

Sistemas de informações geográficas como ferramenta de apoio ao gerenciamento de recursos hídricos – uma aplicação à bacia do rio Santo Antônio

Gilcimar Pires Cabral Oliveira¹
Leonardo Mitre Alvim de Castro¹
José Roberto Centeno Cordeiro¹
Ana Katiuscia Pastana de Souza¹

¹ Anglo American – Minério de Ferro Brasil
Rua Guaicuí, 20 – 10º Andar. 30.380-380 – Belo Horizonte – MG, Brasil
gilcimar.oliveira@angloferrous.com.br ; leonardo.mitre@angloferrous.com.br;
jose.centeno@angloferrous.com.br ; ana.katiuscia@angloferrous.com.br

Abstract. The present paper presents a geographic information system developed to support the water resources management of a big mining project under implementation in the state of Minas Gerais. Considering the important water demand for the project, the water resources management gets great relevance, in order to guarantee the availability for the operation of the project without affecting other water users in the same catchment basin. The System was developed based on the concept of the catchment basin as the main unit for water resources management. In this sense, all the available information was spatialized or regionalized for the whole basin of the Santo Antonio river, one of the main affluents of the Doce river. The first step of the development of the system considered the assembly of the spatial database and was followed by some technical studies and the development of the spatial database. Finally, the last step consisted on the development of the GIS tools for the Desktop and Web systems. From the main results, it's worth mentioning the hydrologic and hydrogeologic regionalization and the calculation of the water demands for all existing or planned users in the basin, which allows the water balance for any stretch of the watercourses. Finally, from the main conclusions, it can be highlighted the importance of the use of GIS tools in the water resources domain, allowing the decision aid relating to the project and to guarantee the availability to other water users in the same basin.

Palavras-chave: hydrology, water resources management, geographic information system, catchment basin, Hidrologia, gerenciamento de recursos hídricos, sistema de informações geográficas, bacia hidrográfica.

1. Introdução

O gerenciamento de recursos hídricos trata de um conjunto de ações destinadas à regular o uso, o controle e a sua proteção, em conformidade com a legislação e normas pertinentes. Nesse contexto, o desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas com aplicações específicas tem sido cada vez mais comum proporcionando a aproximação do técnico operacional com a informação e sendo apresentado como uma ferramenta de grande valia no apoio à tomada de decisões. Segundo Campos e Studart (2003) um Sistema de Informações de Recursos Hídricos consiste em um conjunto de conhecimentos necessários à gestão dos mesmos e ao acompanhamento das políticas governamentais deste setor.

Empreendimentos industriais de mineração de grande porte apresentam demandas importantes pelo uso da água, podendo ser ressaltados os usos no processo de beneficiamento, para aspersão de mina e acessos, bem como para a formação de polpa a ser aduzida em um mineroduto. Dessa forma, a disponibilidade hídrica para atendimento às demandas do projeto se torna um dos fatores essenciais na tomada de decisão do empreendedor quanto à implantação da mina. Mudd (2008) e Castro *et al* (2010) destacam que uma questão estratégica de grande importância para todos os setores da indústria global de mineração é o uso e gestão dos recursos hídricos.

Nesse sentido, o presente trabalho apresenta o Sistema de Informações Geográficas desenvolvido como uma ferramenta de apoio ao gerenciamento de recursos hídricos de um projeto minerário localizado na bacia do rio Santo Antônio, em Minas Gerais. O rio Santo Antônio, apresentado na Figura 1, que nasce no município de Conceição do Mato Dentro e tem como principais formadores os rios do Peixe, Preto do Itambé, Guanhões e Tanque. O rio

Santo Antônio é um dos principais afluentes do rio Doce, desaguando na altura do município de Naque, ainda em Minas Gerais. Apresenta área de drenagem de 10.798 km² e em torno de 187.976 habitantes, distribuídos em 29 municípios, dos quais 20 têm a população rural maior que a urbana (IGAM, 2008).

De acordo com Christofolletti (1978), Politano (1992) e Pissarra (1998), a bacia hidrográfica tem sido utilizada como uma unidade geomorfológica fundamental, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Assim, vem sendo considerada uma unidade territorial ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais. O conceito de bacia hidrográfica foi o principal considerado no desenvolvimento do Sistema, de forma a avaliar e obter quaisquer informações de interesse para o gerenciamento dos recursos hídricos do empreendimento em nível de bacia.

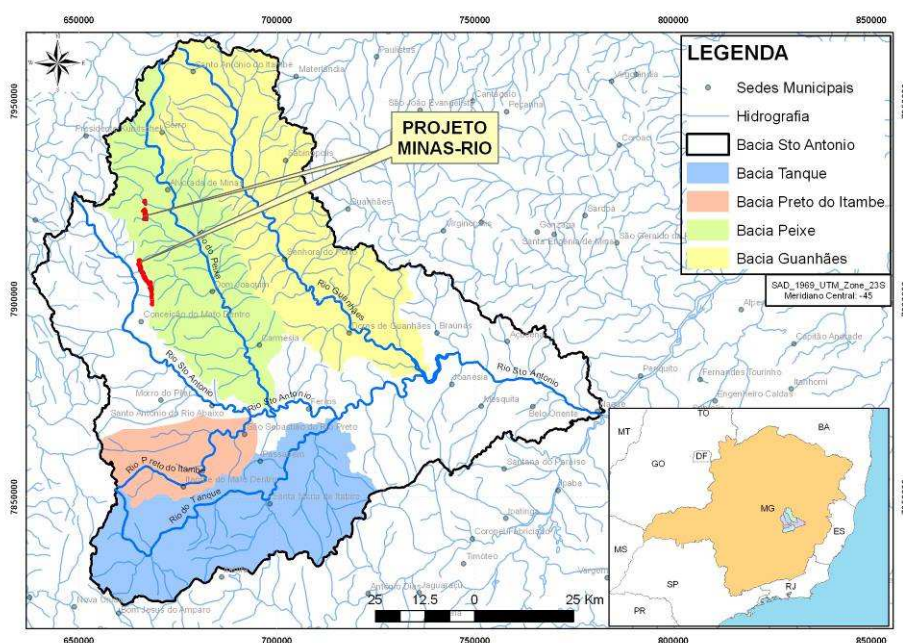


Figura 1: Bacia do rio Santo Antônio e projeto Minas-Rio

2. Metodologia de Trabalho

O desenvolvimento desse trabalho foi realizado em várias etapas, definidas de forma a atender ao objetivo final, que é um Sistema de Informações Geográficas para toda a bacia do rio Santo Antônio, com informações disponíveis à operação do empreendimento. Este item apresenta as diversas etapas de trabalho e suas principais atividades realizadas.

Para o início dos trabalhos, o primeiro momento tratou de um levantamento de requisitos que apontou as demandas dos usuários especialistas que serviu como norteador no desenvolvimento do sistema. O trabalho passou pelas etapas de montagem de uma base de dados espacial, desenvolvimento de um banco de dados espacial e desenvolvimento das ferramentas em ambiente SIG. Para suportar o funcionamento do sistema houve um investimento em infraestrutura, Figura 2, com a aquisição de hardware e softwares ArcGIS, MSSQL 2008, Geoserver e JBoss (Java).

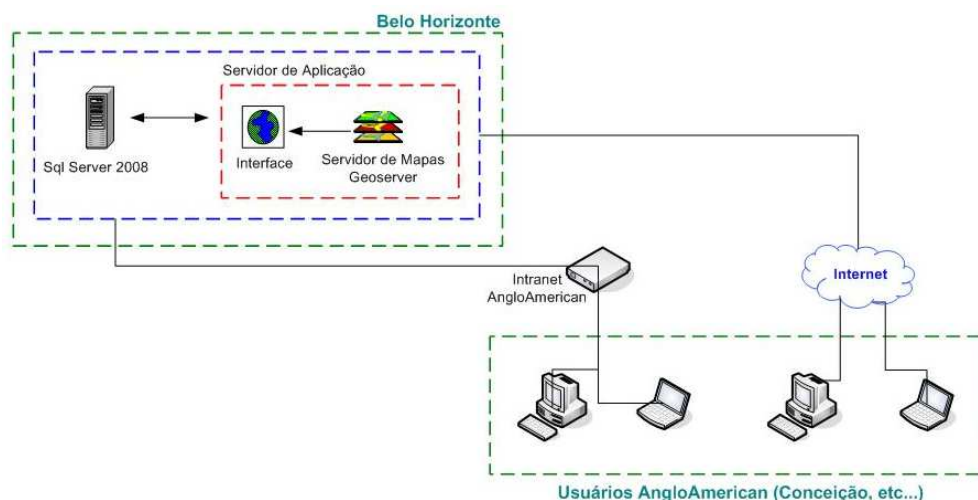


Figura 2: Infraestrutura instalada para o projeto

2.1 Montagem da base de dados espaciais

Esta etapa consistiu na montagem de uma base de dados composta por 55 camadas consideradas relevantes para o gerenciamento de recursos hídricos. Uma base de dados consistente garante a conformidade dos resultados obtidos. Por isso, as seguintes atividades foram realizadas para o desenvolvimento da base através dos seguintes passos:

- conversão de dados, integração, controle de qualidade e validação topológica, Figura 3;
- modelo digital de elevação (DEM) hidrológicamente correto;
- ortocodificação da bacia hidrográfica do rio Santo Antonio;

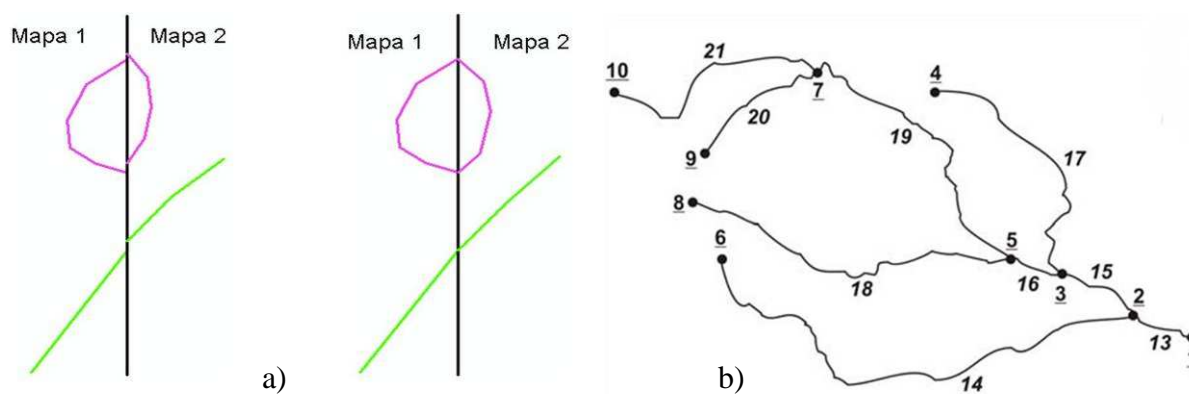


Figura 3: a) Consistência geoespacial de feições; b) Topologia hidrológica

2.3 Desenvolvimento de um banco de dados espacial

Este item consiste no desenvolvimento de um banco de dados geográficos a partir da base de dados previamente definida e tratada. Foi executado um processo de conversão e adaptação da base geográfica produzida em ambiente SIG para utilização em um banco de dados geográfico. O banco contém a inteligência do sistema e as regras de negócio necessárias para o acesso aos dados além de atributos de texto e numéricos compilados a partir de diversas fontes como Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) entre outros. Isso permite a distribuição das informações para diferentes plataformas, como por exemplo, ArcGIS ou Web.

Ainda nesse momento procedeu-se com o desenvolvimento de um processo para atualização da base de dados no Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) geográfico. Este processo é suportado por um *script* de importação de dados instalado na plataforma ArcGIS.

2.4 Desenvolvimento das ferramentas SIG

Em acordo com o levantamento de requisitos realizado, foram identificados dois diferentes grupos de usuários, sendo um formado pelo corpo técnico de especialistas e o outro formado pelo corpo gerencial do empreendimento, com demandas específicas. Assim, procedeu-se com o desenvolvimento de módulos independentes conforme mostrado abaixo:

2.4.1 Desenvolvimento sistema Desktop

Foi desenvolvida nesta etapa uma barra de ferramentas para integração ao software ArcGIS que permite o acesso ao banco de dados geográficos contendo as análises para gerenciamento de recursos hídricos. Essa barra de ferramentas permite o acesso a outras extensões do ArcView com o resultado das simulações produzidas pelo sistema de gerenciamento de recursos hídricos. Foi utilizada linguagem Dot Net para o desenvolvimento no ArcGIS.

Com a finalidade de automatizar a entrada de dados dos instrumentos de monitoramento de recursos hídricos coletados em campo, está sendo desenvolvida uma interface para equipamentos portáteis do tipo PDA (*Personal Digital Assistant*).

2.4.2 Desenvolvimento sistema Web

O módulo web é uma ferramenta de apoio, que realiza as funções de um sistema de apoio à decisão. Os dados referentes às funcionalidades do sistema são provenientes do banco de dados geográficos desenvolvido em etapa anterior.

O módulo é independente, permitindo a integração com outras fontes de dados e possibilita o acesso simultâneo de vários usuários uma vez que a sua plataforma de desenvolvimento (Java) não possui restrições de licença de uso.

3. Resultados e Discussão

A partir da base de dados espaciais consistida procedeu-se com a geração do modelo digital de elevação hidrologicamente correto que é por sua vez a base para a Ottocodificação da bacia hidrográfica, Figura 5.

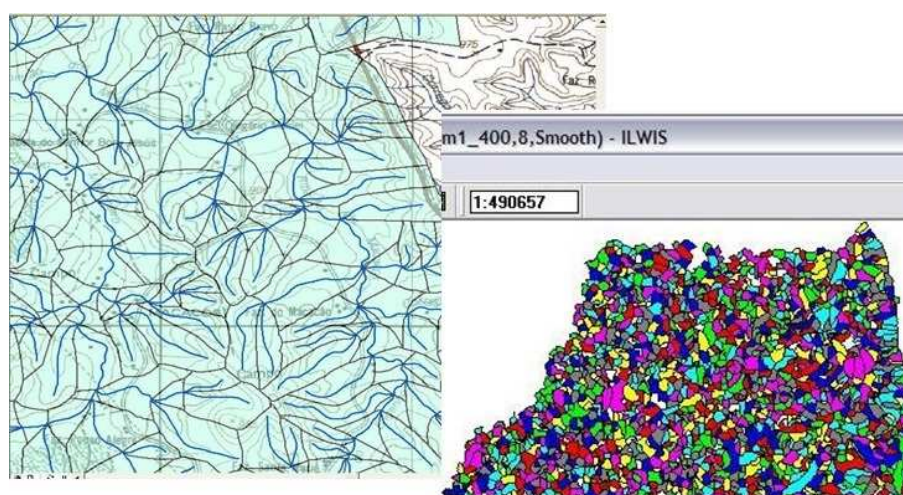


Figura 5: Ottocodificação da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio

Os dados compilados na fase de construção do banco de dados armazenados em uma única base garantem integridade e segurança aos dados além de conferir agilidade na pesquisa efetuada pelo usuário. Na Figura 6 pode-se ver todos os usuários de água cadastrados dentro dos limites da bacia.

O esforço despendido neste trabalho levando ao desenvolvimento de um sistema composto por diferentes módulos apoiados na base de dados única que permite o acesso direcionado para cada público alvo.

O primeiro módulo desenvolvido, Desktop, é voltado ao acesso dos usuários especialistas e tem um caráter operacional sendo este a principal ferramenta para a gestão dos recursos hídricos dentro do empreendimento. Funcionalidades específicas desenvolvidas permitem a simulação de cenários como o cálculo de disponibilidade hídrica, cálculo da regularização de vazão, simulação de impacto de captação a jusante de um ponto entre outras.

No desenvolvimento da interface PDA citada anteriormente, estão sendo contempladas funcionalidades que visam aumentar a confiabilidade dos dados coletados. Regras de validação aplicadas ao dado de entrada, a integração do equipamento com aparelho de GPS (*Global Position System*) e *scripts* de exportação e sincronização com o banco de dados geográficos tentam minimizar os erros ocorridos nas etapas de coleta, transcrição e digitalização dos dados coletados da forma convencional por meio de tabelas impressas.

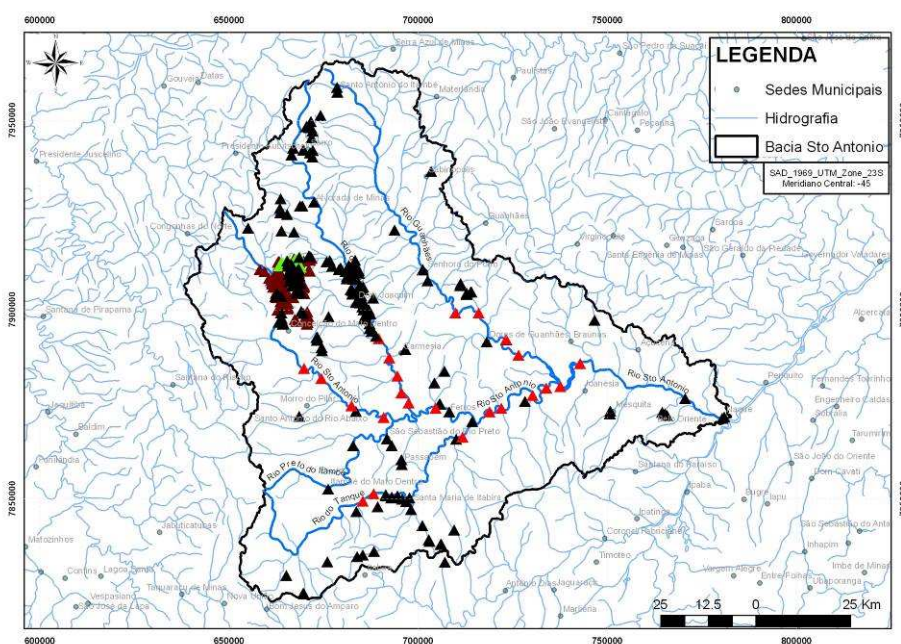


Figura 6: Dispersão dos usuários cadastrados na bacia do rio Santo Antônio

O segundo módulo desenvolvido, Web, tem como público alvo o corpo gerencial do empreendimento e desempenha papel importante como ferramenta de suporte a tomada de decisão a distância. A consulta de atributos relacionados a entidades representadas graficamente por meio de uma interface amigável agiliza o processo de aquisição de informações.

Na Figura 7 é mostrado o resultado de uma dessas aplicabilidades, onde foi executada uma consulta dos usuários de recursos hídricos cadastrados no banco de dados geográficos e filtrados conforme restrições impostas pelo usuário.

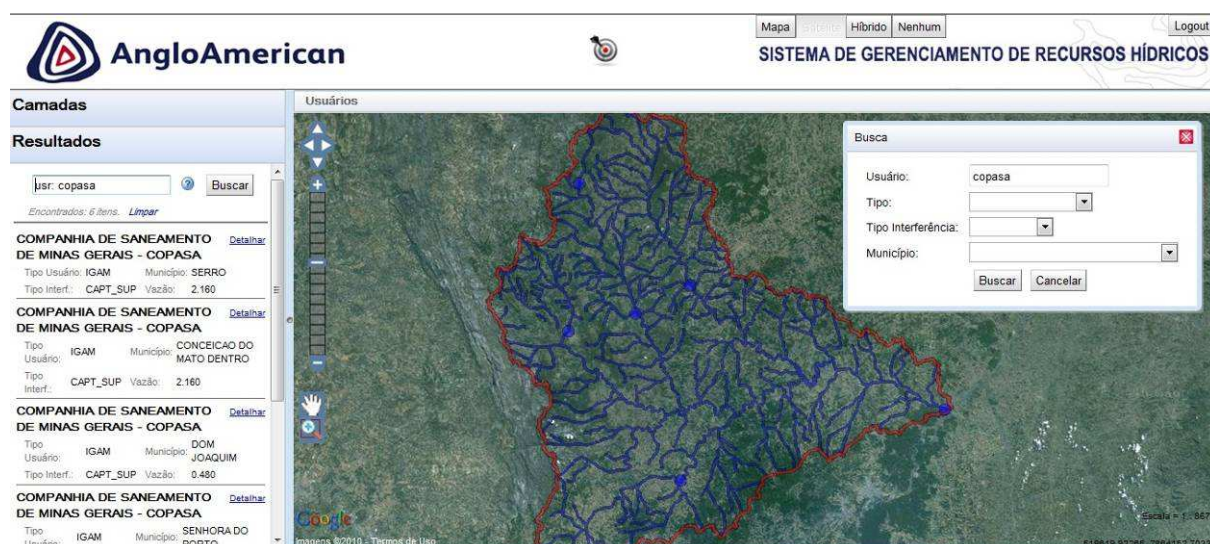


Figura 7: Interface do sistema web desenvolvido – detalhe de aplicabilidade: consulta de usuários de recursos hídricos

4. Conclusões

O presente artigo visou apresentar conceitos e resultados do desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas com o objetivo de suporte ao gerenciamento de recursos

hídricos de um grande empreendimento minerário. Considerando que o Sistema encontra-se em fase final de desenvolvimento, os resultados já obtidos indicam conclusões relevantes ao meio técnico e científico da área.

O uso de ferramentas de GIS para o gerenciamento de recursos hídricos se mostrou bastante eficiente para a espacialização e regionalização de todas as informações disponíveis para a bacia hidrográfica do rio Santo Antônio. Dessa forma, o Sistema desenvolvido permite apresentar as características gerais e as variáveis específicas relacionadas à hidrologia e hidrogeologia, bem como outros domínios da ciência, em qualquer ponto da bacia.

O uso do conceito de bacia hidrográfica como unidade de gestão se mostrou muito útil para a gestão do uso da água no empreendimento. Nesse sentido, a aplicação do balanço hídrico em nível de bacia hidrográfica leva o empreendedor a gerenciar melhor o seu uso e, com isso, utilizá-lo de forma sustentável, minimizando efeitos aos outros usos existentes ou previstos.

Finalmente, a atualização frequente das informações de monitoramento dos recursos hídricos em toda a bacia permite retroalimentar o Sistema e acompanhar a real eficácia do processo de gestão do empreendimento, considerando a garantia de disponibilidade hídrica para atendimento aos seus usos de água e de todos os outros usuários da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio.

5. Referências bibliográficas

Campos, N., Studart, T **Gestão das Águas: Princípios e Práticas**. Porto Alegre: ABRH, 2003. 242 p.

Castro, L. M. A. ; Cordeiro, J. R. C. ; Souza, A. K. P. ; Oliveira, G. P. C. . A Water Resources Management System as a tool to guarantee the water supply of an iron ore mining project in Brazil. In: International Mine Water Association 2010 Symposium, 2010, Sydney. Mine Water & Innovative Thinking. Sydney : CBU Press, 2010. v. 1. p. 35-38.

Christofoletti, A. **Morfologia de bacias de drenagem**. Not Geomorfol., 18:130-132, 1978.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=155&Itemid=140> Acesso em: 15 nov.2010.

Mudd G. M. Sustainability reporting and water resources: a preliminary assessment of embodied water and sustainable mining. *Mine Water environ* 27(3):136—144. 2008.

Pissarra, T. C. T. Avaliação quantitativa das características geomorfológicas de microbacias hidrográficas 1ª ordem de magnitude em quatro posições do sistema natural de drenagem. Jaboticabal. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, 1998. 124p.

Politano, W. - Estudo da adequabilidade do emprego de bacias hidrográficas de 3ª, 2ª, 1ª ordem de magnitude na análise morfométrica aplicada a solos. Jaboticabal. Tese de Livre-Docência. Universidade Estadual Paulista, 1992. 331p.