

AS OBRAS DE ENGENHARIA E AS ALTERAÇÕES MORFO-HIDROGRÁFICAS NA BACIA DO ARROIO SANTA BÁRBARA – PELOTAS (RS).

SIMON, A. L. H.

1 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP/Rio Claro, Bolsista CAPES. Av. 24 A, n.1515, Bela Vista, Rio Claro-SP adrianosimon@yahoo.com.br

CUNHA, C. M. L. ²

2 Orientadora, Professora Doutora do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da UNESP/Rio Claro, cenira@rc.com.br

RESUMO

A apropriação dos recursos naturais por parte do homem, vêm causando profunda interferência nos sistemas físico-ambientais. A transformação das paisagens naturais em habitats artificiais resulta na produção espacial favorável à sociedade, derivando, outrossim, em aspectos negativos vinculados à interferência inadequada na natureza. As formas do relevo sofrem influência direta do processo de ocupação e apropriação dos recursos naturais, pois caracterizam a base onde ocorrem tais ações. A Geomorfologia possui especial interesse em compreender como se processam estas alterações sobre as formas do relevo e sobre os ambientes fluviais, analisando a amplitude das transformações e os processos associados, encontrando auxílio na cartografia, por meio da elaboração de mapas que fomentam a representação espacial das formas. O objetivo do presente estudo é analisar como as obras de engenharia tem interferido nos sub-sistemas hidrografia e relevo na bacia do Arroio Santa Bárbara durante o período de 1953 e 1965, por meio do mapeamento geomorfológico dos dois cenários. Trata-se de resultados preliminares da pesquisa em nível de mestrado que encontra-se em desenvolvimento. A elaboração das Cartas Geomorfológicas dos períodos distintos ocorreu por meio de técnicas de fotointerpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas dos anos de 1953 (1:40.000) e 1965 (1:60.000). O mapeamento das feições do relevo foi desenvolvido tendo como base a proposta de Cunha (2001). No presente trabalho foi dada maior atenção a análise das formas de origem antrópica, sobretudo às obras de engenharia, em face da constatação de interferências significativas e gradativas, a partir de observações dos cenários de 1953 e 1965. Os impactos na rede de drenagem e na morfologia são inerentes às obras de engenharia, sendo efetivados de acordo com padrões técnicos de linearidade e declividades suaves, como no caso das ferrovias e rodovias. As estradas secundárias procuram obedecer as condições topográficas que representam menor imposição, sendo que nem por isso repercutem em menores impactos na morfodinâmica. A construção de açudes e barragens provoca o desequilíbrio da rede de drenagem da bacia em questão, acentuando os processos morfodinâmicos registrados através da ocorrência de rupturas de declive que caracterizam a instabilidade das vertentes. A canalização foi vista como um processo lógico a ser executado em determinado momento para a contenção de enchentes e para a drenagem de áreas alagadas, porém não levou em consideração as condições naturais de um sistema aberto que continuariam a repercutir em enchentes na área urbana assentada sobre a antiga planície de inundação.

Palavras-chave: Obras de Engenharia, Cartografia Geomorfológica, Uso da Terra, Bacia Santa Bárbara, Pelotas.

INTRODUÇÃO

A apropriação dos recursos naturais por parte do homem, para a consolidação das atividades que mantém a estrutura do sistema capitalista, vêm causando profunda interferência nos sistemas físico-ambientais. A transformação das paisagens naturais em habitats artificiais resulta na produção espacial favorável à sociedade, ao mesmo tempo em que deriva aspectos negativos vinculados à interferência inadequada na natureza.

Cassetti (1991, p. 19-20) explica que o meio natural é o substrato no qual atuam as atividades humanas, que consolidam a organização do espaço, obedecendo a padrões culturais e econômicos. Assim, quanto maior for o avanço técnico-científico de uma sociedade, maiores serão as imposições ao meio natural e as transformações decorrentes.

A dinâmica evolutiva das atividades rurais e urbano-industriais resultaram em uma complexa organização do espaço, derivando em múltiplos e intensos usos da terra. A alteração dos atributos dos sistemas físico-ambientais ocorreu de forma inerente a este processo, para que a natureza pudesse se tornar economicamente ativa.

Desta forma, o ponto de partida destas transformações decorre da retirada da cobertura vegetal original para a implantação das atividades humanas, inicialmente as vinculadas à agricultura. Como efeito deste processo os demais elementos respondem adequando-se as novas condições, reajustando-se às características de regulação na entrada e saída de matéria e energia.

Muitas vezes as alterações tornam-se tão profundas que a capacidade de resistência e resiliência dos atributos pode ser comprometida, ocasionando impactos ambientais que levam a estruturação de uma nova dinâmica do sistema, condicionada, sobretudo, pelos mecanismos de controle exercidos pelas atividades antrópicas.

Neste contexto, as formas do relevo sofrem influência direta do processo de ocupação e apropriação dos recursos naturais, pois caracterizam a base onde ocorrem tais ações, compartimentando-se em zonas de acesso privilegiado – onde as alterações inicialmente são mais brandas, porém não deixando de ser impactantes – além de superfícies que oferecem resistência às atividades antrópicas, onde as transformações são intensas e repercutem em maiores implicações na morfodinâmica.

Da mesma forma, a utilização dos recursos hídricos em prol da manutenção de atividades rurais e urbano-industriais têm ocasionado interferências nos sistemas hidrográficos, por meio de alterações na rede de drenagem que modificam, barram ou extinguem o curso dos rios, acarretando implicações nos processos erosivos.

A Geomorfologia possui especial interesse em compreender como se processam estas alterações sobre as formas do relevo e sobre os ambientes fluviais, analisando a amplitude das transformações e os processos associados.

As análises geomorfológicas encontram importante auxílio na cartografia, por meio da elaboração de mapas que fomentam a representação espacial das formas, auxiliando na análise dos dados obtidos. Ross (2003, p. 51), explica que a cartografia geomorfológica apresenta um grau de dificuldade maior em relação ao mapeamento dos demais elementos naturais. Esse obstáculo advém, sobretudo, das características tridimensionais das formas do relevo e de sua codificação em simbologias cartográficas, para que resulte em um documento legível e aplicável aos objetivos propostos.

Os mapas e cartas geomorfológicas de acordo com Verstapen & Zuidam (1975, p. 15), não são somente documentos científicos por si mesmos, figurando também como ferramenta de grande valor na avaliação dos recursos naturais, devido à relação que existe entre as características geomorfológicas e os demais fatores do meio ambiente. Cassetti (1991, p. 42), afirma que “é o avanço ocorrido no mapeamento geomorfológico e seu crescente emprego no planejamento regional que mantêm o caráter geográfico da ciência geomorfológica”.

A difusão de pesquisas neste sentido, pode orientar usos corretos da terra pelas atividades humanas, indicando também áreas em que a atual conjuntura de ocupação vem ocasionando ou pode originar situações de impacto.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho é analisar como as obras de engenharia tem interferido nos sub-sistemas hidrografia e relevo na bacia do Arroio Santa Bárbara durante o período de 1953 e 1965, por meio do mapeamento geomorfológico dos dois cenários. Estes mapeamentos inserem-se em uma série de quatro panoramas – 1953, 1965, 1995 e 2006 – por meio dos quais pretende-se analisar a evolução do uso da terra na bacia em questão, e a interferência nos sub-sistemas relevo, hidrografia e vegetação. Trata-se portanto, de resultados preliminares da pesquisa em nível de mestrado que encontra-se em desenvolvimento.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO

A bacia hidrográfica do Arroio Santa Bárbara, localiza-se entre as coordenadas geográficas 31°37'52" à 31°47'16" S e 52°20'20" à 52°27'20" W, na porção sudoeste do município de Pelotas, estado do Rio Grande do Sul, sendo responsável pela drenagem de uma área de aproximadamente 83 km² (Figura 1). Apresenta em sua configuração espacial um mosaico ambiental já alterado pelo intenso processo de apropriação dos recursos naturais que pouco está sendo trabalhado sob a ótica do planejamento e gestão ambiental.

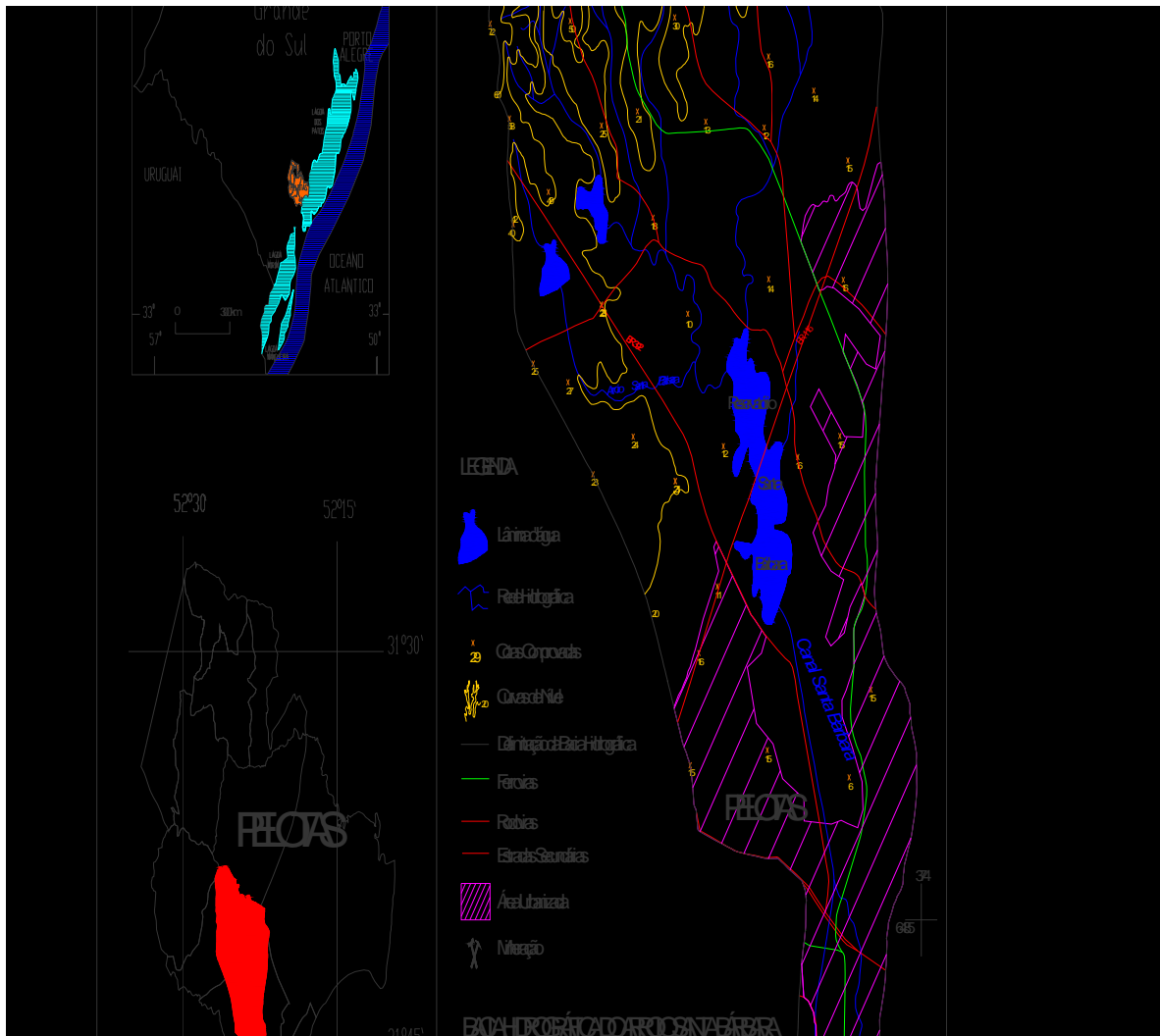


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Arroio Santa Bárbara.
Organização: Adriano L. H. Simon.

O Sistema apresenta atributos peculiares quanto ao relevo, por situar-se na interface de dois domínios morfoestruturais gaúchos: os Embasamentos em Estilos Complexos – onde predominam litologias cristalinas do Pré-Cambriano – e os Depósitos Sedimentares (Quaternário), mais precisamente entre as Unidades Geomorfológicas do Planalto Rebaixado Marginal e o das Planícies Alúvio-Coluvionar e Lagunar.

O clima é o Subtropical Úmido, sem estação seca, com invernos frescos e verões suaves. As áreas mais planas da bacia sofrem grande influência lagunar e marítima, enquanto nas partes mais elevadas predomina a influência do relevo sobre os aspectos climáticos. A vegetação que se estende pela bacia também resulta da sua localização em uma área de transição entre a serra e o litoral, podendo-se encontrar áreas de banhado, campos, pastagens, além da mata subtropical arbustiva.

MÉTODO E TÉCNICAS

A orientação metodológica da presente pesquisa vincula-se à Teoria Geral dos Sistemas aplicada à Geografia. Esta visão permite elucidar a noção de interferência do sistema socioeconômico sobre os sistemas físico-ambientais, provocando alterações – por meio de entradas excessivas ou mínimas de energia e matéria e/ou perturbações na dinâmica do sistema – que levam a situações de controle e desequilíbrio ambiental.

No âmbito deste referencial teórico, a área em estudo será analisada sob o enfoque dos Sistemas Controlados. Estes possuem a particularidade de conter “válvulas” ou “chaves”, que desempenham um papel inteligente por meio de intervenções efetivas, causando mudanças operacionais na distribuição de matéria e energia no sistema por meio de seu funcionamento. Estas válvulas ocupam pontos estratégicos dentro dos sistemas, sendo capazes de desencadear mudanças funcionais nos atributos dos sub-sistemas, demonstrando assim seu caráter de importância. Para analisar tais sistemas controlados optou-se por técnicas cartográficas que possibilitam representar espacialmente as alterações provocadas pela atuação antrópica sobre o relevo.

A elaboração das cartas geomorfológicas dos períodos distintos ocorreu por meio de técnicas de fotointerpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas dos anos de 1953 (1:40.000) e 1965 (1:60.000). O mapeamento das feições do relevo da bacia hidrográfica do Arroio Santa Bárbara foi desenvolvido, tendo como base a proposta de Cunha (2001). De acordo com a autora (op. cit), esse mapeamento geomorfológico enfatiza a morfografia, representada por simbologias, com destaque para as feições de relevo que indicam maior dinâmica erosiva.

Entre estas feições destacam-se os rebordos erosivos, as formas de vertente, além das feições erosivas lineares, como sulcos, ravinas e voçorocas. A morfografia é representada por meio do agrupamento das formas de acordo com seu posicionamento topográfico, a saber: Formas de Vertentes e Interflúvios, Ação das Águas Correntes e Modelado Antrópico.

Entretanto, no presente trabalho foi dada maior atenção a análise das formas de origem antrópica, sobretudo às obras de engenharia, em face da constatação de interferências significativas e gradativas, a partir de observações dos cenários de 1953 e 1965, além dos trabalhos de campo.

Tais formas abrangem a efetivação de aterros e cortes para a construção de estradas secundárias, rodovias, ferrovias e ampliação da área urbana, figurando-se também sobre o modelado fluvial, por meio da interceptação da rede hidrográfica, furto da

construção de açúdes em propriedades rurais, barragens de captação de água e canalização/transposição de cursos d'água.

RESULTADOS PRELIMINARES

As atividades de fotointerpretação, aliadas aos trabalhos de campo realizados na área, possibilitaram a elaboração das cartas geomorfológicas dos anos de 1953 e 1995, que representam a organização das principais obras de engenharia nos limites da bacia Santa Bárbara. A comparação dos documentos mostra uma tendência evolutiva destas instalações, atendendo ao desenvolvimento das atividades rurais e urbano-industriais, inserindo mecanismos de controle dos processos morfológicos e fluviais.

Christofolletti (2001, p. 425), argumenta que as obras de engenharia procuram melhorar e ampliar a infra-estrutura, permitindo a otimização da ocupação e uso da terra. Destaca que as principais dificuldades destas obras estão em suplantar os empecilhos advindos da morfologia e dos processos morfogenéticos.

As estradas secundárias da bacia foram assentadas, em sua maioria, sobre os topos das vertentes, observando-se uma tendência geral destas obras em obedecer o traçado do relevo em prol do mínimo esforço material e financeiro. Trechos significativos destas vias seguem, portanto, o traçado das linhas de cumeada, contudo os aterros e cortes tendem a concentrar o escoamento pluvial e aumentar a possibilidade da ocorrência de processos erosivos como a formação de sulcos e em últimos casos, o surgimento de ravinas que podem, futuramente, evoluir para voçorocas.

Obras com estas características são encontradas sobretudo, no setor onde as formas do relevo são mais acidentadas, e as vias foram constituídas com o propósito de ligar as propriedades rurais e distritos à zona urbana. A implantação das estradas secundárias na zona serrana também acelerou o desgaste dos patamares nos interflúvios mais estreitos e suscetíveis ao processo erosivo, propiciando o surgimento de colos perceptíveis na fotointerpretação e nos trabalhos de campo. Estas últimas feições surgem como pequenas depressões que intercalam rupturas de declive por meio de topos agudos e suaves.

Na zona de planície, alguns trechos das estradas secundárias e da estrada de ferro foram estabelecidos por meio de aterramento ou cortes da morfologia. Estas ações causaram interferência na rede hidrográfica da bacia, especialmente no setor nordeste, onde áreas de depósitos areno-argilosos recentes foram interceptadas e cursos intermitentes

foram gerados por meio de depressões entre aterros, que concentram o escoamento pluvial dando a falsa idéia da existência de um fundo de vale.

Acredita-se que as áreas – que tendem ao encharcamento em períodos chuvosos – interligavam-se com a zona de depósitos recentes existente na área centro-sul da bacia, onde viria a ser construído o reservatório Santa Bárbara. Alguns arroios que perpassam o aterramento vinculado às estradas foram interrompidos por meio de dutos, que controlam a velocidade da água, agindo como soleiras, levando à deposição de materiais nas margens à montante dessa obra. Em cursos onde pontes foram edificadas esta interceptação torna-se menos intensa, ocorrendo somente no período de fortes chuvas e com sedimentos de granulação mais grosseira.

No que se refere as rodovias e ferrovias, constata-se que estas constituem-se em obras de engenharia que desencadeiam efeitos semelhantes às estradas secundárias, entretanto, implicam em maiores intervenções morfológicas pelo fato de alterar o ângulo de declividade natural, buscando uma retilinidade contínua, que destrói as formas topográficas, alterando a dinâmica morfo-hidrográfica.

As cartas expõem esta situação ao representar superfícies aterradas e cortes em quase todo o percurso da extinta ferrovia Canguçu-Pelotas, onde é possível observar interferências na morfodinâmica em média vertente, além da deturpação de cursos d'água. No cenário de 1965 encontram-se em início as obras que dariam origem às rodovias BR 392 e 116. Fica evidente em comparação com o cenário de 1953 o aterramento linear em desenvolvimento nas zonas de deposição recente e a interceptação de arroios por meio da construção de pontes e dutos, o que demonstra o controle humano exercido no sistema em questão.

Coates (1976, p. 203), explica que as estradas e também as redes ferroviárias, alteram a rota do escoamento superficial e sub-superficial, por meio da interceptação e corte das vertentes e da rede de drenagem. De acordo com o autor (op. cit), processos erosivos concentrados podem ocorrer quando sistemas de drenagem artificiais e naturais não são resistentes à contenção de excessos de água, causando, por vezes, ravinamentos e catástrofes sobre as obras de engenharia.

A construção de açudes nas propriedades rurais, além de barragens para a captação de água, também repercutem significativa interferência no sistema fluvial da bacia Santa Bárbara. As cartas geomorfológicas dos anos de 1953 e 1965 indicam um aumento do número de açudes, principalmente na zona de transição entre o embasamento cristalino e as litologias sedimentares.

A construção de barragens também é evidenciada nesta zona de transição da bacia, sendo que as maiores mudanças ocorridas desde a década de 1950 na área devem-se à construção do reservatório Santa Bárbara, onde é realizada a captação de água para uma parcela da população pelotense.

De acordo com Cunha (2001) e Suguio (2003), a construção de açudes e barragens atua diretamente sobre o ambiente fluvial, alterando o nível de base local, acarretando em processos que se refletem tanto na fonte de interceptação, transmitindo-se também a jusante e montante da obra por meio do reajustamento das atividades fluviais.

Os barramentos e açudagens são responsáveis pelo rompimento da seção transversal do rio em três áreas distintas: à montante e à jusante do nível de base, além do próprio reservatório.

À montante do novo nível de base imposto, estes processos estão relacionados as retomadas erosivas, haja vista que o curso tende a buscar seu perfil de equilíbrio (PENTEADO, 1979). A reativação do entalhamento processado pelos arroios atua diretamente nas vertentes por meio de desgastes e formação de rupturas de declive próximas aos cursos, indicando o desequilíbrio das mesmas e a deformação dos topos em alguns casos.

À jusante do curso interceptado também ocorre o entalhamento e rebaixamento do leito, condicionados pela descarga dos reservatórios. Este processo, porém, parece não ser tão evidente na área em questão em face da pequena vazão dos açudes e barragens existentes.

No local do barramento, ou seja, nas represas, encontra-se o terceiro processo derivado desta interferência antrópica. A intensidade da regressão erosiva pode diminuir o tempo de vida dos reservatórios, a partir do momento em que a deposição dos sedimentos ocorre continuamente. Esta característica tende a acentuar-se em litologias menos resistentes onde os processos erosivos agem com maior vigor, sobretudo em períodos de intensa precipitação.

Na zona centro-sul da bacia Santa Bárbara ocorre uma grande área de deposição recente, formada por sedimentos areno-argilosos. Nos arredores desta área, em terraços fluviais com patamares levemente inclinados desenvolveu-se a zona urbana de Pelotas. A pressão do aglomerado urbano sobre as zonas permanentemente úmidas fizeram o poder público tomar a decisão de drená-las para a posterior ocupação.

Esta ação provocou a abertura de um canal retilíneo que seria responsável pela drenagem das áreas alagadiças, promovendo também o escoamento da barragem Santa

Bárbara, inaugurada em 1969, aproveitando a confluência de drenagem e a proximidade de irregularidades topográficas, formadas por rupturas de declive das vertentes planas, para a construção da taipa do reservatório.

O canal regularia também o escoamento do arroio na zona urbana, que era atingida por enchentes frequentes. Isso se daria por meio da transposição do curso para uma área mais elevada, permanecendo o antigo leito passível à ocupação urbana. Porém, as condições naturais de escoamento continuaram, e a área deprimida entre dois terraços fluviais, então urbanizada, continuou a ser palco de enchentes devido ao precário sistema de drenagem subterrânea implantado.

As obras de canalização são consideradas impróprias por vários profissionais, principalmente por geomorfólogos, podendo confluir em efeitos prejudiciais ao ambiente, como a degradação estética da paisagem, efeitos de regressão erosiva e deposição acelerada, além de impactos em ecossistemas aquáticos e subaquáticos existentes na planície de inundação (Cunha, 2001; Coates, 1976, Christofolletti, 1980).

CONCLUSÕES

O presente estudo procurou sintetizar as principais alterações ocorridas no sistema morfo-hidrográfico da bacia Santa Bárbara em dois cenários distintos, 1953 e 1965. A evolução das formas de origem antrópica está relacionada à dinâmica de ocupação e uso da terra na bacia, já que as vias de transporte condicionam a comunicação e conduzem a ocupação territorial.

Os impactos na rede de drenagem e na morfologia são inerentes a estas obras que são efetivadas de acordo com padrões técnicos de linearidade e declividades suaves, como no caso das ferrovias e rodovias. Já no caso das estradas secundárias, estas procuram obedecer as condições topográficas que representam menor imposição, sendo que nem por isso repercutem em menores impactos na morfodinâmica.

A construção de açudes e barragens em larga escala provoca o desequilíbrio da rede de drenagem da bacia em questão, acentuando os processos morfodinâmicos registrados por meio da ocorrência de rupturas de declive que caracterizam a instabilidade das vertentes. A consolidação destas obras em litologias sedimentares acarreta na possibilidade de assoreamento, diminuindo o tempo de vida útil dos reservatórios.

A canalização foi vista como um processo lógico a ser executado em determinado momento para a contenção de enchentes e para a drenagem de áreas alagadas, porém não

levou em consideração as condições naturais de um sistema aberto que continuariam a repercutir em enchentes na área urbana assentada sobre a antiga planície de inundação.

Tal ação acarretou, de acordo com Simon (2003), em um processo de degradação intenso da paisagem da planície de inundação, no assoreamento do canal e na necessidade de constantes dragagens, além da poluição do curso, que recebe dejetos orgânicos da zona urbana pelotense.

As tecnologias utilizadas para a construção da maior parte das obras de engenharia verificadas na bacia Santa Bárbara atende a preceitos da década de 1950 e 1960, quando ainda eram desconhecidas ou pouco difundidas técnicas que visam o mínimo impacto aos sistemas físico-ambientais, por meio da utilização dos preceitos da bioengenharia (ARAUJO, et. al, 2005). Estas, por sua vez, alinham-se às características sistêmicas dos processos morfogenéticos e fluviais procurando a mínima interferência nos atributos dos sistemas hidrográficos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, G. E. de S. et al. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320p.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 147p.
- CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 415-440.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- COATES, D. R. **Geomorphology and engineering**. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. 1976. 360p.
- CUNHA, C. M. L. **A Cartografia do Relevo no Contexto da Gestão Ambiental**. 2001. 128p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 211-252.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: FIBGE, 1979.
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento**. 7 ed. São Paulo: Contexto, 2003. 85p.
- SIMON, A. L. H et al. Impactos ambientais e estado de degradação ambiental do Canal Santa Bárbara, município de Pelotas, RS. **Geouerj**, Rio de Janeiro: v. especial X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, p. 1240- 1254, 2003.
- SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgard Blüncher, 2003. 400p.

VERSTAPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. van. ITC System of geomorphological survey. Netherlands. **Manual ITC Textbook**, Vol. VII, Chapter VIII, 1975.