

Uso do ADCP na avaliação do fluxo e no transporte de sedimentos no baixo rio Jacuí, Charqueadas, RS/Brasil

Hartmann C.¹; Bulla, L.A.S.¹ & Fellini B.D.²

¹ Laboratório de Oceanografia Geológica, Instituto de Oceanografia, FURG (dgecaco@furg.br);

² SOMAR Ltda – Porto Alegre – RS.



RESUMO

O leito do rio Jacuí é constituído na sua maior parte por areias que são mineradas regularmente há muito tempo por meio de dragas de conchas e de sucção e o bem mineral levado por barcaças para comercialização na região da grande Porto Alegre. Os dados obtidos de velocidade de corrente em períodos de enchente indicam que a corrente tem capacidade suficiente para erodir e ao mesmo tempo transportar granulometria desde finos (siltes e argilas) até grânulos. A questão que se coloca é a racionalização da lavra em função da existência ou não da reposição do estoque arenoso em um dado período de tempo. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo discutir o transporte de material, reposição e erosão num trecho do baixo rio Jacuí proximidade da cidade de Charqueadas, tendo por base informações coletadas por um perfilador acústico de velocidades, de amostras de água e de sedimentos de fundo em um período de enchente que ocorreu em novembro de 2008. Esta área de mineração de areia para construção civil é de responsabilidade da empresa Sociedade Mineradora Ltda. Na área foco caracterizar a dinâmica do rio bem como averiguar o transporte de material em suspensão nos períodos de cheia é parte importante para a gestão da área. A campanha realizada com o perfilador acústico de velocidades e demais dados na área, em período de enchente permitiu mostrar a influência da massa d'água na área com relação ao transporte de material em suspensão, na evidente ação erosiva do fluxo sobre as margens e de certa forma auxiliar no entendimento do transporte junto ao fundo.

ABSTRACT

The Jacuí River riverbed is constituted mainly by sands that have for a long time been regularly mined through shell and suction dredges, and the minerals taken by barges for commercialization at the greater Porto Alegre region. Current velocity data obtained in flooding periods indicate that the current has enough capacity for eroding and at the same time transporting sediment with granulometries from fine (silts and clays) to granules. The matter at hand is the rationalization of mining in function of the existence or absence of sand stock reposition in a determined time period. In this sense, this work aimed towards discussing material transportation, reposition and erosion at a part of the lower Jacuí River, close to the city Charqueadas, based on information collected by an acoustic velocity profiler and water and bottom sediment samples, in a flooding period which occurred in November 2008. Sand mining for construction is performed at the area, and is a responsibility of the Sociedade Mineradora Ltda enterprise. At the focus area, characterizing river dynamics as well as evaluating suspended material transport in flooding periods is important for management of the region. The campaign performed in this flooding period with data from the acoustic velocity profiler along with other data for the area, allowed demonstration of the influence of the water mass, in terms of suspended material transport, on the evident effect that flow causes on the river margins. The campaign also helped to understand transport along the river bottom.

Palavras chave: transporte de material, fluxo de enchente, reposição de material, dragagem.

INTRODUÇÃO

Qualquer tipo de rocha exposta na superfície da terra pode se constituir na rocha matriz que resulta num determinado sedimento. Por definição qualquer partícula mineral com diâmetro entre 0,062 e 2 mm pertence à classe areia, sendo o quartzo seu principal constituinte. Desde há muito tempo este bem mineral tem sido utilizado como matéria prima na indústria com destaque para a construção civil. Com a crescente demanda as reservas estão sendo exauridas rapidamente em especial aquelas localizadas mais próximas dos centros consumidores o que determina aumento nos custos de exploração, bem como aumento no impacto ao meio ambiente.

Os rios são importantes agentes de transporte sedimentar e, portanto em certos locais de seu leito são encontrados depósitos arenosos significativos. Vantagem neste tipo de jazida em relação às outras (por exemplo, paleocanais fluviais, terraços marinhos e depósitos eólicos antigos) e que o estoque arenoso é renovável e, portanto, teoricamente inexaurível.

O leito do rio Jacuí é constituído na sua maior parte por areias que são mineradas regularmente há muito tempo por meio de dragas de rosário e de sucção e o bem mineral levado por barcaças para comercialização na região da grande Porto Alegre.

O transporte de material pelo fluxo do rio tem as barragens existentes ao longo do mesmo como um trapeador de sedimentos. Estas barreiras afetam o curso normal do rio e por consequência dos materiais transportados em suspensão e principalmente junto ao fundo. Somente quando da abertura das comportas, que ocorre em períodos de alta vazão é que as mesmas são abertas e por consequência os sedimentos aprisionados pelo barramento são levados rio abaixo, os mais grosseiros num percurso mais curto e os mais finos levados para o rio Guaíba e Laguna dos Patos, onde se depositam em condições favoráveis.

Os dados obtidos de velocidade de corrente em períodos de enchente indicam que a corrente tem capacidade suficiente para erodir e ao mesmo tempo transportar granulometria desde finos (siltes e argilas) até grânulos.

Uma superfície arenosa exposta a corrente aquosa entra em movimento quando a corrente alcança velocidade suficiente para arrastar algumas partículas e, em certas velocidades, formam-se marcas na superfície em movimento. Este processo tem como princípio que uma superfície ondulada de contato entre um fluido em movimento e um sedimento oferece mínimo atrito para certas velocidades. Abaixo de determinada velocidade a corrente é incapaz de movimentar os detritos.

Hjulstrom (1939) relaciona o transporte dos sedimentos e o mecanismo de transporte dos sedimentos de fundo em correntes fluviais com a formação de marcas onduladas. Este autor estabeleceu um gráfico (Fig. 1) que relaciona os fenômenos de erosão, transporte e deposição com a velocidade da corrente e granulação dos sedimentos envolvidos.

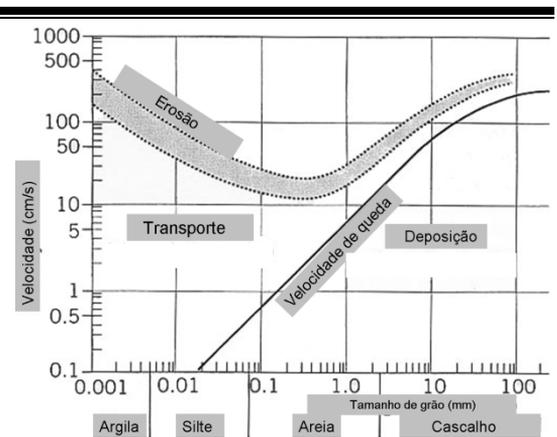


Figura 1. Curvas aproximadas para erosão e deposição de material uniforme em relação à granulação e a velocidade (modificado de Hjulstrom, 1939).

A questão que se coloca é a racionalização da lavra em função da existência ou não da reposição do estoque arenoso em um dado período de tempo. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo discutir o transporte de material, reposição e erosão num trecho do baixo rio Jacuí, referente à área de concessão de mineração de areia para construção civil realizado pela empresa SOMAR Ltda., tendo por base informações coletadas por um ADCP, de amostras de água e de sedimentos de fundo em um período de enchente que ocorreu em novembro de 2008.

Localização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na região do baixo rio Jacuí, proximidades da cidade de Charqueadas, 23 km a jusante da barragem Eclusa Santo Amaro e da confluência do rio Taquari 5,4 km. O limite a montante está

representado na linha marcada entre os pontos na margem esquerda (ME) de coordenada 435.852mE; 6.687.723mN e na margem direita (MD) em 435.945mE; 6.687.035mN e o limite para jusante na linha entre o ponto da ME na coordenada 455.779mE; 6.686.840mN e MD em 454.926mE;6.686.687mN, (Fig. 2).

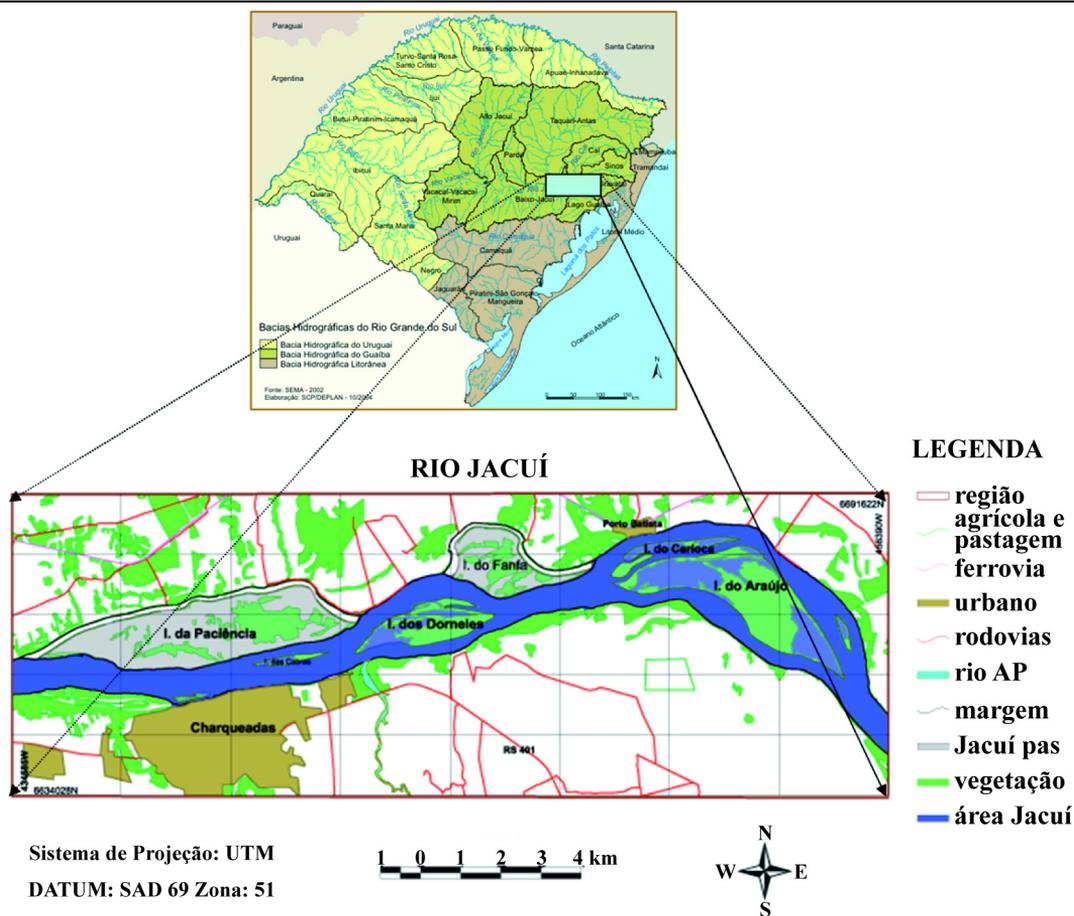


Figura 2. Localização da área de estudo.

Geologia e hidrologia local

A bacia do rio Jacuí tem forma irregular, situa-se no Centro do estado do Rio Grande do Sul e abrange as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional, Depressão Central, Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense e Planície Costeira (interna). As nascentes estão nos municípios de São Gabriel (Oeste); Passo Fundo e Palmeira das Missões (Norte) no planalto Sul-Rio-Grandense. Seu curso superior tem a direção

geral norte-sul, até encontrar o seu leste junto a sua foz no Guaíba.

Os sistemas de barramento existentes a montante e suas operações freqüentes alteram a hidrodinâmica do rio Jacuí, com aumento na velocidade do fluxo (correnteza) e suas cotas (vazões) de enchente. Esta alteração de regime do fluxo de um rio, em presença de margens arenosas, são sempre causas determinantes da incidência de processos erosivos superficiais, que instabilizam suas margens. Estas condicionantes se tornam mais importantes em

rios de planícies aluvionares, os quais estão naturalmente em franca evolução geomorfológica, como é o caso do baixo rio Jacuí.

A reposição da areia no leito

Muitas são as dificuldades para quantificar o transporte e/ou acúmulo de material ao longo dos rios. Muitos equipamentos foram desenvolvidos para aquisição de amostras, denominados de “traps” ou armadilhas. Estas são utilizadas para captura de material ao longo do corpo de água em pontos fixos. Neste sentido Hartmann & Tagliani (1994) testaram equipamento para o trapeamento de sedimentos arenosos no fundo do rio na área foco e os resultados indicaram de forma preliminar que o rio transporta material grosseiro pelo fundo e que a quantidade depende do local, entretanto havia necessidade de outros dados.

Mais recentemente (2007 e 2008) Roos da Silva & Antoniazzi de Moraes (2008) realizaram estudo sobre o rebaixamento do fundo do leito

do rio junto a Ilha das Cabras, que é um depósito de barra em canal ativo localizada em um trecho com características de um canal do tipo entrelaçado “braided”, utilizando técnicas de sondagem com ecobatímetro. Foram gerados 49 perfis transversais ao leito do rio, e 2 (dois) mapas batimétricos do trecho em questão, nas escalas de 1:5.000 e 1:2.000. Os estudos mostraram que no leito do rio Jacuí, no trecho em estudo, ocorreu uma deposição de sedimento entre junho e setembro de 2007, no entanto, esta tendência de deposição foi alterada entre o período de setembro de 2007 a março de 2008, assim como para o período de março a junho de 2008. Isto mostra que o rio repõe sedimento quando das épocas de alto fluxo.

Geologicamente, esta ilha é formada por depósitos sedimentares Quaternários recentes (aluviões), constituídos de sedimentos atuais depositados em planície de inundação, com predomínio de areias finas e argilas orgânicas. Seu solo é de composição areno-argilosa, de coloração marrom a avermelhado (Fig. 3).



Figura 2. Bacias hidrográficas contribuintes do trecho Amarópolis Jusante, com destaque para a Ilha das Cabras (modificado de Roos da Silva & Antoniazzi de Moraes, 2008).

MATERIAL E MÉTODO

Esta pesquisa foi executada com o apoio logístico (meio flutuante e pessoal) da empresa SOMAR Ltda., que tem a concessão de minerar 20 km do rio (Fig. 2) e de equipamentos da FURG/RG.

Na aquisição dos dados de correntes foi utilizado um perfilador acústico de velocidade (ADCP/Sontek) com frequência de 1.500 kHz, dotado de um traçador de fundo (*bottom tracking*) e um GPS acoplado. Assim, é possível medir a velocidade absoluta de corrente removendo-se a velocidade da embarcação em

relação ao fundo e calcular de forma integrada a vazão.

Foram feitos 14 perfis verticais transversais ao rio georreferenciados, em seqüência, no dia 06 de novembro de 2008. Cada seção é composta por uma série de perfis verticais medidos a cada 5 segundos, sendo que a embarcação move-se, no máximo, a 2 m/s (4 *kts*). As velocidades foram medidas em até 40 níveis de profundidade, iniciados a 40 cm da superfície até o fundo, com intervalos de 25 cm entre cada nível.

Para análise da concentração do Material em Suspensão foram coletadas 89 amostras de água, nos dias 06 e 07 de novembro de 2008, da superfície, meia água e fundo, nos locais onde foram feitas medições de correntes com o ADCP. As amostras foram analisadas em laboratório através dos métodos de filtração e pesagem em filtros milipore de 0,45 μm . A figura 4 mostra de forma esquemática o fluxo de água e a concentração de sedimento na coluna de água e junto ao fundo bem como os equipamentos utilizados na coleta de material.

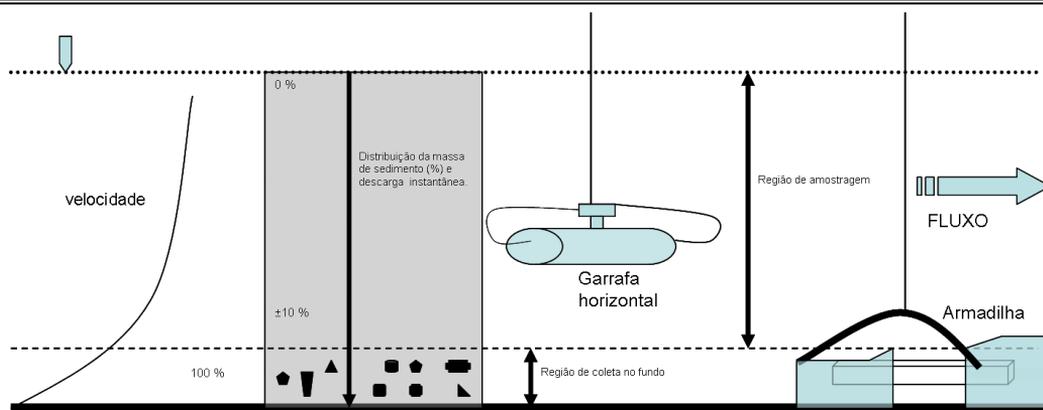


Figura 4. Desenho esquemático do fluxo da água e concentração da massa de sedimento na coluna de água e equipamentos de coleta de amostras para material em suspensão e do movimentado junto ao fundo.

Além da armadilha utilizada por Hartmann & Tagliani (1984), outro equipamento para este tipo de coleta foi desenvolvido e está para ser testado na área. Consta de uma armação metálica e de uma rede com malha no caso de 200 μm . Esta malha pode variar de acordo com o material a ser pesquisado. Um conjunto de três (3) armadilhas foi construído, para ao mesmo tempo recuperar amostras de superfície, meio e do fundo do rio. O conjunto de armadilhas é posicionado no local com auxílio de uma poita e as aberturas das armadilhas e a rede fica direcionada na direção da corrente com auxílio de um leme.

Foram coletadas sete amostras de sedimento do fundo rio com draga de conchas *Van Veen* e as amostras foram analisadas pelos métodos tradicionais de peneiramento e pesagem. Na ocasião as coletas de sedimento foram prejudicadas, devido à forte correnteza.

De forma geral a situação de vento fraco e tempo bom favoreceram os trabalhos de coleta de dados. A temperatura da água era de 21°C.

Os sólidos transportados em suspensão dão à água uma cor marrom, estimando-se a transparência da água em 15 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A literatura sobre a geomorfologia, processos fluviais, manejo e formas fluviais dos rios é extensa, entre outros citamos sobre geomorfologia e manejo dos rios o texto de Brierley & Fryirs (2005), sobre os processos fluviais e geomorfologia citamos Leopold *et al.* (1985) e sobre os processos e formas fluviais o texto de Knighton (1998). É importante observar que as mudanças constantes na morfologia do fundo ou aumento de rugosidade, mediante a retirada de areia afeta o equilíbrio ou balanço de sedimentos.

Nos estudos da hidráulica de um rio, é necessária a avaliação das características de fluxo do mesmo, descarga, velocidade e taxas de transporte de sedimentos. Outra categoria de dado é a geometria do rio, obtida com a

construção de perfis de sondagens e/ou de outras técnicas que resultam em superfícies tridimensionais e num mapa topográfico do fundo e das margens ou Modelo Digital do Terreno (DTM).

Na área foco caracterizar a dinâmica do rio bem como averiguar o transporte de material em suspensão nos períodos de cheia é parte importante para a gestão da área. Neste sentido esta amostragem ocorreu num período de alta das águas do rio, com forte vazante.

A cheia no Jacuí se prolongou ao longo de 2008, como pode ser visto na foto (Fig. 5) obtida da área da SOMAR e no gráfico de nível da água da Régua oficial de Charqueadas SPH, fornecido pela SOMAR do mês de outubro de 2008. Por ocasião da foto o nível se encontrava a 2,40 m. Mais para o final de outubro observa-se pelo gráfico que houve um aumento no nível ultrapassando 4,50 m.

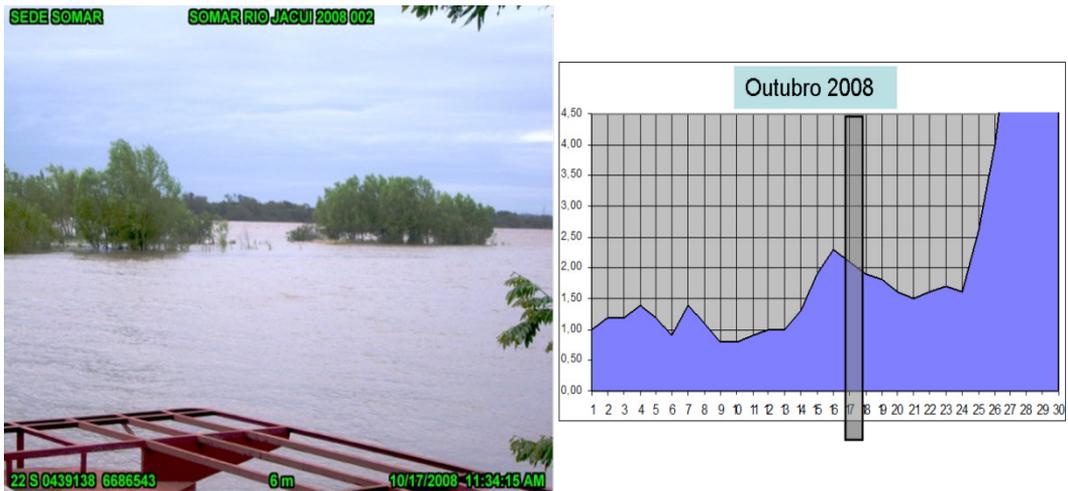


Figura 5. Foto da cheia do rio Jacuí obtida do cais da SOMAR em 17/10/2008 (detalhes na foto). Gráfico do nível da água em outubro. FONTE: SOMAR Ltda.

Ao longo do rio ocorre perda de energia. Na margem a perda de energia existe graças aos restos vegetais (troncos, galhos, raízes...) com o acúmulo de material associado e as irregularidades da margem que também proporcionam perda de energia, como proteção de todo o tipo.

Na área foco tem locais da margem do rio onde tais proteções não mais existem ou se encontram fragilizadas, e a ação do fluxo nos períodos de enchente é visível através da perda de terreno dos barrancos cuja causa está associada aos fortes fluxos de vazante devido às enchentes na sua bacia de drenagem e na abertura dos barramentos a montante.

Por ocasião deste trabalho dias 06 e 07/11/08, ainda se observa à alta do rio, com o nível da água localizado 2,6 m acima do nível normal às 07:00 hrs (Fig. 6). Durante a amostragem se constatou na margem algumas áreas e situações mais críticas onde processos

erosivos ocorrem como mostrados nas fotos capturadas da margem esquerda, onde se identifica o desbarrancamento (erosão) causado pela enchente, (veja detalhe nas fotos) (Fig. 6).

Análise do ADCP

Teoria básica

Segundo Gamaro (2007) a utilização destes equipamentos acústicos trouxe avanços não percebidos até o momento, mas todas as variáveis devem ser consideradas para poder-se desfrutar da tecnologia coerentemente. O avanço com este equipamento é muito grande que os conceitos básicos de hidrometria devem ser revistos e adaptados.

Estes aparelhos estão no mercado internacional a mais de 20 anos, e tem sua aplicação em diversas áreas tais como calibração de modelos hidrodinâmicos, monitoramento de

correntes em reservatórios, perfis de velocidades em uma seção, velocidade indexada, etc.

No Brasil, embora comercializados a mais de uma década, sua utilização ainda é muito pequena e basicamente voltada para a medição de vazão.

Os medidores de vazão utilizando o efeito Doppler ficaram conhecidos como ADCPs, ou *Acoustic Doppler Current Profilers*, por ser o nome dado ao aparelho pelo fabricante que o tornou comercial. No Brasil, por facilidade de se referir ao termo ADCP, estará subentendendo-se

a um aparelho medidor de vazão Doppler genérico.

ADCPs medem a velocidade da água com som, que são ondas de pressão que viajam através de gases líquidos e sólidos, e percebidos pelos seres humanos através da vibração destas ondas nos tímpanos e depois fazendo a conversão (no fundo dos ouvidos) da energia mecânica em sinais elétricos que são enviados ao cérebro onde serão interpretados. Os ADCPs operam na faixa entre 300.000 a 3.000.000 Hz³.

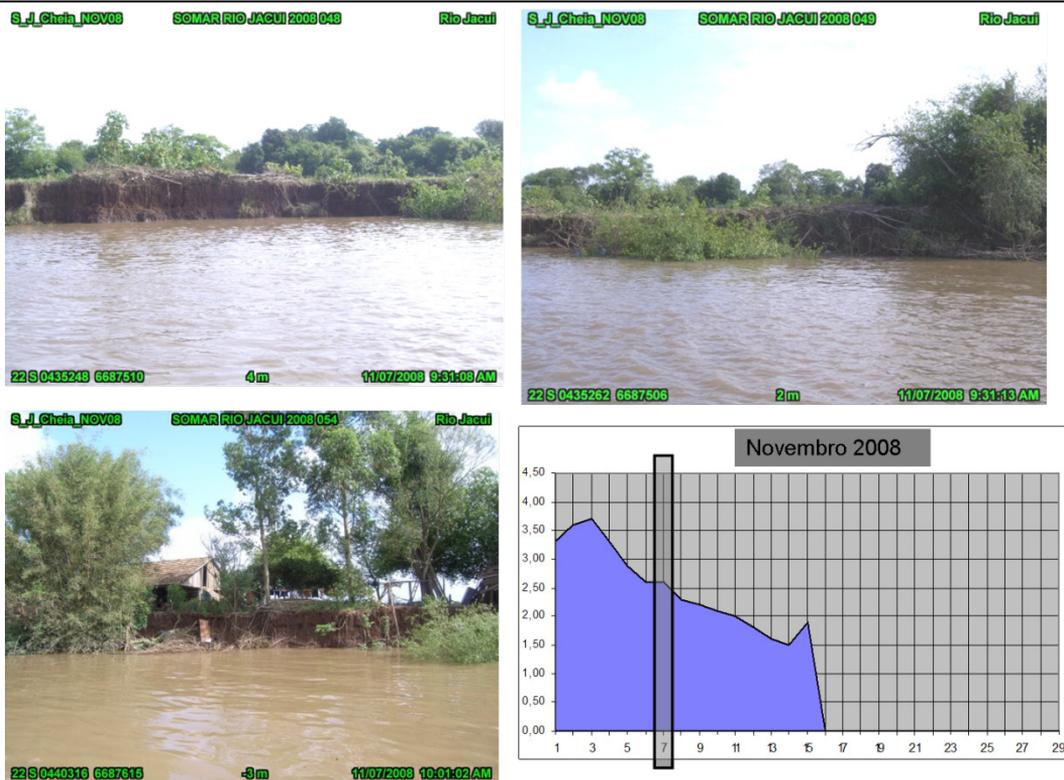


Figura 6. Fotos da margem esquerda do rio obtida em 07/11/2008, mostrando a erosão causada pela enchente (detalhes na foto) e gráfico parcial do nível da água para o mês de novembro. FONTE: SOMAR Ltda.

Como o ADCP mede vazão?

Na maioria dos equipamentos o processo de aquisição de dados é similar conforme demonstrado na Figura 7. Apesar de que quase todo o processo ser igual ou similar para o equipamento da Sontek (ADCP), exceto para o processamento do sinal.

Com o uso do molinete medimos vazão, medindo a velocidade em um plano imaginário

perpendicular a corrente, medindo em um número de verticais representativas à seção (normalmente entre 20 e 25 verticais).

Computamos as áreas de representatividade destas verticais e a seguir a vazão de cada uma delas. Com o somatório destas vazões obtemos a vazão total que passa pela seção em um período de tempo (Fig. 7).

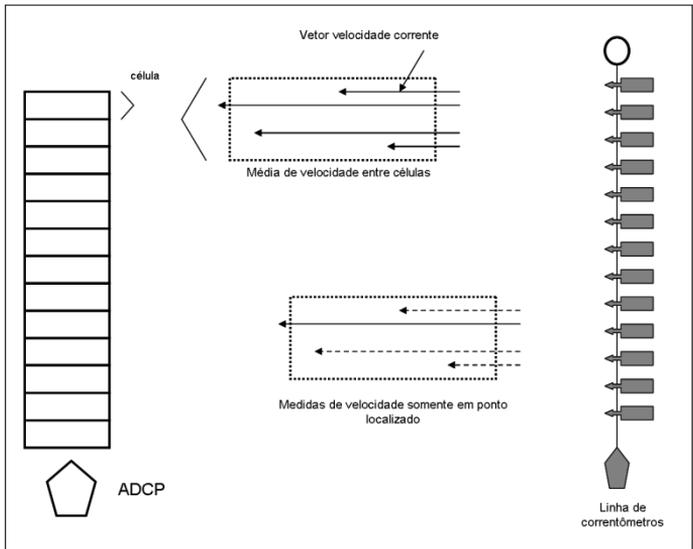


Figura 7. Comparação ADCP e numero de molinetes. FONTE: modificado de RDInstruments (1996), In: Gamaro (2007).

Circulação superficial na área em período de enchente

Morfológicamente o rio Jacuí na área de estudo tem uma morfologia do tipo “braided” onde encontramos uma serie de ilhas ao longo do curso do rio que são a Ilha da Paciência, Ilha das Cabras, Ilha dos Dorneles, Ilha do Fanfa, a Ilha do Araújo e a Ilha do Carioca (Fig. 8). Alguns locais das margens apresentam

expressiva erosão, como mostrado nesta mesma. De modo geral o fluxo é bem definido sobre o canal principal, onde as maiores velocidades ocorrem. No dia 06/11/2008 foram feitos 14 perfis transversais de medida da corrente no rio Jacuí (Fig. 8).

A área de cada seção, velocidade média, vazão, a concentração média do MS e os totais transportados por seção constam na Tabela 1.

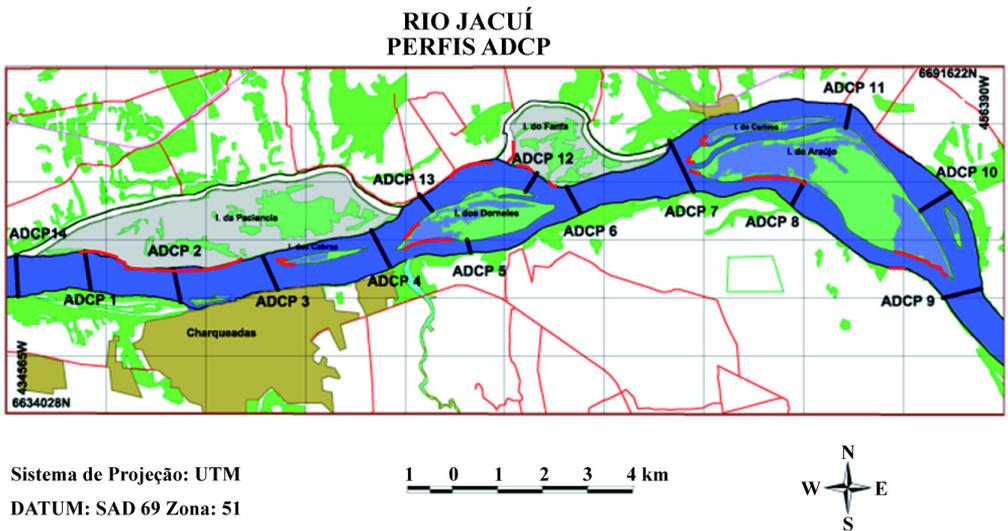


Figura 8. Localização dos perfis ADCP realizados em 06 de novembro de 2008. Em vermelho, locais com evidente erosão nas margens.

Tabela 1. Relação dos parâmetros, do transporte médio de MS ao longo de cada perfil e total médio de material que transitou na área.

Perfil ADCP Nº	Área (m ²)	Velocidade Média Corrente (cm/s)	Vazão (m ³ /s)	Material em Suspensão Total (mg/l)	Transporte Total Material na Seção (ton/hora)
01	7714	49,85	3854	23,00	319
02	5286	69,25	3660	29,15	382
03	5296	66,99	3547	31,20	398
04	6399	60,94	3899	33,18	465
05	3007	70,00	2108	37,00	280
06	5633	136,68	7699	27,00	748
07	9208	50,44	4645	27,38	458
08	3480	61,38	2136	18,64	143
09	8964	62,00	5561	18,78	376
10	3849	49,60	1909	41,49	285
11	3646	54,11	1973	-	-
12	3429	72,32	2480	-	-
13	3722	69,51	2588	-	-
14	7218	57,76	3953	21,69	308
TOTAL.....					4162
TRANSPORTE MÉDIO TOTAL.....					378

Pela Tabela 1 percebe-se que a velocidade média para cada uma das seções são próximas e as variações verificadas estão associadas a morfologia do rio, largura e profundidade ao longo do perfil. Considerando todas as seções com dados de MS, estima-se que 378 toneladas de material estavam passando em suspensão por hora na área. A descarga de sedimento em suspensão em ton/hora ao longo dos perfis é mostrada na Figura 9.

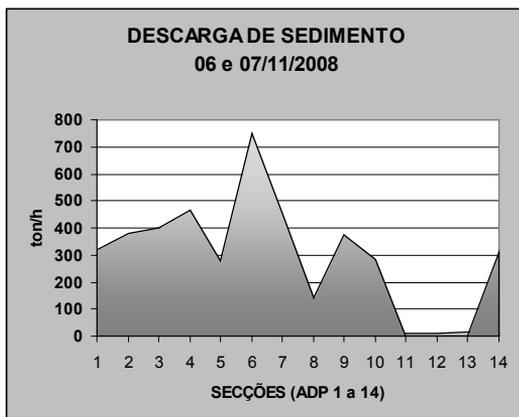


Figura 9. Descarga de sedimento em suspensão ao longo das seções medidas. Nas seções ADP 11, 12 e 13, não houve coleta de sedimento.

Para ilustrar apresentamos quatro perfis, dois ADCPs 14 e 1 localizados a montante da área e na região média os perfis ADCP 6 e 12.

Nos perfis ADCP 14 e ADCP 1 a montante, observa-se que existem dois fluxos principais (células), uma a aproximadamente 200 m da margem direita (Charqueadas) com 80 a 90 cm/s na superfície e outro mais expressivo quase no centro do rio com a mesma velocidade (Fig. 10). Nas margens e próximo do fundo a velocidade diminui para 60 cm/s, entretanto com energia suficiente para transportar sedimento de granulometria areia grossa a granelo (3 a 4 mm) segundo o diagrama de Hjultrom (Fig. 2).

Lateralmente em ambas as margens a corrente reduz para 30 cm/s possuindo energia suficiente para causar erosão do talude ou margens na Ilha da Paciência, como pode ser verificado nas fotos da Figura 8. O barranco foi erodido pela subida e posterior descida das águas e pela força da corrente, havendo inclusive queda da vegetação por solapamento da base do barranco.

A erosão da margem é evidente na área dos perfis ADCP 06 localizado logo após a Ilha dos Dornelles, e no perfil ADCP 12 localizado entre a Ilha do Dorneles e a Ilha do Fanfa, onde a velocidade da corrente na superfície medida era de 150 e 200 cm/s, diminuindo gradativamente para a outra margem (Fig. 11).

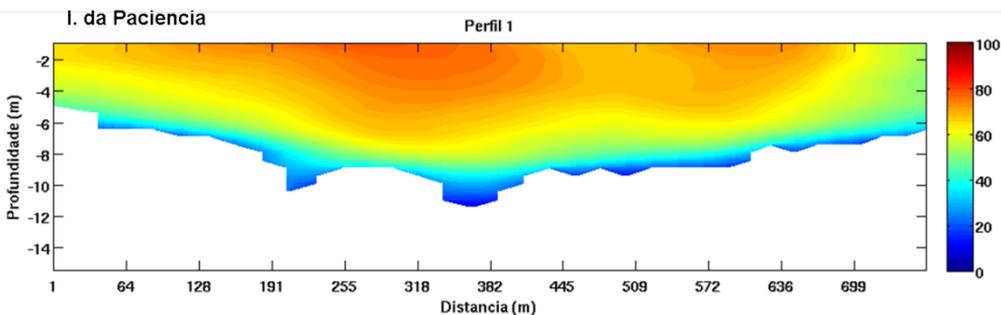
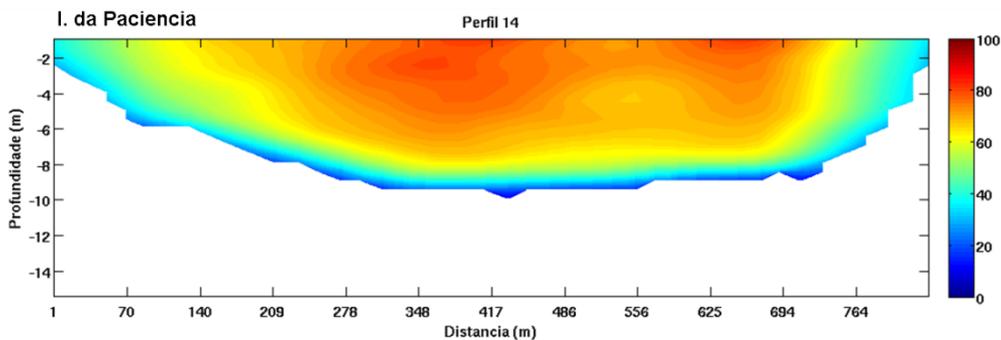


Figura 10. Fluxo de superfície nos perfis ADCP 14 e ADCP 1.

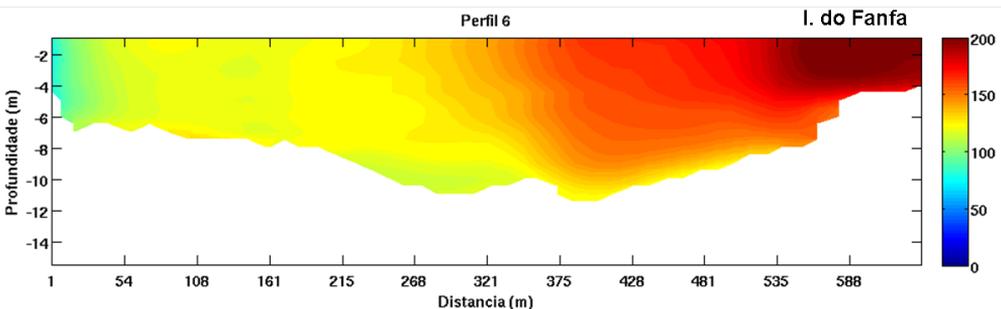
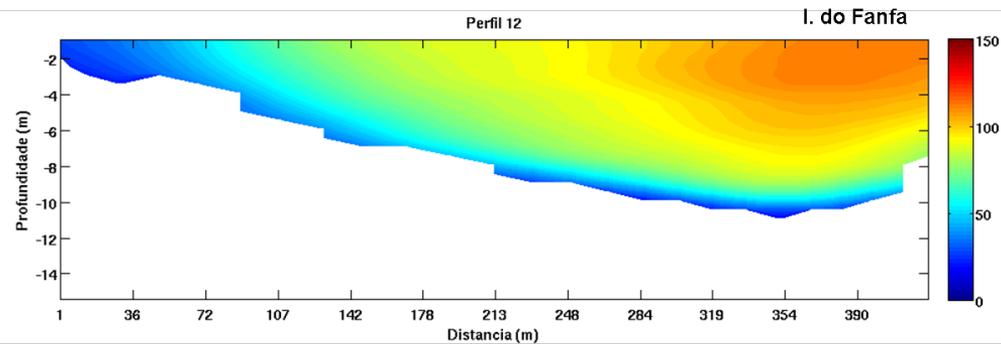


Figura 11. Fluxo medido ao longo dos perfis ADCP 12 e ADCP 6.

A textura do material em suspensão e de sedimento fino ($< 0,062$ mm), entretanto pelo volume de água e das velocidades registradas, material de granulometria mais grosseira (areia fina a muito fina) também foi transportada em suspensão e depositada, como verificamos na área da SOMAR, sobre a superfície do cais.

Os resultados das análises das concentrações do Material em Suspensão (mg)/(Tab. 1) mostra uma distribuição de MS muito equilibrada de um perfil para outro, e ao longo da coluna de água, como resultado da massa de água homogênea, fluxo de vazante total, refletindo um período de cheia do rio. As concentrações apesar de não serem muito elevadas, entretanto são bem superiores aos períodos de vazante normal, em torno de 10 mg/l. O material inorgânico foi calculado como sendo superior a 99,5%.

CONCLUSÕES

A campanha realizada com o ADCP e demais dados na área foco, em período de enchente permitiu mostrar a influência da massa d'água na área com relação ao transporte de material em suspensão, na evidente ação do fluxo sobre as margens e de certa forma auxiliar no entendimento do transporte junto ao fundo.

Os dados de corrente e as concentrações de material em suspensão permitiram calcular que estava sendo transportado em média cerca de 378 ton/hora, material que será levado para o Guaíba, para a Laguna dos Patos e para o litoral.

O solo da região é plano e representado por sedimentos quaternários originados de material fluvial recente não pedregoso ou rochoso.

A cobertura sedimentar do fundo, de acordo com as amostras obtidas, mostra uma granulometria onde predominam os grosseiros, de areia fina a grossa, e dependendo da área de

grânulos. O fluxo registrado de velocidade da corrente tem competência para erodir e transportar sedimentos grosseiros, que de certa forma tem condições para repor o estoque arenoso na área em estudo.

As dragas para retirada da areia operam em locais liberados, mudam de local quando o estoque arenoso acaba e é um processo constante, tornando difícil verificar ou mesmo quantificar se o material arenoso é repostado ou não. A retirada de areia ocorre no limite das dragas (de concha e sucção), com o aprofundamento do leito do rio que pode chegar a 15 m ou quando atinja um leito impenetrável, cuja profundidade pode variar de lugar para lugar, podendo chegar a 20 m e a uma distância da margem que segundo a legislação é de 30 a 50 m, dependendo da área.

Neste sentido, seria interessante um período sem dragagem, por exemplo, 3 a 4 anos, em uma área específica, para que se pudesse acompanhar e avaliar toda a dinâmica da área através da coleta de dados de forma contínua como aqui apresentado. Outros dados devem ser associados como informação de sonar e de sondagens batimétricas de detalhe, permitindo verificar se existe ou não reposição de material e controle das margens.

Parando a retirada de material do fundo, os sedimentos transportados pela água iriam preencher os espaços deixados pelas dragas que pode ser resultado de sucção ou de conchas como mostrado na imagem de sonar da Figura 12.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a SOMAR Ltda. pelo apoio logístico de campo e disponibilidade de dados e a FURG pelos equipamentos e análises de laboratório.

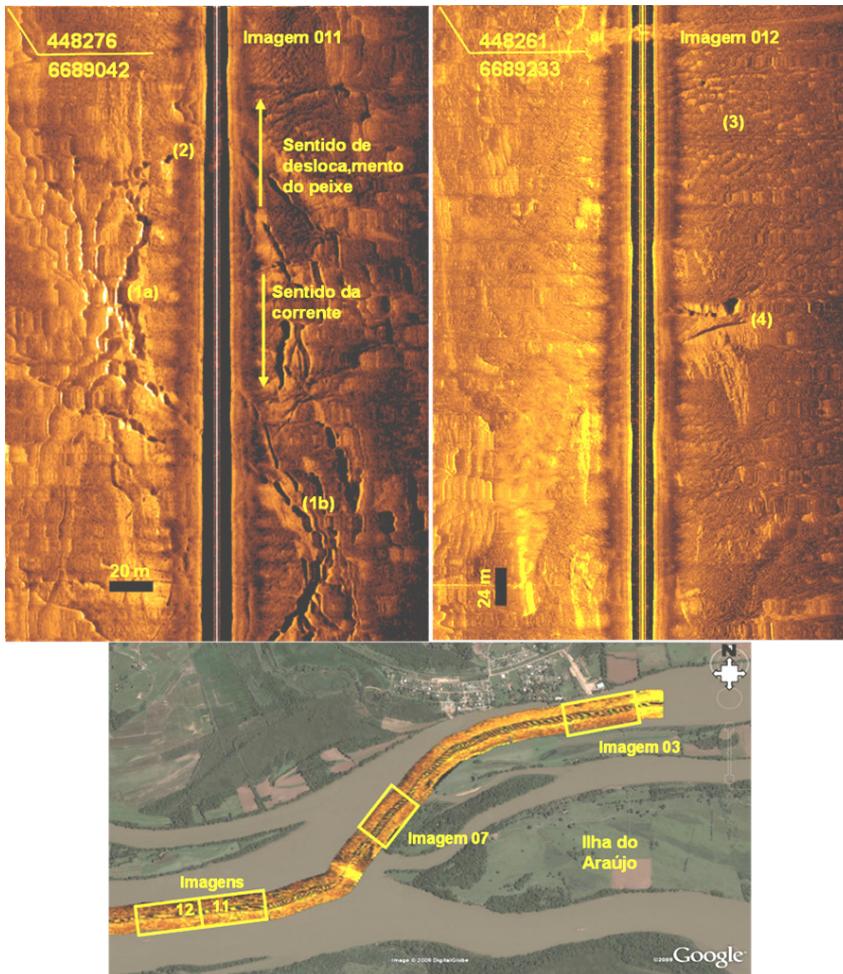


Figura 12. (1a) Cicatrizes deixadas pela draga de sucção; (1b) cicatrizes com manchas de sedimentos repostos; (2) e (4) mancha tipo marca de cometa; (3) ondulações formadas na nova camada de sedimentos (dunas pequenas).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIERLEY, G.J. & FRYIRS, K.A. 2005. **Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework**. Blackwell Publishing, 387p.
- GAMARO, P.E. 2007. **IIIº Curso de Medidores de Vazão Acústica Doppler**, Foz do Iguaçu, PR, de 05 a 09/11/2007, 96p.
- KNIGHTON, D. 1998. **Fluvial forms & Processes; A new perspective**. Great Britain, Arnold, 377p.
- HJULSTROM, F. 1939. Hjulstrom Curve: Fluvial Deposition. **Online Geography Resources**, Geographyalltheway. com.
- HARTMANN, C. & TAGLIANI, C.R. 1994. Armadilha para sedimentos grosseiros de fundo: uma tentativa de avaliar a velocidade de reposição do estoque arenoso do rio Jacuí, RS. **Sociedade & Natureza**, EDUFU, v6, Nº 11 e 12, p9-17.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G. & MILLER, J.P. 1985. **Fluvial Processes in Geomorphology**. Dover Publications, Inc, New York, 509p.
- ROOS DA SILVA, J. & ANTONIAZZI DE MORAES, J.P. 2008. **Empresa Gente & Terra – Assessoria e Consultoria Ltda.**, Cachoeira do Sul, RS.
- SOMAR Ltda. 2008. **Dados de nível diário do rio Jacuí régua da SPH, Cais do Porto de Charqueadas, RS**.