

A INFLUÊNCIA DA EXTRAÇÃO DE AREIA NA INSTABILIDADE DAS MARGENS FLUVIAIS NO BAIXO VALE DO RIO ITAJAÍ-AÇU (SANTA CATARINA)

SANTOS, G. F. DOS

1 Departamento de História e Geografia, Centro de Ciências Humanas e da Comunicação, Universidade Regional de Blumenau. Rua Antônio da Veiga, 140, C.P. 1507, CEP: 89010-971, Blumenau – SC. frieden@furb.br

PINHEIRO, A.

2 Departamento de Engenharia Civil, Universidade Regional de Blumenau. Rua Antônio da Veiga, 140, C.P. 1507, CEP: 89010-971, Blumenau – SC. pinheiro@furb.br

AUMOND, J. J.

3 Departamento de Ciências Naturais, Universidade Regional de Blumenau. Rua Antônio da Veiga, 140, C.P. 1507, CEP: 89010-971, Blumenau – SC. aumond@furb.br

RESUMO

Nos últimos anos, principalmente a partir da década de 80, foram registrados diversos escorregamentos nas margens do rio Itajaí-Açu, entre os municípios de Blumenau e Itajaí. Simultaneamente, ocorre a extração de um grande volume de areia no baixo vale com a presença de 28 portos. O processo erosivo tem sido associado à exploração de areia no canal fluvial, resultando nos estudos aqui apresentados para definir o real efeito causado pela extração na instabilidade das margens. O Rio Itajaí-Açu no baixo vale apresenta um padrão de drenagem altamente sinuoso definido por margens de erosão (côncavas) e de deposição (convexas). As margens convexas constituem atualmente os setores mais críticos à erosão fluvial, constituídas basicamente de sedimentos aluviais holocênicos inconsolidados. O estudo está baseado na análise de levantamentos topobatimétricos, estabelecidos em 8 trechos. Também foram definidas diversas sondagens geológicas/geotécnicas: um dentro do leito do rio, um na superfície inclinada da margem e outro no topo da margem. A representação dos perfis transversais do rio Itajaí-Açu deu-se da seguinte forma: a configuração atual do canal fluvial, e o de estabilidade. Os perfis transversais foram desenvolvidos através do método de análise de Bishop Circular, cujo cálculo estabeleceu-se pelo software STABL da Universidade de Purdue (Estados Unidos). A linha de estabilidade mostra o perfil transversal ideal do rio sem comprometer o escorregamento das margens. Constatou-se no estudo dos oito trechos o seguinte: em geral, nos pontos mais profundos das depressões, os sedimentos não consolidados tem sido extraídos, chegando-se até a camada impenetrável. Isto é um indicativo de que a extração de areia tem sido superior à deposição natural; a extração de areia tem sido executada muito próximo das margens, produzindo sua instabilização; em alguns trechos as declividades elevadas das margens do rio as tornam potencialmente instáveis; a extração de areia até determinadas profundidades dependendo do afastamento das margens não gera necessariamente sua instabilização. A delimitação mesmo rigorosa de profundidades e afastamentos para a extração de areia isoladamente, também não garante a estabilidade das margens com relação a outros fatores, como a saturação e o esforço trativo do escoamento fluvial; a profundidade das cavas produzidas pela extração de areia tem contribuído para a sua instabilização; a produção de sedimentos e sua deposição nas cavas pode estar ocorrendo apenas com cheias de média e de grande porte; a canalização do rio Itajaí-Açu realizada em 1986 é responsável pela instabilidade das margens.

Palavras-chave: extração de areia, rio Itajaí-Açu, escorregamentos.

1. INTRODUÇÃO E ÁREA DE ESTUDO

Este texto é parte dos resultados da pesquisa efetuada para analisar os “Efeitos da Atividade Extrativa de Areia na Erosão das Margens no Baixo Vale do Itajaí-Açu” (Pinheiro et al., 2000). No decorrer dos últimos anos, particularmente a partir da década de 80, foram registrados diversos escorregamentos em vários pontos ao longo das margens do rio Itajaí-Açu, principalmente entre Blumenau e Itajaí, inclusive nas áreas urbanas,

causando grande preocupação às comunidades ribeirinhas bem como às autoridades locais e estaduais.

Concomitantemente aos escorregamentos vem sendo executada em grande escala a extração de areia no baixo vale, através de dragagem flutuante, com a presença de 28 portos de areia no trecho de Blumenau a Navegantes. A ocorrência dos referidos processos erosivos têm sido associados às manobras de retirada de material do leito do rio, o que motivou os estudos aqui apresentados para esclarecer uma possível relação causa/efeito com a instabilização das margens do rio. O presente estudo centraliza-se na influência da extração de areia na instabilidade das margens fluviais, mas se reconhece outros processos de interferência antrópica com reflexos diretos na dinâmica fluvial e na própria configuração dos rios, como as obras de engenharia (canalização da drenagem e da construção de barragens), e as transformações ambientais nas encostas da bacia hidrográfica (agricultura, pastagem, urbanização e o desmatamento).

De acordo com Keller (1981) nos períodos de fluxos baixos, os sedimentos das soleiras (riffles) são transportados pelas águas correntes e depositados nas depressões (pools). No decorrer dos períodos de altos fluxos, por sua vez, as depressões são escavadas e limpas pela correnteza que depositam o sedimento removido nas soleiras (Cunha, 1995). De acordo com a autora, a dinâmica dos sedimentos do leito fluvial mantém a morfologia com seqüências de depressões e soleiras que produz uma seleção natural desses sedimentos, em que os mais grosseiros se depositam nas soleiras e nos cordões marginais convexos.

O Rio Itajaí-Açu no baixo vale (fig. 1) apresenta um padrão de drenagem altamente sinuoso definido por margens de erosão (côncavas) e de deposição (convexas). As margens convexas constituem atualmente os setores mais críticos à erosão fluvial, constituídas basicamente de sedimentos aluviais holocênicos inconsolidados (Santos, 2.000).

2. METODOLOGIA

O estudo baseia-se na análise dos levantamentos topobatimétricos realizados pelo Departamento de Edificações e Obras Hidráulicas (DEOH) de Santa Catarina em trechos selecionados no rio Itajaí-Açu entre Blumenau e Navegantes, em locais críticos com ocorrência de escorregamentos. Um total de 8 trechos foram selecionados: 4 no município de Blumenau, 2 em Gaspar e 1 nos municípios de Ilhota e de Navegantes (fig. 1).

No centro de Gaspar (trecho 6), os levantamentos topobatimétricos foram realizados nos meses de agosto e setembro de 1999. Nos trechos 1 a 5 (Blumenau e a

montante de Gaspar) os levantamentos foram realizados nos meses de fevereiro e março de 2000. Em junho de 2000 foram levantados os trechos 7 e 8 (Ilhota e Navegantes). Neste período foi igualmente refeito o segmento do trecho em Gaspar (trecho 6), correspondendo aos trechos de mineração nos quais houve a suspensão temporária da atividade de extração de areia.

Na seqüência dos levantamentos topobatimétricos foram definidos pontos de sondagens para caracterização geológica/geotécnica, em seções do rio geometricamente mais susceptíveis à erosão e escorregamentos. Foram selecionados 18 locais críticos no baixo vale. A definição destas seções baseou-se em função da necessidade de determinação do perfil geológico dos taludes mais críticos notadamente aqueles que possuíam cavas acentuadas no pé do talude submerso. Estabeleceram-se 3 furos alinhados por seção, a saber: um dentro do rio, outro no talude inclinado e outro no topo da margem.

Nos trechos de 1 a 5 foram selecionados 9 pontos para realização dos furos de sondagem, sendo um na margem e outro no leito do rio. Nos trechos 7 e 8 foram executados dois furos na margem, um para Ilhota e outro em Navegantes.

Nos perfis transversais do rio Itajaí-Açu, representou-se duas linhas (trechos 1 a 6): a configuração atual do leito e a de estabilidade desenvolvido através do método de análise de Birshop Circular, cujo cálculo estabeleceu-se pelo software STABL da Universidade de Purdue (Estados Unidos). A linha de estabilidade indica o perfil transversal ideal do rio de forma que não comprometesse o escorregamento das margens de canais fluviais.

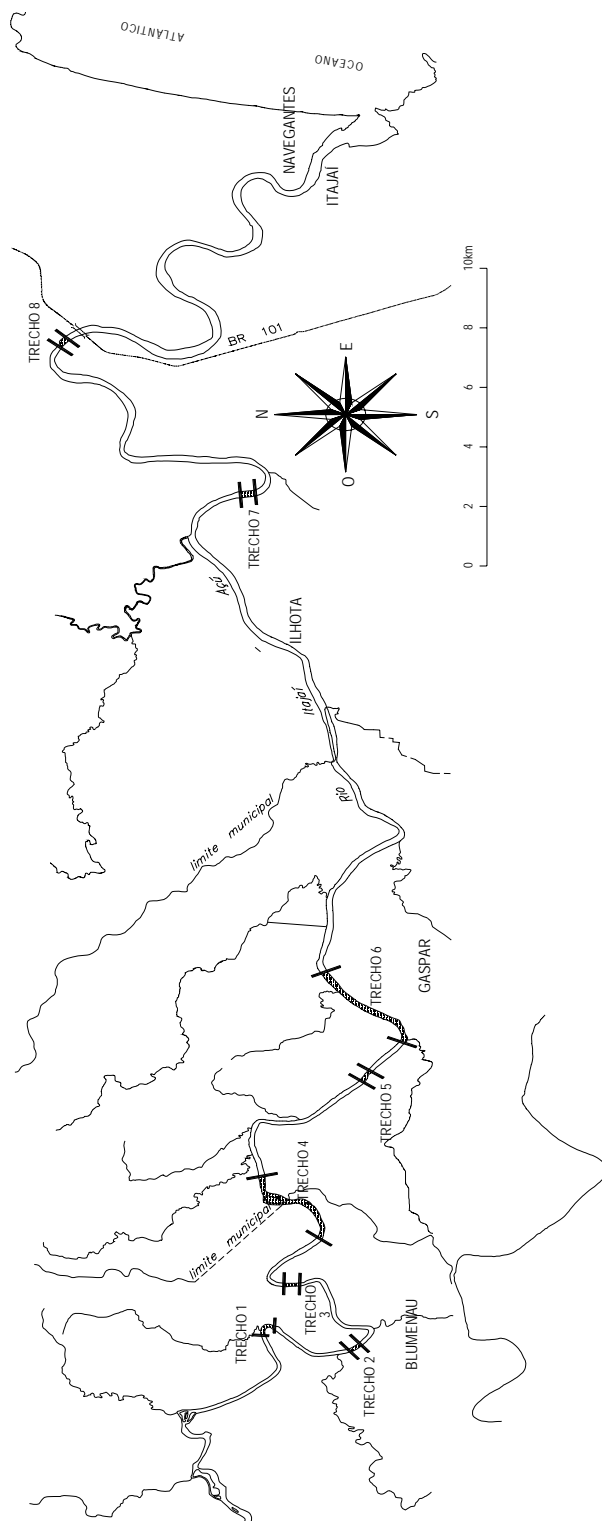


Figura 1- Localização dos trechos no baixo vale do Itajaí-Açu.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da influência da extração de areia no comprometimento da estabilidade das margens de canais fluviais foi dividida em 8 trechos:

Trecho 1 - Boa Vista (Blumenau – fig. 2)

O escorregamento da margem convexa iniciou com as grandes enchentes no ano de 1983, com a retomada do processo no ano seguinte. No trecho há exploração de areia. O fundo do leito é bastante irregular, em que as depressões atingem profundidades de até 14,3 m. Nesta depressão, defronte à margem desmoronada, a sondagem revela a inexistência de sedimentos inconsolidados recobrimdo o leito rochoso, comprovando que não está ocorrendo reposição de material.

Na margem escorregada (direita) ocorre uma camada de areia pouco compacta a fofa, caracterizando um sedimento inconsolidado seguido de um horizonte mais profundo parcialmente diagenisado, mediantemente compacto e relativamente uniforme até atingir os 30 m de profundidade uma camada de areia muito compacta. Isto evidencia que a margem é muito susceptível à erosão do rio. As camadas mais profundas, abaixo da linha de água, são constituídas de sedimentos essencialmente arenosos grosseiros muito compactos.

A margem esquerda (côncava) por representar uma curva em forma de cotovelo fechado constitui uma área de alto potencial erosivo, porém a existência de um arenito compacto e bem diagenizado dificulta o processo erosivo.

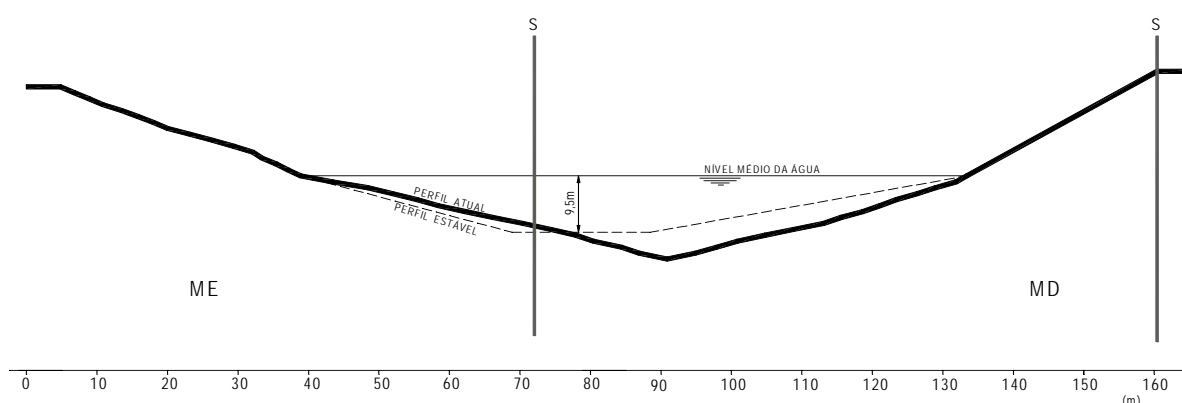


Figura. 2- Perfil transversal do rio Itajaí-Açu no trecho 1 (Blumenau, Boa Vista).
MD=margem direita; ME=margem esquerda; S=sondagem

Sondagens realizadas a 1.300 m a montante do trecho 1 no leito do rio Itajaí-Açu na altura da ponte Tamarindo no ano de 1985, mostram que a camada superior é constituída de uma camada de areia com espessura máxima de 3,80 m contendo seixos esparsos. Esta recobre camadas “in situ” de gnaiss com grau variados de intemperização. As sondagens executadas nas margens revelam que, de forma geral, o nível d’água situa-se muito próximo da interface que separa os sedimentos fofos, inconsolidados (superiores) dos mais diagenisados (inferiores). Esta condição pode fazer com que nos períodos de cheia ao subir

o nível hidrostático com a saturação dos sedimentos superiores pode provocar sua desestabilização, especialmente nos momentos imediatamente posteriores ao rebaixamento do mesmo.

Trecho 2 – Centro de Blumenau

O trecho compreendido entre as pontes de ferro e Adolfo Konder, centro urbano de Blumenau, apresenta escorregamentos na margem esquerda (convexa) do rio Itajaí-Açu e, no entanto inexistente a atividade extrativa de areia.

A morfologia do leito do rio Itajaí-Açu apresenta-se mais regular com depressões atingindo profundidades bem menores (máximo 6,6 m). Neste trecho, o leito do rio sofre um gradativo estrangulamento que provoca uma elevação mais rápida do nível do rio, contribuindo para uma maior saturação do solo nos períodos de fluxos mais altos.

Na margem esquerda do rio (rua Uruguai) a camada superficial, acima do nível de água, é argila-siltosa pouco arenosa (consistência mole a média). Nas camadas subsuperficiais prevalecem a argila-siltosa (consistência média) e areia média (medianamente compacta). Os escorregamentos estão associados basicamente à baixa consistência do material fino superficial. Na “prainha” (400 m a jusante do trecho), acima do nível da água, predominam as camadas areno-argilosas (fofa a compacta) intercaladas com material argilo-arenoso (muito mole a média); e os sedimentos abaixo do nível da água são arenosos a areno-argilosos (pouco a medianamente compactas). O pacote sedimentar revela suscetibilidade da margem à ação erosiva das águas fluviais.

Ambos os locais revelam uma certa continuidade horizontal expressa, principalmente, pelo horizonte inferior arenoso. O nível da água situa-se imediatamente acima da interface de areia inferior e argila superior mais friável. A oscilação do nível da água pode tornar muito crítica esta faixa devido à baixa consistência dos sedimentos superiores.

Trecho 3 – Ponte José Ferreira da Silva (Blumenau – fig. 3)

Neste trecho o rio é retilíneo apresentando problemas de escorregamentos na margem direita, sendo a extração de areia realizada por duas empresas. Nas proximidades dos portos de areia evidenciam-se depressões de grandes profundidades com até 11,5 m junto às margens onde ocorreu escorregamento no início da década de 90.

A montante da Ponte José Ferreira da Silva, a extração de areia está suspensa desde o ano de 1992 (comunicação pessoal do geólogo Gerson Müller da Prefeitura Municipal de Blumenau, 2000). Entretanto, durante os últimos 8 anos, não houve deposição suficiente de sedimentos que possibilitasse o preenchimento das depressões. A sondagem no leito do rio

em uma das cavas apresentou um material arenoso fino na camada inferior, e silto-arenoso fofo a pouco compacto na camada superior. A extração deste sedimento do fundo, especialmente junto à margem, pode aumentar a instabilidade da margem uma vez que seus sedimentos não apresentam elevada coesão.

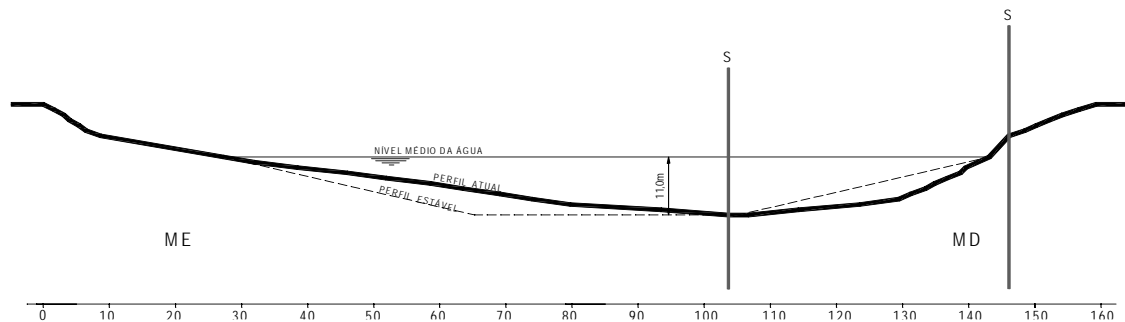


Fig. 3- Perfil transversal do rio Itajaí-Açu no trecho 3 (Blumenau, ponte José F. da Silva).
MD=margem direita; ME=margem esquerda; S=sondagem.

A margem direita é constituída fundamentalmente de sedimentos arenosos fofos e ocasionalmente silto-arenosos, altamente susceptíveis à erosão.

Trecho 4 – Divisa dos municípios de Blumenau e Gaspar (fig. 4)

A montante deste trecho, na margem esquerda (convexa) do rio Itajaí-Açu, ocorre uma extensa faixa contínua, em torno de 800 m, com freqüentes escorregamentos. O talude da margem escorregada apresenta uma inclinação bastante elevada. O leito do rio é rochoso, e a modificação da hidrodinâmica fluvial provoca um alargamento da seção transversal. Neste caso, a extração de areia nesta faixa tem sido pouco significativa, ocorrendo somente nas extremidades da faixa.

A instabilidade da margem neste trecho foi inicialmente provocada pela dragagem realizada em 1986, como medida de prevenção das enchentes (Santos, 2.000). De acordo com o autor, o escorregamento da margem deu-se a partir de 1992, ano em que aconteceu a maior enchente registrada desde os episódios de 1.983 e 1.984.

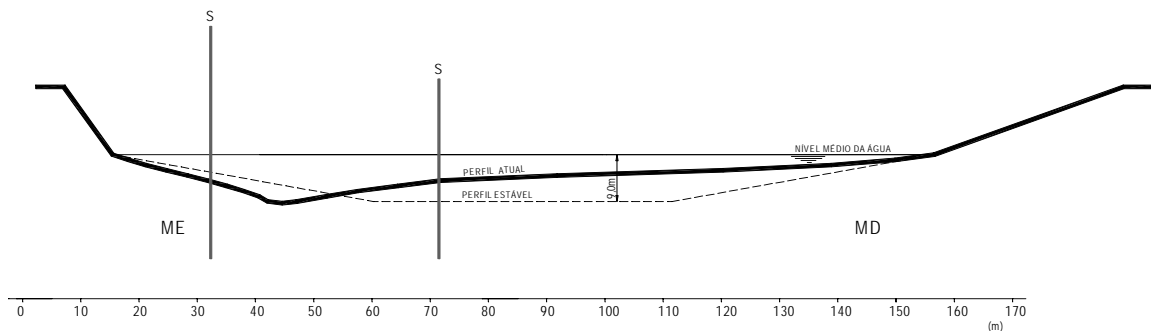


Fig. 4- Perfil transversal do rio Itajaí-Açu no trecho 4 (Blumenau).
MD=margem direita; ME=margem esquerda; S=sondagem.

As depressões atingem pouco mais de 11 m originadas pela extração de areia, e várias delas encontram-se muito próximas das margens comprometendo a sua estabilidade. A sondagem realizada no leito do rio – a montante da margem escorregada-, especificamente em uma das depressões, mostra uma fina camada de sedimentos arenosos grosseiros, justificando o interesse da extração concentrada nas áreas que hoje constituem depressões de grandes profundidades.

Na margem esquerda, entre a rua Cândido da Silva Sênior e o dique marginal do rio Itajaí-Açu as camadas mais superficiais e acima do nível de água são de granulometria mais finas, predominantemente argilo-siltosos (consistência muito mole a média) intercalada ocasionalmente por camadas areno-argilosas a arenosas (pouco medianamente compactas). As camadas apresentam características texturais mais grosseiras abaixo do nível de água, variando de areia fina a grossa (medianamente compactas) podendo conter intercalações de argila-siltosa (muito mole a mole). No dique marginal, os sedimentos aluviais apresentam características texturais mais arenosas e até de menor compacidade (geralmente fofas a medianamente compactas), que explica a alta suscetibilidade da margem aos processos erosivos fluviais.

A jusante, o trecho do rio é submetido à extração de areia, sendo que a topografia do fundo é bastante irregular. As depressões atingem grandes profundidades de até 14,3 m.

Trecho 5 – Rodovia SC-470 (Gaspar – fig. 5)

Trata-se de uma área de extração de areia. Apesar da significativa variação topobatimétrica e da acentuada inclinação entre as margens e o talvegue, constata-se a ausência de processos erosivos acelerados por escorregamentos nas margens. Neste trecho o rio apresenta um forte estrangulamento e com uma profunda depressão de 20,4 m no seu leito que aparentemente comprometeria a estabilidade da margem esquerda, porém cálculos indicam que não há riscos de escorregamentos nas condições atuais. A sondagem realizada no leito evidencia uma sedimentação atual, de caráter arenosa e friável.

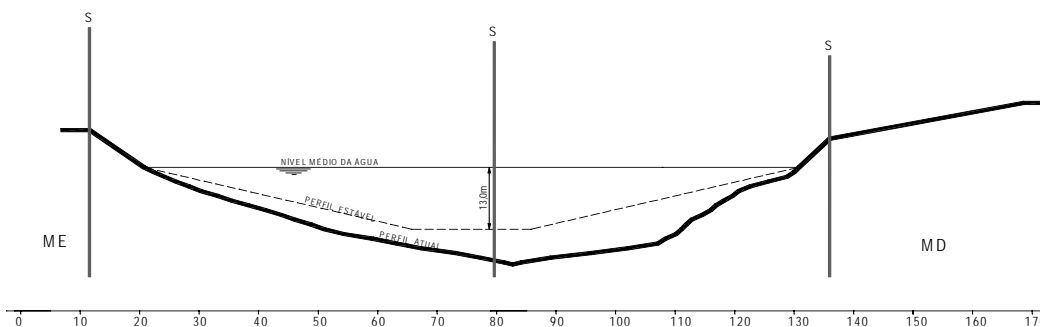


Fig. 5- Perfil transversal do rio Itajaí-Açu no trecho 5 (Gaspar, rodovia SC 470).
MD = margem direita; ME = margem esquerda; S = sondagem.

A margem direita é composta por uma delgada camada de solo, assentado sobre rocha consolidada determinando um talude mais abrupto em relação à margem esquerda.

Trecho 6 - (rua Pedro Simon, Gaspar – fig. 6)

A montante da ponte Hercílio Deeke (140 m), a margem do canal fluvial apresenta uma continuidade horizontal apenas parcial, constituídas fundamentalmente por sedimentos arenosos de pouco a medianamente compactos abaixo do nível de água. Nas camadas mais superficiais prevalecem sedimentos mais finos (areia siltosa a argila arenosa) fofos a muito moles. A constituição friável (facilmente erodível) dos sedimentos torna a margem esquerda suscetível à erosão e escorregamentos. Este problema só não é ainda mais grave por ser a margem interna do rio, existindo, portanto, uma tendência do eixo de maior velocidade da água se deslocar para margem direita. No leito há um espesso pacote de sedimentos ativos, principalmente arenosos pouco a medianamente compactos cuja remoção deve ser evitada.

A morfologia do leito é bastante irregular, com depressões atingindo grandes profundidades, de até 19,6 metros. A jusante da ponte Hercílio Deeke, uma avaliação preliminar e comparativa do comportamento do leito fluvial resultante da disposição dos sedimentos e da rugosidade do fundo obtida do levantamento topobatimétrico realizada nos meses de agosto de 1999 e maio de 2000, revela variações na forma do fundo do rio ainda fortemente associada à extração de areia. Trata-se de uma área interdita à extração em novembro de 1999 devido aos inúmeros desmoronamentos das margens fluviais na área urbana.

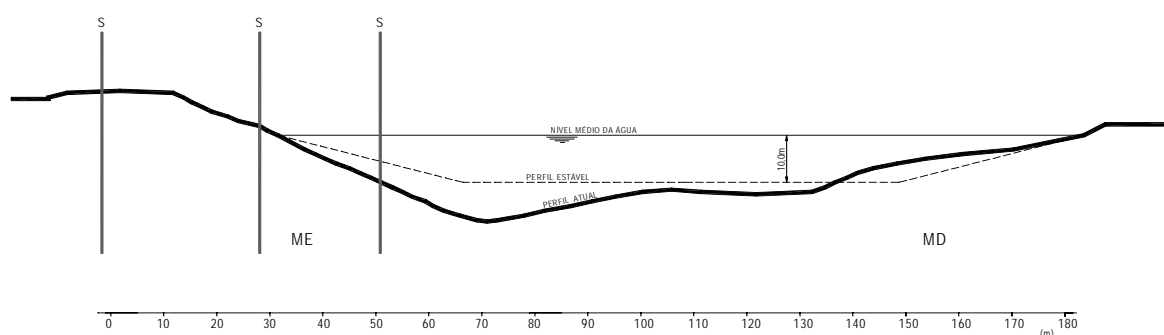


Fig. 6- Perfil transversal do rio Itajaí-Açu no trecho 6 (Gaspar, centro).
MD = margem direita; ME = margem esquerda; S = sondagem.

Sondagens realizadas na margem esquerda próxima à ponte Hercílio Deeke, não ultrapassaram o aterro, e a sondagem do leito do rio evidencia ausência de areia ativa. Caso existisse anteriormente sedimento arenoso friável ele já foi extraído, pois encontrou-se apenas sedimento muito consolidado (compactado). A jusante da ponte Hercílio Deeke

(760 m), o leito do rio evidencia a presença de sedimentos ativos até grandes profundidades. A resistência à penetração acusa sedimento compactado somente a partir dos 19 metros da superfície da lâmina de água. Na margem (esquerda) ocorrem sedimentos arenosos, siltosos e argilosos pouco compactos e muito friáveis, praticamente sem coesão. Há uma continuidade horizontal destas características, gerando nesta margem grande potencial de erosão e/ou deslizamento. A instabilidade da margem neste trecho está sendo provocada pelo aprofundamento do leito do rio muito próximo da margem. As linhas do fundo do canal indicam que a forma do leito foi modelado pela atividade de extração de areia, visto que nenhum aspecto natural (hidrodinâmica fluvial ou estrutura de leito rochoso) tem contribuído no aprofundamento do canal próximo da margem.

Generalizando, as sondagens indicam que a camada superficial do leito é constituída de areia de granulometria grossa medianamente compacta a compacta, normalmente com até 1,20 metros de espessura. As margens apresentam características texturais essencialmente arenosas podendo combinar-se com frações mais finas (silte e argila). As camadas superficiais –acima do nível da água- geralmente são fofas e moles, enquanto que as camadas subsuperficiais –abaixo do nível da água- são pouco compactas a compactas.

Trecho 7 – Ilhota

Na margem escorregada (esquerda), ocorre uma brusca variação topobatimétrica atingindo o leito profundidades de até 10,1 metros, enquanto que no lado oposto do leito do rio Itajaí-Açu essa variação é menos expressiva. As grandes profundidades causadas pela maior extração de areia alteraram a estabilidade dos sedimentos da margem em determinada faixa do leito fluvial. Predomina areia no topo do pacote aluvial, migrando nas cotas inferiores para intercalação de argila/silte/areia. Há um progressivo aumento da compactação dos sedimentos até ultrapassar a cota do leito atual. Entre os 10,70 m e 15,80 m de profundidade ocorre uma areia medianamente compacta. Em maior profundidade volta ocorrer um sedimento mole, porém com textura predominantemente argilosa e siltosa. A partir dos 27 m de profundidade os sedimentos já encontram-se diagenizados e portanto mais compactados. A susceptibilidade da margem ao processo de escorregamento está associada à composição arenosa e à baixa compactidade (fofa) do material aluvial.

Trecho 8 – Navegantes

O trecho não apresenta problemas críticos de erosão lateral, mas constata-se que a morfologia do fundo do rio é irregular com depressões que atingem profundidades máximas de 12,4 metros. Essas depressões, entretanto, apresentam-se afastadas das

margens, que combinada à menor espessura dos sedimentos aluviais ainda não tem comprometido sua estabilidade. Isto não significa a ausência de escorregamentos das margens, pois o fenômeno erosivo ocorre, e de forma menos expressiva, entre os trechos 7 e 8. A redução da altura das margens em Ilhota e Navegantes tem influência no grau de estabilidade dos taludes. Trata-se de um ambiente típico de deposição recente onde predominam areias finas e argilas micáceas moles a pouco compactas. O horizonte correspondente ao leito atual apresenta-se muito friável (desagregado).

4. CONCLUSÕES

A pesquisa desenvolvida permite concluir que: a) em geral, nos pontos mais profundos das depressões, os sedimentos não consolidados tem sido extraídos, chegando-se até a camada impenetrável. Isto é um indicativo de que a extração de areia tem sido superior à deposição natural; b) o alargamento do rio Itajaí-Açu, executado pelo antigo Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS -, próximo da divisa dos municípios de Blumenau e Gaspar, é responsável pela instabilidade das margens, caso dos trechos 2 e 4; c) a extração de areia no trecho 6 tem sido executada muito próximo das margens, produzindo sua instabilização; d) em alguns trechos as declividades elevadas das margens do rio as tornam potencialmente instáveis, caso dos trechos 1, 4 e 6; e) a extração de areia até determinadas profundidades dependendo do afastamento das margens não gera necessariamente sua instabilização. A delimitação mesmo rigorosa de profundidades e afastamentos para a extração de areia isoladamente, também não garante a estabilidade das margens com relação a outros fatores, como a saturação e o esforço trativo do escoamento fluvial. Esta situação é encontrada no trechos 1, 4 e 6; f) a profundidade das cavas produzidas pela extração de areia no trecho 6 em Gaspar tem contribuído para a sua instabilização. Situação semelhante é encontrada nos trechos 1, 3 e 4; g) no caso das cavas onde a extração foi suspensa em novembro de 1999, em Gaspar, constatou-se que não houve alteração topobatimétrica significativa, mesmo com a passagem de uma pequena onda de cheia (nível máximo de 5,56 m em Blumenau), no mês de fevereiro de 2000. Isto indica que a produção de sedimentos pode estar ocorrendo apenas com cheias de média e de grande porte.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, S. B. **Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da Bacia do rio São João (Rio de Janeiro – Brasil)**. Rio de Janeiro: edição do autor. 415 p.

(Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, tese de doutoramento em Geografia Física). 1995.

KELLER, E. A. Hydrology and human use. In **Environmental Geology**, Charles E. Merrill Publishing Company, pp. 227-270, 1981.

PINHEIRO, A; SANTOS, G. F. DOS; AUMOND, J.; ABREU, J. G. N. DE; NEVES, C. P.; MARTINS, L. A. B. **Os efeitos da atividade extrativa de areia na erosão das margens fluviais no baixo vale do Itajaí-Açu (S.C.)**. Relatório de projeto de pesquisa do IPA (FURB) e CTTMAR (UNIVALI), 126 p., 2000.

SANTOS, G. F. DOS. Os impactos geomorfológicos da canalização do rio Itajaí-Açu na divisa dos municípios Blumenau/Gaspar (S.C.). In: **IV Simpósio Nacional Recuperação de Áreas Degradadas**. Blumenau, Anais, SOBRADE, 153-154, 2000.