

Posicionamento de Radares Considerando Diferentes Camadas de Informação

Leonardo Alencar de Oliveira*, Maria José Pinto Lamosa**, Mônica Maria De Marchi** e Mischel Carmen N. Belderrain*

* Instituto Tecnológico de Aeronáutica, S. J. dos Campos, Brasil; ** Instituto de Estudos Avançados, S. J. dos Campos, Brasil

Resumo — Este trabalho apresenta um algoritmo para seleção de pontos candidatos para o posicionamento de sítios radares. Esta seleção leva em consideração critérios relacionados à altitude, à inclinação do terreno e à distância dos pontos em relação a rios, rodovias e municípios. A implementação foi realizada no ambiente computacional Builder C++ e o resultado visualizado na Plataforma AEROGRAF.

Palavras-chaves — Posicionamento de Radares, Plataforma AEROGRAF, Sistema de Informação Geográfica.

I. INTRODUÇÃO

Em situações reais procura-se obter um volume relevante de informações para que estratégias de operação sejam definidas com maior confiabilidade pelo decisor. Especificamente na análise de cobertura do espaço aéreo, várias informações são consideradas, entre elas, a escolha do posicionamento de radares de vigilância. Este assunto vem sendo estudado pela EGI-A (Subdivisão de Sistemas de Apoio à Decisão) do IEAv (Instituto de Estudos Avançados) com o objetivo de fundamentar a escolha de locais para a instalação de radares terrestres, considerando-se a área efetivamente coberta pelo sinal gerado pelos equipamentos, buscando-se a máxima eficiência. Nesta escolha, além das características específicas dos radares, devem-se considerar aspectos relacionados com a viabilidade do posicionamento dos radares como, por exemplo, inclinação do terreno, vias de acesso (estradas, rios, etc.), entre outros.

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um método de seleção de pontos candidatos a instalação de radares considerando a manipulação de diferentes camadas de informação que estão disponíveis no ambiente computacional de apoio à decisão em desenvolvimento na EGI-A, denominado Plataforma AEROGRAF.

II. PLATAFORMA AEROGRAF E SIG

A Plataforma AEROGRAF fornece as principais funcionalidades requeridas nas tarefas de visualização de um cenário georeferenciado como, por exemplo, a troca automática dos mapas de plano de fundo de acordo com o grau de zoom especificado. O ambiente computacional baseia-se no conceito de componentes, que são adicionados a uma estrutura de desenvolvimento denominada *framework*.

O componente PDA, ponto de entrada para a aplicação de Planejamento de Defesa Aeroespacial, é utilizado para gerar os mapas de intervisibilidade (ou cobertura) dos radares considerando-se algumas informações específicas dos radares e do MNE (Modelo Numérico de Elevação), mas não fornece os locais onde estes radares podem ser instalados em situações como: posicionamento de novos radares e/ou reposicionamento de radares móveis.

Para realizar este trabalho, parte-se de uma área de estudo georreferenciada. Uma imagem, um mapa ou qualquer outra forma de informação geográfica é definida como georreferenciada quando suas coordenadas são conhecidas num dado sistema de referência. Para tanto, obtém-se coordenadas de pontos de controle, que representam locais facilmente identificáveis, dado sua feição física. Em geral, procuram-se intersecções de estradas e de rios, represas, pistas de aeroportos, edifícios, topos de montanha, entre outros, para que sejam pontos de controle de um mapa [1]. A Fig. 1 apresenta exemplos de diferentes imagens georeferenciadas visualizadas na Plataforma AEROGRAF.

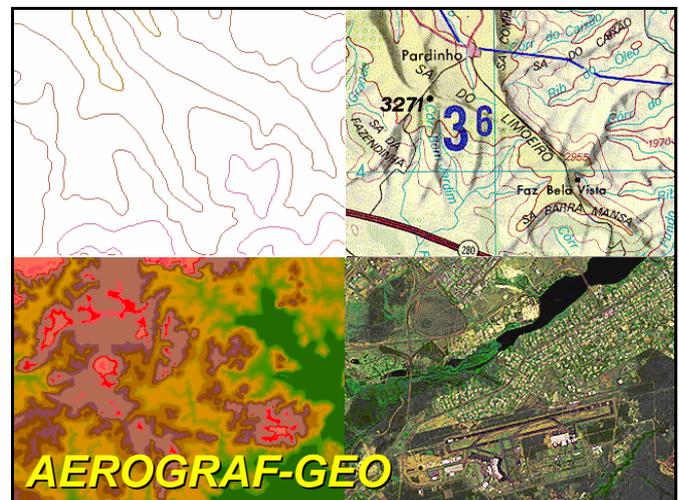


Fig. 1. Exemplo de áreas georeferenciadas.

Quando se trabalha em um ambiente computacional, a noção de mapa deve ser ampliada de modo a incluir diferentes tipos de dados, como imagens de satélites, modelos numéricos de elevação, mapas temáticos, redes e dados tabulares [2,3].

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) se traduzem como ferramentas para a manipulação de dados espaciais georeferenciados, ou seja, responsável pela captura, armazenamento, manipulação, recuperação, análise e apresentação de dados referenciados geograficamente, associando-os com informações espaciais, na forma de mapas digitalizados den-

Oliveira, L.A., leonardoalencardeoliveira@gmail.com, Tel +55-12-39477913; Lamosa, M. J. P., maju@ieav.cta.br, Tel +55-12-39475342; De Marchi, M.M, monica@ieav.cta.br, Tel. +55-12-39475343; Belderrain, M. C., carmen@ita.br, Tel. +55-12-39475903.

tro de sistemas computadorizados de geoprocessamento [4,5,6]. Dessa forma, os SIG procuram simular a realidade do espaço geográfico [2,3]. No Brasil, é freqüente o uso do termo sistema de geoprocessamento como sinônimo de Sistema de Informação Geográfica [6].

Segundo a referência [2] “os sistemas geográficos, basicamente, permitem organizar as informações sobre uma determinada região em camadas, onde cada camada, que representa um tema ou um *layer*, é um conjunto de feições homogêneas que exibem uma informação a respeito de uma característica da região e estão posicionalmente relacionadas às outras camadas por meio de um sistema de coordenadas comuns. As informações exibidas nas diferentes camadas podem ser analisadas separadamente ou em combinação com outras, uma vez que nem todas as análises necessitam do uso de todos os *layers* simultaneamente. Localizações ou áreas de um determinado tema podem também ser extraídas dos mesmos, separando-os de localizações vizinhas e criando novos *layers*”. A Fig. 2 exemplifica camadas de informação.

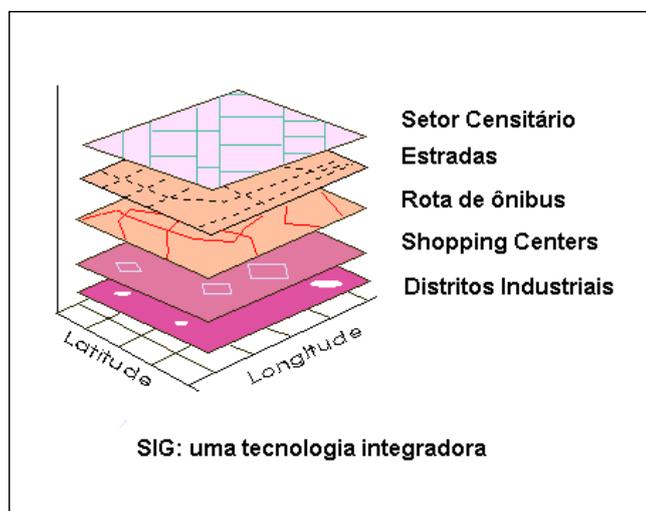


Fig. 2. Sobreposição de camadas de informação segundo coordenadas de latitude e longitude [7].

Tradicionalmente, os sistemas de informação geográfica possuem vasta aplicação na análise de problemas de instituições públicas, empresas de prestação de serviço de utilidade (companhias de água, luz e telefone), na área de segurança militar e em diversos tipos de empresas privadas (engenharia civil, terraplanagem). São aplicados também em áreas como: ocupação humana (redes de infra-estrutura; cadastramento territorial urbano; roteamento de veículos; controle de tráfego aéreo); uso da terra (planejamento agropecuário; estocagem e escoamento da produção agrícola; classificação de solos); uso de recursos naturais (controle do extrativismo vegetal e mineral; classificação de poços petrolíferos; distribuição de energia elétrica); meio ambiente (controle de queimadas; estudos de modificações climáticas; acompanhamento de emissão e ação de poluentes); atividades econômicas (planejamento de *marketing*; distribuição de produtos e serviços; transporte de matéria-prima) [6].

II. METODOLOGIA

Desenvolveu-se um algoritmo, implementando-o no ambiente computacional Builder C++, com o objetivo de gerar um conjunto de posições candidatas à instalação de radares por meio de critérios de classificação que reflitam, para o decisor,

a relevância das informações contidas nas diferentes camadas de informações disponíveis na plataforma AEROGRAF. A seguir descrevem-se os passos do algoritmo:

1º PASSO - Selecionar a região de estudo, gerar matriz, associar altitude a cada ponto da matriz e analisar a inclinação. O usuário define a área de interesse fornecendo os limites de latitude e longitude da região, definindo uma área retangular (no momento o algoritmo trabalha somente com áreas retangulares). O decisor fornece o número de colunas e linhas desejadas e o sistema gera, a partir destes valores, uma malha de pontos da área que será analisada. Estes valores representam o número de pontos tomados, formando em segmentos de mesmo tamanho, nos lados do retângulo de área formado. O comprimento dos segmentos define a distância entre dois pontos consecutivos ao longo da latitude e da longitude. Assim, quanto maior o número informado pelo decisor mais pontos serão analisados.

A seguir, para cada ponto da matriz associa-se a altitude correspondente. Caso o ponto gerado não coincida com um ponto de altitude definida pelo MNE, é feita uma interpolação, determinando-se sua altitude. Visando obter pontos elevados e, ao mesmo tempo de acesso viável, realiza-se uma análise da inclinação do terreno no entorno de cada ponto da matriz. Para isto, tomam-se oito pontos ao redor do ponto em análise, cada um situado em direções fixadas, conforme mostra a Fig. 3, e a uma distância “d” deste ponto a ser definida pelo decisor. A definição desta distância permite que o usuário defina a inclinação máxima do terreno em termos de acessibilidade do ponto

Note, na Fig. 4, que os pontos situados em direções diagonais estão distantes do ponto em estudo de um valor de $\sqrt{2}$ vezes a distância “d” definida pelo decisor.

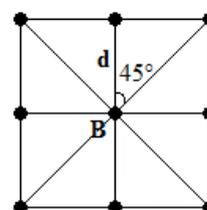


Fig. 3 Representação dos oito pontos tomados ao redor do ponto em análise (ponto central B).

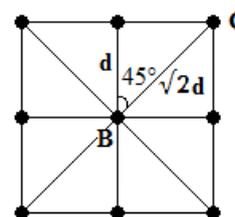


Fig. 4 Distância do ponto situado em uma direção diagonal (ponto C) em relação ao ponto em análise (ponto central B).

Em seguida, verifica-se a inclinação do terreno em cada uma das oito direções, determinando-se o arco-cosseno do ângulo que o vetor normal ao plano (formado por cada dois pontos consecutivos e o ponto em análise) faz com a vertical. Se a inclinação do terreno para as oito direções for menor que o limite estabelecido pelo decisor, o ponto é armazenado em uma lista, caso contrário é eliminado das análises subsequentes. O vetor normal é calculado por meio do produto vetorial de dois vetores com origem no ponto em análise e apontando

para a direção dos dois pontos consecutivos. A Fig. 5 ilustra os vetores que compõem o produto vetorial, bem como o vetor normal \vec{n} que resulta desta operação, para um dos oito planos formados. Observe que a magnitude do vetor \vec{BA} vale “d” e a do vetor \vec{BC} vale “ $\sqrt{2}d$ ”.

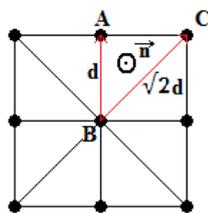


Fig. 5. Representação dos vetores \vec{BA} , \vec{BC} e do vetor normal \vec{n} .

2º PASSO – Selecionar o ponto mais alto e eliminar pontos próximos. Percorre-se a matriz em busca do ponto mais alto. Calcula-se a distância deste ponto em relação aos seus vizinhos e a compara com um valor fornecido pelo decisor. O ponto vizinho será eliminado caso a distância seja menor que o valor fornecido pelo decisor. Este procedimento garante a eliminação de pontos candidatos próximos entre si. O processo é repetido até que todos os pontos da matriz tenham sido analisados. No final desta etapa, o número de pontos selecionados será menor ou igual à quantidade de pontos desejados pelo decisor.

3º PASSO – Analisar os pontos candidatos a instalação de radares em relação à altitude e às vias de acesso e manutenção. Para cada ponto candidato à instalação de radares procede-se um mapeamento de sua proximidade em relação às demais camadas de informação geográfica de interesse: rodovias, rios e municípios e atribui-se um valor de acordo com a Tabela I.

Tabela I ESCALA DE PONTUAÇÃO PARCIAL PARA AS CAMADAS DE INFORMAÇÃO: RIOS, RODOVIAS E MUNICÍPIOS.

| Menor distância a uma camada (Dist) | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Intervalo | Pontuação Parcial |
| Dist < 100m | 0 |
| 100m ≤ Dist ≤ 10.000m | 50 |
| 10.000m ≤ Dist ≤ 30.000m | 24 |
| 30.000m ≤ Dist ≤ 50.000m | 12 |
| 50.000m ≤ Dist ≤ 70.000m | 8 |
| 70.000m ≤ Dist ≤ 90.000m | 4 |
| Dist > 90.000m | 2 |

Assim, para cada informação contida em uma camada (rios, rodovias, municípios) são obtidas as menores distâncias entre a informação em análise e cada um dos pontos candidatos à instalação de radares. Os resultados obtidos são comparados com uma escala de valores (ver Tabela I), atribuindo-se uma pontuação parcial a cada ponto candidato. Essa pontuação é posteriormente multiplicada por pesos definidos pelo decisor segundo a relevância da camada de informação para a sua decisão.

A pontuação para a altitude dos pontos candidatos é feita do mesmo modo que a pontuação para as camadas de informação, ou seja, compara-se o valor de altitude de cada ponto com uma escala de valores (ver Tabela II), atribuindo-se uma pontuação parcial para o ponto, que é multiplicada, em segui-

da, por um peso definido pelo decisor segundo a importância da altitude para este.

Tabela II ESCALA DE PONTUAÇÃO PARCIAL PARA A ALTITUDE.

| Altitude (Alt) | |
|---------------------|-------------------|
| Intervalo | Pontuação Parcial |
| Alt < 10m | 0 |
| 10m ≤ Alt ≤ 200m | 2 |
| 200m < Alt ≤ 400m | 4 |
| 400m < Alt ≤ 600m | 8 |
| 600m < Alt ≤ 1000m | 12 |
| 1000m < Alt ≤ 1800m | 24 |
| Alt > 1800m | 50 |

Dessa forma, cada ponto candidato apresentará uma pontuação referente a cada distanciamento mínimo de uma rodovia, rio, município e etc, que, ao final, serão somadas para fornecer as pontuações finais para cada ponto candidato a instalação de radar. O resultado desta análise é visualizado na plataforma AEROGRAF.

III. RESULTADOS

Os dados SIG utilizados para análise dos resultados foram:
 - Imagem cartográfica 1:1.000.000 (fornecida pelo ICA- Instituto de Cartografia da Aeronáutica).
 - MNE (Modelo Numérico de Elevação) (fornecido pela NIMA - National Imagery and Mapping Agency, com resolução de 90 metros).
 - Base de dados do IBGE de rios, rodovias e municípios [8].
 A área definida para ilustrar o método de seleção de pontos é identificada pelos limites de 22º a 23º de latitude sul, e de 44º a 45º de longitude oeste, de aproximadamente 12.000 km². Esta região apresenta um relevo montanhoso, englobando trechos das serras do Mar e da Mantiqueira, e quatro importantes picos: da Bandeira, das Agulhas Negras, do Frade e da Gomeira. A área em estudo está na divisa entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro e inclui cidades como: Resende, Volta Redonda, Barra Mansa, Passa Quatro, Cruzeiro e Angra dos Reis. A Fig. 6 mostra a visualização da área selecionada, limitada pelo quadrado vermelho, no ambiente da Plataforma AEROGRAF.

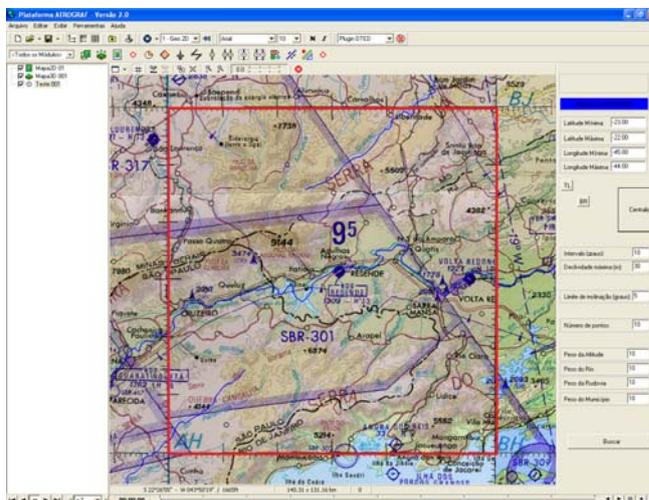


Fig. 6. Área selecionada para análise.

Para análise do algoritmo foram consideradas duas situações, onde a única diferença é referente ao limite máximo permitido para a inclinação do terreno. No exemplo I, foi determinado um valor de 10° e, no exemplo II um valor de 30°. Os demais dados de entrada são apresentados a seguir:

- Distância mínima entre os pontos a serem selecionados: 16.000 metros.
- Número de divisões ao longo da latitude: 100.
- Número de divisões ao longo da longitude: 100.
- Distância para o cálculo da inclinação: 5 metros.
- Pesos equivalentes para a altitude e para cada uma das camadas de informação referente a rios, rodovias e cidades: 10;
- Número de pontos a serem selecionados: 10.

No primeiro passo do algoritmo foram identificados 1032 pontos possíveis para instalação de radares. Após o segundo passo restaram 28 pontos, dos quais 10 foram analisados no terceiro passo e classificados de acordo com a Tabela III.

Tabela III RESULTADO DA SELEÇÃO DE PONTOS PARA O EXEMPLO I.

| Ponto tomado nº: | Latitude | Longitude | Altitude (em metros) | Menor distância a (em metros) | | | Pontuação Parcial com respeito a | | | Pontuação Total | |
|------------------|-------------|-------------|----------------------|-------------------------------|---------|-----------|----------------------------------|---------|-----------|-----------------|----------|
| | | | | Rio | Rodovia | Município | Rio | Rodovia | Município | | Altitude |
| 0 | 22°22'48" S | 44°41'24" W | 2409 | 15832 | 10708 | 28382 | 240 | 240 | 240 | 500 | 1220 |
| 1 | 22°07'48" S | 44°45'00" W | 1929 | 21121 | 38861 | 26675 | 240 | 120 | 240 | 500 | 1100 |
| 2 | 22°47'24" S | 44°45'36" W | 1857 | 2659 | 24303 | 34143 | 500 | 240 | 120 | 500 | 1360 |
| 3 | 22°09'00" S | 44°34'12" W | 1813 | 8728 | 33270 | 41777 | 500 | 120 | 120 | 500 | 1240 |
| 4 | 22°45'00" S | 44°25'12" W | 1465 | 27054 | 15764 | 23266 | 240 | 240 | 240 | 240 | 960 |
| 5 | 22°57'36" S | 44°45'00" W | 1358 | 16281 | 6869 | 28924 | 240 | 500 | 240 | 240 | 1220 |
| 6 | 22°04'48" S | 44°13'12" W | 1340 | 7218 | 46636 | 41405 | 500 | 120 | 120 | 240 | 980 |
| 7 | 22°54'00" S | 44°33'00" W | 1325 | 27199 | 6108 | 27009 | 240 | 500 | 240 | 240 | 1220 |
| 8 | 22°25'12" S | 44°56'24" W | 1282 | 16487 | 16406 | 33853 | 240 | 240 | 120 | 240 | 840 |
| 9 | 22°02'24" S | 44°24'00" W | 1229 | 6614 | 46080 | 35808 | 500 | 120 | 120 | 240 | 980 |

A Fig. 7 apresenta a visualização das 10 posições (identificadas por pontos em amarelo). Cada ponto possui um número que corresponde à ordem de altitude, da maior para a menor.

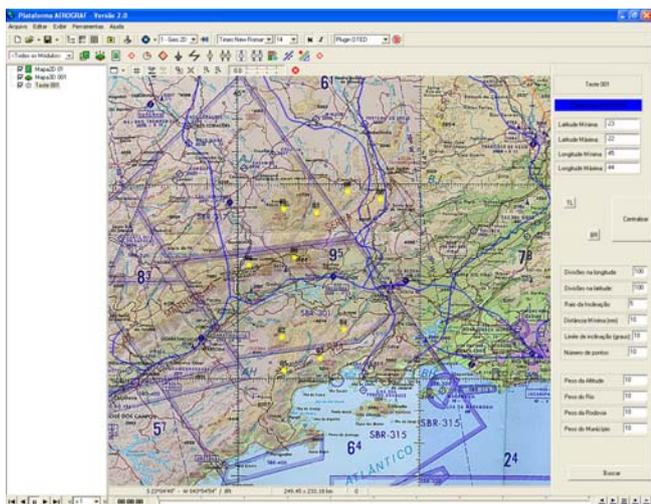


Fig. 7. Visualização dos 10 pontos selecionados para o exemplo I.

Para o exemplo II, ocorreu um aumento no número de pontos após a avaliação da inclinação em relação ao exemplo anterior, onde se conseguiu um total de 8691 pontos. Após a execução do segundo passo obteve-se 30 pontos, 2 a mais que no exemplo I. A proximidade do número de pontos obtidos após o segundo passo nos dois exemplos deve-se ao fato de estarmos buscando os pontos mais altos de uma dada região. Se o objetivo fosse o número máximo de pontos possíveis, o valor

para esse segundo passo seria de 49 pontos, que é o número máximo permitido dada a distância mínima definida de 16.000 metros entre eles.

A classificação final para o exemplo II é apresentada na Tabela IV.

Tabela IV RESULTADO DA SELEÇÃO DE PONTOS PARA O EXEMPLO II.

| Ponto tomado nº: | Latitude | Longitude | Altitude (em metros) | Menor distância a (em metros) | | | Pontuação Parcial com respeito a | | | Pontuação Total | |
|------------------|-------------|-------------|----------------------|-------------------------------|---------|-----------|----------------------------------|---------|-----------|-----------------|----------|
| | | | | Rio | Rodovia | Município | Rio | Rodovia | Município | | Altitude |
| 0 | 22°22'12" S | 44°42'00" W | 2604 | 13756 | 12028 | 29837 | 240 | 240 | 240 | 500 | 1220 |
| 1 | 22°25'48" S | 44°53'24" W | 2367 | 16738 | 12617 | 36331 | 240 | 240 | 120 | 500 | 1100 |
| 2 | 22°12'00" S | 44°45'36" W | 2265 | 32776 | 31626 | 27071 | 120 | 120 | 240 | 500 | 980 |
| 3 | 22°03'00" S | 44°40'12" W | 2177 | 35379 | 45648 | 34221 | 120 | 120 | 120 | 500 | 860 |
| 4 | 22°46'12" S | 44°39'36" W | 2037 | 27089 | 24308 | 35685 | 240 | 240 | 120 | 500 | 1100 |
| 5 | 22°46'48" S | 44°21'36" W | 1862 | 13959 | 11303 | 17246 | 240 | 240 | 240 | 500 | 1220 |
| 6 | 22°12'00" S | 44°34'12" W | 1851 | 23781 | 27748 | 36508 | 240 | 240 | 120 | 500 | 1100 |
| 7 | 22°09'00" S | 44°18'36" W | 1655 | 2742 | 36725 | 42641 | 500 | 120 | 120 | 240 | 980 |
| 8 | 22°58'48" S | 44°46'48" W | 1557 | 42026 | 7001 | 27245 | 120 | 500 | 240 | 240 | 1100 |
| 9 | 22°51'00" S | 44°07'12" W | 1546 | 9944 | 5161 | 18900 | 500 | 500 | 240 | 240 | 1480 |

A Fig. 8 apresenta a visualização das 10 posições (identificadas por pontos em amarelo) encontradas para o exemplo II.

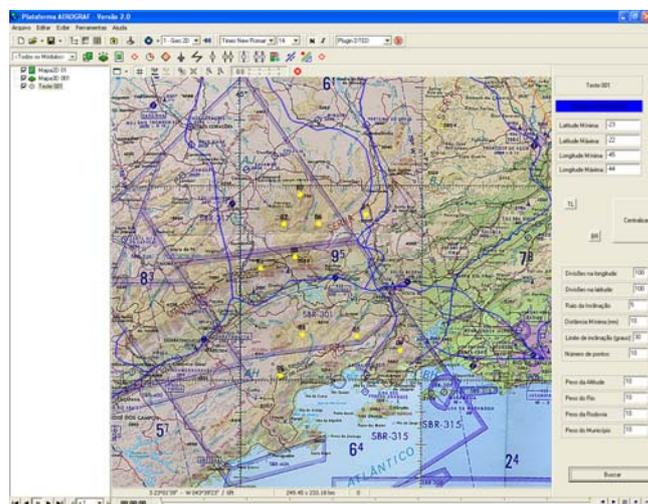


Fig. 8. Visualização dos 10 pontos selecionados para o exemplo II.

Aumentando-se o limite de inclinação de 10° para 30°, observou-se com o exemplo II, que os pontos selecionados foram todos diferentes daqueles encontrados no exemplo I. Isto se deve ao aumento do número de pontos a serem analisados no segundo passo de quase 8 vezes para o segundo exemplo e, neste caso o critério de proximidade eliminou os pontos obtidos no exemplo I.

No exemplo II o ponto 9 foi considerando o melhor ponto para a instalação de um radar, obtendo 1480 pontos. Este ponto apresenta grande proximidade de um rio e de uma rodovia, distando 9.944 metros e 5.161 metros dessas camadas, respectivamente.

Analisando o exemplo I, verifica-se que o ponto de número 2 foi o melhor classificado, com a pontuação total de 1360. Observa-se que este ponto apresenta grande proximidade de um rio (2.659m) recebendo 500 pontos. Já o ponto 7, apresentou uma pontuação total inferior ao ponto 3, com 1220 pontos, perdendo pontos quanto à proximidade de um rio e de um município. Porém, o ponto 7 poderia ser considerado o melhor para um decisor que atribua uma alta relevância quanto à proximidade de uma rodovia, preferindo este ponto, que se encontra 18.195 metros mais próximo de uma rodovia que o ponto 2, mas 13.173 metros longe de um rio.

Para ilustrar essa situação, foi realizado um novo teste considerando os mesmos dados do exemplo I e atribuindo pesos para as camadas de informação referentes a rios, rodovias e municípios com valores de 2,10 e 2, respectivamente, e para a altitude atribuiu-se um peso 2. A Tabela V apresenta os resultados para essa consideração.

Tabela V RESULTADO DA SELEÇÃO DE PONTOS PARA O EXEMPLO I CONSIDERANDO A ALTERAÇÃO DOS PESOS.

| Ponto tomado nº: | Latitude | Longitude | Altitude (em metros) | Menor distância a (em metros) | | | Pontuação Parcial com respeito a | | | Pontuação Total | |
|------------------|-------------|-------------|----------------------|-------------------------------|---------|-----------|----------------------------------|---------|-----------|-----------------|----------|
| | | | | Rio | Rodovia | Município | Rio | Rodovia | Município | | Altitude |
| 0 | 22°22'48" S | 44°41'24" W | 2409 | 15832 | 10708 | 28382 | 48 | 240 | 48 | 100 | 436 |
| 1 | 22°07'48" S | 44°45'00" W | 1929 | 21121 | 38861 | 26675 | 48 | 120 | 48 | 100 | 316 |
| 2 | 22°47'24" S | 44°45'36" W | 1857 | 2659 | 24303 | 34143 | 100 | 240 | 24 | 100 | 464 |
| 3 | 22°09'00" S | 44°34'12" W | 1813 | 8728 | 33270 | 41777 | 100 | 120 | 24 | 100 | 344 |
| 4 | 22°45'00" S | 44°25'12" W | 1465 | 27054 | 15764 | 23266 | 48 | 240 | 48 | 48 | 384 |
| 5 | 22°57'36" S | 44°45'00" W | 1358 | 16281 | 6869 | 28924 | 48 | 500 | 48 | 48 | 644 |
| 6 | 22°04'48" S | 44°13'12" W | 1340 | 7218 | 46636 | 41405 | 100 | 120 | 24 | 48 | 292 |
| 7 | 22°54'33" S | 44°33'00" W | 1325 | 27199 | 6108 | 27009 | 48 | 500 | 48 | 48 | 644 |
| 8 | 22°25'12" S | 44°56'24" W | 1282 | 16487 | 16406 | 33853 | 48 | 240 | 24 | 48 | 360 |
| 9 | 22°02'24" S | 44°24'00" W | 1229 | 6614 | 46080 | 35008 | 100 | 120 | 24 | 48 | 292 |

Conforme esperado, a mudança dos pesos permitiu que o ponto 7 fosse considerado o melhor ponto para a instalação de um radar, com 644 pontos. Embora o ponto 5 tenha obtido a mesma pontuação do ponto 7 este será classificado em primeiro lugar por apresentar uma distância menor em relação a uma rodovia tendo em vista a preferência do decisor pela proximidade a essa camada de informação, nesta análise. Um novo teste foi realizado para observar o comportamento do algoritmo quando se deseja obter pontos com ênfase somente na altitude. Neste caso, utilizaram-se os dados do exemplo II e atribuiu-se peso 10 para a altitude e peso 2 para as demais camadas. Os resultados podem ser observados na Tabela VI, onde o melhor ponto para a instalação de um radar foi o de número 0, com 644 pontos. Embora o ponto 5 tenha obtido a mesma pontuação do ponto 0, este foi classificado em primeiro lugar por apresentar maior altitude tendo em vista a preferência do decisor por pontos mais altos.

Tabela VI RESULTADO DA SELEÇÃO DE PONTOS PARA O EXEMPLO II CONSIDERANDO A ALTERAÇÃO DOS PESOS.

| Ponto tomado nº: | Latitude | Longitude | Altitude (em metros) | Menor distância a (em metros) | | | Pontuação Parcial com respeito a | | | Pontuação Total | |
|------------------|-------------|-------------|----------------------|-------------------------------|---------|-----------|----------------------------------|---------|-----------|-----------------|----------|
| | | | | Rio | Rodovia | Município | Rio | Rodovia | Município | | Altitude |
| 0 | 22°22'12" S | 44°42'00" W | 2604 | 13756 | 12028 | 29837 | 48 | 48 | 48 | 500 | 644 |
| 1 | 22°25'48" S | 44°53'24" W | 2367 | 16738 | 12617 | 36331 | 48 | 48 | 24 | 500 | 620 |
| 2 | 22°12'00" S | 44°45'36" W | 2265 | 32776 | 31626 | 27071 | 24 | 24 | 48 | 500 | 596 |
| 3 | 22°03'00" S | 44°40'12" W | 2177 | 35379 | 45648 | 34221 | 24 | 48 | 24 | 500 | 596 |
| 4 | 22°46'12" S | 44°39'36" W | 2037 | 27089 | 24308 | 35685 | 48 | 48 | 24 | 500 | 620 |
| 5 | 22°46'48" S | 44°21'36" W | 1862 | 13959 | 11303 | 17246 | 48 | 48 | 48 | 500 | 644 |
| 6 | 22°12'00" S | 44°34'12" W | 1851 | 23781 | 27748 | 36508 | 4 | 48 | 24 | 500 | 576 |
| 7 | 22°09'00" S | 44°18'36" W | 1655 | 2742 | 36725 | 42641 | 100 | 24 | 24 | 240 | 388 |
| 8 | 22°58'48" S | 44°46'48" W | 1557 | 42026 | 7001 | 27245 | 24 | 100 | 48 | 240 | 412 |
| 9 | 22°51'00" S | 44°07'12" W | 1546 | 9944 | 5161 | 18900 | 100 | 100 | 48 | 240 | 488 |

Em todas as análises realizadas, classificando-se os pontos obtidos em ordem decrescente de pontuação total, o decisor poderá selecionar os n melhores pontos, tal que n seja menor ou igual ao número de pontos candidatos definido pelo decisor.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho apresentam uma primeira abordagem para o tratamento e manipulação das informações contidas em um SIG de forma a fornecer informações mais rápidas para o tomador de decisão no que diz respeito ao posicionamento de radares em uma determinada área de inte-

resse. Apresentou-se um algoritmo que considera diferentes informações: altitude do terreno, facilidades de acesso e de apoio e apresenta uma lista de pontos candidatos à instalação de radares que considera a relevância de todas as informações analisadas. Para trabalhos futuros pretende-se utilizar análise multicritério para a obtenção de um número de pontos desejados. Neste caso, será fundamentada a relevância de cada uma das informações no processo de seleção dos pontos candidatos a instalação de radares.

O resultado deste trabalho será utilizado como dado de entrada para algoritmos de otimização que tratam do problema de posicionamento de radares de vigilância visando à máxima cobertura da área em análise.

REFERÊNCIAS

- [1] Wikipédia. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Georreferenciamento>. Acesso em: 18 set. 2008.
- [2] G. Câmara e U. F. Moura, "Perspectivas em Sistemas de Informação Geográfica", Divisão de Processamento de Imagens – DPI, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, SP, Brasil, 1995.
- [3] G. Câmara e M. J. Ortiz, "Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: uma visão geral", Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola: Cartografia, Divisão de Processamento de Imagens – DPI, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1998.
- [4] F. B. Barcelos, L. A. N. Lorena e N. D. Pizzolato, "Localização de Escolas do Ensino Fundamental com Modelos Capacitado e Não-Capacitado: Caso de Vitória/ES", Pesquisa Operacional, vol. 24, n.º. 1, p.133-149, Jan./Abr. 2004. ISSN 0101-7438.
- [5] ESTEIO – Engenharia e Aerolevantamentos S.A. Geoprocessamento e SIG (homepage na internet). Atualizado em 28 ago. 2008. Disponível em: http://www.esteio.com.br/servicos/se_sig.htm. Acesso em: 10 set. 2008.
- [6] J. F. Lisboa, "Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica". Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, 2001.
- [7] C. M. Paglis, "Sistema de Informação Geográfica – SIG", Departamento de Agricultura (DAG), Universidade Federal de Lavras (UFLA). Disponível em http://www.dag.ufla.br/MODAGP/_private/SIG_transparencia.pdf. Acesso em: 10 set. 2008.
- [8] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/bases.php. Acesso em 19 set. 2008.