

Definição dos Estilos Fluviais na sub-bacia do rio São Pedro (RJ). Uma abordagem Geomorfológica ao Planejamento dos recursos Hídricos.

LIMA, R.N.S¹; BRANDÃO, E.A.F.²; MARÇAL, M.S.³

**raphael.lima@globo.com ; milyrio@yahoo.com.br ;
monicamarcal@gmail.com.br**

**Programa de Pós-Graduação de Geografia – Universidade Federal do Rio de
Janeiro – LAGESOLOS – Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação
dos Solos.**

Resumo:

O rio São Pedro, localizado na região norte do Estado do Rio de Janeiro, corresponde a um dos principais afluentes do rio Macaé pela margem esquerda. A perda de grande área de vegetação vem causando efeitos adversos na morfologia dos rios, na estabilidade dos canais (mudança na dinâmica de erosão e deposição). Na perspectiva de um planejamento ambiental, optou-se por utilizar o arcabouço metodológico dos Estilos Fluviais com o objetivo de se entender e avaliar o comportamento das diferentes partes de um rio de forma sistêmica. De acordo com Fryirs & Brierley (2000), estilos fluviais (*River Styles*®) representam um método de classificação de segmentos do rio que apresentam um conjunto comum de características geomorfológicas e hidrodinâmicas, sendo definidos pela geometria, forma em planta do canal e pela reunião de uma série de características geomorfológicas, proporcionando uma ferramenta integrada para exercícios de classificação. A partir da interpretação dos dados da drenagem, foram identificados 5 (cinco) estilos fluviais no rio São Pedro (figura 2). Cada estilo fluvial foi caracterizado por um conjunto de atributos, cuja combinação possibilitou uma perspectiva integrada da geomorfologia fluvial, facilitando a compreensão dos processos que ocorrem na bacia.

Palavras Chave: Estilos Fluviais; Dinamica Fluvial; planejamento fluvial

Abstract:

The São Pedro river, located at the north of Rio de Janeiro, is one of the principals tributaries of Macaé river. The loss of great area of the vegetation has been causing different effects on the river morphology and channels stability (changes on the erosion and deposition dynamics). At an environmental management perspective, the River Style® framework, provides a unified baseline upon which an array of additional information can be applied, thereby providing a consistent framework for management and decision-making. According to Fryirs & Brierley (2000), a River Style is a river reach with a near-uniform assemblage of geomorphic units. The identification and characterization of a River Style is a summary understanding of how that river operates and behaves within its valley settings. From the interpretation of drainage data, five river styles were identified at São Pedro river. Each typology was defined by the assessment of a summary of geomorphic attributes, upon which spatial and temporal linkages of physical processes are assessed within a catchment context.

Key words: River Styles®; Fluvial Dynamics; River Management.

1. Introdução

Ao longo da história, diversas civilizações desenvolveram-se às margens de grandes rios, aproveitando-se das planícies férteis para desenvolver atividades agropastoris e da água para navegação e abastecimento da população. Desse modo, pode-se dizer que os rios são ambientes naturais de extrema importância para as sociedades. Entretanto, em muitas partes do planeta, o aumento da demanda pela água tanto para o consumo como para atividades produtivas, têm induzido a um processo de degradação dos sistemas fluviais, alterando profundamente o seu funcionamento natural (Leopold, *et al* 1964).

O rio São Pedro, localizado na região norte do Estado do Rio de Janeiro, corresponde a um dos principais afluentes do rio Macaé pela margem esquerda. A referida sub-bacia hidrográfica, teve sua cobertura vegetal original, caracterizada pela mata atlântica, intensamente degradada pela exploração da madeira e pelo cultivo da cana-de-açúcar a partir do século XVIII e, atualmente, pelo aumento das pastagens naturais.

Essas transformações na vegetação vêm causando efeitos adversos na morfologia dos rios, na estabilidade dos canais (mudança na dinâmica de erosão e deposição) e conseqüentemente nos ecossistemas aquáticos (Marçal, *et al* 2002).

Embora a bacia do rio Macaé tenha instituído, desde 2003, o seu comitê de bacias, do ponto de vista Sócio-Ambiental, observa-se que a região da sub-bacia do rio São Pedro é bastante carente de projetos e estratégias de reabilitação das áreas degradadas.

Na perspectiva dessa abordagem de planejamento ambiental, objetiva-se contribuir com estudos de geomorfologia fluvial, utilizando-se de metodologias que permitam analisar as formas e processos atuantes no sistema hidrográfico.

2. Objetivos

O objetivo central deste estudo é analisar e identificar os processos e formas atuantes nos principais cursos d'água da sub-bacia e através de metodologia apropriada, classificar segmentos do rio em um conjunto comum de características geomorfológicas e hidrodinâmicas. Estabelecendo, assim, as condições geomorfológicas do sistema de drenagem construindo um entendimento contínuo a cerca do comportamento dos diferentes tipos de canais desta bacia.

Como contribuição no processo de entendimento da dinâmica da drenagem, o trabalho teve como desdobramentos:

- Análise regional da bacia através do *Mapeamento Geomorfológico* em escala 1:50.000 da sub-bacia do rio São Pedro.
- Levantamento de *parâmetros morfométricos - Padrão de Drenagem, Densidade de Drenagem e Perfil Longitudinal* e transversais no rio São Pedro.
- *Forma em Planta do canal*
- *Características do Vale*

3. Área de Estudo

Ao longo da história, a sub-bacia do rio São Pedro sofreu com diversos impactos diretos (modificações diretas no canal, como retificações e represamentos) e indiretos (relacionados ao uso da terra), que durante séculos, modificaram significativamente o sistema hidrológico. Há de se ressaltar, porém, que essas perturbações no equilíbrio do sistema se deram de forma diferenciadas no tempo e no espaço, acompanhando tendências distintas de uso da terra no alto, médio e baixo curso da bacia. No alto curso da bacia, apresentam-se significativas áreas de remanescentes de Mata Atlântica que se estendem pelos morros e nas encostas da Serra do Mar, em trechos de difícil acesso. Já na planície aluvionar, em altitudes bem mais inferiores, espriam-se grandes áreas de campos, onde se cultiva principalmente arroz, feijão e pastagens (Marçal & Luz, 2003).

Somado a isso, a chegada da Petrobrás na cidade de Macaé no início da década de 70, culminou num grande processo imigratório na região, que fez crescer significativamente a demanda pela água e a pressão sobre esse recurso.

Do ponto de vista Sócio-Ambiental, os relatórios do MRA5 e da EMUHSA (Empresa Pública Municipal de Urbanização Habitação Saneamento e Água) demonstram que existem tentativas de articulação da gestão de conflitos pelo uso da água entre os usuários, todavia, a região ainda é bastante carente de projetos e estratégias de reabilitação de áreas degradadas.

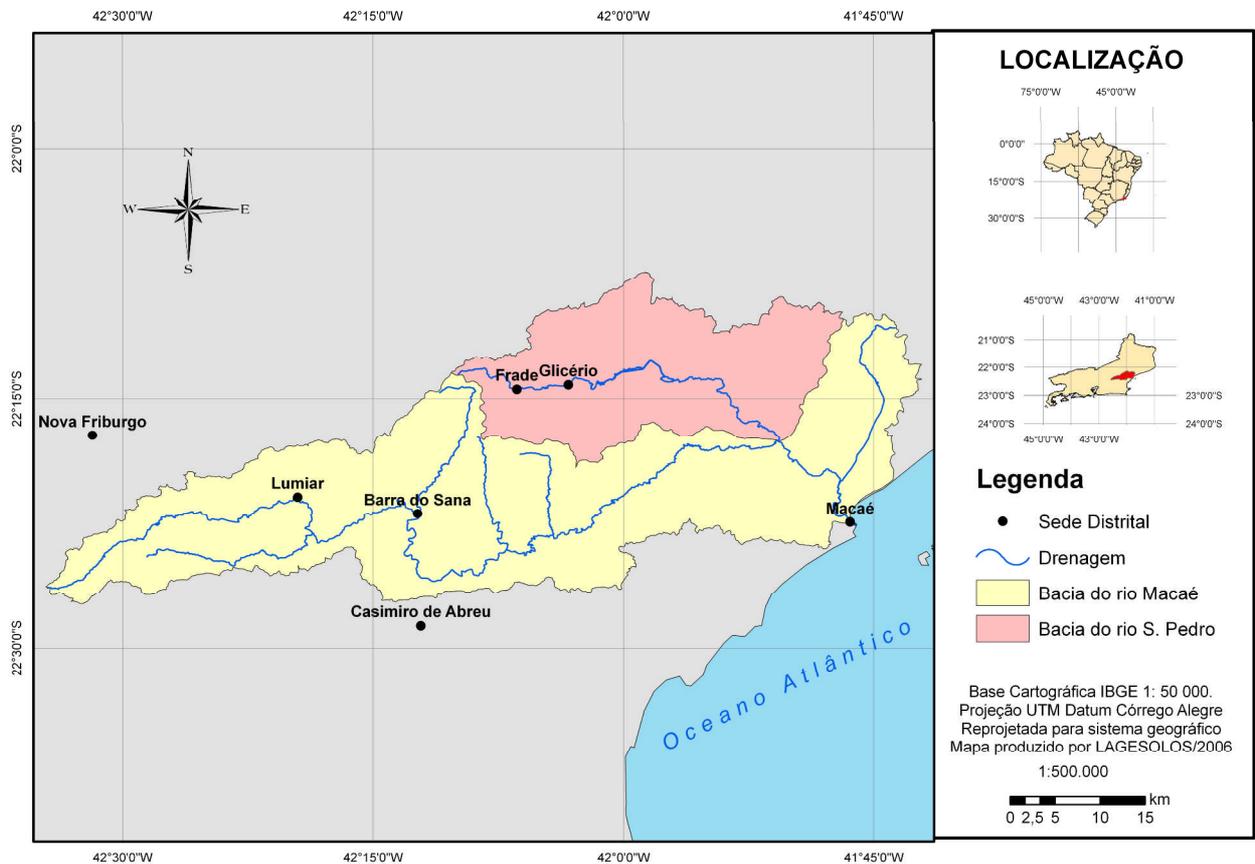


Figura1: Mapa de Localização da Sub-bacia do Rio São Pedro – RJ

Fonte: Lagesolos

4. Materiais e Métodos

Arcabouço Metodológico dos Estilos Fluviais

Para a realização de um diagnóstico ambiental aplicável ao planejamento na bacia hidrográfica do rio São Pedro, é importante uma compreensão do caráter e comportamento dos rios da bacia em questão e seus afluentes. Nessa perspectiva optou-se por utilizar o arcabouço metodológico dos Estilos fluviais com o objetivo de se entender e avaliar o comportamento das diferentes partes de um rio de forma sistêmica.

A identificação desses Estilos Fluviais foi realizada ao longo de toda a extensão do rio São Pedro. A caracterização de um Estilo Fluvial não é simplesmente uma avaliação visual do rio, mas um entendimento completo de como o rio opera, ou se comporta dentro do seu vale. Para a classificação dos estilos fluviais no presente trabalho, utilizou-se dos seguintes parâmetros: *Característica do vale*, *Unidade de Relevo*, *Característica do canal (forma em planta do canal e unidades geomorfológicas)* e *Comportamento do rio*.

Inicialmente, dividiu-se o rio São Pedro em três trechos a partir das seguintes características do vale: **Confinado** (> 90% do canal apóia-se diretamente no substrato rochoso ou em terraços), **Parcialmente Confinado** (10-90% do trecho do rio apresentam-se sem planície de inundação ou com presença de planícies descontínuas) e **Não Confinados** (< 10% do trecho do rio está apoiado no substrato rochoso ou em terraços, apresentando planícies contínuas e extensas). Para essa análise utilizou-se o mapa geomorfológico em escala 1:50.000, a base topográfica do IBGE em escala 1:50.000, imagens de satélite obtidas no programa *Google Earth* e perfis transversais.

A partir da configuração do vale, foi realizado o estudo da forma em planta do canal, através do mapeamento das unidades geomorfológicas do rio, considerando o **Número de Canais**, **Sinuosidade** (grau de sinuosidade e tipos de sinuosidade), **Estabilidade Lateral do Canal** (desenvolvimento e crescimento de meandros, grau de entrelaçamento e características do entrelaçamento) e **Unidades Geomorfológicas** (barras, ilhas, etc). Para essas análises, também utilizaram-se imagens de satélite do programa *Google Earth* e fotografias aéreas da CPRM na escala 1:60.000.

Na análise dos parâmetros morfométricos, utilizou-se a metodologia de Christofolletti (1981) para o cálculo da área da bacia e confecção de mapa de drenagem detalhado, elaborado a partir das cartas topográficas de 1:50.000 do IBGE. Para tal, foi utilizado o software *ArcView* 3.3 da ESRI. Foram elaborados também perfis longitudinais e transversais, no alto, médio e baixo curso na sub-bacia do rio São Pedro, utilizando as cartas Topográficas de 1:50.000 do IBGE.

5. Referencial Teórico – Conceitual

Estilos Fluviais

Os Estilos Fluviais (*River Styles*®) representam uma ferramenta de pesquisa desenvolvida por geomorfólogos australianos em parceria com a agência australiana de conservação de água, sendo marca registrada pela *South Wales Department of Land and Water Conservation* e da *Macquire University* (Brierley & Fryirs, 2002). Esses estudos foram realizados em bacias do sudeste da Austrália a fim de nortear práticas de gestão e estabelecer programas de reabilitação de rios que sejam efetivas e sustentáveis. De uma forma geral, o estudo propõe procedimentos genéricos que proporcionam ferramentas para a interpretação da forma, comportamento, condição e potencial de recuperação de

um rio. As bases explicativas e prognósticas do arcabouço proporcionam alicerces rigorosos para a tomada de decisão.

De acordo com Fryirs & Brierley (2000), estilos fluviais (*River Styles*®) representam um método de classificação de segmentos do rio que apresentam um conjunto comum de características geomorfológicas e hidrodinâmicas, sendo definidos pela geometria, forma em planta do canal e pela reunião de uma série de características geomorfológicas, proporcionando uma ferramenta integrada para exercícios de classificação. Esses elementos são, portanto, consideradas, o ponto de partida e uma excelente base para se caracterizar sistematicamente o *caráter* (estrutura geomorfológica do rio, incluindo forma em planta e geometria, do canal) e *comportamento* (referente às características hidráulicas do canal, como o calibre dos materiais transportados e depositados, sua relação com a planície e a susceptibilidade a mudanças geomorfológicas) dos rios. Dessa forma, um só rio pode apresentar diferentes estilos fluviais; o que implica que cada trecho pode interagir de maneira particular com a paisagem em seu entorno.

Programas de planejamento que lidam com o meio ambiente, precisam considerar a diversidade e o comportamento dos ecossistemas aquáticos. Nesse sentido, cada bacia deve ser planejada de acordo com sua conveniência, reconhecendo os padrões e conectividade das formas e processos atuantes. A classificação dos estilos fluviais gera um pacote de informações geomorfológicas imprescindíveis à atividades de reabilitação, recuperação e preservação de sistemas hidrográficos.

6. Resultados

A partir da interpretação dos dados da drenagem, foram identificados 5 (cinco) estilos fluviais no rio São Pedro (figura 2). Cada estilo fluvial foi caracterizado por um conjunto de atributos, cuja combinação possibilitou uma perspectiva integrada da geomorfologia fluvial, facilitando a compreensão dos processos que ocorrem na bacia. A Tabela 1 mostra os atributos que distinguem um estilo fluvial do outro, dispendo assim, de bases significativas para comparar os estilos fluviais e determinar o potencial de recuperação/ reabilitação do rio.

Tabela 1: Atributos característicos dos Estilos Fluviais na sub-bacia do rio São Pedro

Estilo Fluvial	Característica do Vale	Unidade de Relevô	Características do canal		Comportamento do rio
			Forma em Planta	Unidades Geomorfológicas	
Cabeceira com <i>knick points</i>	Confinado	Escarpas Serranas	Canal único, retilíneo, altamente estável	Sem planícies, alta declividade do perfil longitudinal com presença de degraus rochosos formando sequências de cascatas	Canal com alto controle litológico, com alternância de degraus. Remove eficientemente todos os sedimentos disponíveis. O canal não consegue se ajustar lateralmente dentro do canal confinado
Leito rochoso e canal parcialmente confinado	Parcialmente Confinado	Escarpas serranas e Escarpas Reafeiçoadas,	Canal único, retilíneo, moderadamente estável	Sem planícies com baixa declividade, presença de ilhas formadas por blocos e sedimentos arenosos.	Situados em vales estreitos, com gradientes suaves, esse trecho transporta os sedimentos sob forma barras longitudinais. Elevada presença de blocos. O desenvolvimento de ilhas e corredeiras ocorrem de acordo com a disponibilidade de sedimentos no canal e na presença de substrato rochoso.
Vales encaixados e planície descontínua	parcialmente confinado	Escarpas serranas, Escarpas Reafeiçoadas e colinas dissecadas	canal único, alinhamento sinuoso no vale e altamente estável	Planícies descontínuas, terraços fluviais, presença de ilhas vegetadas, blocos e barras laterais	Esse estilo é encontrado em vales confinados. Apresenta uma elevada capacidade erosiva e de transporte de sedimentos. O grau de confinamento do vale juntamente e o gradiente controlam a acumulação de sedimentos e a formação de planícies.
Meandros irregulares com leito arenoso	Não Confinado	Planície Fluvial	Canal único, lateralmente instável, altamente sinuoso com presença de meandros irregulares	Planície de inundação contínua e ampla, com presença de terraços fluviais, barras longitudinais, laterais e barras pontuais (curvas de meandros)	Inserido em vales largos com baixo gradiente de declividade, esse estilo acumula sedimentos em planícies largas e contínuas. O canal é caracterizado por extensos depósitos em forma de barras, formadas pelo entulhamento de sedimentos nas margens e no leito do rio. Quando estas são ocupadas por vegetação, formam-se ilhas que contribuem na fixação desses sedimentos.
Canal retificado	Não Confinado	Planície Fluvial	Canal único, lateralmente estável, com seu comprimento encurtado através da retificação da calha.	Formação de barras laterais, longitudinais e ilhas.	Aumento da velocidade do fluxo e da capacidade de transporte de sedimentos à jusante, promovendo o entulhamento prolongado dos mesmos nos períodos de menor vazão do rio.

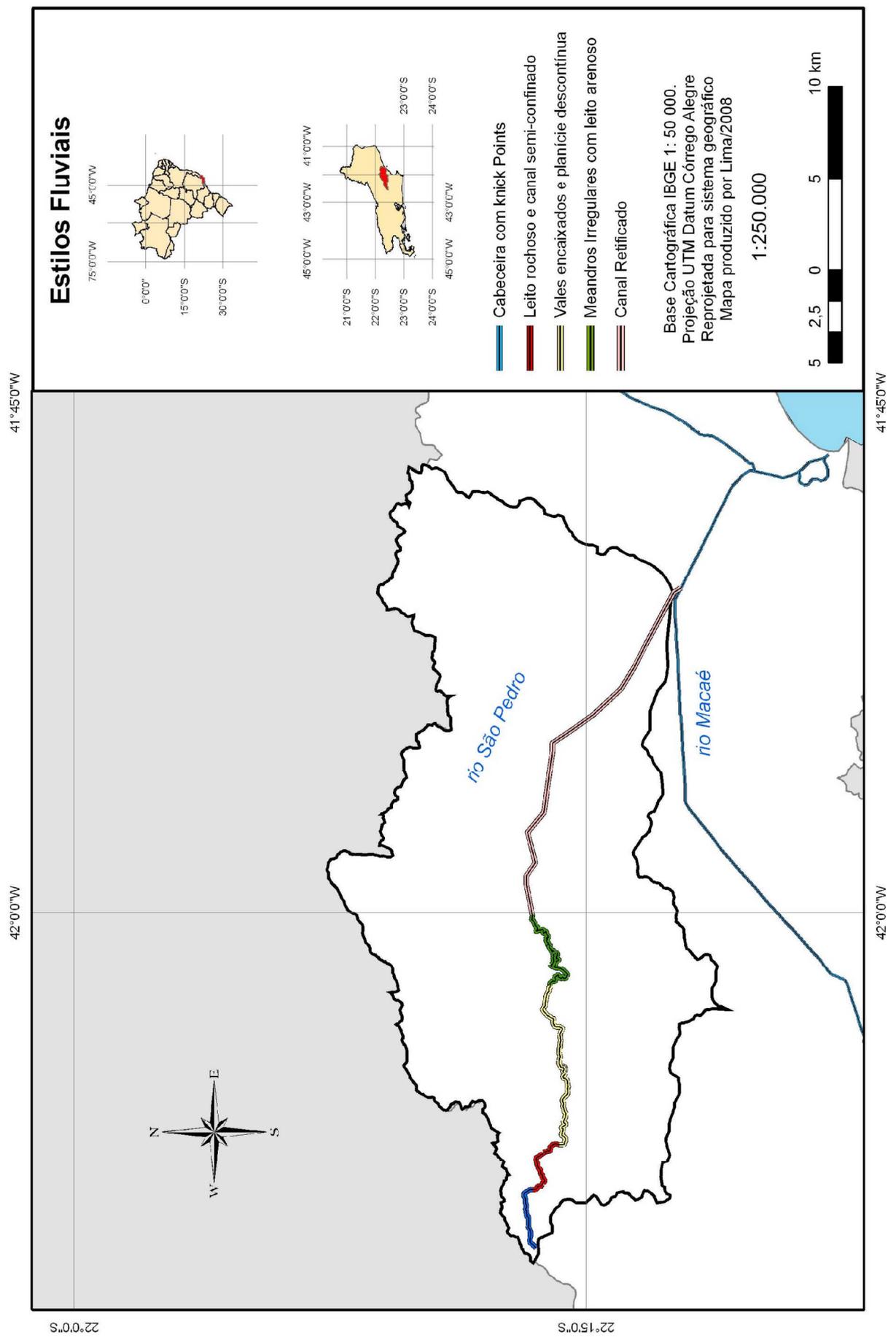


Figura 2: Mapa dos Estilos Fluviais na sub-bacia do rio São Pedro

Potencial de Recuperação:

Através das análises realizadas, pode-se inferir que o rio São Pedro apresenta uma sensível condição geomorfológica, dado que ao longo do seu curso, o canal apresenta problemas de entulhamento de sedimentos, associados ao aumento de aporte sedimentar causado pela erosão das vertentes e a perda de uma área significativa de vegetação. Entretanto, existe uma significativa variação no potencial de recuperação do rio São Pedro ao longo do seu curso, que varia em função dos diferentes comportamentos que cada estilo fluvial apresenta. De forma geral, os trechos mais preservados, ou seja, mais próximos da sua dinâmica natural (Summerfield, 1991), encontram-se próximos a cabeceira de drenagem, onde o acesso é relativamente mais difícil.

Os trechos situados em ambientes de vales confinados ou semi-confinados, localizados na parte média da bacia, apresentam um alto potencial de recuperação, pois apesar de terem sofrido um aumento no aporte de sedimentos, o caráter de confinamento, permite ao canal energia suficiente para transferir-los para as partes mais baixas. No entanto, a capacidade do rio em mobilizar os sedimentos transportados a montante não é ilimitada. Desse modo, a degradação das áreas que se encontram atualmente preservadas, pode acarretar em um aumento na produção de sedimentos nas parcelas mais elevadas da bacia, podendo gerar desequilíbrios nesse trecho, uma vez que a quantidade de sedimentos tenha superado a capacidade do canal em removê-los.

Os cursos com os potenciais de recuperação mais baixos são os que se encontram nas partes baixas da bacia, onde os vales são amplos e o rio possui uma extensa planície de inundação. Esses trechos são muito sensíveis a mudanças no regime hidrológico e sedimentológico e experimentaram profundas mudanças na sua morfologia, a partir da mudança do uso da terra na região. O acúmulo dos impactos causados nas partes mais altas da bacia, se refletem claramente nas partes baixas em forma de assoreamento, limitando significativamente o potencial de recuperação do canal.

Alguns impactos podem, ainda, ser considerados irreversíveis, uma vez que as obras de retificação da calha do rio São Pedro levariam milhares de anos para se reajustar ao seu equilíbrio geomorfológico natural.

Desse modo, nota-se que no rio São Pedro, qualquer estratégia de recuperação, ou ainda de reabilitação do sistema hidrográfico, deveria estabelecer prioridades na hora de aplicar os investimentos baseadas no potencial de recuperação de cada estilo fluvial.

7. Conclusões

A magnitude dos impactos ambientais, frente às transformações induzidas, variam em função da natureza, intensidade e extensão das intervenções humanas e do grau de alteração antecedente imposto à paisagem. Tais impactos são vistos como indicadores de desajustes internos na paisagem, promovendo assim, cumulativamente, uma degradação do meio físico, da biodiversidade e da qualidade de vida da população.

Os Perfis longitudinais demonstram mudanças de elevação ao longo do percurso do rio, bem como variações de declividade. Esse controle da elevação e da declividade representam um controle primário sobre o comportamento e a forma do rio de modo que as mudanças no perfil podem ainda coincidir com determinadas unidades geomorfológicas e/ou com limites de Estilos Fluviais.

É importante ressaltar, que atualmente, sejam implantadas políticas que obedeçam a estratégias de planejamento ambiental eficazes nas bacias hidrográficas, para que as atividades sócio-econômicas e o desenvolvimento sejam realizados de maneira sustentável, conservando e assegurando os recursos naturais para gerações futuras.

Bibliografia:

- BRIERLEY, G.J. & FRYIRS, K. (2002) Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography* (22) pp. 91–122
- CHRISTOFOLETTI, A. (1981) *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo, Edgard Blucher.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G. E MILLER, J.P. (1964) *Fluvial Process in Geomorfology*. W.F. Freeman & Co. San Francisco, pp.552
- MARÇAL, M.S.; LUZ, L.M.; DIOS, C, B.; GARCIA, A S.G. (2002) Avaliação dos Problemas Ambientais no Litoral Norte Fluminense (RJ)-Área de Influência da Bacia Petrolífera de Campos. IV Simpósio Nacional de Geomorfologia, São Luis Maranhão.
- MARÇAL, M.S. & LUZ, L.M. (2003) Planejamento e gestão da Bacia do Rio Macaé – Litoral Norte Fluminense, com base em estudos integrados de Geomorfologia e uso do solo. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife, PE, CD-ROM
- SUMMERFIELD, M.A. (1991) *Global Geomorphology: An introduction to the study of landforms*. New York, Longman Scientific & Technical, 537p.