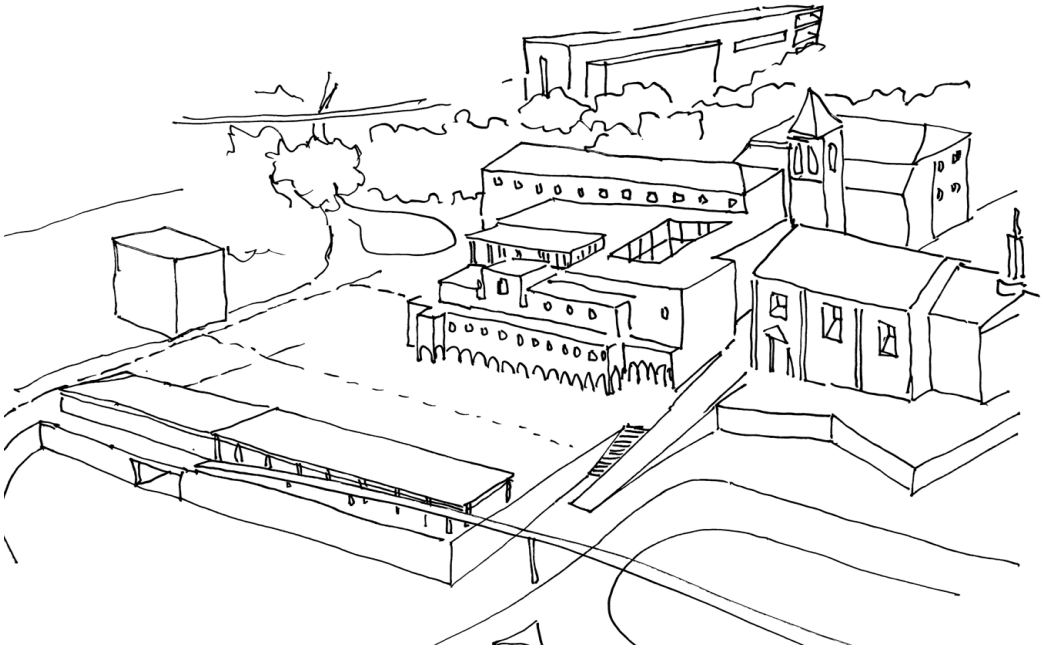
Jardins de Sacavém S.A.

PROFICO
CONSULTORES DE ENGENHARIA

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

- Projeto de Especialidades para a Urbanização do Empreendimento Clarissas



- ESTUDO HIDRÁULICO DO EMPREENDIMENTO CLARISSAS E DO SISTEMA DO CANEIRO DE SACAVÉM

Projeto de Execução

Setembro de 2026

Projeto de Especialidades para a Urbanização do Empreendimento Clarissas

Projeto de Execução

Memória Descritiva e Justificativa

ÍNDICE

1.	**INTRODUÇÃO**	**5**
2.	**ELEMENTOS DE BASE**	**6**
2.1	**NORMAS, ESTUDOS E ORIENTAÇÕES**	**6**
2.2	**CARTOGRAFIA E CADASTROS**	**6**
3.	**ENQUADRAMENTO GERAL**	**7**
4.	**OBJETIVOS DO ESTUDO E CONCEITO DE INTERVENÇÃO**	**8**
5.	**SITUAÇÃO EXISTENTE**	**10**
5.1	**ENQUADRAMENTO HIDROLÓGICO**	**10**
5.2	**CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO CANEIRO DE SACAVÉM**	**11**
6.	**SITUAÇÃO PROPOSTA**	**14**
6.1	**ENQUADRAMENTO**	**14**
6.2	**DESCRIÇÃO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DA URBANIZAÇÃO**	**16**
6.3	**ESTRUTURA GERAL DA REDE DE DRENAGEM**	**18**
6.4	**PONTO DE ENTREGA AO SISTEMA EXISTENTE**	**19**
6.5	**PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO**	**20**
6.5.1	Bacias de Drenagem	20

6.5.2 Período de Retorno 21

6.5.3 Intensidade de Precipitação 21

6.5.4 Tempo de Concentração 22

6.5.5 Coeficiente de Escoamento 22

6.5.6 Caudal Pluvial 23

7. BACIAS DE RETENÇÃO 25

7.1 ENQUADRAMENTO 25

7.2 DIMENSIONAMENTO 26

7.3 HIDROLOGIA 28

7.3.1 Intensidade de Precipitação 28

7.3.2 Bacias de drenagem das bacias de retenção 28

7.3.3 Tempos de Concentração 29

7.3.4 Estabelecimento dos Hietogramas de projeto 30

7.3.5 Perdas de Precipitação 32

7.3.6 Hidrogramas de Cheia 33

7.4 Características gerais das bacias de retenção 35

7.5 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DAS BACIAS DE RETENÇÃO 37

8. MODELAÇÃO HIDRÁULICA DO SISTEMA DE DRENAGEM 41

8.1 ENQUADRAMENTO 41

8.2 BREVE DESCRIÇÃO DO MODELO SWMM 42

8.3 METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS DE PONTA 44

8.4 SIMULAÇÃO DO CANEIRO 45

8.5 PRECIPITAÇÃO DE PROJETO 46

8.6 NÍVEIS DE MARÉ E COTAS PIEZOMÉTRICAS 47

8.7 CENÁRIO DE SIMULAÇÃO 47

8.8 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS 48

8.9 CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE 52

9. CONCLUSÃO 53

1. INTRODUÇÃO

A presente memória descritiva refere-se à avaliação do comportamento hidráulico do sistema do Caneiro de Sacavém e dos respetivos coletores afluentes, na sequência da ligação da rede de drenagem de águas pluviais da Urbanização dos Jardins de Sacavém, localizada em Sacavém.

O Caneiro de Sacavém integra o sistema de regularização fluvial e controlo de cheias da Ribeira do Prior Velho, constituindo o troço canalizado da referida linha de água na travessia da zona urbana de Sacavém. Esta infraestrutura assume particular relevância no contexto do sistema de drenagem local, não só pela função de encaminhamento dos caudais pluviais das bacias contributivas a montante, mas também pela sua exposição a condicionantes hidráulicas significativas, designadamente a influência dos níveis de maré do Rio Trancão, que afetam a capacidade de escoamento a jusante.

Com o desenvolvimento da nova urbanização, verifica-se um acréscimo da área impermeabilizada, com consequente aumento dos coeficientes de escoamento superficial e dos caudais de ponta afluentes ao sistema existente. Esta alteração das condições hidrológicas poderá influenciar o regime de funcionamento do caneiro e dos coletores associados, justificando a presente análise.

A rede de drenagem de águas pluviais projetada contempla a recolha das águas provenientes da precipitação na área de intervenção, incluindo a evacuação das escorrências das coberturas dos edifícios, a drenagem dos arruamentos e as escorrências associadas aos espaços exteriores. A descarga das novas redes projetadas ocorre na zona da Praça da República, situada na zona baixa de Sacavém, área particularmente sensível do ponto de vista hidráulico e sob influência do regime de marés do rio Trancão.

De forma a minimizar a sobrecarga da rede pluvial existente e em conformidade com as orientações da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), serão adotadas soluções de drenagem sustentável, promovendo-se a infiltração das águas pluviais no solo e a regularização do escoamento afluente através da execução de duas bacias de retenção.

2. ELEMENTOS DE BASE

Para a elaboração do presente estudo foram utilizados os elementos de base que a seguir se discriminam:

2.1 NORMAS, ESTUDOS E ORIENTAÇÕES

- Projeto de Arquitetura do Empreendimento Clarissas;
- Projeto de Paisagismo do Empreendimento Clarissas;
- Regulamento de Serviços da Entidade Gestora – SIMAR de Loures e Odivelas;
- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem, de Drenagem de Águas Residuais;
- Infraestruturas Públicas existentes nas imediações;
- Orientações transmitidas pelos técnicos da empresa municipal durante as reuniões e contactos efetuados;
- Indicações resultantes dos contactos estabelecidos com as Entidades Licenciadoras, Distribuidoras e Gestoras de Águas e Saneamento;
- Elementos fornecidos pela equipa que desenvolveu o último estudo do caneiro de Sacavém, designado por "Elaboração do Projeto de Regularização Fluvial e Controlo de Cheias da Ribeira do Prior Velho. Projeto de Execução. Volume I – Obras de Regularização Fluvial e Controlo de Cheias", de junho de 2017 (Ambitec);

e demais legislação em vigor, respeitante às redes de infraestruturas a executar, nomeadamente Normas Portuguesas, Normas Técnicas e especificações do LNEC.

2.2 CARTOGRAFIA E CADASTROS

- Levantamentos Topográficos e Cartografia relativos à nova urbanização e ao longo da Av. Salvador Allende, da Rua Auta da Palma Carlos e da Praça de República;
- Cadastro da rede de drenagem fornecido pelos SIMAR de Loures e Odivelas.

3. ENQUADRAMENTO GERAL

O Caneiro de Sacavém integra o sistema de regularização fluvial e controlo de cheias da Ribeira do Prior Velho, afluente da margem direita do Rio Trancão, cuja confluência ocorre a montante da travessia da EN10, junto ao estuário do referido rio.

A Ribeira do Prior Velho desenvolve-se ao longo de aproximadamente 3,7 km, drenando uma bacia hidrográfica com cerca de 3,1 km². No troço correspondente à travessia da zona urbana de Sacavém, a linha de água encontra-se canalizada, constituindo o designado Caneiro de Sacavém.

O troço terminal da ribeira apresenta particular vulnerabilidade ao fenómeno das cheias, sendo historicamente frequentes as situações de inundação na zona baixa de Sacavém, designadamente na Praça da República. Esta área constitui um ponto topograficamente baixo da bacia hidrográfica, com cotas próximas dos 3,0 m, encontrando-se sob influência do regime de marés do Rio Trancão, cujos níveis podem atingir cotas significativamente superiores em situação de cheia associada a maré elevada.

A ocorrência simultânea de eventos de precipitação intensa com níveis elevados de maré no Rio Trancão constitui um dos cenários mais críticos do ponto de vista hidráulico, uma vez que provoca o afogamento da secção de jusante do caneiro, reduzindo a sua capacidade de transporte e impedindo o normal escoamento gravítico das águas pluviais, potenciando assim fenómenos de acumulação e inundação na Praça da República. O estuário do Rio Trancão encontra-se identificado como zona crítica de inundação no âmbito da Diretiva n.º 2007/60/CE, transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro.

Neste contexto, foi desenvolvido o Projeto de Regularização Fluvial e Controlo de Cheias da Ribeira do Prior Velho, no âmbito do qual foi construído o atual Caneiro de Sacavém, dimensionado com base em estudo hidrológico e hidráulico específico que considerou as bacias contributivas existentes, incluindo a área correspondente à atual zona de intervenção urbanística. O projeto contemplou, como principais intervenções, a construção de um novo troço canalizado para substituir o existente, cuja capacidade de vazão não se ajustava aos caudais afluentes, e a construção de uma estação elevatória para águas pluviais na zona da Praça da República, servindo a zona baixa de Sacavém.

4. OBJETIVOS DO ESTUDO E CONCEITO DE INTERVENÇÃO

A presente análise tem como objetivo avaliar o impacto hidráulico decorrente da ligação da futura rede de drenagem de águas pluviais da Urbanização dos Jardins de Sacavém ao sistema do Caneiro de Sacavém, assegurando a compatibilização da nova infraestrutura com o regime de funcionamento do sistema existente.

Em particular, o estudo visa:

- Avaliar a capacidade do Caneiro de Sacavém para receber os caudais adicionais resultantes da impermeabilização associada à nova urbanização;
- Verificar as condições de funcionamento hidráulico do caneiro e dos coletores afluentes no cenário futuro, considerando a influência dos níveis de maré do Rio Trancão e o funcionamento da estação elevatória de águas pluviais da Praça da República;
- Determinar a cota piezométrica máxima no ponto de ligação da nova rede pluvial ao caneiro, a adotar como condição de fronteira para o dimensionamento da rede projetada;
- Avaliar os níveis de cheia e o regime de escoamento na rede pluvial da urbanização, identificando eventuais situações de funcionamento em carga;
- Definir as condições construtivas necessárias, nomeadamente no que respeita à estanqueidade dos troços suscetíveis de operar sob pressão temporária.

Atendendo ao aumento da área impermeabilizada decorrente da urbanização, e em conformidade com as orientações transmitidas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), foi adotado como princípio base do projeto o critério de neutralidade hidrológica, segundo o qual o caudal máximo descarregado para o sistema público não deverá exceder o correspondente à situação pré-existente.

Para dar cumprimento a este princípio, foi prevista a implementação de soluções de regularização e controlo do escoamento, através da execução de bacias de retenção localizadas na zona alta da urbanização, destinadas a promover o armazenamento temporário das águas pluviais e a limitação do caudal de descarga para valores equivalentes aos verificados na situação atual.

Importa ainda referir que, embora a área agora a urbanizar já estivesse integrada na bacia contributiva considerada no projeto de regularização do Caneiro de Sacavém, a intervenção implica uma reorganização do padrão de drenagem existente, com alteração do ponto de entrega dos caudais no sistema. Assim, o presente estudo procura demonstrar que, mediante a adoção das medidas de controlo previstas, não se verifica agravamento das condições hidráulicas globais do caneiro nem aumento do risco de inundação na zona baixa de Sacavém.

A rede de drenagem de águas pluviais do Empreendimento Clarissas foi modelada de modo a que a maior parte da água pluvial proveniente do escoamento superficial seja encaminhado para bacias de retenção, de modo a minimizar-se o caudal de ponta afluente à rede de drenagem pública, nomeadamente na ligação ao Caneiro de Sacavém.

5. SITUAÇÃO EXISTENTE

5.1 ENQUADRAMENTO HIDROLÓGICO

A área objeto da presente intervenção integra a bacia hidrográfica da Ribeira do Prior Velho, tendo sido considerada no estudo hidrológico e hidráulico que fundamentou o Projeto de Regularização Fluvial e Controlo de Cheias da Ribeira do Prior Velho, no âmbito do qual foi executado o atual Caneiro de Sacavém.

Na situação prévia à urbanização, a área apresentava-se maioritariamente permeável, com ocupação pouco consolidada, permitindo a infiltração de parte significativa da precipitação e originando um regime de escoamento superficial difuso e relativamente amortecido.

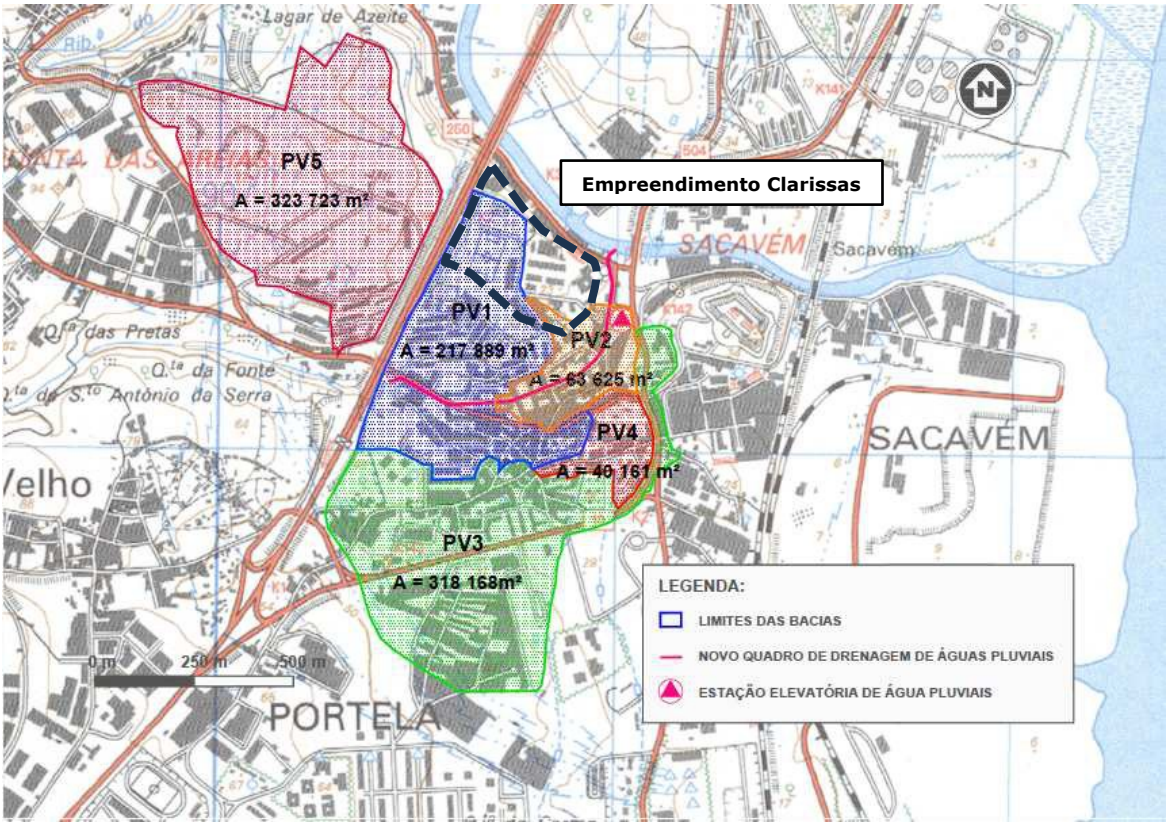


Figura 1. Representação esquemática das bacias de drenagem do caneiro de Sacavém (retirado do Projeto de Execução da Regularização Fluvial e Controlo de Cheias da Ribeira do Prior Velho)

Tal como se pode observar na Figura 1, a área delimitada pela nova urbanização cruza com a bacia de drenagem PV1, cuja rede de drenagem é feita por um coletor unitário DN600 ao longo da Rua Professor José Duarte Morais, e que por sua vez liga ao caneiro de Sacavém na Rua Auta da Palma Carlos. A restante área que cruza com a nova urbanização é infiltrada ou origina um regime de escoamento superficial encaminhados para a Praça da República.

Atualmente, o escoamento superficial gerado na área desenvolve-se segundo dois percursos distintos:

- Uma parte da bacia drena naturalmente para montante do Caneiro de Sacavém, integrando o sistema considerado no projeto de regularização;
- Outra parte escoa superficialmente para a zona baixa de Sacavém, designadamente para a área envolvente da Praça da República, ponto topograficamente deprimido e historicamente sensível a fenómenos de acumulação de águas pluviais.

O escoamento processa-se de forma não concentrada, sem rede estruturada de drenagem pluvial, verificando-se tempos de concentração relativamente elevados e picos de caudal atenuados, compatíveis com a natureza predominantemente permeável dos terrenos.

5.2 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO CANEIRO DE SACAVÉM

O troço terminal da Ribeira do Prior Velho encontra-se canalizado através do Caneiro de Sacavém até à sua confluência com o Rio Trancão, atravessando a zona urbana de Sacavém, incluindo a Praça da República, zona historicamente vulnerável a inundações e influenciada pelos níveis de maré do meio recetor.

O Caneiro de Sacavém foi concebido distinguindo duas zonas de funcionamento:

- Zona Alta – áreas situadas acima da cota 10,60 m, com drenagem gravítica, permitindo ligações de redes de drenagem afluentes e de sumidouros;
- Zona Baixa – áreas situadas abaixo da cota 10,60 m, incluindo a Praça da República, onde o escoamento é feito em pressão, condicionado pelo regolfo do Rio Trancão, não sendo permitidas ligações diretas neste troço até à sua descarga no rio Trancão.

O caneiro funciona predominantemente em regime gravítico em condições normais, podendo, contudo, verificar-se elevação da linha piezométrica e funcionamento parcial em carga no troço terminal em situações críticas resultantes da coincidência entre eventos de precipitação intensa e níveis elevados de maré.

Para assegurar a drenagem da Zona Baixa quando os níveis de jusante impedem o escoamento gravítico, o sistema integra uma estação elevatória de águas pluviais, equipada com quatro grupos eletrobomba (3+1) e circuito de by-pass para funcionamento gravítico quando as condições o permitem.

No ponto de confluência da nova urbanização com a zona da Praça da República, o caneiro de Sacavém apresenta uma secção retangular de 2.75 m × 2.90 m, desenvolvendo-se a jusante com secção de 4.75 m × 1.55 m, conforme definido no projeto de execução do Caneiro.

O dimensionamento do caneiro foi efetuado para uma cheia com período de retorno de 100 anos, considerando as áreas contributivas existentes à data do projeto, incluindo a área correspondente à atual zona de intervenção.

O cenário mais gravoso corresponde à ocorrência simultânea de precipitação intensa e níveis elevados de maré no Rio Trancão, situação em que o afogamento da secção terminal condiciona o escoamento para jusante, conduzindo à entrada em carga do caneiro e das redes a ele afluentes.

Importa referir que o sistema do caneiro, através dos seus coletores afluentes, assegura igualmente o transporte de caudais residuais, encontrando-se previstos descarregadores que permitem a interceção desses efluentes para um emissário doméstico dedicado.

De acordo com projeto de execução do Caneiro, os caudais de dimensionamento das infraestruturas de drenagem foram determinados através de modelação hidrológica com recurso ao modelo HEC-1, tendo sido simulados os caudais afluentes às principais secções de controlo da bacia hidrográfica.

Assim, para efeitos de análise, foram considerados os seguintes pontos de controlo, para um período de retorno de 100 anos, nomeadamente:

- Caudal no troço da travessia da A1 (trecho 1) – Q100anos = 29.49 m³/s;
- Caudal no troço a montante da estação elevatória de águas pluviais, incluindo a contribuição da Zona Alta (trechos 2 e 3); - Q100anos = 30.36 m³/s;
- Caudal no troço a jusante da estação elevatória, incluindo adicionalmente a contribuição da Zona Baixa (trechos 4 e 5) – Q100anos = 30.59 m³/s;
- Caudal de dimensionamento da estação elevatória de águas pluviais da Praça da República, correspondente à contribuição da Zona Baixa – Q100anos = 1.64 m³/s.

Na figura seguinte encontrem-se representados os vários trechos do troço enterrado da canalização da ribeira do Prior Velho, com identificação do limite da nova urbanização.

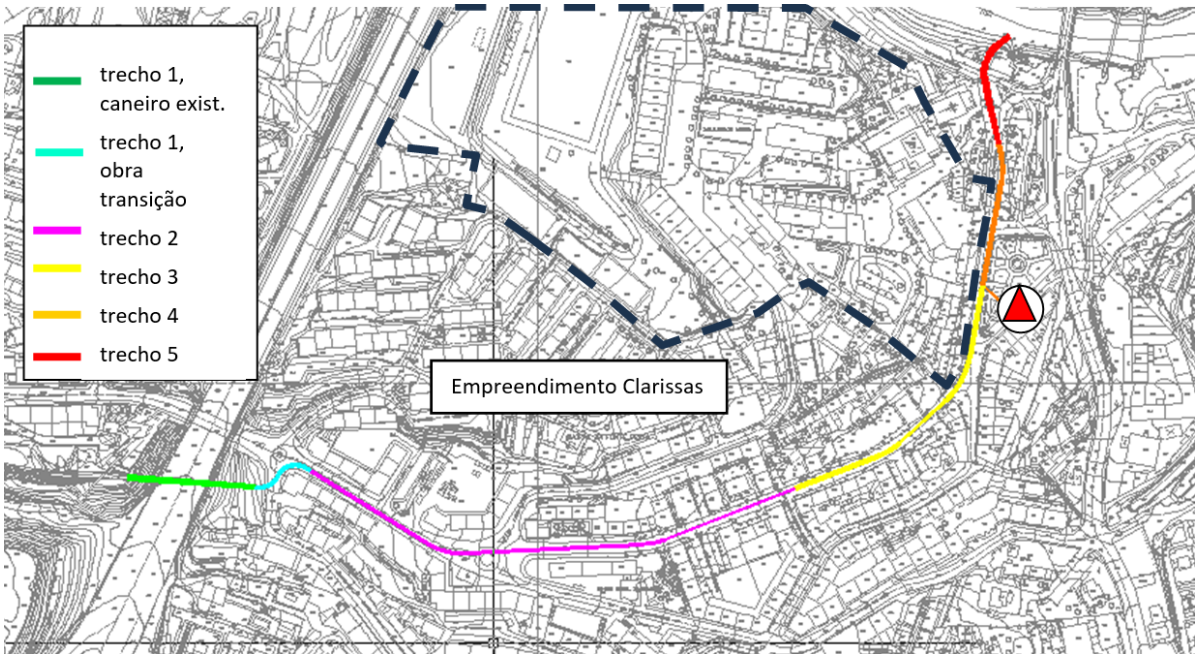


Figura 2. Representação dos vários trechos do quadro de drenagem do caneiro de Sacavém (retirado do Projeto de Execução da Regularização Fluvial e Controlo de Cheias da Ribeira do Prior Velho)

6. SITUAÇÃO PROPOSTA

6.1 ENQUADRAMENTO

A intervenção prevista incide sobre uma área já parcialmente edificada, atualmente com construções devolutas, prevendo-se a sua reconversão urbanística através da criação de novos lotes, arruamentos, um viaduto, espaços verdes, percursos pedonais e zonas de lazer. A solução proposta implica uma reorganização e aumento das superfícies impermeabilizadas face à situação atual, traduzindo-se numa alteração do regime hidrológico previamente considerado no estudo do Caneiro de Sacavém.

Relativamente à modelação da urbanização, apresenta-se a hipsometria da área de intervenção, com cotas compreendidas entre 42,00 m (representadas a magenta) e 4,00 m (representadas a vermelho).

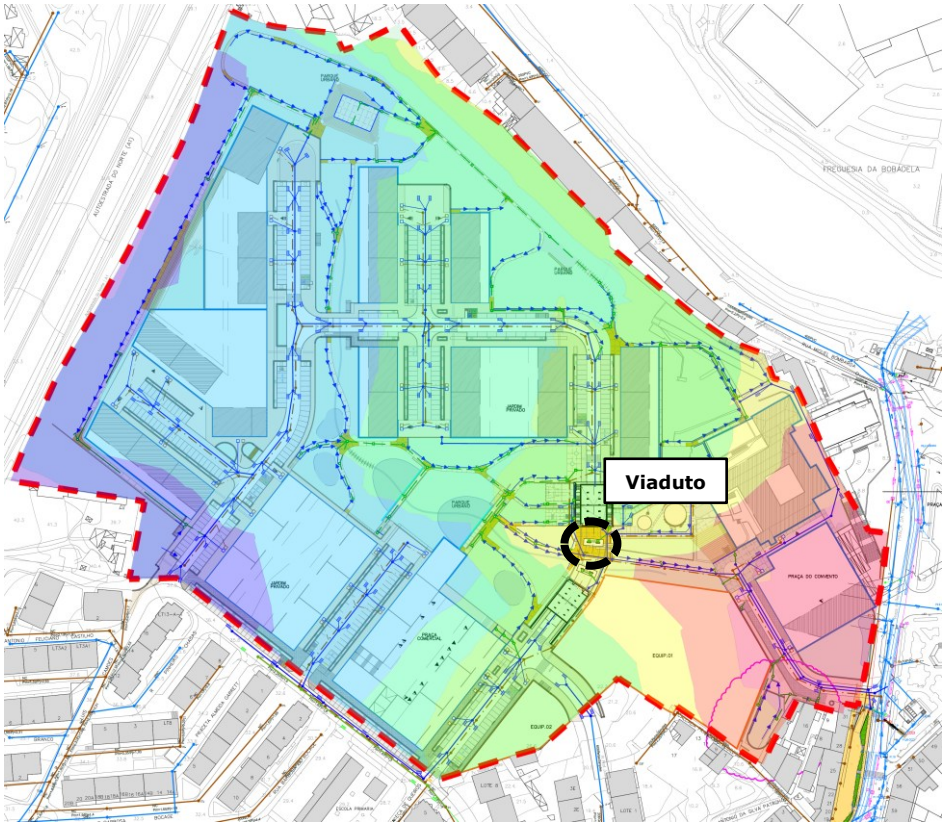


Figura 3. Modelação prevista para a urbanização (magenta – 40 a 42 m, azul – 35 a 40 m, azul cyan – 30 a 35 m, verde claro – 25 a 30 m, verde – 20 a 25 m, amarelo – 15 a 20 m, laranja – 10 a 15 m e vermelho – 4 a 10 m)

A modelação altimétrica da urbanização foi desenvolvida tendo como referência as cotas de soleira dos edifícios propostos, garantindo a sua compatibilização com o traçado viário e os arranjos exteriores previstos. Desde logo, é percetível a definição das pendentes naturais de escoamento superficial, evidenciando-se o ponto baixo da urbanização na ligação à praça da República.

A modelação geral do terreno será aproximadamente descendente, com pequenas depressões (representadas com bolsas a azul no interior do loteamento) de forma a funcionarem como elementos de retenção de água, favorecendo a infiltração da mesma no solo, atenuando as situações de cheia.

Tal como representado na Figura 4, a configuração altimétrica adotada permite a individualização de quatro bacias de drenagem distintas, associadas aos diferentes patamares de cota existentes na área de intervenção.

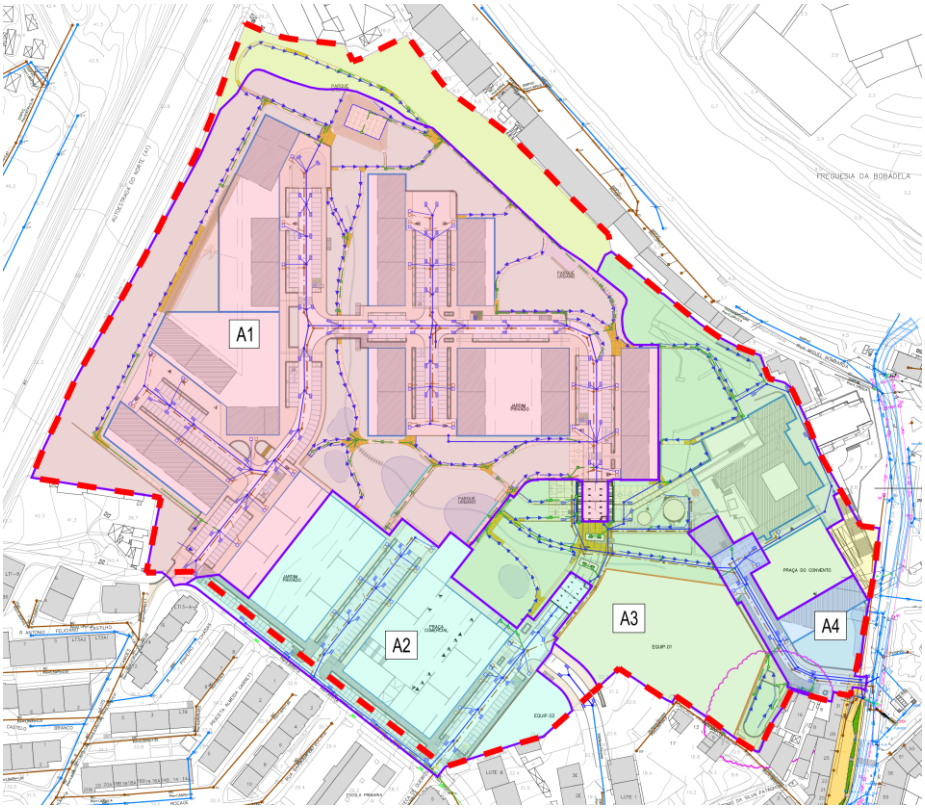


Figura 4. Bacias de drenagem propostas para o sistema de drenagem da Urbanização do Empreendimento Clarissas

As duas bacias de maior dimensão, bacia **A1** e bacia **A2**, localizam-se na zona alta da urbanização, correspondendo às áreas situadas a cotas mais elevadas, entre 42,00 m e 25,00 m.

Na zona baixa foram definidas duas bacias adicionais:

- bacia **A3**, correspondente a cotas compreendidas entre 25,00 m e 10,00 m, integrando-se no sistema drenado pelas bacias da zona alta, cujos caudais são previamente regularizados por duas bacias de retenção, estabelecendo posteriormente ligação à rede de drenagem do caneiro de Sacavém, no troço existente na Praça da República;
- bacia **A4**, correspondente a cotas compreendidas entre 10,00 m e 4,00 m, constituindo uma rede independente, com ligação às infraestruturas afluentes à estação elevatória de águas pluviais da Praça da República, interligada com o sistema do caneiro de Sacavém.

A definição da bacia **A4** resulta da proximidade das cotas do terreno às cotas topográficas da Praça da República, ponto baixo da bacia da Ribeira do Prior Velho (Zona Baixa de Sacavém).

A delimitação da bacia **A3** encontra-se coerente com o limite funcional definido no projeto de execução do caneiro, sendo a cota 10,60 m considerada como referência para a transição entre o funcionamento em superfície livre (acima dessa cota) e o funcionamento em pressão (abaixo da mesma).

A solução adotada permite compatibilizar as pendentes naturais do terreno com a organização funcional do sistema de drenagem existente.

6.2 DESCRIÇÃO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DA URBANIZAÇÃO

As infraestruturas de drenagem de águas pluviais projetadas destinam-se à recolha das águas de precipitação provenientes:

- Das coberturas dos edifícios;
- Dos arruamentos;
- Dos passeios e restantes pavimentos do espaço público;
- Das zonas verdes.

Tal como já referido, a solução proposta para o sistema de drenagem da urbanização assenta na reorganização do padrão de drenagem existente, concentrando e conduzindo os caudais pluviais através de uma rede estruturada de coletores, com descarga no sistema do Caneiro de Sacavém, na zona da Praça da República.

O sistema de drenagem foi modelado de modo a que a maior parte da água pluvial proveniente do escoamento superficial/enterrado seja encaminhada inicialmente para bacias de retenção, de modo a minimizar-se o caudal de ponta afluente à rede de drenagem pública.

O sistema de drenagem proposto prevê dois sistemas principais de retenção, que são:

- A bacia de retenção a Sul, à cota 16,55m, designada por BR1, que integra a bacia de drenagem A1. O seu volume de armazenamento é de aproximadamente 800m³, e recebe o escoamento superficial de uma área de 1,49ha;
- A bacia de retenção a Norte, à cota 16,05m, designada por BR2, que integra a bacia de drenagem A2. O seu volume de armazenamento é de aproximadamente 850m³, e recebe o escoamento superficial de uma área de 5,55ha.

A localização das bacias de retenção foi definida de forma estratégica, prevendo-se a sua implantação sob o novo viaduto, com aproveitamento do espaço disponível na zona dos encontros para a sua execução.

A rede de drenagem da urbanização será enterrada, implantada preferencialmente ao longo do eixo dos arruamentos públicos, desenvolvendo-se, sempre que possível, de forma paralela aos coletores de drenagem de águas residuais.

O traçado dos coletores foi definido tendo em consideração os condicionalismos planimétricos e altimétricos das restantes infraestruturas e a localização dos pontos de entrega das águas drenadas.

A drenagem das coberturas dos edifícios será assegurada por rede própria, promovendo-se a condução das águas pluviais por pendentes adequadas, com previsão de reutilização no próprio lote sempre que aplicável. Como solução de salvaguarda, serão previstas caixas de ramal de ligação nos pontos baixos dos passeios, junto aos limites de cada lote, permitindo o encaminhamento para a rede pública pluvial.

Nas áreas verdes do loteamento, e na modelação das depressões destinadas à maximização da infiltração no solo, prevê-se a instalação de rede de geodrenos enterrados, garantindo o adequado escoamento das águas em situações de maior pluviosidade.

Refere-se ainda que os pavimentos previstos no interior do loteamento são, maioritariamente, de natureza permeável, contribuindo para a redução do escoamento superficial.

6.3 ESTRUTURA GERAL DA REDE DE DRENAGEM

A solução geral de drenagem proposta é constituída por quatro coletores estruturantes principais:

- Coletor 1 – desenvolve-se ao longo das ruas 7, 10 e 6, a sul da urbanização, numa extensão aproximada de 280 m, estabelecendo ligação à bacia de retenção BR1;
- Coletor 2 – desenvolve-se ao longo das ruas 1, 3 e 6, a norte da urbanização, numa extensão aproximada de 375 m, estabelecendo ligação à bacia de retenção BR2;
- Coletor 3 – desenvolve-se na zona inferior do viaduto, percorrendo a rua 8 até à Praça da República, assegurando a drenagem das áreas contributivas das bacias A1, A2 e A3;
- Coletor 4 – implantado na rua 8, estabelece ligação ao sistema de drenagem da zona baixa de Sacavém, desenvolvendo-se paralelamente ao coletor 3 e ao coletor de águas residuais domésticas.

Os coletores estruturantes são complementados por coletores secundários transversais, destinados a recolher e conduzir as águas pluviais geradas na generalidade da área de intervenção, permitindo também a ligação dos contributos provenientes de montante.

Os coletores enterrados desenvolvem-se ao longo dos arruamentos projetados, com traçado semelhante ao previsto para as infraestruturas de águas residuais domésticas, garantindo racionalidade construtiva e compatibilização com as restantes infraestruturas.

Para a recolha das águas precipitadas nos pavimentos dos novos arruamentos serão instalados sumidouros, distribuídos de forma uniforme e dimensionados em função das áreas contributivas e das pendentes transversais dos arruamentos, assegurando uma eficiente captação das escorrências superficiais e minimizando o risco de acumulação localizada.

Pontualmente, serão previstas caleiras de pavimento para compatibilização com as soluções de arquitetura.

Nas zonas verdes, a modelação incluirá depressões destinadas ao encaminhamento das águas superficiais e geodrenos para drenagem subterrânea, sendo que nos pontos baixos serão instaladas caixas de receção/ligação para ligação à rede de coletores. Nas áreas verdes mais inclinadas serão previstos órgãos de dissipação de energia para evitar assoreamentos e concentração de caudais elevados.

Nas zonas em escavação, a condução das águas de escorrência dos taludes e das áreas adjacentes que, porventura, não tenham sido intercetadas é efetuada por uma valeta trapezoidal até à sua entrega nas caixas de receção/ligação.

6.4 PONTO DE ENTREGA AO SISTEMA EXISTENTE

Serão previstas três ligações à rede pública, conforme se apresenta nas peças desenhadas anexas a este estudo, com as seguintes características:

- Ligação ao coletor unitário DN600, localizado na Rua Prof. José Duarte Morais, que receberá parte das águas pluviais recolhidas no cruzamento da Rua 6 com a Rua 9;

- Ligação ao caneiro de Sacavém, com um quadro de 2.75 m x 2.90 m, situada no final da rua 8, na parte mais baixa da urbanização, próximo da Praça da República, recebendo as águas atenuadas das bacias A1 e A2, juntamente com a bacia A3, cujas cotas topográficas são superiores a 10,00 m;

- Ligação ao coletor pluvial DN300mm, localizado no final da rua 8, com ligação à Praça da República, que receberá as águas descarregadas da bacia A4, com cotas topográficas inferiores a 10,00 m.

Embora a área agora a urbanizar já estivesse incluída na bacia contributiva considerada no estudo hidráulico do Caneiro de Sacavém, a solução proposta altera o ponto de entrega dos caudais no sistema. Enquanto a na situação existente o escoamento do local da urbanização se processava de forma difusa, com parte da área a drenar para montante do caneiro e outra parte a escoar

superficialmente para a zona baixa, a situação proposta concentra os caudais e promove a sua descarga controlada na zona da Praça da República, sob influência do regime de maré.

A adoção das bacias de retenção e a limitação do caudal de descarga asseguram, contudo, que esta reorganização não provoca agravamento das condições hidráulicas globais do sistema, conforme será demonstrado nas análises apresentadas mais à frente neste estudo.

6.5 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

6.5.1 Bacias de Drenagem

Usando como base a cartografia, topografia e a modelação proposta para a urbanização marcou-se o contorno das bacias de drenagem, que traduzem as áreas a drenar com caudal pluvial para o sistema de drenagem.

Após a delimitação das bacias hidrográficas determinou-se, para cada uma delas, a área, tipo de ocupação do solo, a percentagem de área impermeabilizada, o coeficiente de escoamento e a sua inclinação média.

No Quadro 1 apresentam-se ainda os parâmetros das bacias hidrográficas associadas a cada bacia de drenagem.

Quadro 1. Características das Bacias de Drenagem

Bacia de Drenagem	Área (ha)	Comprimento Linha de Escoamento (m)	Altitude Máxima (m)	Altitude Mínima (m)	Declive da Linha de Escoamento (%)	Altura média da Bacia de Drenagem (m)
A1	1.49	232.15	36.40	22.86	5.89	14.95
A2	5.55	371.93	37.20	23.06	3.82	18.75
A3	2.33	186.50	19.00	11.00	4.21	15.00
A4	0.35	111.35	10.40	4.80	5.09	13.20

6.5.2 Período de Retorno

A definição do período de retorno depende da importância da infraestrutura e das consequências associadas a eventuais situações de cheia.

Na determinação dos caudais de ponta adotou-se um período de retorno de 100 anos, em conformidade com o critério considerado no projeto do Caneiro de Sacavém, garantindo coerência com o dimensionamento da infraestrutura existente.

6.5.3 Intensidade de Precipitação

O valor da intensidade de precipitação foi determinado de acordo com as curvas de intensidade/duração/frequência, que fornecem os valores das médias das intensidades máximas de precipitação para diferentes regiões pluviométricas (Anexo IX do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais).

De acordo com o Art.º 128 do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, a avaliação da intensidade de precipitação numa dada região pluviométrica é função do tempo de precipitação e do período de retorno das chuvadas, tal como pode ser observado na seguinte fórmula:

$$I = a\, t^{b}$$

Em que:

I = Intensidade de precipitação em mm/h

t = Duração da chuvada ou tempo de concentração em minutos.

a,b = Coeficientes obtidos das curvas de Intensidade / Duração / Frequência das chuvas de Portugal

A intensidade de precipitação foi estimada para um período de retorno de 100 anos, correspondente a uma região pluviométrica do tipo A, tendo sido adotadas as constantes a e b de, 365.62 e -0.508, respetivamente.

6.5.4 Tempo de Concentração

O tempo de concentração corresponde ao intervalo necessário para que toda a bacia de drenagem contribua para o escoamento superficial num determinado ponto de saída.

Para a sua determinação foram aplicadas as fórmulas empíricas de Temez, Giandotti, Ventura, Kirpich, Ven Te Chow e SCS.

O valor adotado para cada bacia resultou da média dos valores obtidos pelos diferentes métodos, conforme apresentado no quadro seguinte.

Quadro 2. Tempos de concentração de cada bacia de drenagem, através das fórmulas empíricas

Bacia de Drenagem	Temez (h)	Giandotti (h)	Ventura (h)	Kirpich (h)	Ven Te Chow (h)	SCS (h)	Tc adotado (h)	Tc adotado (min)
A1	0.17	0.24	0.05	0.06	0.15	0.10	0.13	7.77
A2	0.26	0.44	0.14	0.10	0.24	0.31	0.25	14.87
A3	0.16	0.27	0.06	0.05	0.15	0.17	0.14	8.66
A4	0.10	0.06	0.00	0.03	0.10	0.10	0.06	3.85

Por razões de segurança e coerência, adotou-se um tempo de concentração mínimo de 5 min.

6.5.5 Coeficiente de Escoamento

O coeficiente de escoamento (C) depende essencialmente da percentagem de área impermeável e do tipo de revestimento. Na área em estudo consideraram-se dois tipos principais de superfícies:

– superfícies impermeáveis, incluindo coberturas de edifícios, faixas de rodagem, zonas de estacionamento e áreas pedonais pavimentadas;

– superfícies parcialmente permeáveis e permeáveis, como caminhos pedonais em material drenante, áreas de arquitetura paisagista e zonas verdes.

Com base no disposto no artigo 129.º do Regulamento Geral de Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto-Lei nº 23/95), foram adotados os seguintes coeficientes de escoamento:

- Coberturas Edifícios, C=1.00;
- Zonas Pavimentadas, C=0.85;
- Zonas de Caminhos Pedonais (50% impermeáveis), C=0.50;
- Zonas Verdes, C=0.20.

Através do exposto no ponto anterior, adotou-se um valor variável baseado especificamente em cada área de influência analisada.

6.5.6 Caudal Pluvial

O método utilizado para estimar os caudais pluviais é baseado no método racional generalizado, com base na intensidade de precipitação, na área a drenar e no coeficiente de escoamento característico da superfície, traduzido pela fórmula seguinte:

$$Q = C\ I\ A$$

Em que:

Q – Caudal máximo de projeto em l/s;

C - Coeficiente de escoamento do método racional (adimensional);

I - Intensidade média máxima de precipitação, correspondente a um período de retorno estabelecido (l/s/ha);

A - Área da bacia de drenagem afluente (ha).

Os caudais resultantes dos cálculos efetuados encontram-se sintetizados no quadro seguinte.

Quadro 3. Cálculo dos caudais de ponta de cheia afluentes da urbanização

Bacia de Drenagem	C		I (mm/h)	A (ha)	Q (l/s)	
	Pré-Urbanização	Pós-Urbanização			Pré-Urbanização	Pós-Urbanização
A1	0.60	0.90	129.04	1.49	321.13	481.69
A2	0.50	0.65	92.78	5.55	714.51	928.86
A3	0.50	0.70	122.12	2.33	395.90	554.29
A4	0.75	0.80	161.42	0.35	119.10	127.04

Os caudais em situação pré e pós-urbanização foram determinados com o objetivo de estabelecer uma base comparativa entre a situação existente no limite da área de intervenção e a situação futura resultante da impermeabilização associada à nova urbanização.

A análise da situação agravada (pós-urbanização sem atenuação) permitiu definir o critério de dimensionamento das bacias de retenção, impondo que o caudal descarregado após regularização fosse igual ou inferior ao caudal de referência correspondente à situação atual.

Desta forma, assegura-se o cumprimento do princípio de neutralidade hidrológica, não se verificando agravamento dos caudais afluentes ao sistema de drenagem a jusante.

7. BACIAS DE RETENÇÃO

7.1 ENQUADRAMENTO

As bacias de retenção são estruturas destinadas à regularização do escoamento pluvial afluente, permitindo o armazenamento temporário dos volumes gerados durante episódios de precipitação intensa e a atenuação dos caudais de ponta. O seu funcionamento, assegurado através de órgãos de descarga devidamente dimensionados, permite limitar o caudal descarregado para jusante a valores previamente estabelecidos, contribuindo para o adequado comportamento hidráulico do sistema de drenagem onde se inserem, designadamente em situações de precipitação excecional.

Atendendo ao acréscimo de impermeabilização decorrente da urbanização e em conformidade com as orientações transmitidas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), foram previstas duas bacias de retenção, designadas BR1 e BR2.

O seu dimensionamento baseou-se no princípio da neutralidade hidrológica, segundo o qual o caudal máximo descarregado para o sistema público de drenagem após a urbanização não deverá exceder o caudal correspondente à situação pré-existente, considerando a área no seu estado natural.

O dimensionamento das bacias de retenção teve assim como objetivo:

- Promover o armazenamento temporário das águas pluviais;
- Regularizar o hidrograma afluente, atenuando o respetivo pico de cheia;
- Compensar o aumento do coeficiente de escoamento superficial decorrente da impermeabilização;
- Limitar o caudal de descarga para valores equivalentes aos verificados na situação pré-existente;
- Assegurar a compatibilização hidráulica do escoamento afluente ao caneiro de Sacavém.

Na Figura 5 apresenta-se a localização das bacias de retenção e um corte longitudinal das soluções preconizadas.

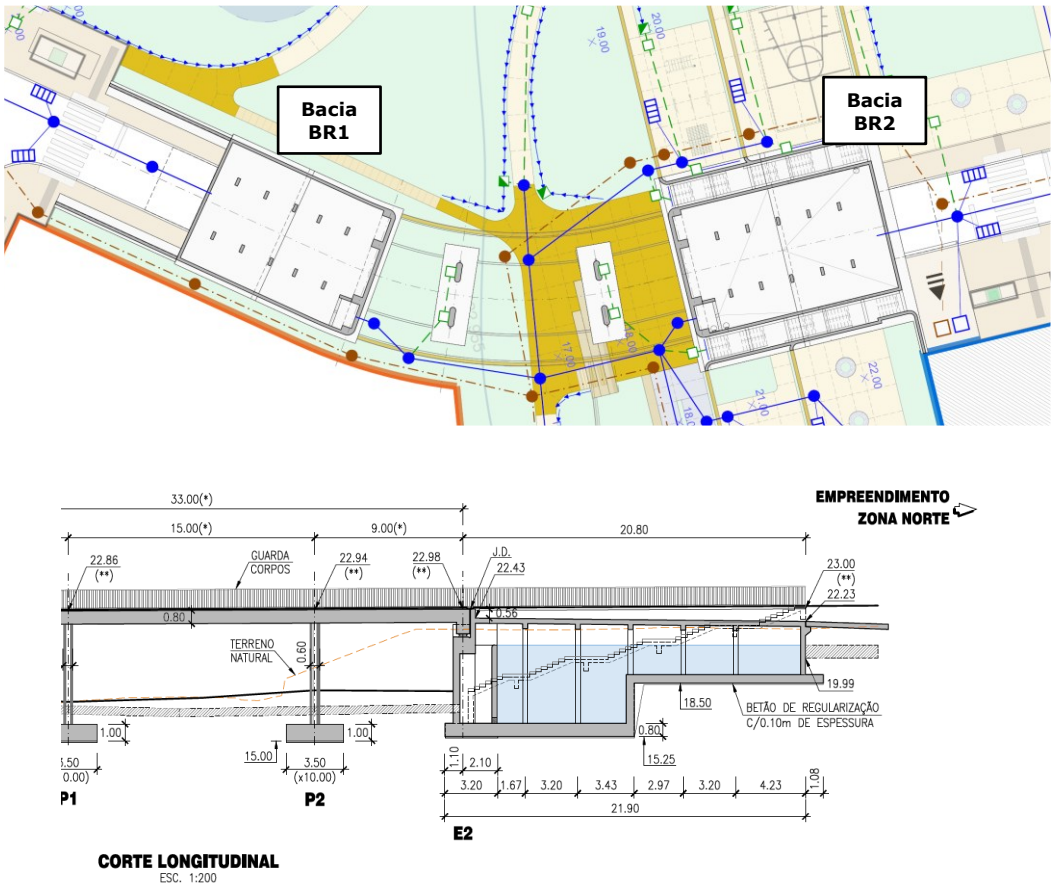


Figura 5. Bacias de retenção propostas para a zona alta da urbanização do empreendimento Clarissas

7.2 DIMENSIONAMENTO

Para efeitos de dimensionamento foram considerados:

- A delimitação das bacias contributivas localizadas na zona alta da urbanização;
- As áreas totais e respetivos coeficientes de escoamento, nas situações pré e pós-urbanização;
- O período de retorno adotado para o dimensionamento da rede pluvial;
- As características da precipitação de projeto.

Para realizar o estudo de amortecimento, é essencial definir o hidrograma de cheia e estimar o volume correspondente.

Para o estudo de amortecimento, foi definido o hidrograma de cheia da situação urbanizada e estimado o volume necessário para limitar o caudal de descarga ao valor admissível da situação pré-urbanizada (capítulo X).

O volume útil de retenção corresponde à diferença entre os hidrogramas afluente e descarregado, servindo para dimensionar os órgãos de descarga das bacias.

Para além do caudal de ponta obtido pelo método racional, foram utilizados dois modelos de simulação, o HEC-HMS, desenvolvido pelo US Army Corps of Engineers, e o SWMM, desenvolvido pela USA EPA

A equação a que os modelos recorrem é baseado no Método de Puls e na Integração Númerica, e ambos consistem na conservação da massa onde a variação do nível de água, dh, se relaciona com a variação do volume, dV, e ainda com a área do espelho de água, iterativamente com passos de cálculo, isto é:

$$dV = A(h) \times dh$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{I(t) - O(t)}{A(h)}$$

Onde:

$I(t)$– Hidrograma de Entrada;

$O(t)$ – Hidrograma de Saída.

É através destes métodos, que analisam o evento de precipitação estipulado, e reunidas as condições de escoamento, que é possível prever o volume necessário a regularizar de modo a restabelecer o caudal que é pretendido a jusante de uma bacia de retenção.

Para o presente dimensionamento, foram considerados os hidrogramas de caudais afluentes, as geometrias e respetivas curvas cota/volume das bacias de retenção e leis de vazão dos dispositivos de descarga.

Os caudais efluentes foram calculados através da fórmula de escoamento através de um orifício submerso, nomeadamente:

$$Q = C \times A \times (2gH)^{1/2}$$

Sendo:

Q o caudal (m³/s);

C o coeficiente de vazão (adimensional);

A a área do orifício (m²);

H a carga hidráulica (altura de água sobre o orifício).

7.3 HIDROLOGIA

7.3.1 Intensidade de Precipitação

As bacias de retenção da futura urbanização insere-se na região pluviométrica A.

A determinação dos caudais pluviais foi realizada para o período de retorno de 100 anos, recorrendo às curvas IDF previamente apresentadas no capítulo 6.5.3.

Deste modo, e para a região pluviométrica em que as bacias se incluem, temos:

Quadro 4. Curvas IDF

T (anos)	a	b
100	365.62	-0.508

7.3.2 Bacias de drenagem das bacias de retenção

As bacias de retenção BR1 e BR2 são alimentadas pelas sub-bacias A1 e A2.

Quadro 5. Áreas de cada bacia de drenagem

Bacia de Retenção	Bacia de Drenagem	Área (ha)
BR1 (Sul)	A1	1.49

Bacia de Retenção	Bacia de Drenagem	Área (ha)
BR2 (Norte)	A2	5.55

7.3.3 Tempos de Concentração

Como as bacias de drenagem não possuem linhas de água bem definidas, o tempo de concentração para o dimensionamento das bacias de retenção foi calculado como a soma do tempo de entrada com o tempo de percurso.

O tempo de entrada, te, corresponde ao intervalo que a gota de água mais afastada demora a alcançar a cabeceira do troço em estudo, e varia com as características da zona, nomeadamente com a inclinação do terreno e a sua permeabilidade.

No quadro seguinte apresentam-se os tempos de entrada considerados para o dimensionamento.

Quadro 6. Tempos de entrada considerados (em minutos)

Tempo de entrada	Média e plana	Inclinada	Muito Inclinada
% Área Impermeável	0,00 – 1,50%	1,50 – 8,00%	> 8,00%
<=50%	15,00	10,00	5,00
>50%	10,00	7,50	5,00

Considerou-se, devido às bacias de drenagem em causa, um tempo de entrada inicial de 7,5 minutos.

Já o tempo de percurso, tp, é calculado pelo tempo de percurso do escoamento superficial desde o ponto mais distante da bacia de drenagem até ao interior da bacia de retenção, através da aplicação das seguintes fórmulas, que relacionam a velocidade do escoamento superficial (v) com a inclinação do terreno (i), isto é:

$$v = 0{,}27\sqrt{i[\%]}\ (\acute{a}reas\ n\tilde{a}o\ pavimentadas)$$

$$v = 0{,}60\sqrt{i[\%]}\ (\acute{a}reas\ pavimentadas)$$

Ao tempo de percurso calculado acrescenta-se 7.5 min, valor previamente definido com o tempo necessário para a saturação superficial do solo e início do escoamento superficial.

Deste modo, obtêm-se os seguintes resultados:

Quadro 7. Tempos de concentração de cada bacia de drenagem, através do tempo de percurso

Bacia de Retenção	t_e (min)	t_p (min)	t_c (min)
BR1 (Sul)	7.50	2.66	10.16
BR2 (Norte)	7.50	5.28	12.78

Para efeitos de dimensionamento das bacias de retenção, admitiu-se um tempo de concentração de 10 min para a bacia A1 e um tempo de concentração de 15 min para a bacia A2, valores que vão de encontro ao tempo de concentração estimado através das fórmulas empíricas

7.3.4 Estabelecimento dos Hietogramas de projeto

Com base nas curvas IDF apresentadas anteriormente, foram definidos os hietogramas de precipitação de projeto para o período de retorno de 100 anos, utilizados na avaliação das solicitações hidráulicas ao sistema de drenagem e às bacias de retenção.

Para o dimensionamento das bacias de retenção foram considerados quatro cenários de precipitação:

- Cenário 1 – Hietograma de blocos alternados, com recurso às curvas IDF, e seguindo a metodologia proposta por Portela et al (2000), com duração de precipitação igual ao tempo de concentração;

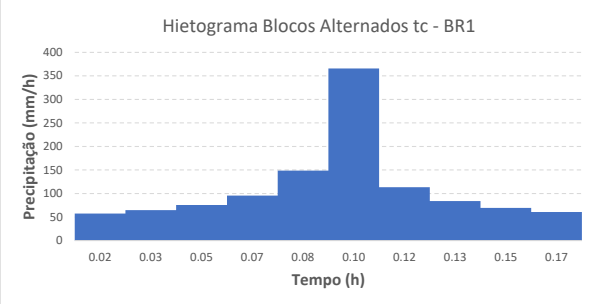
- Cenário 2 – Hietograma de blocos alternados, com recurso às curvas IDF, e seguindo a metodologia proposta por Portela et al (2000), com duração de precipitação tripla do tempo de concentração;

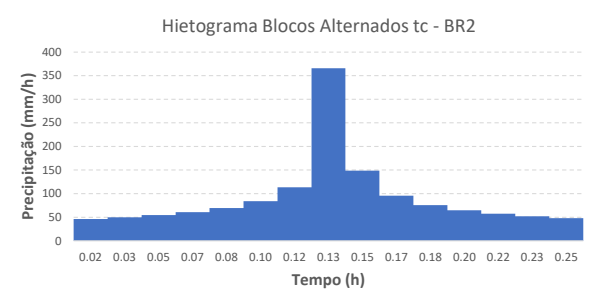
- Cenário 3 – Hietograma de projeto para Portugal proposta por Matos (1987), com uma duração total de 4 horas, período intenso centrado e de intensidade constante de duração igual ao tempo de concentração;

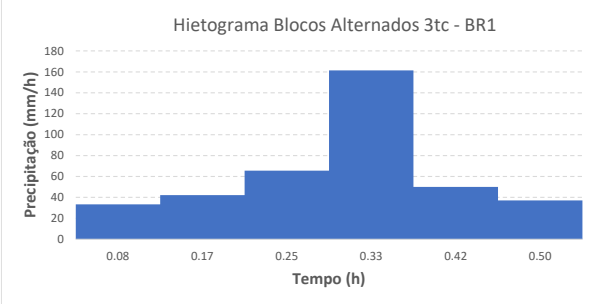
- Cenário 4 – Hietograma de projeto para Portugal proposta por Matos (1987), com uma duração total de 4 horas, período intenso centrado e de intensidade constante de duração tripla ao tempo de concentração.

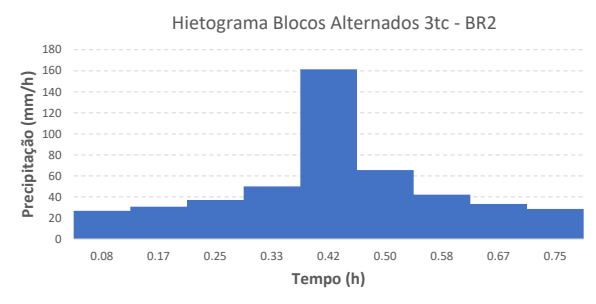
A consideração de diferentes durações e formas de hietograma permitiu avaliar o comportamento do sistema sob distintos padrões de precipitação, identificando as condições mais gravosas para o dimensionamento do sistema de drenagem e das bacias de retenção.

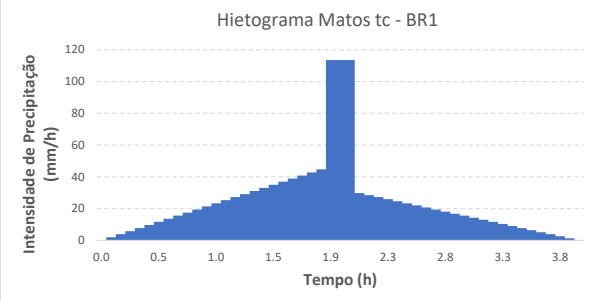
Nas figuras seguintes apresentam-se os hietogramas de projeto utilizados, para cada um dos cenários, para um período de retorno de 100 anos, para as bacias de retenção BR1 e BR2.

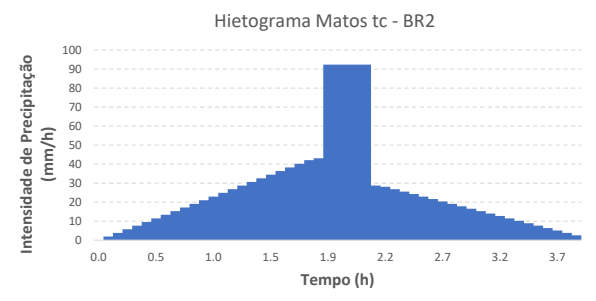












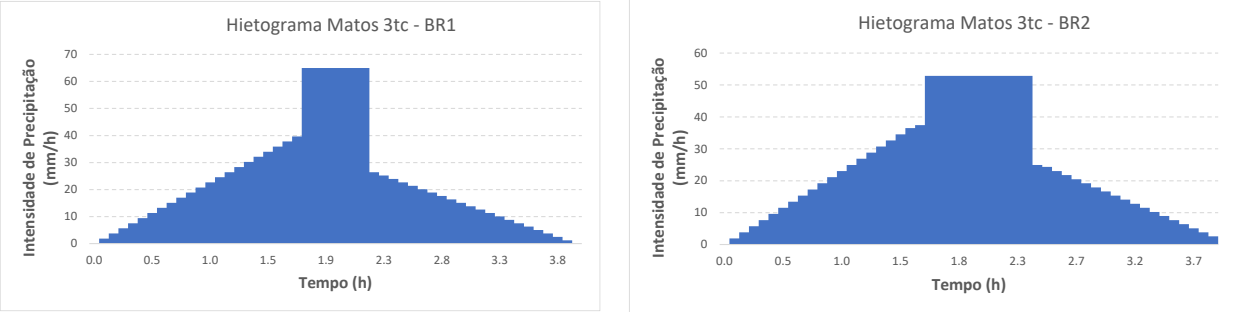


Figura 6. Hietogramas de projeto para o período de retorno de 100 anos, para as bacias de retenção BR1 (à esquerda) e BR2 (à direita)

7.3.5 Perdas de Precipitação

Nem toda a precipitação incidente sobre uma bacia contribui para o escoamento superficial direto, verificando-se perdas associadas à infiltração no solo, retenção superficial em depressões e interceção pelas superfícies edificadas.

A estimativa das perdas foi efetuada através do método do Soil Conservation Service (SCS), baseado no número de escoamento (Curve Number – CN), o qual depende das características do solo, do uso e ocupação do solo e da condição antecedente de humidade. Este método permite determinar a precipitação efetiva a partir da precipitação total.

Na aplicação do método assumiu-se distribuição espacial uniforme da precipitação e das características de infiltração em cada bacia.

Os valores adotados para cada bacia de retenção foram os seguintes:

Quadro 8. Tempos de concentração de cada bacia de drenagem, através do tempo de percurso

Bacia de Drenagem	t_c (min)	Área Impermeável (%)	CN AMCIII	Infiltração máx. (mm)	Infiltração inicial (mm)
BR1 (Sul) – tc	10.00	90.00	94.00	16.21	3.24
BR1 (Sul) – 3tc	30.00	90.00	94.00	16.21	3.24
BR2 (Norte) – tc	15.00	55.00	88.00	34.64	6.93
BR2 (Norte) – 3tc	45.00	55.00	88.00	34.64	6.93

7.3.6 Hidrogramas de Cheia

Os hidrogramas de cheia foram obtidos por modelação do hidrograma unitário sintético do SCS, implementado nos softwares HEC-HMS e SWMM, aplicando-o às precipitações efetivas anteriormente determinadas.

O hidrograma unitário do SCS é adimensional e tem como parâmetro fundamental o tempo de atraso (lag time) definido como o intervalo entre o centro de gravidade do hietograma de precipitação efetiva e o caudal de ponta do hidrograma.

Este método permite transformar o hietograma de precipitação útil em hidrograma de escoamento direto, com base no tempo de concentração e nas características fisiográficas da bacia, assumindo comportamento hidrológico concentrado e resposta uniforme de cada sub-bacia.

A precipitação efetiva foi convolucionada com o hidrograma unitário, obtendo-se os hidrogramas de cheia afluentes às bacias de retenção.

Nas figuras seguintes apresentam-se os hidrogramas correspondentes aos diversos cenários de dimensionamento considerados para um período de retorno de 100 anos.

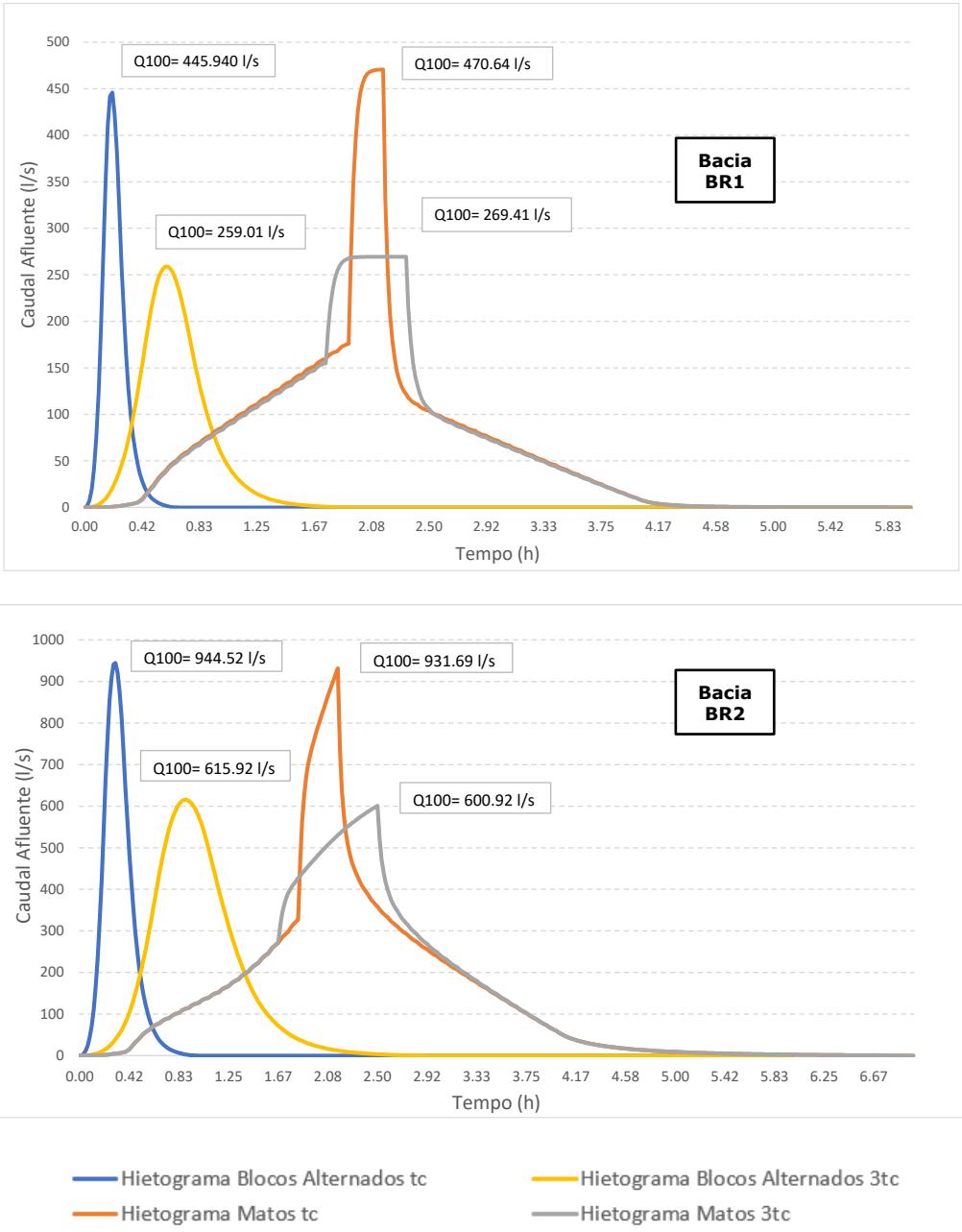


Figura 7. Hidrogramas de cheia das bacias de retenção BR1 e BR2 para os diversos cenários considerados, para T=100 anos

Tal como pode ser observado, apesar de os hidrogramas resultarem de diferentes metodologias, os caudais de ponta obtidos mantêm-se da mesma ordem de grandeza dos caudais obtidos através do método racional, evidenciando consistência nos resultados da modelação.

7.4 Características gerais das bacias de retenção

As bacias de retenção previstas localizam-se na zona alta da urbanização, associadas às duas principais bacias contributivas. Estas infraestruturas foram concebidas para:

- armazenamento temporário das águas pluviais;
- descarga controlada através de órgão regulador (orifício ou dispositivo equivalente);
- funcionamento em regime gravítico.

O caudal de saída foi limitado tendo como limite o escoamento máximo verificado na situação pré-existente, assegurando o cumprimento do critério de neutralidade hidrológica imposto pela APA.

O tempo de esvaziamento foi verificado de modo a garantir a reposição da capacidade de armazenamento num intervalo compatível com a ocorrência de eventos pluviosos sucessivos.

As bacias apresentam áreas de implantação aproximadas de 220 m² e 250 m², e volumes totais estimados de 800 m³ e 850 m³, respetivamente para as bacias BR1 e BR2.

A descarga é assegurada por descarregadores de fundo com diâmetros nominais DN200 (BR1) e DN350 (BR2), dimensionados para limitar o caudal de saída.

Complementarmente, foram previstos descarregadores de superfície retangulares com 3,0 m de largura, implantados às cotas 20,85 m (BR1) e 20,50 m (BR2), funcionando exclusivamente como órgãos de segurança em caso de obstrução do descarregador de fundo ou de ocorrência de eventos de precipitação excecionais. As suas soleiras foram implantada à cota correspondente à lâmina máxima de projeto (T = 100 anos), garantindo-se um bordo livre mínimo de 0,30 m até ao coroamento das bacias.

Nas figuras seguintes apresentam-se as curvas cota–volume e volume–descarga das bacias propostas BR1 e BR2, e que suportaram o respetivo dimensionamento hidráulico.

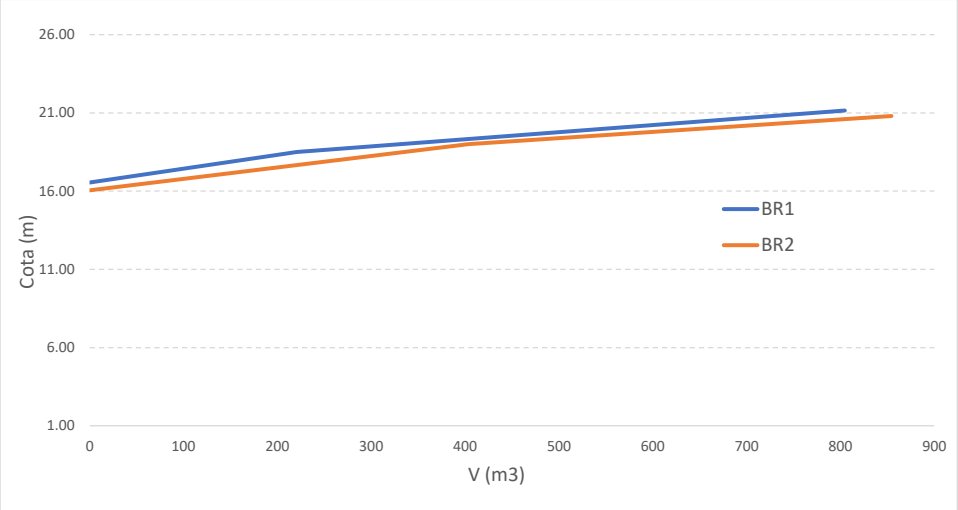


Figura 8. Curva cota/volume das bacias de retenção propostas

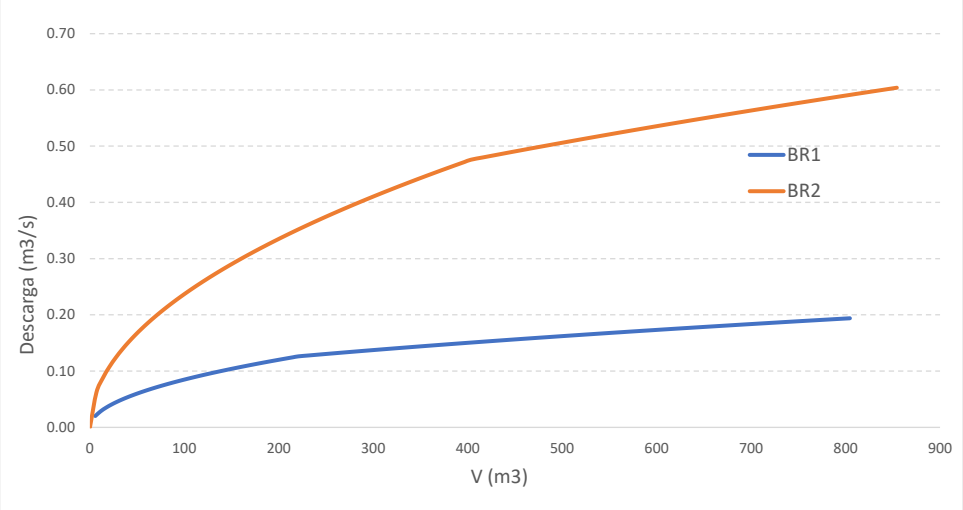


Figura 9. Curva caudal descarga/volume das bacias de retenção propostas

7.5 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DAS BACIAS DE RETENÇÃO

No modelo foram introduzidos os hidrogramas de cheia e as curvas de volumes acumulados, resultantes do diâmetro da descarga de fundo.

Os órgãos de descarga foram simulados como tubagens com entrada à cota mais baixa de cada bacia.

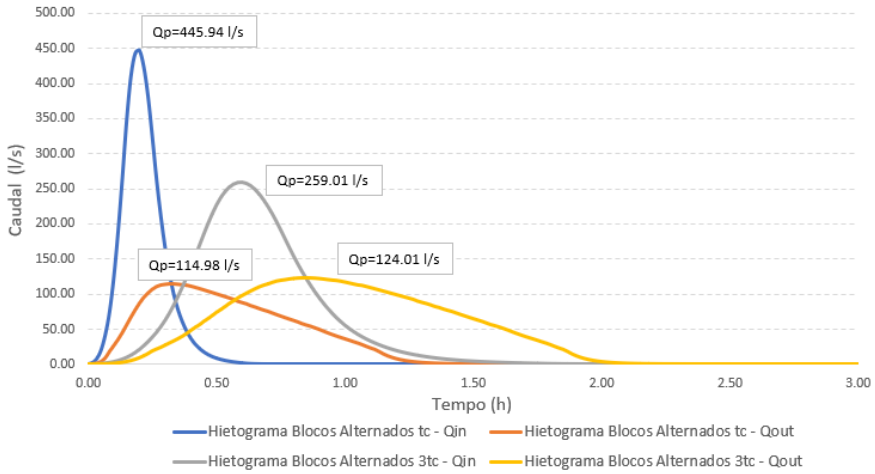
O volume de cada bacia de retenção foi determinado de forma a que o nível de água dentro da bacia não atingisse a cota de coroamento do descarregador de superfície para o período de retorno de 100 anos.

Como critério principal, dimensionou-se a bacia de retenção para limitar o caudal de saída para valores estabelecidos na situação de pré-urbanização.

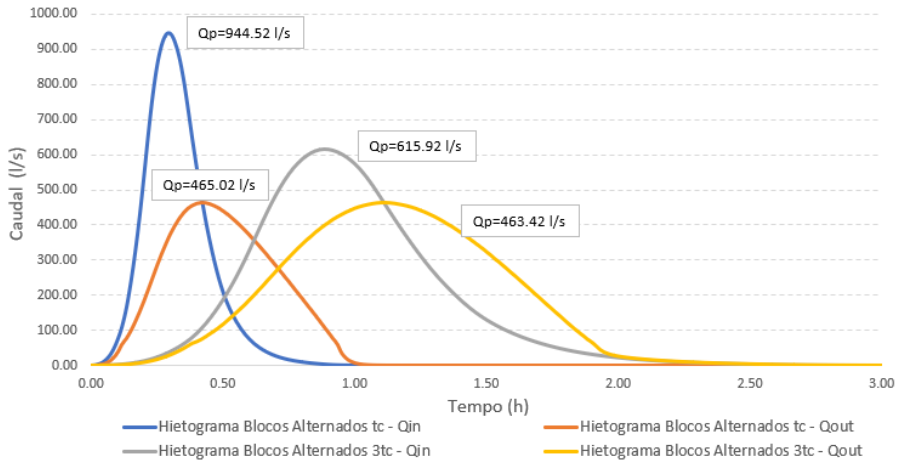
No quadro e figuras seguintes sintetizam-se os resultados para a simulação do funcionamento das bacias de retenção para um período de retorno de 100 anos.

Quadro 9. Síntese dos resultados da simulação do funcionamento das bacias de retenção para um período de retorno de 100 anos

Bacia de Retenção	Qin máx. (l/s)		Qout máx. (l/s)		Volume máx. (m^3)	Cota máx. (m)	Profundidade máx. (m)
	tc	3tc	tc	3c			
Cenário 1 e 2 – Hietograma Blocos Alternados							
BR1 (Zona Sul)	445.94	259.01	114.98	124.01	183.90	18.17	1.62
BR2 (Zona Norte)	944.52	615.92	465.02	463.42	384.62	18.86	2.81
Cenário 3 e 4 – Hietograma Matos							
BR1 (Zona Sul)	470.64	269.41	157.09	150.91	499.37	19.79	3.24
BR2 (Zona Norte)	931.69	600.92	518.05	478.05	621.09	19.89	3.84

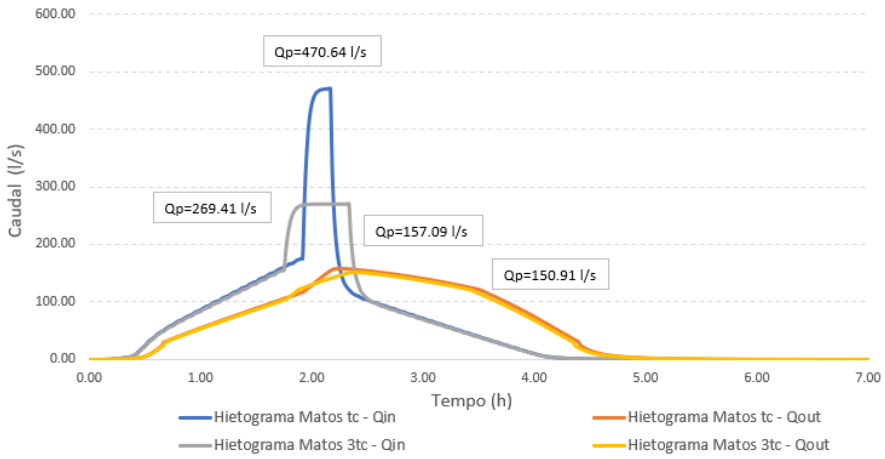


a) Bacia BR1

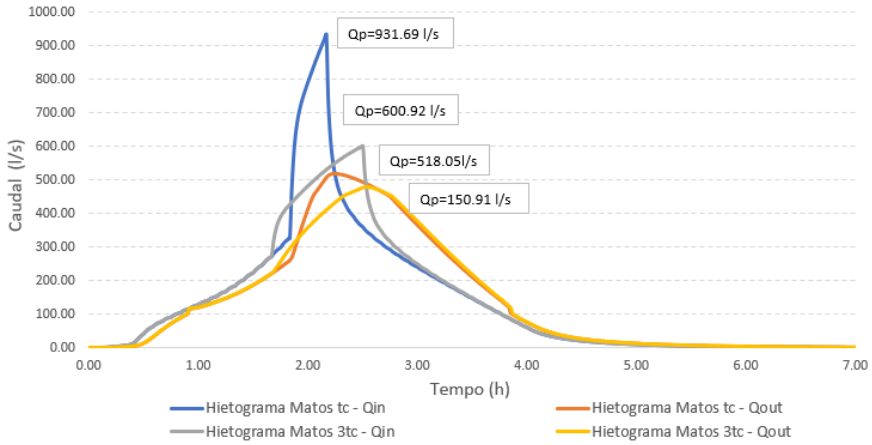


b) Bacia BR2

Figura 10. Hidrogramas de cheia afluentes e efluentes de cada bacia de retenção, para os Cenários 1 e 2, com os Hietogramas de Blocos Alternados



a) Bacia BR1



b) Bacia BR2

Figura 11. Hidrogramas de cheia afluentes e efluentes de cada bacia de retenção, para os Cenários 3 e 4, com os Hietogramas de Matos

Da análise dos resultados verifica-se que as bacias de retenção apresentam capacidade de armazenamento adequada, assegurando amortecimentos médios da ordem dos X% para a BR1 e Y% para a BR2, traduzindo-se numa atenuação significativa dos caudais de ponta afluentes.

Os caudais descarregados apresentam valores muito próximos entre os diferentes cenários analisados, evidenciando a estabilidade do controlo hidráulico. Os cenários mais gravosos são os

cenários 3 e 4, modelados no SWMM, por representarem de forma mais realista a distribuição temporal da precipitação e conduzirem a maiores volumes armazenados.

Verifica-se que o volume máximo é mais sensível à duração e forma do hietograma do que ao caudal de ponta afluente. Para os hietogramas de Matos (cenários 3 e 4) obtiveram-se os volumes mais favoráveis: cerca de 499 m³ na BR1 e 621 m³ na BR2, correspondendo a profundidades máximas de 3,24 m e 3,84 m, respetivamente. Nos cenários com hietogramas de blocos Alternados (cenários 1 e 2), apesar dos picos afluentes superiores, os volumes armazenados são significativamente inferiores, confirmando a influência determinante da duração do evento.

Os descarregadores de superfície não são alcançados em nenhum dos cenários simulados para um período de retorno de 100 anos, não se verificando situações de transbordamento. Os níveis máximos atingidos aproximam-se da altura útil de projeto (≈ 4,00 m).

Os volumes das bacias foram condicionados pela geometria disponível nos encontros do viaduto, sendo a profundidade definida em função das cotas de entrada e saída dos coletores. Para efeitos de dimensionamento, adotam-se como cotas máximas da superfície livre 19,79 m na BR1 e 19,89 m na BR2. Assim, consideram-se como caudais de ponta amortecidos para T=100 anos, de 157.09 l/s e 518.08 l/s, respetivamente para a bacia BR1 e BR2.

A tabela seguinte apresenta os caudais de ponta da urbanização das Clarissas nas situações pré-urbanização, pós-urbanização sem atenuação e pós-urbanização com bacias de retenção.

Quadro 10. Síntese dos resultados da simulação do funcionamento das bacias de retenção para um período de retorno de 100 anos

Bacia de Drenagem	Qpré-urbanização (l/s)	Qpós-urbanização (l/s)	Qpós-urbanização atenuado (l/s)	Atenuação (l/s)
A1	321.13	481.69	157.09	157.09
A2	714.51	928.86	518.05	518.05
A3	395.90	554.29	554.29	-
A4	119.10	127.04	127.04	-
Total	1550.66	2091.89	1356.47	735.42

8. MODELAÇÃO HIDRÁULICA DO SISTEMA DE DRENAGEM

8.1 ENQUADRAMENTO

Atendendo às características do Caneiro de Sacavém e às condicionantes hidráulicas associadas à influência do regime de maré do Rio Trancão e ao funcionamento da estação elevatória da Praça da República, a avaliação do comportamento hidráulico do sistema foi realizada através de modelação numérica em regime não permanente, recorrendo ao software SWMM – Storm Water Management Model.

O modelo hidráulico considerou:

- A geometria e características do Caneiro de Sacavém constantes no Projeto de Execução do Caneiro, a "Regularização Fluvial e Controlo de Cheias da Ribeira do Prior Velho";
- Os caudais afluentes às várias seções de interessa da bacia hidrográfica da Ribeira do Prior Velho;
- A geometria e características do sistema de drenagem da nova urbanização, interligada com o Caneiro de Sacavém, incluindo as bacias de retenção previstas;
- As bacias de drenagem da nova urbanização;
- A definição de eventos pluviométricos com base no hietograma de precipitação proposto por MATOS (1987), com duração total de 4 horas, período intenso centrado e de intensidade constante de duração igual ao tempo de concentração;
- As condições de jusante associadas aos níveis de maré e ao regime de funcionamento da estação elevatória.

Assim, para efeitos de estudo, foi considerada a modelação do sistema de drenagem conforme se evidencia na figura seguinte.



Figura 12. Modelo do sistema de drenagem no SWMM

8.2 BREVE DESCRIÇÃO DO MODELO SWMM

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US Environment Protection Agency – EPA) juntamente com o seu centro de investigação de abordagens tecnológicas e de gestão de riscos de saúde e meio ambiente (National Risk Management Research Laboratory), desenvolveram um programa complexo, freeware, de modelação e gestão, de forma a planear, analisar e projetar os impactos relacionados com o escoamento proveniente de águas pluviais nos diferentes sistemas de drenagem urbana (sistemas unitários, separativos pluviais, separativos domésticos), o Storm Water Management Model (SWMM).

O simulador hidráulico, desenvolvido em 1971, consiste num modelo dinâmico que possibilita a simulação do escoamento e/ou poluentes à superfície das bacias de drenagem, analisando a evolução da qualidade e quantidade do escoamento relativa à zona da bacia em questão (em zonas urbanas ou não urbanas) e no interior dos coletores.

O modelo é usado na simulação de eventos singulares ou contínuos, através de dados reais de precipitação e/ou meteorológicos, assim como na caracterização física do sistema a modelar. Dependendo dos parâmetros de entrada e da rede de drenagem introduzidos no SWMM, o modelo simula a resposta a chuvadas de intensidade variável no tempo, a neve derretida, a perdas por infiltração, a evaporação, o escoamento superficial, as retenções e ainda a poluição para cada nó de entrada.

A partir dos dados de precipitação e a deposição de poluentes, a carga de escoamento e a quantidade de poluentes gerada atua sobre um conjunto de áreas de captação, as designadas sub-bacias. Esse escoamento superficial é direcionado tendo em conta as características topográficas das sub-bacias (como a área, a inclinação, a forma, a rugosidade e a quantidade de depressões) e encaminhado até à componente de transporte na rede, que engloba toda a infraestrutura de drenagem (como coletores, canais) e dispositivos de armazenamento, regulação e tratamento (como bombas e aparelhos de regulação). No entanto, parte do escoamento gerado na bacia de receção pode também receber infiltração e transferir parte da água residual para a componente do sistema de transporte. O SWMM organiza as diferentes componentes que intervêm na modelação em objetos, como é o caso das câmaras de visita (junction nodes), os coletores (conduits), as bacias de drenagem (subcatchments), o posto udométrico (rain gages), as descargas (outfall), entre outros.

Mediante a definição da topologia da rede, características físicas dos diversos componentes e os respetivos dados de entrada, o SWMM determina os valores de caudal em cada tubagem e nó, altura de escoamento e qualidade da água e o volume e escoamento gerado em cada sub-bacia, durante o período de simulação.

O SWMM é um software que possibilita a realização de simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico, hidrológico e da qualidade da água em sistemas de drenagem através dos princípios que lhes são inerentes. Desta forma, os modelos que o SWMM utiliza são:

Hidrograma unitário para estimativa do escoamento superficial; Fórmulas de Horton e Green-Ampt, bem como o número de escoamento (CN) do Soil Conservation Service, na modelação dos fenómenos hidrológicos, entrando em linha de conta com a retenção superficial e a infiltração; Modelo Cinemático na descrição da propagação do escoamento superficial; Modelo dinâmico completo (equações de Saint-Venant), modelo cinemático ou modelo difuso para a caracterização da propagação do escoamento na rede de coletores; Equações de potência, exponenciais ou de saturação na avaliação do acumular e arrastamento de poluentes no escoamento superficial.

8.3 METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS DE PONTA

No estudo hidráulico original, os caudais globais do Caneiro de Sacavém foram determinados através de modelação hidrológica com recurso ao HEC-1, considerando os contributos integrais das sub-bacias da Ribeira do Prior Velho. A diferença de caudal entre os diversos trechos do caneiro é relativamente reduzida, refletindo a dimensão global da bacia contribuinte e a progressiva incorporação dos contributos ao longo do sistema.

Para avaliar a influência específica da nova urbanização, procedeu-se à identificação e quantificação dos contributos parcelares correspondentes às sub-bacias PV1 e PV2, que, no estudo original, afluíam aos trechos agora intervencionados.

Embora a área atualmente urbanizada já estivesse integrada na bacia contributiva considerada no estudo hidráulico do Caneiro de Sacavém, a solução agora proposta implica uma alteração do ponto de entrega dos caudais no sistema. Na situação existente, a drenagem da pré-urbanização processava-se para a Rua Professor José Duarte Morais (zona alta, trechos 2-3 do caneiro). Na situação proposta, os caudais passam a ser recolhidos pelo novo sistema de drenagem da urbanização e descarregados num ponto mais jusante, na zona da Praça da República, traduzindo-se numa alteração da distribuição espacial dos contributos ao longo do caneiro.

Na simulação hidráulica, ao caudal afluente aos trechos 2–3 (30.36 m³/s) foi deduzido o contributo da sub-bacia PV1 (0.857 m³/s), obtendo-se um caudal ajustado de 29.50 m³/s.

Mantendo a coerência longitudinal do sistema, e considerando a diferença original de 0.23 m³/s entre os trechos 2–3 e 4–5, o caudal de referência à entrada do troço jusante passa a 29.73 m³/s.

A este valor foi deduzido o contributo da sub-bacia PV2 (0,183 m³/s) e parte da bacia que escorria superficialmente para a praça da República (zona baixa), e posteriormente adicionado o caudal regularizado proveniente da urbanização (1,356 m³/s), resultando num caudal final de aproximadamente 30.65 m³/s no troço 4–5.

Verifica-se, assim, que o caudal final no troço jusante é da mesma ordem de grandeza do valor de dimensionamento original (30.59 m³/s), correspondendo a uma variação da ordem de 1%. Esta diferença decorre exclusivamente da redistribuição espacial do contributo hidrológico, sendo a sua influência na linha de energia e no regime de escoamento avaliada através de modelação hidráulica em regime não permanente.

Na tabela seguinte apresentam-se os ajustamentos efetuados aos caudais globais do Caneiro de Sacavém.

Quadro 11. Ajustamento dos caudais globais do caneiro (T=100 anos)

Troço	Qp projeto original (m³/s)	Qp deduzido (m³/s)	Qp intermédio (m³/s)	Qp introduzido (m³/s)	QP final (m³/s)
Trecho 2-3 (Montante EE)	30.36	-0.857 (parcela PV1)	29.50	-	29.50
Trecho 4-5 (Jusante EE)	30.59	-0.444 (parcela PV2+parcela superficial praça	29.73	+1.356	30.65

8.4 SIMULAÇÃO DO CANEIRO

Foi realizada a simulação do comportamento hidráulico do Caneiro de Sacavém para os cenários de precipitação de projeto (T = 100 anos), considerando as condições potencialmente mais desfavoráveis resultantes da conjugação dos seguintes fatores:

- Caudais afluentes ao caneiro em situação de pré-urbanização;
- Caudais afluentes ao caneiro em situação de pós-urbanização;
- Níveis elevados de maré no Rio Trancão;
- Funcionamento condicionado do sistema de drenagem a jusante.

A modelação hidráulica, desenvolvida em regime não permanente, permitiu analisar a evolução temporal da linha piezométrica e da linha de energia ao longo do caneiro, identificando os troços suscetíveis de funcionamento em regime parcialmente ou totalmente em carga, isto é, situações em que o escoamento preenche integralmente a secção e podem ocorrer fenómenos de sobre-elevação do nível de água e eventual risco de transbordo.

8.5 PRECIPITAÇÃO DE PROJETO

Para as simulações dinâmicas da nova urbanização e do Caneiro de Sacavém, os eventos de precipitação de projeto foram definidos considerando:

- Período de retorno de 100 anos;
- Hietograma proposto por MATOS (1987), com duração total de 4 horas e período intenso centrado com intensidade constante;
- Tempos de concentração da sub-bacia de drenagem associados de 10 a 15 minutos, adequados à parcela da bacia em análise.

Na figura seguinte apresentam-se os hietogramas de projeto para o período de retorno considerado (T = 100 anos).

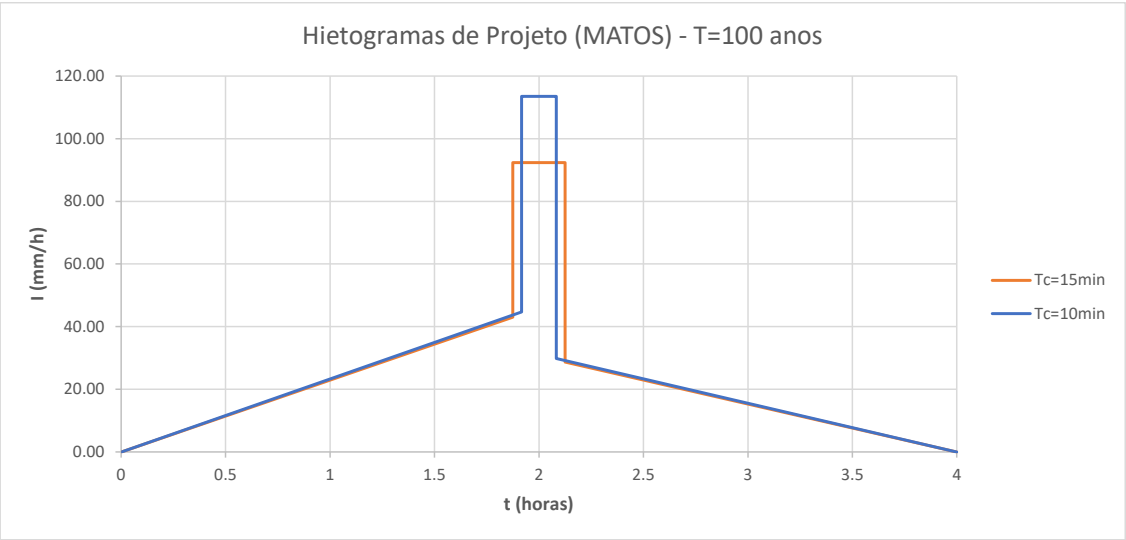


Figura 13. Hietogramas de projeto para as precipitações com período de retorno de 100 anos

8.6 NÍVEIS DE MARÉ E COTAS PIEZOMÉTRICAS

Para a definição das condições de fronteira na zona de descarga para o Rio Trancão, considerou-se a situação hidraulicamente mais desfavorável, correspondente à coincidência entre o nível máximo associado à cheia centenária do Rio Trancão e o pico da resposta do sistema de drenagem ao evento de precipitação de projeto (T = 100 anos).

Nestas circunstâncias, o troço final do quadro de descarga permanece afogado durante grande parte do hidrograma, funcionando em regime pressurizado e condicionado pelo nível imposto a jusante.

As condições de fronteira adotadas na modelação hidráulica foram as seguintes:

- cota do nível de água a jusante: 5.0 m;
- Coeficiente de rugosidade de Manning (Ks): 75 $m^{1/3} \cdot s^{-1}$;
- Perda de carga localizada no ponto de ligação do sistema de drenagem da urbanização no caneiro: $v^2/2g$
- Perda de carga localizada na descarga do caneiro: 1.20 m

A cota piezométrica máxima obtida na modelação do Caneiro de Sacavém foi posteriormente adotada como condição de jusante para o dimensionamento e verificação hidráulica da rede pluvial da urbanização. A rede projetada foi analisada para o evento de precipitação de projeto considerando esta condição imposta, permitindo avaliar o seu funcionamento sob o cenário hidráulico mais gravoso.

8.7 CENÁRIO DE SIMULAÇÃO

Atendendo a que o presente estudo visa avaliar o desempenho hidráulico do sistema de drenagem da urbanização e do Caneiro de Sacavém, foram considerados dois cenários de simulação para o evento de precipitação de projeto com período de retorno de 100 anos.

a) Cenário A – Rede pluvial da urbanização, com nível piezométrico a jusante de 7.49 m

Simulação da rede pluvial da urbanização, adotando como condição de jusante a cota piezométrica máxima obtida na modelação do Caneiro de Sacavém no ponto de ligação da rede.

Este cenário permite avaliar o comportamento interno da rede sob a condição hidráulica mais gravosa imposta pelo caneiro.

a) Cenário B – Caneiro de Sacavém, com nível piezométrico a jusante de 6.20 m

Simulação do Caneiro de Sacavém considerando os diversos contributos ao longo do seu traçado, incluindo o caudal regularizado proveniente da urbanização, e adotando como condição de jusante a cota piezométrica correspondente à descarga no Rio Trancão.

A simulação permitirá avaliar o desempenho do sistema e possibilitará:

- Avaliar os níveis máximos atingidos nos diferentes nós da rede;
- Identificar os troços suscetíveis de funcionamento temporário em carga;
- Verificar a compatibilização dos níveis de cheia com as cotas das soleiras dos edifícios, especialmente nas zonas mais baixas da urbanização, onde as cotas de implantação se aproximam dos 6-10 m;
- Definir os requisitos de estanqueidade necessários nos troços sujeitos a sobrepressão.
- Determinar a cota piezométrica máxima no nó de transição entre a zona alta e zona baixa do caneiro, a qual condiciona o regime hidráulico do caneiro (escoamento em superfície livre ou funcionamento em pressão tendo como referência a cota topográfica de 10.60 m).
- A cota piezométrica máxima no nó entre a zona alta e baixa do caneiro, que define o regime do canal: seção livre ou funcionamento em pressão (limite: cota topográfica 10,6 m).

As cotas obtidas representam a condição hidráulica mais desfavorável expectável durante o evento de projeto, refletindo a sobre-elevação da linha de água resultante do efeito combinado da precipitação e do condicionamento a jusante.

8.8 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Após a definição do modelo físico e dos seus dados de entrada foi necessário definir as opções de simulação que determinaram a forma como a análise foi realizada. A opção de “flow routing” foi selecionada para o processo de simulação. Para a avaliação da capacidade do sistema de drenagem e da análise de sobrecarga e extravasamento foi ainda selecionada a opção “dynamic wave”.

a) Cenário A

O coletor estruturante, com DN800, recebe o efluente das áreas da urbanização A1, A2 e A3 e transporta o caudal até ao ponto de ligação com o Caneiro de Sacavém.

Na figura seguinte apresenta-se o perfil hidráulico e a respetiva linha de energia do coletor estruturante PE1, para o período mais crítico do evento de precipitação, até à descarga no caneiro de Sacavém, próximo da Praça da República.

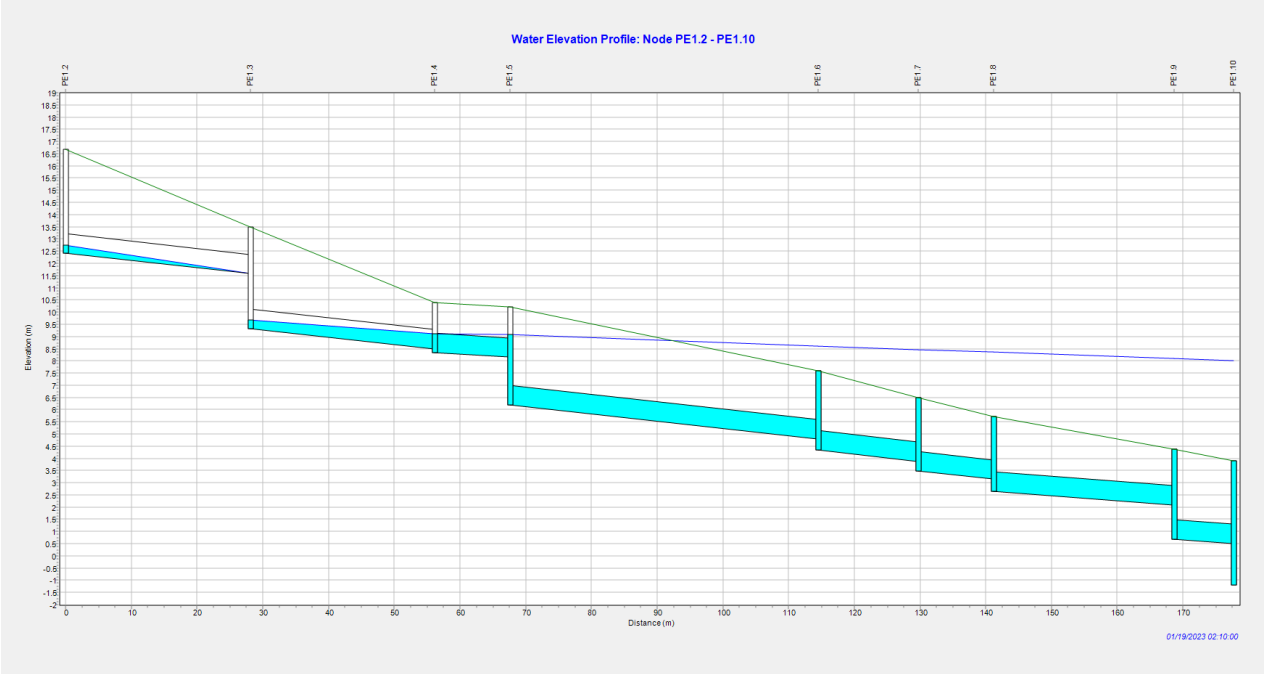


Figura 14. Perfil hidráulico e altura de água no coletor estruturante PE1, para o cenário A, no ponto mais desfavorável

Por observação dos resultados, verifica-se que os troços PE1.4 a PE1.10 operam sob pressão, com ocorrência de extravasamentos, sobretudo em caixas situadas em cotas entre 4 m e 10 m. Este comportamento é consequência direta da linha piezométrica do caneiro, que se situa à cota 7,50 m, acrescida da perda de carga da ligação da nova tubagem da urbanização, limitando a capacidade de descarga da rede, particularmente na zona final do coletor.

A análise do quadro de resultados evidencia que os caudais simulados variam entre 861 e 1229 l/s, representando 38% a 67% da capacidade máxima teórica determinada a partir da expressão

de Manning-Strickler. Apesar de a rede não exceder completamente a sua capacidade, os níveis de água nas caixas finais indicam funcionamento sob pressão e risco de extravasamento.

Quadro 12. Resultados da análise do desempenho hidráulico do coletor estruturante PE1, cenário A

Designação do Lanço (Caixa Inicial - Caixa Final)		Inc (mm/m)	Dint (mm)	Manning Strickler			Cenário A				
				Ks	Qmáx (l/s)	Vmáx (m/s)	Qmáx (l/s)	Vmáx (m/s)	%Qmáx	Cota Terreno (m)	Cota Água (m)
PE1.2	PE1.3	30.0	800	75	2233.12	4.44	861.39	0.41	38.57%	16.68	12.75
PE1.3	PE1.4	30.0	800	75	2233.12	4.44	861.39	0.47	38.57%	13.50	9.67
PE1.4	PE1.5	16.0	800	75	1630.84	3.24	861.39	0.68	52.82%	10.40	9.05
PE1.5	AP1.6	30.0	800	75	2233.12	4.44	1229.43	0.60	55.05%	10.22	9.03
AP1.6	AP1.7	30.0	800	75	2233.12	4.44	1229.43	0.57	55.05%	7.58	8.59
AP1.7	AP1.8	30.0	800	75	2233.12	4.44	1229.43	0.42	55.05%	6.50	8.45
AP1.8	AP1.9	20.0	800	75	1823.33	3.63	1229.43	1.40	67.43%	5.71	8.34
AP1.9	AP1.10	20.0	800	75	1823.33	3.63	1229.43	1.18	67.43%	4.37	8.08

A influência do nível de maré é significativa, limitando o escoamento e reduzindo a velocidade máxima nos trechos finais, o que reflete a dependência crítica da rede em relação às condições a jusante. Estes fatores, conjugados com a nova urbanização, tornam os extravasamentos nos trechos finais do coletor expectáveis, conforme previsto.

b) Cenário B

Na figura seguinte apresentam-se os perfis hidráulicos e a respetivas linha de energia do caneiro, para o período mais crítico do evento de precipitação, em situação de pré-urbanização e em situação de pós-urbanização, até à descarga no rio Trancão.

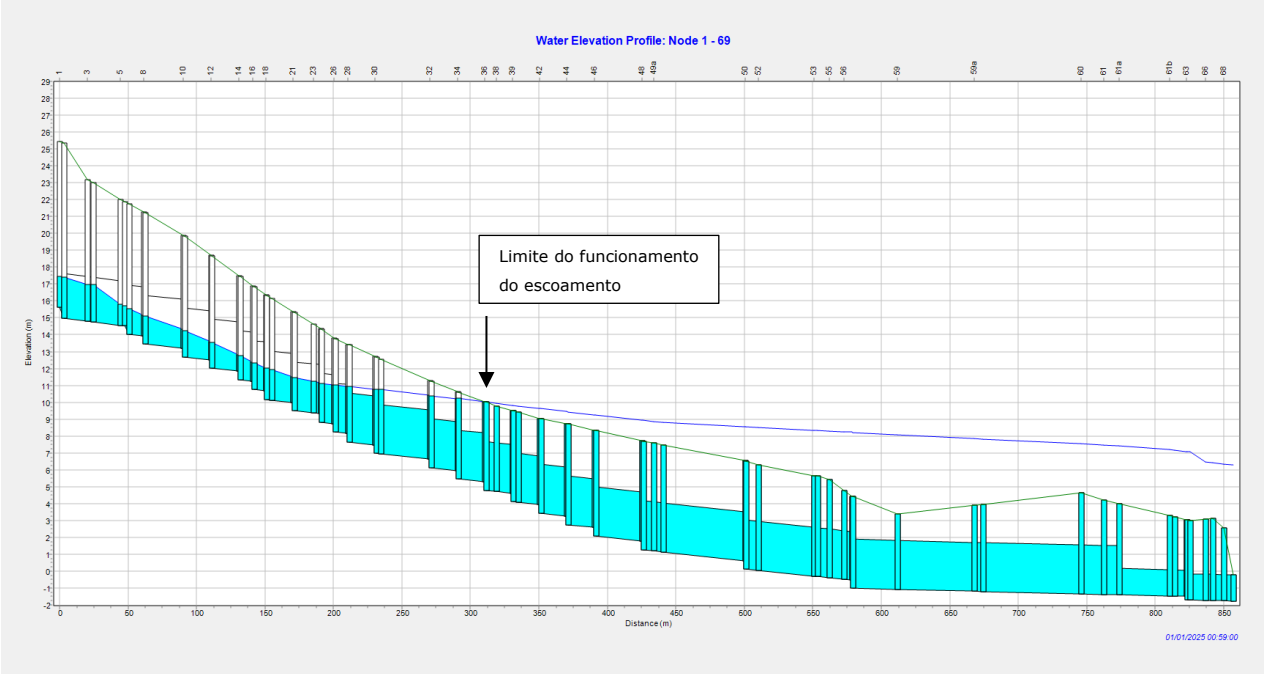


Figura 15. Perfil hidráulico e altura de água no caneiro, para o cenário B, no ponto mais desfavorável, na situação de pré-urbanização

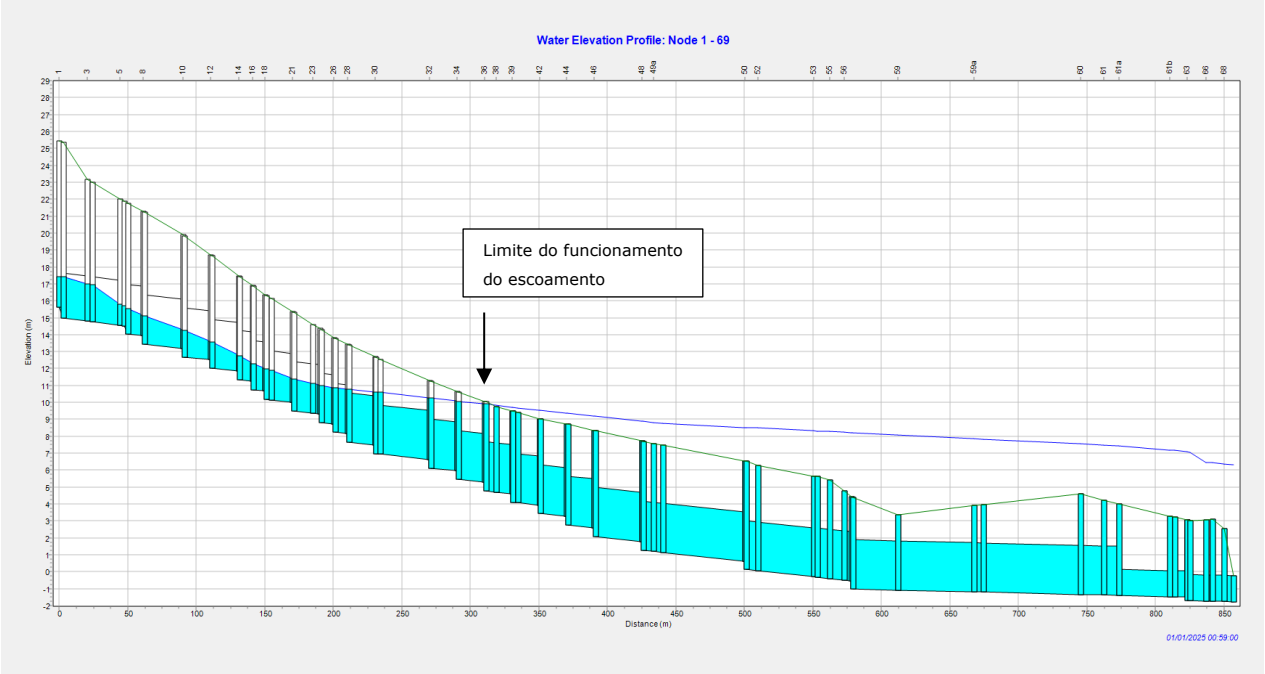


Figura 16. Perfil hidráulico e altura de água no caneiro, para o cenário B, no ponto mais desfavorável, na situação de pós-urbanização

Da análise hidráulica efetuada ao caneiro, considerando a introdução da urbanização no ponto baixo da bacia (zona baixa de Sacavém), verifica-se que a variação do nível de água ao longo do sistema é pouco significativa face ao aumento dos caudais afluentes. Em particular, no ponto de transição entre o escoamento gravítico e o escoamento sob pressão — limite já identificado no estudo do caneiro — a linha de água e a linha de energia mantêm-se muito próximas das condições anteriormente observadas, não se registando alterações relevantes no regime global de escoamento.

A reorganização do padrão de drenagem não origina qualquer agravamento das condições hidráulicas do Caneiro de Sacavém, mantendo-se os níveis de escoamento, a linha piezométrica e o regime hidráulico global dentro dos limites previamente verificados para o sistema existente.

8.9 CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE

Atendendo à possibilidade de termos escoamento sob pressão em determinados troços da rede, foram identificadas as zonas onde se impõe a adoção de soluções construtivas que assegurem a adequada estanqueidade do sistema.

Nestes troços deverá ser garantido:

- Utilização de tubagens adequadas a funcionamento sob pressão;
- Execução de juntas estanques;
- Estanquidade das caixas de visita localizados abaixo da linha piezométrica máxima simulada.

Estas medidas visam assegurar o correto desempenho hidráulico da rede em situações extremas.

9. CONCLUSÃO

A presente memória descritiva teve como objetivo avaliar o impacto hidráulico decorrente da ligação da rede de drenagem de águas pluviais da Urbanização dos Jardins de Sacavém ao sistema do Caneiro de Sacavém, infraestrutura integrada no sistema de regularização fluvial e controlo de cheias da Ribeira do Prior Velho.

Da análise efetuada, suportada em modelação hidráulica em regime não permanente através do software SWMM, considerando a influência conjugada de evento de precipitação com período de retorno de 100 anos e níveis elevados de maré no Rio Trancão, conclui-se que:

- O caudal de ponta descarregado pela Urbanização dos Jardins de Sacavém no Caneiro de Sacavém é ligeiramente superior ao considerado na situação de referência do projeto de regularização, apresentando, contudo, uma diferença mínima;
- As bacias de retenção previstas na zona alta da urbanização asseguram o cumprimento do critério de neutralidade hidrológica imposto pela Agência Portuguesa do Ambiente, mitigando o impacte no caneiro;
- A reorganização do ponto de entrega dos caudais, ainda que localizada mais a jusante face ao padrão de drenagem natural, não origina agravamento das condições hidráulicas globais do Caneiro de Sacavém.
- A cota piezométrica máxima no ponto de ligação entre o escoamento em superfície livre e escoamento sob pressão é mínima em relação ao projeto desenvolvido par ao caneiro;
- A cota piezométrica máxima no ponto de ligação do sistema de drenagem da nova urbanização ao caneiro é de 8,00 m.
- No cenário mais desfavorável, o nível máximo de água na nova rede pluvial atinge aproximadamente a cota 9,05 m, correspondendo a uma sobreelevação da linha piezométrica da ordem de 1,0 m relativamente à condição de jusante imposta.
- O funcionamento da rede pluvial é maioritariamente gravítico, em regime de superfície livre, ocorrendo funcionamento temporário em carga apenas nos troços finais imediatamente a montante da ligação ao caneiro.
- O funcionamento em carga identificado é tecnicamente admissível, desde que os troços condicionados sejam executados com características adequadas a regime sob pressão,

garantindo a estanqueidade das tubagens, juntas e órgãos acessórios situados abaixo da cota piezométrica máxima simulada.

Em síntese, a solução proposta revela-se tecnicamente viável, compatível com o sistema do Caneiro de Sacavém e adequada do ponto de vista hidráulico, mesmo no cenário mais severo considerado, desde que cumpridas as condições construtivas definidas em projeto.