



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
NOVOS
DESAFIOS

CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS DE RETENÇÃO NO ALGARVE

Bruno, PIRES¹; Jorge M. G. P., ISIDORO²

¹ Eng.º Civil, Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., bruno.pires@apambiente.pt, 214728200

² Prof. Adjunto, Departamento de Eng. Civil, Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve / MARE-Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, jsidoro@ualg.pt

Resumo

O objetivo deste trabalho foi o de identificar e caracterizar as bacias de retenção construídas e previstas para construção no Algarve. Quantas são, de que tipo, qual o rigor no seu dimensionamento e execução, quais as suas funcionalidades, o porquê de apesar de previstas em projeto ou em sede de licenciamento não terem sido executadas, quais os materiais e processos construtivos utilizados, entre outras, são questões para as quais se procurou dar resposta. A metodologia adotada envolveu, somente, a caracterização das bacias de retenção que têm como propósito o encaixe de cheias. Analisaram-se todos os processos de autorização e licenciamento entre 2005 e 2015 que potencialmente pudessem exigir a construção de bacias de retenção no Algarve. De um universo inicial de 403 casos, triaram-se 28 situações que contemplavam efetivamente o uso de bacias de retenção como medida para a mitigação de cheias.

A descrição dos vários tipos de bacias de retenção existentes, as suas diversas funcionalidades, os processos e materiais envolvidos na sua construção, assim como as metodologias de dimensionamento, permitiram a definição de uma matriz multicritério que transmite o essencial da informação de projeto e obra destas estruturas.

A informação recolhida mostra, em termos de tipologia, um predomínio das bacias secas a céu aberto, sendo que na maioria dos casos os processos construtivos são relativamente simples, onde a mobilização de terras para modelação do terreno representa a maior parte dos trabalhos. O método mais comum em projeto para determinar o caudal de ponta é a Fórmula Racional. Em 35% dos casos o dimensionamento do volume das bacias de retenção não é descrito. Quando esta informação existe, nota-se um peso significativo da utilização da fórmula que consta no Decreto Regulamentar n.º 23/95 (método Holandês) para determinação do volume (29%). Somente em situações pontuais foram utilizados modelos de simulação hidrológica (11 %). A opção sobre o tipo de descarga recaiu quase sempre em descarregadores de soleira espessa (43%) ou orifícios (36%).

Palavras-chave: Bacias de Retenção, Cheias, Cadastro de infraestruturas, Algarve.

Tema: Gestão de recursos hídricos e bacias hidrográficas.

1. INTRODUÇÃO

A região do Algarve apresenta uma elevada vulnerabilidade a cheias, devido às características pluviométricas onde imperam as chuvadas intensas de curta duração e às características geomorfológicas do território, como a morfologia dos principais cursos de água e a natureza litológica do substrato rochoso. Estes fatores condicionam o escoamento das águas da chuva, determinando o regime torrencial e intermitente da maior parte dos cursos de água, cuja capacidade de vazão se revela insuficiente, por ocasião de precipitação intensa. As bacias de retenção são importantes estruturas para a gestão do escoamento de origem pluvial. Estas têm como propósito a mitigação dos efeitos das cheias através da redução dos caudais de ponta, promovendo assim a estabilização dos mesmos e a sua compatibilização com a capacidade hidráulica das estruturas de drenagem a jusante.

O objetivo deste trabalho foi o de identificar e caracterizar as bacias de retenção construídas e previstas para construção no Algarve. Foi analisado um período de dez anos de processos de autorização e licenciamento (2005-2015), que potencialmente pudessem exigir a construção de bacias de retenção no Algarve. A não existência de uma figura de licenciamento específica para as bacias de retenção implicou a análise sumária de um vasto número de casos, concretamente, 403. No final desse trabalho, triaram-se 28 situações que contemplavam efetivamente o uso de bacias de retenção que têm como propósito a gestão do escoamento de origem pluvial, reduzindo os valores do caudal de ponta causados pelas alterações nas condições de ocupação das bacias de drenagem, e evitando a degradação do meio recetor a jusante.

2. GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Existe uma grande heterogeneidade quanto ao grau de desenvolvimento das infraestruturas de saneamento em áreas urbanizadas por todo o mundo. Isto torna-se evidente ao analisar a falta de estudos sobre águas pluviais urbanas, em alguns países asiáticos ou africanos, onde as preocupações nesta área se encontram ainda a um nível bastante básico (Chow *et al.*, 2011). Muitas cidades antigas, possuem sistemas unitários de drenagem de águas residuais, tanto na Europa como nos EUA. Gasperi *et al.* (2010), referem que nestes casos, a ocorrência de episódios de precipitação intensa, pode dar origem a sérios impactos sobre o meio recetor (*e.g.*, quando a capacidade das instalações de tratamento ou estações elevatórias é ultrapassada). Por outro lado, sabe-se que, no passado, a construção de sistemas de drenagem de águas residuais separativos, não era baseada nas diferenças de caudal e/ou de qualidade, mas principalmente em fatores económicos (German *et al.*, 2005).

As modificações de uso do solo associadas ao processo de urbanização, com a remoção de vegetação e substituição de áreas permeáveis por superfícies impermeáveis, resultam em alterações nas características do hidrograma de escoamento superficial, com o aumento dos volumes de escoamento e dos valores de caudal de ponta (Goonetilleke *et al.*, 2005). A velocidade de escoamento também aumenta, obrigando, por conseguinte, a que o curso de água se adapte geomorfologicamente a esta nova realidade (Tillinghast *et al.*, 2011). Uma forma de minimizar os efeitos da alteração da permeabilidade dos solos, será o de atuar ao nível do escoamento superficial, tentando diminuí-lo e/ou diferi-lo no tempo.

A impermeabilização decorrente da construção de edifícios, pavimentos, estradas e outras áreas pavimentadas reduz a quantidade de água infiltrada e aumenta o escoamento superficial. Vários fatores influenciam o escoamento superficial, ainda assim, a bibliografia indica valores de caudal de ponta de 30% a 100% superiores em bacias hidrográficas urbanizadas em comparação com as situações de pré-urbanização (Jacobson, 2011). Outra consequência da impermeabilização é o aumento da velocidade do escoamento, que acarreta uma maior capacidade erosiva em virtude do incremento de energia cinética. A atividade humana nas áreas urbanas também gera acumulação de resíduos e poluentes na superfície dos pavimentos, podendo estes ser lavados durante eventos de forte precipitação, conduzindo-os por fim em direção às massas de água (e.g., Silveira *et al.*, 2016).

Existem diferentes abordagens que podem ser adotadas quanto às águas pluviais resultantes de eventos de precipitação intensa, podendo ser baseadas no controlo na origem ou em medidas de fim de linha. Nas últimas décadas, o controlo na origem tem sido privilegiado em relação à simples descarga em sistemas de drenagem convencionais, quer sejam unitários ou separativos (Martin *et al.*, 2007). As cidades contemporâneas baseiam-se em princípios que potenciam a gestão avançada dos sistemas de drenagem, associando soluções estruturais, como o reforço e reabilitação de coletores e de estruturas de armazenamento, a soluções descentralizadas de controlo na origem, que procuram promover a retenção e infiltração a montante da rede física de coletores.

As características geofísicas (clima, hidrologia, ocupação do solo, tipo de solo e relevo) da área de estudo são determinantes para as opções a fazer em termos de gestão, pois afetam a quantidade e a qualidade da água drenada. As alterações climáticas colocam desafios crescentes na gestão de águas pluviais, nomeadamente através do aumento da frequência de eventos de cheia. Os resultados de trabalhos de investigação levadas a cabo com base em dados de seguradoras, mostram que os custos dos danos causados pelas inundações têm vindo a aumentar durante as últimas duas décadas (Ntelekos *et al.*, 2010).

3. RISCO DE CHEIA NO ALGARVE

A região do Algarve apresenta uma elevada vulnerabilidade a cheias, devido às condições meteorológicas adversas que por vezes ocorrem e devido às características geomorfológicas do território, como sejam a morfologia dos principais cursos de água e a natureza litológica do substrato rochoso.

As cheias e inundações na região do Algarve têm a particularidade de refletir a organização da rede hidrográfica, a qual mantém uma individualidade característica da região, com numerosos cursos de água de reduzida dimensão, quer em extensão quer em área da bacia hidrográfica correspondente. Uma das características peculiares das cheias ocorridas neste tipo de bacias relaciona-se com a grande importância das cheias rápidas e sua influência nas atividades humanas. De facto, são frequentes as subidas repentinas do caudal, resultantes da rápida resposta das ribeiras às chuvas intensas e concentradas, bastante vulgares no Sul de Portugal (Ramos e Reis, 2001). As cheias rápidas são especialmente problemáticas em pequenas bacias-vertente, com tempos de concentração reduzidos, e sujeitas a uma urbanização sem qualquer tipo de planeamento.

4. METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS DE RETENÇÃO

A metodologia de análise estabelecida neste trabalho permite estruturar o estudo e a caracterização de bacias de retenção, aplicando-a ao Algarve. A **Figura 1** identifica a sequência e as principais etapas da metodologia de caracterização a seguir descrita.

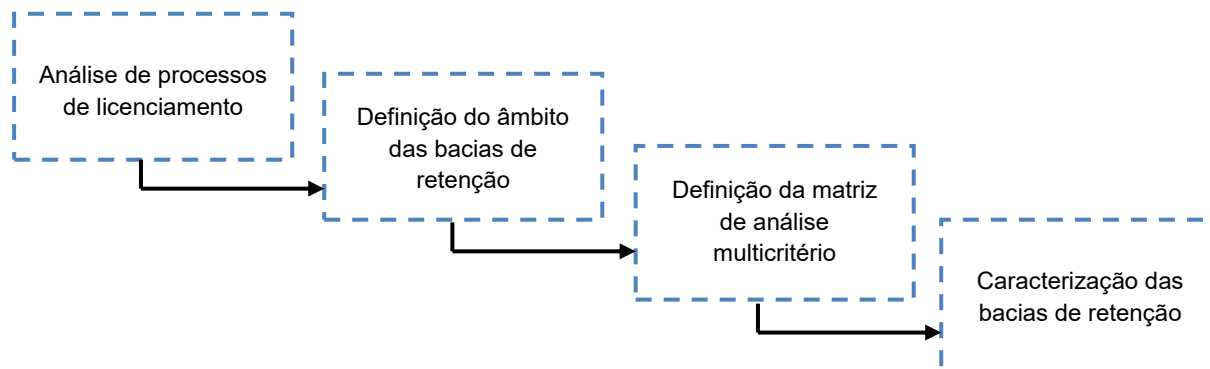


Figura 1. Fluxograma de caracterização de bacias de retenção.

O ponto de partida desta metodologia consistiu na análise dos processos de licenciamento existentes na Agência Portuguesa do Ambiente – Administração da Região Hidrográfica do Algarve (APA - ARH Algarve). Foi necessário conhecer e descrever a figura do título de utilização de recursos hídricos (TURH), e perceber que tipo de título se atribuiria às bacias de retenção. No caso da APA - ARH Algarve, constatou-se que o licenciamento não permitia identificar imediatamente as situações que envolviam a construção de bacias, uma vez que não existe uma figura de licenciamento específica para estas. Assim sendo, a análise inicial teve necessariamente de recair sobre um número muito mais vasto de processos, envolvendo todos eles intervenções nos recursos hídricos. A existência do TURH, como procedimento administrativo, é essencial, pois é por intermédio desta figura que se poderão impor, por exemplo, medidas de mitigação quanto aos efeitos da impermeabilização do solo advindos da implantação de loteamentos urbanos.

A metodologia prossegue com a caracterização do que são bacias de retenção, especificando o âmbito daquelas que serão alvo de análise, para o caso, todas aquelas que têm como propósito a gestão do escoamento de origem pluvial, reduzindo os valores do caudal de ponta causados pelas alterações nas condições de ocupação das bacias de drenagem, e evitando a degradação do meio recetor a jusante. A descrição dos vários tipos de bacias de retenção existentes, as suas multifuncionalidades e aplicações, os processos construtivos e materiais envolvidos, assim como as metodologias de dimensionamento, permitem depois a definição de uma matriz multicritério que transmita o essencial da informação de projeto e obra destas estruturas. Os campos eleitos para serem incluídos na matriz de análise foram: Localização; Descrição da obra que desencadeou o projeto da bacia de retenção; Metodologia de dimensionamento; Descrição da bacia de retenção; Observações (que inclui sempre a fase de execução em que a bacia se encontrava). Este último campo permite discriminar informação relevante que não seja passível de padronização.

Chegando a esta fase, está-se em condições de iniciar a caracterização das bacias de retenção em que, para além da aplicação da matriz multicritério definida anteriormente, é feito o enquadramento da bacia de retenção face à rede hidrográfica e localização

relativamente à obra que implicou a necessidade desta. Este enquadramento é feito recorrendo a ortofotomapas, fotografias aéreas e peças desenhadas do projeto. Sempre que a construção tenha efetivamente ocorrido, a descrição inclui fotografias da obra acabada, idealmente em diferentes fases de execução da mesma.

5. RESULTADOS

O conjunto de bacias de retenção alvo de caracterização, corresponde ao resultado da triagem feita ao universo de processos de licenciamento existentes na ARH Algarve. Houve lugar à análise de todos os processos de autorização e licenciamento entre 2005 e 2015, que potencialmente pudessem exigir a construção de bacias de retenção. A não existência de uma figura de licenciamento específica para as bacias de retenção implicou a análise sumária de um vasto número de casos, concretamente, 403, envolvendo todos eles intervenções nos recursos hídricos. No fim desse trabalho de análise, triaram-se 37 situações que contemplavam efetivamente as soluções em causa. Este trabalho exaustivo advém da impossibilidade, pelas razões já descritas, de filtrar a base de dados assumindo como critério de pesquisa a presença de bacias de retenção. Uma observação mais aprofundada, descartou soluções demasiado simples para o estudo em causa ou então que fugiam ao propósito já enunciado, reduzindo o conjunto de estruturas a caracterizar para 28. Os casos de estudo assim selecionados, foram alvo de uma observação mais pormenorizada, que implicou sempre que possível visitas ao campo para aferição da estrutura construída face ao projetado e previsto em sede de licenciamento.

As bacias de retenção identificadas localizam-se sobretudo na área compreendida entre os concelhos de Faro e Albufeira, destacando-se o concelho de Loulé com 12 bacias, o que representa cerca de 43% do total. Na Figura 2 estão representadas as 28 bacias de retenção a caracterizar neste trabalho.



Figura 2. Mapa com a localização das bacias de retenção estudadas.

O método mais utilizado para determinar o caudal de ponta é a Fórmula Racional com 75% dos casos (Quadro 1). Na realidade este peso pode até ser superior, uma vez que em três casos a metodologia de cálculo não está descrita. As percentagens descritas no Quadro 1 deverão ser lidas atendendo às situações para as quais não há dados, o que implica um somatório percentual inferior a 100, e para quando uma mesma bacia preenche simultaneamente mais que uma das opções disponíveis, originando um somatório percentual superior a 100.

No dimensionamento do volume das bacias de retenção existem dez casos não descritos, ou seja, cerca de 35% do total. Nestes casos o seu dimensionamento parece ser mais uma situação de cálculo demasiado simplificado ou *ad hoc*. Quando a informação existe, nota-se um peso significativo da utilização da fórmula que consta no Decreto Regulamentar n.º 23/95 para determinação do volume, sendo oito os casos em que tal acontece (29%), praticamente equivalente à utilização de outros métodos (25%). Estes outros métodos são descritos para cada uma das situações, nas matrizes multicritério que contêm a informação associada a cada uma das bacias. Somente em situações mais complexas foram utilizados modelos de simulação hidráulica, ou seja, apenas em três ocasiões se recorreu a este tipo de modelação.

A opção sobre o tipo de descarga recaiu quase sempre em descarregadores de soleira espessa (43%) ou orifícios (36%), existindo dois casos em que ambos os tipos estavam simultaneamente presentes. Também aqui se verificam seis ocorrências sem descrição, ou seja, onde foi impossível caracterizar que tipo de estrutura seria utilizada para promover a descarga de caudais.

A maioria das bacias é construída recorrendo praticamente apenas à modelação do terreno com mobilização de terras. A estas bacias estão por vezes associadas determinados elementos em betão, o que acontece em 46% dos casos, betão esse destinado quase sempre aos descarregadores, eventualmente sob a forma de estruturas pré-fabricadas (manilhas em betão armado). A pedra da região é também outro material utilizado em certos elementos das bacias, cerca de 21% dos registos apresentam este componente, nomeadamente, na zona do dique.

Em 79% das situações as bacias são classificadas como a céu aberto e, com exceção de duas destas, não existe água de forma permanente, isto é, em cerca de 71% dos casos estamos perante bacias secas a céu aberto, sendo pois esta a solução predominante.

As bacias foram construídas, ou pelo menos a sua construção teve início, em 9 ocasiões. Correspondendo este número a 32% do total, o que fica significa que em 68% das vezes o licenciamento destas estruturas foi concretizado, mas depois sua construção acabou por não avançar, uma vez que o empreendimento imobiliário que estava na sua origem não foi executado

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo estruturar a metodologia para identificar e caracterizar bacias de retenção, aplicando depois essa metodologia à região do Algarve. Foram alvo de análise todos os processos de autorização e licenciamento entre 2005 e 2015 que potencialmente pudessem exigir a construção de bacias de retenção, ou seja, examinaram-se cerca de dez anos de licenciamento. A não existência de uma figura de licenciamento específica para as bacias de retenção implicou a análise sumária de um vasto número de casos, concretamente, 403, envolvendo todos eles intervenções nos recursos hídricos. No fim desse trabalho, triaram-se 37 situações que contemplavam efetivamente a construção de bacias de retenção. Uma análise mais aprofundada subtraiu nove bacias ao universo inicial, uma vez que se tratavam de soluções demasiado simples para o estudo em causa, ou então que fugiam ao propósito de gestão do escoamento, reduzindo o caudal de ponta causado pelas alterações nas condições de ocupação da bacia de drenagem e evitando a degradação do meio recetor a jusante (bacias de retenção para encaixe de cheia). As 28 bacias identificadas localizam-se sobretudo entre os concelhos de Faro e Albufeira. Em termos de tipologia, confirmou-se um predomínio das bacias secas a céu aberto, presumivelmente devido aos menores custos de construção e manutenção associados a este tipo de solução, bem como ao regime de precipitação torrencial característico do Algarve, com longos períodos de estiagem.

Identificaram-se várias situações em que o dimensionamento do volume da bacia é feito de forma pouco ortodoxa, ou seja, recorrem-se a estimativas de cálculo que não fazem uso de qualquer metodologia descrita na bibliografia. Existem também alguns casos em que o dimensionamento e definição pormenorizada das bacias foram remetidos para a fase de construção, o que demonstra falta de rigor e de cuidado pela boa execução das mesmas. Tal atitude pode advir destas serem uma parte considerada de pouca relevância quando considerado o todo de um projeto de loteamento urbano. Por outro lado, também se identificaram situações em que as soluções foram definidas recorrendo a metodologias robustas, onde se recorreu a um modelo de simulação hidráulica e a uma análise de sensibilidade para garantir a qualidade e rigor das opções propostas.

Algumas vezes, as soluções finais acabam por resultar de uma negociação entre o requerente e a entidade licenciadora. Isto advém dos muitos constrangimentos que surgem nos locais alvos de urbanização e que, para obedecerem ao recomendado em termos hidráulicos, acabam por fazer apelo a soluções *ad hoc*. O requerente, quando confrontado com a obrigação em adaptar o seu projeto àquelas que são as preocupações da APA – ARH Algarve, parte, bastas vezes, talvez por falta de histórico em lidar com estas situações, para soluções menos clássicas, tentando dar resposta ao que lhe é exigido, com formas de cálculo demasiado simplificadas e desprovidas de evidências bibliográficas de suporte. Compreende-se, ainda assim, que nem sempre é fácil integrar num projeto de iniciativa imobiliária as exigências de todos os responsáveis pelo licenciamento deste.

Na maioria dos casos a construção das bacias corresponde a processos relativamente simples, onde a mobilização de terras para modelação do terreno representa a maior parte dos trabalhos. Ainda assim, foram igualmente identificadas situações onde a execução se revestia de uma considerável complexidade, mormente, nos casos de algumas bacias enterradas.

Como consequência da crise económica e imobiliária com início no ano de 2008, a maioria das bacias não foi construída, daí que as conclusões que se poderiam tirar em relação à

adequação do tipo de bacia ou forma de cálculo da mesma ficam limitadas. Desta forma desconhece-se qual teria sido o desempenho das mesmas perante os episódios de maior intensidade e/ou volume de precipitação entretanto ocorridos. Aquilo que se pode afirmar é que até à data, nas áreas abrangidas pelas bacias cuja construção de concretizou, não se registaram eventos de cheia. Porém, a experiência é ainda reduzida para se afirmar que nestes casos o mérito destas estruturas não merece qualquer reparo.

É importante a existência de bases de dados que possibilitem a recolha de toda a informação associada às bacias de retenção. Dessa forma, através da posterior monitorização deste tipo de estruturas, poder-se-á aferir do seu real desempenho hidrológico e hidráulico, permitido estabelecer ou definir critérios de dimensionamento, construção e manutenção mais adequados para o futuro. Ainda assim, os indícios recolhidos apontam para que as bacias de retenção se afirmem como peças que efetivamente melhoram o processo de drenagem, ao permitir estabilizar caudais de cheia, funcionando dessa forma como proteção em relação a eventos de precipitação potencialmente gravosos (em intensidade e/ou valores acumulados) num cenário cada vez mais ameaçador por via das alterações climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chow, M.F., Yusop, Z., Mohamed M. (2011). Quality and first flush analysis of stormwater runoff from a tropical commercial catchment. *Water Science and Technology* 63(6), 1211-1216.
- Gasperi J., Gromairea M., Kafia M., Moillerona R., Chebboa G. (2010). Contributions of wastewater, runoff and sewer deposit erosion to wet weather pollutant loads in combined sewer systems. *Water Research* 44 (20), 5875-5886.
- German J., Vikstrom M., Svensson G., Gustafsson L. (2005). Integrated stormwater strategies to reduce impact on receiving waters. In *Proceedings of the 10th International Conference on Urban Drainage*, Copenhagen/Denmark, 21-26 agosto, 2005.
- Goonetilleke A., Thomas E., Ginn S., Gilbert D. (2005). Understanding the role of land use in urban stormwater quality management. *Journal of Environmental Management* 74(1), 31-42.
- Jacobson C. (2011). Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: A review. *Journal of Environmental Management* 92 1438-1448.
- Martin C., Ruperd Y., Legret M. (2007). Urban stormwater drainage management: the development of multicriteria decision aid approach for best management practices. *European Journal of Operational Research* 181(1), 338-349.
- Ntelekos A., Oppenheimer M., Smith J., Miller A. (2010). Urbanization, climate change and flood policy in the United States. *Climatic Change* 103(3-4), 597-616.
- Ramos C., Reis E. (2001) – As Cheias no Sul de Portugal em Diferentes Tipos de Bacias Hidrográficas, *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa, n.º 71, Lisboa, pp. 61-82.
- Silveira A., Pereira Jr. J. A., Poletto C., de Lima João L. M. P., Gonçalves F. A., Alvarenga, L. A., Isidoro Jorge M. G. P. (2016). Assessment of loose and adhered urban street sediments

and trace metals: a study in the city of Poços de Caldas, Brazil. *Journal of Soils and Sediments* 16(11), 2640-2650.

Tillinghast E., Hunt W., Jennings G. (2011). Stormwater control measure (SCM) design standards to limit stream erosion for Piedmont North Carolina. *Journal of Hydrology* 411(3-4), 185-196.