

# USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) PARA MONITORAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COM VISTAS À AQUICULTURA

Vera Maria da Costa NASCIMENTO<sup>1</sup> & Valdir Aparecido GALIANO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais – CEPTA/IBAMA

<sup>2</sup> Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga – FEAP

## RESUMO

O contínuo crescimento da indústria da aquicultura durante os últimos anos, à uma taxa anual de 14%, vem causando vários problemas relacionados, principalmente, ao seu potencial de impacto ambiental. A aquicultura vem sendo criticada por ecologistas como uma das principais causas de poluição de ecossistemas aquáticos. Para identificar as relações envolvidas na poluição aquática seria necessário um contínuo e eficiente monitoramento da qualidade da água. Uma técnica moderna e das mais eficientes para o manejo de bacias hidrográficas, e conseqüentemente das atividades de aquicultura, é o Sistema de Informações Geográficas – SIG, que proporcionará a elaboração de cartas temáticas importantes no estudo de bacias hidrográficas e seu contínuo monitoramento. Essas cartas conterão informações sobre prevenção de erosão, assoreamento, identificação de locais susceptíveis à entrada de material alóctone, locação de nascentes, estabelecimento e proteção de áreas de preservação permanente, proporcionando a manutenção de quantidade e qualidade da água na aquicultura.

Palavras-chave: Aquicultura; SIG.

## ABSTRACT

The continuous growth of aquaculture industry during the last years at 14% annual rate is causing several concerns about its potential environmental impacts. Aquaculture is being criticized by ecologists as one of the major causes of aquatic ecosystems pollution. In order to identify the relationships involved in aquatic pollution an efficient and continuous management of water quality related to aquacultural systems should be done. One of the most effective techniques for management of hydrografic basins and therefore aquaculture activities is the

Geographic Information System – GIS. The GIS will allow the development of thematic maps to better study the hidrographic basins. These thematic maps will incorporate reliable information concerning prevention of soil erosion and soil deposition, identification of vulnerable sites for exogenous material input and deposition, identification and location of springs and establishment of areas for permanent protection. Thus, the maintenance of aquaculture sustainability will be possible to achieve by using modern management techniques as the Geographic Information System – GIS.

Key words: Aquaculture; GIS.

A política de gestão de recursos hídricos adotada no país, usando como unidades de planejamento as bacias hidrográficas, como apresentado na Lei n.º 6.938, do Programa Nacional de Meio Ambiente (PNMA), de 1981, discute atualmente a cobrança pelo uso da água, sendo sugerido como um dos componentes para o cálculo do valor a ser cobrado, a qualidade dos efluentes (lançamentos). A água é um recurso natural pelo qual competem vários usos e os eventos que ocorrem na área de influência de uma bacia hidrográfica são refletidos no curso d'água. Há no Brasil, desde as décadas de 70-80 a premissa de planejar e gerenciar através de zoneamentos ambientais. Independentemente dos objetivos ou do local planejado, esta estratégia exigia a especialização de um conjunto amplo de dados que necessitam ser comparados, sobrepostos e avaliados de maneira holística. Nos anos 90, muitas atividades comuns ao planejamento ambiental são facilmente exercidas em um SIG (Sistemas de Informações Geográficas), como simular a realidade do espaço geográfico, integrar informações espaciais, ou gerar mapas (Ball, 1994). Dessa forma, o uso dos sistemas computacionais capazes de governar bancos de dados georreferenciados passa a ser imprescindível e os SIG são cada vez mais desenvolvidos para permitir a formulação de diagnósticos, prognósticos, avaliação de alternativas de ação e manejo (Hendrix et al., 1988). Sua utilização pode reduzir substancialmente o tempo e o custo de elaboração de um plano que envolve mapeamentos, como exemplificam Lees e Ritman (1991).

A rápida visualização da área de uma bacia com todos os seus usos, aliada a uma base de dados, proporcionará meios para um monitoramento dos seus ecossistemas permitindo a conservação e utilização racional dos recursos naturais, garantindo a sustentabilidade do empreendimento e conseqüente vantagem sócio-econômica.

Influência das atividades da microbacia na quantidade e qualidade da água  
Atividades agrícolas, movimentos de terra etc. podem contribuir para a eutrofização através de práticas de manejo de solo inadequadas com conseqüente entrada de fósforo e nitrogênio e aumento de sólidos em suspensão nos sistemas hídricos por escoamento superficial. Os principais

poluentes provenientes de atividades agrícolas incluem sedimentos, nutrientes, metais pesados, sais, materiais orgânicos biodegradáveis e pesticidas (Canter, 1986). Um problema comum da agricultura na bacia hidrográfica é a erosão hídrica que compromete os recursos naturais e põe em risco a produção econômica, causando problemas na qualidade e quantidade da água através da poluição, assoreamento de mananciais e distúrbios na disponibilidade com enchentes no período de chuva ou escassez no período de estiagem (Lombardi Neto & Camargo, 1992).

Culturas irrigadas podem diminuir drasticamente o volume de água à sua jusante; já a manutenção das áreas de preservação permanente com cobertura vegetal original preservada ajuda a manter a integridade desses sistemas pois conserva as nascentes assegurando a quantidade de água inclusive em períodos de estiagem.

#### Aqüicultura X manejo ambiental

A aqüicultura é uma atividade agropecuária que compete pelo uso da água, seu insumo básico, e no atual estágio de desenvolvimento tornou-se uma atividade importante e atraente sob o ponto de vista sócio-econômico. O contínuo crescimento dessa atividade nos últimos anos, a uma taxa anual de 14%, tem causado vários problemas principalmente no que se refere ao seu potencial de impacto ambiental tendo sido criticada por ecologistas como uma das principais causas de poluição de ecossistemas aquáticos. O ambiente influencia a criação de organismos aquáticos que, por sua vez, promovem modificações ambientais, sendo necessário um monitoramento contínuo tanto da água de abastecimento como dos efluentes produzidos pelos sistemas de criação. Projetos de aqüicultura, tendem a ocupar áreas mais baixas e planas onde a água é captada de um curso que já atravessou outras atividades e portanto sujeita a alterações, sendo fundamental o conhecimento da possível contribuição de cada atividade na alteração de qualidade e quantidade da água. Ações de manejo ambiental preventivas na área de influência tem conseqüentes benefícios à produção aqüícola, enquanto a adoção de algumas práticas, desde a fase de construção até a operacionalização do projeto, tornam possível identificar e mitigar impactos causados pela atividade, com melhoria das condições dos ecossistemas da bacia e do curso de água receptor dos efluentes.

#### O Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Um SIG envolve a utilização de equipamentos computacionais para a integração e fusão de dados espaciais. A reunião de informações geográficas, temáticas e cadastrais em um software, proporciona facilidade de acesso aos dados e vem se mostrando como eficiente ferramenta de Sistema Suporte à Decisão (SSD) e integração do conhecimento.

Alguns exemplos de funções atribuídas ao SIG são: (1) avaliar os elementos que compõem o meio (apresentar dados temáticos de forma espacial, representar e gerar classificações de florestas, expressar, especialmente, processos físicos, biológicos e populacionais, definir estabilidade de encostas); (2) analisar fatos dentro de uma abrangência temporal (representar a história da dinâmica do uso da terra, avaliar a dinâmica histórica regional, avaliar causas e conseqüências históricas de desmatamentos, representar a evolução ou expansão agrícola, mapear as perdas territoriais de tipos de produção, mapear vocações territoriais e impactos ambientais temporais); (3) relacionar os fatos (cruzar informações politêmáticas, com produção de mapas-síntese, avaliar a dinâmica do uso da terra em relação a declividade e altitude, interpretar áreas de plantio em relação ao clima, solo e declividade); (4) elaborar prognósticos (determinar possíveis causas de impacto e prever futuras conseqüências ambientais, medir e inferir sobre a qualidade dos recursos naturais, definir cenários futuros); (5) definir zonas ou territórios (zonear territórios de acordo com regras pré-estabelecidas), identificar áreas de proteção, de refúgios ou habitat exclusivos, definir áreas de visão aprazível para lazer, planejar rotas ou percursos adequados dentro de uma região, selecionar áreas de pastagem; (6) elaborar alternativas de ação (apresentar alternativas mitigadoras ou de resolução de conflitos, elaborar planos de reflorestamento, obter alternativas para manejo de recursos, como o manejo de vegetação considerando-se atributos estruturais das florestas relacionados a outros mapas, monitorar o ambiente, como controle do fogo ou propagação de desertificação).

Dessa forma, a elaboração de cartas de declividade, erodibilidade, uso do solo e litológica constitui-se num instrumento de grande utilidade para a implantação e acompanhamento de projetos de aquicultura, pois permitem a escolha de locais menos sujeitos a influências de outras atividades e mais protegidos por áreas de preservação.

#### Base de dados para o SIG

Um banco de dados armazena e recupera dados geográficos em suas diferentes geometrias (imagens, vetores, grades), bem como as informações descritivas (atributos não-espaciais) de um SIG (Câmara, 1993).

A fotogrametria é um método largamente empregado para o estudo de uma área ou de uma região, e é também uma fonte de dados para o SIG. Aliada à geodésia permite a integração de equipamentos ao sistema, fundamental para uso e aplicações de cartografia automatizada, constituindo um grupo de funções que inclui técnicas de interface com restituidores fotogramétricos, geração de ortofotos e ortoimagens e GPS.

Porém, para áreas de pequenas dimensões, devido aos custos de obtenção das fotografias, a relação custo-benefício não é muito atraente.

Contudo, a montagem de um sistema de georreferenciamento permite a utilização de fotos obtidas em outras datas, utilização de levantamentos anteriores e imagens de satélite, de modo a minimizar os custos de aplicação.

Com a difusão do emprego do GPS tornou-se possível utilizá-lo para levantamento de pequenas áreas fornecendo dimensões precisas de todas as feições medidas em campo, inclusive medições altimétricas. Esse levantamento apoiado a bases cartográficas conhecidas e amarrado ao sistema utilizado pelo Brasil proporcionará dados suficientes para implementação de um SIG. A segurança de um produto final obtido com SIG está diretamente relacionado com a qualidade e precisão do banco de dados (Hamada & Rocha, s.d.). Para tanto, é importante a existência de mecanismos que permitam uma permanente realimentação de dados e reavaliação do planejamento. Assim, é necessário que se estabeleça durante o processo de planejamento um banco de dados que possa ser acessado com rapidez e eficiência, que seja georreferenciado e temporal, para ser consultado permanentemente.

#### Aplicação do SIG

Um SIG para aquícultura permite uma rápida e ampla visualização da região. A análise clinográfica (aclives e declives) permite eleger a melhor localização das unidades de produção (tanques/viveiros) e de apoio (escritórios, laboratório, armazéns etc.), com vistas à maximização da captação e distribuição de água por gravidade, circulação de pessoas e produtos e escoamento da produção. A análise do tipo de solo associada à clinografia permite calcular o grau de infiltração, percolação e escoamento superficial e o potencial de carreamento de materiais para o corpos d'água.

O conhecimento da cobertura vegetal da área, possibilita prever os riscos a que o empreendimento de aquícultura estaria sujeito. Segundo Rüegg *et al.* (1991), no Brasil, as culturas de cana-de-açúcar e soja representam 63,8% do consumo nacional de herbicidas. Alguns agrotóxicos (pesticidas ou fertilizantes) permanecem no solo por períodos longos, que variam de alguns anos a décadas. Gradativamente, eles são transferidos para as culturas seguintes, passando também para as pastagens ou outras vegetações que venham a ocupar posteriormente estes solos. Os herbicidas podem permanecer ativos no solo por períodos de vários meses até mais de um ano. Antes de serem decompostos podem se movimentar no solo sob influência do fluxo de água, segundo o grau de lixiviação do produto, com seu conseqüente transporte para águas subterrâneas ou sua capacidade de escoamento superficial com águas da chuva, podendo entrar nos sistemas hídricos superficiais juntamente com os fertilizantes empregados como reguladores do crescimento. Assim, grandes extensões cultivadas com essas espécies representariam riscos de eutrofização e de contaminação dos

indivíduos da aqüicultura e, dependendo do tipo de substância utilizada para “defender” tais culturas, haveria a possibilidade de bioacumulação com total inutilização da produção. Por outro lado, a existência da vegetação ciliar ao longo dos cursos d’água funciona como uma barreira contra a entrada de materiais, sendo dessa forma um aspecto recomendável na escolha de áreas para implantação de projetos. A verificação das condições das áreas de preservação permanente, também indicam o grau de vulnerabilidade a que os corpos d’água estão expostos, e apontam para a possibilidade de recuperação de áreas degradadas.

O SIG elaborado para a microbacia do córrego Barrinha, que abastece de água a Represa Velha e a maioria dos tanques, viveiros e laboratórios do Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais – CEPTA/IBAMA (Galiano & Nascimento, 1999) mostra que a microbacia, apresenta desníveis topográficos incipientes com declives variando de 1,5% a 2,0%. A área da nascente principal do córrego Barrinha compreende setor côncavo, com uma única linha de fluxo. No setor de médio curso as vertentes são predominantemente convexas, com declividades médias em torno 4,5%, sendo as maiores de toda a microbacia. Existe nessa parte do córrego um nicho de nascentes responsável por considerável aumento do volume de água; nessa região predomina o plantio canavieiro, esse conjunto de fatores faz deste trecho, o mais vulnerável à erosão e à contribuição para a sedimentação do canal. São observadas vertentes côncavas nas áreas do baixo curso, onde estão também as menores declividades, variando de 1,0% a 2,0%, aí está localizada a atividade de aqüicultura. O conhecimento das características topográficas permite saber que os materiais utilizados na agricultura (fertilizantes e agrotóxicos) que atingem o trecho inicial do curso d’água são transportados lentamente ocasionando uma maior exposição dos organismos aquáticos.

Nessa microbacia ocorre uma grande diversidade de usos do solo entre os quais são encontrados aglomerados urbanos e o CEPTA, com suas edificações, vias pavimentadas e unidades experimentais de aqüicultura (tanques e viveiros). A microbacia é atravessada por uma rodovia, com fluxo médio de veículos, e por estradas municipais, utilizadas para manutenção e escoamento da produção agrícola. Os núcleos populacionais exercem pressão sobre áreas de preservação permanente utilizando seus elementos para alimentação, combustível etc. De acordo com a proximidade dos projetos de aqüicultura a esses núcleos, estes podem representar um motivo de supressão indevida da produção aqüícola. A existência da estrada apresenta um risco constante de acidentes por derramamento de substâncias químicas perigosas aos seres vivos. A localização desses tipos de construção devem ser observadas quando da escolha de locais para implantação de projetos.

Numa pequena área, localizada no médio curso do córrego, é praticada

a extração de material argiloso utilizado na construção civil. Neste ponto o remanescente de mata ciliar é incipiente, e não promove a necessária retenção de partículas de solo que, levadas pelo escoamento superficial, causam o assoreamento do córrego, aumentam a quantidade de sólidos em suspensão e a turbidez prejudicando diretamente os indivíduos da criação.

A agricultura significa a maior parte da cobertura vegetal da microbacia e está representada por culturas perenes, principalmente citros, e anuais como milho, algodão, soja, cana-de-açúcar, e forrageiras de inverno como alfafa, aveia preta e painço, plantadas alternadamente. Na várzea da nascente principal encontram-se espécies de gramíneas, numa área aquém da exigida pela legislação vigente como área de preservação permanente. O conhecimento da cobertura vegetal, importante fator de conservação do solo e da quantidade e qualidade da água, permite prever alterações na disponibilidade desses dois recursos naturais. Dependendo do tipo de cultura haverá diferentes práticas de manejo, como época de aplicação e quantidade, de insumos agrícolas que irão atingir os corpos d'água, possibilitando prevenir seus efeitos.

#### Vantagens econômicas da aplicação de um SIG na aqüicultura

Os custos iniciais da implantação de um SIG podem parecer significativos do ponto de vista operacional, desde a seleção das imagens, passando pela aquisição, interpretação e digitalização de feições cartográficas, verificação de campo, reavaliação da classificação das imagens, introdução dos dados corrigidos na base de dados e impressão dos mapas. Porém, dado ao grande número de vantagens e aplicações que este completo suporte apresenta, se for feita uma análise da relação custo/benefício desse tipo de trabalho, esta será irrisória, levando-se em consideração a área que pode ser monitorada, e os equipamentos e sistemas de geoprocessamento exigidos, em comparação com métodos que seriam empregados convencionalmente, se necessária a elaboração de uma avaliação dessa natureza. Um aspecto a ser considerado é que tal trabalho, ao ser repetido em anos seguintes, não necessitará de etapas como digitalização de feições cartográficas, sendo requerido apenas atualizar o banco de dados geo-referenciado a partir da análise multitemporal de imagens (Sano et al., 1993), o que pode ser feito sistematicamente, durante a operação do sistema sem nenhum custo adicional de atualização.

Além disso, com o auxílio do suporte para tomadas de decisões, pode-se conseguir significativos aumentos nos lucros da atividade, uma vez que essa será acompanhada, controlada e gerenciada de forma rápida e eficiente. A principal característica dos softwares de SIG, é a possibilidade de análise de um grande número de dados com ampla gama de variáveis intervenientes. Todos os resultados podem ser facilmente organizados graficamente ou espacialmente. Dessa forma, é possível obter-se um histórico detalhado de

cada unidade de produção, com informações sobre data de construção e características físicas do viveiro, espécie, número e dados biométricos de indivíduos estocados, dados sobre as características físicas e químicas da água, quantidade e tipo de alimentos e fertilizantes administrados etc. Todas estas informações podem ser obtidas apenas "clikando" o botão do "mouse" de um computador sobre a imagem do viveiro selecionado.

O sucesso financeiro de um empreendimento depende da tomada de decisões, e essas serão tão mais acertadas quanto mais ampla for a visualização, maior o número de informações do problema em questão e quanto mais rápida a interferência.

## REFERÊNCIAS

- BALL, G.L. Ecosystem modeling with GIS. *Environmental Management*, v.18, n. 3, p. 345-349, 1994.
- CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: *Sistemas de Informações Geográficas - aplicações na Agricultura*. Brasília: MARE/EMBRAPA/CPAC, 1993. Cap. I. p. 16-37.
- CANTER, L. W. *Environmental impacts of agricultural production activities*. Lewis Publishers, 1986. 382 p.
- GALIANO, V.A., NASCIMENTO, V.M.C. Aplicação de um sistema de informações geográficas para caracterização da microbacia do córrego Barrinha. B. *Téc. CEPTA*, v. 11, n. único, 1998.
- HAMADA, E., ROCHA, J.V. Alocação de um distrito industrial utilizando SIG IDRISI e sistema de suporte à decisão participativo: simulação de caso. Campinas: FEAGRI/UNICAMP, [s.d].
- HENDRIX, W.G., FABOS, J.G., PRICE, J.E. An ecological approach to landscape planning using geographic information system technology. *Landscape and Urban Planning*, v. 15, p.211-225, 1988.
- LEES, B.G., RITMAN, K. Decision-tree and rule-induction approach to integration of remotely sensed and GIS data in mapping vegetation in disturbed or hilly environments. *Environ. Manage.*, v. 15, n. 6, p. 823-831, 1991.
- LOMBARDI NETO, F., CAMARGO, O.A. de. *Microbacia do córrego São Joaquim (município de Pirassununga, SP)*. Campinas: IAC, 1992. 38 p.
- RÜEGG, E.F., SAN MARTIN, P. *O impacto dos agrotóxicos sobre o ambiente, a saúde e a sociedade*. São Paulo: Icone editora, 1996. 94 p.
- SANO, E.E., ASSAD, E.D., ORIOLI, A.L. Monitoramento da ocupação agrícola. In: *Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na Agricultura*. Brasília: MARE/EMBRAPA/CPAC. 1993. Cap. VII. p. 157-170.