz sobre depósitos permeáveis permitindo a infiltração da água tendo como conseqüência um aumento da concentração da carga, promovendo a deposição.

Essa afirmação é aceitável uma vez que há de fato uma modificação do fluxo, isto é, da geometria hidráulica, pelo maior espaço que as águas e sedimentos podem ocupar. Há a passagem de fluxo de canal único para múltiplos canais. A elevação e os seus canais fluviais ajudam no sentido de recolher água e sedimentos de uma grande área íngreme que permite tanto a grande velocidade das águas como a movimentação de fragmentos dos mais variados tamanhos com a contribuição da ação da gravidade. É óbvio que a chegada dos sedimentos em baixas altitudes e em espaços de baixa declividade com conseqüente diminuição da ação da gravidade, vai levar à deposição imediata dos fragmentos, pelo menos os mais grossos. A água, por sua vez, se for abundante, não tem sua velocidade diminuída tão abruptamente podendo ser muito alta até longas distâncias, alcançando o leque mediano e a base do mesmo, ou mais longe.

Quando a água se espalha sobre o leque em variados canais rasos, sua velocidade decresce, pois o fluxo é distribuído, além de haver a infiltração. Os leques das bacias do rio Mampituba e do Araranguá evidenciam essa infiltração tanto pelo tipo dos sedimentos dos mesmos como pelo substrato rochoso constituído de rochas sedimentares, principalmente na bacia do rio Mampituba, onde o embasamento é em grande parte de Arenito Botucatu. Essa infiltração é evidenciada pelo desaparecimento dos fluxos de água, gerando os rios Seco, Morto, Sanga Escondida e toponímias semelhantes. Essa situação é assim explicada pelos ocupantes dessas áreas, e observada nos trabalhos de campo, sejam em estações mais úmidas ou mais secas dos anos de pluviosidade normal. O fenômeno deixa de acontecer nos momentos de chuvas abundantes que geram inundações.

Para BULL (1968), com a mudança da geometria hidráulica, isto é, após a corrente-tronco fluir como canal reto ou sinuoso, ao chegar na área de espalhamento ou área deposicional, podem se originar vários distributários com canais descontínuos e entrelaçados (*braided*). Esses são característicos de fluxos de água torrenciais, quando durante as épocas de maior fluxo eles são preenchidos com sedimentos e então desviam-se para um outro local a pequena distância. Dessa atividade resultam depósitos que consistem de barras rasas de cascalho mal estratificado ou de areias com estratificação cruzada. Geralmente esses depósitos são de granulometria maior do que aqueles de tipo lençol, adjacentes.

As idéias e descrições apresentadas por BLISSENBACH(1954), BULL(1968) e McGEE (1897) são importantes porque eles trabalharam em climas semi-árido e árido, e deixam claro que sedimentos granulometricamente finos são comuns nesses climas - um tema a ser repensado em termos de Brasil - e, por outro lado, o papel das águas sob forma de rios ou correntes é significativo nos leques. BULL (1968) ainda afirma que o fluxo de detritos(*debris flow*) não necessita de todas as condições que ele apresentou, isto é, uma área-fonte que proporcione uma matriz de lama, encostas íngremes e cobertura insuficiente de vegetação.

Numa área fonte que proporcione fragmentos de vários tamanhos, desde argila até matacões, e que apresente fortes declives como é o caso da escarpa da Serra Geral, quando o material, relativamente abundante, é colocado em movimento, a vegetação mesmo arbórea não o segurará, e inclusive fará parte do material em deslocamento, que se espalhará mais ou menos. Isto vale para os fluxos de detritos e mesmo para os rios em situação de cheias ou águas altas.

Basta presenciar a queda livre de matacões junto com material de vários tamanhos, na escarpa do cânion do médio curso do rio Pavão, bacia do Mampituba, mesmo sem chuva. Ou verificar, atualmente, em locais escarpados, a cicatriz de material deslocado e seu acúmulo no sopé, encobrindo a vegetação. Ou, presenciar o início de uma cheia em períodos chuvosos ou mesmo uma cheia resultado de chuvas caídas apenas no planalto, ou na área das escarpas da Serra Geral, e verificar a movimentação dos seixos, blocos e ainda matacões a longas distâncias da fonte.

Os Leques Aluviais e os Riscos para as Populações

Pela dinâmica fluvial, isto é, rios torrenciais; geração de canais entrelaçados mudando freqüentemente de lugar; os processos erosivos e deposicionais intensos, transformando em canais grande área lateral; a grande capacidade destrutiva de rios e suas cargas sólidas provenientes de altas elevações cuja força hidráulica é ampliada pelo desnível do relevo, força esta que se prolonga nos leques; se a fonte fornece matacões estes rios tem capacidade para transportá-los; os leques aluviais são áreas de riscos para toda a população humana que ocupa estes depósitos.

Como exemplo dos riscos pode-se lembrar os fatos acontecidos nas últimas chuvas e inundações catastróficas ocorridas na Venezuela com muitas mortes e outras perdas. Situações semelhantes têm ocorridos em Santa Catarina. São exemplos as catástrofes com perdas de famílias inteiras nas inundações de março de 1974 na bacia do rio Mampituba e em dezembro de 1995 na do rio Araranguá, entre tantas outras de abrangência menor mas com grandes perdas de casas, pontes, estradas, animais, plantações e muitas vezes todo o solo agricultável.

Outras situações de risco são os conflitos que ocorrem devidos à escassez de água e conflitos de limites em áreas de leques aluviais. No primeiro caso a situação se estabelece porque seus rios são torrenciais, quer em zonas secas como no oeste do Paraguai e norte da Argentina quer em zonas subtropicais úmidas como em Santa Catarina. Esta escassez deve-se a grande variação do caudal durante o ano. No segundo caso os conflitos ocorrem quando um rio de leque aluvial é usado para marcar o limite entre Estados(Províncias ou Departamentos) e entre países. A dificuldade se estabelece uma vez que os rios nos leques aluviais, não mantêm seu leito por muito tempo. É o caso entre Argentina e Paraguai que além do limite entre estes países mudar freqüentemente com as mudanças do Pilcomayo, estas acentuam as situações de escassez de água para as populações locais.

Em Santa Catarina muitas pontes de diferentes tipos e estradas têm sido levadas por cheias provenientes de chuvas de apenas duas horas na escarpa da Serra Geral. Além destas, casas, pessoas, famílias inteiras, caminhões, depósitos de produtos agrícolas, gado, até o próprio solo onde cultivavam têm sido levados em inundações por rios pequenos e que estão durante meses sem água, cujo leito é atravessado por veículos distintos. Muitas vezes o solo é recoberto por toneladas de seixos prejudicando a atividade agrícola ali desenvolvida.

Por outro lado, os depósitos dos leques aluviais podem reservar bom volume de água subterrânea. Este volume e a qualidade da água dependerá de cada condição geológica/geográfica-climática. Freqüentemente o volume é grande e seu uso deverá ser bem planejado para atender adequadamente as necessidades e para se evitar situações de contaminação do aquífero.

BIBLIOGRAFIA

- BEATY, C. B.. Age and estimated rate of accumulation of an alluvial fan, White Mountains, California, U.S.A. **Amer. Jour. of Science.**, v. 268, p. 50-77, 1970.
- BEAUMONT, P.. Alluvial fans along the foothills of the Elburz Mountains, Iran. **Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoeco.**, Amsterdam, v. , p. 251-273, 1972.
- BLISSENBACH, E.. Geology of alluvial fans in semiarid regions. **Bull. Geol. Soc. Amer.**, v. 65, p. 175-190, 1954.
- BULL, W. B.. Alluvial-fan deposits in Western Fresno County, California. **Jour. of Geol.**, (Geol.Notes), v. 71, p. 243-251, 1962.
- BULL, W. B.. History and causes of channel trenching in Western Fresno County, California. **Amer. Jour. of Science.**, v. 262, p. 249-258, 1964.
- BULL, W. B.. Geomorphology of segmented alluvial fans in Western Fresno County, California. **U. S. Geol. Survey Prof. Paper 352 - E.**, p. 89-129, 1964.
- BULL, W. B.. Alluvial fans. **Jour. of Geol. Educ.**, v. 16, n. 3, p. 101-106, 1968.
- DREW, F.. Alluvial and lacustrine deposits and glacial records of the Upper-Indus Basin. - Part I. Alluvial Deposits. **Geol. Soc. London Quart. Jour.**, v. 29, p. 441-471, 1873.
- DUARTE, G.M. . Depósito cenozóicos costeiros e a morfologia do extremo sul de Santa Catarina. Tese de Doutorado. IG/USP.v.1:300p.,V.2: 343p.1995.
- GARY, M., MCAFEE JR., R., WOLF, C. L. (Eds.). **Glossary of geology**. Washington, D. C. : American Geological Institute, 1972. 805 p., A-1-52 p.
- GUAZELLI, W., FEIJÓ, F. J.. **Geologia de semi-detelhe do Centro-Leste e Sudeste de Santa Catarina** : relatório n. 396, Petrobrás. DESUL, SEGES, 1970. Ponta Grossa. Paraná. Relatório Interno, n. 3.720. 38 p. Anexos. Mapas.
- MARTONNE, E. de. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. II - O modelado tropical. **Rev. Bras. de Geografia**, v. 6, n. 2, p. 155-178, 1944.
- McGEE, W. J.. Sheetflood erosion. **Bull. Geol. Soc. Amer.**, v. 8, p. 87-111, 1897.
- REGAIRAZ, A C.; BARRERA, O. R. . Formaciones del Cuaternario. Unidades geomorfológicas y su relación com el escurrimiento de las aguas en el piede-monte de la precordillera. Na. Acad. Bras. Ciênc., v. 47(Suplemento), p.5-20, 1975.
- RUELLAN, F.. A evolução geomorfológica da Baía de Guanabara e das regiões vizinhas. **Rev. Bras. de Geografia**, v. 6, n. 4, p. 103-199, 1944.