

Novas Tecnologias de Informações em Recursos Hídricos

Cristiano das Neves Almeida, Alain Marie Bernard Passerat de Silans

*Universidade Federal da Paraíba – Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental
almeida74br@yahoo.com.br, alainsilans@yahoo.com.br*

Jackson Roehrig

*Universidade de Ciências Aplicadas de Colônia – Instituto de Tecnologia para os Trópicos
jackson.roehrig@dvz.fh-koeln.de*

Edson Wendland

*Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Hidráulica e Saneamento
ew@sc.usp.br*

Recebido: 04/08/07 – revisado: 29/10/08 – aceito: 22/05/09

RESUMO

Sistemas de informações são instrumentos essenciais para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, a partir dos quais informações, tais como: diferentes usos do solo, disponibilidade hídrica, medidas de proteção, conservação dos corpos de água e monitoramento dos padrões de qualidade são derivadas e disponibilizadas. Modelos físicos e conceituais relacionados a bacias hidrográficas, aquíferos, reservatórios, dentre outros, seja do ponto de vista qualitativo ou quantitativo, necessitam de uma série de dados. Esses dados encontram-se distribuídos em sistemas de informação em vários formatos e em diferentes instituições. A utilização de modelos hidrológicos está condicionada ao acesso, à transformação e à qualidade de dados e informações, os quais formam a base de sistemas interoperacionais necessários à gestão integrada de recursos hídricos envolvendo diversos atores. Desta forma, este artigo discute formatos e padrões mínimos de representação de dados da área de recursos hídricos. Além disso, foram utilizados conceitos da Modelagem Orientada a Objetos aliados às linguagens UML (Unified Modelling Language) e XML (eXtensible Markup Language), a fim de se representar propriedades e eventos de uma bacia hidrográfica. Evidenciou-se que a utilização conjunta destas técnicas pode facilitar o acesso, o armazenamento e a transferência de dados hidrológicos, além de criar formatos eficientes para a disponibilização de dados.

Palavras-chave: tecnologia da informação, padronização, formatação, dados hidrológicos.

INTRODUÇÃO

Representando-se o tema planejamento e gerenciamento de recursos hídricos sob a forma de uma pirâmide, pode-se dizer que os dados hidrológicos de uma bacia hidrográfica estão na sua base. Estes dados são fundamentais para a quantificação e qualificação de processos de sistemas hídricos. A denominação “sistemas hídricos” aplica-se a bacias hidrográficas, sistemas de reservatórios, aquíferos, etc.

Em países em desenvolvimento, devido à escassez de dados monitorados em campo, a análise de recursos hídricos está geralmente condicionada à utilização de modelos hidráulico-hidrológicos. A simulação do processo de transformação da chuva em vazão em bacias hidrográficas, por exemplo,

requer, no mínimo dados pluviométricos e evapori-métricos, além de características fisiográficas da bacia. Recorre-se, então, no Brasil, a órgãos como a Agência Nacional de Águas (ANA), ou a órgãos estaduais, na busca dessas informações.

Ainda para a quanti-qualificação dos processos hidrológicos dos sistemas hídricos, são necessários também dados sobre usos dos recursos hídricos. Para tanto, dados populacionais, informações sobre os mananciais e suas regras de operação são importantes. É o caso prático dos dados históricos sobre a população bem como suas projeções, que são disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e dados sobre o consumo de água para o abastecimento industrial, humano rural e urbano, originários das empresas de saneamento. Uma ferramenta muito utilizada para compilação e análise desses dados é o Sistema de Suporte à Deci-

são (SSD), que tem a função de sistematizar problemas complexos da área de recursos hídricos (Porto & Azevedo, 1997). O uso destes sistemas, num formato mais atual, requer o acesso a bases de dados em distintas fontes com diferentes formatos.

Atualmente, no Brasil uma série de redes, formadas principalmente por Universidades Federais e órgãos de gestão de recursos hídricos, é portadora de um extenso banco de informações sobre recursos hídricos. É o caso das redes formadas para o desenvolvimento do Sistema Nacional de Informações em Recursos Hídricos (Almeida et al., 2007) e da rede formada para estudar a hidrologia da região Semi-Árida nordestina, a Rede de Hidrologia do Semi-Árido (REHISA, 2004). Em trabalhos desenvolvidos em rede, informações e dados hidrológicos precisam ser disponibilizados entre seus membros.

Na prática, observa-se uma grande quantidade de diferentes formatos utilizados para armazenar e disponibilizar dados de uma mesma tipologia. Faz-se necessária a leitura e uma conversão desses dados, armazenados em arquivos textos, em banco de dados, ou em sistemas de informações geográficas, para a formatação específica requerida por determinados modelos, por exemplo. Esta conversão entre formatações é feita até mesmo para informações de uma mesma tipologia. A inexistência de um padrão para formatação das informações hidrológicas traz implicações negativas para o uso dos sistemas de informações sobre recursos hídricos, para os Sistemas de Suporte à Decisão e para o desenvolvimento de trabalhos em rede, uma vez que o intercâmbio de dados não é realizado de forma eficiente, e que será sempre necessária uma conversão de arquivos.

As dificuldades relacionadas ao intercâmbio de informações acentuaram-se mais a partir do uso intenso da Internet e especialmente a partir do uso de sistemas distribuídos, nos quais um cliente tem acesso a diferentes provedores de serviços e informações. Em resposta à complexidade imposta por sistemas distribuídos e por plataformas heterogêneas, vêm sendo desenvolvidas tecnologias e padrões para armazenamento e transferência de dados, para programação e detalhamento de sistemas informáticos, tais como as linguagens XML (*eXtensible Markup Language*) e UML (*Unified Modelling Language*) e a análise e modelagem orientada a objetos.

O uso de novas tecnologias contribui para a sistematização e padronização, e com isso para a interoperabilidade de sistemas de informações. Interoperabilidade é a capacidade de acesso a informações e serviços distribuídos de forma transparente, ou seja, sem adaptações às características das dife-

rentes provedoras de dados e serviços. Interoperabilidade pode fazer-se necessária dentro de uma única instituição para a integração de informações de diferentes departamentos, entre softwares distintos ou diferentes sistemas operacionais, bem como integrar informações entre diferentes instituições (governamentais ou não), com fins de comercialização, troca ou disponibilização de informações e serviços (Roehrig, 2002).

Considerando essas colocações e tecnologias, Babaie & Babaie (2005), fazendo uso dos conceitos da UML e da XML, criaram um esquema para representação de informações geológicas. Esses autores utilizaram essas ferramentas para modelar unidades geológicas, visando o armazenamento, troca e disponibilização de dados. Essas tecnologias reduziram a redundância, incrementaram a eficiência e extensibilidade, permitindo assim o gerenciamento eficiente dos dados, bem como a troca de informações via WEB.

Mello & Xu (2006) apresentaram as vantagens do uso da XML para melhoramento da produtividade e robustez na área de geociências. De acordo com esses autores, a XML está se tornando um formato comum para transferência de dados entre aplicações baseadas em sistemas WEB, tanto que vários setores vêm definindo padrões abertos para troca de dados baseado no formato XML.

Outros exemplos práticos e bem sucedidos do uso das linguagens UML e XML são: o consórcio *Open Geospatial Consortium* (OGC, 2004), criado para regulamentar a padronização de entidades geométricas e criação de formatos de protocolos de processos para os Sistemas de Informações Geográficas Abertos (OpenGIS). Este consórcio criou o formato GML (*Geographic Markup Language*) (GML, 2003), baseado no padrão XML, para formatação de dados geográficos; o *Petrotechnical Open Standards Consortium* (POSC, 2008), para definição de especificações abertas no que diz respeito à área petroquímica; e a Comissão para Gerenciamento e Aplicações de Informações da Geociências (CGI, 2008), que vem trabalhando no desenvolvimento de padrões baseados na tecnologia XML para troca de dados dessa área.

Wang et al. (2005a, 2005b) utilizaram a UML para representar a bacia hidrográfica utilizada numa nova versão do modelo TOPMODEL (Beven & Kirkby, 1979 apud WANG, 2005a, 2005b) denominado OBJTOP. Nessa nova versão do TOPMODEL os conceitos da Modelagem Orientada a Objetos (MOO) foram utilizados. O conjunto de classes descrito na Figura 1 mostra que, a bacia hidrográfica é composta de classes representativas da precipita-

ção, vegetação, evapotranspiração, solo e canais. O canal e o solo são compostos por uma classe, que os descreve topograficamente. A Figura 1 um exemplo como processos e características da bacia hidrográfica poderiam ser computacionalmente representados.

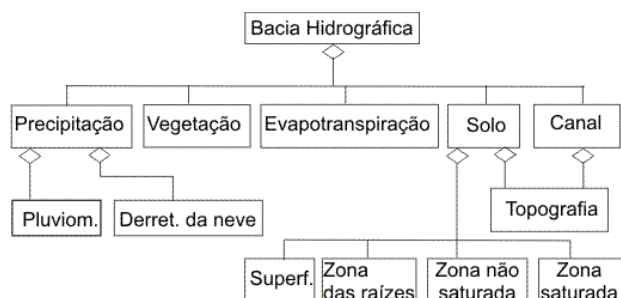


Figura 1 - Diagrama UML resumido das classes que compõem a bacia hidrográfica do OBJTOP (Fonte: Wang et al., 2005a)

No Brasil, Viegas Filho & Lanna (2003) apresentaram uma aplicação de conceitos da Modelagem Orientada a Objetos (MOO) para o desenvolvimento do modelo PROPAGAR MOO, que simula a propagação de vazões em bacias hidrográficas. Segundo os autores, a grande vantagem da utilização da MOO diz respeito à forma como os sistemas de recursos hídricos são representados, ou seja, tal qual a realidade. Para o desenvolvimento do PROPAGAR MOO foi utilizado um aplicativo comercial da Borland, o Delphi®, que permite a execução do modelo apenas em ambiente Windows®. Almeida (2006) também utilizou estes conceitos para implementação de um Sistema de Suporte à Decisão Espacial (SSDE) denominado ARENA (Análise de Recursos Naturais), o qual foi documentado com auxílio da UML.

Considerando o contexto descrito, este artigo discute questões relacionadas à interoperabilidade de informações, à normatização e à formatação de dados da área de recursos hídricos. Conceitos da Tecnologia de Informações (TI), quais sejam: Modelagem Orientada a Objetos (MOO), *Unified Modeling Language* (UML) e *eXtensible Markup Language* (XML) são apresentados como forma de armazenar, disponibilizar e transferir dados hidrológicos. Apresenta-se, ainda, um caso prático da aplicação destas tecnologias para representação de uma bacia hidrográfica.

METODOLOGIA

A metodologia aqui consiste na apresentação dos conceitos básicos relacionados às três técnicas: MOO (Modelagem Orientada a Objetos); UML (*Unified Modeling Language*); e XML (*eXtensible Markup Language*). Para tanto, exemplos práticos destes conceitos serão empregados. Posteriormente, essas tecnologias são aplicadas para representar uma bacia hidrográfica.

A Modelagem Orientada a Objetos – MOO

Em termos de ferramentas para desenvolvimento de aplicativos, a MOO pode ser considerada o novo paradigma de programação (Viegas Filho & Lanna, 2003). O conceito de novo paradigma baseia-se na nova forma que a MOO utiliza para desenvolver sistemas. A análise e o projeto baseado em conceitos da MOO objetiva identificar um conjunto adequado de entidades (classes) que represente um sistema. A MOO é um modelo de análise, projeto e programação de aplicativos baseado na composição e interação entre diversas unidades de software chamadas de classes.

Aplicativos desenvolvidos por meio da MOO procuram descrever os sistemas tais como a realidade, utilizando para tanto classes e pacotes (conjunto de classes com finalidade comum). As classes são representações de entidades artificiais ou naturais, tais como essas se encontram dispostas em seus ambientes. Uma bacia hidrográfica, por exemplo, pode ser representada por uma classe denominada *Bacia-Hidrografica*. (Figura 2)

Uma classe é composta por atributos (*properties*) e métodos (*methods*). Os atributos de uma classe são propriedades de uma dada entidade física. A classe *BaciaHidrografica* da Figura 2 têm o *nome*, o *id* e a *area* como atributos. Os métodos são ações que uma classe pode executar. Para a classe *BaciaHidrografica*, um método seria o *getArea()*, cuja função seria retornar o valor da área da bacia hidrográfica. Outro exemplo, o método *simChuvaVazao()* teria a função de transformar chuva em vazão. Um objeto é uma instância de uma classe, ou seja, a criação de um objeto dá-se a partir de uma classe em tempo de execução.

A Linguagem UML

A UML (*Unified Modeling Language*) é uma linguagem visual para representação, especificação, documentação, visualização e desenvolvimento de

sistemas implementados de acordo com conceitos da Modelagem Orientada a Objetos. Com auxílio de diagramas padronizados da UML, é possível descrever como as classes e/ou os pacotes (conjunto de classes) são formados e se comunicam, ou seja, é possível descrever a arquitetura do sistema desenvolvido. Pode-se também, por meio da UML, demonstrar como as diversas partes de um sistema interagem, que são os diagramas de sequência. Através desta notação gráfica, intrínseca da linguagem UML, os atributos e métodos das classes são apresentados e como, em geral, os nomes dos atributos e dos métodos são auto-explicáveis, estes diagramas são suficientes na discretização de sistemas.

A linguagem UML vem sendo amplamente utilizada na área da informática, a fim de descrever programas de diferentes áreas (aeronáutica, sistemas de informações geográficas, geociências, etc.). Essa linguagem segue padrões internacionais e abertos, que a *Object Management Group* (www.omg.org) discute, aprova e recomenda. Uma das grandes vantagens do uso da UML é que a mesma é uma linguagem não proprietária, porém padronizada.

O relacionamento entre a Modelagem Orientada a Objetos e a linguagem UML se dá a partir do ponto que aplicativos desenvolvidos sob o conceito da MOO são melhores representados por meio da UML. A UML é uma facilitadora no processo de comunicação entre órgão e/ou técnicos envolvidos no desenvolvimento de um aplicativo, pois apresenta um vocabulário de fácil compreensão. Ela é utilizada para representar sistemas abstratos ou reais por meio de uma linguagem de programação (Visual Basic, Delphi, Fortran, etc.). A UML disponibiliza diagramas que representam as diversas partes de um sistema, suas classes, as interações entre classes, etc.

A Figura 2 apresenta os conceitos da linguagem UML para representação da estrutura básica de uma classe. Neste caso, uma classe representativa de uma bacia hidrográfica (*BaciaHidrografica*). Na UML classe é representada graficamente por três compartimentos: o primeiro contém apenas o nome da classe; o segundo seus atributos e seus tipos (inteiro, número real, texto, etc.); o terceiro contém os métodos da classe. No caso dos métodos de uma classe, utilizam-se sempre os termos em inglês “set” para atribuir um valor ao atributo que tem seu valor passado pela variável entre os parênteses, e “get” para recuperar o valor do atributo. Nessas novas tecnologias, é comum utilizar textos completos para representar o nome de variáveis do sistema, o que simplifica entendimento do papel daquele atributo ou método. No caso da Figura 2, o atributo “simChuva-

Vazão” seria responsável pela simulação do processo de transformação da chuva em vazão.

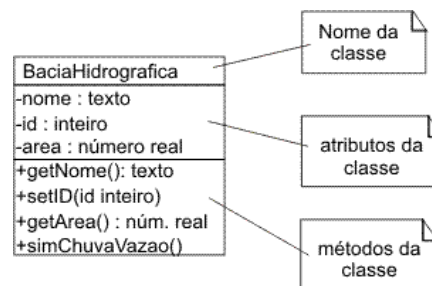


Figura 2– Diagrama em UML detalhando a estrutura básica de uma classe

Na Figura 3, outras três propriedades da MOO são representadas através de diagramas UML: *generalização*, que é uma classe com atributos e métodos mais gerais (Meio de locomoção); *especialização*, que representam subclasses especializadas (trem e automóvel) da superclasse (Meio de locomoção), as quais contêm métodos relativos a cada meio de transporte propriamente dito; e a propriedade *composição*, representada na Figura 3 através da linha com um losango entre as classes automóvel e pneu. A composição diz que uma determinada classe é composta por outra classe. No caso da Figura 3, um automóvel é composto por quatro pneus.

A forma pela qual uma classe (superclasse) dá origem à outra classe (chamada de subclasse) é conhecida por herança ou generalização. É na superclasse que ficam os atributos e métodos mais gerais, os quais são utilizados diretamente na subclasse. A herança é representada através de uma seta ligando a superclasse à subclasse, como, por exemplo, entre as classes “Meio de locomoção” (superclasse) e Trem ou Automóvel (subclasses).

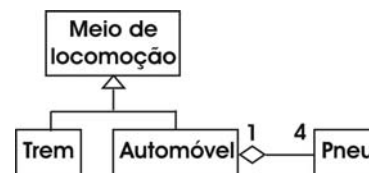


Figura 3 – Diagrama UML representando a generalização, especialização e composição

A Linguagem XML (*eXtensible Markup Language*)

A linguagem XML é uma linguagem de marcação recomendada, por exemplo, pelo consórcio internacional W3C (*World Wide Web Consortium*) que envolve empresas de tecnologia e instituições de ensino e pesquisa (Graves, 2003). Tem o objetivo de gerar linguagens de marcação para necessidades especiais, sendo capaz de descrever diversos tipos de dados. Essa linguagem vem sendo utilizada cada vez mais no ambiente Web, a fim de padronizar os dados disponíveis na internet, buscando assim melhorar a troca de dados e informações nesse ambiente. A XML tornou-se um padrão internacional desde 1998.

Dentre as principais vantagens dessa linguagem, apresentam-se: notação simples, regular e consistente, que torna fácil a construção de programas para processamento de arquivos XML; padrão aberto, o que tem feito com que diversas ferramentas para gerenciamento de documentos venham sendo desenvolvidas; formato extensível, onde cada um pode criar sua formatação de dados, a fim de distribuí-los; auto-explicável por meio de seus elementos (ou em inglês conhecidos como "*tags*"); independência de plataforma, sistema de armazenamento e *software*; e formatação do tipo texto, que possibilita sua leitura até mesmo em processadores de texto.

Para exemplificar, utilizou-se o caso do MathML (*Mathematical Markup Language*), que é a versão XML para a área matemática. As recomendações do W3C para o MathML encontram-se na versão 2.0 (MathML, 2003). As especificações desse consórcio, para essa área, definem formatos de arquivos XML que descrevem a notação matemática usual através de elementos (*tags*). O objetivo é possibilitar que matemáticos recebam, armazenem, processem e disponibilizem informações na Internet da área matemática, como é possível fazer com textos.

```
-<apply>
  -<eq>
    <ci>V</ci>
    -<apply>
      -<plus>
        <ci>A</ci>
        <ci>B</ci>
      -<plus>
    -</apply>
  -</eq>
-</apply>
```

Figura 4 - Arquivo XML representando uma equação matemática (Fonte MathML, 2003)

Um exemplo prático da utilização da XML é o caso apresentado na Figura 4. A equação $V = A + B$ é descrita pelos seguintes elementos: o "apply" indicativo de uma operação para a seguinte expressão; o elemento "eq" delimita o início de uma equação; o "ci" um valor algébrico; e o "plus" realiza a adição dos valores algébricos de A e B.

Pode-se observar que, o caso da utilização da linguagem XML, como base para o MathML, é auto-explicativa, sendo assim fácil de ser entendida, uma vez que as "*tags*" indicam o que cada variável significa. Esta linguagem de representação de dados pode ser utilizada para descrição de qualquer tipo de informação, independente da área de conhecimento. Dessa forma, arquivos escritos em XML trarão, além de variáveis, as informações que permitem o entendimento da variável.

REPRESENTAÇÃO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA

A fim de se propor uma discussão sobre a formatação de dados de uma bacia hidrográfica, visando sua implementação na MOO, apresenta-se uma aplicação dos conceitos discutidos na metodologia para sua representação.

A necessidade de utilização dessas técnicas advém da necessidade de intercambiar informações levantadas no monitoramento de bacias experimentais e representativas, que vem sendo realizado no âmbito da rede REHISA (2004). Neste projeto de pesquisa, uma extensa quantidade de informações hidrológicas é gerada, as quais deverão ser disponibilizadas pelos diversos membros da rede, a fim de realizar estudos sobre hidrologia. Diante desta grande quantidade de dados, surgiu a necessidade de discutir meios de captação, processamento e disponibilização dos dados monitorados.

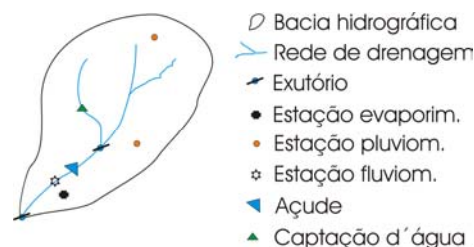


Figura 5 - Representação de uma bacia hidrográfica

Neste artigo, uma bacia hidrográfica é formada, em princípio, por uma rede de drenagem e

exutórios. Quando esta bacia tem variáveis hidroclimatológicas monitoradas, ela contará com postos pluviométricos, evaporimétricos e fluviométricos. Se ela é utilizada para suprir demandas, contará com açudes e/ou captações. Considerando estas premissas, a representação de uma bacia hidrográfica pode ser realizada conforme na Figura 5.

A bacia hidrográfica pode ter, ainda, outros elementos, tais como os diferentes tipos de solo e vegetação. Porém, para simplificação, foram considerados apenas os elementos dispostos na Figura 5.

Utilizando conceitos da MOO, foi definido um conjunto de classes representativas de uma bacia hidrográfica e seus componentes. Na Figura 6 apresenta-se o diagrama de classes em UML representativo de uma bacia. Este diagrama é dito simplificado, pois não apresenta os métodos das classes. Deve-se notar que, inicialmente, três subclasses foram implementadas a partir de classes representativas de entidades geométricas, são elas: (a) *PontoBH* representativa de pontos localizados numa bacia hidrográfica, criada com base na classe ponto (classe intrínseca da MOO); (b) *BaciaHidrografica*, criada com base na classe Polígono, que representa um polígono de forma qualquer; e (c) a classe *Rio*, que foi criada com base na classe linha representativa de um conjunto de linhas da MOO. Esta forma de criação destas três classes foi adotada porque os atributos e métodos referentes à geometria ficam de responsabilidade das classes geométricas, que são intrínsecas de cada linguagem de programação. Estas classes geométricas são utilizadas, pois em processos de simulação hidrológica constantemente são requisitadas funções relacionadas à geometria de entidades. Uma vez herdados os métodos e atributos das classes geométricas, são adicionados as propriedades e os métodos particulares da bacia hidrográfica e seus elementos, neste caso as classes: *Exutorio*, *Acude*, *BaciaHidrografica*, *CaptacaoDAgua*, *Estacao* e *EstacaoFluv*.

A classe representativa de um ponto qualquer de uma bacia hidrográfica (*PontoBH*) tem os atributos e métodos relativos a um ponto qualquer localizado na bacia hidrográfica, tais como seu código de identificação (id), seu nome, sua altitude e a bacia hidrográfica a que este ponto pertence. Seus métodos dizem respeito apenas ao acesso a esses atributos. No caso da classe *rio*, nesta representação, esta tem apenas o atributo nome, porém outros atributos podem ser adicionados a estas classes.

Na Figura 6 são apresentadas cardinalidades do tipo "0 - *", a qual é a representação para relacionamentos entre classes. A classe *Acude*, por exemplo, tem um relacionamento de "0 - n" com a

classe *BaciaHidrografica*, indicando que uma bacia hidrográfica pode ter de 0 a n açudes, ou seja, pode não ter açudes ou ter n açudes. As classes *CaptacaoDAgua*, *Estacao* e *EstacaoFluv* apresentam cardinalidades semelhantes, pois estes são elementos hidráulicos que podem não existir numa bacia hidrográfica ou mesmo podem existir n elementos destes tipos.

Cardinalidades do tipo "1 - n" existem entre as classes *BaciaHidrografica* e *Rio* e *Exutorio*, pois para que uma bacia hidrográfica exista, faz-se necessário ao menos um rio e um exutório, daí o número 1 da cardinalidade "1 - n". Porém, n outros rios e exutórios podem existir numa bacia, representados pela letra n do relacionamento anterior.

A extensibilidade, que é uma propriedade da MOO, permite a inclusão de novas entidades, propriedades e métodos ao modelo. Um exemplo de uso desta propriedade é o caso da necessidade da inclusão de uma nova classe no pacote *ElementosHidraulicos*. A criação de uma classe representação de uma estação de monitoramento qualitativo seria realizada com base na classe *Estacao* que já possui elementos que caracterizam uma estação de monitoramento da qualidade d'água. A partir da classe *Estacao* seria criada uma subclasse com os atributos da nova classe. Para tanto, não seriam necessárias modificações nas classes já implementadas.

Na área de recursos hídricos, a linguagem XML pode ser utilizada na criação de arquivos para transferência, armazenamento e disponibilização de dados, não só em computadores de uma mesma rede de trabalho, mas também na Internet. A exemplificação de uma padronização do arquivo XML foi feita com base na representação de uma bacia hidrográfica qualquer. A Figura 7 apresenta o arquivo XML com dados de uma bacia hidrográfica. Nota-se que o mesmo é composto por elementos (*tags*) nomeados de acordo com os atributos das classes descritas anteriormente.

Arquivos com o formato XML podem ser abertos em diversos aplicativos, o apresentado na Figura 7 foi aberto no Internet Explorer. Arquivos XML podem ser abertos em diversos aplicativos de visualização da *web*, tais como o Internet Explorer, Netscape, Firefox, os quais permitem a visualização ou não de seus atributos. Para tanto, pode-se clicar no sinal +, para visualizar os atributos, ou – para omiti-los. Neste caso, apenas as informações de uma estação pluviométrica encontram-se expostas. Este formato é extensível, podendo vir, por exemplo, a agregar outras informações, como é o caso de uma lista de estações de monitoramento de qualidade da água, isto sem a necessidade de modificação da formatação existente.

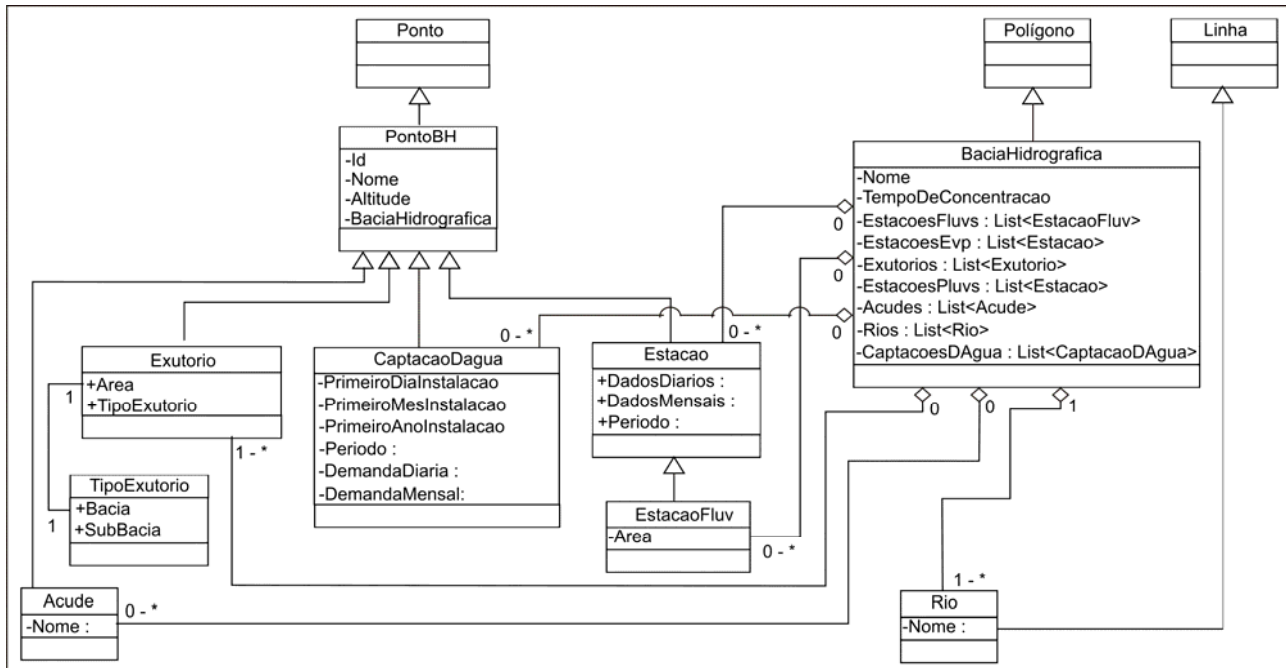


Figura 6 - Diagrama simplificado de classes representativa de uma bacia hidrográfica

```

-<baciahidrografica>
  - <estacoespluv>
    - <estacoespluv>
      -<id>3840556</id>
      -<nome>Gramame</nome>
      -<longitude>320,12</longitude>
      -<latitude>3840556</latitude>
      -<altitude>3840556</altitude>
    - </estacoespluv>
    + <estacoespluv>
  - </estacoespluv>
  + <acudes>
  + <estacoesfluv>
  + <rios>
  + <exutorios>
  + <captacoesdagua>
  + <estacoesenv>
-</ baciahidrografica >

```

Figura 7 – Disposição das informações de uma bacia hidrográfica no formato XML utilizando um programa de visualização de páginas da web

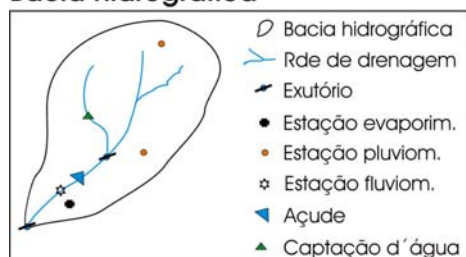
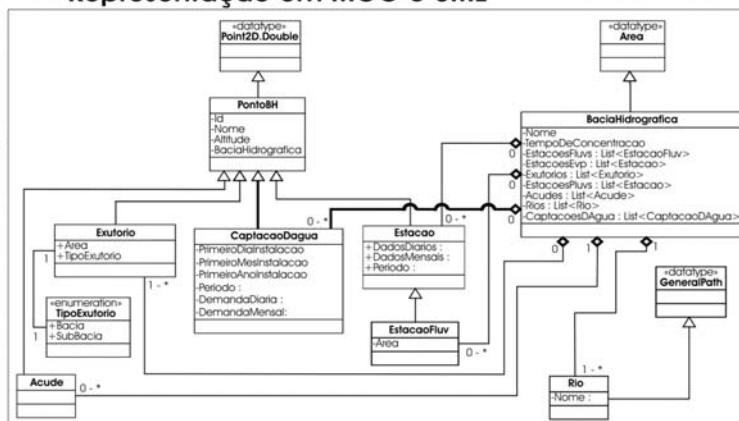
Arquivos em XML podem ser disponibilizados na internet e sua leitura pode ser feita diretamente no endereço de hospedagem da página que contenha os dados.

Na implementação computacional, um arquivo XML é escrito para cada classe representativa de entidades da bacia hidrográfica. Os *tags* da linguagem XML são então os nomes das propriedades de cada uma das classes pertencentes a um sistema. Já a linguagem UML é utilizada para documentar as entidades, programadas na linguagem orientada a objetos, representativas de um sistema hídrico como a bacia hidrográfica. Deve-se notar que as três técnicas utilizadas buscam uma similaridade do projeto com a realidade.

A programação das classes representadas na Figura 6 pode ser realizada em diversas linguagens orientada a objeto, Java, Visual Studio.NET, C++, entre outras. No caso específico deste artigo foi utilizada a linguagem Java.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo preocupou-se em apresentar e discutir soluções visando uma melhoria na representação de sistemas de recursos hídricos. As potencialidades de três ferramentas da Tecnologia da Informação MOO (Modelagem Orientada a Objetos), XML (*eXtensible Markup Language*) e UML (*Unified Modelling Language*), para armazenamento, transfe-

Bacia hidrográfica**Representação em MOO e UML****Representação em XML**

```

<BaciaHidrografica>
  <estacoespluv>
    <estacoespluv>
      <id>3840556</id>
      <nome>Gramame</nome>
      <longitude>320,12</longitude>
      <latitude>3840556</latitude>
      <altitude>3840556</altitude>
    </estacoespluv>
  </estacoespluv>
  <acudes>
    <estacoesfluv>
      <rios>
        <exutorios>
          <captacoesdagua>
            <estacoesevp>

```

Implementação da classe em Java

```

public class baciaHidrografica extends Area{

    private ArrayList<Estacao> estacoesPluv;
    private ArrayList<Rio> rios;
    private ArrayList<Exutorio> exutorios;
    private ArrayList<Estacao> estacoesEvp;
    private ArrayList<EstacaoFluv> estacoesFluv;
    private ArrayList<Acude> acudes;
    private ArrayList<CaptacaoDagua> captacoesDagua;

```

Figura 8 – Esquema da representação unificada de uma bacia hidrográfica (MOO, UML e XML)

rência e disponibilização de dados hidrológicos de bacias hidrográficas foram apresentadas.

Por meio da MOO e das linguagens UML e XML, as informações de uma bacia hidrográfica podem ser adequadamente representadas, como apresentado neste artigo. Deve-se observar que essas 3 técnicas são, em geral, utilizadas simultaneamente, como apresentado na Figura 8. Pode-se integrar ainda ao esquema da Figura 8 um banco de dados e a linguagem de consulta estrutura denominada SQL (*Structured Query Language*), que é muito utilizada para realização de pesquisas em banco de dados. Isto significa que a estrutura proposta na Figura 8 também é extensível.

As vantagens que o uso dessas tecnologias apresenta para a área de recursos hídricos, frente às técnicas de programação comumente utilizadas, são resumidas através das seguintes conclusões:

- A interoperabilidade, que é a capacidade de comunicação, execução de programas ou transferência de dados entre diferentes unidades (técnicos, *softwares*, *hardwares* etc.) independentemente dos recursos e

aplicativos computacionais do usuário da informação, pode ser bastante explorada, principalmente no que diz respeito à transferência de dados hidrológicos. A interoperabilidade prevista no cerne deste trabalho traz avanços para os projetos desenvolvidos em rede, pois facilitará o acesso, a transferência e a disponibilização de informações;

- Talvez uma das maiores vantagens do uso destas tecnologias, seja a possibilidade de incorporação de grandes avanços aos Sistemas de Suporte à Decisão (SSD) e aos Sistemas de Informações (SI), uma vez que os mesmos poderão acessar diferentes fontes de dados e, posteriormente, disponibilizar os dados em formatos comuns. Isto reduzirá significativamente o custo de acesso e de troca de dados entre diferentes SSD's e SI's;
- A herança é um dos conceitos da Modelagem Orientada a Objetos que mais traz vantagens à programação de classes representativas dos sistemas de recursos hí-

dricos, pois a partir dela, pode-se utilizar todo um pacote de classes geométricas existentes em linguagens de programação já consolidadas, como o é caso do Java, Visual Studio.NET, dentre outros. Essa linguagem conta com um pacote de classes representativas de entidades geométricas. O uso de um pacote já desenvolvido ao invés de programá-lo implica em redução de custo e erros de programação;

- Pode-se notar que a forma de representação da bacia hidrográfica, descrita neste artigo, não é intrínseca de uma linguagem de programação, podendo, portanto, ser implementada em qualquer linguagem de programação orientada a objetos;
- Com relação à linguagem XML, grande parte das linguagens de programação orientada a objetos conta com API's (*Application Programming Interface*, que são bibliotecas) para leitura, tratamento e escrita de arquivos XML. Essas bibliotecas podem ser adquiridas sem qualquer custo financeiro;
- Outra vantagem do uso do padrão XML é que, devido ao padrão aberto e independente da plataforma, os usuários da informação não serão induzidos ou forçados a trabalhar com um determinado sistema operacional (Windows, Linux, etc.) ou com um sistema de banco de dados comercial. Desta forma, torna-se possível a socialização das informações relacionadas à área de recursos hídricos;
- A propriedade extensibilidade pode ser aproveitada na formatação dos dados. Pode-se, por exemplo, criar uma estrutura de banco de dados para armazenamento das informações e, posteriormente, integrar a este esquema a linguagem SQL (*Structured Query Language*). A linguagem SQL é usada para consulta a dados e para manipulação de informações armazenadas em banco de dados. O conceito extensibilidade vai mais além, e pode ser utilizado para ampliar os recursos das classes e pacotes programados sob os conceitos da MOO. Ao pacote representativo da bacia hidrográfica pode ser incorporada uma classe representativa das estações de monitoramento qualitativo, aproveitando

a estrutura existente, sem modificar o que já foi implementado;

- Com relação à utilização destas tecnologias faz-se necessária a quebra de paradigmas na forma de pensar os sistemas de recursos hídricos, pois mesmo atualmente, linguagens de programação estruturadas continuam a ser utilizadas pelos pesquisadores e técnicos da área de recursos hídricos.

Como consideração mais importante, fica exposta a necessidade de criação de um grupo de discussão (consórcio) para definição de uma formatação e/ ou padrão aberto para a representação de dados hidrológicos. Uma possibilidade seria a utilização dessas três técnicas, objetivando um melhor armazenamento, transferência e disponibilização de informações por e entre grupos de pesquisas e técnicos da área. Este grupo de discussão ou consórcio pode ser iniciado dentro de redes de pesquisa de abrangência regional, como é o caso da REHISA (Rede de Hidrologia do Semi-Árido) ou numa câmara técnica da Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Este grupo seria incumbido da análise de informações e dados da área de recursos hídricos, a fim de propor documentos com especificações de formatos/padrões para representação de sistemas de recursos hídricos. Posteriormente, esta proposição seria levada à Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), ou mesmo ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos, para avaliação e ratificação. A criação de formatos/padrões por uma comunidade científica seria o principal motivo encorajador e facilitador, para uma migração dos diversos formatos para um formato comum à toda comunidade de recursos hídricos.

Ainda com relação à criação desse grupo de discussão (consórcio), é importante observar que, essa discussão não pode ficar restrita apenas a um grupo de técnico ou consultores, que apresentem um produto final. O envolvimento dos usuários, técnicos ou não, permitirá que diferentes demandas por informação de uma mesma tipologia sejam avaliadas. Estruturas semelhantes aos consórcios existentes, como os consórcios OGC e POSC, podem ser utilizadas e são recomendadas, pois já apresentaram bons resultados na representação padronizada de entidades geográficas dos sistemas de informações geográficas, e de entidades da área de petróleo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e DAAD pelo auxílio financeiro para desenvolvimento de projetos de pesquisas, que têm possibilitado o desenvolvimento e as reflexões apresentadas neste artigo. Por fim, aos revisores que ajudaram a melhorar a qualidade final do artigo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. N.; GUIMARÃES, C. A.; BARBOSA, F. A. R.; JÚNIOR, A. Integração de modelos chuva-vazão ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – Concepção do sistema. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo. 2007.
- ALMEIDA, C. N. Modelagem integrada de recursos hídricos com apoio de um sistema de informações geográficas. 147 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2006.
- BABAIE, H.A.; BABAIE, A. Modeling geological objects with the XML Schema. *Computers & Geosciences*, vol. 31, n. 9, p. 1135-1150, 2005.
- BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J., A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*, vol. 24, p. 43-69, 1979.
- CGI - Commission for the Management and Application of Geoscience Information, 2008. Disponível em: <https://www.seegrid.csiro.au/twiki/bin/view/CGIModel/WebHome>. Acesso em 20/dez/2008.
- Geography Markup Language (GML) Implementation Specification, OpenGIS Consortium, 2003. Disponível em: <www.opengeospatial.org>. Acesso em 20/nov/2005.
- GRAVES, M. Projeto de banco de dados com XML, Makron Books, 518 pp. 2003.
- MathML - Mathematical Markup Language, Version 2.0 (Second Edition), W3C recommendation, 2003. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2003/REC-MathML2-20031021/>>. Acesso em: 15/dez/2006.
- MELLO, U. T., XU, L. Using XML to improve the productivity and robustness in application development in geosciences, *Computers & Geosciences*, vol. 32, n. 10, p. 1646-1653. 2006.
- Open Geospatial Consortium Inc., 2004. Geospatial portal reference architecture: a community guide to implementing standards-based geospatial portals. OGC Draft Report No OGC 04-039., 17 p.
- PORTO, R. L.; AZEVEDO, L. G. Sistemas de suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos. In: *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos*. Coordenação e organização científica: PORTO, R. L. Porto Alegre: Ed. Da Universidade/UFGS/ABRH, (Coleção ABRH de recursos hídricos). p. 42-95, 1997.
- POSC - *Petrotechnical Open Standards Consortium*, 2008. Disponível em: <https://www.posc.org>. Acesso em 20/dez/2008.
- REHISA, Relatório final do projeto IBESA – Implantação de bacias experimentais no Semi-Árido. Projeto FINEP/FUNPEC 22010453-00. 291 p. 2004.
- ROEHRIG, J. Information interoperability for river basin management. *Technology Resource Management & Development – Scientific Contributions for Sustainable Development*, vol. 2, pág. 141 – 148, 2002.
- VIEGAS FILHO, J. S.; LANNA, A. E. L. O Paradigma da Modelagem Orientada a Objetos Aplicada a Sistemas de Recursos Hídricos – (I) Modelo Básico de Objetos para uma Rede Hidrográfica, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 3, pág. 79-89, 2003.
- WANG, J.; HASSETT, J. M.; ENDRENY, T. A. An object oriented approach to the description and simulation of watershed scale hydrologic processes. *Computer & Geosciences*, v. 31, n. 4, pág. 425-435, 2005a.
- WANG, J.; ENDRENY, T. A.; HASSETT, J. M. A flexible modeling package for topographically based watershed hydrology. *Journal of Hydrology*, v. 314, n. 1-4, p. 78-91, 2005b.

Water Resources Information Technology

ABSTRACT

Information systems are essential tools for water resources planning and management. Information on water uses, water quantity, water body protection and conservation, and standard water quality monitoring is provided by these systems. Physical and conceptual models of watersheds, aquifers, reservoirs, etc, both quantitative and qualitative, need information on time and space. These data are available in distributed information systems in several formats and from different agencies. The use of these models depends on access, conversion and quality of this information which provides the basis of interoperability systems. In this way, this paper presents a contribution to the discussion on format/standards of water resources data. Concepts of Object Oriented Modeling with the Unified Modeling Language and eXtensible Markup Language were used to represent water resources systems. These three techniques are used to represent watershed data.

Keywords: *information technology, standardization, formatting, hydrologic data.*