

SIG como apoio ao Processo de Estudos Hidrológicos para determinar pontos de vazão para outorga

Clóvis Lemos Tavares¹, Taciana de Lemos Dias², Daniel Rigo³, Maria Helena Alves⁴, Karina Luna⁴

¹Centro Tecnológico – Universidade Federal do Espírito Santo
clovisbd@gmail.com

²Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas - UFES
taciana.ufes@gmail.com

³Departamento de Engenharia Ambiental –UFES
rigo@npd.ufes.br

⁴Gerência de Meio Ambiente e Divisão de Recursos Hídricos - CESAN
helenalves@cesan.com.br
karina.luna@cesan.com.br

Abstract. *This paper presents an application of a knowledge process used by the Hydrological Studies IEMA 2008 to generate a geographic information system for estimating runoff in the state of Espírito Santo. A new interface was developed, based on spatial analysis, flow study, isohyetal interpolation of precipitation, and identification of layers of regionalization in all 12 major river basins of Espírito Santo State. The result of the estimates can be used for planning application for the grant, identify areas for definition of points of water abstraction and effluent discharge. The paper presents results from a case study, based on the experience of the Water Company of Espírito Santo State (CESAN) developed by NIPSA and Nip do Brazil with funds from World Bank (BIRD) in the clean water program.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma aplicação do conhecimento do processo de Estudos Hidrológico utilizado pelo IEMA 2008 na geração de um sistema de informação geográfica para estimativas de vazão no estado do Espírito Santo. Foi desenvolvida uma interface baseada em análises espaciais, estudo de fluxo, interpolação de isoietas de precipitação, identificação de camadas de regionalização em todas as 12 grandes bacias do estado do Espírito Santo. O resultado das estimativas pode ser usado para planejamento de solicitação de outorga e identificação de locais para definição dos pontos de captação de água e lançamento de efluentes. O artigo apresenta os resultados de um estudo de caso, baseado na experiência da Companhia de água do Espírito Santo (CESAN) desenvolvido pela NIPSA (Empresa multinacional espanhola de engenharia e sistemas) e NIP do Brasil (Filial da NIPSA no Brasil) com recursos do banco mundial (BIRD) no programa águas limpas.*

1. Introdução

1.1. Contextualização

Tem sido crescente a necessidade do envolvimento dos órgãos públicos no ciclo hidrológico, através da captação de água e no lançamento dos efluentes tratados. Com o objetivo de garantir o desenvolvimento sustentável, no Brasil existem órgãos reguladores que fiscalizam a utilização dos recursos hídricos federais e estaduais. No caso do Espírito Santo o órgão responsável por essa fiscalização é o Instituto Estadual de Meio Ambiente - IEMA.

O desenvolvimento sustentável, segundo [Amadora 2009], é o desenvolvimento que atende a geração atual sem prejudicar a futura, possibilitando um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.

A necessidade de estimar a vazão de um ponto do recurso hídrico, e esta informação ser processada por um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e armazenada por um banco de dados espacial, facilita o processo de estimativas sucessivas na continuidade de um ou mais corpos hídricos. Isso, com o objetivo de conhecer o melhor ponto para a necessidade de outorga, auxiliando, assim, no processo de solicitação de outorga e em uma tomada de decisão mais sustentável [Burrough 1986].

Segundo [Lanna 2000], a outorga é um instrumento discricionário através do qual o proprietário de um recurso natural estipula quem pode usá-lo com as respectivas limitações. Quando a propriedade é privada, a outorga equivale à aquiescência, pelo proprietário, de que outrem o utilize desde que se sujeite às condições por ele impostas. Quando a propriedade é pública, serve como um instrumento de gestão ambiental, a partir da atribuição de cotas entre os usuários, considerando-se a escassez do recurso e os benefícios sociais gerados.

Existem alguns incentivos governamentais para a melhoria das bases de dados ambientais que utilizam recursos do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento - BIRD. Além dos investimentos financeiros, muitas intuições, como por exemplo, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e o Instituto Jones dos Santos Neves - IJSN, fornecem dados gratuitos para serem utilizados, tratados e aperfeiçoados ou atualizados. Embora existam esses incentivos e várias destas informações estarem disponíveis, muitas organizações ainda não se encontram preparadas para utilizarem e gerarem novas informações a partir destas, utilizando ferramentas SIG, com o propósito de apoiar a gestão ambiental.

Segundo [Davis 2002], o grande desafio que se apresenta para os SIG na próxima década é o da simplificação do uso. É preciso tornar o acesso e a manipulação de dados geográficos mais simples e mais intuitivos para as pessoas, inclusive para reduzir um pouco a enorme necessidade de formação de pessoal que se observa hoje.

Segundo [Lima 2002], diante das facilidades crescentes de uso da microinformática, vários modelos matemáticos têm sido desenvolvidos, permitindo a realização de cálculos precisos com grande velocidade e com estrutura capaz de

absorver informações e dados relevantes, sendo possível, assim, abranger os principais aspectos de uma bacia hidrográfica. Entre as técnicas mais utilizadas estão a simulação e a otimização.

A gestão ambiental é complexa por envolver e integrar processos como licenciamento, recuperação, educação, auditoria, entre outros. Os órgãos públicos são responsáveis pela gestão dos corpos hídricos e as companhias de água são responsáveis pelo cumprimento das legislações relacionadas ao seu uso e, portanto, necessitam de solicitar outorga de acordo com condicionantes e parâmetros vigentes.

No Estado do Espírito Santo a Companhia de Água do Espírito Santo - CESAN, de acordo com [CESAN 2009], é responsável por 507.327 ligações de água e 123.172 ligações de esgoto, necessitando, portanto de utilizar o processo de solicitação de outorga de água para abastecer seus clientes distribuídos pelo Estado. Para isso, existe a necessidade da empresa de realizar estimativas de vazão como apoio no processo de solicitação de outorga e de sua manutenção.

O objetivo deste artigo é apresentar como um sistema de informação geográfica utilizando técnicas de interpolação para determinar pontos de vazão para outorga, auxilia o processo de solicitação de outorga e o processo de estudos hidrológicos como um sub-processo dentro da gestão ambiental.

Um processo é um conjunto de passos parcialmente ordenados, constituídos por atividades, métodos, práticas e transformações, usado para atingir uma meta. Esta meta geralmente está associada a um ou mais resultados concretos finais, que são produtos da execução do processo [Pádua 2003].

As aplicações de apoio a decisão de planejamento, controle e monitoramento das cidades devem possuir uma boa representação espacial, um adequado modelo da realidade representada e de seu processo de trabalho. Existe uma grande diversidade semântica para uma mesma entidade e processo e, portanto, é importante desenvolver sistemas de informação baseados em uma definição prévia dos conceitos adotados, conforme os modelos mentais de uma comunidade no domínio modelado e definido o processo a ser seguido. Esses modelos estão relacionados com as análises conceituais das aplicações e com o domínio modelado [Dias Câmara Davis Jr. 2007, Dias 2007]

Um sistema de informação deve apoiar em um processo de trabalho definido da realidade estudada e para o seu desenvolvimento, também, deve ser adotado um processo de desenvolvimento de software, os quais, podem utilizar vários modelos de ciclo de vida e ferramentas que permitem aos desenvolvedores a visualização do software através de diagramas padronizados, como, também, auxiliam na compreensão e interlocução com os usuários. O modelo de desenvolvimento evolutivo utiliza protótipos que permitem que os requisitos do software sejam definidos progressivamente e apresenta alta flexibilidade e visibilidade para os clientes e, a UML, Linguagem Unificada de Modelagem, é uma abstração gráfica para visualização, especificação, construção e documentação de artefatos de sistemas complexos de software [Pádua 2003, Pressman 2005, Booch 2000].

A finalidade de se propor um modelo de outorga baseado no conceito de sistemas de suporte à decisão, está no interesse em aplicar novas ferramentas de

tecnologia de informação e sugerir métodos para o estudo, identificação e avaliação dos potenciais usos e usuários da água [Ferraz 1996].

[McKinney, Maidment 1993] descreve a possibilidade do uso da integração das tecnologias de um Sistema Especialista de Informações Geográficas como uma ferramenta fundamental de planejamento dos sistemas de recursos hídricos. Fazem um estudo de previsão de demanda de água futura e sua distribuição geográfica. O planejamento requer tomada de decisão regional que é combinada com a técnica geográfica e os fatores institucionais.

Interpolação é o procedimento de prognóstico de valores não conhecidos de um atributo contínuo, no caso a altitude, utilizando valores conhecidos de pontos vizinhos [Aronoff 1986]. Parte desse processo envolve o conhecimento de relações de vizinhança e outra parte envolve a pressuposição de comportamento da superfície entre os pontos de valores conhecidos. A ponderação entre essas partes pode variar.

Este trabalho utiliza técnicas de interpolação para calcular valores de precipitação a partir da camada de isoietas. As isoietas são as linhas de igual precipitação (mm). Assim como em um mapa topográfico as curvas de nível representam regiões de mesma cota (Altura em relação a um referencial, que geralmente é o nível médio do mar), as isoietas são curvas que delimitam uma área com igual precipitação (quantidade de chuva que cai, medida em mm).

A simulação dos processos hidrológicos e de qualidade da água, onde equações diferenciais e relações empíricas são utilizadas para representação de vários aspectos quantitativos e qualitativos do ciclo hidrológico, é a técnica mais largamente utilizada na prática, e, apesar de não ser otimizante, proporciona meios para o tratamento detalhado e conseqüentemente a avaliação, com maior precisão, do comportamento dos sistemas [Braga, 1987].

O artigo descreve o processo de estudo hidrológico proposto para solicitação de outorga através de um estudo de caso, baseado na experiência CESAN desenvolvido pela NIPSA (Empresa Multinacional Espanhola de Engenharia e Sistemas) e sua filial NIP do Brasil. Trabalho este, financiado através dos recursos do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD, no programa águas limpas. Não é objeto desse artigo a demonstração das fórmulas necessárias para o cálculo de vazão, utilizadas do estudo [IEMA 2008]. Apresenta, também, o sistema de informação geográfica desenvolvido e implantado para apoiar o processo definido, através da apresentação de algumas interfaces.

2. Trabalhos Correlatos

Muitos órgãos têm trabalhos na aplicação de métodos computacionais para cálculos de estimativas de vazões. Em [Roques 2006] é apresentado à aplicação de modelos computacionais na análise de outorga para diluição de efluentes em corpos de água em fontes pontuais e difusas.

Em 2008, desenvolveu-se uma ferramenta computacional no âmbito do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA para análise das outorgas. A ferramenta utilizada é capaz de realizar o balanço entre a demanda e a disponibilidade. A disponibilidade hídrica é estimada a partir do estudo de regionalização de vazões,

cujos dados necessários são a área de drenagem e a precipitação média anual para o ponto de interesse. Neste caso apenas utiliza-se uma planilha eletrônica para entrada manual de dados, portanto não utiliza de técnicas de análise espacial para automatizar a entrada de dados correspondente aos diversos parâmetros das equações de estimativa de vazão.

O presente trabalho se diferencia dos mencionados pela utilização de técnicas de geoprocessamento para indicar os valores de entrada nos parâmetros das equações de estimativa de vazão elaboradas pelo estudo de regionalização de vazão do [IEMA 2008], possibilitando uma avaliação destes parâmetros pelo usuário e agilizando o processo de análises sucessivas. Como, também, apresenta o Sistema de Informação Geográfica.

3. Proposta do Processo de Estudos Hidrológicos para determinar pontos de vazão para outorga

Os estudos hidrológicos podem ser realizados através da análise de pontos específicos no corpo hídrico para a escolha do ponto a ser outorgado. Esses pontos geralmente são, inicialmente, estipulados a partir de um ponto de referência ou de um par de coordenadas.

É fundamental para o entendimento do processo a descrição semântica de ponto de outorga. Esse conceito deve ser elaborado em consenso pelos técnicos da realidade estudada, sendo assim, iniciou-se a discussão do processo através das diferentes descrições ou apresentações, pelo solicitante, do ponto solicitado para outorga. Através dessa análise observou-se que o ponto pode ser determinado por coordenada geográfica ou por uma descrição de referência. A partir da percepção das características dos dois tipos de ponto, onde os dois conceitos são fontes de dados para obter a informação da coordenada do ponto desejado. Para isso, no caso do ponto de referência é importante disponibilizar mapas com informação de referências e coordenadas geográficas para que o analista possa determinar o ponto definido de outorga.

A entidade denominada Ponto de Vazão nesta proposta contém a informação referente à estimativa de vazão em um determinado ponto específico. O ponto que será estimado pode assumir os seguintes estados, definidos: Ponto estabelecido, Ponto referência e Ponto definido. Essa definição é de fundamental importância, pois a estimativa de vazão para o local escolhido poderá afetar outras análises de gestão ambiental e assim, a nomeação do ponto em estudo auxilia na percepção de sua semântica.

A descrição dos estados do ponto de estimativa de vazão para o estudo hidrológico deste trabalho é: Ponto estabelecido é o ponto para estimar a vazão, identificado por coordenadas, informado pelo solicitante de outorga; Ponto referência é o ponto de referência passado pelo solicitante para estimar a vazão. Essa referência é descritiva, como por exemplo, próximo a sede da Fazenda X; Ponto definido é o ponto determinado pela aplicação para solicitação de outorga. Esse ponto pode ser originado a partir do ponto referência ou do ponto estabelecido. Essa definição é baseada na combinação de aspectos relevante como distância do corpo hídrico, perfil topográfico, dentre outros.

A Figura 1 apresenta o fluxo do **processo de estudos hidrológicos para determinar pontos de vazão para outorga**, parte do processo de Solicitação de outorga relacionado ao processo de Solicitação de estimativa de vazão do corpo hídrico que contém as etapas sistematizadas pelo sistema de informação abordado neste estudo. O fluxo do processo de Solicitação de estimativa de vazão do corpo hídrico é subdividido em 2 fases, precedentes ao processo de outorga propriamente dito. Após a definição do ponto e valores de vazão calculados, inicia-se o processo de solicitação de outorga no órgão competente.

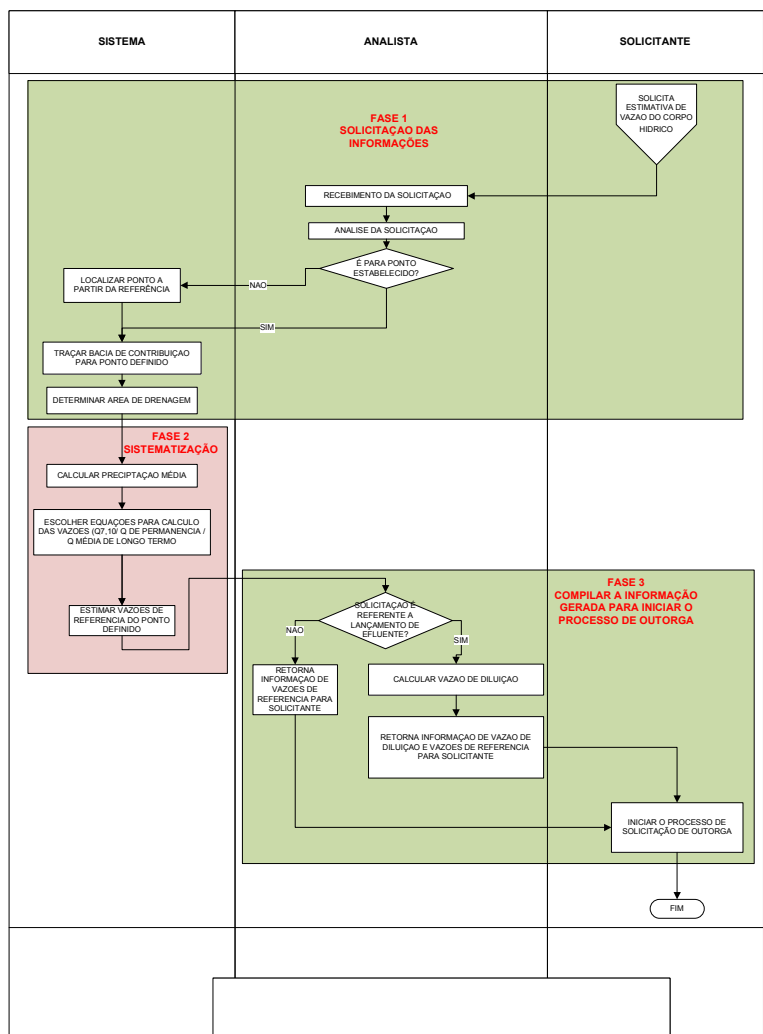


Figura 1. Fluxo do processo de estudos hidrológicos para determinar pontos de vazão para outorga.

Nas próximas seções é detalhado o processo de sistematização, apresentado através da interação do analista técnico com o sistema de informação proposto (Seção 3.1) e algumas interfaces do sistema (Seção 3.2).

3.1. Fase 2 - Sistematização

Devido ao fato do processo estar bem definido e ser de domínio de todos os técnicos, baseado nesse processo foi gerado o levantamentos de requisitos de um sistema capaz de apoiar o processo definido. Utilizando a UML para a elaboração da documentação

sistemática do processo e a prototipagem. A utilização de protótipos agilizou o desenvolvimento e facilitou o entendimento dos usuários em como o sistema contribui no processo de trabalho.

A descrição abaixo tem como objetivo apresentar a aplicação desenvolvida para estimar vazões, a partir de um ponto selecionado em um corpo hídrico, relacionado à fase 2 do fluxo de estudo hidrológico de estimar vazão do corpo hídrico.

A seguir é apresentada a interação do analista técnico, denominado usuário, com o sistema de informação proposto, que são:

- O Usuário acessa a ferramenta Estudos Hidrológico e ao clicar no ponto do curso de água abre uma janela para o usuário confirmar as informações levantadas pelo sistema.
 - Informações (Parâmetros de entrada das equações de vazão)
 - Precipitação calculada: Informação medida a partir de isoietas com técnicas de interpolação para estimar o valor da precipitação do curso hídrico selecionado. Automaticamente, carregado de acordo com o posicionamento da seleção do usuário. De acordo com [IEMA 2008] o valor deve estar entre 900 e 1.800mm.
 - Vazão Média de Longo Termo: Automaticamente carregado de acordo com o posicionamento da seleção do usuário em relação à camada de estudo de regionalização, vazão média de longo termo, do [IEMA 2008]; caso o usuário queira pode alterar o valor para realizar simulações.
 - Curva de Permanência das Vazões Médias Mensais: Automaticamente carregado de acordo com o posicionamento da seleção do usuário em relação à camada de estudo de regionalização, curva de permanência, do [IEMA 2008]; caso o usuário queira pode alterar o valor para realizar simulações.
 - Média das Vazões Mínimas Anuais das Médias de 7 dias consecutivos: Automaticamente carregado de acordo como o posicionamento da seleção do usuário em relação à camada de estudo de regionalização do [IEMA 2008]; caso o usuário queira pode alterar o valor para realizar simulações.
 - Vazão Mínima Média de 7 dias consecutivos e período de retorno T: Automaticamente carregado de acordo com o posicionamento da seleção do usuário em relação à camada de estudo de regionalização, vazão mínima média de 7 dias consecutivos por período de retorno T, do [IEMA 2008]; caso o usuário queira pode alterar o valor para realizar simulações.
 - Área de drenagem: Área à montante do ponto selecionado, que ele deseja. Automaticamente carregado de acordo com o posicionamento da seleção do usuário. O valor para a área de drenagem, segundo [IEMA 2008], deve estar entre 10 e 14.000 km².

Relacionado às variáveis de entrada acima descritas, nos mapas existem áreas em branco, que neste caso, o sistema foi programado para verificar a área mais próxima, automaticamente, perguntando ao usuário se ele deseja mantê-la ou não.

- O usuário confere as informações acima e seleciona a opção “Executar” para iniciar o processo estimativa de vazão.
- O sistema abre uma nova janela contendo o resultado das seguintes análises.
 - Vazão Média de Longo Termo (m^3/s); Vazão Específica ($l/s.km^2$); Vazão Mínima Absoluta (m^3/s); Média das Vazões Mínimas Anuais das Médias de 7 dias (m^3/s).
 - Q7,10 (originário do Q7,T com T igual a 10 anos) : vazão mínima em m^3/s de sete dias (Q7,T) de duração e período de retorno de 10 anos; Q90 (originário da tabela de curva permanência para o valor 90%): vazão em m^3/s com intervalo diário e 90% da curva de permanência; Q95 (originário da tabela de curva permanência para o valor 95%): vazão em m^3/s com intervalo diário e 95% da curva de permanência.
- Caso o usuário queira gerar a tabela de permanência, basta ele clicar no botão “gerar curva de permanência”.
- Caso o usuário queira gerar a tabela de Q7,T, basta ele clicar no botão “gerar tabela de Q7,T”.

3.2 Interfaces do Sistema

A Figura 2 abaixo apresenta a interface, que mostra os resultados das etapas do sistema. Essa interface apresenta na parte superior os parâmetros da fórmula que foram calculados nas etapas anteriores ao cálculo de vazão, escolhidos pelo usuário e validados pelo sistema. A parte inferior apresenta o resultado dos cálculos de vazão descritos na fase 2 do processo de Estudos Hidrológicos.

A interface 'Análise' apresenta os seguintes parâmetros e resultados:

- Vazão Média de Longo Termo: II
- Curva Permanência das Vazões Médias Mensais: II
- Média Mínimas Anuais Médias de 7 dias: M7-3
- Mínima Média de 7 dias e período de retorno T: IV
- X: 0.0 - Y: 0.0
- Precipitação Anual: 800
- Área de Drenagem: 20

Botões: Executar, Salvar Análise

Resultados:

- Vazão Média de Longo Termo(m^3/s): 0,372
- Vazão Específica($l/s.km^2$): 18,591
- Média Mínimas Anuais de 7 dias(m^3/s): 0,131
- Vazão Mínima Absoluta (m^3/s): 0,046
- Q 90 (m^3/s): 0,141
- Q 95 (m^3/s): 0,12
- Q 7,10 (m^3/s): 0,059

Figura 2. Interface de definição dos parâmetros de cálculo e apresentação dos resultados de estimativa de vazão

A Figura 3 apresenta em mapa um estudo de caso com um ponto selecionado e com seus valores estimados de acordo com as técnicas apresentadas nesta proposta.

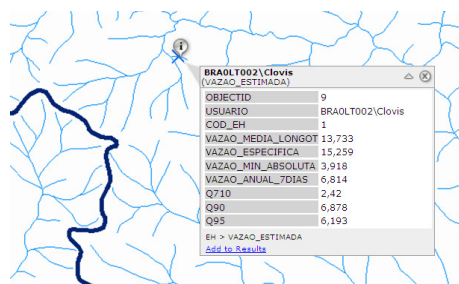


Figura 3. Interface com os resultados de um ponto de vazão do Espírito Santo.

O sistema proposto apresenta os dados do período de retorno versus as Vazões Mínimas Médias de 7 dias (Tabela 1) para cálculo da curva de permanência (Tabela 2).

Distribuição das Vazões Mínimas de 7 dias: significa vazão mínima em m³/s de sete dias de duração e período de retorno de T, que na tabela abaixo calcula de 1,5 a 100 anos.

Tabela 1. Dados do período de Retorno x Vazões Mínimas Médias de 7 dias

Período de Retorno (anos)	Vazões Mínimas Médias de 7 dias (m ³ /s)
1,5	0,147
2	0,118
3	0,093
5	0,074
10	0,059
15	0,053
20	0,05
25	0,048
50	0,043
100	0,04

Curva de permanência: Uma curva de permanência de vazão, também conhecida como curva de duração é um traçado gráfico que informa com que frequência a vazão de dada magnitude é igualada ou excedida durante o período de registro das vazões.

Tabela 2. Dados da curva de permanência

Permanência (%)	Vazão (m ³ /s)	Permanência (%)	Vazão (m ³ /s)
1	1,904	50	0,262
2	1,449	55	0,244
3	1,215	60	0,228
5	0,981	65	0,213
10	0,706	70	0,199
15	0,565	75	0,184
20	0,477	80	0,17
25	0,416	85	0,156
30	0,368	90	0,141
35	0,334	95	0,12
40	0,306	98	0,101
45	0,283	100	0,046

4. Conclusão

A sistematização da proposta do processo de estudo hidrológico dentro da CESAN permitiu a agilidade em se ajustar o ponto em estudo às diversas áreas e equações do Estudo de Regionalização do IEMA 2008.

O estudo que foi descrito neste artigo permite ao leitor ter uma visão geral do processo, o seu apoio pelo sistema de informação, como também, as interfaces propostas e cálculos utilizados. Essa proposta auxilia no desenvolvimento de aplicações com o mesmo objetivo, como também, na reengenharia de processo de outorga. Além, de demonstrar mais uma aplicabilidade do Estudo de Regionalização do IEMA [2008].

A automatização do procedimento no que tange a rápida identificação do ponto em estudo, através das coordenadas, facilitou a definição dos valores dos parâmetros das equações de vazão.

Ressaltamos que a metodologia atualmente utilizada para identificação dos valores de precipitação passa pela simples interpolação entre as isoietas, não considerando a ponderação das áreas entre as mesmas delimitadas pela bacia, como sugerido no estudo (IEMA 2008). Existe, atualmente, um projeto para desenvolver um algoritmo que automatize a metodologia proposta, assim como um algoritmo que desenhe automaticamente a área de drenagem a partir de uma seção qualquer do rio.

Finalmente, a grande contribuição que o trabalho trouxe está relacionada à agilidade que o SIG forneceu, associando rapidamente o ponto em análise as diversas áreas e suas equações do Estudo de Regionalização.

7. Agradecimentos

Os colaboradores agradecem pelo apoio da CESAN ao trabalho, especialmente a Gerência de Meio Ambiente pela cessão dos dados e por ajuda mútuas bastante positivas para o resultado final. Agradecemos o apoio do NIPSA a seus projetos de pesquisa, e também ao suporte fornecido para o desenvolvimento deste trabalho.

8. Referências Bibliográficas

- Amadora, C. M. A21 - Desenvolvimento Sustentável. www.cm-amadora.pt. 2009.
- Aranoff, S. Geographic information systems: a management perspective. Canadá: WDL Publications, 1986.
- Braga Júnior., B. P. F. Técnicas de otimização e simulação aplicadas em sistemas de recursos hídricos. In: BARTH, F. T. et al. Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo, Nobel/ABRH, 1987. p.427-
- Booch, G; Rumbaugh, J E Jacobson, I: UML, Guia do Usuário: tradução; Fábio Freitas da Silva, Rio de Janeiro, Campus ,2000.
- Burrough, P. A. Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford, Oxford University Press, 1986.
- CESAN (2009). CESAN - Abrangência. Disponível em <http://www.cesan.com.br/page.php?4>.

- Davis Junior, C. A. Geoprocessamento: Dez Anos de Transformações. IP. Informática Pública, Belo Horizonte (MG), v. 4, n. 1, p. 17-24, 2002.
- Dias, T. L. Modelagem computacional de mudanças incrementais em objetos espaciais da realidade social. Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José do Campos, 2007.
- Dias, T. L. Gilberto Câmara ; Davis JR., C. A. . Modelos Espaço-Temporais. In: Marco Antônio Casanova; Gilberto Câmara; Clodoveu Augusto Davis Júnior; Lúbia Vinhas; Gilberto Ribeiro de Queiroz. (Org.). Bancos de Dados Geográficos. Curitiba (PR): EspaçoGeo, 2005, v. único, p. 147-180.
- Ferraz, A. R. G. Modelo decisório para a outorga de direito ao uso da água no Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996. 187p.
- IEMA, Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Estudo de Regionalização de Vazões e Metodologia para Determinação de Vazões Insignificantes para as 12 Bacias Hidrográficas do Estado do Espírito Santo, 2008.
- Lanna, A. E. A inserção da gestão das águas na gestão ambiental. Em Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997. Org. por Héctor Raúl Muñoz. 2 ed. Brasília:Secretaria de Recursos Hídricos, 2000, p. 75-109.
- Lima, G. Aplicação de Simulação Computacional na Análise dos Conflitos entre os usos Múltiplos da Água na Bacia do Rio Atibaia no Estado de São Paulo. 2002 Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.
- Mckinney, D. C.; Maidment, D. R. Expert geographic information system for Texas water planning. Journal of Water Resource Planning and Management, v.119, n.2, p.170-183, Mar/Apr, 1993.
- Pádua Filho, W. P. Engenharia de Software – fundamentos, métodos e padrões. Rio de Janeiro, LTC, 2003.
- Pressman, R. S.. Software Engineering: A Practitioner's Approach, 6ª edição, Mc Graw Hill, 2005.
- Roques, T. V. P. Aplicação de modelos computacionais na análise de outorga para diluição de efluentes em corpos de água – fontes pontuais e difusas. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2006.