

Utilização de imagem de alta resolução espacial para suporte à gestão ambiental de atividades de perfuração de poço de petróleo em área com ocorrência de cavernas no município de Felipe Guerra, Rio Grande do Norte

Orildo Lima e Silva¹
Pedro Xavier Neto¹
Silmara Campos¹

¹ PETROBRAS / E&P / UO-RNCE / Gerência de Exploração
Av Eusébio Rocha, 1000, 59070-660, Natal, Brasil
{orildo, pedroxavier, silmara}@petrobras.com.br

Abstract: High spatial resolution satellites images have instigated the interest of different person and fields of scientific knowledge due to their detailed imagery and practicality in the process of acquisition and commercial competition with other products such as those produced by aerial photogrammetry. These conditions, associated to a greater demand for spatial information, have motivated PETROBRAS to adopt this technological solution to solve the demands of environmental management, becoming the basis of operational planning. This work presents the results of a project developed on the city of Felipe Guerra, Rio Grande do Norte, in which a QuickBird satellite image was used to define the best strategy to installation and drilling of a well to petroleum exploration. The well was located next to Lajedo da Carlinha or Lajedo do Rosário place, characterized by a karst system on the Late Cretaceous limestones of Jandaíra formation. More than 70 caves and dolines were mapped by ICMBIO researcher's, in this region. Then, Quickbird images integration with a Geographical Database permitted maps elaboration with three alternative locations to positioning the well. This practice associated with other technological strategies provided a support to the environmental management to the petroleum exploration activities in this area.

Palavras-chave: high resolution images, Quick-bird, caves, petroleum exploration, environmental management.

1. Introdução

A geração de dados obtidos por sensores remotos tem se intensificado desde a década de 60, beneficiando os mais diversos ramos das ciências, sendo amplamente utilizados para análise de vegetação, relevo, geologia, solos, catástrofes naturais, expansão urbana, oceanos e mudanças climáticas globais (CLAYTON, 1995).

Satélites com sensores de alta resolução foram desenvolvidos pela engenharia militar. Somente “a partir da década de 90 foi iniciada a utilização de satélites privados para uso comercial dos produtos e, em 1999, foi colocado em órbita o *IKONOS*, primeiro satélite com resolução espacial de 1 metro. As imagens chegaram a uma escala de 1:3600, e revolucionaram tudo o que se conhecia até então. Em outubro de 2001, foi lançado o satélite *QUICKBIRD*, o primeiro com resolução espacial submétrica (60 cm) e uma escala máxima de 1:1700” (REIG,2006).

A utilização de imagens orbitais de alta resolução espacial tem provocado o interesse de diferentes intérpretes e campos do conhecimento científico, considerando as vantagens obtidas a partir do imageamento detalhado, da praticidade no processo de aquisição e competição comercial com relação a outros produtos como aqueles gerados a partir de fotografias aéreas. Estas características, associadas à grande demanda por informações espaciais, motivou a PETROBRAS a adotar esta solução tecnológica para dar suporte às demandas necessárias à adequada gestão ambiental de seus empreendimentos, embasando o planejamento operacional de suas atividades de Exploração e Produção de petróleo (E&P) na Bacia Potiguar.

As imagens orbitais de alta resolução, bem como os demais produtos gerados por sensoriamento remoto, aumentam seu valor agregado, quando utilizadas associadas aos

sistemas de informações georreferenciadas, “sistemas computacionais que permitem armazenar e integrar informações geográficas de diferentes fontes e escalas, desde que tais informações estejam georreferenciadas” (FLORENZANO, 2002). Esse processo é conhecido como geoprocessamento (MOREIRA, 2003).

Até alguns anos atrás, os mapas e a integração de informações contidas neles e em outros documentos eram feitos manualmente. “Hoje, com a disponibilidade dos sistemas de informações geográficas (*Geographic Information Systems – GIS*), tanto a produção de cartas e mapas como a integração de informações tornaram-se automatizadas” e com os avanços tecnológicos alcançados pela informática, principalmente com os eventos da Internet e das redes corporativas, tais informações estão disponíveis a cada dia com maior rapidez ao usuário, e em seu computador de trabalho (OLIVEIRA, 2008 e 2009).

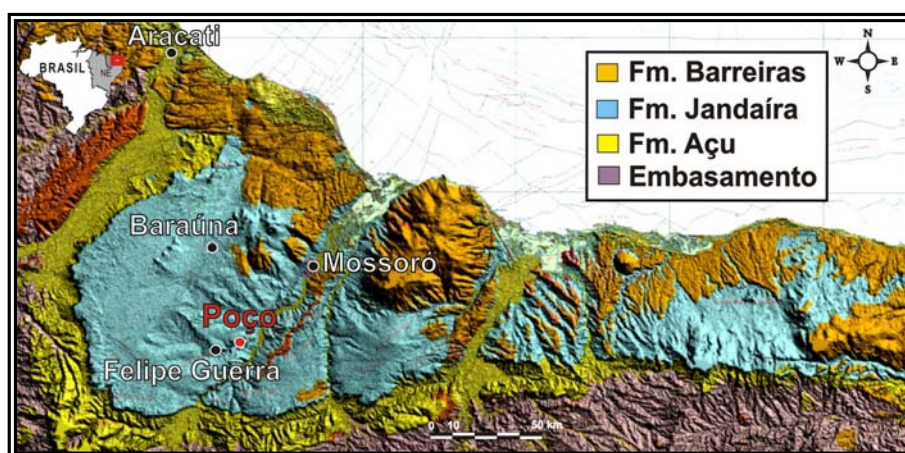
É desta forma, “através da utilização de um sistema de informações geográficas, que tomadores de decisão têm uma visão mais clara da realidade, dados são consistentemente atualizados, compartilhados e a duplicação de esforços pode ser evitada” (TOMLINSON, 2003).

A interpretação de imagens orbitais de alta resolução vem sendo utilizada com sucesso para os mais diversos fins, principalmente para geração de mapas e atualização cartográfica em escalas de detalhe, tanto em áreas urbanas (FARINA et al., 2007) como em áreas rurais (PINHEIRO e KUX, 2003).

Na Bacia Potiguar, a interpretação de imagens orbitais de alta resolução com apoio de sistemas de informações geográficas tem se mostrado uma excelente ferramenta para gestão eficaz das atividades de E&P, com otimização de custos e diminuição de conflitos por interferências superficiais, especialmente quando se atua junto a pequenas propriedades, notadamente os projetos de assentamentos rurais (LIMA E SILVA et al., 2007).

No estudo do caso em questão, a integração das imagens orbitais de alta resolução com uma base de dados georreferenciados, subsidiou a adoção das demais estratégias de gestão, bem como a utilização de alternativas técnicas diferenciadas.

Inicialmente, o posicionamento da locação do poço foi definido próximo ao Lajedo da Carlinha, também conhecido como Lajedo do Rosário, no município de Felipe Guerra (Figura 1), onde já haviam sido estudadas mais de 70 cavernas e abrigos, pelos espeleólogos do Centro de Estudos, Manejo e Conservação de Cavernas do Instituto Chico Mendes de Proteção à Biodiversidade (CECAV-RN / IBAMA, 2008).



Fonte: CENPES/PDEXP/GEOTEC

Figura 1. Modelo Digital de Terreno para a Bacia Potiguar emersa mostrando a ampla distribuição da plataforma carbonática da Formação Jandaíra e a localização geográfica aproximada do poço.

A área onde hoje se encontra o Lajedo da Carlinha, à época da deposição da Formação Jandaíra, constituía-se em uma região costeira dominada por uma dinâmica de marés que deixaram impressas nas rochas que afloram no lajedo estruturas sedimentares associadas a canais e barras de maré sigmoidais (Figura 2).

A formação Jandaíra representa “a mais extensa área de afloramento de carbonatos fanerozóicos do Brasil. Depositados entre o Meso-turoniano e o Eocampaniano, essas rochas calcárias constituem uma rampa carbonática que aflora praticamente em toda a porção emersa da Bacia Potiguar, tendo sido submetida, durante e após sua deposição, a diversos episódios de soerguimento provocando exposição subaérea e erosão que resultaram em intensa carstificação” (XAVIER NETO et al., 2008).

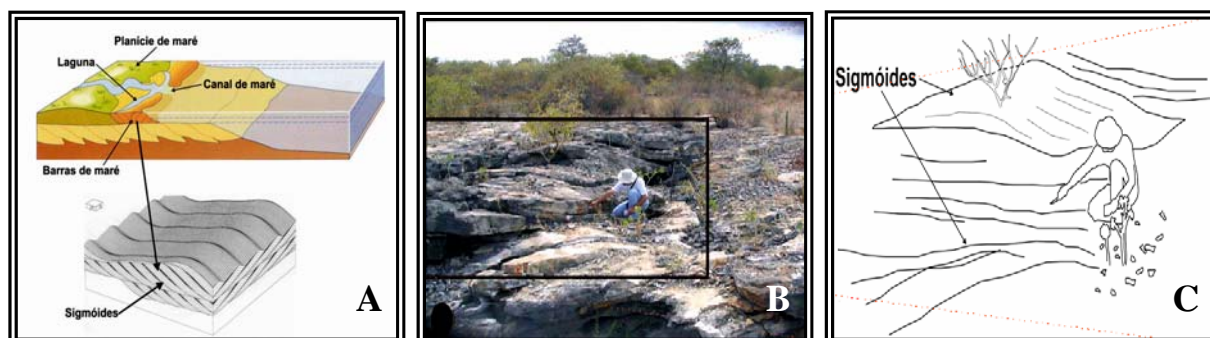


Figura 2. Modelo deposicional da Formação Jandaíra: plataforma carbonática com planícies, lagunas, canais e barras de maré (A), estas últimas com geometria sigmoidal (B e C).

As feições observadas na área do Lajedo da Carlinha evidenciam que a mesma foi submetida a condições propícias para o desenvolvimento de cavernas e de estruturas de dissolução, uma vez que suas rochas foram soerguidas e fraturadas por esforços tectônicos, que criaram as condições hidrodinâmicas favoráveis para a implantação de uma proeminente carstificação. As estruturas sedimentares impressas durante a deposição constituem planos de fraqueza, favorecendo o trabalho de dissolução pela água. Em geral, as cavernas se desenvolvem ao longo dos planos de fraturas. Entretanto, é perceptível em afloramento, que o desenvolvimento da morfologia das cavernas e das feições de dissolução, também ocorre acompanhando as estruturas deposicionais relictas que constituem planos de deslocamento da rocha (Figura 3 - XAVIER NETO e LIMA E SILVA, 2007).

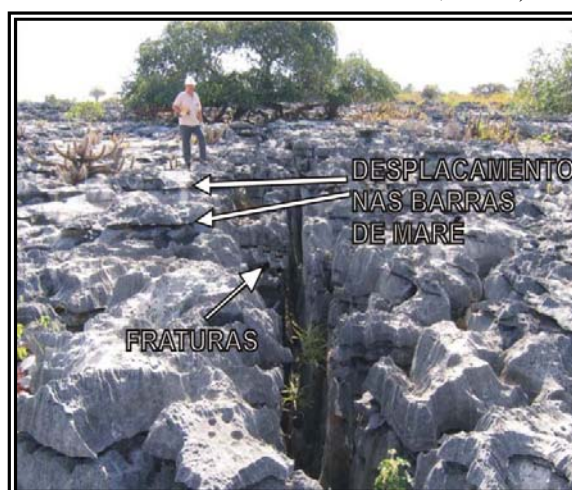


Figura 3 – Afloramentos da Formação Jandaíra no lajedo da Carlinha, mostrando o desenvolvimento da dissolução condicionada por fraturas verticais e pelo deslocamento sub-horizontal associado às estruturas sedimentares relictas.

2. Metodologia de Trabalho

Para uma adequada gestão ambiental das atividades de E&P relativas ao poço exploratório foram adotadas quatro estratégias técnicas de gestão.

A primeira estratégia foi a integração da base de dados cartográficos da PETROBRAS com a base de dados georreferenciados do CECAV-RN. Tais informações foram então sobrepostas às imagens de alta resolução do satélite *Quickbird* com apoio do software *Microstation*, sendo efetuadas medições da distância entre o poço e as cavernas mais próximas, para verificação do afastamento existente e sua adequação ao limite de 250 metros estabelecido na legislação (Resolução CONAMA 347/2004).

A segunda ação estratégica foi a execução de vistoria de campo e a discussão técnica prévia com a equipe do CECAV-RN sobre as medidas de caráter preventivo a serem adotadas em prol da conservação do patrimônio espeleológico da região. Através do levantamento de campo, determinaram-se, in-loco, as principais feições cársticas da área, selecionando-se a área ideal para a aquisição de dados com GPR. As duas cavernas mais próximas da locação denominam-se Gruta ou Túnel das Pérolas e Caverna da Carrapateira (Figura 4).



Figura 4 – Caverna da Carrapateira: (A) visão panorâmica da entrada principal e (B) feição de dissolução do tipo canal erosivo interno característico do desenvolvimento das cavernas da região.

A terceira ação estratégica consistiu da análise do substrato rochoso na área da locação através de levantamento geofísico raso (GPR), para verificação de um potencial prolongamento das cavidades sob a área proposta para a locação e avaliação dos riscos de colapso para os equipamentos da sonda de perfuração.

A quarta estratégia adotada visou eliminar a possibilidade de perda de circulação de fluidos de perfuração, que pudessem alcançar o interior das cavernas causando danos ao patrimônio espeleológico e à fauna cavernícola. Para tanto, foi solicitado à equipe de engenharia de perfuração um projeto de poço que utilizasse na primeira fase a sonda roto-pneumática.

3. Resultados e Discussão

A integração da base de dados cartográficos da PETROBRAS e da base de dados georreferenciados do CECAV-RN com imagens de alta resolução do satélite *Quick-bird* e apoio de softwares apropriados, permitiu a execução de medições das distâncias entre o poço e as cavernas mais próximas, para verificação do afastamento existente e sua adequação ao limite de 250 metros estabelecido na legislação vigente à época.

Esse procedimento permitiu a definição de três alternativas locais para o posicionamento da base e acesso rodoviário ao poço (traçado amarelo - Figuras 5, 6 e 7).

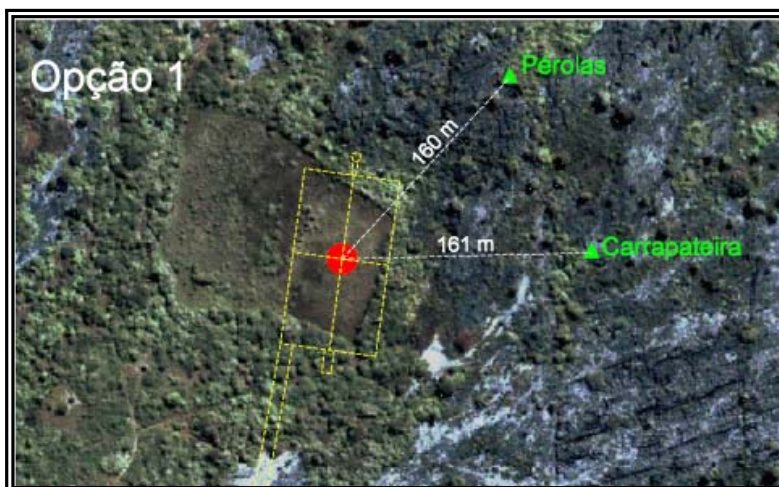


Figura 5 - OPÇÃO 1: base posicionada a 160 m da Gruta das Pérolas e 161m da Caverna da Carrapateira.

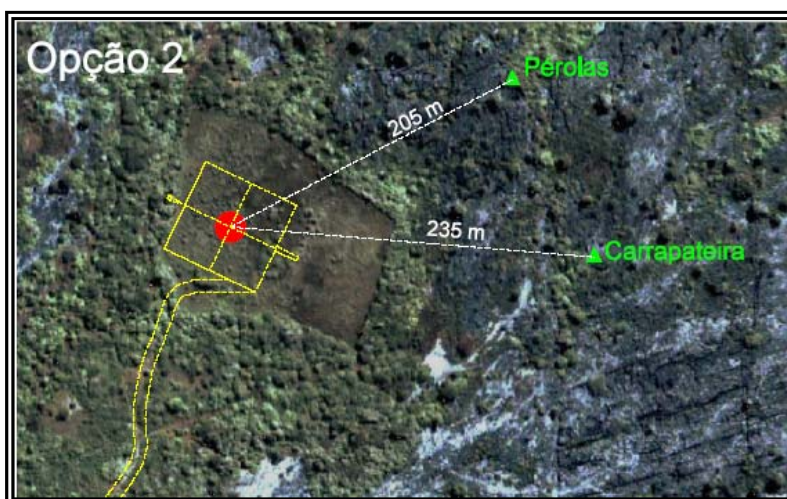


Figura 6 - OPÇÃO 2: base posicionada a 205 m da Gruta das Pérolas e 235m da Caverna da Carrapateira.

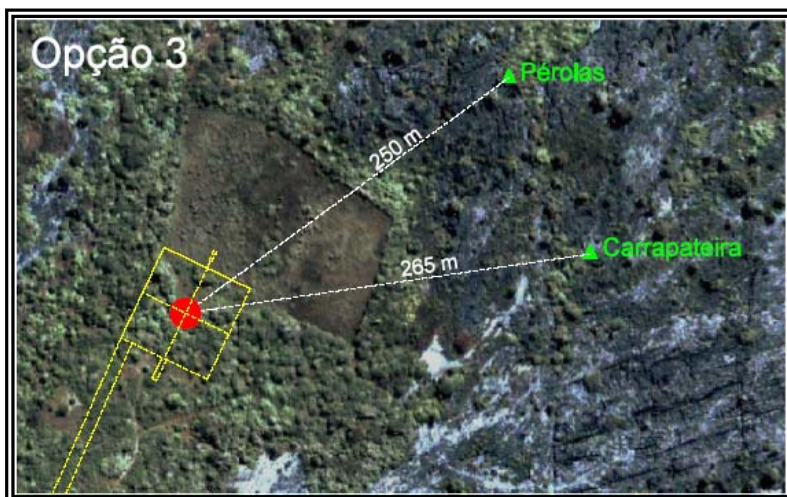


Figura 7 - OPÇÃO 3: base posicionada a 250 m da Gruta das Pérolas e 265m da Caverna da Carrapateira.

A *OPÇÃO 1* consistiu da proposição original da equipe de interpretação exploratória e além de estar muito próxima das cavernas, causaria impacto à vegetação e aos lajedos adjacentes. Com a execução do levantamento GPR, constatou-se também que a mesma ficaria sujeita a alagamentos no período chuvoso. A *OPÇÃO 2* foi considerada, inicialmente, o ponto ideal para construção da base para a sonda de perfuração. Utilizando-se a técnica de interpretação visual da imagem (MOREIRA, 2003), passou-se a considerar a possibilidade de aproveitamento de uma área já previamente desmatada por atividades agropecuárias. Porém, a localização do poço nesta área ainda sobrepunha-se ao limite legal de 250 metros estabelecido pela legislação vigente. Para atendimento aos requisitos legais, foi definida a *OPÇÃO 3*, porém a efetivação da mesma, implicaria no desmatamento de cerca 0,5 hectares para construção da base e o aterramento de uma pequena drenagem intermitente, juntamente com a área de preservação permanente associada.

Após a vistoria de campo, foi dada continuidade à discussão técnica com a equipe de espeleólogos do CECAV-RN, sendo estabelecidas as medidas de caráter preventivo a serem adotadas para que se pudesse definir a *OPÇÃO 2*, como alternativa locacional mais sustentável para a instalação e desenvolvimento do empreendimento. Também foi recomendada a utilização de uma sonda de perfuração convencional que ocupasse uma área de base menor que 0,5 hectares e a utilização de acessos viários já existentes, identificados na imagem de satélite, como medidas mitigadoras.

Fator relevante para a adoção da *OPÇÃO 2* foi a avaliação do substrato rochoso na área da locação através de levantamento geofísico raso (GPR), que verificou a ausência de prolongamento das cavidades sob a área proposta para a locação, e determinou o reposicionamento da base em um ponto com menor risco de colapso por influência das fraturas e dissoluções intra-acamamento apontadas pela geofísica em área sem risco de alagamentos sazonais. O detalhamento técnico dos resultados obtidos no levantamento com GPR encontra-se em XAVIER NETO e LIMA E SILVA (2007).

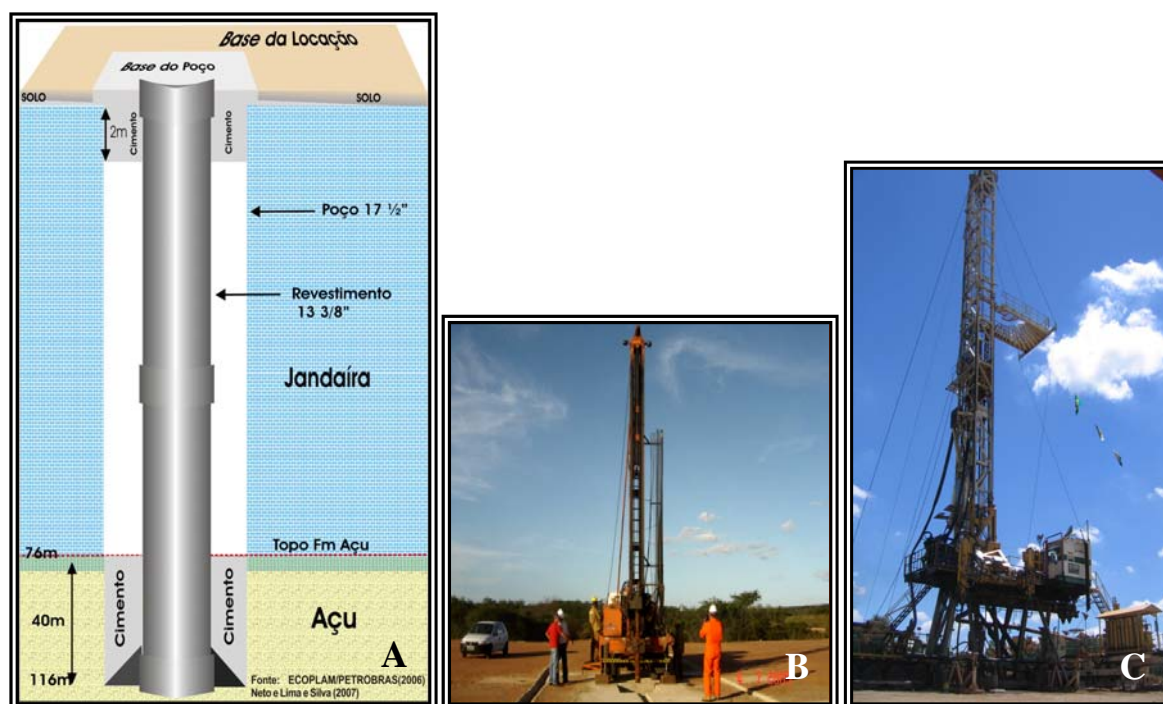


Figura 8 – Projeto de poço alternativo (A) para perfuração da Fase I - calcários fraturados da Formação Jandaíra - utilizando a sonda roto-pneumática (B), eliminando a utilização de fluidos de perfuração e os riscos de perda de circulação. Sonda convencional utilizada para perfuração das Fases II e III – arenitos e folhelhos (C).

Finalmente eliminou-se o uso de fluidos de perfuração e a possibilidade de perda de circulação, que pudesse alcançar o interior das cavernas causando danos ao patrimônio espeleológico e à fauna cavernícola. Para tanto, a equipe de engenharia de perfuração elaborou um projeto de poço que utilizou na primeira fase – rochas calcárias - a sonda roto-pneumática. Com esse projeto, o revestimento de aço da Fase I foi assentado e cimentado 40 metros dentro da Formação Açú. Com os carbonatos da Formação Jandaíra isolados prosseguiu-se a perfuração do poço com sonda convencional (Figura 8).

4. Conclusões

A integração de imagens orbitais de alta resolução com uma base de dados georreferenciados, bem como a utilização de alternativas técnicas diferenciadas para um projeto de perfuração de um poço exploratório para petróleo e gás, em área com ocorrência de cavernas no entorno da locação, mostrou ser um fator determinante para a adequada gestão ambiental do empreendimento.

Através das estratégias e metodologias adotadas, que serviram de base ao estudo ambiental prévio, foi possível demonstrar aos órgãos licenciadores a viabilidade e sustentabilidade das atividades de E&P propostas para uma área caracterizada por alta sensibilidade ambiental, obtendo-se as licenças e anuência necessárias junto aos Órgãos Ambientais competentes para perfuração do poço, em conformidade com a legislação vigente.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos à PETROBRAS pela autorização para divulgação desse trabalho e ao CECAV-RN pelo fornecimento dos dados georreferenciados relativos às cavernas do lajedo do Rosário; ao geólogo Guilherme Gontijo pela revisão crítica do texto; às colegas Tânia Maria Barbosa Leocádio, Monick Mayara Cardozo e às estagiárias Karina Carvalho e Kelly Cunha, pelo apoio no georreferenciamento das imagens e sua integração com as bases de dados geográficos, formatação do texto e edição das figuras.

Referências Bibliográficas

- CECAV-RN/ IBAMA. Diagnóstico Espeleológico do RN. Natal: 2008. CD-ROM, 78p.
- CLAYTON, K. The Land from Space. In: O'Riordan, T. (Org.) **Environmental Science for Environmental Management**. 1a. Edição . London, Ed. Longman Scientific & Technical, 1995. Cap.11, p. 198-222.
- FARINA, F.C., AHLERT, S., DURANTI, R.R., SILVA, T.P.da e LIBARDI, C. Utilização de imagem de alta resolução espacial para o mapeamento do município de Monte Belo do Sul, RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis, Brasil. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 515-521. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.14>> Acesso em: 09.mar.2010.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. 1a. ed. São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2002. 318p.
- LIMA E SILVA, O., NOGUEIRA, M.L.da S., NOGUEIRA, R.N. e PAIVA, S.de O. Gestão de Projetos de E&P e Adequação do Uso e Ocupação do Solo. In: Seminário de Gestão da UN-RNCE, 2007, Mossoró, Brasil. **Anais...**Natal, 2007. CD-ROM.

LIMA E SILVA, O., XAVIER NETO, P. e CAMPOS, S. Atividade de perfuração exploratória em áreas com ocorrência de cavernas na Bacia Potiguar: estratégias e alternativas técnicas para uma Gestão Ambiental adequada. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 45, 2010, Belém, Brasil. **Anais...** Sessão Técnica de Geoespeleologia, SBG, 2010. CD-ROM.

MOREIRA, M.A. Interpretação Visual de Imagens Orbitais. In: MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2a. Edição - Revista e Ampliada. Viçosa, Editora UFV, 2003. Cap.14, p. 231-247.

OLIVEIRA, E. F. GeoWeb: os novos rumos da internet. **InfoGEO**, Curitiba, Ano 10, 53: 26-29, Maio-Junho. 2008.

OLIVEIRA, E. F. “De olho na Terra: 1001 utilidades das imagens de satélite” **InfoGEO**, Curitiba, Ano 10, 57: 24-28, Julho. 2009.

PINHEIRO, E.da S. e KUX, H.J.H, Uso de imagens *Quickbird* para o mapeamento de um setor da mata atlântica no RS: estudo de caso, CPCN Pró-mata. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte, Brasil. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 293-296. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.13.11.04>>. Acesso em: 16 set. 2010.

REIG, C. G. Imágenes satelitales de alta resolución. **InfoGEO**, Curitiba, Año 2, 3 : 20-22, Enero-Marzo. 2006.

TOMLINSON, R.F, **Thinking About GIS: geographic information system planning for managers**. 1st. Edition. Redlands – Esri Press, 2003. 307p.

XAVIER NETO, P. e LIMA E SILVA, O., Utilização de GPR na investigação do substrato cárstico da locação do poço Varginha Oeste, Bacia Potiguar: um fator determinante na exequibilidade do projeto. In: International Congress of the Brazilian Geophysical Society, 20, Rio de Janeiro, **Anais...**SBGf, 2007, CD-ROM.

XAVIER NETO, P., BEZERRA, F.H.R., SILVA, C.C.N.da e CRUZ, J.B. O condicionamento estrutural do carste Jandaíra e da espeleogênese associada pela tectônica pós-campaniana da Bacia Potiguar. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 44, Curitiba, **Anais...** SBG, 2008, CD-ROM.