



# Localização de áreas para infiltração de águas residuais tratadas de pequenos aglomerados urbanos

Flora Silva <sup>(1)</sup>; António Albuquerque <sup>(2)</sup>; Victor Cavaleiro <sup>(2)</sup>; Helena Marecos do Monte <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> ESTIG - Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, Apartado 1134, 5301-857 Bragança, Portugal, e-mail: [flora@ipb.pt](mailto:flora@ipb.pt)

<sup>(2)</sup> Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Edifício 2 das Engenharias, Calçada Fonte do Lameiro, 6201-001 Covilhã, Portugal, e-mail: [ajca@ubi.pt](mailto:ajca@ubi.pt), [cavaleiro@ubi.pt](mailto:cavaleiro@ubi.pt)

<sup>(3)</sup> Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Rua Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa, Portugal, e-mail: [hmarecos@dec.isel.ipl.pt](mailto:hmarecos@dec.isel.ipl.pt)

Área Científica - CT 19 - Sistemas Espaciais e de Informação Geográfica

## Resumo

Na região da Beira Interior algumas origens de água não apresentam características compatíveis com algumas utilizações, devido a fenómenos de poluição (descarga de efluentes) ou por se encontrarem sobre-exploradas. Contudo, as necessidades de água tenderão a crescer nesta região para satisfazer as exigências de actividades sócio-económicas, o que implicará a procura de recursos hídricos alternativos. Após uma campanha de monitorização de dois anos na ETAR de Vila Fernando (Guarda), as características do efluente tratado sugerem que poderia ser utilizado para infiltração no solo. A partir de seis cartas temáticas e de critérios ambientais, técnicos e económicos, seleccionou-se uma área de estudo de 6687,1 ha. Esta área foi analisada com base na manipulação de informação complexa com recurso a Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), na sobreposição de áreas de exclusão e inclusão e utilizando uma análise multicritério, obtendo-se uma Carta de Aptidão com uma área favorável para infiltração de 6,4 ha.

**Palavras-chave:** Localização de áreas; Infiltração; Águas Residuais Tratadas; SIG

## 1 Introdução

Os recursos hídricos não são ilimitados, sendo por isso fundamental protegê-los e conservá-los. Basta referir que “a água é o recurso natural mais valioso do planeta, pelo que a sua conservação constitui um dos mais importantes pilares do desenvolvimento sustentável” [1]. As alterações climáticas têm influenciado a variabilidade do regime hidrológico em todo o Mundo e se a este facto se adicionar a forte pressão antropogénica dos recursos hídricos, constata-se que existe, cada vez mais, a necessidade de alteração do padrão considerado normal, ou convencional, de gestão e obtenção de recursos hídricos. O aumento da procura de água na região da Beira Interior, particularmente nas áreas áridas e semi-áridas, revela a importância de se preservar ou reforçar as origens de água subterrânea. Muitos dos aquíferos da região estão sobre-explorados, devido ao aumento da necessidade de água para rega agrícola, paisagística e estâncias termais.

Uma das formas que poderia contribuir para manter as reservas de água no solo seria, como sugere Bower [2], a recarga de aquíferos com águas residuais tratadas (ART), que pode ser feita por injeção directa ou por infiltração no solo (neste caso, durante o percurso de infiltração através do solo, as características da água sofrem um tratamento de afinação natural proporcionado por mecanismos de filtração, adsorção e biodegradação, resultando na redução de partículas em suspensão, de teores residuais de compostos orgânicos e de microrganismos, nomeadamente vírus). A recarga indirecta por infiltração é um método interessante para a gestão de volumes extraídos em zonas de sobre-exploração do recurso, além de funcionar como processo de tratamento de afinação. A infiltração rápida em bacias de infiltração consiste no chamado SAT (*Soil Aquifer Treatment*), que não requer um tratamento prévio das águas residuais tão completo, antes constituindo um processo de tratamento complementar, que chega mesmo à desinfecção [3]. A definição de uma

metodologia para infiltração de ART requer a recolha, tratamento e análise de informação complexa (por exemplo: tipo e ocupação do solo, características do aquífero, restrições legais e ambientais, características das ART, acessibilidades, entre outros) e de ferramentas para uma análise multicritério. Deste modo, o uso de SIG permite georreferenciar, armazenar, tratar e manipular a referida informação, possibilitando a criação de áreas de exclusão e de potencial aplicação.

O objectivo principal deste estudo centra-se na identificação de potenciais locais para a infiltração de ART, utilizando uma análise multicritério baseada em SIG. Pretende-se mostrar que as ART provenientes de pequenas ETAR (neste estudo foi seleccionada a ETAR de Vila Fernando, um aglomerado urbano do distrito da Guarda) podem ser utilizadas, por exemplo, para a recarga de aquíferos em áreas com escassez de água, reduzindo a descarga de cargas poluentes no ambiente e beneficiando actividades económicas e turísticas.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Identificação e caracterização da área de estudo

Para a selecção da área de estudo, foi considerado o limite superior do perímetro de protecção das Termas do Cró, pertencente ao concelho do Sabugal e distrito da Guarda e uma fonte de águas residuais tratadas a utilizar para infiltração (ETAR de Vila Fernando). Vila Fernando é uma freguesia do concelho e distrito da Guarda, com uma área total de 15,97 km<sup>2</sup>, composta por Vila Fernando e Vila Fernando Gare separadas pelo Rio Noéme, um afluente do Rio Côa, que por sua vez é também um afluente do Rio Douro. A área localiza-se no noroeste da região da Beira Interior, no distrito da Guarda, com altitudes que variam entre 710 m e 875 m.

O clima é continental, com uma precipitação média anual de 780 mm, evapotranspiração média de 700 mm, esperando-se um défice de água durante o período de Junho a Setembro. A temperatura média é de 10,7 °C [4].

Os solos dominantes na área de estudo são os antrossolos (61,81%), seguindo-se os umbrissolos (22,56%), regossolos (13,94%) e cambissolos (1,69%). No que refere à ocupação do solo, está dividida em agricultura com espaços naturais e semi-naturais (28,17%), culturas temporárias de sequeiro (1,87%), florestas abertas, cortes e novas plantações (30,61%), florestas de folhosas (5,29%), matos (1,51%), pastagens permanentes (2,67%), sistemas culturais e parcelares complexos (21,64%) e vegetação herbácea natural (8,24%).

A ETAR de Vila Fernando está incluída no sistema Multimunicipal de Saneamento do Alto Zêzere e Côa e localiza-se nas proximidades de Vila Fernando. Foi dimensionada para um horizonte de 40 anos e entrou em funcionamento em Abril de 2007 [5]. A descarga do efluente tratado é realizada num afluente do Rio Noéme. As lamas, depois de digeridas do tanque Imhoff, são descarregadas por pressão hidrostática em leitos de secagem, para a sua desidratação final.

Para este estudo foram utilizados os resultados obtidos numa campanha de monitorização da qualidade das águas residuais tratadas provenientes da ETAR de Vila Fernando, realizada no âmbito do projecto *EVAWET* (EVALuation of the hydrodynamic and environmental behaviour of constructed WETlands for wastewater treatment and reuse), que decorreu entre Novembro de 2007 e Novembro de 2009. A campanha englobou a medição diária de caudal afluente à ETAR e a recolha quinzenal de amostras, à entrada e saída da ETAR, para determinação dos seguintes parâmetros: pH, temperatura, carência bioquímica de oxigénio (CBO<sub>5</sub>), carência química de oxigénio (CQO), sólidos suspensos totais (SST), azoto amoniacal (N-NH<sub>4</sub>), azoto nítrico (N-NO<sub>3</sub>), azoto total (NT), fósforo total (PT), condutividade eléctrica (CE), sódio (Na), cálcio (Ca), potássio (K), cloro (Cl), coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF), E. Coli e

ovos de Helmintha (OH). Nas últimas 3 amostragens, foi também determinado o magnésio (Mg), boro (B), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn).

## 2.2 Identificação de potenciais áreas para infiltração de ART

Esta etapa incluiu a identificação de áreas com potencial para infiltração de ART tendo em atenção restrições ambientais, técnicas e económicas, bem como o perímetro de protecção das Termas do Cró e a fonte de água a reutilizar (ETAR de Vila Fernando). A selecção das variáveis consideradas em cada um dos critérios teve por base procedimentos seguidos por especialistas, regras internacionais e documentos técnicos [1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. De seguida apresentam-se as variáveis consideradas em cada um dos critérios ambiental, técnico e económico.

- **CRITÉRIO AMBIENTAL:** para evitar contaminação por infiltração de águas residuais tratadas, deve ser considerada uma distância de segurança de 50 m relativamente a captações de água para rega, uma distância de segurança de 100 m relativamente a captações de água para consumo humano (100 m de linhas de água e de depósitos de água); deve ser considerada uma distância de 200 m relativamente a aglomerados populacionais, para salvaguardar estas áreas de possíveis contaminações [13];
- **CRITÉRIO TÉCNICO:** uso ou ocupação do solo (foi usada a Carta de Ocupação do Solo - Corine Land Cover), para avaliar o potencial uso do solo; declives (as áreas para infiltração deverão ter um declive situado entre 0% e 12%, uma vez que declives mais elevados aumentam o escoamento, a erosão do solo e geram instabilidade no solo; textura do solo: as zonas não saturadas não devem conter camadas de argila e outros solos que possam restringir o movimento descendente da água. Para evitar o entupimento dos solos e para assegurar o tratamento da água residual, o solo deve ter uma fracção baixa de argila, nomeadamente menos de 10% de argila; tipo de solo: o solo para infiltração de água residual tratada não deve ter rocha no topo, uma vez que grande parte da melhoria da qualidade da água reutilizada ocorre no primeiro metro de solo; profundidade do aquífero: o aquífero deverá ser suficientemente profundo e transmissivo para prevenir aumentos excessivos de água no solo devido à infiltração. O mínimo nível estático de água do solo aceitável para infiltração de água residual tratada são 5m, para poder ter uma zona não saturada suficiente para purificação da água residual;
- **CRITÉRIO ECONÓMICO:** de modo a diminuir os custos de deslocação das águas residuais tratadas desde a ETAR até ao possível local de aplicação das referidas águas, deve existir uma distância máxima de 8 Km.

Os elementos com restrições foram localizados e georreferenciados (ou seja: rede hidrográfica, captações de água para rega e consumo humano, aglomerados urbanos e declives). Deste modo, com base na informação e cartografia recolhidas, quer em formato matricial, quer em formato vectorial, foram desenvolvidas as seguintes tarefas, recorrendo ao software *ArcGIS 9.2* (componentes *ArcCatalog*, *ArcMap* e *ArcToolbox*):

- Levantamento de áreas com potencial para infiltração de ART;
- Elaboração de uma carta de aptidão para infiltração de ART.

## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Área de estudo

A área geográfica seleccionada para realização do estudo desenvolve-se entre a ETAR de Vila Fernando e o limite superior do perímetro de protecção das Termas do Cró (Figura 1). Foi definida a partir da digitalização e georreferenciação das Cartas Militares nºs 192, 193, 194, 203, 204, 214, 215, 225 e 226 tendo sido necessário sobrepor elementos cartográficos. A área total é de 6687,1 ha.

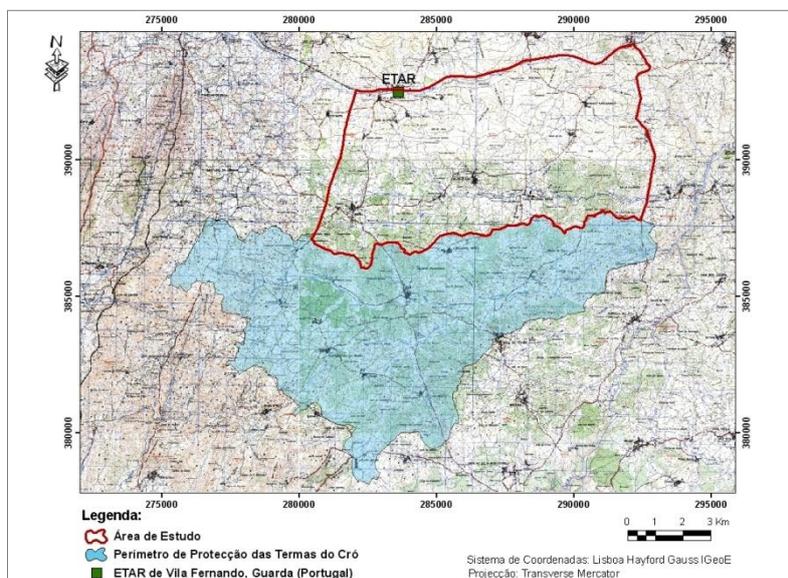


Figura 1 - Localização da área de estudo, distrito da Guarda (Portugal)

### 3.2 Características da água residual tratada para reutilização

Da campanha de monitorização realizada durante um período de dois anos (Novembro de 2007 a Novembro de 2009) ao sistema de tratamento de águas residuais de Vila Fernando, verifica-se que 21 500 m<sup>3</sup>/ano de água residual tratada podem ser usados para infiltração sem qualquer tratamento adicional. Os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características das águas residuais tratadas da ETAR de Vila Fernando (2008-2009)

Parâmetros	Afluentes <sup>(1)</sup>	Efluentes <sup>(1)</sup> (ART)
Caudal (m <sup>3</sup> /d)	58,9 ± 26,0	-
Temperatura (°C)	15,6 - 3,8	15,3 - 3,9
pH	6,2 - 7,3	6,3 - 7,7
CE (dS/m)	0,22 ± 0,02	0,22 ± 0,02
CBO <sub>5</sub> (mg/L)	105,7 ± 32,1	27,4 ± 7,2
CQO (mg/L)	265,2 ± 79,8	83,9 ± 13,0
SST (mg/L)	64,0 ± 19,2	27,1 ± 18,3
N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	60,3 ± 5,8	54,4 ± 7,4
N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	1,7 ± 1,5	0,8 ± 0,5
NT (mg/L)	74,2 ± 16,1	60,7 ± 13,8
PT (mg/L)	9,5 ± 2,2	6,9 ± 1,3
Na (mg/L)	110,9 ± 14,4	118,7 ± 11,4
Mg (mg/L)	0,23	0,21
Ca (mg/L)	19,5 ± 2,4	23,6 ± 3,1
K (mg/L)	30,2 ± 4,6	28,4 ± 5,3
Cl (mg/L)	83,7 ± 31,3	79,5 ± 32,5
B (mg/L)	<0,02	<0,02
Cd (mg/L)	<0,02	<0,02
Cr (mg/L)	1,1 ± 0,2	<0,1
Co (mg/L)	0,05 ± 0,01	0,01 ± 0,00
Ni (mg/L)	0,23 ± 0,04	0,05 ± 0,01
Pb (mg/L)	0,03 ± 0,01	<0,01
Zn (mg/L)	0,01 ± 0,00	< 0,01
CT (NTU/100 mL)	1,79 × 10 <sup>7</sup> ± 1120	1,95 × 10 <sup>6</sup> ± 980
CF (NTU/100 mL)	3,78 × 10 <sup>6</sup> ± 458	6,91 × 10 <sup>5</sup> ± 652
E.Coli (NTU/100 mL)	5,02 × 10 <sup>6</sup> ± 879	1,05 × 10 <sup>4</sup> ± 540
OH (n° ovos 10L <sup>-1</sup> )	<10	<10

<sup>(1)</sup> Média e intervalo de confiança (calculado para um nível de confiança de 95% e o seguinte número de amostras: 40 (caudal, temperatura, pH, CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, NT, PT, Na, Ca, K e Cl), 10 (CE e CT, CF), 6 (OH, E.Coli, Mg, B, Cd, Cr, Co, Ni, Pb e Zn).

Os resultados permitem verificar que as concentrações de azoto total (NT), azoto amoniacal ( $N-NH_4$ ) e fósforo total (PT) seriam elevadas para descarga em meio hídrico, ou até para rega agrícola. A concentração de compostos inorgânicos e a carga microbiológica são similares à dos efluentes secundários caracterizados por Pedrero [14] na região de Múrcia (Espanha). Se a aplicação fosse para fins agrícolas, urbanos, industriais ou paisagística, tendo em atenção os limites admissíveis em vários estudos [1, 3, 15], norma (NP 4434-2005) [16] e legislação [17], o efluente necessitaria de um tratamento complementar para reduzir as cargas de azoto, fósforo e microbiológica, previamente à sua utilização.

Quando a infiltração é efectuada à superfície do solo ou na zona não saturada, grande parte da matéria orgânica, formas de azoto e de fósforo e metais pesados são removidos ou convertidos no primeiro metro de solo. O solo pode funcionar, como um sistema de tratamento por meio poroso (o designado SAT) [1]. A maior preocupação reside nos nitratos, que resultam da oxidação do amónio, e na carga bacteriológica. Se a zona de infiltração se localizar em solos arenosos permeáveis, com um afastamento do nível freático de Inverno superior a 5 m (i.e. altura mínima da zona não saturada), que permita a aplicação de taxas de infiltração entre 0,2 e 1m/d, a concentração final de matéria orgânica, azoto amoniacal, nitritos, nitratos, SST, metais pesados e carga bacteriológica será reduzida significativamente [3]. Guessab et al. [18] observaram eficiências de remoção da ordem dos 99% de CF e *streptococcus* fecais e a eliminação completa de OH em solos arenosos com zona não saturada de 5 m, para taxas de infiltração de 0,23 m/d. Brissaud et al. [19] observaram a remoção entre 1,5 e 4 logs de CF em colunas de areia fina com 1 m de altura para taxas de infiltração entre 0,5 e 1 m/d.

Na área em estudo, a profundidade do aquífero varia entre 10 a 50 m [12]. Sendo assim, o local mais adequado para a localização de bacias de infiltração, seria uma zona com solo arenoso e fino, que permitisse uma velocidade de infiltração da ordem de 1m/d, ou até superior, uma vez que a altura da zona não saturada é superior a 10 m, e que estivesse afastado do aquífero de águas sulfurosas que alimenta as Termas do Cró.

### 3.3 Potenciais áreas para infiltração de ART

Nesta fase, houve necessidade de correlacionar e estruturar informação já registada, que se materializou em operações de análise espacial. Assim, para a elaboração da Carta de Aptidão, utilizou-se uma análise multicritério, utilizando o método da sobreposição booleana, tal como sugerido por Kallali et al. [11] e Zhao et al. [20], que consistiu na reclassificação de variáveis (cartas temáticas) na forma binária (0/1), tendo sido estas posteriormente combinadas de acordo com operações lógicas de intersecção e união de carácter inclusivo (áreas de possível aptidão) e exclusivo (áreas sem aptidão).

Os critérios de exclusão estão associados à protecção dos aglomerados urbanos (perímetro de protecção até 200 m), pontos de água (até 50 m relativamente a captações de água para rega e até 100 m relativamente a captações de água para consumo humano), de acordo com [13], tal como também foi admitido por Pedrero et al. [12] e Ribeiro [21]. De acordo com Kallali et al. [11], os locais de infiltração por percolação não devem ser inseridos em zonas com declive superior a 12% (declives mais elevados fazem aumentar o escoamento, a erosão do solo, gerando instabilidade no solo). No que refere ao uso ou ocupação do solo, foram excluídos todos os tipos de ocupação à excepção dos Matos, visto serem terrenos baldios, podendo ser utilizados para a finalidade deste estudo. Relativamente ao tipo de solo, foram excluídos todos os solos, à excepção dos Antrossolos, porque são solos que têm mais de 1 m de profundidade, uma textura do tipo areia fina e que permite uma velocidade de infiltração de 1 m/d (características estas que se mostram adequadas para remover a carga poluente das ART) [12]. Finalmente, foram excluídas as áreas que se encontram a uma distância superior a 8 Km da ETAR (fonte de ART a reutilizar), pois, como referem Kallali et al. [11], este critério

está relacionado com a minimização de custos desde a ETAR ao possível local de aplicação, não devendo a distância ser superior àquele valor.

A elaboração da Carta de Aptidão para infiltração de ART englobou, assim, a utilização de seis cartas temáticas [Tipo de Solo (TS), Ocupação do Solo (OS), Pontos de Água (PA), Aglomerados Urbanos (AU), Declives (D) e Distância de 8 Km da ETAR, dentro da área de estudo (DETAR)], através de operações realizadas com recurso a SIG.

O procedimento de cálculo envolveu a sobreposição das áreas de exclusão e inclusão de cada uma das cartas temáticas sobre a área de estudo, através de operações algébricas de mapas, com os pesos definidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Cartas temáticas e respectivos pesos atribuídos

Critério	Carta	Descrição	Peso
Ambiental	PA	Até 100m de Linhas de Água e Depósitos de Água	0
		Superior a 100 m de Linhas de Água e Depósitos de Água	1
		Até 50m de Poços para rega	0
		Superior a 50 m de Poços para rega	1
	AU	Até 200 m de Aglomerados Urbanos	0
		Superior a 200 m de Aglomerados Urbanos	1
Técnico	OS	Outros Tipos de Ocupação do Solo Ocupação do Solo do Tipo Matos	0 1
	TS	Outros Tipos de Solos Solos do Tipo Antrossolo	0 1
	D	Declives superiores a 12% Declives situados entre 0% e 12%	0 1
Económico	DETAR	Distância superior a 8Km da ETAR Zona a menos de 8Km da ETAR	0 1

O valor de cada célula da Carta de Aptidão resultou, assim, da soma da multiplicação dos pesos atribuídos a cada carta temática pelo valor armazenado em cada uma das suas células (de dimensão 10mx10m) através de operações algébricas de mapas.

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados referentes a cada variável analisada, podendo concluir-se que se revelam como variáveis mais restritivas a área referente à ocupação do solo, uma vez que dos 6687,1 ha apenas 100,4 ha podem ser utilizados (Figura 2) e a área referente aos pontos de água, uma vez que apenas podem ser utilizados 848,4 ha (Figura 3).

Atendendo às várias variáveis estudadas e analisadas, a área estimada para infiltração de ART foi de 6,4 ha.

Tabela 3 - Potenciais áreas em função de cada parâmetro

Parâmetros	Área (ha)
Área de estudo	6 687,1
Zona a menos de 8Km da ETAR dentro da área de estudo	5 862,5
Área não ocupada por aglomerados populacionais	6 091,3
Área ocupada por matos	100,4
Área ocupada por solos do tipo antrossolo	4 133,6
Área sem restrições de pontos de água	848,4
Área com declives <12%	5 863,9
<b>Área potencial para reutilização</b>	<b>6,4</b>

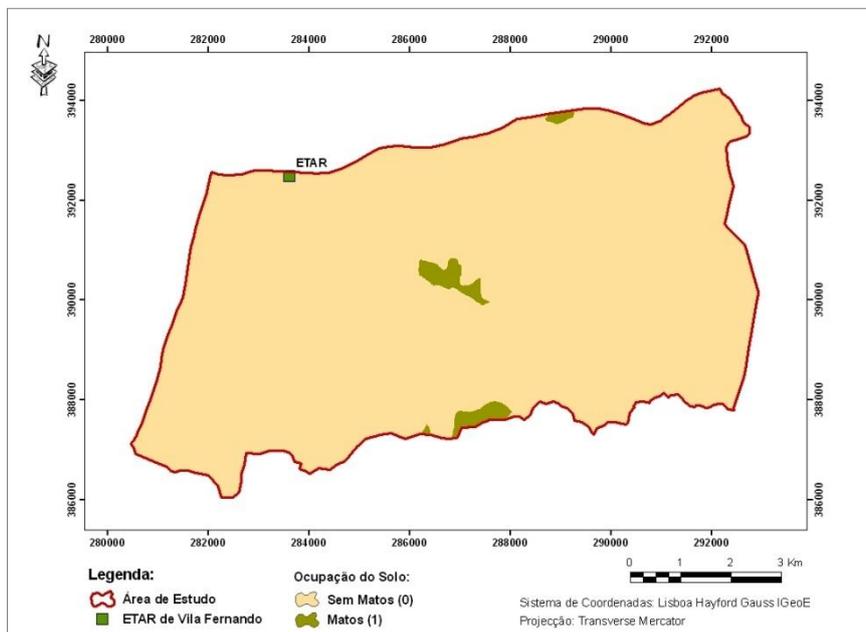


Figura 2 - Carta da Ocupação do Solo reclassificada

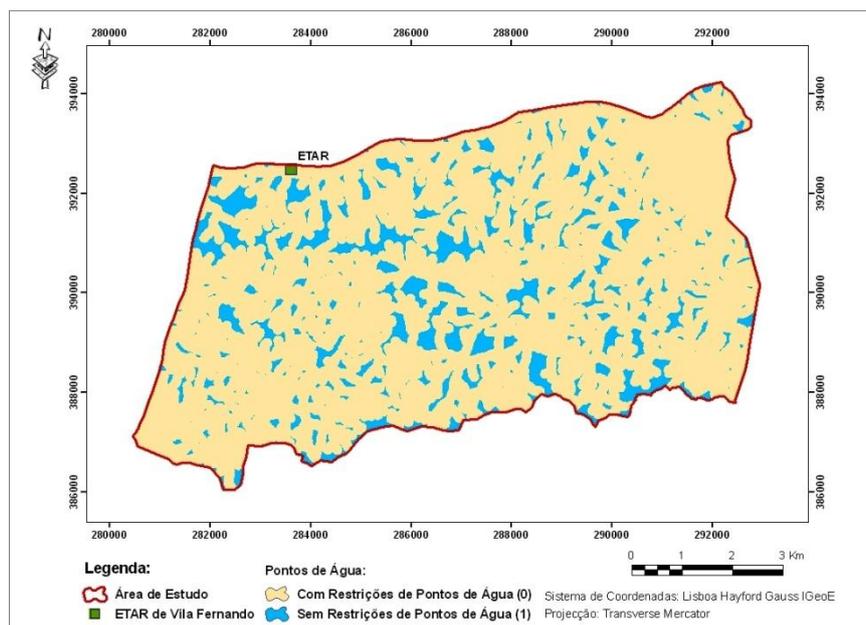


Figura 3 - Carta dos Pontos de Água reclassificada

Foi, assim, definida uma Carta de Aptidão para localização de potenciais áreas para infiltração de ART provenientes de pequenos aglomerados urbanos (Figura 4), que inclui duas classes de aptidão: 0 (“Sem Aptidão”) e 1 (“Com Aptidão”).

Assim, a utilização de SIG permitiu georreferenciar, armazenar, tratar e manipular informação complexa, onde a partir de seis cartas temáticas e da definição de zonas de exclusão, foi possível produzir uma Carta de Aptidão com a localização de áreas para infiltração de ART na área em análise, localizada na Região da Beira Interior.



Figura 4 - Carta de Aptidão para localização de potenciais áreas para infiltração de ART

## 4 Conclusões

A reutilização de águas residuais tratadas é praticada, em grande parte dos casos, como uma estratégia de conservação da água em regiões onde os recursos hídricos são escassos, como é o caso da Beira Interior, mas também por motivos ambientais, a fim de se preservar a qualidade da água de meios receptores, reduzindo a descarga de efluentes de ETAR. A partir de dados de uma campanha de monitorização de dois anos na ETAR de Vila Fernando, avaliou-se o volume de água residual tratada que poderia ser utilizada para infiltração. Para a localização das áreas potenciais para infiltração de ART foi realizada uma análise multicritério baseada em SIGs, combinando seis cartas temáticas e critérios ambientais, técnicos e económicos. Obteve-se uma Carta de Aptidão que indica uma área favorável de 6,4 ha, dos 6687,1 ha analisados, para a infiltração de ART. A reutilização de água de uma pequena ETAR em áreas rurais da região da Beira Interior pode, assim, constituir uma fonte de água alternativa para, por exemplo, a recarga de aquíferos.

## 5 Referências

- [1] Marecos do Monte, H.; Albuquerque, A.: “Reutilização de águas residuais”, Guia Técnico, nº14 (2010), ERSAR, Lisboa, 339 pp.
- [2] Bower, H.: “Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering”, Hydrogeology Journal, nº10 (2002), pp. 121-142
- [3] Asano, T.; Burton, F.; Leverenz, H.; Tsuchihashi, R.; Tchobanoglous, G. Water Reuse: Issues, Technologies and Applications, McGraw-Hill, New York, USA, 2007

- [4] Cavaleiro, V.: “Proposta de perímetro de protecção das Termas do Cró”, Universidade da Beira Interior, Portugal (2002), 85 pp.
- [5] Santos, N.: “Estudo da influência de caudais pluviais na capacidade de tratamento do leito de macrófitas da ETAR de Vila Fernando”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal (2010), 104 pp.
- [6] State of Califórnia: “Proposed guidelines for groundwater recharge with recycled municipal wastewater, and Background information on proposed guidelines for groundwater recharge with recycled municipal wastewater”, Interagency water reclamation coordinating committee and the Groundwater recharge committee, Sacramento, CA., USA, 1992
- [7] Pescod, M.B.: “Wastewater Treatment and Use in Agriculture”, FAO Irrigation and Drainage Paper 47, Roma, 1992
- [8] Angelakis, A.; Bontoux, L.; Lazarova, V.: “Main challenges for water recycling and reuse in EU countries”, Water Supply, Vol.3, nº4 (2003), pp. 59-68
- [9] EPA: “Process Design Manual for Land Treatment of Municipal Wastewater”, US Environmental Protection Agency, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, USA, 2006
- [10] Bixio, D.; Wintgens, T.: “Water reuse system management - Manual AQUAREC”, Directorate-General for Research, EC, Bruxelas, Bélgica, 2006
- [11] Kallali, H.; Anane, M.; Jellali, S.; Tarhouni, J.: “GIS-based multi-criteria analysis for potential wastewater aquifer recharge sites”, Desalination, Vol.215 (2007), pp. 111-119
- [12] Pedrero, F.; Albuquerque, A.; Marecos do Monte, H.; Cavaleiro, V.; Alarcón, J.: “Site selection for aquifer recharge with treated wastewater using GIS-based multi-criteria analysis”, Actas do 3<sup>rd</sup> International Congress on Wastewater in Small Communities (Smallwat 11), 25 a 28 de Abril de 2011, Sevilha, Espanha (2011), 18 pp.
- [13] Decreto-Lei n.º118/2006 de 21 de Junho, Diário da República n.º118/2006 - I Série A, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa
- [14] Pedrero, F.: “Sustainable irrigation management with reclaimed water”, Tese de Doutoramento, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Múrcia, Espanha (2010), 155 pp.
- [15] UNESCO: “Water in a Changing World (WWDR-3)” 3<sup>rd</sup> United Nations World Water Development Report, UNESCO, Butler, Tanner & Dennis, UK (2009), 320 pp.
- [16] Instituto Português da Qualidade (IPQ): “Norma Portuguesa sobre Reutilização de Águas Residuais Urbanas Tratadas na Rega”, NP 4434, IPQ, Caparica, 2005
- [17] Decreto-Lei n.º236/98 de 1 de Agosto, Diário da República n.º176/98 - I Série A, Ministério do Ambiente, Lisboa
- [18] Guessab, M.; Bize, J.; Schwartzbrod, J.; Maul, A.; Morlot, M.; Nivault, N.; Schwartzbrod, L.: “Wastewater treatment by infiltration-percolation on sand: results in Ben-Sergao, Morocco”, Water Science and Technology, Vol.27, nº9 (1993), pp. 91-95
- [19] Brissaud, F.; Restrepo, M.; Soulié, M.: “Infiltration for reclaiming stabilization pond effluents”, Water Science and Technology, Vol.24 (1991), pp. 185-193
- [20] Zhao, Y.W.; Qin, Y.; Chen, B.; Zhao, X.; Li, Y.; Yin, X.A.; Chen, G.Q.: “GIS-based optimization for the locations of sewage treatment plants and sewage outfalls - A case study of Nansha District in Guangzhou City, China, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation Vol.14 (2009), pp.1746-1757
- [21] Ribeiro, P.: “Estudo da reutilização de lamas celulósicas em actividades agrícolas no perímetro de regadio da Cova da Beira (Bloco Covilhã) com recurso a Sistemas de Informação Geográfica”, Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal (2008), 150 pp.