

ESTRUTURAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS DE ESPELEOLOGIA PARA SUPORTE À TOMADA DE DECISÕES

STRUCTURING OF A SPELEOLOGICAL DATABASE TO SUPPORT DECISION-MAKING

Ramon Nunes Araujo, Xavier Prous & Suellen Pereira Iraci

Vale.

Contatos: ramon.araujo@vale.com; xavier.prous@vale.com.

Resumo

Os trabalhos espeleológicos direcionados às análises de relevância das cavidades são multidisciplinares e geram um grande volume de informações, com inúmeras variáveis e diferentes estruturas e fontes. A utilização de bancos de dados integrados a softwares de Sistema de Informações Geográficas (SIG) possibilita uma análise combinada destas diferentes áreas de estudo e permite uma avaliação ampla sobre as relevâncias de cada cavidade, tanto em contexto local quanto regional. O objetivo deste trabalho é descrever as etapas envolvidas na construção de um banco de dados que otimizou a integração dos estudos multidisciplinares, contribuindo para um melhor entendimento sistêmico dos ambientes cavernícolas e da paisagem onde estão inseridos. O banco em questão foi elaborado pela Vale especificamente para agrupamento e análise dos dados espeleológicos, sendo um importante instrumento para a conciliação do uso dos recursos minerais com a conservação do patrimônio espeleológico.

Palavras-Chave: Banco de dados, Espeleologia, Sistema de Informação geográfica, Geoprocessamento.

Abstract

The cave Relevance Analysis studies are multidisciplinary and generate a large volume of information with many variables and different structures and sources. The use of database software integrated with Geographic Information System (GIS) allows a combined analysis of these different fields of study and allows a comprehensive assessment on the relevance of each cave, both in local and regional context. The aim of this paper is to describe the steps involved in building a database that has enhanced the integration of multidisciplinary studies, contributing to a better understanding of cave environments and landscapes. The database has been prepared specifically for cave data collection and analysis, being an important tool to planning the use of mineral resources with the conservation of caves and karst.

Key-words: Database, speleology, geographic information system, geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

Cavernas são formadas por diferentes processos em diferentes litologias e são parte de complexos sistemas hidrogeológicos denominados carste e pseudocarste. Em todo o mundo, as cavernas e as regiões onde estão inseridas têm diversos usos, como lazer, religioso, terapêutico, científico, econômico (turismo, extração de minério) dentre outros (Gunn 2005, Culver & White 2004). No Brasil, as cavernas estão normalmente associadas à litologias onde estão presentes alguns dos principais recursos minerais do país, como em áreas carbonáticas (ex. calcário, dolomito) e ferríferas (ex. laterita, canga) (Auler 2006; Figueiredo *et al.* 2010).

Apesar de contestada por alguns setores da sociedade, a manutenção e melhoria dos padrões de vida são inimagináveis atualmente sem a exploração dos recursos não renováveis (Nunes 2005).

Considerando a natureza intrínseca de exaustão dos recursos minerais, Enriquez (2007) destaca que a mineração pode ser considerada sustentável a partir do momento em que ela minimize seus impactos ambientais, mantendo certos níveis de proteção ambiental (por exemplo, com a criação de reservas ambientais) e de qualidade ambiental, e garantindo o bem-estar das gerações futuras a partir do uso sustentável da renda gerada pela atividade extrativista. Já segundo Goodland (1995) a sustentabilidade ambiental está diretamente ligada à sustentabilidade social e econômica e o uso dos recursos naturais não renováveis deve ser considerado ambientalmente justo quando as taxas de desenvolvimento sociais e econômicas são diretamente proporcionais às taxas de desenvolvimento de recursos renováveis.

Uma vez que o uso dos recursos minerais ainda é uma demanda básica da humanidade, a

busca de um equilíbrio na relação “desenvolvimento social e econômico” e “uso sustentável do recurso” é objetivo comum a toda a sociedade (Sánchez 2007; Figueiredo *et al.* 2010). Neste sentido, o Estado deve atuar na busca por este equilíbrio através de seus órgãos ambientais, na elaboração de legislações específicas e na fiscalização da atuação dos setores minerais sobre o patrimônio espeleológico.

Atualmente a legislação que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional é o decreto N° 6.640, de 7 de novembro de 2008, o qual determina que as cavidades naturais sejam classificadas de acordo com seu grau de relevância:

"Art. 2º A cavidade natural subterrânea será classificada de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local."

Segundo a Instrução Normativa do Ministério do Meio ambiente n°2, de 20 de agosto de 2009, os trabalhos de Análise de Relevância devem ser feitos por equipes interdisciplinares, exigindo uma integração dos dados das diferentes áreas de estudo:

"Art. 15. Os estudos espeleológicos devem ser realizados por equipes interdisciplinares contendo, pelo menos:

IV - Processamento e integração de dados e informações;..."

Trabalhos espeleológico multidisciplinares direcionados às análises de relevância das cavidades geram um grande volume de informações, com inúmeras variáveis, e diferentes estruturas e fontes. Como o próprio Artigo 2º do decreto N° 6.640 descreve, as análises devem abordar, ao menos, os aspectos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos. Estudos multidisciplinares como este demandam uma estrutura que permita armazenar e integrar dados com diferentes características e com grande variabilidade no espaço e no tempo (Lyubartsev *et al.* 2004, Malzone 2009).

A utilização de bancos de dados integrados a softwares de Sistema de Informações Geográficas (SIG) possibilita uma análise combinada destas diferentes áreas de estudo e permite uma avaliação ampla sobre as relevâncias de cada cavidade, tanto

em contexto local quanto regional. Serve ainda como instrumento na tomada de decisões e orientação às políticas públicas a cerca do uso de regiões com potencial espeleológico (Simões & Crósta 2008).

Com o objetivo de otimizar a integração dos estudos multidisciplinares, contribuindo para um melhor entendimento sistêmico dos ambientes cavernícolas, a Vale construiu uma banco de dados espeleológicos. Assim, o objetivo deste trabalho é descrever as etapas envolvidas na construção deste banco de dados, bem como discutir as funcionalidades de uma plataforma deste porte em relação à tomada de decisões.

2. METODOLOGIA

O objetivo final do Banco de Dados é viabilizar uma análise integrada das informações referentes ao patrimônio espeleológico como um todo. No entanto, para início das atividades de planejamento do Banco de Dados, buscou-se um alinhamento com a atual demanda da legislação espeleológica brasileira. A Instrução Normativa n° 2/2009 estabelece a metodologia para a classificação da relevância das cavidades naturais subterrâneas a partir da análise de uma série de atributos físicos, biológicos e sociais. A partir da análise destes atributos foi possível definir um conteúdo mínimo necessário para os estudos de relevância. Dessa forma, o trabalho foi desenvolvido segundo as etapas descritas abaixo.

Padronização da coleta dos dados e dos formulários do sistema

Lobo e colaboradores (2007) apontam a falta de padronização na abordagem em campo por parte de diferentes equipes como ponto fraco em estudos espeleológicos amplos. Por isso, a integração de dados multidisciplinares exige que as informações sejam obtidas e disponibilizadas em formatos que permitam o diálogo entre si. Assim, a primeira etapa do processo de desenvolvimento do sistema foi a padronização das fichas para obtenção e registro dos dados obtidos nos trabalhos em campo, permitindo a integração destes dados e geração de informações. A partir da análise de dados históricos e da legislação atual observa-se que os estudos espeleológicos concentram-se principalmente nas áreas de: Prospecção, Geoespeleologia (incluindo hidrogeologia), Topografia, Bioespeleologia e Histórico-cultural (Lobo *et al.* 2007, Schimith *et al.* 2007). Desta forma, os dados coletados e as

informações obtidas com os estudos contidos nestas etapas, suportaram a modelagem inicial do banco de dados.

Concepção do banco de dados

Pereira (2004), explica que um banco de dados é um conjunto de dados relacionados, e um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) é uma coleção de ferramentas e programas que permitem aos usuários a criação e manutenção do próprio banco de dados. Desta forma, projetar o banco de dados é uma das tarefas mais importantes do desenvolvimento de um sistema de informação, afirmam (Lisboa Filho, 2000)

Existem dois tipos de banco de dados com características distintas. Quando os dados a serem geridos possuem características espaciais, ou seja, possuem propriedades que descrevem sua localização no espaço, é necessário utilizar o banco de dados geográficos, entretanto, quando os dados não possuem informações espaciais, pode-se utilizar o banco de dados comum.

Devido à complexidade das informações e ao grande volume e variedade de dados de uma cavidade, a definição do tipo de banco de dados e SGBD a serem utilizados foi uma decisão de grande importância para o projeto. O desenvolvimento do sistema foi feito por etapas e foi necessária uma arquitetura apta para expansão e adequações para atenderem a realidade do negócio e as mudanças da legislação. Além disso, a integração com sistemas de informação geográfica (SIG) sempre foram objetivos do sistema.

Dessa forma, definiu-se que seria utilizado um banco de dados comum e um SGBD SQL Server. Mesmo não optando por um banco de dados geográfico especificamente nesse momento, a versão SQL Server utilizada (2008) poderá integrar com atributos geográficos e poderá ser migrada para uma estrutura de banco de dados geográficos nas próximas fases. Segundo Lourenço (2008), o SQL Server 2008, assim como o Oracle Spatial e o PostGIS, também dispõe de um aplicativo para carga de grande volume de dados geográficos, que se chama Shape2sql. Esse aplicativo possui interface gráfica, se tornando mais simples para o usuário, além do processo ser muito mais rápido, pois com uma única ação executa-se a carga dos dados no banco.

Desenvolvimento do sistema

Com o aumento dos trabalhos de campo advindo da necessidade de se conhecer o patrimônio espeleológico das áreas de operação da Vale, surgiu a demanda pela criação de um banco de dados para se armazenar os dados de campo de forma rápida, segura e que suporte análises integradas. Pereira (2004) diz que praticidade, eficiência, rapidez na consulta e confiabilidade das informações foram os fatores principais que levaram ao desenvolvimento dos Bancos de Dados computadorizados.

Após viabilizar o desenvolvimento do banco de dados, foi definido que o método utilizando para concepção do projeto seria o “método ágil Scrum”. Este método de desenvolvimento de software possibilita uma maior flexibilidade para alterações no caso de uma possível mudança na legislação atual, ou em função da solicitação de inserção de alguma variável que não tenha sido definida no momento da implantação. Segundo Schwaber (2002), este método tem como objetivo definir um processo para projeto e desenvolvimento de software orientado a objeto, que seja focado nas pessoas e que seja indicado para ambientes em que os requisitos surgem e mudam rapidamente.

A definição das funcionalidades do sistema foi obtida por consultas aos especialistas de campo pelo método de reuniões individuais e em grupo, onde foi elaborado um esboço das necessidades prioritárias a serem contempladas na primeira versão do banco de dados (Figura 1). Uma vez que a prioridade seria o registro das informações obtidas em campo, o desenvolvimento foi focado em cadastro web e exportação em formato de planilha.

Após o levantamento, cada funcionalidade do sistema foi detalhada e as regras de negócio foram criadas. Em banco de dados, segundo Alvarenga (2007), as regras de negócio expressam como a coleção de informações são estruturadas, em termos de relacionamento e armazenamento, assim como os meios que acessam essas informações.

Uma vez definida as regras de negócio, o sistema foi estruturado com uma tela inicial com a restrição de usuário e senha para acessar o sistema (Figura 2).

Após acesso ao sistema, o banco apresenta os módulos “Cavidades”, “Administração”, “Exportação” e “Consultas”. O módulo “Cavidades” possui todos os cadastros de prospecção e análise de relevância e serão preenchidos via web pelas equipes de campo (Figura 3).

O módulo “*Administração*” é utilizado para cadastro de empresa, usuários e projetos. Nesse módulo, a hierarquização dos níveis de permissão

são definidos como forma de garantir a segurança das informações dos dados dos projetos (Figura 4).

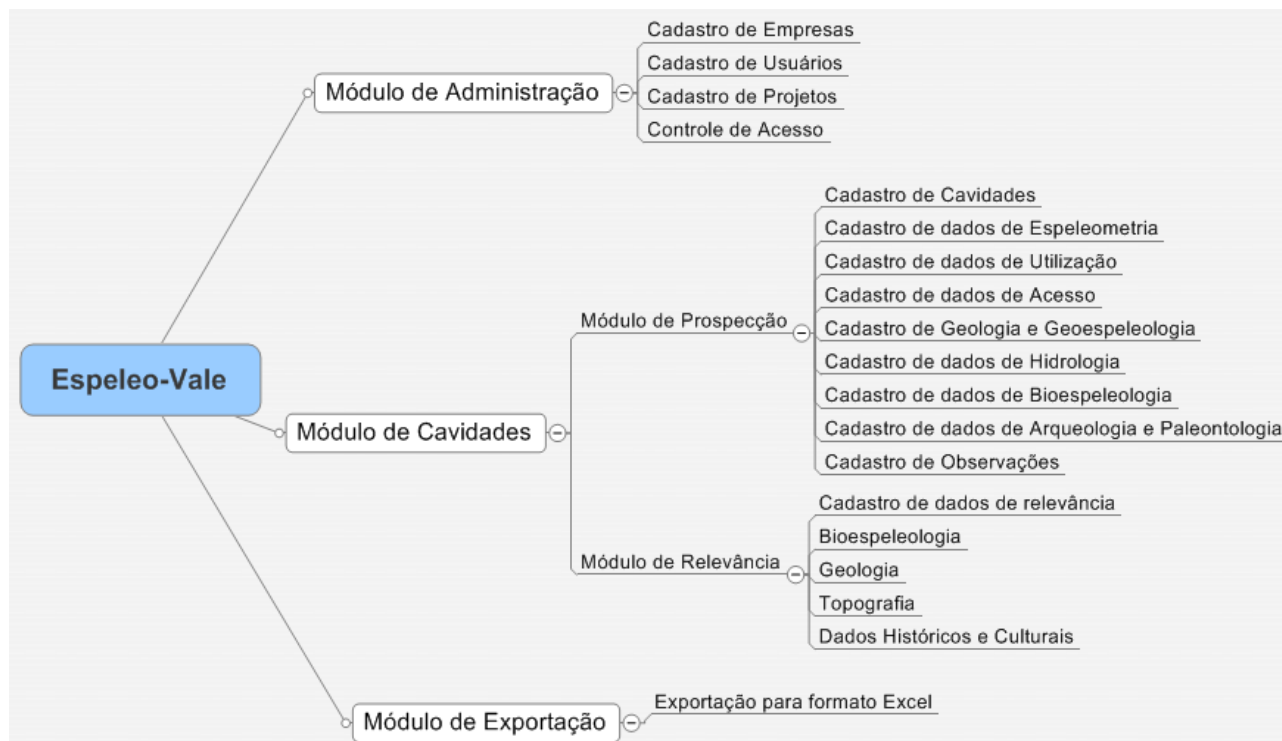


Figura 1: Esboço das necessidades prioritárias a serem contempladas na primeira versão do banco de dados, obtidas através das reuniões com especialistas onde foi concluído que a prioridade seria cadastro via web e exportação para planilha em formato popular.



Figura 2: Tela inicial do sistema. O log-in feito através de “Usuário” e “Senha” garante acesso restrito a usuários cadastrados no sistema e proporciona maior segurança das informações baseados na hierarquização dos níveis de acesso.



Figura 3: Tela de cadastro de prospecção e análise de relevância que são acessados via web e contemplam todas as etapas de estudos.



Figura 4: Tela de cadastro administrativo do banco de dados, onde as empresas, usuários e projetos são cadastrados como forma de padronizar as entradas e garantir a segurança de acesso aos dados.

O módulo “*Exportação*” foi criado para proporcionar a integração das informações do banco de dados em um formato universal, que permita ser utilizado pela maioria dos softwares. Para isso, o Banco de Dados permite a exportação em planilhas editáveis em softwares que permitem gerar subprodutos em função de análises específicas à cada especialidade.

O módulo “*Consulta*” foi criado em função de facilitar a análise integrada sobre perguntas que geralmente são feitas por mais de um usuário e que poderiam ser automatizadas, como quantidade de cavidades, em quantas foram feitos estudos de relevância, qual a classificação de relevância da cavidade e qual foi o fator que classificou a cavidade, dentre outras.

Integração com o Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Segundo Castro (1996), o SIG visa fundamentalmente responder a questões de

planejamento à partir de informações geográficas. Tem como objetivos adquirir, armazenar, combinar, analisar e recuperar informações codificadas espacialmente. Os SIG’s permitem realizar análises complexas, ao integrar dados do mundo real, obtidos de diversas fontes em diferentes formatos, criando Banco de dados georreferenciados (bancos de dados geográficos). (Medeiros 1999).

Os trabalhos espeleológicos envolvem um grande volume de informações geográficas multidisciplinares. Dessa forma, para se garantir uma análise integrada de todos os dados, responder perguntas de formas rápidas e emergenciais, o banco foi concebido para se integrar ao SIG utilizando inicialmente um módulo exportação.

Dessa forma, o presente banco de dados garantirá que as informações alfanuméricas sejam cadastradas e atualizadas e o SIG como um sistema de integração permite uma visão integrada das informações do banco com informações espaciais como geologia, planialtimetria, imagens de satélite, dentre outras (Figura 5).

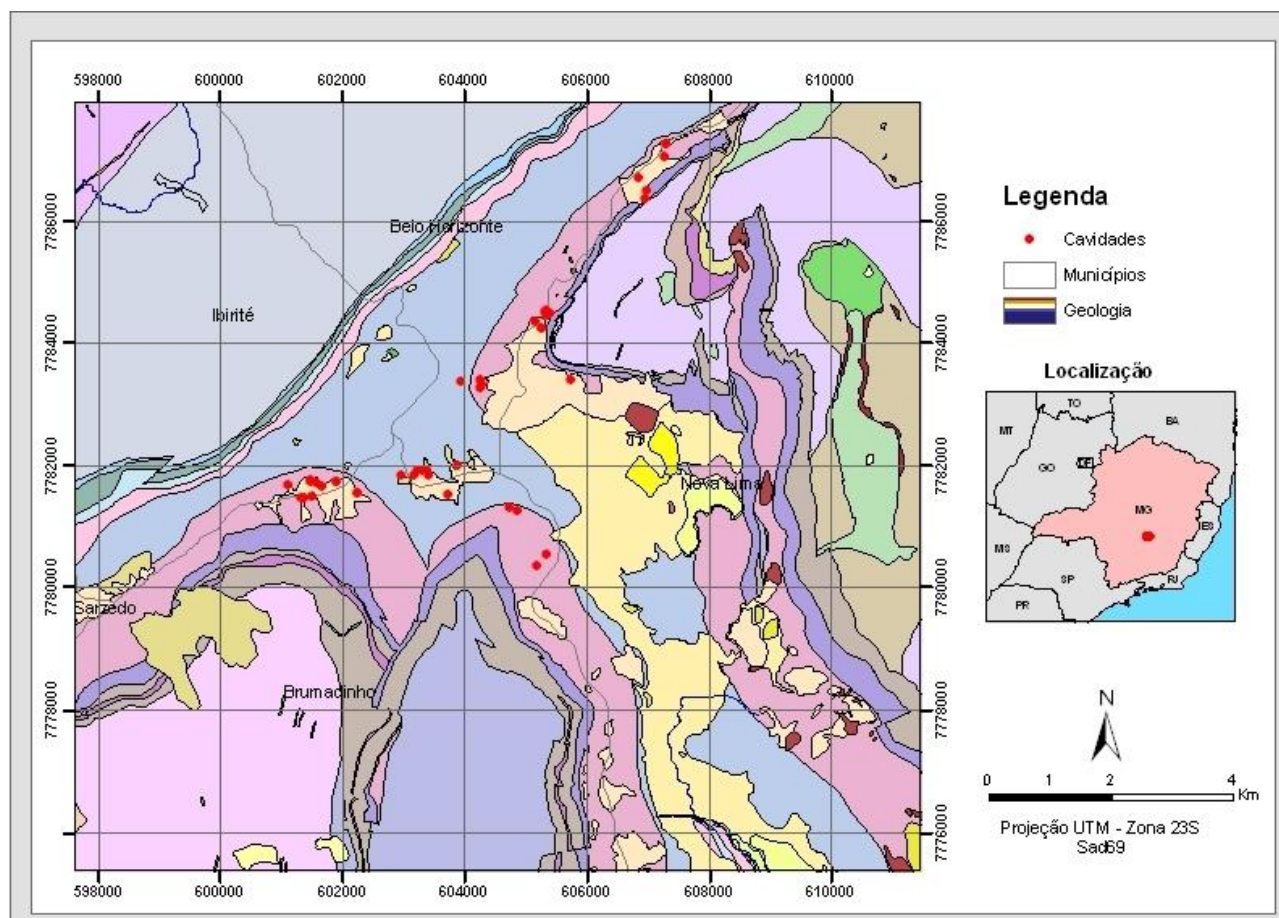


Figura 5: Integração do banco de dados com SIG, no caso, para uma análise da ocorrência de cavidades em função do tipo litológico.

Araújo (2004) afirma que para a caracterização dos SIG's é importante mencionar a sua inter-relação com a Cartografia, Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) e Sensoriamento Remoto (SR). Existe hoje no mercado uma grande variedade de softwares de SIG que se propõem a desempenhar estas funções unificadamente. Porém, ainda é comum a utilização de diferentes softwares, com funções específicas, procurando um melhor desempenho para execução de cada função. Por este motivo, as aplicações de SIG possuem funções de importação e exportação para os principais formatos gerados por estes softwares.

Segundo Simões e Crósta (2005), a integração de dados vetoriais e cadastrais, possibilita a confecção de mapas temáticos vindos de análises multidisciplinares, o que torna o SIG uma ferramenta diferenciada por proporcionar análises com saídas em mapas digitais. Ribeiro e Barbosa (2009) destacam que o uso do SIG em estudos espeleológicos facilita o acesso à informação, permitindo uma visualização rápida e didática, integrada a outras bases como imagens de satélite, caminhamentos, hidrografia, pontos de apoio, dentre outras.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos multidisciplinares realizados para a Análise de Relevância das cavidades vêm se mostrando um dos grandes colaboradores na geração de conhecimento, ainda muito limitado, sobre as paisagens pseudocársticas do Brasil, em especial das paisagens associadas a litologias ferríferas. O banco de dados viabiliza uma análise multidisciplinar e integrada dos dados adquiridos pelos estudos espeleológicos de campo, bem como o planejamento de estratégias para conciliação do uso

dos recursos minerais com a conservação do patrimônio espeleológico.

A integração dos dados em um repositório centralizado, reduzindo custos com o controle de dados, e a facilidade de integração com os sistemas de informação geográfica permite o entendimento da situação territorial dos projetos e do seu entorno. Uma vez visualizados de forma integrada em uma única tela, garantem que a tomada de decisão ou planejamento sejam colocados em prática levando em consideração também os aspectos regionais e não apenas locais.

Vale ressaltar que o banco de dados, para ser eficiente, deve ser abastecido pelas equipes de campo e o preenchimento via internet, utilizando listas padronizadas e telas de fácil navegação. Isso torna o processo mais ágil, reduzindo o tempo entre a observação da ocorrência de campo e os cadastros, além de facilitar o treinamento das equipes de campo quanto ao uso da ferramenta. É importante ressaltar que as discussões da equipe quanto à padronização dos campos presentes no banco e como os mesmos se relacionariam entre si proporcionaram um nivelamento do conhecimento espeleológico e das etapas de desenvolvimento de sistemas, uma vez que várias discussões foram feitas até que se chegasse a um consenso.

Dessa forma, a melhoria da forma de cadastro, a automatização de relatórios das classificações por critérios determinísticos e as facilidades de integração com o SIG servirá de suporte a futuros estudos de relevância de forma a sustentar revisões nos padrões atuais de classificação e preservação de cavidades naturais, promovendo possíveis ganhos nas estimativas de reservas minerais de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, G.G. 2007. *Uma Abordagem para Tratamento de Regras de Negócio em Sistemas de Informação*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás. 149 pp.
- ARAÚJO, Ramon Nunes. 2004. *Mapeamento da cobertura do solo utilizando imagem Spot*. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geoprocessamento do Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. 35 pp
- CASTRO, J.F.M. 1996. *Princípios de cartografia sistemática, cartografia temática e sistema de informação geográfica (SIG)*. Rio Claro: UNESP – IGCE, 40 p.

- ENRÍQUEZ, M.A.R.S. 2007. Mineração e desenvolvimento sustentável - É possível conciliar?. *Anais do VII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica* - Fortaleza (CE) – 2007.
- FIGUEIREDO, L.A.V.; RASTEIRO, M.A. & RODRIGUES, P.C. 2010. Legislação para a proteção do patrimônio espeleológico brasileiro: mudanças, conflitos e o papel da sociedade civil. *Espeleo-Tema*, 21(1): 49-65.
- GOODLAND, R. 1995. The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26: 1-24.
- GUNN J (2005) *Encyclopedia of caves and karst science*. Taylor & Francis Books Inc, New York
- LISBOA FILHO, J.; LOCHUPE, C.; HASENACK, H.; WEBER, E.J. 2000. *Modelagem conceitual de banco de dados geográficos: o estudo de caso do projeto PADCT/CIAMB*. In: Centro de Ecologia/UFRGS. Carvão e Meio Ambiente. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 18 p.
- LOBO, H.A.S.; FILHO, W.S.; LOURENÇÃO, M.L.F.; ZAGO, S.; SOUSA, B.P.C; *et al.* 2007. Proposta de metodologia de levantamento espeleológico para planos de manejo em unidades de conservação da natureza. *Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia*, Ouro Preto.
- LOURENÇO, P.M.B. 2008. *Um estudo sobre recursos de tratamento de dados espaciais em SGBDs Geográficos*. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geoprocessamento do Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. 71 pp
- LYUBARTSEV, V.G.; VLADYMYROV, V.L. & MYROSHNYCHENKO, V.V. 2004. Multidisciplinary marine environmental database for the Aral Sea. *Journal of Marine Systems* 47: 3-9.
- MALZONE, C. 2009. A multidisciplinary data integration, analysis and visualization solution. Overcoming the integration of multi-variant, multisource data through confusion. *Sea Technol.* 50(2): 27-32
- MEDEIROS, J.S. 1999. *Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território*. Tese apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. 218 pp.
- NUNES, P. H. F. 2005. *Meio Ambiente & Mineração - O desenvolvimento sustentável*. Juruá Editora. 241 pp.
- PEREIRA, W.A. *Fundamentos de Banco de dados*. 1. ed. São Paulo: ÉRICA, 2004. 382 pp.
- SÁNCHEZ, L.E. *Mineração e meio ambiente*. In: FERNANDES, F.R.C.; MATOS, G.M.M. de; CASTILHOS, Z.C.; LUZ, A.B. (ed.). *Tendências tecnológicas Brasil 2015: geociências e tecnologia mineral*. Rio de Janeiro: SGB/CPRM/CETEM/MCT, 2007.
- SCHWABER, K.; BEEDLE, M. *Agile Software Development with SCRUM*. Prentice Hall, 2002.
- SIMÕES, P.R. & CRÓSTA, A.P. Aplicação de SIG e Sensoriamento Remoto em levantamentos espeleológicos de áreas cársticas. *Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Espeleologia* (2005), Campinas, SP. pp. 116 a 119.