

Altern.	Mapas e as Operações Algébrica envolvidos em cada Critério										
1	Dist. Aerod.	+	Dist. Rodo.	+	Dist. APPs	+	Dist. PLD				
2	Dist. Aerod.	+	Dist. Rodo.	+	Dist. PLD	*	APPs TM				
3	Dist. Aerod.	+	Dist. Rodo.	+	Dist. PLD	*	APPs TM	*	Dist. 500 m Est.		
4	Dist. Aerod.	+	Dist. Rodo.	+	Dist. PLD	+	Dist. Povo.	*	APPs TM	*	Dist. 500 m Est.

Tabela 18 – Operações Algébricas com os Mapas

5. RESULTADOS

5.1. RESULTADOS COM RELAÇÃO AO MEIO AMBIENTE

Ao fazermos o mapeamento dos topos de morros e montanhas da Área de Estudo verificamos que algumas estações de rádio (com torres e antenas) estão ocupando essas áreas, inclusive a estação de CJA, mostrada em detalhe nas Figuras 42 e 43, que foi selecionada para o radioenlace com a estação da SE PLD. Observamos também que nesta região as APPs de topo de morros e montanhas estão concentradas entre as estações de PLD e BVT (em Campina Grande), ou seja, região de maiores altitudes que inviabilizam qualquer tentativa de visadas diretas entre estas estações, necessitando da instalação de pelo menos uma estação repetidora entre elas.

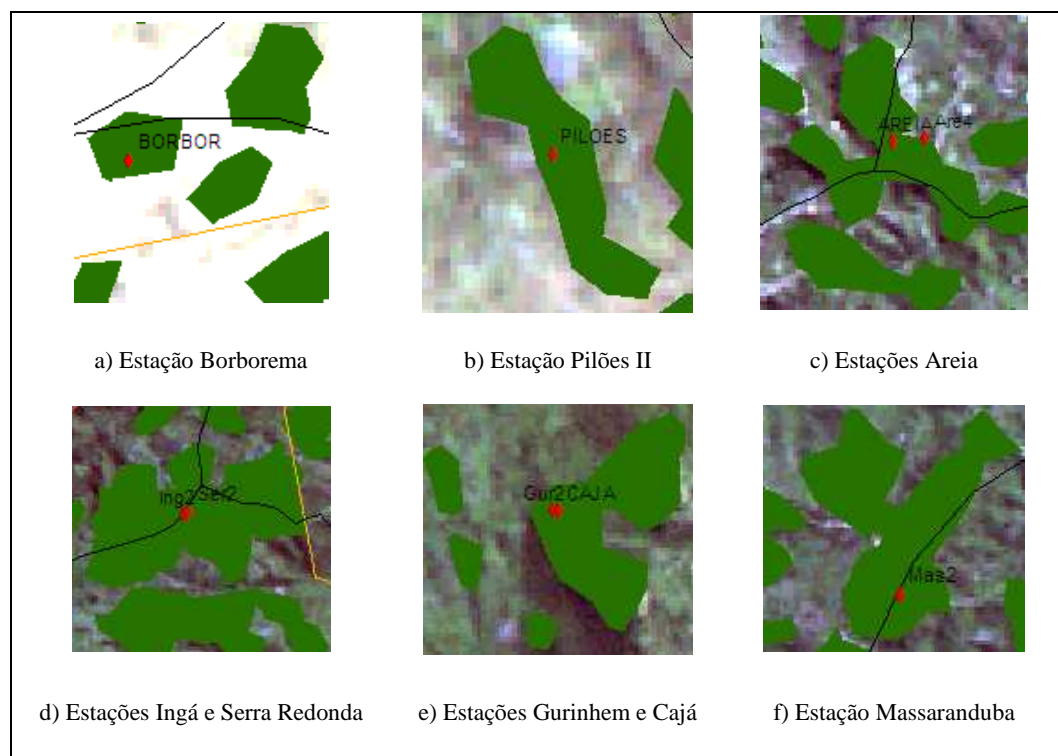


Figura 42 – Estações Ocupando APPs de Topo de Morros e Montanhas

5.2. RESULTADOS CONSIDERANDO A INFRAESTRUTURA

A existência de infraestrutura de rodovias, água, energia e telefonia nas proximidades do local onde será instalada a nova estação de rádio, facilita e reduz bastante o custo dessa instalação, como também durante a operação e manutenção da estação. A Figura 43 mostra que nas proximidades da estação de Cajá existem rodovias e está próximo a um povoado, onde devem existir pelo menos água e energia elétrica. Nesta figura observamos que, com exceção das áreas de exclusão, ou seja, APPs Topo de Morro (símbolo preto) e do afastamento de 500 m da estação existente, existem uma grande área com pontuação entre 45,1 e 52, indicando ser bastante viável, do ponto de vista ambiental e de infraestrutura, a instalação de uma estação de rádio.

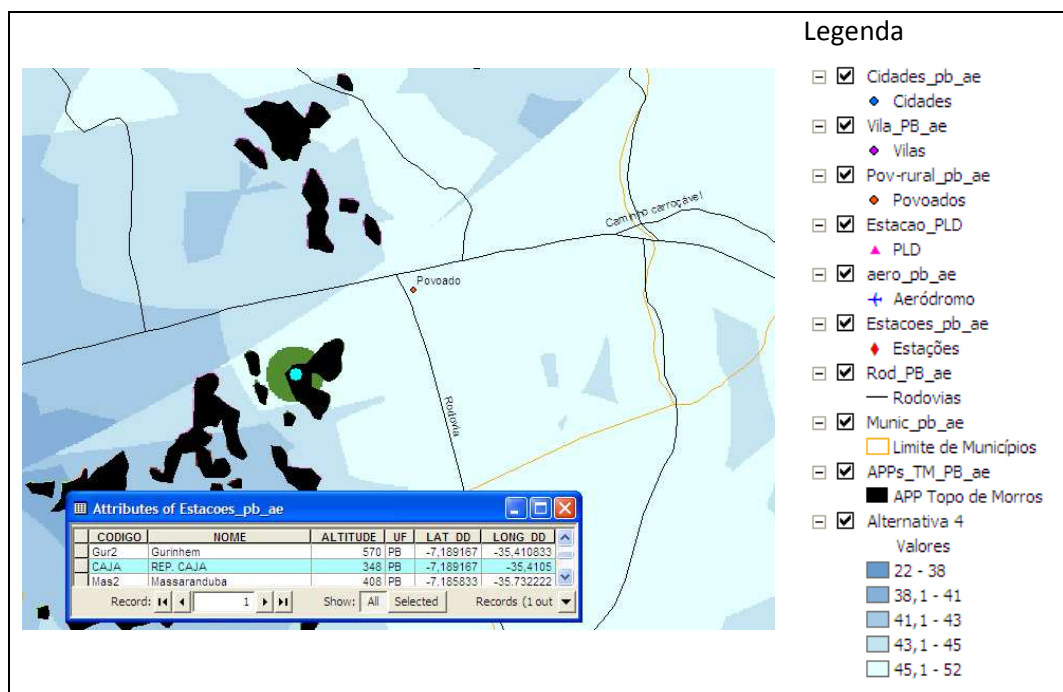


Figura 43 – Estação de Cajá e as Infraestruturas Próximas

5.3. RESULTADOS COM EMBASAMENTOS TÉCNICOS

Com a seleção das áreas com maior viabilidade de instalação de estações de rádio, do ponto de vista ambiental e de infraestrutura, iniciamos a análise técnica verificando as visadas diretas entre as estações dos radioenlaces ou rotas em questão, que no nosso estudo se resume no enlace entre a nova subestação de Pilões II e uma das estações ou subestação da CHESF existente na região (Tabela 14). A Tabela 19 mostra as rotas propostas para estudo apresentadas no Relatório de Estudo Preliminar de Campo apresentado pela empresa WNI do Brasil para o atendimento à subestação de Pilões (27/08/2009).

Rota	Estação Terminal A	Estação(ões) Repetidoras	Estação Terminal B
1	SE PLD	Rep. Cajá e SE Bela Vista	SE CGD
2	SE PLD	Rep. Areia e Rep. Santo Antônio	SE CGD
3	SE PLD	Rep. Serra da Raiz e Rep. Monte da Gameleira	SE STD
4	SE PLD	Rep. Cajá e Rep. Quati	SE GNN
5	SE PLD	Rep. Cajá e Rep. Quati	SE MRD
6	SE PLD	Rep. Santo Antônio	SE CGD
7	SE PLD	Rep. Areia e Rep. e Cuités de Cima	SE CGD
8	SE PLD	Rep. Areia e Rep. e Puxinanã	SE CGD

Tabela 19 – Rotas do Relatório de Estudo Preliminar de Campo (MAKINO,2009)

Como as estações de Serra da Raiz (SRZ) e Monte da Gameleira estão desativadas a rota 3 não será estudada. As rotas 2, 6, 7 e 8 possuem repetidoras que não são da CHESF e necessitariam de maiores investimentos. Ficamos apenas com as rotas 1, 4 e 5 que tem a repetidora de Cajá (CJA) como a estação de fechamento do enlace para a nova subestação de Pilões II (PLD). Também faremos uma verificação à viabilidade de uma visada direta entre PLD e BVT.

As alturas das torres existentes nas estações de CJA e BVT são respectivamente 70 e 40 m, ficando a de PLD a ser definida durante o estudo, mas limitando a 130 m. Devido a Estação BVT está dentro do limite de 45 km do Aeródromo a altura máxima da sua antena é em torno dos 68 m ($\text{Altitude}_{\text{BVT}} + \text{Altura Torre}_{\text{BVT}} < \text{Altitude}_{\text{Aero}} + 145 \text{ m}$, ou seja, $574 + 70 < 502 + 145$, logo $644 < 647$). Devido a necessidade de instalação de um suporte da antena (polimonte), bem como uma plataforma para a manutenção da antena, sinalizador e para-raios, geralmente a antena fica a 2 m abaixo do topo da torre.

Utilizando a ferramenta “*Line of Sight*” do ArcGIS[®] podemos simular o perfil entre as estações do radioenlace, e verificar se há ou não obstáculos para as diversas posições (alturas) de fixação das antenas nas suas torres.

Para o enlace entre PLD e CJA foi gerada uma visada direta (Figura 44) com as alturas das antenas iguais a do Relatório da WNI do Brasil (Figura 45), mas no gráfico do perfil da visada do ArcGIS[®] foi observado a existência de um obstáculo (Figura 44) entre as duas antenas, então alterou-se a altura da antena de PLD de 49 para 65 m, para obtermos uma visada direta sem obstáculos (Figura 46).

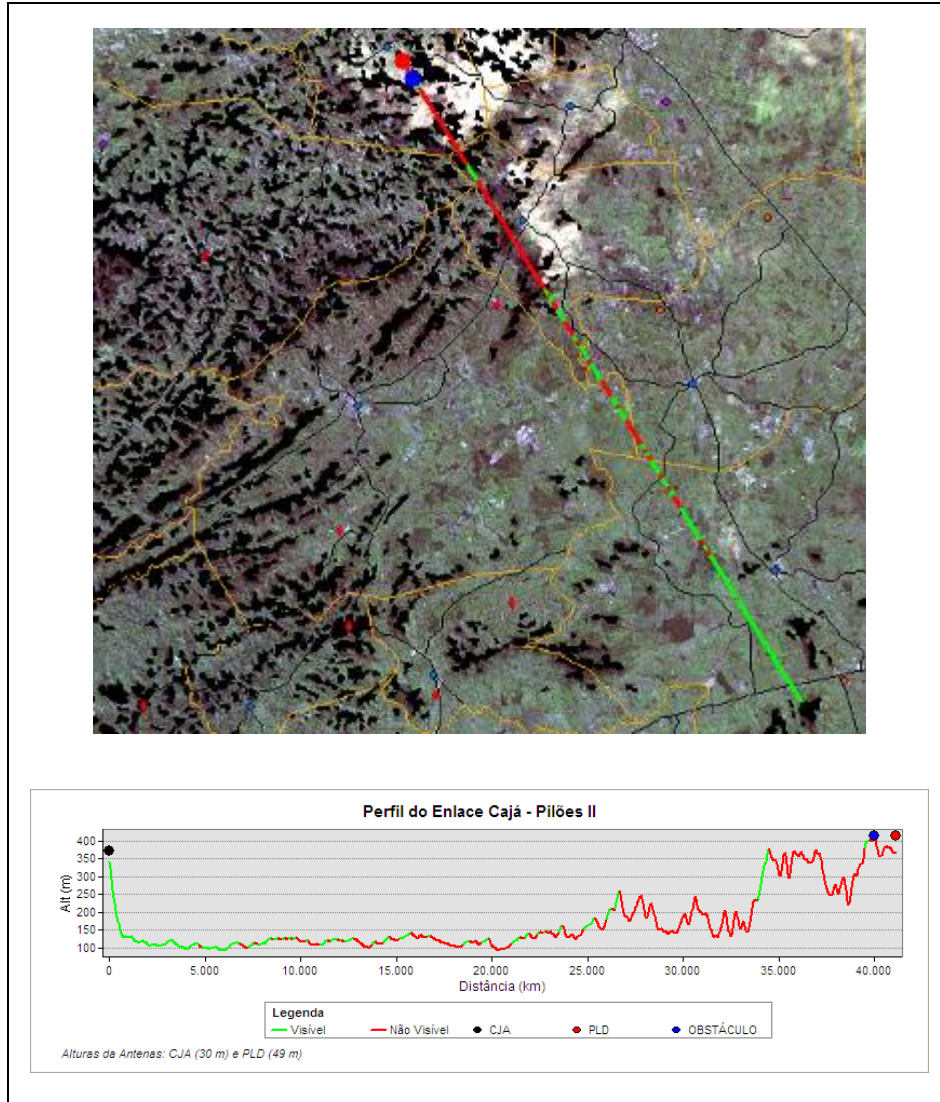


Figura 44 – Visada Direta e Gráfico do Perfil do Enlace CJA-PLD (h = 49 m)

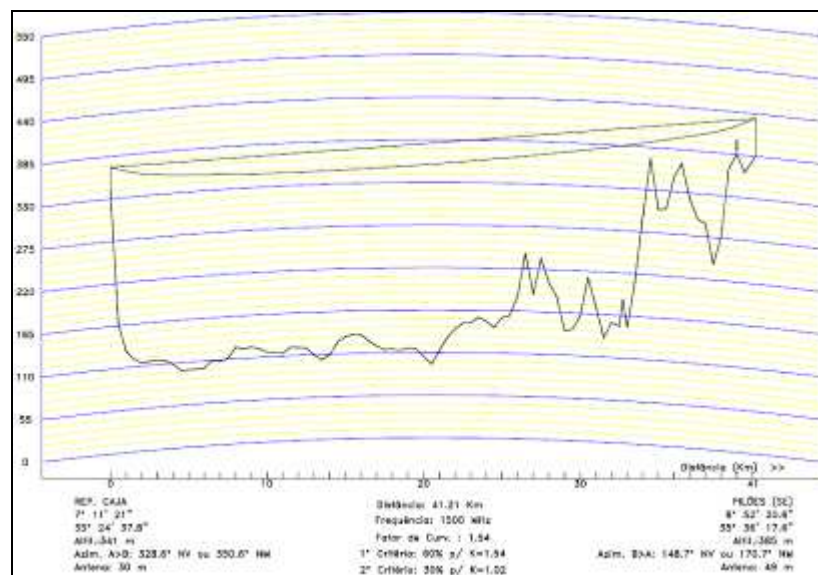


Figura 45 – Gráfico do Perfil do Enlace CJA-PLD (fonte: MAKINO, 2009)

No estudo das alturas das antenas dos radioenlaces também são considerados os fatores da curvatura equivalente da Terra, difração e a primeira Zona de Fresnel.

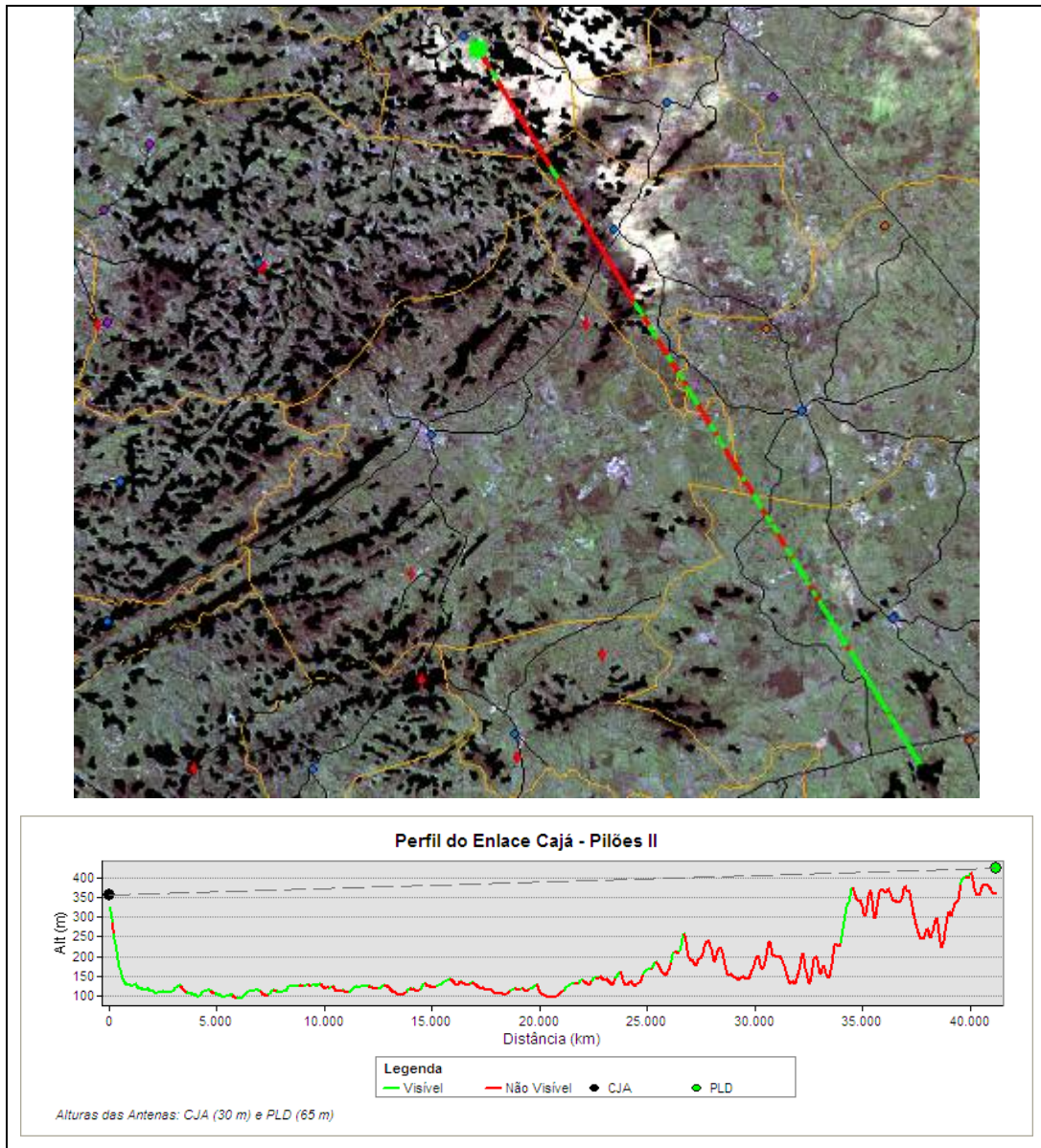


Figura 46 – Visada Direta e Gráfico do Perfil do Enlace CJA-PLD (h = 65 m)

Verificamos também que não é possível instalar um radioenlace direto, ou seja, sem estação repetidora, entre PLD e BVT, conforme documentado no relatório da WNI do Brasil (Tabela 19). A Figura 47 mostra essa visada direta e o gráfico deste perfil, mesmo considerando a altura máxima permitida (em BVT) e economicamente recomendada (em PLD), ou seja, até 68 m em BVT e 128 m em PLD.

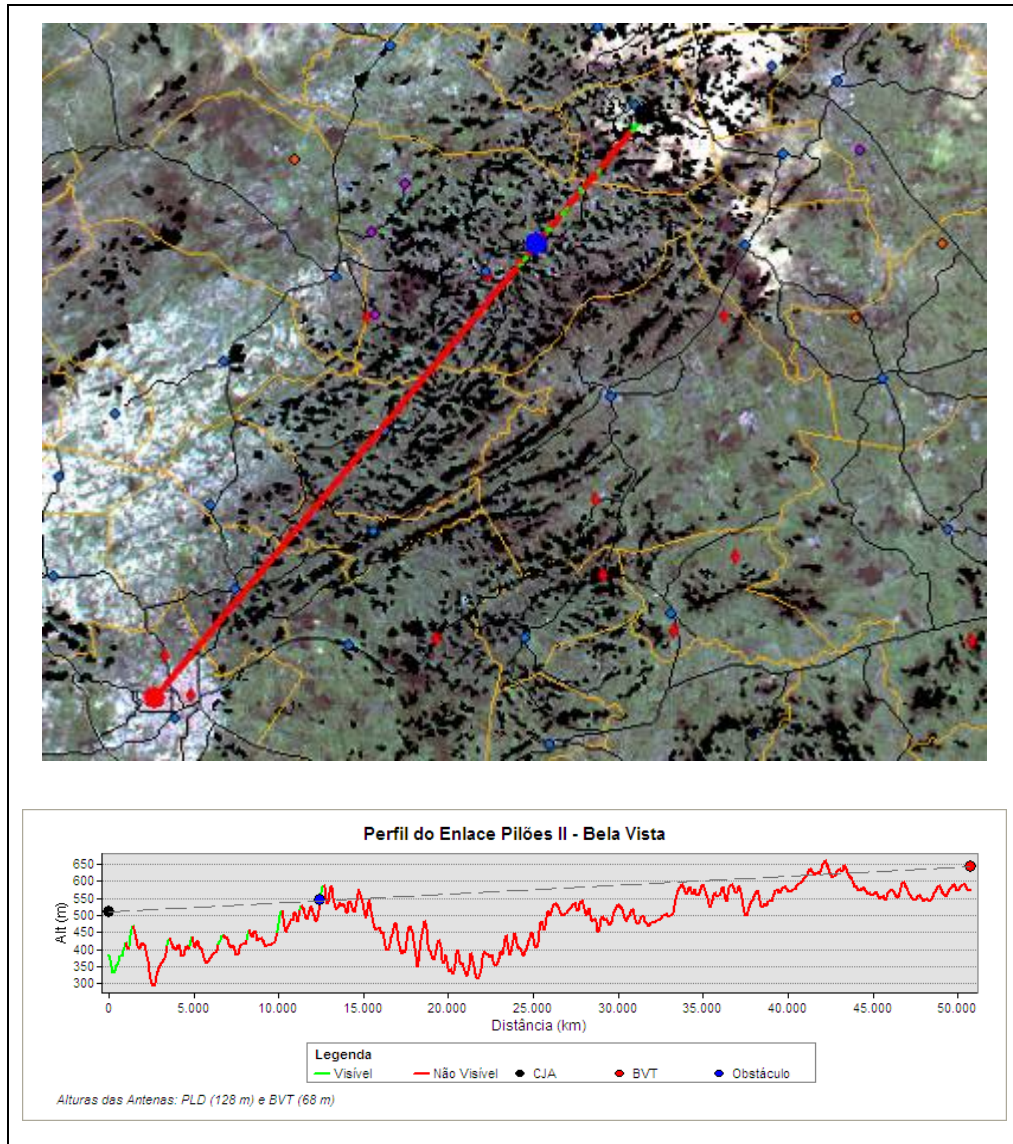


Figura 47 – Visada Direta e Gráfico do Perfil do Enlace PLD-BVT

Como há uma concentração de APPs de Topo de Morros e Montanhas entre as Subestações de PLD e BVT, era esperado não termos facilidade de visadas diretas passando por essa região.

6. CONCLUSÕES

A utilização de técnicas de geoprocessamento nos estudos iniciais de viabilidade técnica de radioenlace mostrou-se bastante útil, principalmente porque todas as informações utilizadas foram obtidas diretamente na Internet e sem custo. A precisão e a qualidade das alternativas geradas para a tomada de decisão estão diretamente relacionadas não só com a metodologia de análise multicritério utilizada, mas principalmente pela qualidade das

informações de uso do solo, de infraestrutura e do meio ambiente disponíveis para a região em estudo.

A utilização do SIG também mostrou-se muito útil na questão de identificação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), já que nos projetos de radioenlaces há uma tendência natural de selecionar os relevos de maiores altitudes como sendo os locais de instalação das antenas, facilitando a obtenção de visadas diretas entre as estações dos enlaces. Com a identificação das APPs é possível iniciarmos o estudo de viabilidade a partir de pontos do relevo que estejam abaixo dos 2/3 do morro (ou montanha) ou até mesmo através de regiões menos acidentadas ou com baixas altitudes. No processo de identificação de APPs utilizando o software ArcGIS® foi observado que tanto a nova subestação de PLD (Figura 42b) como a estação repetidora de rádio existente de CJA (Figura 42e) estão sobre Áreas de Preservação Permanente, mas isso precisa de confirmação em campo através de especialistas com dados e instrumentos precisos.

Apesar de utilizarmos o método de álgebra dos mapas sem a atribuição de *pesos* aos critérios, a intervenção na definição dos valores durante as etapas de *Reclassificações* foi suficiente para obtermos resultados com ponderações de especialistas.

Os resultados obtidos confirmaram que entre as rotas estudadas e apresentadas nos relatórios da empresa WNI a que melhor se adéqua a solução de radioenlace para atender a nova subestação de PLD, é através das estações existentes de CJA e BVT. Para estas estações temos os seguintes comentários: na estação de CJA já existem diversas estruturas de torres e antenas pertencentes a outras empresas, inclusive a Chesf já utilizou torre desta estação; e BVT é uma subestação da Chesf que já tem um enlace de rádio com a subestação de CGD (Campina Grande II), então há toda uma estrutura de torre e equipamentos auxiliares.

Este estudo tem uma aplicação complementar aos softwares de estudo de viabilidade de radioenlace existente no mercado, já que estes verificam apenas os parâmetros técnicos de radioenlaces e de informações do relevo (Figura 45), sem realizar qualquer operação com as informações da infraestrutura, uso do solo e do meio ambiente da região em estudo. A grande vantagem está no fato de que de outro modo essas informações só serão verificadas na etapa de levantamento e confirmações do projeto em campo, enquanto que todo um estudo inicial de viabilidade pode ser efetuado anteriormente a partir destas geotecnologias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, Rafael S. de. Tese de doutorado: Avaliação da altimetria de Modelos Digitais de Elevação Obtidos a Partir de Sensores Orbitais. Rio de Janeiro, UFRJ, 2006.
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 302/2002 - Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente - Data da legislação: 20/03/2002 - Publicação DOU nº 090, de 13/05/2002, págs. 67-68. Disponível em : <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em 05/07/2011.
- CÂMARA, Gilberto. MONTEIRO, Antônio Miguel V. MEDEIROS, DAVIS, Clodoveu. Introdução à Ciência da Geoinformação. 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd>>. Acesso em 01 jul. 2011.
- COTA, Maisa de Almeida e MOURA, Ana Clara Mourão. Área de Preservação Permanente (APP) – Estudo de Caso sobre o parâmetro declividade e as divergências nos resultados de mapeamento em função das bases cartográficas e escalas e/ou softwares utilizados. Belo Horizonte, UFMG – Anais XIV SBSR, Natal, 2009.
- COTA, Maisa de Almeida. Área de Preservação Permanente (APP) – As Resoluções CONAMA e o papel das técnicas de Geoprocessamento na delimitação das classes de preservação. Belo Horizonte, Dissertação de mestrado, UFMG, 2008 (site: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-7ENGMX>, acesso em 17/08/2011).
- DALAZOANA, Regiane. DE FREITAS, Sílvio Rogério Correia. Artigo: Efeitos na Cartografia Devido a Evolução do Sistema Geodésico Brasileiro e Adoção de um Referencial Geocêntrico. Revista Brasileira de Cartografia Nº 54 publicada no site: http://www.rbc.ufrj.br/_2002/54_07.htm (último acesso em 08/08/2011)
- DRUCK, S. CARVALHO, M. S. CÂMARA, Gilberto, MONTEIRO, A.V. M. Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília: EMBRAPA, 2004. ISBN 85-7383-260-6 85-7383-260-6 .
- FITZ, Paulo Roberto. Cartografia Básica. São Paulo: Oficina de Textos. 2008a. 143 p.
- FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos. 2008b. 160 p.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. Iniciação em Sensoriamento Remoto. São Paulo: 2nd Ed. Oficina de Textos. 2007. 101 p.
- FORNELOS, Leonardo F. e NEVES, Sandra M. A. da Silva. Artigo Técnico: Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométricos (SRTM) na estimativa de perdas de solo. Campo Grande, 1º Simpósio de Geotecnologia no Pantanal, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 182 – 191, 2006).
- FUCKNER, Marcus A., FLORENZANO, Teresa G. e MORAES, Elisabete C. Artigo Técnico: Avaliação altimétrica de modelos digitais de elevação extraídos de imagens

- ASTER em áreas com configuração topográfica distinta, Natal, XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 683 – 690, 2009.
- GALATI, Stephen R. *Geographic Information Systems Demystified*. 1st ed. Boston: Artech House, 2006. 270 p.
- GLCF – Global Land Cover Facility. SRTM. Disponível em: <http://www.glcg.umd.edu/data/srtm/>. Acesso em 03/03/2011.
- GOMARASCA, Mario A. *Basic of Geomatics*. Milano: Springer, 2009. 656 p.
- HOTT, Marcos Cicarini, GUIMARÃES, Marcelo e MIRANDA, Evaristo Eduardo de. Método para determinação automática de Áreas de Preservação Permanente em topo de morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento. Campinas, EMBRAPA Monitoramento por Satélite, 2004.
- JENSEN, John R. *Sensoriamento Remoto do Ambiente*. São José dos Campos: 2nd Ed. Parêntese Editora. 2009. 598 p. ISBN 978-85-60507-06-1.
- KONECNY, Gottfried. *GEOINFORMATION: Remote sensing, Photogrammetry and Geographic Information System*. London e New York: Taylor & Francis, 2003. 248 p.
- LANG, Stefan e BLASCHKE, Thomas. *Análise da Paisagem com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos. 2009. 424 p.
- LEHPAMER, Harvey. *Microwave Transmission Networks: Planning, Design, and Deployment*. Chicago: McGraw-Hill, 2004. 273 p.
- MAKINO, Carlos K. *Relatório de Dimensionamento/Cálculo de Desempenho e Estudo de Plano de Freqüências Rotas para Atendimento à Pilões (SE) Faixas de Freqüências: 1,5 e 8,5 GHz*. 2009.
- MAKINO, Carlos K. *Relatório do Levantamento Preliminar Faixas de Freqüências: 1,5 e 8,5 GHz – Estudo para Atendimento à Pilões (SE)*. 2009.
- MATOS, Ana C. O. C. de. *Tese de doutorado: Implementação de Modelos Digitais de Terreno para Aplicações na Área de Geodésia e Geofísica na América do Sul*. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 2005.
- MICELI, Bruna S. *et al.*: Avaliação Vertical de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) em Diferentes Configurações Topográficas para Média e Pequenas Escalas, UFRJ, *Revista Brasileira de Cartografia* Nº 63/01, 2011, p. 191 - 201 (ISSN 0560-4613). Último acesso ao site em 12/08/2011: http://www.rbc.ufrj.br/_2011/63_1_10.htm.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 7 jun. 2011.

- MIRANDA, José Iguelmar. Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2010. 433 p.
- MIYOSHI, E. M. e SANCHES, C. A. Projetos de Sistemas de Rádio. Érica: São Paulo, Brasil. 2002. 534 p.
- MONICO, João Francisco Galera. Posicionamento pelo GNSS – Descrição, Fundamentos e Aplicações. São Paulo: 2nd Ed. Editora UNESP. 2008. 475 p.
- NOWATZKI, Alexei, SANTOS, Leonardo J. C. e PAULA, Eduardo V. de. Utilização do SIG na Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP's) na Bacia do Rio Sagrado (Morretes/PR). Curitiba, Artigo publicado no site Sociedade e Natureza (<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132010000100008>, acesso em 17/08/2011), 2010.
- QUELUZ, Paula e PEREIRA, Fernando. Feixes Hertzianos (Instituto superior Técnico DA Universidade Técnica de Lisboa; Disponível em: https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/50082/1/ST_FH_05_06_new.pdf. Acessado em 02/05/2011.
- REDDY, M Anji. Remote Sensing and Geographical Information Systems. Hyderabad: 3rd Ed. BS Publications, 2008, 373 p. ISBN: 978-81-7800-135-7.
- SANTOS, Alexandre Rosa. PELUZIO, Telma M. de Oliveira. FIEDLER, Nilton Cesar. Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no ArcGIS[®] 9.3. Alegre: Gráfica F&M, 2010. 58 p.
- SILVA, Ardemirio de Barros. Sistema de Informações Geo-Referenciadas. São Paulo: Editora Unicamp. 2003. 236 p.
- SILVA, Gilberto V. F., BARRADAS, Ovídio C. M. TELECOMUNICAÇÕES: Sistema Radiovisibilidade. Rio de Janeiro: LTC EMBRATEL, 1977.
- VALERIANO, Márcio de M. Artigo Técnico: Modelo Digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a America do Sul. São José dos Campos, INPE, 2004. INPE-10550-RPQ/756.
- WILLISON, Jill. Tutorial do ArcGIS[®] 9.3: ArcGIS Spatial Analyst Tutorial. ESRI, 2008.