

APLICAÇÃO DE UM SIG NA SELECÇÃO DE LOCAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS EM ÁREAS VULNERÁVEIS À CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS

A.P. Luz⁽¹⁾; A. Francés⁽²⁾; J. Fernandes⁽³⁾; A. Carvalho Dill⁽⁴⁾

Resumo - No âmbito de um estágio profissionalizante da licenciatura de Engenharia do Ambiente foi desenvolvida e testada uma metodologia para a selecção de possíveis locais de implantação de aterros sanitários, recorrendo aos sistemas de informação geográfica. A localização deste tipo de infra-estruturas obedece a critérios diversos de natureza geológica, geomorfológica, topográfica, pedológica, biológica, hídrica, hidrogeológica, climatológica, demográfica, usos de solo e acessibilidades. O armazenamento, a integração e a manipulação de toda a informação de base foi possível graças ao desenvolvimento de um SIG, que permitiu igualmente a produção de informação intermédia e a geração do output final de acordo com os critérios exigidos. Para o efeito foi seleccionada uma área de 640 km² no nordeste alentejano, tendo sido testadas as respostas dadas por este método em locais vulneráveis à contaminação de aquíferos. As áreas geradas pelo Sistema foram validadas no campo verificando-se estarem em conformidade com os condicionalismos introduzidos no sistema. A metodologia que se coloca à discussão tem como objectivo evidenciar as potencialidades dos SIG em análises de macroescala, no contexto do planeamento e do ordenamento do território, em consonância com a gestão de recursos hídricos.

Palavras-chave - SIG, Aterro sanitário, Análise espacial.

(1) Engenheira do Ambiente, apluz@algar-sa.pt, ALGAR – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A, R. Cândido Guerreiro, n.º 43, 3ª Frente, 8000-318 Faro.

(2) Geólogo, frances.alain@igm.pt, Instituto Geológico e Mineiro – Departamento de Hidrogeologia, Estrada da Portela, Apartado 7586, 2720 Alfragide.

(3) Geóloga, ju.fernandes@igm.pt, Instituto Geológico e Mineiro – Departamento de Hidrogeologia, Estrada da Portela, Apartado 7586, 2720 Alfragide.

(4) Geóloga, amelia.dill@igm.pt, Instituto Geológico e Mineiro – Departamento de Hidrogeologia, Estrada da Portela, Apartado 7586, 2720 Alfragide.

1 - INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o aumento acentuado da produção de resíduos sólidos urbanos (RSU), como resultado de uma sociedade exageradamente consumista, tem constituído uma fonte de problemas para as entidades locais responsáveis pela sua gestão.

Os aterros sanitários surgem como solução imediata para o tratamento e destino final dos RSU. São imprescindíveis em qualquer sistema integrado de resíduos, visto serem considerados técnica e ambientalmente adequados. No entanto, os problemas existentes ao nível da gestão incorrecta destas infra-estruturas, têm originado impactos negativos sobre o ambiente e consequentemente nas populações locais. Como consequência, a sua implantação é dificultada, constituindo um dos processos de planeamento mais difíceis ao nível municipal. Este facto deve-se, em parte, à oposição social e à crescente dificuldade em encontrar terrenos disponíveis para o efeito. Assim, a escolha de locais adequados à sua implantação é de extrema importância, uma vez que, só adoptando uma política de prevenção, é possível garantir a integridade do meio ambiente em geral, e em particular o bem estar das populações.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas para processamento de informação que permitem organizar e integrar dados diversos e compreender as suas relações espaciais. Podem ser utilizados em todas as actividades que necessitem da gestão de informação espacial diversificada. São ferramentas chave na simulação e previsão dos efeitos das transformações a introduzir num processo de planeamento, permitindo tomadas de decisão mais correctas.

O presente trabalho pretende exemplificar a aplicação dos SIG em análises de macroescala, na selecção de locais de implantação de aterros sanitários no nordeste alentejano.

2 - OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Os Sistemas de Informação Geográfica constituem importantes instrumentos de organização e análise da informação, sendo utilizados dentro das mais diversas especialidades. Foram concebidos e desenvolvidos para proporcionar aos utilizadores a integração de informação georeferenciada num sistema informático permitindo, através de ferramentas de análise, a geração de nova informação, em função das necessidades específicas dos utilizadores.

Os SIG tornaram-se, hoje em dia, instrumentos fundamentais ao serviço da gestão dos recursos naturais e do ordenamento do território, permitindo dispor, em qualquer momento, de um conjunto integrado de dados multi-sectoriais de origens diferentes, facilmente actualizáveis e relacionáveis entre si, através de um referencial comum – um mesmo espaço geográfico (BURROUGH, 1986).

Tal como outro sistema ou tecnologia de informação, são utilizados para suportar processos de decisão. Oferecem aos decisores um ambiente integrado de diversa informação susceptível de ser localizada espacialmente. Questões como, onde está?, qual a distribuição de?, o que mudou?, qual o melhor caminho?, o que aconteceria se? podem ser respondidas através da utilização de um SIG (JULIÃO, 1997).

Para além de facultarem um fácil acesso à informação múltipla integrada numa única base de dados, possibilitam a elaboração de diferentes cenários alternativos e a simulação dos seus efeitos espaciais, permitindo uma melhor e mais correcta definição das medidas de planeamento a serem aplicadas. Por este motivo, os SIG constituem instrumentos poderosos de apoio a sistemas de decisão aos diferentes níveis.

3 - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – RSU

A deposição de resíduos sólidos em aterros sanitários constitui a solução mais económica e tecnicamente menos complicada, sendo o método mais aconselhado ao nível municipal, em especial para aglomerados populacionais pouco densos ou dispendo de verbas escassas (FARINHA e BARATA, 1993).

A principal desvantagem associada a este método resulta da inexistência de qualquer tipo de valorização dos resíduos, o que entra em desacordo com os princípios que norteiam o Desenvolvimento Sustentável (FARINHA e BARATA, 1993). A tendência, contudo, é que apenas sejam depositados em aterro, materiais inertes, ou que já não possam sofrer qualquer tipo de valorização, encontrando-se, actualmente, os modernos aterros sanitários, dotados de estações de triagem.

Segundo FARINHA e BARATA (1993) a deposição de resíduos sólidos em aterros deverá ser sempre implementada, uma vez que, qualquer outro sistema, como estações de tratamento ou centrais incineradoras, originam subprodutos, que deverão ter um destino final.

Os principais impactes resultam da contaminação do meio envolvente pelas “águas lixiviantes” e pelo biogás produzido e encontram-se associados à deficiente construção e exploração dos aterros.

As águas lixiviantes (com elevada percentagem de metais pesados), não sendo devidamente drenadas e tratadas, tendem a contaminar gravemente não só os terrenos adjacentes, como também os níveis freáticos. Defende-se, portanto, que o terreno seleccionado seja o mais impermeável possível, de modo a evitar que estas águas se possam infiltrar com facilidade, prevenindo-se com razoável margem de segurança, os perigos de contaminação (FARINHA e BARATA, 1993).

Do processo de degradação resulta ainda a formação de biogás, cujo controlo é de extrema importância. Este é constituído essencialmente por metano e dióxido de carbono (para além de gases traço, que embora em pequenas concentrações, são tóxicos e um risco para a saúde pública). O metano em concentrações de 5-15% do volume de ar forma misturas explosivas e o dióxido de carbono em concentrações de 4-5% no ar leva à perda de consciência e acima de 9% provoca a morte em minutos (??, 1997).

3.1 - Critérios de selecção de locais para a implantação de aterros sanitários

A escolha de locais adequados para a implantação de aterros sanitários é um dos passos de planeamento mais complicado ao nível municipal, uma vez que a selecção do local tem que ter em conta e satisfazer critérios sociais, ambientais e económicos (BOLTON e CURTIS, 1990).

A abordagem deste problema deve ser feita em duas fases. A primeira corresponde a uma análise à macroescala, com critérios técnicos, ambientais, sociais e económicos. A segunda refere-se a uma análise à microescala, onde outro tipo de critérios, essencialmente sociais e económicos, têm maior relevo.

Os estudos de aptidão implicam o conhecimento de todas as características do local, devendo para o efeito obedecer-se a uma série de princípios, que de acordo com TCHOBANOGLOUS (1993), são a localização, as restrições locais, a área disponível, as acessibilidades, o tipo de solo, a topografia, as condições climatéricas, a hidrologia superficial, os condicionamentos geológicos e hidrogeológicos, as condições ambientais e o uso potencial da área.

Assim, ao optar-se pela implantação de um aterro sanitário como principal forma de tratamento de resíduos, a primeira preocupação a ter em conta deverá ser a localização, e principalmente, a constituição geológica dos terrenos do local, com especial destaque para a possível existência de aquíferos mais ou menos profundos (FARINHA e BARATA, 1993).

Assim, a sua implantação numa determinada área deverá ser correctamente integrada e em equilíbrio com o local, no sentido de se prevenir eventuais situações de risco.

A metodologia adoptada teve em consideração as recomendações da Directiva Comunitária 99/31 de 26 de Abril e a actualidade dos diversos documentos publicados, tais como o Decreto-Lei n.º 239/97 de 9 de Setembro, os trabalhos “Estudos de Caracterização de Locais para Aterros Controlados” da Direcção Geral do Ambiente (DGA) de 1994 e “Confinamento de Resíduos Sólidos Urbanos em Aterros Sanitários” do Instituto dos Resíduos (IR) de 1996, para além dos critérios sugeridos pela EPA-USA (*Environmental Protection Agency*)

Deu-se prioridade aos documentos de origem portuguesa, tendo-se considerado os critérios sugeridos pelo Instituto dos Resíduos. No entanto, e pelo facto de não contemplarem todos os factores recomendados na bibliografia, consideraram-se cumulativamente os critérios sugeridos pela DGA, e por último, os sugeridos pela EPA.

O resultado desta sùmula de critérios encontra-se expresso no Quadro 1.

Quadro 1

Critérios utilizados na selecção de locais para implantação do Aterro Sanitário Intermunicipal

FACTORES	CONDIÇÕES FAVORÁVEIS
<p>GEOLÓGICOS</p> <p>Profundidade do leito rochoso</p> <p>Características</p> <p>Sismicidade</p> <p>Tectónica</p>	<p>> 15 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Xisto argiloso, blocos arenosos muito finos, bacias sedimentares - Distância mínima do perímetro de instalação a terrenos instáveis (sujeitos a queda de taludes): <ul style="list-style-type: none"> • Caso geral – 100 m; • Em zona sísmica – 300 m. - Não representar hidrologicamente qualquer risco (aconselhável um coeficiente de permeabilidade do solo a 10^{-9} m/s). - Zonas de baixa sismicidade. - A mais de 2 Km da falha activa.
<p>FÍSICOS</p> <p>Localização</p> <p>Relevo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Não ocupar terrenos afectos à REN e à RAN. Permitir uma boa inserção na paisagem quer durante a exploração quer após o encerramento. - Terras altas ; escavações em argila. - Zona plana ou ligeiramente inclinada; declive até 10%.
<p>ACESSIBILIDADES</p> <p>Acessos Públicos</p> <p>Estradas Nacionais</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Distância a EN, EM e parques públicos: <p>Distância mínima – 300 m; se não for possível manter essa distância, deverá prever-se uma cortina arbórea.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distância a aeroportos: <p>Distância mínima entre perímetros das instalações – 300 m.</p>
<p>CLIMATÉRICOS</p> <p>Ocorrência de tempestades</p> <p>Vento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evapotranspiração ≥ 0.1 m do que a precipitação. - Baixa frequência de ventos e tempestades severas. - Boa dispersão atmosférica e não existência de centros populacionais na direcção dos ventos predominantes
<p>SOLOS</p> <p>Profundidade</p> <p>Textura</p> <p>Drenagem</p> <p>Infiltração</p> <p>Matéria orgânica</p> <p>Permeabilidade do subsolo e características</p>	<p>> 1 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Silte a barro - Boa a moderadamente boa. - 2 a 5 cm/hora. - 1%. - Misturas de areia, silte e argila, areias finas ou lamas com 10^{-3} a 10^{-7} cm/s

4 - CASO DE ESTUDO: APLICAÇÃO DE UM SIG NA SELECÇÃO DE LOCAIS À IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO INTERMUNICIPAL NA REGIÃO DO NORDESTE ALENTEJANO

O trabalho desenvolvido teve como objectivo evidenciar as potencialidades dos SIG na apresentação de zonas com aptidão para implantação de aterros, através da análise, interpretação, integração e representação de fenómenos com variabilidade espacial.

Para tal, seleccionou-se uma área de trabalho de 640 km², no Nordeste Alentejano, correspondente às folhas 358, 370, 371, 384 da Carta Militar de Portugal, à escala 1 / 25000, que engloba parte dos concelhos de Alter do Chão, Fronteira, Monforte, Crato e Portalegre.

4.1 - Implementação do Sistema (Metodologia adoptada)

4.1.1 - Software utilizado

Para a realização deste trabalho foi utilizado *software* da INTERGRAPH, a qual dispõe de um pacote de aplicações integradas que permitem a construção, o desenvolvimento e a manipulação de projectos SIG. Neste trabalho utilizaram-se os módulos MicroStation 95, IRAS/C, IRAS/B, I/GEOVEC, e como núcleo estrutural do SIG, o MGE (Modular GIS Environment), constituído pelo Basic Nucleous (MGNUC), Basic Administrator (MGAD), Base Mapper (MGMAP), Terrain Modeler (MTA) e Analyst (MGA) (Quadro 2).

Com o MicroStation 95, um *software* do tipo Computer Assisted Design, geram-se ficheiros de formato vectorial (extensão .dgn) que reproduzem fielmente os objectos ou fenómenos pretendidos, através de pontos, linhas e áreas. As aplicações IRAS/C, IRAS/B permitem a manipulação de imagens (formato *raster*) e como trabalham no ambiente gráfico do MicroStation95, o utilizador faz a digitalização de elementos gráficos, tendo por base a imagem georeferenciada. O I/GEOVEC permite a conversão de informação analógica rasterizada para o formato gráfico vectorial de uma forma semi-automática.

O MGE é o *software* que permite adquirir, armazenar, aceder, analisar e visualizar dados espaciais, funcionando como um sistema de gestão de base de dados espaciais. Fornece um conjunto de ferramentas para integração da informação espacial e alfanumérica num só sistema e funciona num ambiente integrado com o MicroStation95. Mais especificamente, proporciona ao utilizador inúmeras possibilidades, como sejam, capturar e manipular a informação, seleccionar a informação para análise espacial e topológica, definir projectos, operar com dados de natureza geográfica ou susceptíveis de referência geográfica, visualizar as unidades de natureza geográfica, entre outros.

É ainda o responsável pela criação e gestão de bases de dados alfanumérica, em formato MS Access, permitindo a sua ligação à informação gráfica. A interface entre os *softwares* é estabelecida utilizando o RIS (Relational Interface Systems) ou o ODBC (Open Database Connectivity).

Quadro 2

Estrutura do pacote integrado de aplicações utilizado no projecto.

MGE Basic Administrator (MGAD)	MGE Base Mapper (MGMAP)	MGE Terrain Modeler (MTA)	MGE Analyst (MGA)	Outras aplicações Intergraph compatíveis
MGE Basic Nucleous (MGNUC)				
ODBC		IRAS/B	IRAS/C	I/GEOVEC
MS Access		Microstation 95		
Windows NT				

4.1.2 - Aquisição da Informação (fase 1)

O processo de tratamento da informação gráfica foi definido com a seguinte sequência de passos:

- Informação em formato analógico;
- *Scannerização* (aquisição digital da imagem) do suporte analógico;
- Georeferenciação da imagem obtida;
- Digitalização manual ou semi-automática com apoio da imagem *raster*;
- Saída em formato analógico para verificação visual.

(Adaptado de PORTEIRO, 1998)

Após este processo ficou disponível informação relativa às divisões administrativas, altimetria, hidrografia, geologia, aquíferos, captações públicas, rede viária, aglomerados urbanos, toponímia, Reserva Agrícola Nacional (RAN) e Reserva Ecológica Nacional (REN) (figura 1).

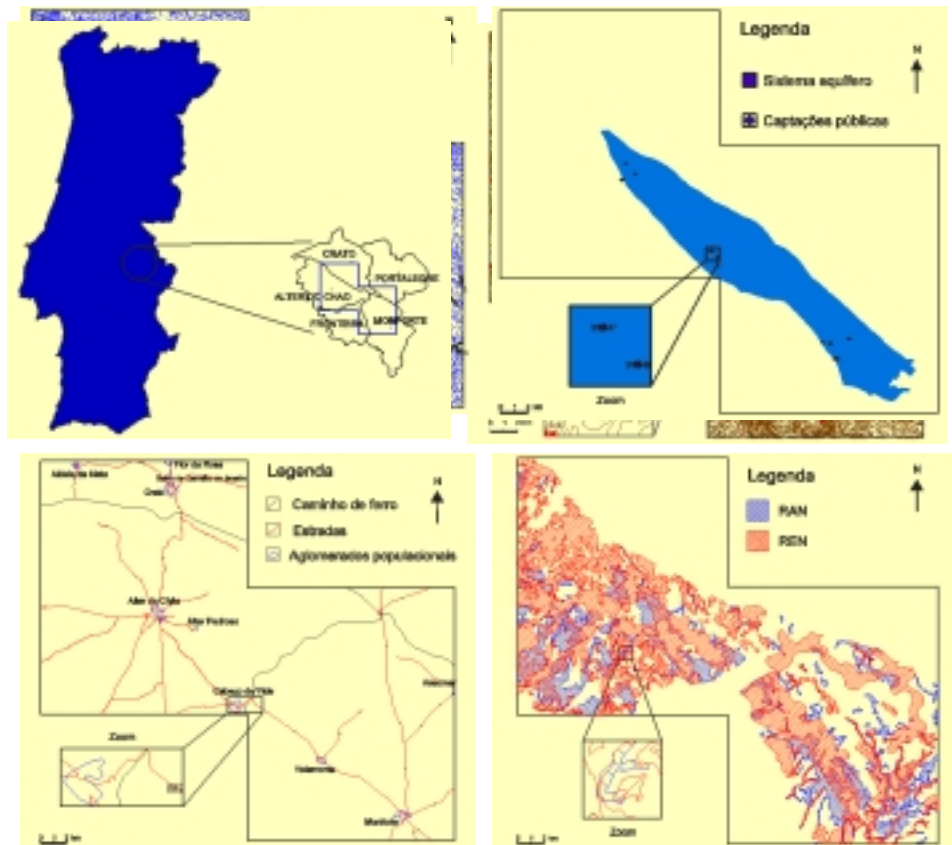


Figura 1 – Aquisição da informação relativa às divisões administrativas, altimetria, hidrografia, aquíferos, captações públicas, rede viária, aglomerados urbanos, toponímia, Reserva Agrícola Nacional (RAN) e Reserva Ecológica Nacional (REN)

4.1.3 - Integração e validação da informação (fase 2)

Após a recolha, tratamento e processamento da informação foi necessário validar e integrar no MGE, que constitui o núcleo estrutural do SIG. Para tal criou-se um projecto de acordo com os seguintes passos:

- Criação da ligação da base de dados no ODBC;
- criação do projecto em MGE;
- activação do esquema do projecto;
- criação do *seed file* do projecto;
- tratamento dos ficheiros gráficos;
- definição das categorias, *features* e domínios;
- ligação dos elementos gráficos às *features* correspondentes;
- carregamento das tabelas gráficas;
- construção e carregamento das tabelas alfanuméricas.

4.1.4 - Geração da informação (fase 3)

Depois de integrada e validada a informação, iniciou-se o processamento dos dados e geração de informação intermédia, necessária ao cruzamento e análise final dos dados. Nesta fase procedeu-se à elaboração de um modelo digital de terreno (figura 2) com vista à obtenção de um mapa de declives (figura 3) e de exposições ao vento (figura 4).

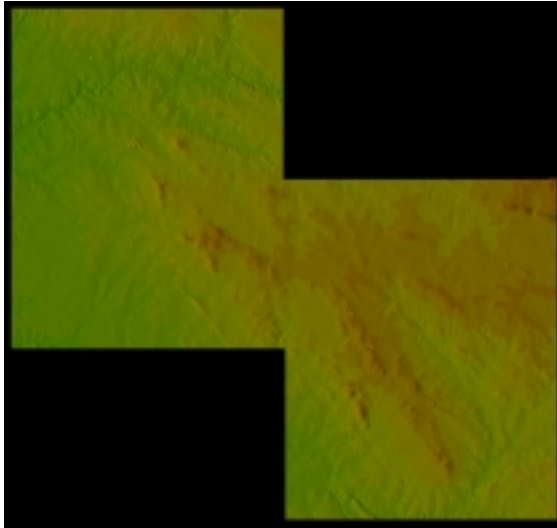


Figura 2 – Modelo Digital de Terreno

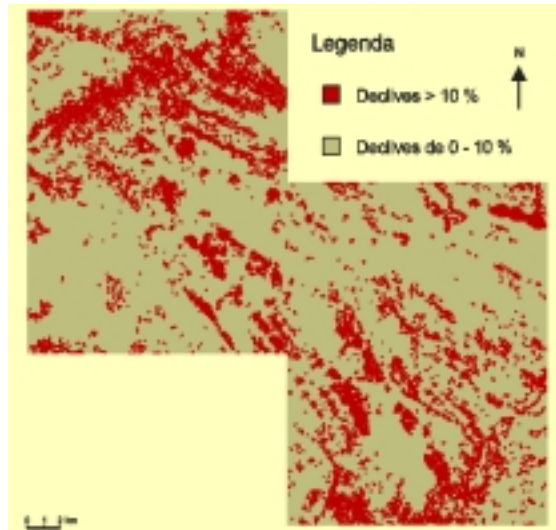


Figura 3 – Mapa de Declives

O mapa de declives foi efectuado em percentagem, para as classes de 0 a 10% e 10 a 100% (figura 3). O modelo de exposições, feito em graus, permitiu determinar as vertentes que se encontram mais expostas à acção dos ventos na região (figura 4).

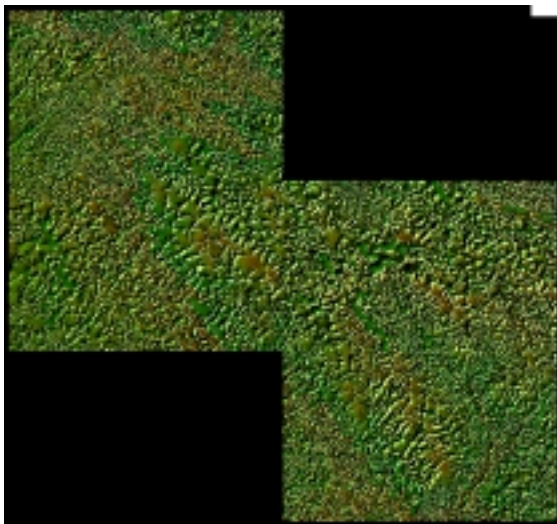


Figura 4 – Mapa de Exposições ao Vento

4.1.5 - Processamento e análise espacial (fase 4)

O processo seguido nesta fase foi integralmente efectuado em MGE Analyst e consistiu na pesquisa direccionada (construção de *queries*) à informação contida nos ficheiros gráficos e base de dados de modo a gerar o *output* final, ou seja, determinar quais as áreas que estão de acordo com os critérios estabelecidos para a implantação de aterros sanitários.

É através da análise espacial que se efectua o cruzamento da informação temática. Para tal foi necessário proceder-se à criação de ficheiros topológicos, a partir de ficheiros .dgn.

A topologia é um conceito fundamental nos SIG e concretamente na análise espacial associado ao modelo vectorial dos dados espaciais. Refere-se às relações de vizinhança, contiguidade e conectividade entre os modelos gráficos armazenados no sistema, conjuntamente com a descrição geográfica e alfanumérica de cada objecto. Assim, é fazendo uso das características topológicas dos objectos gráficos, que é possível efectuar as análises espaciais que caracterizam um SIG (MEDEIRO e GRANADO, 1993).

Criação de zonas de influência

Uma zona de influência (*buffer zone*) corresponde a uma área circundante ou no interior de uma ou mais entidades gráficas, com uma distância constante à entidade, definida pelo utilizador (PORTEIRO, 1998).

Assim e de acordo com os critérios definidos para a implantação de aterros sanitários, procedeu-se, à criação de *buffers* parciais de 500m para os aglomerados populacionais, 400m para os poços, 300m para as albufeiras e para as estradas, 100m para os rios e furos. Estas áreas constituem locais de exclusão à implantação de aterros.

Para facilitar o processamento da informação foi necessário proceder à união dos *buffers* obtidos, de modo a obter um único polígono que englobasse todos os outros (figura 5).



Figura 5 – Zonas de influência

Análise espacial

Tendo em conta os critérios definidos no Quadro 1, foi construída uma pesquisa (*query*), onde se pretendeu determinar quais as áreas indicadas para a implantação do aterro sanitário intermunicipal.

Uma pesquisa corresponde a um pedido de informação à fonte de dados, ou seja, é uma pergunta ao sistema sobre a informação que satisfaz uma determinada condição, definida pelo utilizador.

A pesquisa designada por “zona de exclusão” para implantação de aterros sanitários permitiu gerar um mapa onde se assinalam a azul as áreas respeitantes ao sistema aquífero, à RAN e REN, aos declives compreendidos entre 10 e 100%, e as envolventes de aglomerados, albufeiras, rios, estradas, furos e poços. A restante área cumpre os critérios estabelecidos para a implantação de aterros sanitários (figura 6).

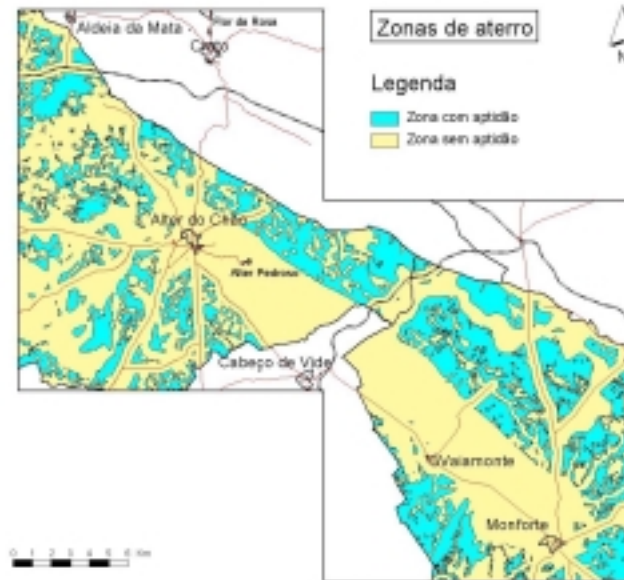


Figura 6 – Resultado final onde se destacam as zonas com ou sem aptidão para implantação de aterros sanitários

5 - ANÁLISE DE CAMPO

Depois de efectuado o estudo e obtido o *output* final, foi necessário proceder-se a uma observação “*in situ*” dos locais seleccionados, no sentido de ser validada a avaliação feita.

De acordo com os resultados obtidos, constatou-se que o número de locais seleccionados com uma disponibilidade de área suficiente para a implantação do aterro intermunicipal foi considerável, tendo, maior incidência no concelho de Monforte e na zona SE do concelho de Alter do Chão. Da visita ao local, poder-se-á afirmar que as zonas seleccionadas encontram-se em conformidade com os critérios utilizados, podendo ser consideradas, em termos ambientais, adequadas para o efeito.

6 - CONCLUSÕES

Os aterros sanitários, constituem uma solução técnica e ambientalmente adequada para o tratamento e destino final dos RSU, sendo considerados imprescindíveis em qualquer sistema integrado de resíduos. No entanto, e no sentido de ser adoptada uma política de prevenção, é de extrema importância que a escolha do local onde vão ser implantados seja a mais adequada, uma vez que, a sua indevida construção e exploração poderá proporcionar eventuais situações de risco para o ambiente e para a população em geral.

O trabalho desenvolvido evidenciou as potencialidades dos sistemas de informação geográfica na escolha do local mais apropriado à implantação de um aterro sanitário intermunicipal. Com base na integração de toda a informação necessária à tomada de decisão e na análise espacial, foi possível seleccionar as áreas mais adequadas, pelo que o SIG se revela um instrumento poderoso no apoio à tomada de decisão, contribuindo para o Planeamento e Ordenamento Sustentado do Território.

BIBLIOGRAFIA

- ?? (1997) – *Protecção Ambiental em Aterros Sanitários*. Ambiente Magazine, n.º 14, (Jan/Fev/Março/97), pp. 38-39.
- BOLTON, K. F.; CURTIS, F. A. (1990) – *An Environmental Assessment Procedure for Siting Solid Waste Disposal Sites*. Environmental Impact Assessment Review 38, vol. 10, n.º 3.
- BURROUGH, P. A. (1986) – *Principles of Geographical Information Systems for land Resources Assessment*. Oxford, U. K., Clarendon Press.
- DIRECÇÃO-GERAL DO AMBIENTE (1994) – *Estudo de Caracterização de Locais para Aterros Controlados* – Estudos Complementares relacionados com o Sistema Centralizado de Gestão de Resíduos, Estudo n.º 1542, Lisboa, Direcção-Geral do Ambiente.
- FARINHA, A. M. R.; BARATA, E. J. G. (1993) – *A Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos na Região Centro*. Estudos Sectoriais, Coimbra, Comissão de Coordenação da Região Centro,.
- INSTITUTO DOS RESÍDUOS (1996) – *Confinamento de Resíduos Sólidos Urbanos em Aterros Sanitários*. Processo de Autorização de Projectos, Lisboa, Instituto dos Resíduos.
- JULIÃO, R. P. (1997) - *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*. Instituto de Formação de Quadros.
- MEDEIRO, A. M. H.; GRANADO, I. M. I. (1993) – *Sistema de Informação Geográfica para a região de Leiria*. Relatório de estágio, Lisboa, Centro Nacional de Informação Geográfica.
- PERSU (1999) - *Plano Estratégico Sectorial de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Lisboa, Instituto dos Resíduos.
- PORTEIRO, A. M. (1998) – *Sistema de Informação Geográfica Aplicado à Ilha de São Jorge – Açores*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Geodinâmica. Lisboa, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- QUERCUS, (1993) – *A Situação dos Resíduos Sólidos Urbanos em Portugal. Análise dos Conhecimentos*. Proposta de um Estudo, Lisboa, QUERCUS.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H., VIGIL, S. A. (1991) – *Integrated Solid Waste Management*. Singapura, McGraw-Hill International Editions.