

# FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA DE POLÍTICAS ALTERNATIVAS PARA A GESTÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NAS ZONAS COSTEIRAS

Júlio F. FERREIRA da SILVA

*Doutor em Engenharia Civil – Hidráulica Prof. Auxiliar do Departamento de Eng<sup>a</sup> Civil da Universidade do Minho, Azurém 4800-058 Guimarães, Portugal  
253510200, juliofs@civil.uminho.pt*

## RESUMO

Neste trabalho descrevem-se os principais problemas associados à gestão da água doce disponível nas zonas costeiras, designadamente as crescentes solicitações, a elevada sazonalidade ou a intrusão salina. Indicam-se estratégias para fazer face a fenómenos como as ondas de calor, as secas ou as alterações climáticas. Identificam-se os meios necessários para a definição das estratégias de resolução dos actuais problemas e para a determinação das medidas racionais e optimizadas de gestão das origens e dos sistemas de abastecimento de água. Preconiza-se uma análise à escala regional que envolva as diversas origens e diversos utilizadores de água. Indicam-se pistas para a procura de alternativas, por exemplo, defende-se que todas as origens devem estar continuamente disponíveis, para o que devem coexistir os grandes sistemas de abastecimento a partir de tomas directas em barragens, as captações subterrâneas e, até, a eventual recolha de água salobra / salgada. As águas pluviais e residuais tratadas poderão ser conduzidas para locais onde possam ser utilizadas, no entanto disposição deste tipo de água nos aquíferos deverá ser acompanhada pela monitorização dos eventuais efeitos. Todas as medidas devem ser apoiadas em modelos de simulação dos sistemas hídricos e em modelos de gestão que incluam técnicas matemáticas de procura das melhores soluções. Tecem-se considerações sobre a aplicação destas medidas às zonas costeiras portuguesas mais vulneráveis a eventuais fenómenos como as secas e as alterações climáticas.

**Palavras-chave:** Gestão da água doce disponível nas zonas costeiras. Planeamento de sistemas de condução da água.

## 1 - INTRODUÇÃO

A gestão da água doce disponível nas regiões costeiras é uma tarefa complexa, por exemplo devido aos múltiplos e diversos utilizadores com interesses diferentes, por vezes divergentes e conflitantes.

Algumas regiões costeiras portuguesas, designadamente a região do Algarve, depararam-se no passado recente com alguns problemas de disponibilidade de água de abastecimento. Embora por vezes temporários, a rotura duma grande adutora, as ondas de calor ou uma seca prolongada podem levar a dificuldades na garantia da continuidade dos serviços de abastecimento. Para evitar e/ou mitigar estes eventuais problemas de qualidade e/ou quantidade de água a que as zonas costeiras podem ficar sujeitas é necessário o desenvolvimento dum modelo global de gestão à escala regional.

As estratégias e programas operacionais de gestão devem prever a utilização conjuntiva das diversas origens superficiais e subterrâneas e o uso das águas pluviais e residuais tratadas na limpeza de ruas, na rega ou como incremento da recarga de aquíferos. As medidas de gestão ao envolverem toda a água disponível na região aumentam a garantia de continuidade dos serviços de abastecimento de água. As captações subterrâneas em zonas costeiras devem ter um programa de extracções que permita manter sob controlo o fenómeno da intrusão salina, ou seja da qualidade da água na origem. Na definição do esquema de gestão deve, também, ser adoptado o critério económico na selecção das melhores alternativas. Este conjunto de ferramentas, que designamos por modelo global, pode integrar:

1. a projecção de cenários (ondas de calor, fenómenos extremos ex: secas, alterações climáticas);
2. a caracterização, modelação, previsão e projecção das diversas solicitações de água;
3. a caracterização das diversas origens e disponibilidades de água, desde a água doce dos aquíferos, das barragens, a água salobra subterrânea até à água do mar;
4. a quantificação de custos e de benefícios associados aos diversos sistemas de abastecimento de água;
5. a modelação matemática do comportamento dos sistemas físicos (aquíferos, sistemas adutores, reservas, redes de distribuição, etc.);
6. as técnicas matemáticas de procura das melhores soluções (ou de optimização);
7. a análise estatística dos resultados de eventuais cenários;
8. e a interligação destas componentes num modelo de gestão.

Este modelo global de gestão à escala regional deverá indicar desde as estratégias e programas operacionais para a utilização racional e, preferencialmente, optimizada da água, até aos programas de contingência e de emergência face a eventos extremos (ex: ondas de calor, secas ou alterações climáticas). São diversas as medidas que poderão ser implementadas para a adequada gestão da água doce disponível nas regiões costeiras tendo em vista a minimização dos incómodos provocados pela escassez de água ou pela sua má qualidade. CUSTÓDIO (1994) caracteriza diversas medidas para o controlo da intrusão salina e apresenta as respectivas vantagens e inconvenientes. Em FERREIRA DA SILVA e HAIE (2000) defende-se a adopção duma perspectiva regional para o planeamento e a gestão dos recursos hídricos das regiões costeiras e apresentam-se as estratégias para a prevenção e o controlo da intrusão salina. São diversos os estudiosos que defendem a utilização de águas pluviais e residuais tratadas. Por exemplo, de acordo com MARECOS DO MONTE (1996) o aproveitamento de águas residuais tratadas para rega representa significativos benefícios técnicos, ambientais e socioeconómicos. VAN DAM (1999) refere que a recarga artificial de aquíferos costeiros foi considerada com uma dupla função: de controlo da interface água doce / água salgada e como uma operação do processo de tratamento da água. Em FERREIRA DA SILVA (1998) caracterizam-se os custos de investimento e de operação de uma estação dessalinizadora por osmose inversa. Esta tecnologia tem sofrido sucessivos desenvolvimentos e revela-se como um dos processos mais interessantes, sob o ponto de vista económico, para o tratamento da água salobra retirada de aquíferos.

## 2- DESCRIÇÃO GERAL DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS DE GESTÃO DA ÁGUA NAS ZONAS COSTEIRAS

As regiões costeiras têm-se deparado com problemas acrescidos de gestão da água doce disponível devido, por exemplo, às crescentes solicitações, à sazonalidade do turismo, e a fenómenos meteorológicos como as ondas de calor. As dificuldades relacionam-se não só com a garantia da continuidade do serviço em situações extremas como secas prolongadas, mas também com a qualidade, designadamente com o excesso de cloretos. No entanto, os aquíferos e as linhas de água continuam a descarregar sem qualquer utilização grandes quantidades de água doce no mar. As extracções de água subterrânea não são, em geral, determinadas por um programa de gestão à escala regional onde o controlo do fenómeno da intrusão salina é um critério preponderante. Muitas vezes, as extracções foram excessivas e conduziram ao aumento da salinização do aquífero. Continuam a existir grandes desperdícios de água na agricultura. As medidas que têm sido implementadas caracterizam-se, em geral, pelo abandono das antigas captações subterrâneas, pelo recurso a grandes barragens e respectivas origens superficiais, a sofisticadas estações de tratamento e a extensos sistemas adutores. As águas subterrâneas de aquíferos costeiros livres são facilmente extraídas e, nestes casos, apresentam custos de captação e de tratamento relativamente reduzidos. Os aquíferos não devem apenas ser considerados como reservas estratégicas, mas devem ser origens de sistemas de abastecimento de água que estejam continuamente operacionais. Na figura seguinte ficam esquematizados os principais aspectos da situação actual das águas doces nas regiões costeiras.

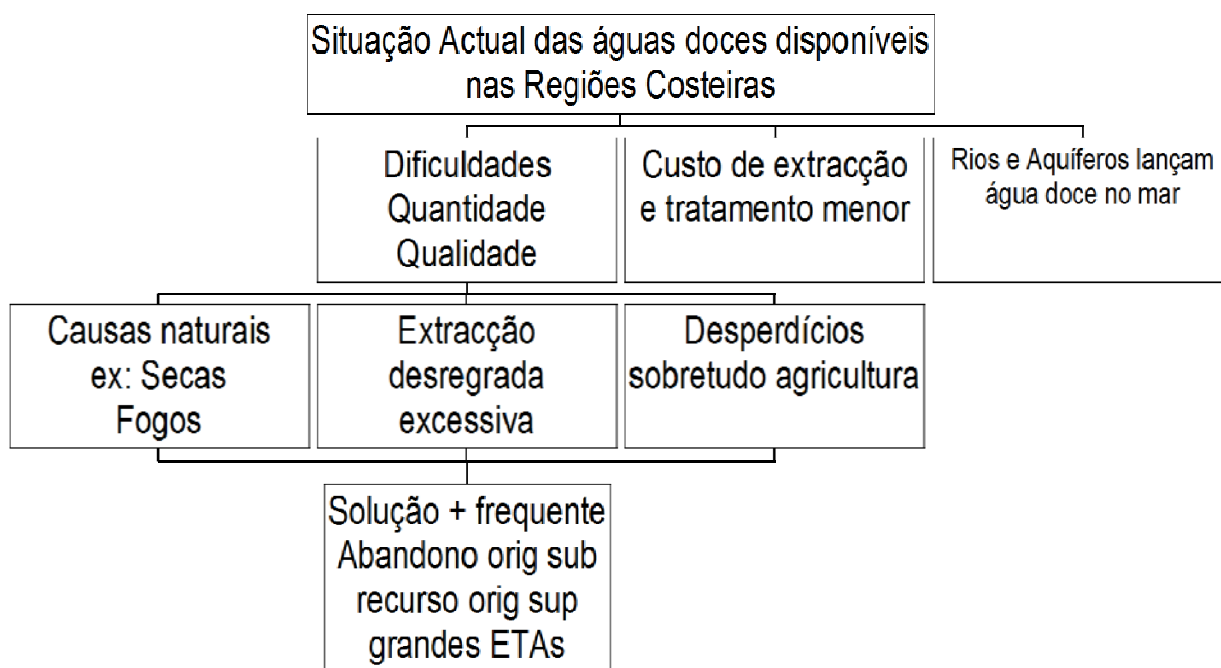


Figura 1 - Caracterização geral da situação actual das utilizações de água doce nas regiões costeiras

A análise dos valores das utilizações de água, incluindo nas regiões costeiras, revela que uma enorme fatia é relativa à agricultura. Sendo a agricultura responsável pela maior utilização da água é importante implementar boas práticas, incluindo a utilização de sistemas de rega que conduzam à redução dos gastos de água e incrementar utilização águas pluviais e residuais tratadas. No entanto, é necessário estudar os efeitos da introdução deste tipo de águas nos aquíferos, pelo que é indispensável dispor de modelos de gestão (modelos de simulação dos sistemas hídricos interligados a técnicas de optimização) que antecipem os eventuais efeitos nefastos e que apontem medidas que previnam ou mitiguem os eventuais problemas.

Na figura seguinte representa-se, a título indicativo, a distribuição das utilizações de água numa

região costeira. Torna-se evidente que a fatia principal é relativa às utilizações de água na agricultura, pelo que as medidas racionais e preferencialmente optimizadas de gestão da água doce disponível passarão obrigatoriamente pela melhoria dos processos de rega e pela adopção de práticas agrícolas que se preocupem com a redução do desperdício de água.

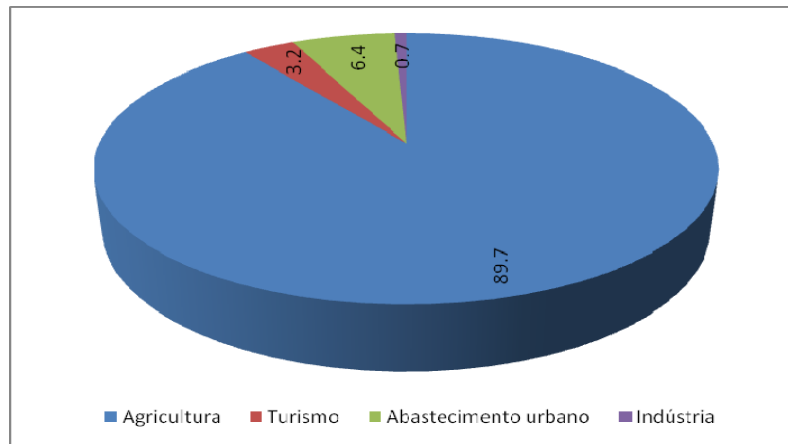


Figura 2 - Exemplo de utilizações da água numa região costeira

O Algarve será das primeiras regiões do país a sofrer os efeitos das ondas de calor e dos fenómenos extremos (exemplo secas prolongadas) e das eventuais alterações climáticas, pelo que se torna urgente o estudo dos efeitos destes fenómenos nos sistemas hídricos, em especial nos que possuem origens de água. Esse estudo deve estender-se aos efeitos na qualidade da água distribuída.

A prevenção e/ou mitigação dos eventuais problemas deve ser procurada com a definição de origens alternativas, incluindo as subterrâneas para captação de água salobra em alternativa à água do mar. Os processos de tratamento de água salobra implicam custos mais reduzidos que os relacionados com o tratamento de água do mar. No entanto, são necessários modelos de simulação e de optimização que determinem as políticas de exploração que mantenham sob controlo a intrusão salina.

### 3 - PROPOSTAS PRELIMINARES PARA ESTRATÉGIAS DE RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS ACTUAIS

As medidas de gestão da água nas regiões costeiras, designadamente as que visam a procura de soluções que combatam os efeitos nefastos das ondas de calor, das secas e das alterações climáticas devem basear-se numa análise regional que englobe:

- As diversas Origens de Água;
  - Superficiais – Barragens;
  - Subterrâneas
    - Doce;
    - Salobra (dessalinização de água salobra envolve custos mais reduzidos que a dessalinização da água salgada do mar);
  - Aproveitamento de águas pluviais e residuais tratadas
- Os diversos Utilizadores
  - Abastecimento público:
    - Agricultura;
    - Golfe;
    - Outros

Na figura seguinte evidencia-se que a resolução dos problemas actuais deve basear-se numa estratégia que adopta a perspectiva regional e, como tal, incorpora as diversas origens de água doce disponíveis na região.

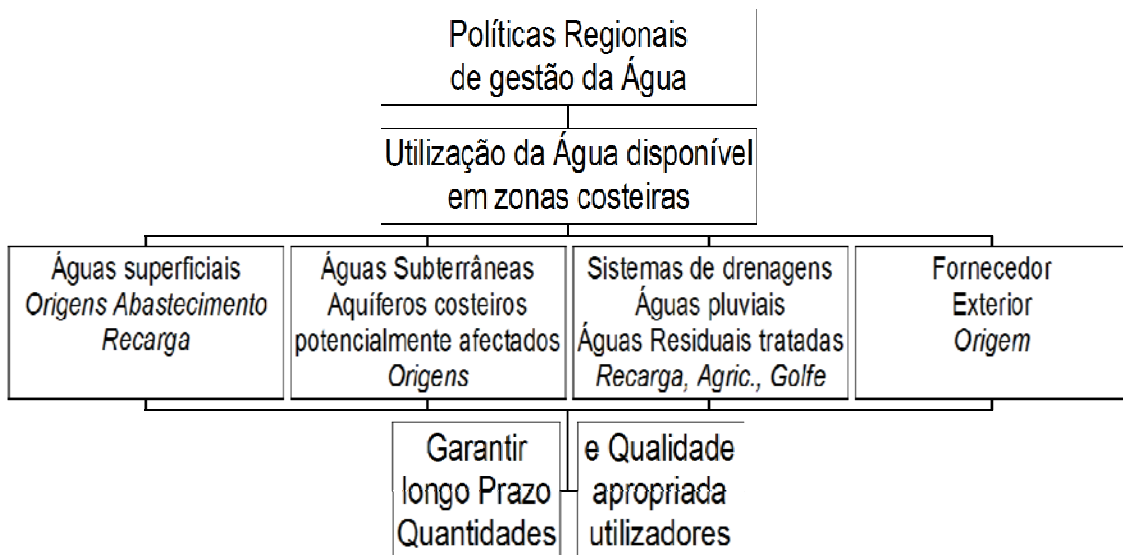


Figura 3 - Componentes numa estratégia de gestão à escala regional da água em zonas costeiras

Para preservar a qualidade da água doce disponível numa região costeira poder-se-á adoptar diversas medidas, desde a adequada definição do conjunto de origens dos sistemas de abastecimento de água, designadamente do seu número, da sua localização e da sua complementaridade, passando pela construção de barreiras subterrâneas que impeçam a descarga de água doce no mar, até à definição de políticas para controlar a extracção de água doce, extrair água salobra / salgada, incrementar a recarga, etc. A extracção controlada de água salobra / salgada é um processo alternativo que pode ser interessante se existirem utilizações que admitam elevados teores de sais. Cada um destes procedimentos apresenta características próprias, o que proporciona um leque de eventuais soluções, sendo necessário proceder à selecção dos mais apropriados às características específicas do caso real em estudo. As diversas medidas que poderão ser implementadas estão esquematizadas na figura seguinte:

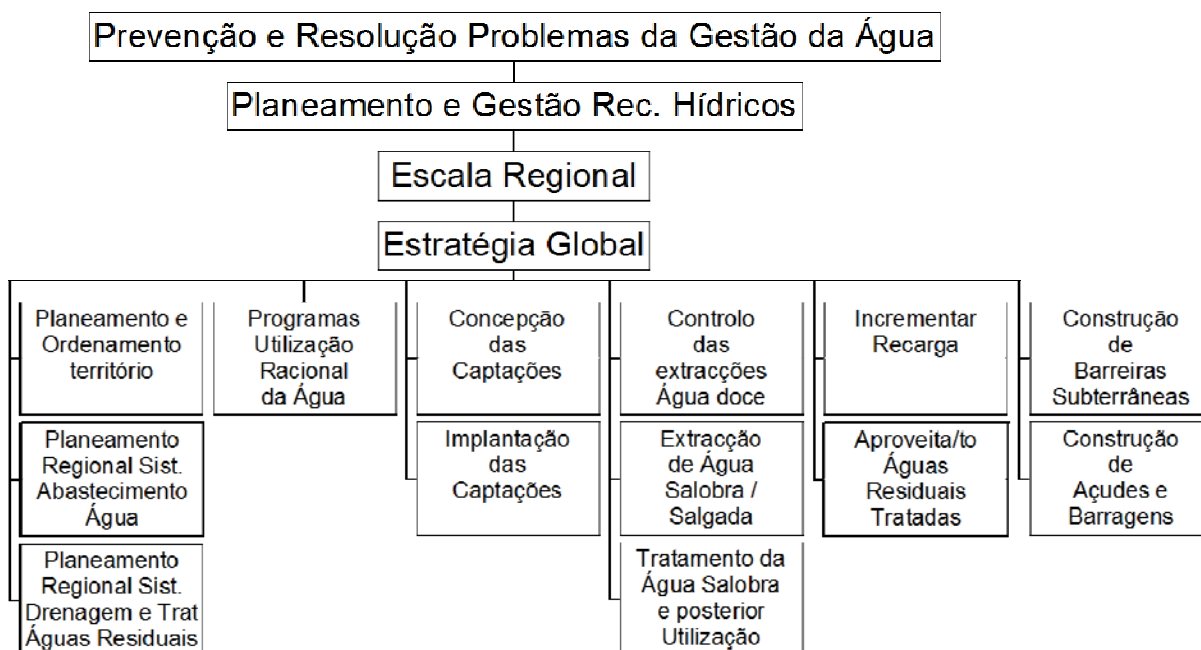


Figura 4 - Esquema de políticas para a gestão da água disponível numa região costeira

Algumas medidas poderão ser implementadas ao nível do planeamento regional, designadamente:

1. Políticas e programas operacionais para a utilização racional da água em especial na agricultura;
2. Incremento da utilização das águas pluviais e residuais tratadas para irrigação;
3. Incremento da recarga como medida de controlo e de mitigação da degradação (controlo da intrusão salina);
4. Monitorização dos sistemas hídricos incluindo dos aquíferos e em especial se for incrementada a recarga com águas pluviais ou residuais tratadas;
5. Modelos hidrológicos que simulem o comportamento dos sistemas hídricos (superficiais e subterrâneos) face a fenómenos extremos (ondas de calor, secas, etc.) ou alterações climáticas;
6. Planeamento à escala regional da implantação das captações e dos respectivos regimes de funcionamento;
7. Desenvolvimento de modelos de gestão optimizada das diversas origens;
8. Modelos multi-critério de apoio à decisão para gestão conjuntiva das diversas origens e utilizadores.

Outras medidas poderão ser desenvolvidas ao nível da gestão dos sistemas de utilização da água:

1. Desenvolvimento de modelos para a caracterização, previsão e projecção da procura da água pelos utilizadores da água disponibilizada pelos sistemas de abastecimento, em especial em períodos sujeitos a fenómenos extremos (ondas de calor, secas) ou alterações climáticas;
2. Reabilitação de captações antigas e estudar novas origens – Captação de água salobra – Salgada;
3. Reabilitação dos sistemas de abastecimento a partir de origens subterrâneas com número, localização e extracções determinadas de forma a manter sob controlo a qualidade da água;
4. Dessalinização de água salobra – Selecção da melhor tecnologia e gestão optimizada; (Dessalinização de água salgada do mar); O tratamento de água salobra é um processo mais económico que tratar água do mar, dado que as concentrações de sais são muito diferentes;
5. Desenvolvimento de modelo de gestão dos aquíferos que indiquem as quantidades máximas a extrair, mantendo sob controlo a qualidade da água;
6. Gestão optimizada à escala regional das origens de água;
7. Gestão optimizada das centrais de captação, tratamento e elevação de água;
8. Desenvolvimento de modelos hidrológicos que permitam a simulação dos sistemas hídricos da região, a disponibilidade e a qualidade da água para abastecimento, em especial face a fenómenos extremos (exemplo ondas de calor e secas) ou alterações climáticas;
9. Elaboração de estudos sobre os efeitos dos fenómenos climáticos extremos (por exemplo ondas de calor, secas) ou das alterações climáticas na qualidade da água e subsequentemente na saúde das populações; Planos de vigilância, de controlo e de melhoria da qualidade da água; Planos de contingência e de emergência

Para que os sistemas de abastecimento possam continuar a garantir o serviço, mesmo em situação de emergência, é necessário fazer com que todas as origens de água estejam disponíveis, designadamente as captações subterrâneas. No entanto, são necessários modelos de gestão que determinem as quantidades máximas a extrair para manter sob controlo a qualidade.

As respostas das entidades de gestão regional da água e dos serviços de abastecimento face aos fenómenos extremos devem basear-se em planos de vigilância, de controlo e de melhoria da qualidade da água, bem como em planos de contingência e planos de emergência, no entanto as medidas de actuação devem ser definidas com apoio de modelos de simulação – optimização.

#### 4- PROCEDIMENTO PARA FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA DE POLÍTICAS DE GESTÃO DA ÁGUA NAS REGIÕES COSTEIRAS

As políticas de gestão da água doce disponível nas regiões costeiras para garantirem a continuidade do serviço de abastecimento e a qualidade da água, nas mais diversas situações, devem basear-se em estudos técnico-económicos multidisciplinares de vão desde a caracterização dos sistemas hídricos da região, às solicitações de água, aos benefícios e custos e aos programas operacionais que esquematizam as tarefas em caso de contingência e de emergência. Para a correcta fundamentação técnica é necessário:

1. Melhorar a caracterização das diversas origens de água na Região;
2. Melhorar a caracterização, previsão e projecção das solicitações de água – desenvolvimento de modelos;
3. Melhorar a caracterização e quantificação dos custos e dos benefícios associados às diversas origens e utilizadores de água na região;
4. Melhorar os modelos de simulação dos sistemas hídricos;
5. Desenvolver modelos de gestão (Optimização – Simulação);
6. Desenvolver modelos de apoio à decisão para a gestão da água à escala regional;
7. Melhorar os modelos de projecção dos eventuais efeitos das alterações climáticas;
8. Melhorar modelos de projecção de fenómenos extremos (ondas de calor, secas, inundações)
9. Estudar medidas mitigadoras (incremento da recarga e do armazenamento, ...);
10. Desenvolver modelos de simulação da qualidade da água nos sistemas hídricos e nos sistemas de abastecimento;
11. Elaborar planos e programas operacionais de vigilância e de controlo da qualidade da água;
12. Elaborar planos e programas operacionais face a situações de emergência.

A fundamentação técnica deve basear-se em ferramentas matemáticas de simulação dos sistemas hídricos e em técnicas de optimização que procuram as melhores soluções face aos critérios previamente estabelecidos. Na figura seguinte encontra-se esquematizado um procedimento para uma análise onde se adopta uma perspectiva global à escala da região. Neste esquema as ferramentas de simulação do comportamento dos sistemas hídricos e as técnicas e optimização assumem um papel preponderante e são uma marca distintiva para uma adequada fundamentação técnica.

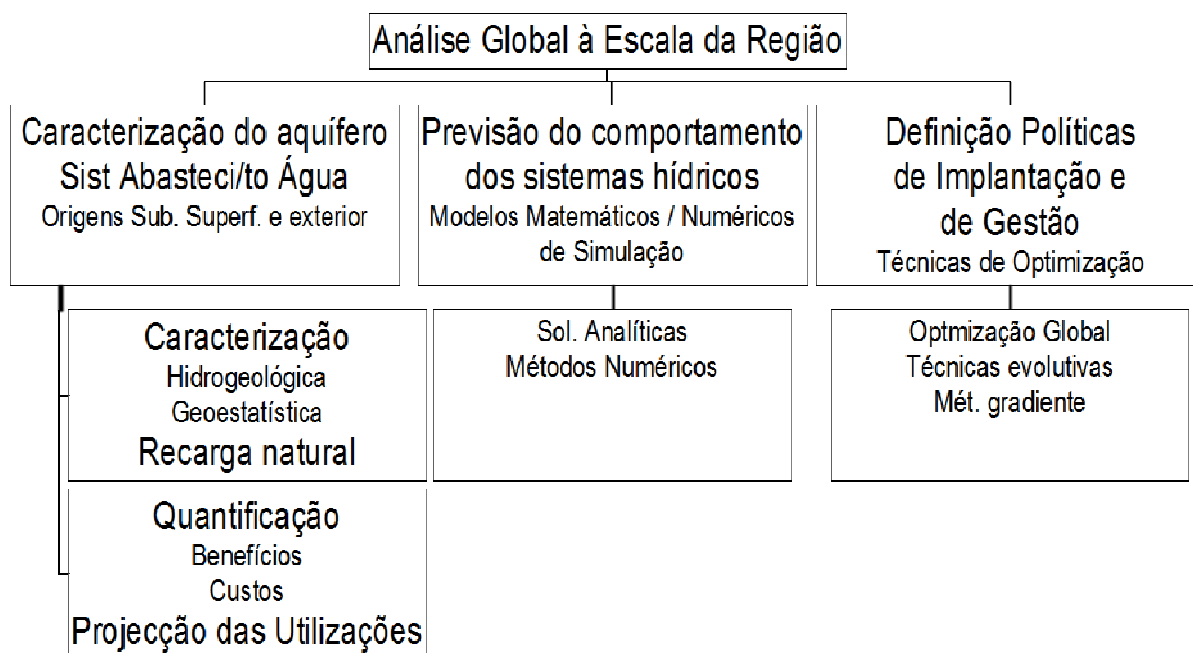


Figura 5 - Esquema de procedimento para a fundamentação técnica de políticas de gestão da água

## 5- CONCLUSÕES

Os princípios elementares de gestão de recursos limitados recomendam o aproveitamento de toda a água doce disponível nas regiões costeiras.

O planeamento e a gestão à escala regional, que considere toda a água doce disponível na zona costeira, é a melhor via para a resolução de forma racional dos actuais problemas. Uma das principais componentes dessa estratégia global relaciona-se com o planeamento regional dos sistemas de abastecimento de água que inclua de forma complementar as diversas origens, ficando assim reforçada a segurança na continuidade do serviço face a ocorrências pontuais como avarias e face a fenómenos extremos como ondas de calor ou secas prolongadas.

O plano regional de gestão da água deve obrigatoriamente incluir programas para a utilização racional deste bem precioso. Sendo a agricultura responsável pela maioria das utilizações de água na região, então devem ser incrementadas medidas de boa prática agrícola, em especial as que conduzam à redução e reutilização da água na rega.

Devem ser multiplicados os exemplos de utilização de águas pluviais e residuais tratadas em actividades que o permitam como na agricultura e na irrigação de campos de golfe. Tal medida deve ser monitorizada e modelada para que seja evitada a degradação da qualidade da água nos aquíferos.

Sendo, em geral, reduzido o custo de “produção” de água para abastecimento a partir das origens implantadas em aquíferos do litoral, então é racional a manutenção de algumas captações, com o funcionamento definido por modelos de simulação-optimização que determinam as quantidades máximas a extrair, mantendo sob controlo a qualidade da água.

Devem ser procuradas origens alternativas, designadamente a extracção de água salobra e até salgada, no entanto devem ser realizados estudos técnicos e económicos que garantam a viabilidade destas soluções e o controlo da qualidade da água, bem como a preservação dos equilíbrios ambientais. O tratamento de água salobra / salgada poderá ser a única forma de garantir o abastecimento domiciliário de água, por exemplo em ilhas, no entanto com o avanço da tecnologia é possível considerar esta medida como uma alternativa na análise económica.

Uma das acções que tem sido implementada em regiões com utilizações superiores à recarga natural será proceder a recarga artificial através da injeção de água ou de campos de infiltração com água de superfície ou fazendo o aproveitamento de águas pluviais e residuais tratadas.

O desenvolvimento dum modelo de gestão da água à escala regional permite a definição de políticas optimizadas de utilização das diversas origens de água doce.

As entidades de gestão à escala regional e dos sistemas de abastecimento de água devem dispor de planos de contingência e de emergência para fazer face a fenómenos cada vez mais frequentes como as ondas de calor, as secas prologadas ou as alterações climáticas. Tais planos devem apoiar-se em estudos técnicos que conduzam a um modelo de gestão (composto por modelos de simulação dos sistemas hídricos e técnicas de optimização) que ajude no apoio à decisão.



## BIBLIOGRAFIA

1. CUSTÓDIO, Emilio - "*Relaciones agua dulce-agua salada en las regiones costeras*", in *Hidrología Subterránea*, Sección 13, 1994;
2. FERREIRA DA SILVA, Júlio, Naim Haie e J. Pereira Vieira, "Custos instantâneos de "Produção" de Água Potável - Enfoque nos sistemas com origens afectadas pela intrusão salina", IV SILUSBA - Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Coimbra, 24-26 Maio 1999;
3. FERREIRA DA SILVA, Júlio e Naim Haie - "Planeamento e Gestão Global de Recursos Hídricos Costeiros - Estratégias para a Prevenção e Controlo da Intrusão Salina", 5º Congresso Nacional da Água, Lisboa, 25-29 Setembro 2000;
4. FERREIRA DA SILVA, Júlio - "Gestão otimizada à escala regional de sistemas aquíferos potencialmente sujeitos à intrusão salina - Um modelo global para o uso sustentável da água em regiões costeiras", Dissertação de doutoramento em Engenharia Civil - Hidráulica, Universidade do Minho, 2003;
5. MARECOS DO MONTE, M.<sup>a</sup> H. F. - "Contributo para a Utilização de Águas Residuais Tratadas para Irrigação em Portugal", Tese de doutoramento, ed. LNEC, Lisboa, 1996;
6. VAN DAM, J. C. - "*Exploitation, Restoration and Management*", Capítulo 4 in "*Seawater Intrusion in Coastal Aquifers - Concepts, Methods and Practices*" ed. J. Bear e outros, 1999, pp 73-125.