

Proposta de Sistema de Informações Geográficas (SIG) em código livre para recursos hídricos no Brasil

GISELE DORNELLES PIRES¹
OTTO CORRÊA ROTUNNO FILHO²

¹Universidade Iguçu-UNIG
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas – FACET
Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade CNPQ
Abílio Augusto Távora 2134 – (21)27654051-Centro - Nova Iguaçu- RJ Brasil
unigengenharia@gmail.com

²Programa de Engenharia Civil, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro Caixa Postal 68540 - 21945-970 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
otto@coc.ufrj.br

ABSTRACT

Water is a natural resource essential to human life and for the social and environmental balance. It is critical to understand and take care of its reserves and sources, ensuring their existence to society, environment and future generations. It constitutes one of the great challenges of the modern world to understand, plan, organize and predict scenarios able to monitor the water and environmental dynamic natural in line with the evolving human disturbance of the generated landscape by human intervention in the river basin scale, which, in turn, is subject to global, regional and local interactions. There are many instruments, laws and techniques used for this purpose. This paper proposes to design and develop a geographic information system and a geographic database by means of the support of free access computer codes integrable to a geoprocessing tool aimed especially to water resources and environmental monitoring. Under the methodological point of view, all public geographic information available for a given area are incorporated systematically, which allow, to a lesser or greater degree, characterize the physical elements for the planning and proper water resources management. A case study is developed to illustrate the results obtained by the geographical representation of data associated with a given watershed. The results show that the structural, dynamic and adaptive logic of the proposed system allows better to conform to the management process and decision-making in different cases and scenarios in addition to build geographical analysis based on collection, storage, retrieval, processing and visualization of different datasets.

Key-words: *Water Resources and Environmental Management, Watershed, , Geographic Information System; Gestão hídrico-ambiental, Bacia hidrográfica, Sistema de Informações Geográficas*

1. Introdução

O presente trabalho emerge da necessidade de se desenvolver uma base de dados geográfica capaz de apresentar todas as variantes geográficas com representação espacial, que, associada a uma dada região, permita melhor identificar e monitorar os recursos hídricos na escala de uma bacia hidrográfica.

A chamada lei das águas (lei no. 9.433 de 8 de janeiro de 1997) (Brasil, 1997), que atualiza o Código de Águas de 1934, com inspiração no modelo francês de gestão de recursos hídricos, aduz uma abordagem inovadora na medida em que preconiza princípios de integração, descentralização e participação com base no conceito de bacias hidrográficas, geridas a partir da implantação de correspondente comitê e agência técnica. Nesse sentido, faz-se necessário construir instrumentos aderentes aos princípios de planejamento e de ordenamento de usos múltiplos dos recursos hídricos em quantidade e em qualidade, abrangendo conjuntamente águas superficiais e subterrâneas, que permitam, em especial, conjugar informações de diversas bases de dados, de forma adequada, para emprego no processo decisório no que concerne à adequada gestão dos recursos hídricos, visando proteger a qualidade ambiental e, conseqüentemente, os ecossistemas terrestres e aquáticos.

Um dos grandes desafios da modelagem hídrico-ambiental no mundo moderno é monitorar, compreender, planejar, organizar e prever cenários capazes de acompanhar a dinâmica ambiental natural evolutiva simultaneamente com as ações efetivadas pela espécie humana.

Neste trabalho, enfatiza-se o procedimento de implantação de um sistema de informação geográfica, especialmente concebido e dedicado prioritariamente ao exame dos recursos hídricos nacionais, ainda que não de uso exclusivo, destacando-se o uso de geoprocessamento e, em especial, a integração de fontes de dados coletadas in situ e disponibilizadas por sensoriamento remoto mediante o emprego de códigos computacionais de livre acesso.

1.1 Recursos Hídricos e Meio ambiente

O geoprocessamento é instrumento fundamental para o monitoramento e para a gestão de territórios, proporcionando, por exemplo, importante suporte em ambientes terrestres e costeiros (Schäfer, 2009; Souza, 2013, entre outros).

Por outro lado, identificar, controlar e reaproveitar as fontes de poluição produzidas no ambiente natural representa questão ainda a ser adequadamente respondida. Nos recursos hídricos, muitos são os esforços para desenvolver procedimentos e tecnologias eficientes e eficazes para caracterizar, mitigar e equacionar o impacto da incidência de poluição em sistemas naturais, como é o caso da bacia hidrográfica.

A Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/81) conceitua poluição como: “A *degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem à saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos*” (Brasil art. 3,1981).

O Decreto Federal nº 50.877, de 1961, por sua vez, define a poluição dos recursos hídricos como:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas das águas, que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações e ainda comprometer a sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e, principalmente, à existência normal da fauna aquática”.

A poluição hídrica é resultante da introdução de cargas pontuais e de cargas poluidoras não pontuais (ou difusas), geradas em áreas extensas, que contaminam o solo e chegam aos corpos de água de forma intermitente, dificultando, assim, sua identificação, medição e controle (Libos *et al.*, 2003).

Diante desse desafio extremo, é fundamental entender todo o processo para cuidar das reservas e fontes de água a fim de garantir sua disponibilidade, respeitando-se o ambiente e as gerações futuras, o que embasa, em última análise, a qualidade de vida oferecida para a sociedade humana.

1.2 Sistemas de Informação Geográficas (SIG ou GIS)

Os SIGs são ferramentas de análise espacial, com emprego na modelagem e na simulação de cenários, como subsídio à elaboração de alternativas para a decisão da política de uso e ocupação do solo, ordenamento territorial, equipamentos urbanos e monitoramento ambiental, entre outras aplicações complexas, que envolvem diferentes componentes dinâmicos Mota (1999).

Segundo Câmara (1996), numa visão abrangente, pode-se considerar que um SIG tem os seguintes componentes: interface com o usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos). Os bancos de dados

geográficos armazenam informações relacionadas a localizações espaciais e fornecem suporte eficiente para consultas e indexações com base nessas localizações espaciais. A modelagem dos dados espaciais nos GIS's diferencia-se da convencional, principalmente por caracterizar o domínio espacial dos entes e relacionamentos a serem analisados pelo sistema (Silberschatz *et al.*,1999).

Segundo Mota (1999), os sistemas de informações geográficas permitem a gestão, subdividida por três elementos principais, a saber: mapas digitais nos quais os usuários podem navegar (percorrer) e escolher camadas de informação espaciais (geográfica) diversas; bancos de dados integrados, que podem armazenar informações como textos, números, fotos, ou documentos inteiros, consolidados em um relatório, em um edital ou em um contrato; rotinas e procedimentos estabelecidos para análise ambiental e apoio à decisão.

METADADOS GEOESPACIAIS:

Os metadados geoespaciais utilizados na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (Figura 1) têm como objetivo descrever as características, possibilidades e limitações dos dados geoespaciais através de informação estruturada e documentada, possibilitando a criação de repositórios de dados dessa natureza, os quais podem ser encontrados pelos usuários através de um mecanismo de busca geográfico ligado a diversos serviços, páginas e portais especificamente direcionados a esse fim.

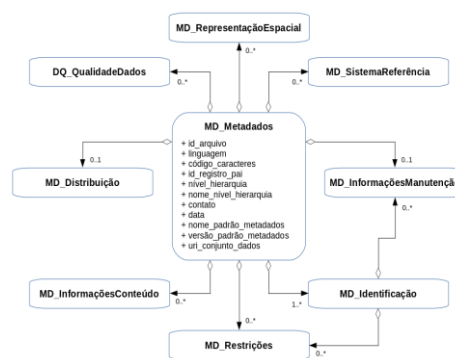


Figura 1. Diagrama de catalogação de metadado segundo a ISO 19115

1.3 Geoprocessamento

O termo geoprocessamento, conforme comentado em Libos *et al.* (2003), demarca uma área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para a produção e o tratamento de informações geográficas. Também é definido por Xavier da Silva (2001) e por Moreira (2002) como um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltadas para um objeto específico, que integra outros métodos interdisciplinares provenientes das mais diversas áreas técnicas do conhecimento científico. Segundo Goodrich e Woolhiser (1991), o geoprocessamento é uma das ferramentas que possibilitou a evolução do conhecimento dos processos hidrológicos nas bacias em diversas escalas. Conseqüentemente, a comunidade hidrológica passou a discutir questões como o tratamento da viabilidade espacial e a automação, construções de novos modelos, bem como a avaliação e comparação entre modelos já existentes e conhecidos. O geoprocessamento representa, na atualidade, um importante subsídio às pesquisas que envolvem a modelagem de sistemas ambientais, pois lidam com a complexidade da dinâmica ambiental, uma vez que, por meio da localização e do processamento de dados geográficos, é capaz de ser o aglutinador das diferentes áreas do conhecimento, o que proporciona uma abordagem sistêmica da paisagem. A definição do termo geoprocessamento ainda é objeto de discussão entre aqueles que se dedicam a essa área, o que acabou gerando uma gama de terminologias que são utilizadas por diferentes grupos de pesquisa no Brasil e no mundo. No

Brasil, os seguintes autores são algumas das referências importantes no tema: Burrough (1986, 1998); Rodrigues (1993); Xavier da Silva (1993, 1999); Aranoff (1995); Calijuri e Röhm (1995); Assad e Sano (1998); Câmara e Medeiros (1998); Xavier da Silva (2000) *apud* Rocha (2000); Rocha (2000); Davis (2001); Miranda (2005).

2. Metodologia de Trabalho

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento do Sistema de Informação Geográfica denominado de HydroGis, que teve a sua concepção inicial gestada em 2014 no Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (LABH2O) do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ com questionamentos básicos sobre o monitoramento e gestão dos recursos hídricos e a dificuldade em encontrar, em uma só base digital geográfica, informações geográficas necessárias para uma análise consistente das variantes socioambientais para subsidiar pesquisas nessa área temática. Para o HydroGIS, foi desenvolvida uma base de dados geográfica, inicialmente do Brasil, voltada notadamente para recursos hídricos; subdivididas em 11 conjuntos de informações sendo elas: base cartográfica, recursos hídricos, caracterização física da biota, uso da água, caracterização socioeconômica, áreas especiais, imagens de satélites, modelo digital do terreno, mapa índice, caracterização físico-política e legislação. A metodologia utilizada para desenvolvimento está apresentada na Figura 2.

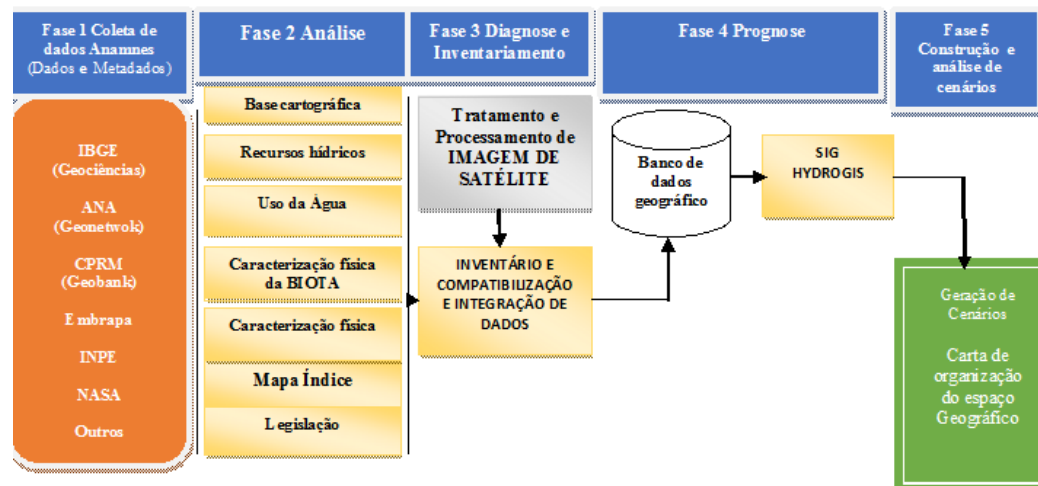


Figura 2 - Metodologia de Desenvolvimento.

Fase 1 Anamnese - Coleta de Dados Geográficos - Esta etapa consistiu em levantar todos os tipos de informações que seriam necessárias para a elaboração das bases de dados geográficas em, tanto cartográfica, quanto temática e de dados básicos. Identificaram-se quais os dados estão disponíveis nas escalas em meio digital em formato shape file (.shp) ou imagens tif junto a fontes oficiais, tendo sido consultados as bases de dados dos seguintes órgãos nacionais: Geonetwork da Agência Nacional de Águas (ANA), Geobank da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), , Brasil em Relevo SRTM da EMBRAPA e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Complementarmente, foram consultados dados e metadados do Geonetwork da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e, no nível internacional, bases de dados da NASA para dados de sensores remotos.

Fase 2 Análise - Nesta fase, foram incorporadas todas as informações coletadas para armazenamento no sistema e analisadas quanto a parâmetros de propriedades, quanto à compatibilização geográfica e quanto os metadados considerados componentes estáticos.

Fase 3 Diagnóstico e Inventariamento - Dessa forma, organizam-se as informações do meio físico-biótico e socioeconômico num *Banco de Dados*, para sistematizar as análises num SIG.

Os dados espaciais consistem de bases cartográficas em diversas escalas, dados geodésicos, bases temáticas relativas às áreas de geografia e meio ambiente, os quais requerem, portanto, documentação consistente e padronizada, que possibilitem seu uso correto por parte da comunidade de usuários. Neste trabalho, foi adotado, segundo a INDE, um perfil baseado no padrão ISO19115:2003, oficialmente utilizado pelos órgãos do Sistema Cartográfico Nacional e referência nacional. Os níveis inferiores, nesta fase, para detalhamento são: **Diagnóstico** – onde são desenvolvidas as seguintes etapas: inventário e integração de dados e temas e a etapa de **Tratamento e o processamento** de imagens de sensoriamento remoto (Landsat, TRMM, MODIS).

Fase 4 Consolidações dos dados em um sistema de informações e banco de dados geográfico - Desenvolve-se e consolida-se um banco de dados elaborado em ambiente SIG com o objetivo de servir como espelho para o estabelecimento de um ambiente SIG (Interface Integrada de Ferramentas de Geoprocessamento), sendo possível, também, o manuseio dos temas inseridos por meio de acesso (*download*) a esses temas. Para esse procedimento, foi utilizado o código computacional de acesso livre Quantum GIS, versão 1.8. por ser um SIG robusto e que apresenta bom desempenho, utilizando-se do sistema de gerenciador de dados (SBGD), sendo ele PostGreSQL + PostGIS.

Fase 5 Construção e análises de cenários - A partir das bases de dados geográficas consolidadas, serão simulados cenários para avaliação ambiental.

Os cenários para avaliação serão elaborados em plano de informação (PI) que se constitui no espaço geográfico (UPs, bacias hidrográficas, municípios, território, entre outras unidades) sobre o qual o usuário do sistema centraliza o seu foco de interesse. A seleção de um plano de informação define o universo dos dados espaciais, tabulares e documentais que estará disponível para o usuário do sistema naquela instância. Esses dados poderão resultar da composição daqueles referentes a um mesmo conjunto de unidades de síntese ou da associação daqueles referentes a diferentes conjuntos de unidades de síntese.

Serão resguardados os metadados que permitem documentar a informação (geralmente, definidos como dados sobre dados) de forma padronizada; referência dos metadados – contempla informações sobre o padrão de metadados utilizado, atualidade do metadado, entidade catalogadora, entre outras definições.

Para o estudo em questão, uma vez inseridas as informações necessárias para apoio à gestão, podem ser visualizadas por meio de mapas gerados a partir de dados de fontes oficiais fornecidas gratuitamente. As informações geográficas sobre geologia, geomorfologia, uso do solo, tipo do solo, hidrografia, delimitações de sub-bacias, zoneamentos existentes, sistema viário, áreas verdes, declividades, entre outros planos de informação, relacionam-se às localizações geográficas. A superposição dessas camadas, que geraram a visualização de cenários, facilitada por meio do uso do SIG, permitiu a compilação e organização de dados bem como a elaboração de uma base de dados de síntese que integra todos os temas de interesse com vistas a estabelecer relações e comparações direcionadas para análises socioespaciais e socioambientais.

3. Resultados e Discussão

Após a execução das etapas da metodologia concebida, foram consolidados, em um único sistema de informações, os seguintes planos de informações denominados como segue: **Base Cartográfica** – composto de camadas de: relevo ou hipsografia, hidrografia, localidade, estradas e transporte, economia, sistema de transporte, energia e comunicação, vegetação, outros; **Recursos Hídricos**- composto de camadas de: sub-bacias hidrográficas DNAEE, bacias hidrográficas, barragens reguladas pela ANA, base hidrográfica otocodificada multiescalas 2012, inundações, secas, vulnerabilidade a inundações do Brasil, sistemas aquíferos, unidades estaduais de planejamento e gestão de recursos hídricos (UEPGRH)

enquadramento dos corpos de água, unidades de planejamento hídrico, evolução da rede de monitoramento de qualidade da água, indicadores de qualidade de água (2001 a 2014), rede hidrometeorológica nacional, reservatórios, disponibilidade hídrica superficial, precipitação, áreas protegidas cujos recursos hídricos são de domínio da união, divisão hidrográfica segundo a metodologia de ottocodificação, programa produtor de água. **Caracterização física Biotico** – composto de camadas de: estratigrafia, hidrogeologia, hidroestratigrafia, clima, geoambiental, pedologia, outros; **Uso da Água** - composto de camadas de: balanço hídrico , quali-quantitativo , demanda , retirada , uso , carga , esgoto , assimilação , depuração , criticidade , conjuntura dos recursos hídricos (theme), captação superficial, índice de qualidade de água, precipitação, adutora, disponibilidade hídrica, rede de qualidade, balanço hídrico, índice de estado trófico, indicadores de qualidade de água (2001 a 2014), abastecimento urbano de água, pivôs centrais de irrigação, demandas hídricas consuntivas, programa de despoluição de bacias hidrográficas (prodes) outros; **Caracterização socioeconômica** - composto de camadas de: regiões metropolitanas, demografia população ; **Áreas Especiais** – composto de camadas de: aquífero Guarani, base hidrográfica ottocodificada da bacia hidrográfica do rio Doce, bacia amazônica; **Imagens de Satélites**: composto de imagens TRMM, Modis, Landsat; **Modelo digital do terreno**; **Mapa-índice**: articulação sistemática ao milionésimo , articulação sistemática 1:100.000, articulação sistemática 1:50.000 **Caracterização físico-política**: países, unidades da federação, Amazônia legal; e, finalmente, **Legislação**: divisão hidrográfica segundo o plano nacional de recursos hídricos comitês de bacias hidrográficas interestaduais, divisão hidrográfica segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).



Figura 3 Interface do sistema HydroGIS

O sistema permitiu mostrar que o Brasil é rico em termos de disponibilidade hídrica, de recursos minerais e ambientais, mas apresenta uma grande variação espacial e temporal das vazões. Pode se observar, com o sistema, que há uma rede de monitoramento nacional para a área ativa, mas que demandam melhor manutenção. A integração das fontes de informação permitiu melhor análise e considerações, levando-se em conta os fatores considerados no presente estudo. Muitos são os dados que precisam ser incorporados no sistema para maior e

melhor criação de cenários e parâmetros.

Deve-se considerar, ainda, que as camadas utilizadas para a gestão dos recursos hídricos e a organização socioespacial são extremamente dinâmicas, devendo estar em constante atualização e amparadas, sempre que possível, de imagens atualizadas quando utilizado como um instrumento de tomada de decisão. A análise final dos resultados depende da qualidade e da quantidade dos dados espaciais inseridos no sistema, devendo ser o mais completo para que o trabalho tenha maior qualidade e precisão. Pode permitir em avaliações oportunas, por exemplo, o mapeamento e o monitoramento da incidência de elementos poluidores, possibilitando a implantação de ações que contribuam para a recuperação dos recursos hídricos e para o subsídio à implantação de políticas públicas de gestão hídrica.

Ao longo da realização do SIG, foi possível comparar as bases oficiais digitais de informação de mesma natureza e verificar suas diferenças e representação.

4. Conclusões

A preocupação com a gestão e monitoramento dos recursos hídricos toma proporções distintas em diferentes escalas, seja no que tange ao consumo humano, seja no que concerne a transformações de ocupação do espaço, que se ampliam cada vez mais, extraindo, de forma expressiva, caracterizações e quantificações sobre a água, o mais valioso bem natural do planeta. Trata-se de recurso relevante no desenvolvimento socioeconômico, mas que gradativamente vem se tornando escasso por meio de sua má utilização em função de atividades antrópicas. A análise final do uso de um sistema integrado de informações geográficas para as bacias hidrográficas, integrando e disponibilizando sistematicamente informações geográficas oficiais atualizadas do território, pode subsidiar e auxiliar a tomada de decisão de instituições que atuem direta ou indiretamente na conservação e recuperação dos recursos hídricos, aprimorando tecnicamente e dando suporte e transparência à gestão das águas.

O presente artigo incentiva uma discussão ampla sobre a necessidade da integração de fontes oficiais de diversos órgãos produtores de informação geográfica no nível nacional, consolidando-as, em um único banco de dados oficial, de disponibilização pública, a fim de contribuir com a ciência e com os diversos gestores públicos, que tem dificuldade de encontrar, de acessar e de entender as informações, proporcionando-se uma utilização mais racional do uso da terra, em sintonia com as necessidades de preservação do meio ambiente. Dessa forma, o SIG torna-se uma ferramenta indispensável para a compreensão, monitoramento e gestão da preservação dos recursos hídrico-ambientais.

Espera-se que a proposta do sistema HydroGis subsidie pesquisas em recursos hídricos com bases geográficas confiáveis e de fácil acesso, com uso via Sigweb, permitindo que as informações sobre os recursos naturais estejam disponíveis e mais acessíveis à população, podendo ser utilizadas para diversos questionamentos e estimulando diversas análises nas áreas de interesse.

Agradecimentos

Inicialmente, os autores agradecem ao Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (LABH2O) do Programa de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ por prover a infraestrutura para o desenvolvimento da pesquisa. Agradecimentos são dirigidos à FAPERJ, por meio dos projetos FAPERJ – Processo E-26/103.116/2011 (2012-2014), FAPERJ – Pensa Rio – Edital 34/2014 (2014-2017) –E-26/010.002980/2014, FAPERJ No. E_12/2015, bem como ao suporte oferecido pelo projeto CNPq Edital Universal No. 14/2013 – Processo 485136/2013-9 e pelo projeto MCT / FINEP / CT-HIDRO (2005-2016). Os autores reconhecem, ainda, o apoio de diversas instituições brasileiras, incluindo, IBGE, ANA,

CPRM, INPE, EMBRAPA, INMET, NASA, NOAA e USGS, entre outras, que disponibilizam informações para a sociedade brasileira e sociedade mundial, o que tornou possível a realização do presente trabalho.

Referências Bibliográficas

- ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1995
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 1998 (2ª edição).
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of geographical information systems**. New York: Oxford University Press, 1998.
- BURROUGH, P.A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. New York: Oxford University Press, 1986
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Instituto de Computação, UNICAMP, Campinas. 1996 Giupponi et. al. (1999)
- CAMARA, G. & MEDEIROS, J.S. **GIS para Meio Ambiente**. São José dos Campos: INPE,1998.
- CAMARA, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling "Spring modeling"**. *Computares & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CALIJURI, M. L. & RÖHM, S. A. 1995. **Sistemas de Informações Geográficas**. Viçosa:UFV. 1995.
- CONCAR (Brasil) - **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geospaciais Digitais Vetoriais**. Brasília, 2007.
- DAVIS, C. A.. **Geoprocessamento: Dez Anos de Transformações**. In: TOMAMASELLI, A.M. G.; ROSSET, C. F.; DAVIS, C. A.; YUAÇA F.; FONSECA, F.; COLOMINA, I.;SANTOS, M.; RODRIGUES, P.; FIGOLI, S. **Geoinformação: Passado, Presente e Futuro**.Curitiba: EspaçoGEO, 2001
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. **Fundamentals of Database Systems**. 4. ed. Pearson Addison-Wesley, USA. 2004. 1030 f.
- LIBOS, M.; ROTUNNO FILHO, O.C.; ZEILHOFER, P. (2003) **Modelagem da poluição não pontual na bacia do rio Cuiabá baseada em Geoprocessamento**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 4, p. 113 135.
- LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographic Information Systems and Science**. Inglaterra: Ed. John Wiley e Sons Ltd. 2005. 497 f.
- UCHOA, H. N; FERREIRA, P. **Geoprocessamento com software livre**. Apostila disponível em: www.geolivres.org.br. 1º versão. 2004
- XAVIER da SILVA, J. **Geoprocessamento e Análise Ambiental**. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, 1992.
- XAVIER-DA-SILVA, J.; ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: BertrandBrasil, 2007
- XAVIER da SILVA, SAITO, C. H., BRAGA FILHO, J. R., OLIVEIRA, O. M.; PINHEIRO,N. F. **Um Banco de Dados Ambientais para a Amazônia**. *Revista Brasileira de Geografia*,Rio de Janeiro, v. 53, n. 3, 1991.
- XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento e SGI's**. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Rio de Janeiro: LAGEOP/ UFRJ, 1999, 1 CR-Rom.
- XAVIER-DA-SILVA, J., CARVALHO FILHO, L. M. **Sistemas de Informação Geográfica: Uma Proposta Metodológica**. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., 1993, São Paulo. **Anais...**São Paulo: USP, 1993.