



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Instituto Superior de Engenharia

Contribuição para a Gestão Integrada do Sistema Aquífero

Mexilhoeira Grande – Portimão

Carita Vieira da Ponte

Relatório de Estágio do Mestrado em Geomática

Especialidade em Análise de Sistemas Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora: Manuela Moreira da Silva, Universidade do Algarve

Eng. Pedro Coelho, APA-ARHAlgarve

Faro

2015



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Instituto Superior de Engenharia

Contribuição para a Gestão Integrada do Sistema Aquífero

Mexilhoeira Grande – Portimão

Carita Vieira da Ponte

Relatório de Estágio do Mestrado em Geomática

Especialidade em Análise de Sistemas Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora: Manuela Moreira da Silva, Universidade do Algarve

Eng. Pedro Coelho, APA-ARHAlgarve

Faro

2015

Contribuição para a Gestão Integrada do Sistema Aquífero

Mexilhoeira Grande – Portimão

Declaração de autoria de trabalho

“Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída”.

Carita Vieira da Ponte

Copyright

A Universidade do Algarve tem direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos quantos me apoiaram e acreditaram em mim ao longo deste percurso de mestrado, em particular, aos meus professores de mestrado que me transmitiram os conhecimentos para a realização deste trabalho, nomeadamente, o Professor Doutor José Inácio Rodrigues e à Professora Doutora Cristina Veiga Pires, Diretora deste mestrado.

Agradeço de um modo muito especial à minha mãe pela força e confiança que sempre depositou em mim e pela pessoa maravilhosa que é. Agradeço muito ao meu amigo de longa data Dr. Ruivinho Brazão pelo incentivo que me incutiu para este mestrado.

Agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Manuela Moreira da Silva, pelo grande exemplo de organização e gosto científico que põe naquilo que faz e muito particularmente pela disponibilidade e competência, pelo estímulo e carinho que pôs em toda a orientação.

Agradeço ao meu orientador, Eng.º Pedro Coelho, porque me acompanhou sempre neste estudo de estágio na APA-ARHAlgarve. A persistência do seu estímulo e do seu empenho foram determinantes.

Agradeço à Eng.^a Edite Reis da APA-ARHAlgarve pela informação que me passou na área do Aquífero e no esclarecimento do mesmo, pela sua disponibilidade apresentada no decurso deste estudo.

Agradeço ao departamento de Divisão de Planeamento e Informação da APA-ARHAlgarve, por me ter acolhido e, em particular, à Dra. Sandra Correia, pela sua presença e disponibilização de ficheiros com os dados necessários à realização dos mapas. Agradeço à APA-ARHAlgarve pela oportunidade de estágio, para aplicação dos conhecimentos de SIG deste mestrado.



RESUMO

Este estágio pretendeu atualizar a informação sobre o Sistema Aquífero da Mexilhoeira Grande – Portimão. Recolheram-se dados relativos à quantidade e à qualidade desta massa de água subterrânea, fazendo um estudo da sua evolução temporal nos últimos trinta anos. A componente prática realizou-se na APA-ARHA Algarve, durante cerca de quatro meses. Foram georreferenciadas 485 captações de água no aquífero e identificados os usos do solo na região, recorrendo à informação recolhida nos processos de licenciamento e à fotointerpretação. Determinaram-se os volumes de água extraídos para os diferentes usos do solo, os níveis piezométricos e o balanço hídrico do sistema aquífero. Recolheram-se dados relativos aos cloretos e à condutividade, no sentido de se verificar a existência de fenómenos de intrusão salina. Utilizaram-se as concentrações de nitratos como indicadores da pressão agrícola. Os resultados foram representados em ambiente SIG em mapas. A análise da informação recolhida evidenciou um balanço hídrico positivo neste sistema aquífero, considerando-se que atualmente se encontra em bom estado quantitativo. Nos dados relativos à qualidade da água, nos últimos anos, parece ter-se verificado uma melhoria não havendo evidências de situações graves de intrusão salina. Relativamente à pressão agrícola, só em casos pontuais, foram detetados elevados valores de nitratos no aquífero. Consideraram-se três tipos de cenários futuros, com diferentes possibilidades de consumos de água, associados ao aumento das áreas cultivadas com citrinos e ao aumento dos espaços verdes urbanos. Chegou-se à conclusão que, toda a área classificada como Reserva Agrícola Nacional poderia ser utilizada para produção de citrinos, e que os espaços não ocupados na área urbana Portimão poderiam ser utilizados para espaços verdes regados, sem que isso pusesse em causa a sustentabilidade do sistema aquífero. Portanto, atendendo aos dados analisados neste Estágio, considera-se que atualmente se pode aumentar o volume de água extraído deste aquífero sem pôr em causa a sua sustentabilidade. No entanto, é fundamental que este sistema aquífero seja monitorizado periodicamente, de forma a atualizar-se o seu Balanço Hídrico e o estado da qualidade da água, assegurando que os volumes extraídos são adequados de forma sustentável à procura de água e que se contribui para o desenvolvimento económico da região.

Palavras-chave: Aquífero, uso dos solos, quantidade e qualidade da água, sustentabilidade.

ABSTRACT

The aim of this internship was to update the information about the Aquifer System Mexilhoeira Grande - Portimão. Data were collected on the quantity and quality of this groundwater and was analyzed their evolution over the last thirty years. The practical work was held in the APA-ARHAlgarve, for about four months.

Were georeferenced 485 water catchments in the aquifer, and were identified the land uses in the region, drawing on information gathered in licensing processes and by photointerpretation. Were determined the water volumes extracted for different land uses, and the piezometric levels and the water balance of the aquifer system.

Water quality data about chlorides and conductivity were collected, in order to verify the existence of saline intrusion phenomena. The nitrate concentrations were analyzed as indicators of agriculture pressure. The results were presented in GIS maps.

The analysis of information gathered, showed a positive water balance in this aquifer system, considering that it is in a good quantitative status. The data on the water quality in recent years, showed that there is no evidence of serious situations of saline intrusion. In terms of agricultural pressure, only in few cases were detected high nitrates concentrations in the aquifer.

Were considered three scenarios to future, with different possibilities for water consumptions, associated with the increase of the areas cultivated with citrus and with the increase of urban gardens. Was concluded that the whole area in the aquifer zone classified as National Agricultural Reserve could be used for citrus production, and that the unoccupied spaces in the urban area of Portimão could be used for urban gardens, without threaten the aquifer sustainability.

Therefore, considering the data analyzed in this internship, the volume of water extracted from this aquifer can be increased without jeopardizing its sustainability. However it is important to monitor this aquifer system periodically, in order to recalculate the water balance and to verify the water quality, ensuring that the extracted volumes are managed in a sustainable way, answering to water demands, and contributing to the economic development of the region.

Keywords: Aquifer, land uses, water quantity and quality, sustainability.

ÍNDICE

RESUMO	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA	1
1.2. A IMPORTÂNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA GESTÃO INTEGRADA DA ÁGUA.2	
1.3. A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ALGARVE	3
1.3.1. Enquadramento Legal e Ferramentas de Gestão	3
1.3.2. Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve	4
1.3.3. Licenciamento de Captações de Água Subterrânea	5
1.4. CASO DE ESTUDO: O SISTEMA AQUÍFERO DA MEXILHOEIRA GRANDE-PORTIMÃO	6
1.4.1. Características hidrogeológicas	6
1.5. ENQUADRAMENTO DO ESTÁGIO E OBJETIVOS	10
2. METODOLOGIA	11
2.1. USOS DO SOLO NO SISTEMA AQUÍFERO MEXILHOEIRA GRANDE - PORTIMÃO	11
2.1.1. Classificação	11
2.1.2. Georreferenciação das captações de água no aquífero com base nos pedidos de títulos de utilização dos recursos hídricos.	12
2.2. QUANTIDADE DE ÁGUA DO AQUÍFERO UTILIZADA NOS DIVERSOS USOS DO SOLO	12
2.2.1. Determinação dos Volumes	12
2.2.2. Determinação dos Níveis Piezométricos	14
2.3. QUALIDADE DA ÁGUA DO SISTEMA AQUÍFERO MEXILHOEIRA GRANDE - PORTIMÃO	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
3.1. DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS CAPTAÇÕES E VOLUMES EXTRAÍDOS PARA OS DIVERSOS USOS.	15
3.2. CLASSIFICAÇÃO DOS USOS DO SOLO E RESPETIVOS CONSUMOS DE ÁGUA	16
3.2.1. Usos do Solo Segundo a Informação dos Proprietários das Captações	16
3.2.2. Classificação dos Usos do Solo por Fotointerpretação	18
3.2.3. Volumes de água extraída do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande	21

3.3.	PIEZOMETRIA E BALANÇO HÍDRICO	24
3.4.	BALANÇO HÍDRICO ANUAL	28
3.5.	QUALIDADE DA ÁGUA	30
3.6.	CENÁRIOS FUTUROS SOBRE UTILIZAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO MEXILHOEIRA GRANDE – PORTIMÃO.	39
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Geologia do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	9
Figura 3.1. Captações de água subterrânea no Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	15
Figura 3.2. Classificação dos usos do solo em 1991, por fotointerpretação.....	18
Figura 3.3. Classificação dos usos do solo em 2007, por fotointerpretação.....	19
Figura 3.4. Evolução temporal das áreas regadas, ocupadas pelos diversos usos do solo no aquífero.....	20
Figura 3.5. Evolução temporal entre 1991 e 2007 dos volumes captados (estimados) nos diferentes usos do solo.....	22
Figura 3.6. Volumes extraídos do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão, de acordo com informação dos licenciamentos e com os dados da fotointerpretação.....	23
Figura 3.7. Isopiezas do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande em outubro de 2012.	24
Figura 3.8. Evolução do nível piezométrico no ponto 594/95 do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	26
Figura 3.9. Evolução do nível piezométrico no ponto 594/56 - Donalda do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	26
Figura 3.10. Pontos 594/56 e 594/95 do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	27
Figura 3.11. Gradientes de concentração dos cloretos em 1981 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	32
Figura 3.12. Gradientes de concentração dos cloretos em 2014 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	33
Figura 3.13. Gradientes dos valores de Condutividade em 2009 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	35
Figura 3.14. Gradientes dos valores de Condutividade em 2009 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	36
Figura 3.15. Gradientes de concentração dos nitratos em 1981 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	37
Figura 3.16. Gradientes de concentração dos nitratos em 2014 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.....	38
Figura 3.17. Representação das condições do Cenário A.....	41
Figura 3.18. Representação das condições do Cenário B.....	42
Figura 3.19. Representação das condições do Cenário C1.....	43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Dotações para o Concelho de Portimão.....	13
Tabela 2.2. Metodologias Laboratoriais.	14
Tabela 3.1. Evolução do volume de água extraída do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande e respetivos usos.	17
Tabela 3.2. Balanço Hídrico do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão (PGBHRA, 2012).	29
Tabela 3.3. Balanço Hídrico do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão considerando para as extrações os valores obtidos neste trabalho.....	30
Tabela 3.4. Variação temporal dos indicadores de intrusão salina e de pressão de origem agrícola.	31
Tabela 3.5. Cenários considerados para o uso dos solos no Sistema Aquífero da Mexilhoeira Grande – Portimão.	40

1. INTRODUÇÃO

1.1. Gestão Sustentável da Água

Nas últimas décadas o conceito de desenvolvimento sustentável tem sido muito debatido no cenário internacional, mas a componente económica continua a ser explorada com consideráveis custos ambientais. Os ecossistemas suportam as sociedades que criam as suas economias, desta forma a sustentabilidade social e económica só será possível num planeta saudável (WWF, 2014).

A água é um recurso natural muito valioso e indispensável à vida. Ao longo do tempo as sociedades foram-se desenvolvendo onde conseguiam aceder aos recursos hídricos. Tem-se verificado um aumento acentuado da procura da água devido ao crescimento populacional, à melhoria dos padrões médios de qualidade de vida, e também a mudanças nos episódios de pluviosidade, devidas às alterações climáticas (Bocanegra-Martínez, 2014; Xi & Poh, 2013). À escala global existem diversas regiões do planeta sujeitas à escassez de água. Estima-se que hoje em dia 1,6 biliões de pessoas vivam em realidades de escassez severa de água, e que esse número possa aumentar em 2050 para 3,9 biliões de pessoas (World Economic Forum, 2013; OECD, 2012). A água é fundamental não só para consumo humano, mas também para as inúmeras atividades inerentes ao funcionamento das sociedades, nomeadamente urbanização, indústria e agricultura. Nestas atividades, globalmente, a agricultura corresponde ao setor que mais água consome. Atualmente cerca de 70% do consumo de água está associado à agricultura, variando entre 40%, em países desenvolvidos e que importam alimentos, e 95% em países nos quais a agricultura é a principal atividade económica (Bjornlunda & Wheeler, 2014).

Para se fazer frente ao desequilíbrio entre a procura e a oferta de água, são necessárias práticas de gestão integradas e baseadas em tecnologias inovadoras, de modo a podermos garantir, água suficiente e com a qualidade adequada para suprir as necessidades das gerações atuais e futuras (WHO/UNICEF, 2013). Em cada realidade geográfica deve-se conhecer e monitorizar (quantitativa e qualitativamente) os recursos hídricos disponíveis, superficiais e subterrâneos, gerindo a sua utilização de forma

integrada. Para além disso, num contexto de diminuição de recursos, deve apostar-se em tecnologias que possibilitem a reutilização de águas residuais tratadas e de águas das chuvas (em cenários climáticos favoráveis), em meios urbanos e/ou rurais para os usos que sejam compatíveis com a sua qualidade (Bousselmi *et al.*, 2009).

1.2. A Importância das Águas Subterrâneas na Gestão Integrada da Água.

Apesar de mais de 70% do planeta ser coberto por água, apenas 2,5% da água disponível na Terra é doce, e a sua distribuição é muito heterogénea (WWF, 2014). Da precipitação total sobre os continentes, apenas cerca de 35% dá origem a escoamento superficial e à recarga de aquíferos (Costa, 2007). Há zonas, como em algumas regiões da América Latina, com elevadas pluviosidades e que dispõem de numerosas massas de água superficiais (rios e lagos), enquanto outras zonas, além de apresentarem precipitação muito escassa, são exclusivamente dependentes de um único sistema aquífero, como por exemplo é descrito por Sefelnasr *et al.* (2015), para o Nordeste Africano. Outro aspeto relevante é que a população mundial cada vez mais se concentra nas zonas costeiras. Atualmente cerca de metade da população mundial vive a menos de 60 Km do mar, e cerca de três quartos das grandes cidades mundiais localizam-se na orla costeira (UNEP, 2015). Esta procura crescente de água pelas populações costeiras acarreta, em muitas realidades geográficas, um aumento da extração de águas subterrâneas. Por outro lado, as alterações climáticas estão a introduzir vários fatores de *stress* sobre os aquíferos costeiros. De forma direta, por alteração dos padrões nos episódios de pluviosidade que condicionam a recarga dos aquíferos, por aumento da evapotranspiração, e pela subida do nível das águas do mar, e de forma indireta através por exemplo do aumento das extrações associado às necessidades populacionais neste novo cenário de instabilidade climática (Werner *et al.*, 2013). Assim, a ameaça de intrusão salina tem-se acentuado nos últimos anos, em muitos dos sistemas aquíferos costeiros (Taylor *et al.*, 2103; Tomaszkiwicz, 2014; Zhang *et al.*, 2015). A salinização das águas subterrâneas é considerada como um processo dificilmente reversível, embora, em alguns países desenvolvidos, se tenha vindo a desenvolver esforços nesse sentido (Lu and Werner, 2013). Na fase inicial pode não ser fácil detetar a intrusão

salina num aquífero, uma vez que a sua perceção está relacionada com ocorrência de alterações na qualidade da água. Os parâmetros vulgarmente utilizados como indicadores de intrusão salina são os cloretos e os sólidos totais dissolvidos (Werner *et al.*, 2013). No entanto, o aumento das concentrações de cloretos e de sólidos totais dissolvidos, em águas subterrâneas pode estar relacionado com interações água-rocha e com a lixiviação de sais, nada tendo a ver com o avanço da água do mar (Zhang *et al.*, 2015).

Uma das consequências diretas da intrusão salina em muitas realidades geográficas, é que transforma a água subterrânea em água não potável, e assim impossibilita a sua utilização ou exige a implementação de sistemas de pré-tratamento de água dispendiosos (Taylor *et al.*, 2103; Tomaszkiwicz, 2014). A questão da contaminação dos aquíferos devida à entrada de poluentes oriundos de atividades humanas (principalmente indústria, agricultura e urbanização) também é relevante, e embora as águas superficiais sejam mais vulneráveis a esta poluição do que as águas subterrâneas, quando estas são contaminadas, não é fácil intervir para melhorar a sua qualidade (Chenini *et al.*, 2015). A vulnerabilidade de um sistema aquífero à poluição está relacionada com diversos aspetos, nomeadamente com, a litologia, a geometria do espaço em que está confinado e a hidrogeologia (Chenini *et al.*, 2015; Varol & Davraz, 2010; Moratalla *et al.*, 2011). Quando se faz a avaliação da qualidade da água de um sistema aquífero, deve atender-se aos vários aspetos hidrogeológicos, isto é, à sua zona de recarga, ao seu caudal e aos usos do solo na região.

1.3. A Gestão das Águas Subterrâneas no Algarve

1.3.1. Enquadramento Legal e Ferramentas de Gestão

A Lei da Água (LA - Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro) veio transpor para o direito nacional a Diretiva Quadro da Água (DQA - Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro), alterada e republicada pelo Decreto-lei n.º 130/2012, de 22 de junho. A LA estipula como objetivos ambientais o bom estado, ou o

bom potencial, das massas de água, que deviam ser atingidos até este ano de 2015, através da aplicação de programas de medidas especificados nos planos de gestão das diferentes regiões hidrográficas. De acordo com a LA, a região hidrográfica constitui a unidade principal de planeamento e gestão das águas, tendo por base a bacia hidrográfica.

São objetivos definidos na LA para águas subterrâneas: evitar ou limitar as descargas de poluentes nas massas de água e evitar a deterioração do estado de todas as massas de água; manter e alcançar o bom estado das águas - bom estado químico e quantitativo garantindo o equilíbrio entre captações e recargas; e inverter qualquer tendência significativa persistente para aumentar a concentração de poluentes.

1.3.2. Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve

A Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8) integra as bacias hidrográficas das ribeiras da região Algarvia, incluindo as respetivas águas subterrâneas e águas costeiras adjacentes. Trata-se de um território que abrange integralmente 10 concelhos e parcialmente 8, com uma área total de 5510,9 km², dos quais 3839,3 km² sob delimitação administrativa e com uma população residente estimada em 409 mil habitantes (2009). Esta população distribui-se principalmente na faixa litoral Sul da região, tendo a particularidade de sofrer variações quantitativas sazonais muito intensas, dada a forte influência da indústria do turismo. A região hidrográfica das ribeiras do Algarve está limitada a Noroeste pela bacia do Sado, a Nordeste pela bacia do Guadiana e a Oeste e Sul pelo oceano Atlântico, apresentando uma orientação Este-Oeste, sendo que a sua largura aumenta nesta direção. A região hidrográfica é composta pelas bacias hidrográficas principais do Barlavento, do Arade e do Sotavento, enumeradas no sentido W-E (PGBH RH8, 2012).

De acordo com o PGBH RH8 (2012) os principais setores utilizadores de água no Algarve correspondem, às seguintes atividades económicas: Agricultura, silvicultura e pecuária; Pesca; Aquicultura; Indústria; Eletricidade e gás (incluindo a produção de energia elétrica); Água (abastecimento de água e drenagem e tratamento de águas residuais); Comércio; e Turismo incluindo o Alojamento e a Restauração. Existe portanto na região uma certa especialização em atividades do Setor Primário como

sejam a pesca e aquicultura (CAE 03), a agricultura (CAE 01) e a silvicultura (CAE 02). Estas especializações sugerem, por um lado, a relevância regional das atividades económicas relacionadas com o mar e, por outro lado, a especificidade e rentabilidade de algumas produções agrícolas regionais.

Relativamente à ocorrência de águas subterrâneas, a RH8 subdivide-se em 23 massas de água, incluindo o sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

1.3.3. Licenciamento de Captações de Água Subterrânea

Embora atualmente no Algarve as águas subterrâneas não constituam a principal origem de água para abastecimento, ao contrário do que aconteceu nos anos 80, nos dias de hoje funcionam como reserva estratégica, a ser utilizada em substituição das águas superficiais no abastecimento às populações, caso seja necessário. Assim sendo, é importante que exista um sistema de licenciamento de captações de água subterrânea, que permita a sua inventariação e a sua gestão sustentável, integrando oferta e procura de acordo com os diversos cenários socioeconómico da região ao longo do tempo.

De acordo com Monteiro *et al.* (2005) no Algarve há uma grande discrepância entre o número de captações licenciadas e as que existem na realidade, estimando-se que das 20000 existentes em 2005, apenas 8000 estariam licenciadas, o que constitui uma grande preocupação para as entidades competentes.

Assim sendo, de acordo com a LA, cabe à APA-ARHAlgarve a constante atualização destes dados referentes às captações de água subterrânea nos diversos sistemas aquíferos, e o desenvolvimento de ferramentas que permitam implementar uma estratégia de gestão integrada das origens da água na região algarvia.

Sendo a APA-ARHAlgarve a autoridade competente em matéria de licenciamento da utilização dos recursos hídricos, fica responsável pela emissão dos títulos de utilização dos recursos hídricos, nos termos do D.L. n.º 226-A/2007, 31 de maio. Como critérios de licenciamento nesta área de jurisdição estão: a potência dos equipamentos de extração; o perímetro de 100 m de proteção entre as captações privadas; o perímetro de 1000 m de

proteção para captações públicas; e cumprimento de áreas críticas devido à intrusão salina.

Contudo, as captações de água subterrânea particulares já existentes com meios de extração até 5cv, caso não estejam associadas a nenhuma das condicionantes definidas pela autoridade responsável, não precisam de qualquer título de utilização.

De forma a permitir a implementação do princípio do utilizador-pagador e do utilizador-pagador, o D.L. 97/2008, 11 de junho estabeleceu o Regime Económico-Financeiro dos Recursos Hídricos. Em matéria de águas subterrâneas, para extrações de água destinadas à agricultura o pagamento da taxa só é devida, quando a área a regar é superior a 1,2 ha, na tentativa de desencorajar o uso excessivo e inconsciente da água.

1.4. Caso de Estudo: O Sistema Aquífero da Mexilhoeira Grande-Portimão

1.4.1. Características hidrogeológicas

O sistema aquífero da Mexilhoeira Grande-Portimão abrange os Concelhos de Lagos e de Portimão do Distrito de Faro e situa-se entre as ribeiras do Arão a Oeste e da Boina a Este, sendo limitado a Norte pelas formações do Hetangiano e a sul pelo Oceano Atlântico. É constituído por litologias carbonatadas do Lias-Dogger na sua metade setentrional, enquanto a parte litoral é formada por litologias carbonatadas e detríticas do Miocénico (Figura 1.1). Com uma área de 51,71 km², é um sistema multiaquífero: é cársico e poroso, é livre e confinado. Maior do que a respetiva massa de água, a área de drenagem do aquífero é de 130,58 km² (Almeida, 2000).

A formação de Brejeira (Carbónico superior) domina a área de drenagem, representando 47 % da mesma. As outras formações são igualmente importantes, assim como, os calcários e dolomitos de Almádena (Bajociano) e a formação carbonatada de Lagos-Portimão e de Arenitos calcários e calcários com seixos (Miocénico). Foi determinado a densidade de drenagem, variando entre 0 e 2, um indicador sobre a capacidade de infiltração dos solos (Reis, 1993). O valor de drenagem é considerado associado à elevada quantidade de formas cársicas superficiais, à homogeneidade litológica e da

vegetação e um relevo pouco acentuado, o que aponta para uma boa capacidade de infiltração nas formações carbonatadas (Almeida, 1985).

As famílias de solos mais representativas da área de drenagem são: os Litossolos dos Climats do regime Xérico, de xistos ou grauvaques (Ex), com 21,9%; Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Normais, de xistos ou grauvaques (Px), com 18,7%; os Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Calcários, Normais de calcários compactos ou dolomias (Vcd), com 17,1%. Correspondem às duas primeiras famílias a formação de Brejeira e a última às rochas carbonatadas, que se encontram na bacia de drenagem. Estas famílias de solos perfazem na sua totalidade 57,7% da área de drenagem. A ribeira da Torre e a ribeira do Farelo estão integradas na área de drenagem para o aquífero, respetivamente, em 51,2% e 34,7%, como principais bacias de drenagem das massas de água superficiais integradas (PGBHRA, 2012).

Quanto à tectónica, as formações aquíferas em estudo situam-se a norte e a sul da flexura Querença-Algoz-Portimão-Sagres (Ribeiro *et al.*, 1979). A norte desta flexura, salientam-se as formações jurássicas e cretácicas que que prolongam para nordeste a estrutura do sinclinal de Portelas, comprimida entre falhas com orientação NE-SW. Na terminação nordeste este sinclinal vem a compartimentar-se por falhas submeridianas que, por seu turno, apresentam rejeitos importantes, pondo em contacto formações com diferentes permeabilidades (Reis, 2007).

Alguns corpos filoneanos de pequena extensão dispõem-se, também, nas direções N-S a NE-SW.

A área sul do sistema aquífero é constituída pelas formações mio-plio-quadernárias, de estrutura simples e monoclinial e inclinadas para sul, muito embora também elas atravessadas pelas falhas submeridianas (Almeida, 2000).

A massa de água subterrânea da Mexilhoeira Grande-Portimão enquadra-se numa área crítica à extração de água subterrânea, numa extensão 99,6% da mesma. São limites do aquífero: a Este, a ribeira da Boina; a Oeste, a ribeira do Arão; a Sul, o mar.

São formações dominantes de natureza rochosa, neste aquífero: os Dolomitos e Calcários Dolomíticos do Jurássico inferior, os Calcários e Dolomitos de Almádena do Jurássico médio; a Formação Carbonatada de Lagos-Portimão do Miocénico

(biocalcarenitos e calcários); as Areias e Cascalheiras de Faro-Quarteira do Quartenário (areias, arenitos, cascalheiras e conglomerados).

Suspeita-se que a concentração elevada de cloretos neste aquífero pode ter origem natural, uma vez que, dentro do mesmo, existem diápiros, aflorantes ou ocultos.

Devido principalmente à influência da tectónica, o sistema encontra-se compartimentado em vários blocos, separados pelas ribeiras da Torre e Farelo e, que funcionam de modo relativamente independente uns dos outros. No bloco entre a ribeira do Farelo e a ribeira de Arão, o fluxo proveniente da recarga a partir da ribeira do Farelo e da infiltração direta da precipitação, dirige-se para Sul, em direção à Mexilhoeira Grande, onde existem umas nascentes temporárias, junto à ETA das Fontainhas. No bloco entre a ribeira do Farelo e a ribeira da Torre, o fluxo ocorre para Sul, indo provavelmente recarregar o Miocénico, que deve existir por baixo das formações aluvionares, não são conhecidas exurgências nesta área. Na zona entre a ribeira da Torre e a ribeira da Boina, o sentido do fluxo subterrâneo deve ser para Sul em direção ao Miocénico e deve descarregar também para SE, para a ribeira da Boina, na zona da Companheira, onde ocorrem vários terrenos pantanosos e é provável que existam algumas saídas difusas (Reis, 2007).

As ribeiras que atravessam o sistema aquífero, na sua generalidade, nascem na serra algarvia, nos terrenos paleozoicos, e correm por vales sinuosos. Devido à baixa permeabilidade dos xistos e à resistência da erosão, a escorrência superficial é acentuada e a infiltração é baixa, o que dá origem a uma rede de drenagem do tipo dendrítico. Conforme os cursos de água chegam ao Barrocal carbonatado, acentua-se a infiltração (Reis, 1993).

Este sistema aquífero tem uma resposta rápida à precipitação, nomeadamente nas formações jurássicas indicando uma fraca capacidade de armazenamento, sendo este aspeto mais acentuado no bloco da Mexilhoeira Grande, o que será devido a uma carsificação desenvolvida (Reis, 2007).

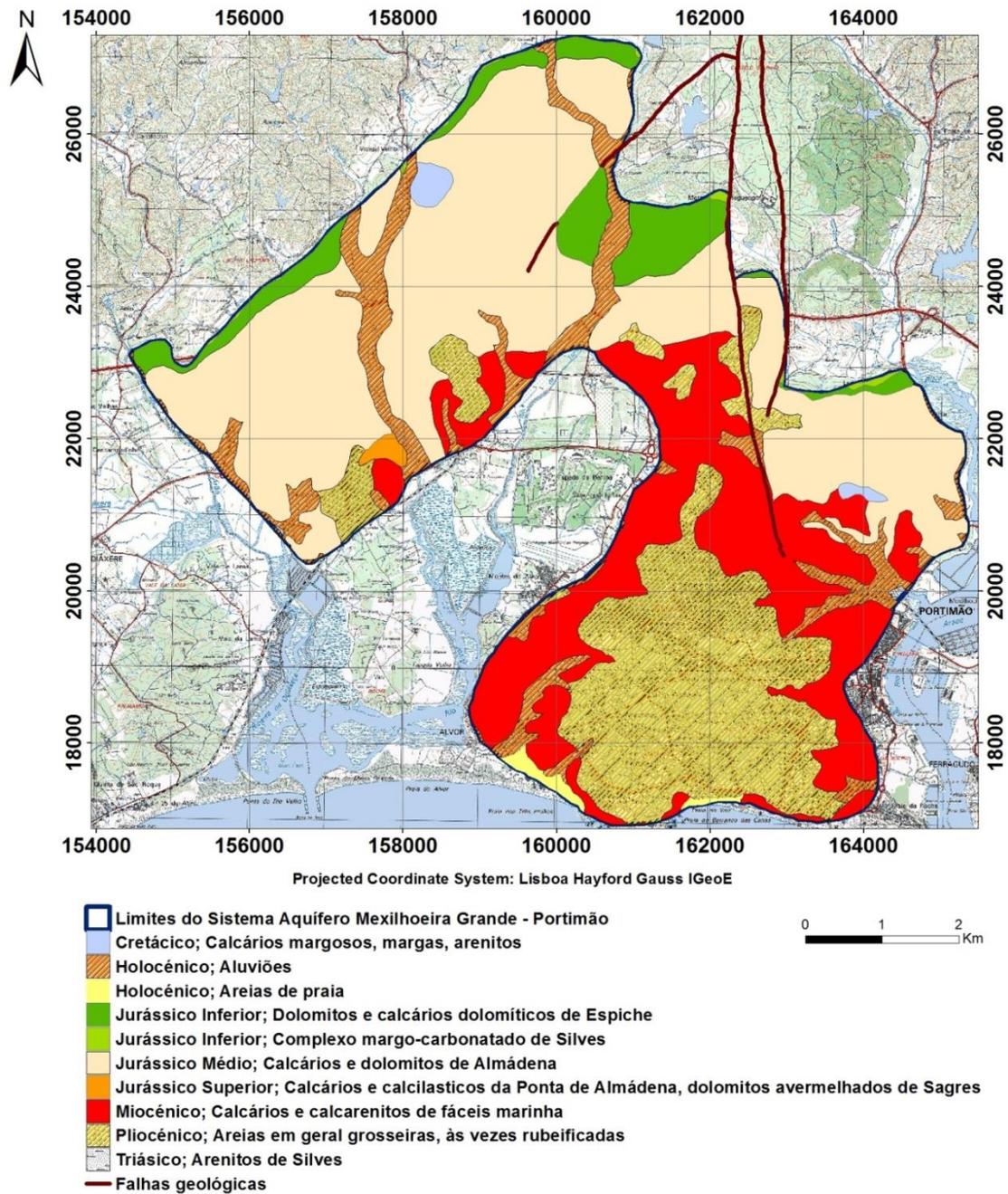


Figura 1.1. Geologia do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão
(Adapt. a partir de Rocha, 1976).

1.5. Enquadramento do Estágio e Objetivos

Nas duas últimas décadas do Séc. XX, o Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande constituiu a principal origem de água para abastecimento público do concelho de Portimão. No início de 2000, com a entrada em funcionamento do sistema multimunicipal de abastecimento de água, as captações públicas de água subterrânea entraram em reserva e verificou-se uma melhoria significativa da qualidade da água, que se tem vindo a manter e mesmo a melhorar (Reis, 2015 comunicação oral). A área crítica deste sistema aquífero foi definida no início dos anos noventa, anteriormente a essas alterações da utilização da água subterrânea, que interferem com o balanço hídrico do sistema, tornando-se portanto, necessário fazer uma reavaliação dos limites desta área.

Neste trabalho, pretendeu-se de um modo geral, contribuir para o cálculo do balanço hídrico do sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão, através de uma determinação atualizada e pormenorizada das extrações de água subterrânea. Para efetuar esta determinação utilizaram-se dois métodos: atualização da informação relativa à distribuição geográfica das captações existentes no aquífero e dos respetivos volumes extraídos (segundo os proprietários); delimitação dos usos do solo, com base em ortofotomapas, utilizando um sistema de informação geográfica e quantificação das extrações com base em dotações de rega para cada cultura, a aplicar às respetivas áreas regadas.

Foi feita uma avaliação da evolução da qualidade da água neste sistema aquífero nos últimos 30 anos, comparando alguns indicadores de intrusão salina e de pressão antrópica de origem agrícola.

A fim de contribuir para uma reavaliação dos limites da área crítica foram definidos cenários futuros de aumento de extração de água subterrânea. Atendendo a que a principal utilização da água subterrânea é para rega, foram efetuadas simulações de aumentos de extração de água e conseqüente implicação no balanço hídrico do sistema aquífero, considerando que as áreas não regadas atualmente poderão vir a ser regadas no futuro.

2. METODOLOGIA

2.1. Usos do Solo no Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande - Portimão

Para o desenvolvimento deste trabalho, em ambiente SIG, foram utilizadas as folhas números 594 e 603 de 2005 da 3.^a edição da Carta Militar de Portugal, série M888, à escala de 1:25 000. Como base cartográfica, foram também utilizados os ortofotomapas do Instituto Português de Cartografia e Cadastro de 1991, monocromáticos, e os ortofotomapas do Instituto Geográfico Português de 2007, policromáticos, com resolução espacial de 0,5 m. A informação geográfica utilizada encontra-se georreferenciada no sistema de projeção Hayford-Gauss IGEOE, Elipsoide Internacional, Datum Lisboa, Coordenadas Militares. Para observação (ou confirmação) da geologia que constitui o aquífero, utilizou-se 1:50 000.

2.1.1. Classificação

Foi classificado o uso dos solos, para determinar as áreas regadas e com potencial agrícola, através da fotointerpretação. Descriminaram-se as várias culturas. Utilizando o software ArcGis, criaram-se os temas vetoriais, editando polígonos na área do aquífero, correspondentes aos diversos usos do solo de acordo com ortofotomapas dos anos 1991 e 2007. Calcularam-se as respetivas áreas e representaram-se os usos dos solos na forma de mapas.

Durante a fotointerpretação, foram feitas em paralelo, várias visitas ao local de estudo para confirmação do uso atual dos solos (fotografias em Anexo) e auscultaram-se alguns agricultores, sobre os anteriores usos.

Consideram-se como áreas regadas, as relativas a espaços verdes regados com água deste aquífero, e as áreas com culturas de citrinos, hortícolas, vinhas e de estufa. Do mesmo modo, entendem-se por áreas não regadas, as não cultivadas.

2.1.2. Georreferenciação das captações de água no aquífero com base nos pedidos de títulos de utilização dos recursos hídricos.

Em 2014, quando este estudo se iniciou a APA-ARHAlgarve dispunha para este aquífero de 201 captações já georreferenciadas nos sistemas de licenciamento Geslic (2002-2012) e 97 no Siliamb (2012-2014).

Assim sendo, neste trabalho criou-se uma nova base de dados, georreferenciando-se todos os pedidos de licenciamento do Concelho de Portimão, existentes até ao momento na APA-ARHAlgarve, correspondendo a 485 requerimentos para novas captações (furos e poços). Posteriormente, foram seleccionados as captações incluídos dentro da área do aquífero, correspondentes a 180 captações, efetuando-se uma *query*.

2.2. Quantidade de Água do Aquífero Utilizada nos diversos usos do solo

2.2.1. Determinação dos Volumes

Determinaram-se os volumes de água extraída a partir dos usos do solo do seguinte modo,

$$A = B \times C$$

Em que:

A = Volume de água extraída (m³/ano)

B = Área relativa a cada uso do solo (ha)

C = Dotações de rega (m³/ha/ano).

Entende-se por dotação de rega o conceito estabelecido no Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (Dec. Reg. 12/2002 de 9 de março), de acordo com o tipo de cultura agrícola. A Tabela 2.1 apresenta a dotação de rega relativa a cada uso do solo na região estudada.

Para o cálculo do consumo de água nos jardins, consideraram-se os jardins das áreas urbanas correspondentes a 2 tipologias (apresentadas em anexo no catálogo do uso dos solos). Foram distinguidos urbanizações e habitação isolada. Para este efeito, fez-se uma amostragem, representativa do número de jardins em cada tipologia e nos dois anos de estudo (1991 e 2007). Determinaram-se áreas totais ocupadas pelos jardins para as 2 tipologias estudadas, estimando-se em seguida o volume de água extraída para a respetiva rega (multiplicando pela dotação de rega, valor apresentado na Tabela 2.1).

De acordo com o Dec. Lei 226-A/2007 (Artigo 42º) um sistema de abastecimento particular só pode utilizar água subterrânea para consumo humano na condição de ser impossível o seu acesso ao abastecimento público. Assim sendo, para o cálculo da água extraída para consumo humano, fez-se a georreferenciação das casas que estão fora da zona servida pela rede de abastecimento público, contabilizando-se o número de habitações nestas condições. A partir daí calculou-se o volume de água subterrânea extraída para consumo humano, multiplicando o número total de habitações por uma dotação de consumo, neste caso não de rega, mas assumido o consumo médio de 4 pessoas por habitação unifamiliar (valor apresentado na Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Dotações para o Concelho de Portimão.

Uso do Solo	Dotação de Rega (m³/ha/ano)
Citrios	4580
Vinha	3040
Hortícolas ao ar livre	2170
Hortícolas em estufa	4300
Prunoideas	5520
Pomar	3922
Jardins	3364
	Dotação de Consumo por Habitação Unifamiliar (m ³ /habitação/ano)
Consumo humano	150

2.2.2. Determinação dos Níveis Piezométricos

Através da rede de monitorização dos níveis da água subterrânea da APA-ARHAlgarve, criaram-se mapas de isopiezas e gráficos de níveis piezómetros, para verificar a evolução temporal da piezometria do sistema aquífero.

2.3. Qualidade da Água do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande - Portimão

Neste estudo, foram utilizados dados da APA-ARHAlgarve relativos a 201 captações de água subterrânea, implementadas no aquífero da Mexilhoeira Grande e dados recolhidos numa campanha efetuada recentemente em 2014.

As análises relativas aos anos anteriores foram efetuadas no laboratório da APA-ARHAlgarve, tendo sido utilizada a metodologia definida no SMEWW (Eaton *et al.*, 2005), na edição em vigor à data.

Na campanha de 2014, a condutividade e temperatura foram quantificados *in situ* utilizando-se para tal uma sonda multiparamétrica YSI model 6820 V2. As amostras para os outros ensaios foram recolhidas e imediatamente transportadas para o Laboratório de Engenharia Sanitária (LES) da UAlg, acreditado pelo IPAC (L0308), para análise posterior. Na Tabela 1 faz-se referência às metodologias analíticas utilizadas nos diversos parâmetros bem como às incertezas associadas.

Tabela 2.2. Metodologias Laboratoriais.

Ensaio	Unidade	Metodologia	Referência Bibliográfica ou Normativa	Incerteza (%)
Cloretos	mg/L Cl ⁻	Titulometria (4500 Cl- B)	Eaton <i>et al.</i> , 2005	7,4
Condutividade a 20 °C	µS/cm	Eletrometria (2510 B)	Eaton <i>et al.</i> , 2005	1,1
Nitratos NP	mg/L NO ₃ ²⁻	Espectrometria de Absorção Molecular	NP 4338-1:1996	8,6
Nitratos SMEWW	mg/L NO ₃ ²⁻	Espectrometria de Absorção Molecular (4500-NO3 B)	Eaton <i>et al.</i> , 2005	23

Os resultados foram representados em mapas utilizando-se o ArcGis com recurso ao IDW (Inverse Distance weighted), metodologia utilizada na APA-ARHAlgarve.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Distribuição Geográfica das Captações e Volumes Extraídos para os Diversos Usos.

Neste estudo procedeu-se à georreferenciação de 485 novas captações particulares no Concelho de Portimão, 180 das quais, localizadas no Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande, tal como se apresenta na Figura 3.1.

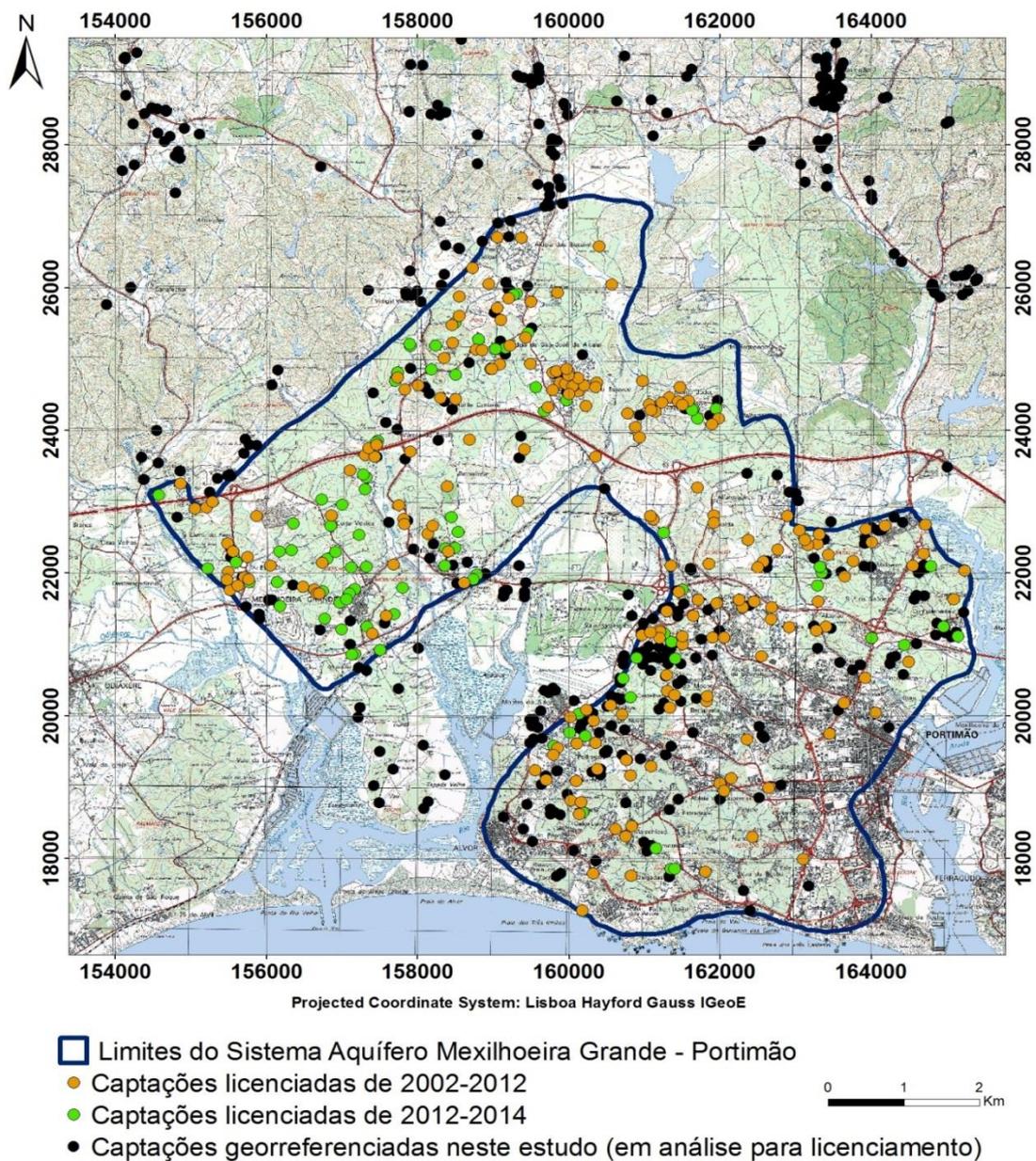


Figura 3.1. Captações de água subterrânea no Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

Das 298 captações particulares já licenciadas pela APA-ARHAlgarve no Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande, acrescem-se 180 captações em licenciamento, o que representa um acréscimo de 60% correspondente a novos pedidos para títulos de utilização destas águas subterrâneas.

Verifica-se que existem duas zonas com maiores densidades de novas captações. Uma na zona do Miocénio, que geograficamente se localiza entre Alvor e Penina, e a outra na zona do Jurássico Inferior que geograficamente se localiza entre Cabeço Esteves e Monte Judeu. Ambas estão associadas à implementação de novas urbanizações. Os outros novos pedidos de licenciamento, referem-se a captações dispersas pelo aquífero.

3.2. Classificação dos Usos do Solo e Respetivos Consumos de Água

3.2.1. Usos do Solo Segundo a Informação dos Proprietários das Captações

Foram recolhidos os dados relativos aos volumes de água extraída em captações particulares localizadas neste sistema aquífero, tendo em conta as já licenciadas e as que estão em processo de licenciamento. Entre 2002 e 2014, foram extraídos respetivamente em captações já licenciadas 0,904 hm³/ano e 0,458 hm³/ano em captações em fase de licenciamento. Portanto verificou-se um aumento do volume de extração de água subterrânea neste aquífero de aproximadamente de 51 %, o que se traduzia em 1,362 hm³/ano, caso todos os requerimentos para licenciamento de novas captações fossem deferidos pela APA-ARHAlgarve.

De acordo com a informação registada aquando dos pedidos de licenciamento de novas captações, as extrações de água deste aquífero estão relacionadas com os diferentes usos apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Evolução do volume de água extraída do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande e respetivos usos.

Captações	Já licenciadas		Em licenciamento
	2002-2012 (hm ³ /ano)	2012-2014 (hm ³ /ano)	até março de 2014 (hm ³ /ano)
Uso da água			
Ativ. Industrial	0,0004	0,0028	0,00004
Ativ. Recreativa	0,0005	0,0008	0,0001
Consumo humano	0,0015	0,0015	0,0048
Rega	0,6857	0,1408	0,4526
Outra	0,0291	0,0405	--
Total	0,7172	0,1864	0,45754

3.2.2. Classificação dos Usos do Solo por Fotointerpretação

De acordo com os resultados obtidos em 1991 por fotointerpretação, foram identificadas 15 classes de usos de solo (Figura 3.2). Na zona deste aquífero, em 1991, a maior parte da área não era regada (69,63%), a área urbana correspondia a 16,15% e apenas 12,75% da área era regada.

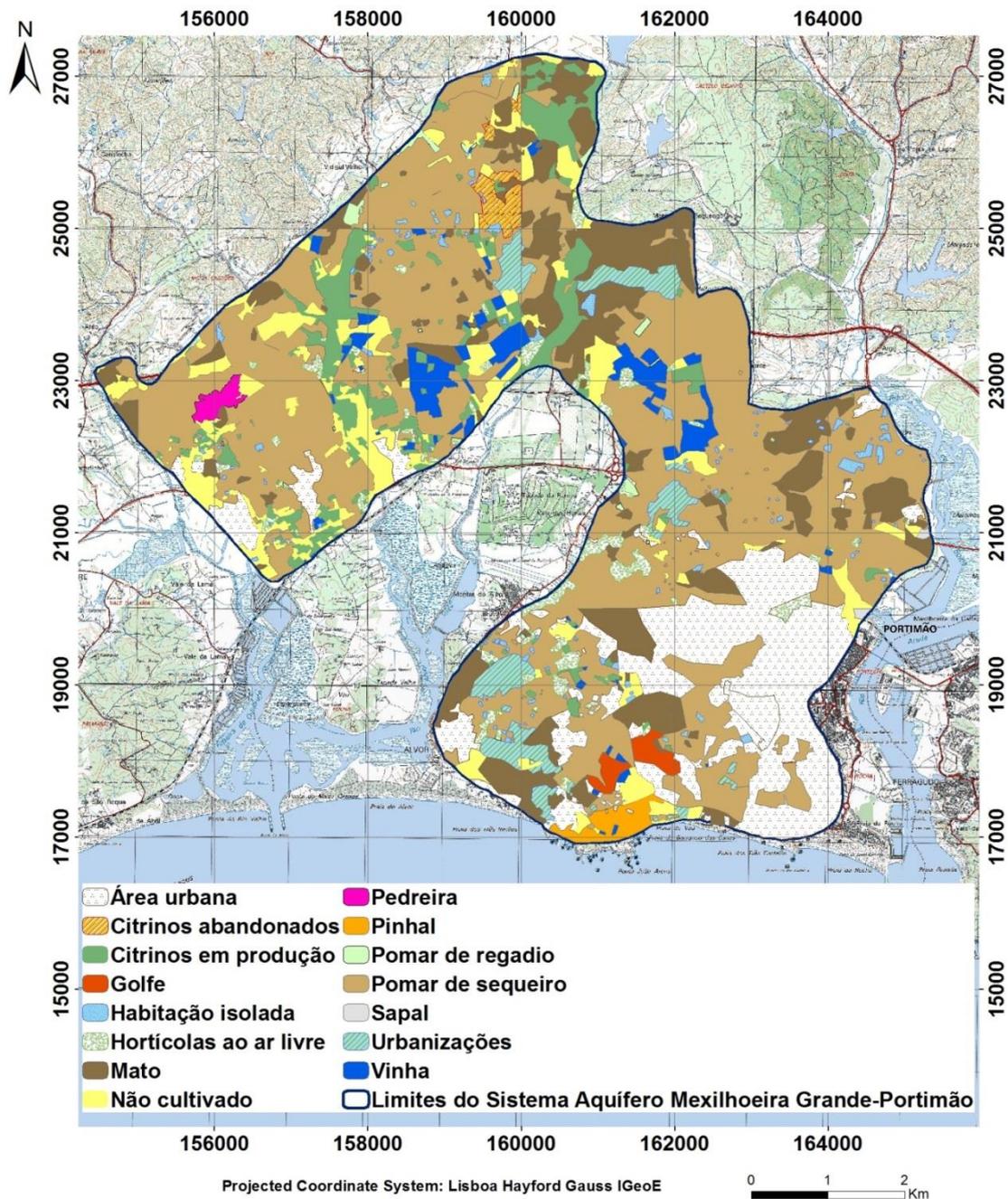


Figura 3.2. Classificação dos usos do solo em 1991, por fotointerpretação.

Em 2007 utilizou-se novamente a fotointerpretação para classificação dos usos do solo. A base cartográfica policromática complementada pela confirmação visual no local, permitiram, em relação a 1991, uma melhor pormenorização (Figura 3.3). Da área total do aquífero e para 2007, verificou-se que 54,57 % correspondiam a área não regada, 21,22 % a área urbana (que aumentou comparativamente a 1991, por ocupação de área não regada) e 12,11% a área regada.

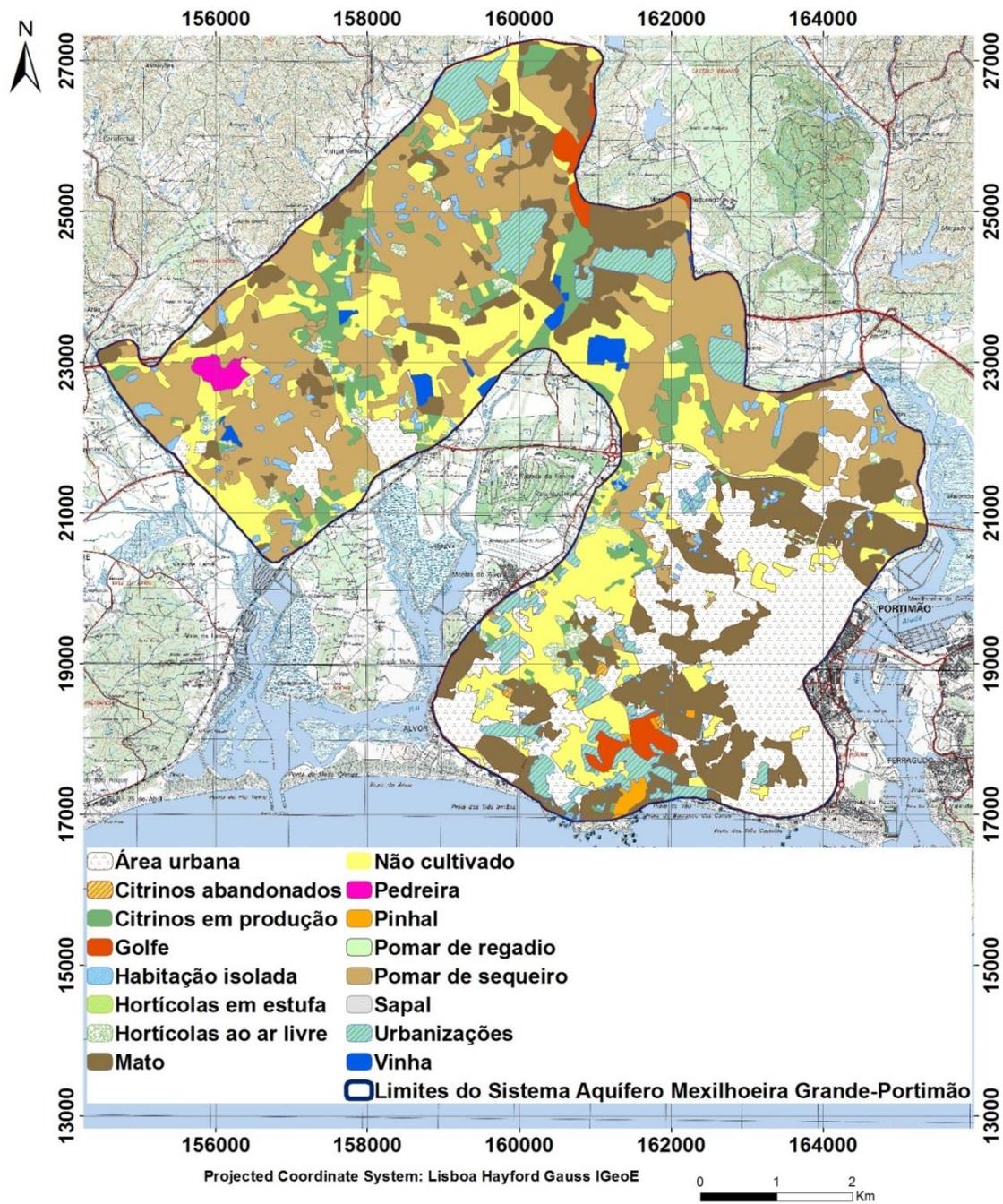
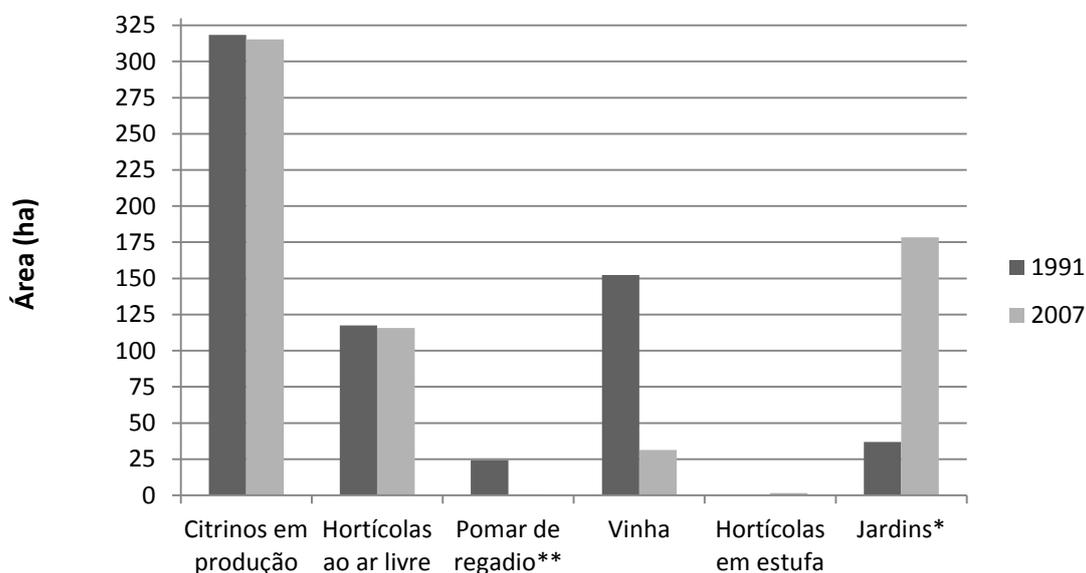


Figura 3.3. Classificação dos usos do solo em 2007, por fotointerpretação.

De acordo com a Informação da Associação de Regantes de Beneficiários de Alvor foram implementadas estufas em 2002 que terão funcionado até 2010, quando deixaram de existir.

Quanto aos usos de solo que não representam consumos de água para este aquífero, em 1991, o pomar de sequeiro, característico desta Região Mediterrânica, ocupava uma área de 2311 ha, sendo a classe mais representativa de uso dos solos. No entanto, se analisarmos a Figura 3.3, relativa a 2007, verifica-se que este uso dos solos sofreu um decréscimo acentuado (38,9 %). Relativamente à classe Não cultivado, que em 1991 tinha uma ocupação de 390,8 ha, verificou-se um aumento de 42% da área ocupada em 2007. Também a classe Mato, em 1991 tinha uma ocupação de 823,15 ha, e em 2007 verificou-se um aumento de 10 % na área ocupada. No ano de 1991, os Citrinos abandonados eram, uma classe de usos do solo pouco detetada no método de fotointerpretação, correspondendo apenas a 40,97 ha e diminuíram 84,1% em 2007. Quanto ao Pinhal implementado nesta região, ocupa uma área muito reduzida e manteve-se constante ao longo do tempo.

Na Figura 3.4 apresenta-se graficamente a evolução entre 1991 e 2007 dos usos do solo que representam consumos de água no Sistema Aquífero mexilhoeira Grande.



* Em Jardins incluem-se os jardins relativos a Habitação isolada e Urbanizações, de acordo com as Figuras 3.4 e 3.5.; ** Em Pomar de Regadio incluem-se pomares de espécies diversas excluindo-se os Citrinos.

Figura 3.4. Evolução temporal das áreas regadas, ocupadas pelos diversos usos do solo no aquífero.

Os citrinos são claramente a classe de usos de solo com a maior área de implantação neste sistema aquífero. Em 1991 ocupavam cerca de 318,3 ha, e mantiveram-se aproximadamente assim até 2007, tendo-se verificado um ligeiro decréscimo (0,91 %).

Neste espaço de tempo verificou-se um aumento significativo na área ocupada com jardins, correspondente a 77 %. Este aumento traduz a existência de 161,72 ha de jardins em 2007, constituindo a segunda maior classe de usos do solo. Dentro dos jardins, estão incluídos os que implementados em habitações isoladas e em urbanizações.

A área ocupada por hortícolas ao ar livre manteve-se aproximadamente constante neste período, cerca de 117,4 ha, embora com um ligeiro decréscimo (1,5%).

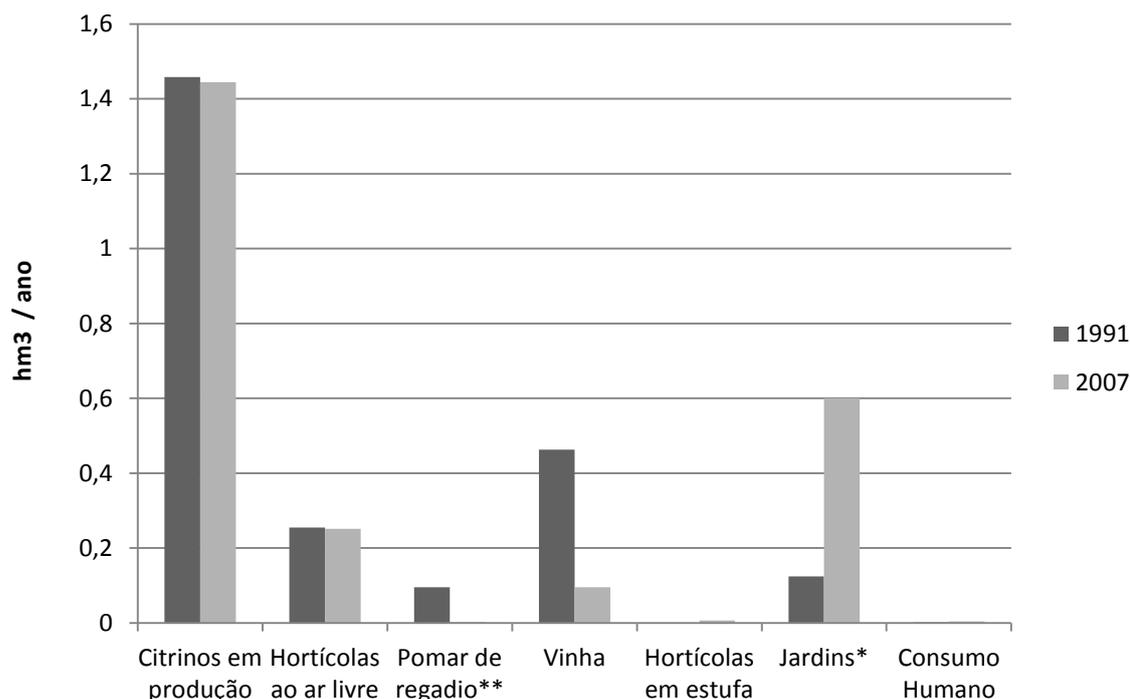
Em 1991 a vinha era o 2º maior uso do solo, com 152,3 ha, mas nos anos seguintes até 2007 sofreu uma grande diminuição, cerca de 79,4 %.

Relativamente ao pomar de regadio, também se verificou uma diminuição de área ocupada muito significativa, entre 1991 e 2007 sofreu um decréscimo de 97,3%.

3.2.3. Volumes de água extraída do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande

Como se pode verificar na Figura 3.5 que nos representa o volume de água utilizado para os diversos usos do solo, a classe “Citrinos em produção” é a responsável pela maior pressão extrativa do aquífero (entre 1,44 e 1,45 hm³/ano), no período em análise.

Como era de esperar, esta figura está de acordo com a anterior, apresentando a mesma evolução temporal para todas as classes de usos do solo (exceto para consumo Humano), porque se obteve multiplicando-se o consumo associado a cada uso pela respetiva área. No que diz respeito ao Consumo Humano, este foi calculado de acordo com o descrito anteriormente (ver 2.2.1), tendo neste período de tempo variado entre 0,0018 e 0,0041 hm³/ano.



* Em Jardins incluem-se os jardins relativos a Habitação isolada e Urbanizações, de acordo com as Figuras 3.4 e 3.5.; ** Em Pomar de Regadio incluem-se pomares de espécies diversas excluindo-se os Citrinos.

Figura 3.5. Evolução temporal entre 1991 e 2007 dos volumes captados (estimados) nos diferentes usos do solo.

Em 2007 o 2º maior consumo de água foi nos Jardins (0,60 hm³/ano), seguindo as Hortícolas ao ar livre (0,25 hm³/ano), a Vinha (0,09 hm³/ano). As Hortícolas em estufa deixaram de existir.

Quando se faz a Comparação entre os Volumes de extração segundo as informações dos proprietários com os dados obtidos por fotointerpretação, os resultados apresentam-se discrepantes (Figura 3.6).

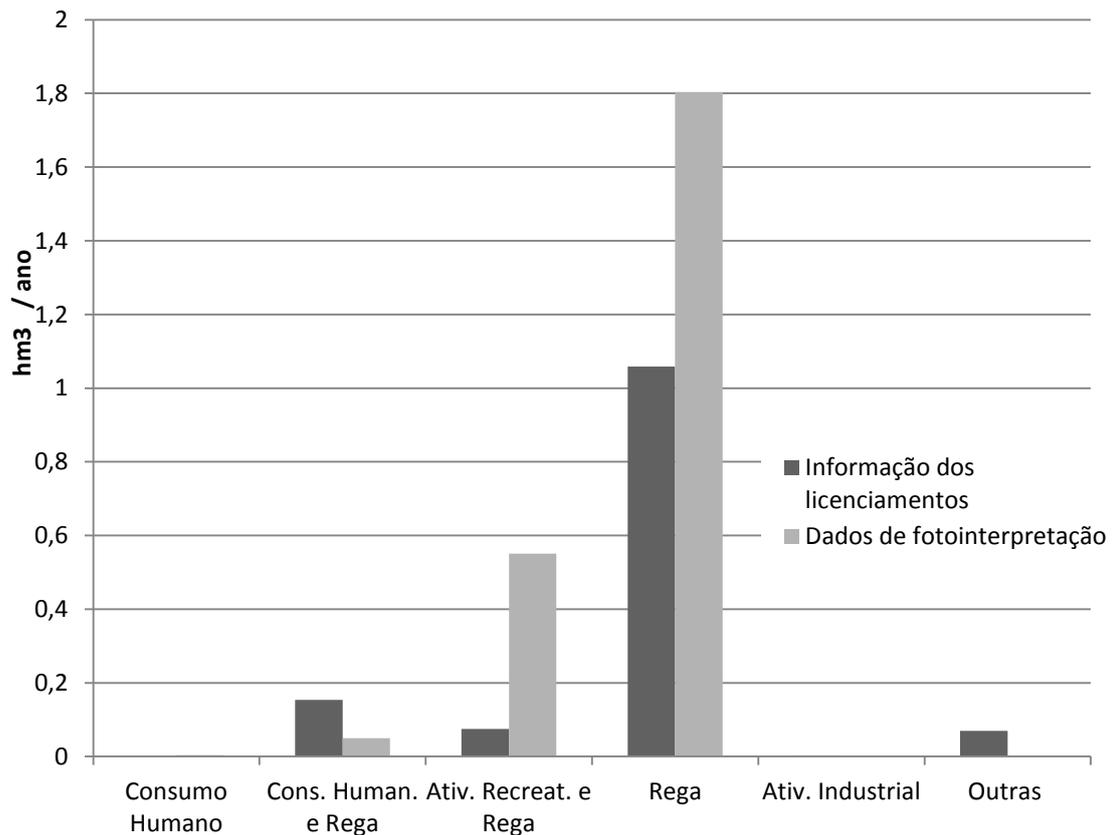


Figura 3.6. Volumes extraídos do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão, de acordo com informação dos licenciamentos e com os dados da fotointerpretação.

Os volumes de água extraída para os diversos usos, de acordo com os dados da fotointerpretação, são mais elevados do que os indicados pelos proprietários das captações nos processos de licenciamento. Isto é, estarão a ser captados para rega mais 1,9 hm³/ano do que a informação dada pelos proprietários.

Este gráfico mostra ainda que que, a maior quantidade de água extraída se destina à rega, que em alguns casos, não se consegue individualizar dos volumes associados ao Consumo Humano e a Atividades Recreativas.

3.3. Piezometria e Balanço Hídrico

A Figura 3.7, apresenta os níveis piezométricos, verificando-se que estes são mais baixos no litoral, zona de Delgadas, no Pliocénico. Na zona litoral, os níveis piezométricos apresentam-se negativos, o que pode indicar a existência de um avanço da interface água doce – água salgada e consequente a salinização das águas. Na zona norte do sistema aquífero é a onde se verificam níveis piezométricos mais elevados. De referir que o gradiente hidráulico é muito baixo.

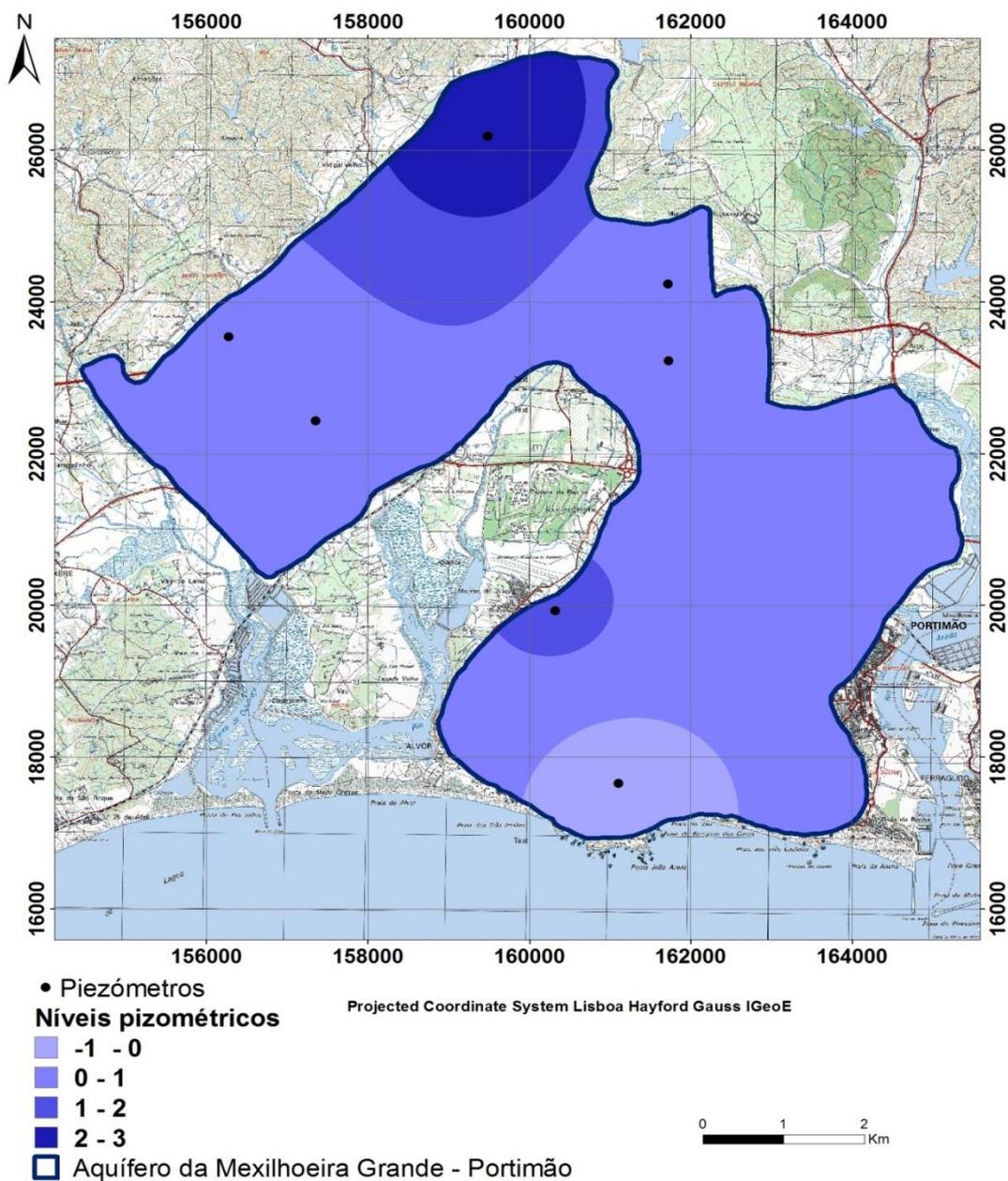


Figura 3.7. Isopiezias do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande em outubro de 2012.

Procedeu-se a uma análise da evolução temporal do nível da água neste sistema aquífero considerando os níveis piezométricos registados em alguns piezómetros instalados no aquífero.

Os gráficos das Figuras 3.8 e 3.9 situam-se em diferentes blocos do sistema aquífero (ver 1.4.1), pelo que têm um comportamento diferente, nomeadamente no que se refere à amplitude de variação dos níveis e consequente capacidade de armazenamento. No gráfico da Figura 3.8, cujo piezómetro se localiza na zona entre as ribeiras do Farelo e Arão, observam-se amplitudes interanuais de variação dos níveis que podem atingir cerca de 6 m, verificando-se uma subida rápida destes no período húmido, seguida de descida acentuada no período seco, o que traduz uma fraca capacidade de armazenamento do sistema.

O gráfico da Figura 3.9 refere-se a um piezómetro situado no bloco entre as Ribeira da Torre e Ribeira da Boina, próximo do contacto entre as formações jurássicas e miocénicas.

De acordo com a Figura 3.9 a amplitude de variação dos níveis é muito menor (inferior a 2 m) e a variação dos níveis também ocorre de modo mais lento, evidenciando assim uma maior capacidade de armazenamento.

De um modo geral verifica-se uma estabilização dos níveis piezométricos ao longo do tempo, não se observando tendências significativas de descida ou de subida destes. Ao longo das séries de observações as cotas do nível de água são positivas, apesar de situarem próximas do zero.

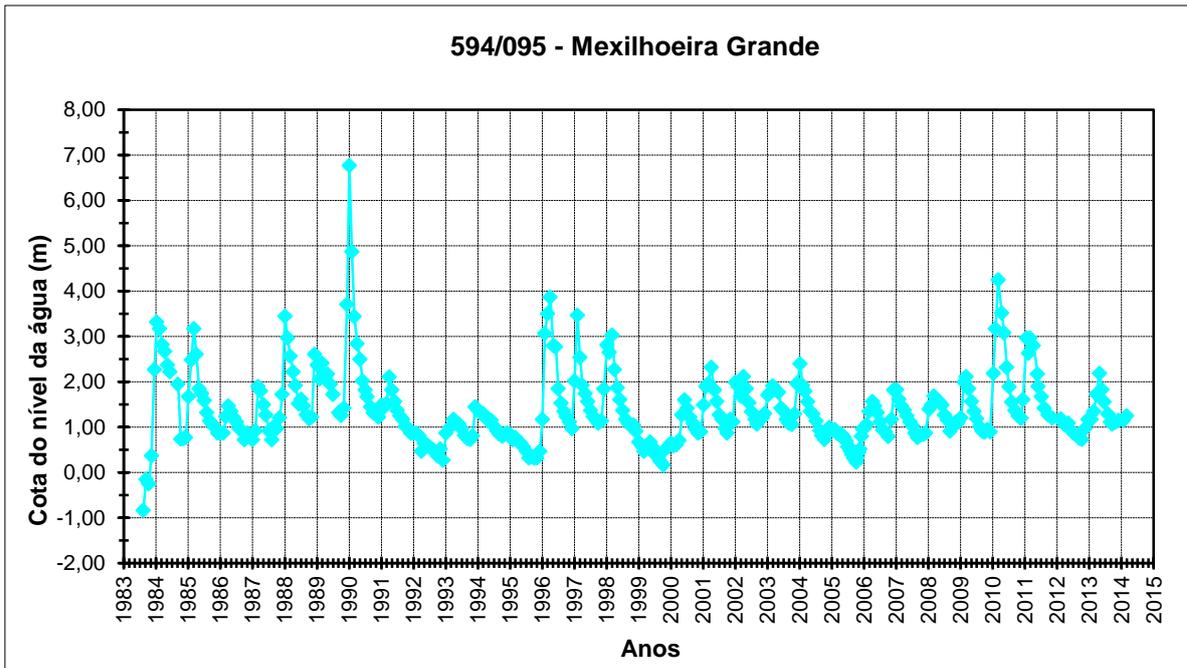


Figura 3.8. Evolução do nível piezométrico no ponto 594/95 do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

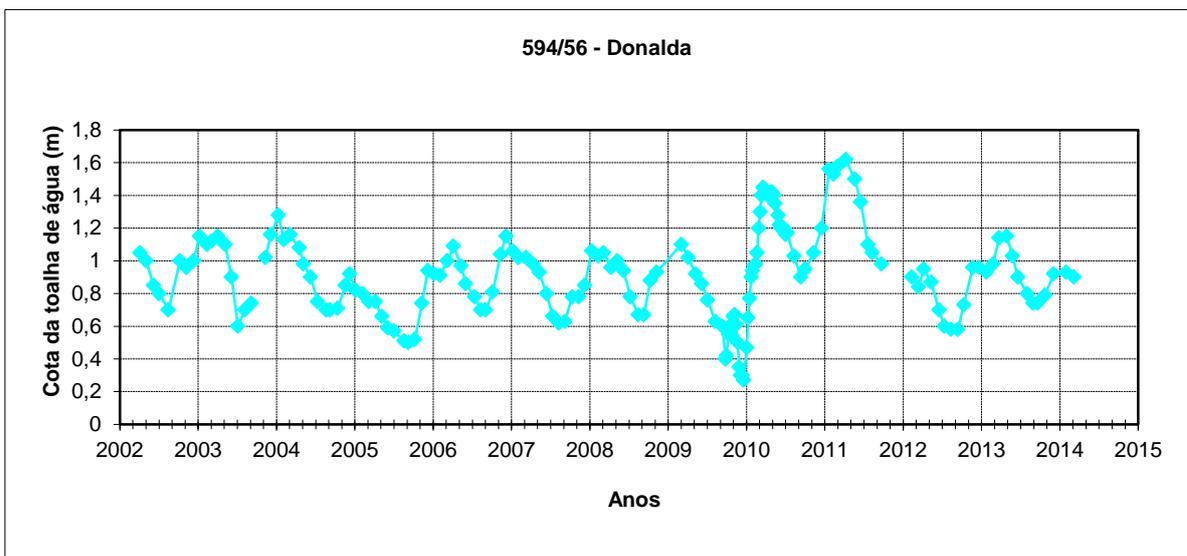


Figura 3.9. Evolução do nível piezométrico no ponto 594/56 - Donalda do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

A Figura 3.10 evidência a localização dos piezómetros 594/95 e 594/56.

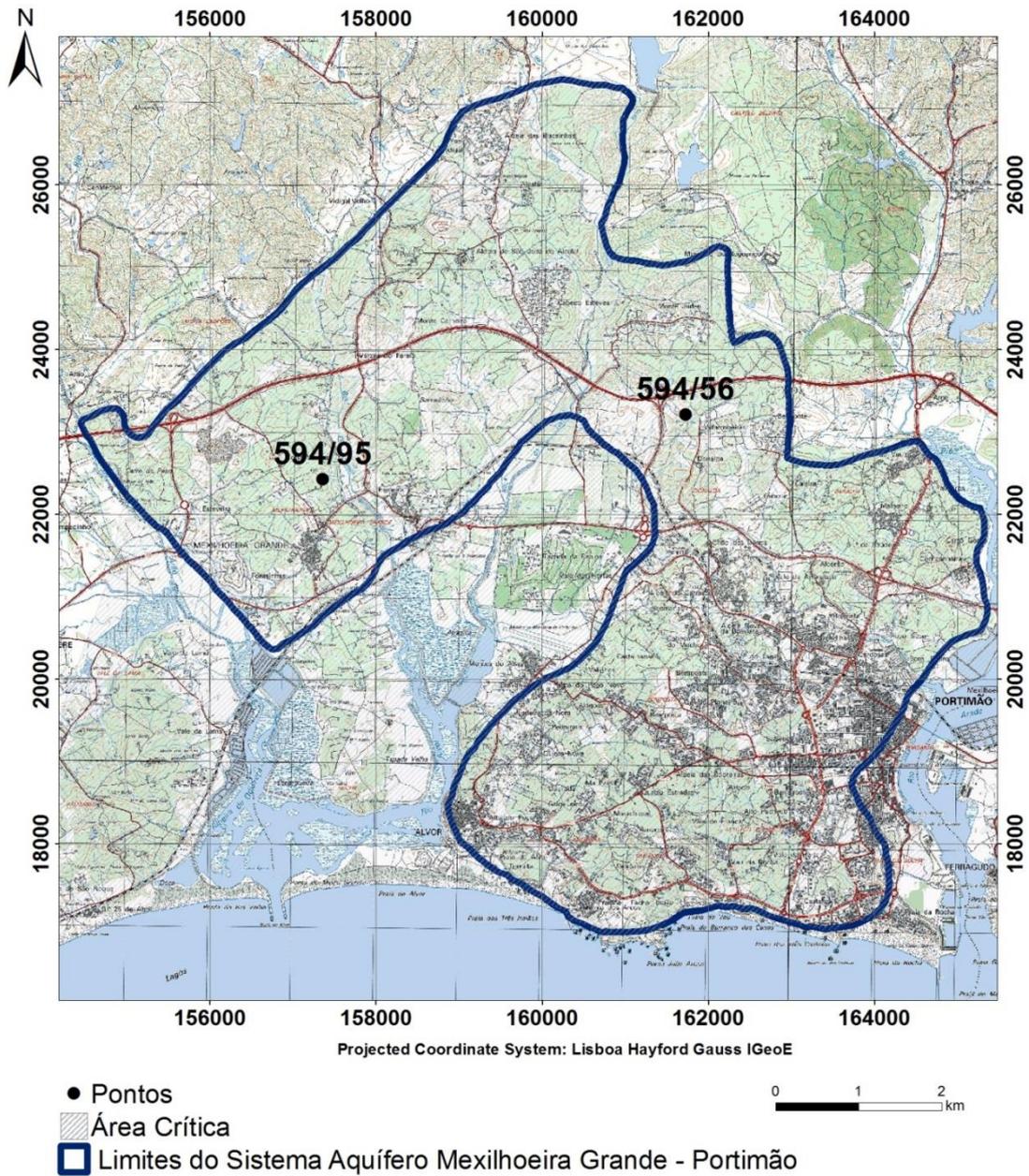


Figura 3.10. Pontos 594/56 e 594/95 do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

3.4. Balanço Hídrico Anual

Segundo cálculo de Almeida *et al.* (2000), estima-se que da recarga natural do aquífero que representa 10,00 (hm³/ano), 8,00 (hm³/ano) são provenientes dos calcários do Jurássico e 2,00 (hm³/ano) são provenientes dos calcarenitos do Miocénico.

Segundo o PGBHRA (2012) a recarga média anual a longo prazo é de 11,55 hm³/ano. Considerando 0,50 hm³/ano de descargas para os ecossistemas aquáticos e terrestres da massa de água subterrânea, estão disponíveis 11,05 hm³/ano (Tabela 3.2).

As extrações conhecidas foram determinadas a partir dos valores estabelecidos no licenciamento, enquanto que as extrações estimadas foram obtidas a partir da classificação dos usos do solo. O valor das extrações estimadas apresentado no PGBHRA, teve por base os usos do solo obtidos a partir dos ortofotomapas de 2005, não sendo considerada a área de jardins. Portanto com os novos valores obtidos neste trabalho incluindo os jardins, verifica-se um aumento para as extrações em relação aos dados referidos no PGBHRA. De notar que extrações estimadas continuam a ser superiores às conhecidas, e na mesma ordem de grandeza (Tabela 3.3).

É importante referir que, apesar deste aumento do volume da água captada deste sistema aquífero, o balanço hídrico continua a ser positivo e continuam a existir excedentes hídricos.

Tabela 3.2. Balanço Hídrico do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão (PGBHRA, 2012).

Mexilhoeira Grande – Portimão		
Entradas		
Recarga natural (hm ³ /ano)		10,00
Recarga induzida pela rega agrícola e campos de golfe (hm ³ /ano)		0,051
Recarga influente das linhas de água superficial (hm ³ /ano)		1,50
Recarga média anual a longo prazo (hm ³ /ano)		11,55
Saídas		
Descargas para os ecossistemas aquáticos e terrestres (hm ³ /ano)		0,50
Extrações (hm³/ano)	Conhecidas	0,67
	Estimadas	1,82
Balanço Hídrico (hm³/ano)	Conhecido	10,38
	Estimado	9,23

Tabela 3.3. Balanço Hídrico do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão considerando para as extrações os valores obtidos neste trabalho.

Mexilhoeira Grande – Portimão		
Entradas		10,00
Recarga natural (hm ³ /ano)		
Recarga induzida pela rega agrícola e campos de golfe (hm ³ /ano)		0,051
Recarga influente das linhas de água superficial (hm ³ /ano)		1,50
Recarga média anual a longo prazo (hm ³ /ano)		11,55
Saídas		
Descargas para os ecossistemas aquáticos e terrestres (hm ³ /ano)		0,50
Extrações (hm³/ano)	Conhecidas	1,36
	Estimadas	2,40
Balanço Hídrico (hm³/ano)	Conhecido	9,69
	Estimado	8,65

3.5. Qualidade da Água

Na Tabela 3.4 apresentam-se os resultados referentes à qualidade da água, obtidos para os indicadores de intrusão salina (cloretos e condutividade) e de pressão antrópica de origem agrícola (nitratos), no período 1987-2012 e em 2014, fazendo-se referência aos valores mínimos, médios e máximos. Em 2014 monitorizaram-se apenas 64 captações, consideradas estatisticamente válidas para representarem a totalidade de captações existentes no sistema aquífero (Thomson, 2012).

Tabela 3.4. Variação temporal dos indicadores de intrusão salina e de pressão de origem agrícola.

Parâmetro/Período	1981-2012			2014 n = 61 captações		
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Cloretos (mg/L) n = 132 captações	27	347	1882	52	346	2828
Condutividade (µS/cm) n = 65 captações	420	1948	5100	510	1560	8419
Nitratos (mg/L) n = 44 captações	0,1	29	200	4	35	144

Os resultados obtidos em 2014 parecem evidenciar que, relativamente aos cloretos a amplitude de valores nas diversas captações aumentou, verificando-se valores máximos mais elevados. No entanto a média diminuiu ligeiramente, comparativamente ao período anterior. Ocorreu exatamente o mesmo comportamento com os valores de condutividade no sistema aquífero, embora neste caso tenha havido uma diminuição mais acentuada da média obtida.

Os nitratos, indicadores da pressão agrícola existente sobre o aquífero, apresentam um ligeiro aumento dos valores mínimos e da média, mas o máximo quantificado diminuiu significativamente.

As figuras seguintes (Figura 3.11, Figura 3.12) correspondem à representação sob a forma de mapas, da variação destes três indicadores da qualidade da água, do sistema aquífero nos diferentes períodos caracterizados. Os dois mapas que se seguem, com os níveis de gradientes de concentração de cloretos do ano de 1981 e 2014, revelam a evolução temporal do parâmetro em estudo no aquífero.

As elevadas concentrações dos cloretos no aquífero, a partir dos 250 mg/L, podem estar relacionadas com a proximidade do mar, através do estuário do Arade e com a ocorrência de formações evaporíticas ricas em sais de cloretos.

A partir da observação das Figuras 3.11 e 3.12 verifica-se que entre 1981 e 2014 ocorreu uma melhoria significativa da qualidade da água subterrânea, no que se refere às concentrações de cloretos (principal problema da qualidade da água).

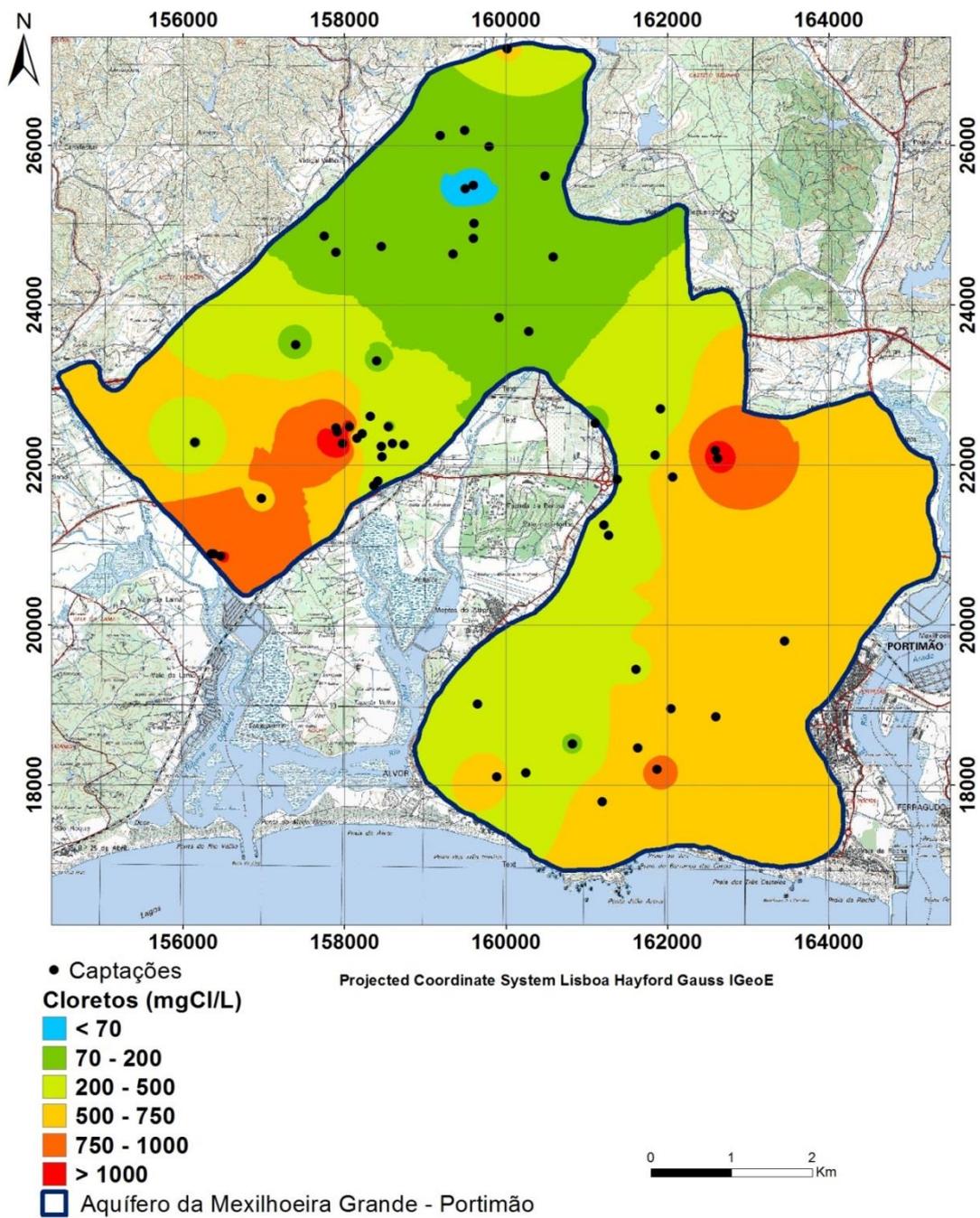


Figura 3.11. Gradientes de concentração dos cloretos em 1981 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

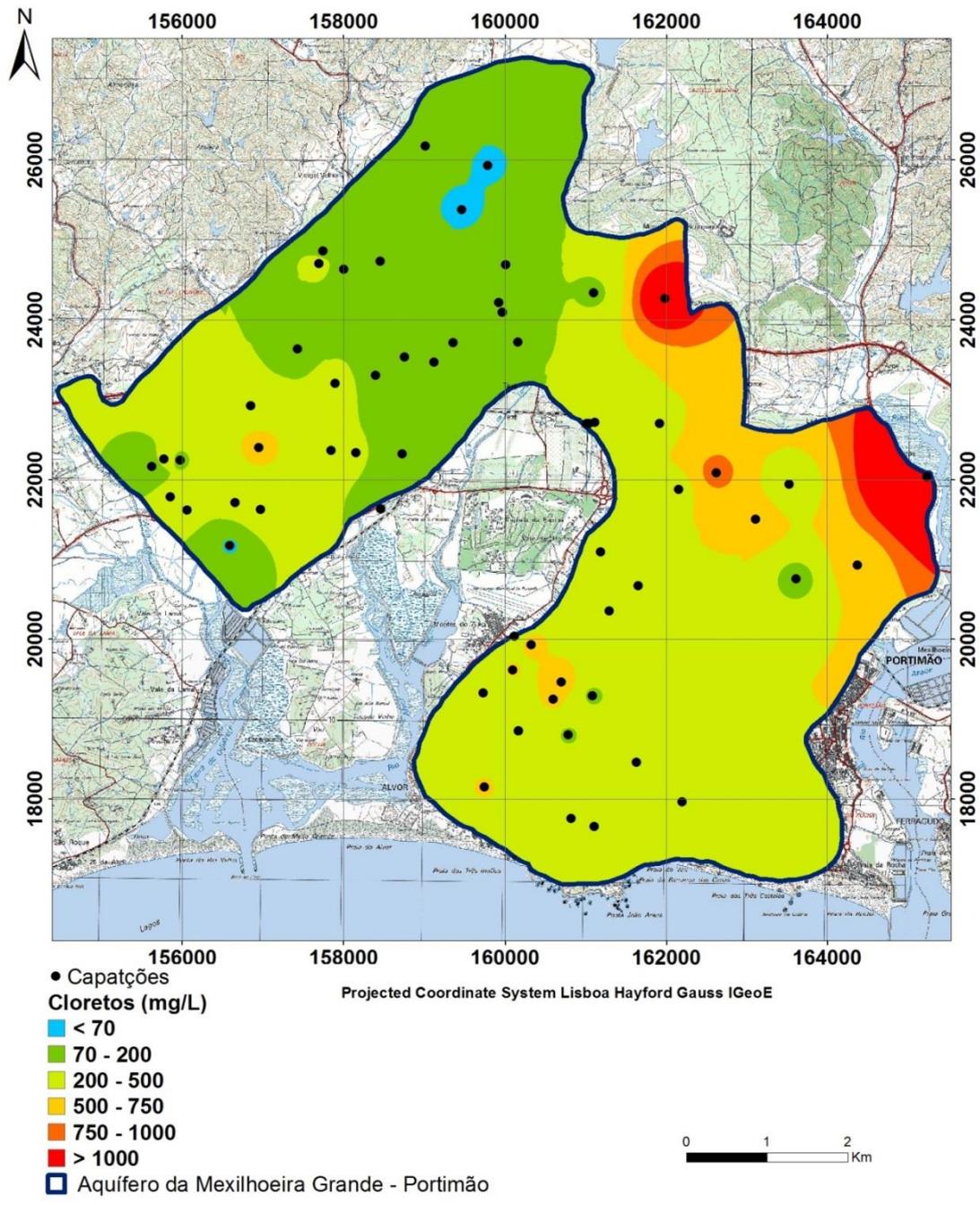


Figura 3.12. Gradientes de concentração dos cloretos em 2014 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

Junto à Figueira – Mexilhoeira Grande existem várias captações públicas de água subterrânea que foram abandonadas devido à elevada salinidade, mas atualmente verifica-se uma melhoria significativa nesta zona. Esta salinidade elevada será devido à existência de diápiros em profundidade, e/ou intrusão salina. Na zona de Chão das Donas, junto às falhas de Portimão, de direção N-S, continuam ainda a verificar-se

concentrações elevadas de cloretos, o que será devido provavelmente à existência de um diápiro nesta zona de Chão das Donas, relacionado com a existência das falhas.

De acordo com Mollema *et al.* (2013), águas com concentrações de cloretos entre 150 – 300 mg/L, são considerados salobras frescas e, com concentrações superiores a 1000 mg/l, salobras salgadas. De acordo com a classificação deste autor, em 1981, encontram-se águas salobras salgadas na zona da Figueira e Chão das Donas, enquanto que em 2014, estas se encontram apenas na zona Chão das Donas.

A evolução decrescente dos cloretos ao longo da série analisada coincide com o surgimento do sistema de abastecimento multimunicipal a partir de 1990, que conduziu ao abandono das captações de água subterrânea.

Nas Figuras 3.13 e 3.14 apresenta-se a distribuição dos valores de condutividade, em 2009 e 2014, verificando-se que esta é coincidente com a distribuição dos gradientes de concentração dos cloretos, observando-se também uma diminuição desde 2009 para 2014. Optou-se pela representação gráfica dos resultados em 2009, porque corresponde ao ano, no período entre 1981 e 2012, com maior número de amostras em que mediu a condutividade.

Em grande parte da área abrangida pelo sistema aquífero os valores de condutividade são superiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Valor Máximo Recomendável para a produção de água para consumo humano, de acordo com o anexo I do Decreto – Lei nº 236/98 de 1 de Agosto.

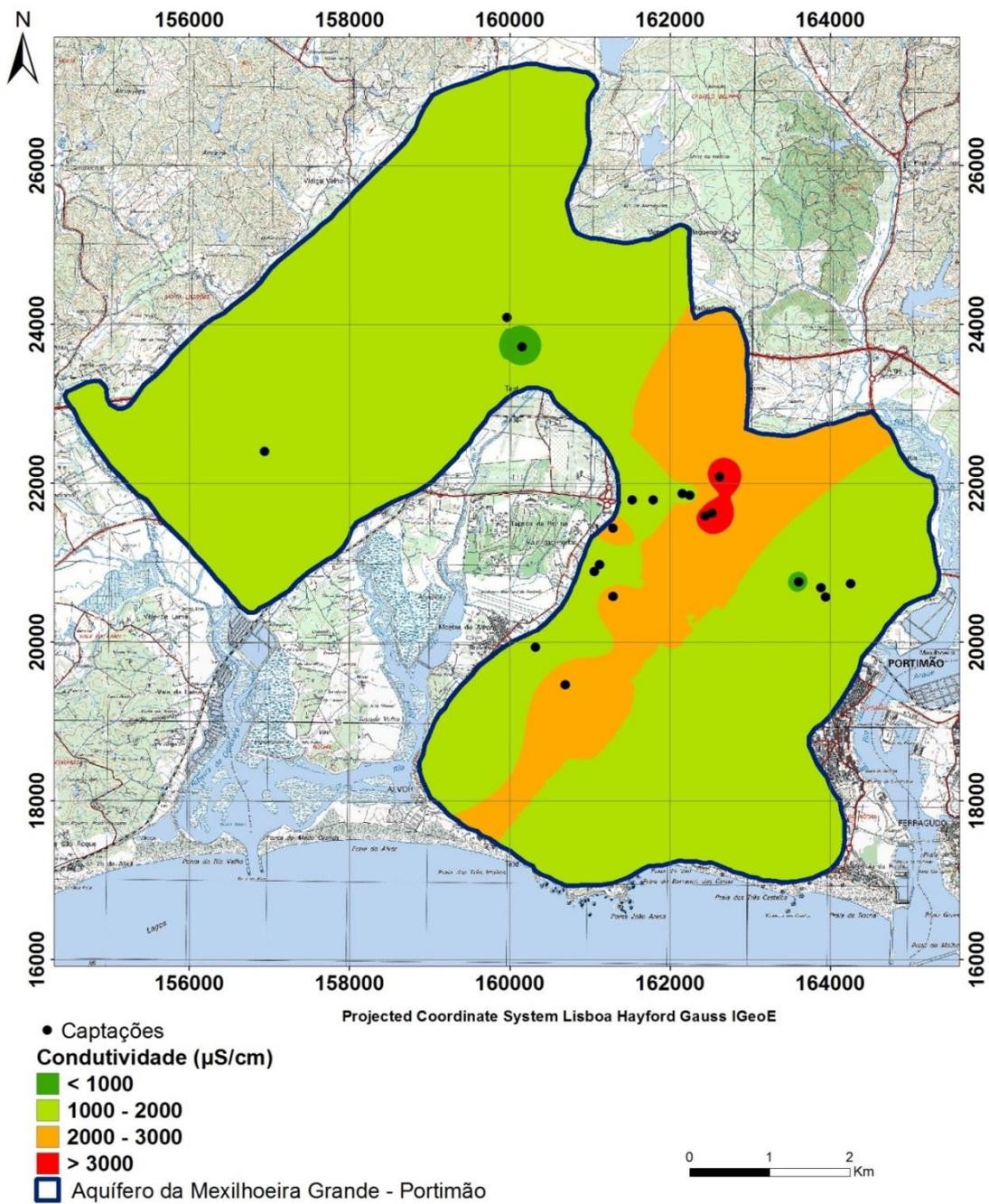


Figura 3.13. Gradientes dos valores de Condutividade em 2009 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

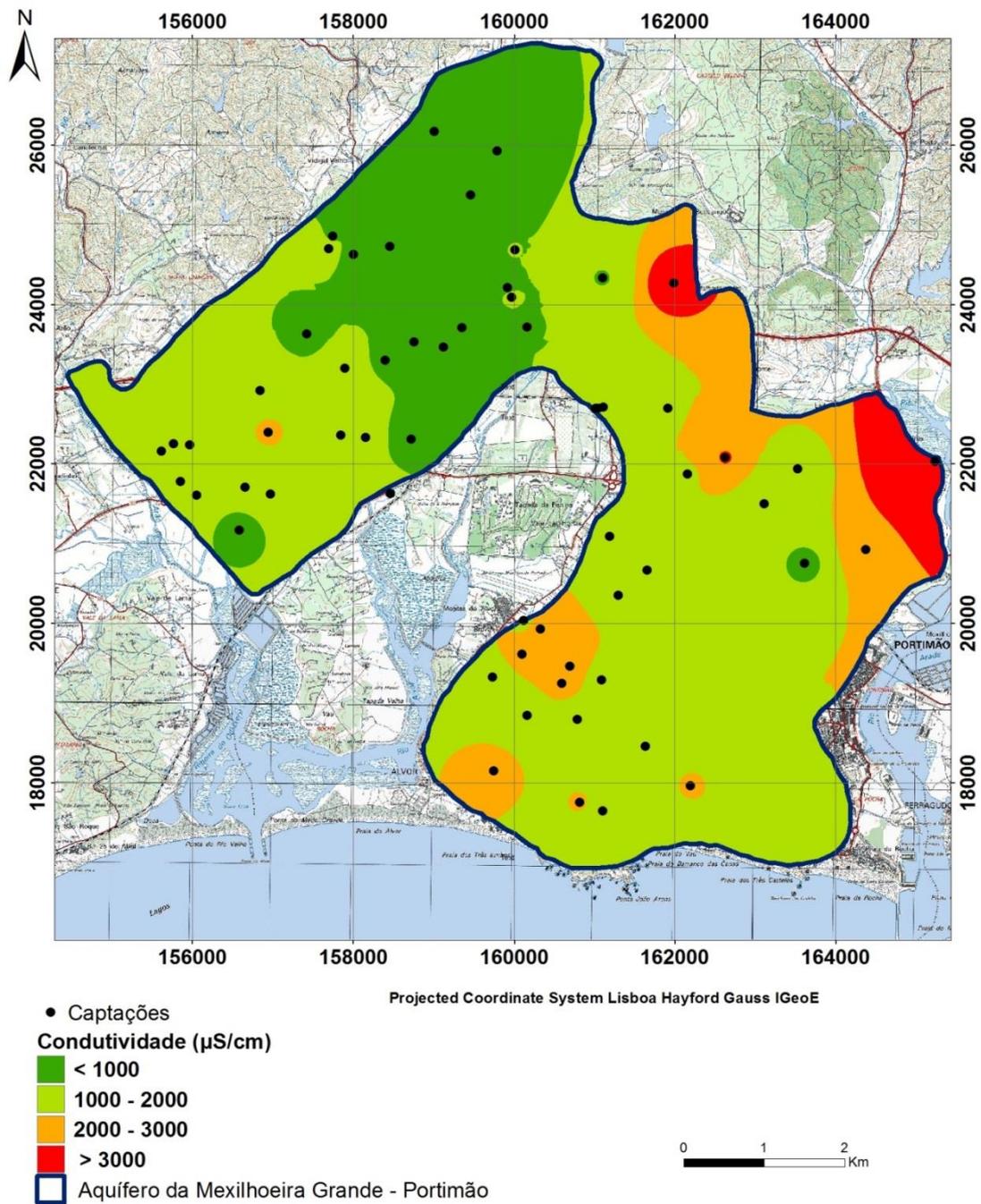


Figura 3.14. Gradientes dos valores de Condutividade em 2009 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

A causa principal das concentrações elevadas de cloretos e de altos valores de condutividade, será a existência de depósitos de salgema em profundidade, principalmente nas zonas de falha. Outra causa poderá ser, a ocorrência de fenómenos pontuais de intrusão salina, quando as extrações são mais intensivas, nomeadamente no aquífero miocénico, entre a Ria de Alvor e o Rio Arade. No entanto, de acordo com os

resultados deste trabalho, constata-se que houve uma melhoria a da qualidade da água, nomeadamente no que se refere às concentrações de cloretos.

Nas Figuras 3.15 e 3.16 apresenta-se a distribuição das concentrações de nitratos, em 1981 e 2014, respetivamente.

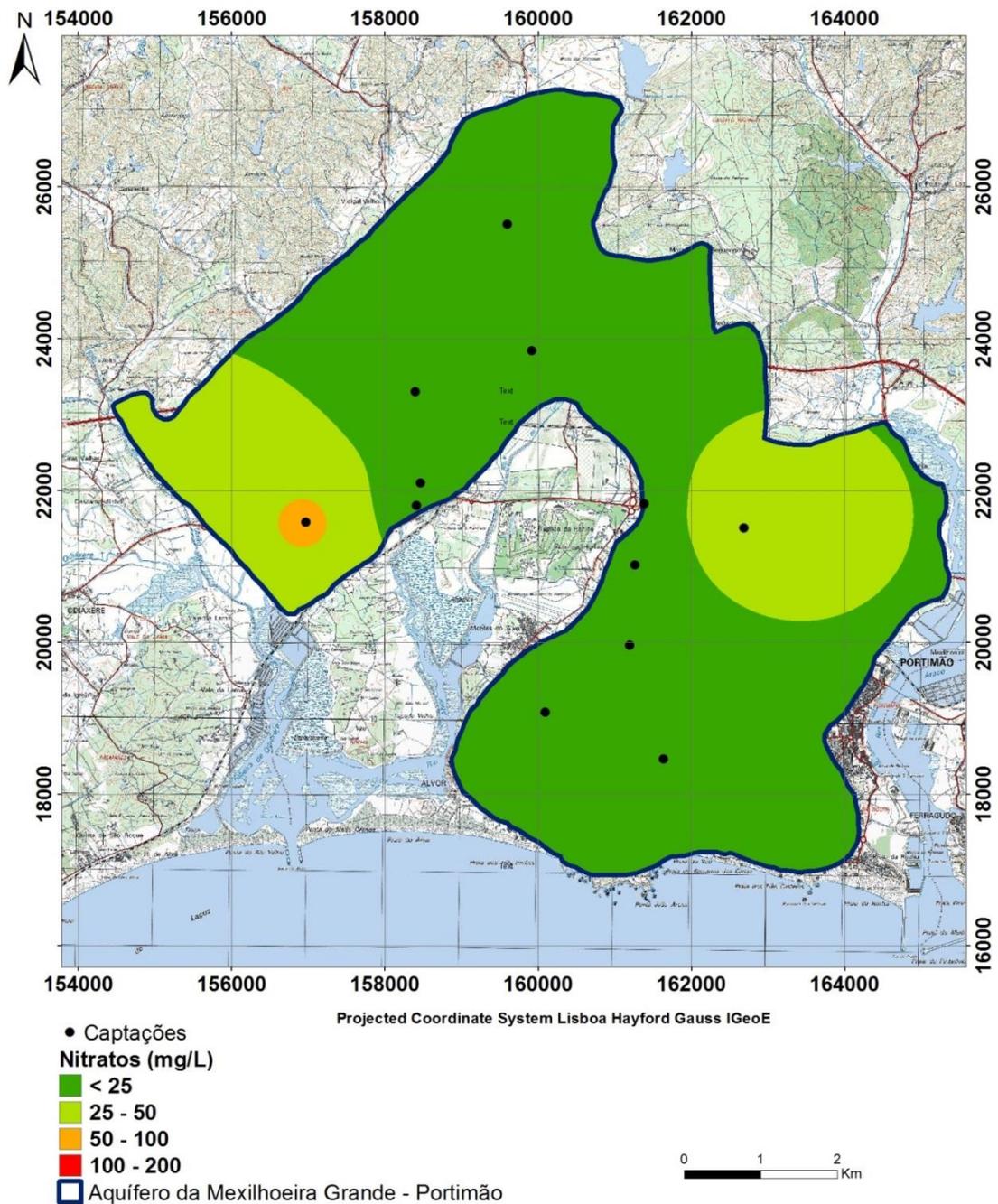


Figura 3.15. Gradientes de concentração dos nitratos em 1981 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

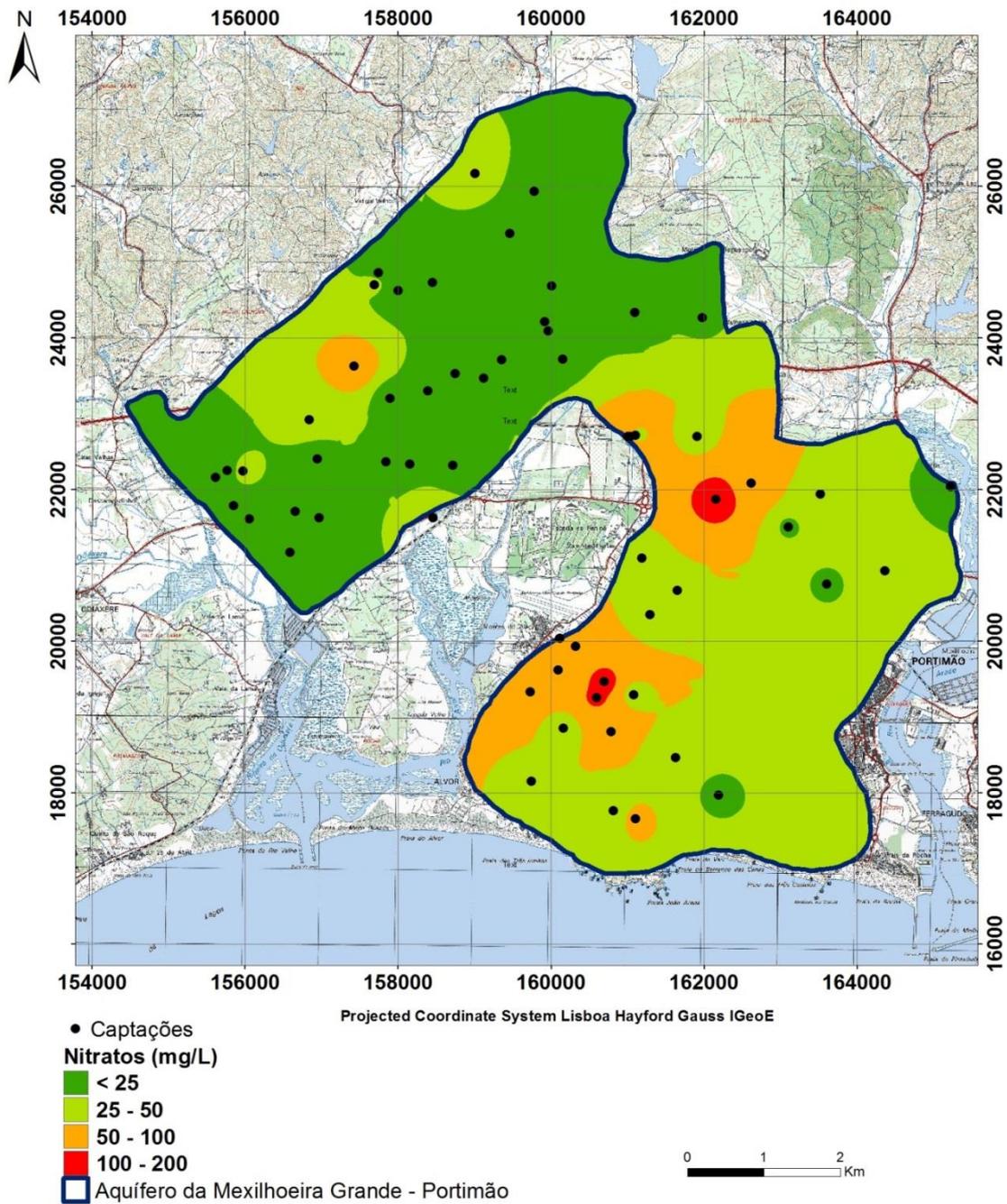


Figura 3.16. Gradientes de concentração dos nitratos em 2014 no Sistema aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

Verificou-se que entre 1981 e 2014, embora o número de amostras em 1981 fosse muito menor, as concentrações de nitratos neste aquífero aumentaram junto ao litoral. Este facto há de estar relacionado com a pressão agrícola, que deve ter sido mais acentuada nesta zona. A presença de explorações agrícolas, com utilização de fertilizantes de síntese está diretamente associada à possibilidade de escorrências e infiltrações de

nitratos nos aquíferos subjacentes, levando a um aumento da sua concentração nas águas subterrâneas.

Como se pode observar nas Figuras 3.15 e 3.16 as concentrações dos nitratos em 2014 são, em grande parte do aquífero superiores ao Valor Máximo Admissível para produção de água para consumo humano (25 mg/L de NO_3^{2-}) e pontualmente (em 3 zonas do aquífero) superiores ao Valor Máximo Recomendado para Rega (50 mg/L de NO_3^{2n}), de acordo com os Anexos I e XVI respetivamente, do Decreto Lei 236/98. Em 2014 verificou-se em 3 captações concentrações de nitratos são superiores a 100 mg/L. Esta questão deve ser verificada, para melhor compreensão da evolução do sistema.

3.6. Cenários Futuros sobre Utilização do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande – Portimão.

Foram considerados os seguintes cenários de ocupação do solo, para as áreas não regadas correspondentes à intensificação da pressão agrícola sobre o aquífero, de três formas distintas. Para cada cenário foi calculado o aumento das extrações relativo à ocupação referida e conseqüente alteração no balanço hídrico do sistema aquífero (Tabela 3.5).

Cenário A

- Se toda a área não regada (não cultivada, mato e pomar de sequeiro) for utilizada para citrinos com dotação de rega de 4500 m³/ha/ano;

Cenário B

- Se toda a área, classificada como Reserva Agrícola Nacional (RAN) for utilizada para citrinos com dotação de rega de 4500 m³/ha/ano;

Cenário C

- Se os espaços não ocupados na área urbana de Portimão forem utilizados para espaços verdes, com dotação de rega equivalente a jardins.

Dentro deste cenário considerou-se ainda,

C1: todos os espaços não ocupados vão ser utilizados para jardins;

C2: 50% dos espaços não ocupados vão ser utilizados para jardins;

C3: 25% dos espaços não ocupados vão ser utilizados para jardins.

Entradas de água no aquífero

Recarga natural 10,00 hm³/ano

Recarga induzida pela rega agrícola e de campos de golfe 0,051 hm³/ano

Recarga devida às linhas de água 1,50 hm³/ano

Portanto,

Recarga média anual a longo prazo 11,55 hm³/ano

Descarga para os ecossistemas aquáticos e terrestres 0,50 hm³/ano

Tabela 3.5. Cenários considerados para o uso dos solos no Sistema Aquífero da Mexilhoeira Grande – Portimão.

Mexilhoeira Grande – Portimão		
Cenário A	Extrações Estimadas (hm ³ /ano)	16,72
	Balanço Hídrico (hm ³ /ano)	-5,67
Cenário B	Extrações Estimadas (hm ³ /ano)	4,58
	Balanço Hídrico (hm ³ /ano)	6,47
Cenário C	C1	
	Extrações Estimadas (hm ³ /ano)	3,94
	Balanço Hídrico (hm ³ /ano)	7,10
	C2	
	Extrações Estimadas (hm ³ /ano)	1,97
	Balanço Hídrico (hm ³ /ano)	3,55
C3		
	Extrações Estimadas (hm ³ /ano)	0,98
	Balanço Hídrico (hm ³ /ano)	1,78

As Figuras seguintes (3.17 a 3.19) apresentam em forma de mapa as condições estabelecidas para os diferentes cenários, anteriormente descritos.

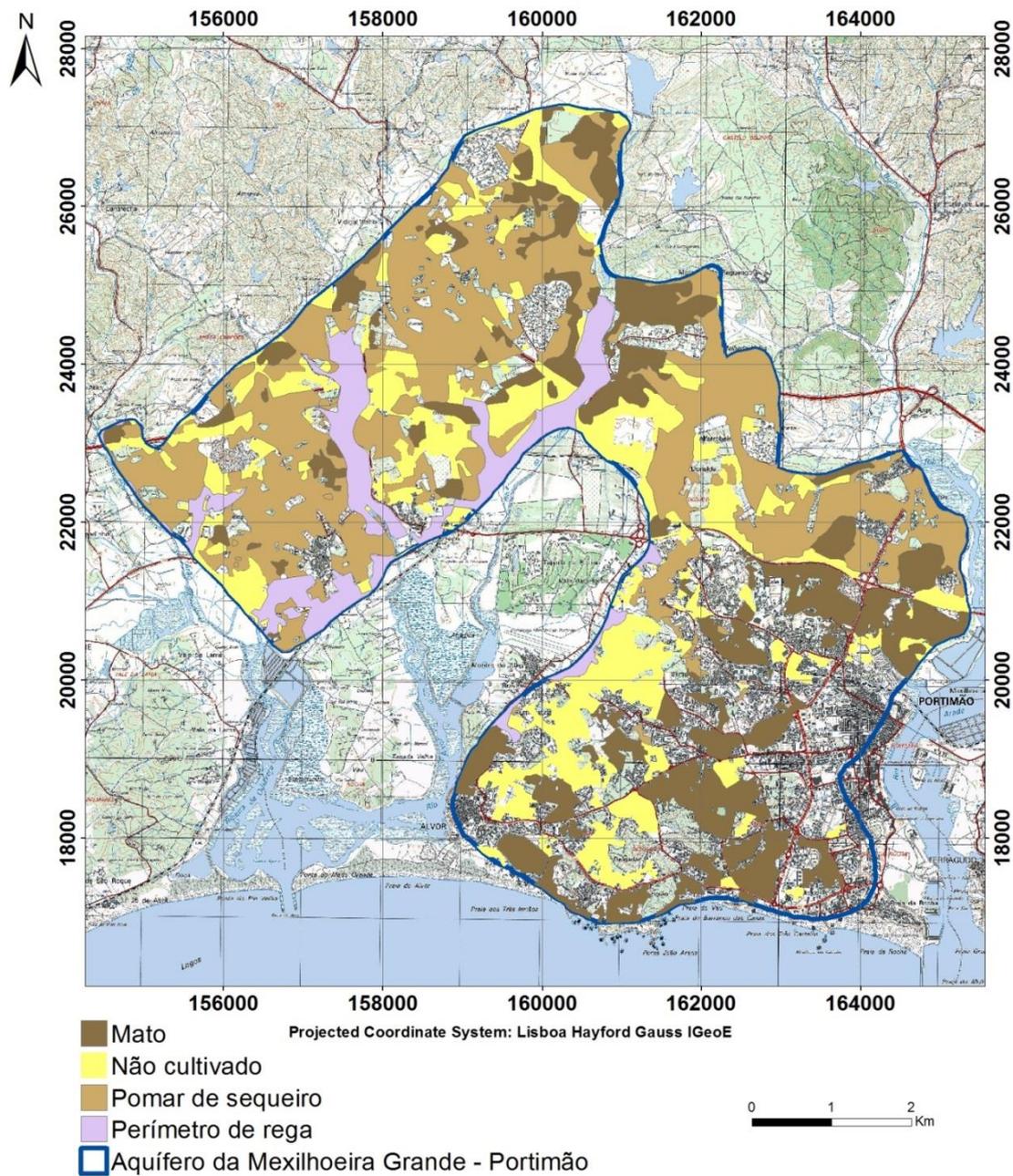


Figura 3.17. Representação das condições do Cenário A.

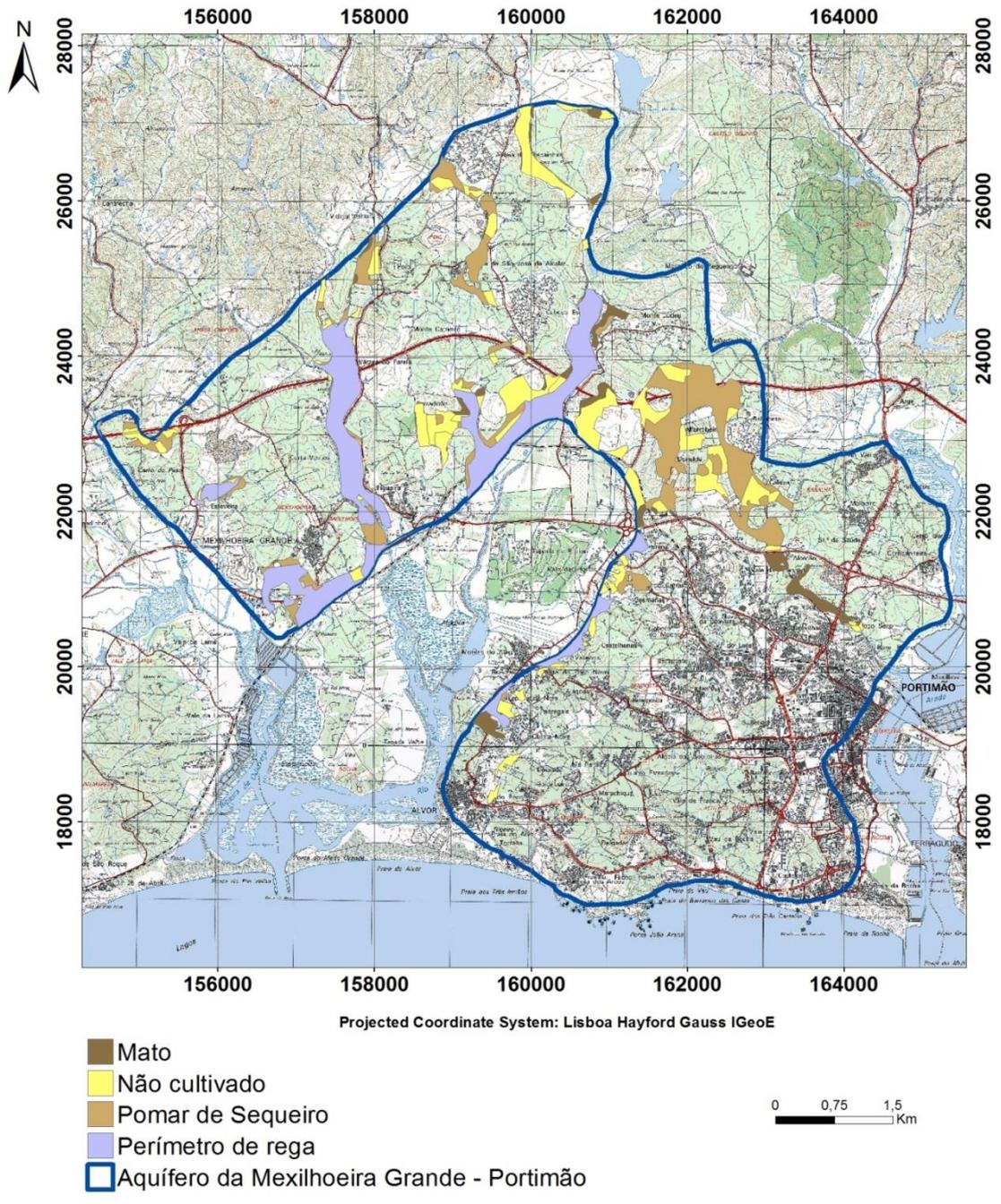


Figura 3.18. Representação das condições do Cenário B.

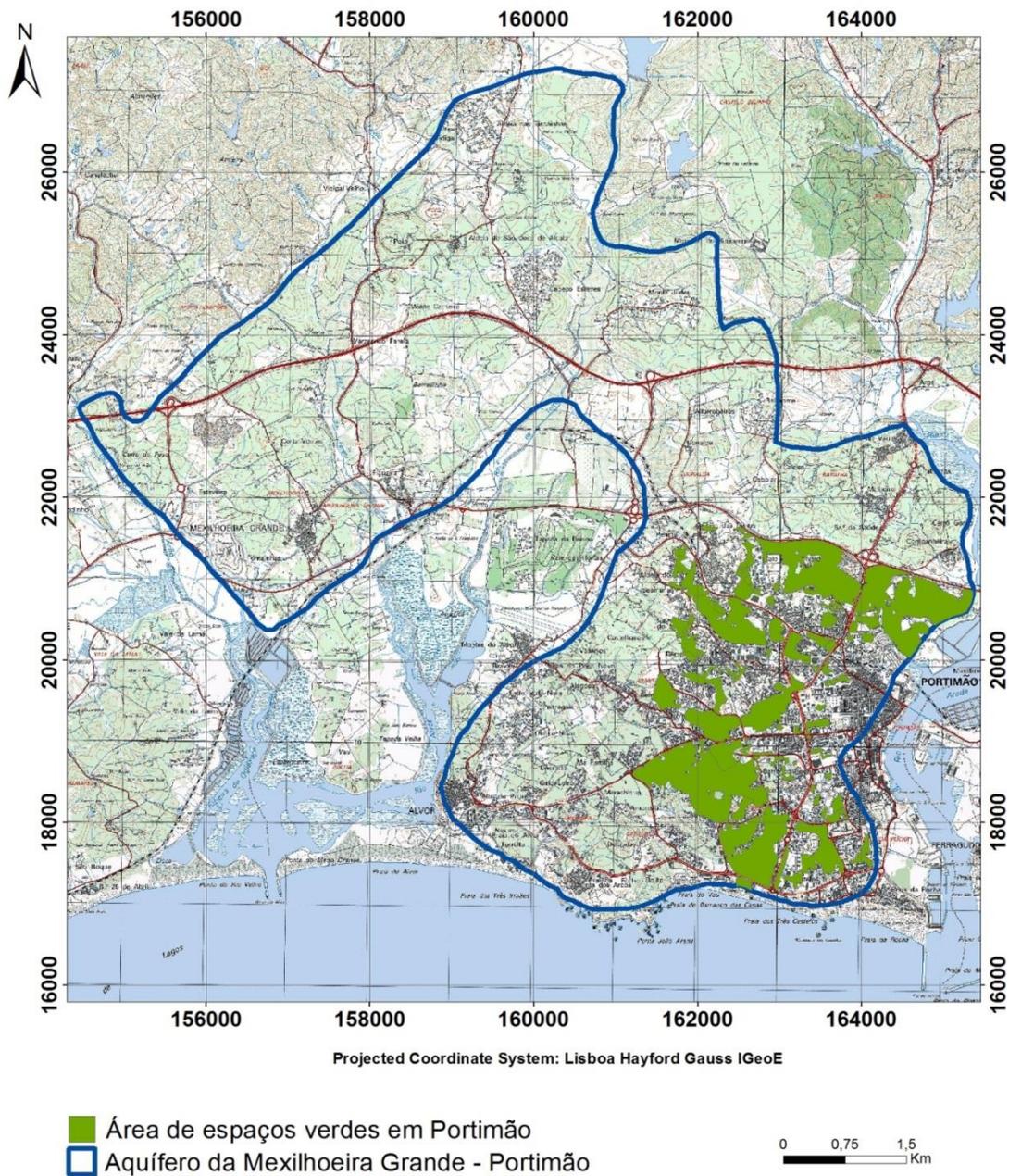


Figura 3.19. Representação das condições do Cenário C1.

De acordo com os resultados obtidos para os diferentes cenários, apenas o cenário A é insustentável para o sistema aquífero, conduzindo a uma sobreexploração deste, uma vez que o balanço hídrico é negativo, sendo as saídas superiores às entradas. Esta situação caso se verificasse, iria provocar um aumento significativo da salinização da água do sistema aquífero. Os restantes cenários não põem em causa a sustentabilidade

do sistema aquífero, ocorrendo em todos eles excedentes hídricos e, as extrações são sempre inferiores a 70% da recarga.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação à quantidade de água existente neste sistema aquífero, os recursos hídricos disponíveis são de cerca de 11 hm³/ano, e as extrações (valores estimados) são de cerca 2,5 hm³/ano, portanto o balanço hídrico é positivo considerando-se que este sistema aquífero se encontra em bom estado quantitativo. Os níveis piezométricos são positivos na maior parte do sistema aquífero, e não apresentam tendência de descida.

Em termos de qualidade da água parece ter ocorrido uma melhoria nos últimos anos exceto pontualmente para os nitratos.

Portanto, na atual situação do sistema aquífero, considerando os dados analisados de quantidade e de qualidade da água, excetuando as zonas com valores mais elevados de nitratos, considera-se que poderá haver aumento das extrações em algumas áreas do sistema aquífero, sem pôr em causa a sua sustentabilidade. Assim deverá ser efetuada uma re-delimitação da área crítica existente, no sentido da diminuição da sua área de abrangência.

É fundamental monitorização periodicamente a situação deste sistema aquífero, avaliando o seu estado e tendo em conta a procura de água para os diversos usos de solo, em cada momento. Só assim se poderão definir estratégias sustentáveis para o uso da água e permitir o desenvolvimento económico da região.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, C., 1985. Hidrogeologia do Algarve Central. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Hidrogeologia. Portugal, 342 pp..

Almeida, C., Mendonca J. J. L., Jesus M. R., and Gomes A. J., 2000, “Sistema Aquiferos de Portugal Continental,” Lisboa, INAG.

Bjornlunda H. and Wheeler S. A., 2014. Exploring some of the socio-economic realities of sustainable water management in irrigation: An overview. *Agricultural Water Management*. 145, 1–4.

Bocanegra-Martínez A., Ponce-Ortega J. M., Nápoles-Rivera F., Serna-González M. Castro-Montoya A.J., El-Halwagi M.M., 2014. Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development. *Resources, Conservation and Recycling* 84, 44–56.

Bousselmi L., Ghrabi A. and Regelberger M., 2009. Editorial of MEDA Water International Conference on Sustainable Water Management. *Desalination* 24, 320-321.

Chenini I., Zghibi A., and Kouzana L., 2015. Hydrogeological investigations and groundwater vulnerability assessment and mapping for groundwater resource protection and management: State of the art and a case study. *Journal of African Earth Sciences*. 109, 11–26.

Costa J.V., 2007. Água azul e água verde. In:Cunha L. V., Serra A., Ribeiro J. L.(coordenação). Reflexos da água. Lisboa. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 1ª Edição.

Eaton, A.D., Cleasceri, L.S., Rice, E.W., Grennberg, A.E. (2005). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21st / Centennial Edition. Washington. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation.

Lillesand, T. and Kiefer, R. (2000), *Remote Sensor and Image Interpretation*, 4.^a edição, New York, John Wiley & Sons, pp. 112-144; 316-321.

Lu, C.H., Werner, A.D., 2013. Timescales of seawater intrusion and retreat. *Adv. Water Resour.* 59, 39–51.

Monteiro, J. P., Martins, P. e Martins, R. 2005. Estudo Hidrogeológico para o Dimensionamento do Sistema de Abastecimento do Campo de Golfe e Estruturas Turísticas associadas de Vila Sol. 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa (SILUSBA). Évora, 2005.

Moratalla, A., Gómez-Alday, J.J., Sanz, D., Castaño, S. and De Las Heras, J., 2011. Evaluation of a GIS-based integrated vulnerability risk assessment for the Mancha oriental system (SE Spain). *Water Resour. Manage.* 25, 3677–3697.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), 2012. OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>.

Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas que Integram a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8), 2012. Enquadramento e Aspetos Gerais. Volume 1 – Relatório. Consultado em: http://sniamb.apambiente.pt/infos/geoportaldocs/Planos/PGRH8/VolumeI_Relatorio%5CParte1%5CPGBHRH8_P1_Jun2012.pdf.

Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas que Integram a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8), 2011. Caracterização e diagnóstico. Volume 1 – Relatório. Tomo 2, Caracterização das massas de água superficiais e subterrâneas, p. 334 – p. 352.

Portugal. Assembleia da Republica – Lei n.º58/2005, de 29 de Dezembro, D.R. n.º 249: Serie I-A, 2005-12-29 (2005), p. 7280-7310.

Portugal. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território – Decreto de lei n.º 130/2012, de 22 de junho, D.R. n.º 120: Serie I-A, 2012-06-22 (2012).

Portugal. Ministério do Ambiente - Decreto de Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, D.R. n.º 176: Serie I-A, 1998-08-01 (1998), anexo XVI, Qualidade das Aguas Destinadas a Rega, p. 3714.

Portugal. Ministério do Ambiente - Decreto de Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, D.R. n.º 176: Serie I-A, 1998-08-01 (1998), anexo I, Qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, p. 3696.

Portugal. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território – Decreto Regulamentar n.º 12/2002, de 09 de março, D.R. n.º 58: Serie I-B, 2002-03-12 (2002), p. 2060-2063.

Portugal. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – Decreto de Lei n.º 226/2007, de 31 de Maio, D.R. n.º 105: Serie I-A, 2007-05-31 (2007), p. 3644- (24) – 3644- (47).

Portugal. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – Decreto de Lei.º 97/2008, de 11 de junho, D.R. n.º 111: Serie I-A, 2008-06-11 (2008), p. 3395-3403.

Reis, E., 2007. Contribuição para o Cálculo do Balanço Hídrico dos Principais Sistemas Aquíferos do Algarve. Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Algarve, Portugal, 41 p..

Reis, E. (1993), *Estudo Hidrogeológico das formações do Lias-Dogger situadas a ocidente do Rio Arade (Algarve)*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada.. Lisboa, p. 211.

Ribeiro, A., Antunes, M. T., Ferreira, M.P., Rocha, R. B., Soares, A. F., Zbyszewski, G., Almeida, F. M., Carvalho, D., Monteiro, J. H., 1979. Introduction à la Géologie générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Rocha R.B., 1976. Estudo Estratigráfico e Paleontológico do Jurássico do Algarve Ocidental. Universidade Nova de Lisboa. Ciências da Terra. 1ª Edição. 178p.

Sefelnasr A., Gossel W. and Wycisk P., 2015. Groundwater management options in an arid environment: The Nubian Sandstone Aquifer System, Eastern Sahara. *Journal of Arid Environments* 122, 46-58.

Silva, M. L., C. Almeida, 1989. Aspectos Hidrogeológicos das Formações Miocénicas do Algarve. *Geolis*, revista da Secção de Geologia Ec. E Aplicada, vol. II, p. 115-132.

Silva, M. O. (1984), *Hidrologia do Miocénico do Algarve (Portugal)*. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Geologia pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Xx pp..FALTA

Taylor, R.G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Van Beek, R., Wada, Y., Edmunds, M., 2013. Ground water and climate change. *Nat. Clim. Change* 3, 322-329.

Thompson S.K., 2012. *Sampling*. 3^a ed. New York: Wiley-Interscience. p. 472.

Tomaszkiewicz M., Abou Najm M., El-Fadel M., 2014. Development of a groundwater quality index for seawater intrusion in coastal aquifers. *Environmental Modelling & Software* 57, 13-26.

United Nations Environment Programme, 2015. *Cities and Coastal Areas*. Publishing, http://www.unep.org/urban_environment/issues/coastal_zones.asp.

Varol, S.O., Davraz, A., 2010. Hydrogeological investigation of Sarkikaraagac Basin (Isparta, Turkey) and groundwater vulnerability. *Water Int.* 35 (2), 177–194.

Volcanic islands in the South China Sea. *Marine Pollution Bulletin* 93, 153–162.

Werner A.D., Bakker M., Post V.E.A., Vandenbohede A., Lu C., Ataie-Ashtiani B., Simmons C.T. and Barry D.A., 2013. Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges. *Advances in Water Resources* 51, 3–26.

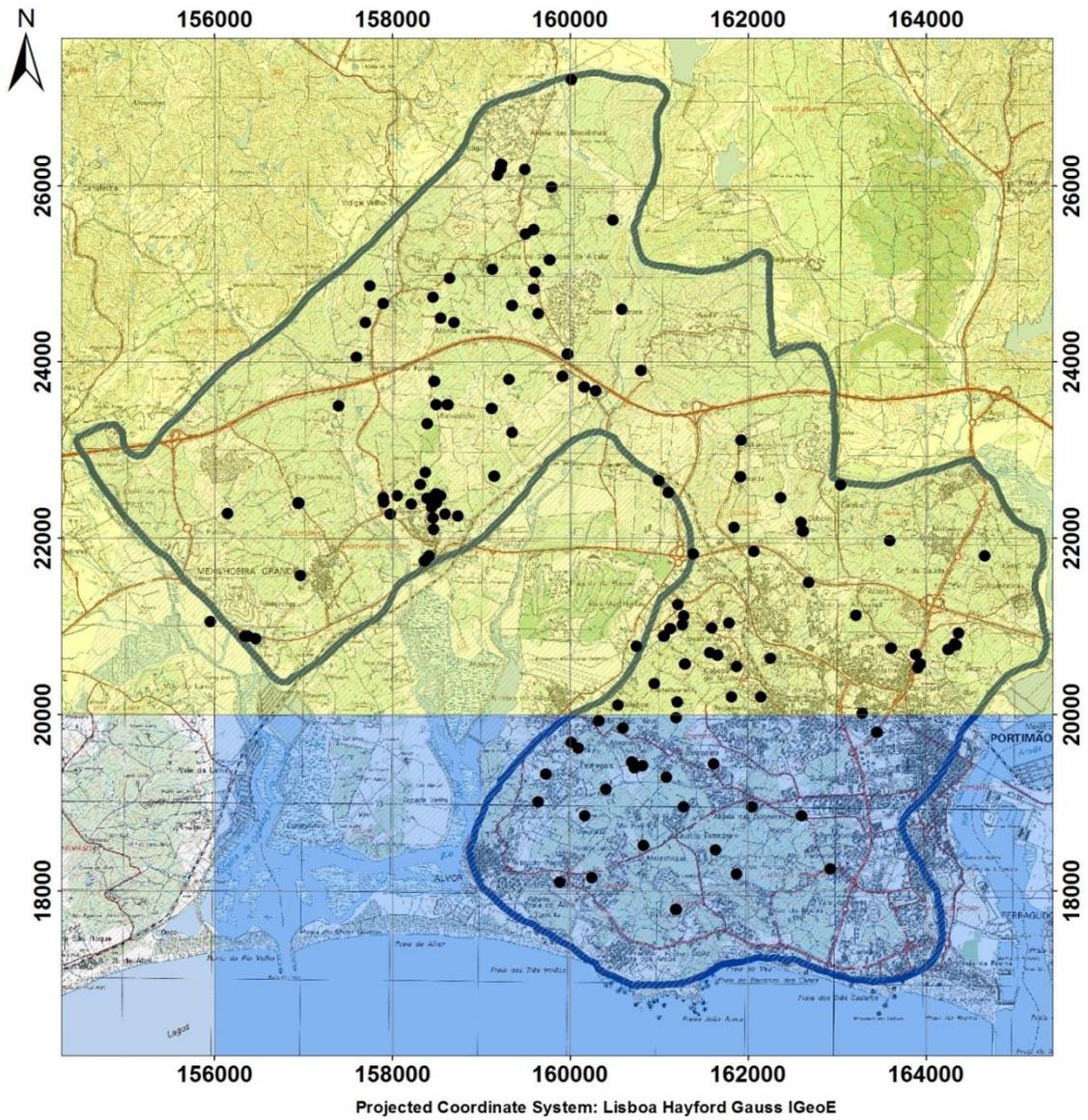
World Economic Forum, 2013. *Global Risks 2013*, eighth ed. World Economic Forum, Switzerland. World Wildlife Fund, 2014. *Living Planet Report 2014*, Gland, Suíça. ISBN 978-2-940443-87-1.

World Health Organization and UNICEF, 2013. *Progress on sanitation and drinking-water*. ISBN 978 92 4 150539 0.

Xi X. and Poh K.L., 2013. Using system dynamics for sustainable water resources management in Singapore. *Procedia Computer Science* 16, 157 – 166.

Zhang W., Chen X., Tan H., Zhang Y. and Cao J., 2015. Geochemical and isotopic data for restricting seawater intrusion and groundwater circulation in a series of typical volcanic islands in the South China Sea. *Marine Pollution Bulletin* 93, 153–162.

ANEXOS



-  Área Crítica
-  Captações
-  Carta 603
-  Carta 594
-  Limites do Sistema Aquífero Mexilhoeira Grande - Portimão



Uso dos Solos			
Mexilhoeira Grande – Portimão			
		Fotografias de campo, 2014	Ortofotomapa
CULTURAS DE REGADIO	<p>Citrinos em produção</p> <p>Árvores do género <i>Citrus</i> muito bem alinhadas na mesma direcção, pouco espaçadas e de copa redonda.</p>		
	<p>Hortícolas ao ar livre</p> <p>Cultivo de espécies herbáceas e arbustivas em horta, para produção de ramos, folhas, flores, frutos, raízes e bolbos.</p>		
	<p>Hortícolas em estufa</p> <p>Cultivo de espécies hortícolas em ambiente coberto fechado.</p>		
	<p>Vinha</p> <p>Cultivo de videiras (<i>Vitis sp.</i>) com disposição espaçada caracteristicamente alinhada.</p>		

CULTURAS NÃO REGADAS	<p>Urbanizações</p> <p>Os jardins que estão dentro de núcleos de pequenas áreas urbanas.</p>		
	<p>Habitação isolada</p> <p>Os jardins situados em casas dispersas pelo aquífero e, em geral, casas isoladas.</p>		
	<p>Citrinos abandonados</p> <p>Árvores de citrinos que vão perdendo o alinhamento e o espaçamento.</p>		
	<p>Pomar de sequeiro</p> <p>Árvores não alinhadas e muito espaçadas, como amendoeiras, figueiras, alfarrobeiras e oliveiras, características do Clima Mediterrânico.</p>		
	<p>Pinhal</p> <p>Cultura de pinheiros mansos (<i>Pinus pinea</i> L.).</p>		

<p>Não cultivado</p> <p>Terreno que não está a ser usado para nenhuma cultura.</p>		
<p>Mato</p> <p>Conjunto de pequenas plantas agrestes (como por exemplo o tojo), com disposição irregular.</p>		
<p>Golfe</p> <p>Culturas de várias espécies de relva, para jogo de golfe.</p>		
<p>Sapal</p> <p>Formação aluvionar periodicamente alagada por água salgada e ocupada por vegetação halófitas.</p>		