

LINHA DO NORTE

PROJETO E ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA



PROJETO DE EXECUÇÃO VOLUME 10 – AMBIENTE TOMO 10.01.06 – ANEXOS TEMÁTICOS

Anexo 03 – Recursos Hídricos

LINHA DO NORTE

**PROJETO E ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO
ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA**

PROJETO DE EXECUÇÃO

VOLUME 10 – AMBIENTE

TOMO 10.01.06 – ANEXOS TEMÁTICOS

ANEXO 03 – RECURSOS HÍDRICOS

ÍNDICE

ANEXO 03. 1 ESTUDO HIDROLÓGICO

**ANEXO 03. 2 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS - ÁREAS INUNDÁVEIS SEGUNDO ESTUDO
HIDROLÓGICO DEDICADO PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS –
CARTOGRAFIA EM PLANTA**

**ANEXO 03. 3 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS - CARTOGRAFIA EM PLANTA E PERFIL
LONTITUDINAL COM INDICAÇÃO DA COTA DO NÍVEL MÁXIMO DE CHEIA**

ANEXO 03. 1 ESTUDO HIDROLÓGICO

PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA

LINHA DO NORTE – TROÇO ENTRE O PK 34+100 E PK 47+000



PROJETO DE EXECUÇÃO V01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA TOMO 1.8 – ESTUDO HIDROLÓGICO

Memória Descritiva e Justificativa

Controlo de Assinaturas

Realizado	Revisto	Aprovado Coordenador Projeto
Ana Teresa Dias / Hugo Rocha	Jorge Latas	Manuel Pera Fernandes
19-12-2024	19-12-2024	19-12-2024
Data e Assinatura	Data e Assinatura	Data e Assinatura

Não necessita de assinatura se aprovado eletronicamente

Informação Adicional	Informação do Documento	
O Gestor de Projeto Elisabete Moreira de Oliveira Pino	Código Documento PF0223.PE.01.08.00.00.MDJ.00.docx	
O Responsável Unidade	Revisão 00	Data 19-12-2024
O Responsável Departamento	Código Projetista	
O Diretor Pedro Pais	Nome do Ficheiro PF0223.PE.01.08.00.00.MDJ.00.DOCX	

Registo de Alterações

Rev	Data	Autor	Secção Afetada	Alterações
00	19-12-2024	Ana Teresa Dias / Hugo Rocha	Edição inicial	-----

**PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO
ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA**

LINHA DO NORTE – TROÇO ENTRE O PK 34+100 E PK 47+000

PROJETO DE EXECUÇÃO

ÍNDICE GERAL DO PROJETO

VOLUME 00 – GERAL

Tomo 0.1 – Caracterização Geral do Projeto

Tomo 0.2 – Cartografia e Topografia

Tomo 0.3 – PSS e CT

Tomo 0.3.1 – Plano de Segurança e Saúde

Tomo 0.3.2 – Compilação Técnica

Tomo 0.4 – PPGRCD

Tomo 0.5 – SIG

Tomo 0.6 – Interoperabilidade

Tomo 0.6.1 – ETI Infraestrutura

Tomo 0.6.1.01 – Relatório ETI-INF

Tomo 0.6.1.02 – Anexos ETI-INF

Tomo 0.6.2 – Relatório ETI Pessoas de Mobilidade Reduzida

Tomo 0.6.2.01 – Relatório ETI-PMR

Tomo 0.6.2.02 – Anexos ETI-PMR

Tomo 0.6.4 – Relatório ETI Energia

Tomo 0.6.4.01 – Relatório ETI-ENR

Tomo 0.6.4.02 – Anexos ETI-ENR

VOLUME 01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA

Tomo 1.1 – Plataforma da Via

Tomo 1.2 – Drenagem

Tomo 1.3 – Estruturas de Proteção e Estabilização da Plataforma

Tomo 1.4 – Vedações

Tomo 1.5 – Elementos de Proteção Acústica

Tomo 1.6 – Restabelecimentos, Serventias e Caminhos Paralelos

Tomo 1.6.1 – Restabelecimentos

01 – Caminho de Acesso ao Posto de Catenária do Carregado Norte (PK 37+725)

02 – Caminhos junto à Nova Passagem Pedonal em Vila Nova da Rainha
(PK 39+875)

Tomo 1.7 – Geologia e Geotecnia

Tomo 1.8 – Estudo Hidrológico

Tomo 1.9 – Muros de Suporte

VOLUME 02 – INFRAESTRUTURA DE OBRAS DE ARTE (VIA-FÉRREA)

Tomo 2.1 – Pontes

Tomo 2.1.01 – Ponte ao PK 35+368 (PH112/113)

Tomo 2.1.02 – Ponte ao PK 36+060 (PH114/115)

Tomo 2.1.03 – Ponte da Vala do Carregado (PH116 – 36+684 – VA)

Tomo 2.1.04 – Ponte da Vala do Carregado (PH116 – 36+684 – VD)

Tomo 2.1.05 – Ponte Vila Nova da Rainha

Tomo 2.1.06 – Ponte Valverde (PH134/135)

Tomo 2.1.07 – Ponte Pedonal de Vila Nova da Rainha (PK 39+875)

Tomo 2.3 – Viadutos

Tomo 2.3.01 – Viaduto de Vila Nova da Rainha (VD)

Tomo 2.4 – Passagens Hidráulicas

Tomo 2.4.01 – PH 109 (PH da Castanheira – 34+202)

Tomo 2.4.02 – PH 110 (34+517)

Tomo 2.4.03 – PH 117 (36+804)

Tomo 2.4.04 – PH/Galeria (36+847)

Tomo 2.4.05 – PH 118 (37+222)

Tomo 2.4.06 – PH 119 (PH da Regateira – 37+880)

Tomo 2.4.07 – PH 121 (PH das Faias – 37+577)

Tomo 2.4.08 – PH 123 (PH do Rouxinol – 39+346)

Tomo 2.4.09 – PH 127 (41+524)

Tomo 2.4.10 – PH 130 (42+282)

Tomo 2.4.11 – PH 130B (42+815)

Tomo 2.4.12 – PH 130A_1 (43+125)

Tomo 2.4.13 – PH 130A_2 (43+131)

Tomo 2.4.14 – PH da conduta Metálica/Galeria (43+140)

Tomo 2.4.15 – PH 131 (44+171)

Tomo 2.4.16 – PH 132 (PH da Maia – 44+750)

Tomo 2.4.17 – PH com 1,5 m de Vão

Tomo 2.4.17.1 – PH 111, 120, 126A, 128, 129 e 133

Tomo 2.4.17.2 – PH 122 (38+915)

Tomo 2.5 – Passagens Desniveladas

Tomo 2.5.02 – Passagens Superiores Rodoviárias

Tomo 2.5.2.01 – PSR ao PK 46+224 – Estruturas de Proteção

VOLUME 03 – SUPERESTRUTURA DE VIA

VOLUME 05 – SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA DE EXPLORAÇÃO

VOLUME 06 – TELECOMUNICAÇÕES

Tomo 6.1 – Sistemas e Infraestruturas de Telecomunicações

Tomo 6.2 – Sistema de Comunicações Móveis (GSM-R)

Tomo 6.2.1 – Infraestruturas Base do Sistema de Comunicações Móveis (GSM-R)

VOLUME 07 – CATENÁRIA E ENERGIA DE TRAÇÃO

Tomo 7.1 – Catenária

Tomo 7.3 – Retorno de Corrente de Tração, Terras e Proteções

VOLUME 08 – EDIFICAÇÕES

Tomo 8.1 – CRI – Estação de Castanheira do Ribatejo – PK 34+102

Tomo 8.1.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.1.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.2 – CAR – Apeadeiro do Carregado – PK 36+456

Tomo 8.2.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.2.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.2.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.2.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.2.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.2.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.3 – PCC – Posto de Catenária Carregado Norte – PK 37+725

Tomo 8.3.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.3.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.3.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.3.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.3.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.3.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.4 – VNR – Apeadeiro de Vila Nova da Rainha – PK 40+553

Tomo 8.4.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.4.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.4.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.4.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.4.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.4.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.5 – EAZ – Apeadeiro de Espadanal de Azambuja – PK 43+196

Tomo 8.5.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.5.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.5.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.5.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.5.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.5.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.6 – AZA – Estação de Azambuja – PK 46+945

Tomo 8.6.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.6.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.6.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.6.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.6.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.6.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.7 – Demolições/Desativação de Edificações

Tomo 8.7.GER – Geral

Tomo 8.7.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.7.TEL – Instalações de Telecomunicações

VOLUME 09 – EXPROPRIAÇÕES**VOLUME 10 – AMBIENTE**

Tomo 10.1 – Estudo de Impacte Ambiental

Tomo 10.1.1 – Resumo não Técnico

Tomo 10.1.2 – Relatório Síntese

Tomo 10.1.3 – Plano Geral de Monitorização Ambiental

Tomo 10.1.4 – Plano de Gestão Ambiental da Obra

Tomo 10.1.5 – Peças Desenhadas

Tomo 10.1.6 – Anexos Temáticos

Tomo 10.1.7 – Projeto de Integração Paisagística

Tomo 10.1.8 – Projeto de Proteção Sonora

Tomo 10.1.9 – Levantamento Arbóreo

VOLUME 11 – SERVIÇOS AFETADOS

Tomo 11.1 – Identificação dos Serviços Afetados

Tomo 11.2 – Reposição dos Serviços Afetados

VOLUME 12 – FASEAMENTO CONSTRUTIVO

LINHA DO NORTE – TROÇO ENTRE O PK 34+100 E PK 47+000
PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO
ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA
PROJETO DE EXECUÇÃO
V01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA
TOMO 1.8 – ESTUDO HIDROLÓGICO
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	SIGLAS E ABREVIATURAS	3
3	ENQUADRAMENTO GERAL	5
4	CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	6
5	CAUDAIS DE CHEIA	29
5.1	Metodologia	29
5.2	Estações hidrométricas	30
5.3	Postos Pluviométricos	32
5.4	Modelo precipitação - escoamento	35
5.4.1	Precipitações máximas anuais nas bacias	35
5.4.2	Curvas de possibilidade udométrica	48
5.4.3	Hietogramas de precipitação	50
5.4.4	Hidrogramas de cheia	55
5.5	Fórmulas cinemáticas	62
5.5.1	Fórmula de Giandotti	62
5.5.2	Fórmula do Soil Conservation Service	64
5.5.3	Fórmula de Mockus	66
5.5.4	Método Racional	68
5.6	Compilação dos resultados obtidos para as bacias E a G	82
6	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do troço Castanheira do Ribatejo – Azambuja.	5
Figura 2 – Localização do troço Castanheira do Ribatejo – Azambuja na Rede Ferroviária Nacional.	5
Figura 3 - Bacias hidrográficas.	8
Figura 4 - Ocupação e uso do solo das bacias hidrográficas.	12
Figura 5 - Altimetria das bacias hidrográficas.	25
Figura 6 – Estações hidrométricas.	31
Figura 7 – Postos pluviométricos.	34
Figura 8 – Polígonos de Thiessen.	46
Figura 9 - Modo de distribuição dos blocos de precipitação.	51
Figura 10 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 10 anos.	51
Figura 11 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 50 anos.	51
Figura 12 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 100 anos.	52
Figura 13 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 10 anos.	52
Figura 14 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 50 anos.	52
Figura 15 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 100 anos.	53
Figura 16 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 10 anos.	53
Figura 17 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 50 anos.	53
Figura 18 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 100 anos.	54
Figura 19 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 10 anos.	54
Figura 20 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 50 anos.	54
Figura 21 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 100 anos.	55
Figura 22 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 10 anos.	56
Figura 23 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 50 anos.	57
Figura 24 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 100 anos.	57
Figura 25 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 10 anos.	58
Figura 26 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 50 anos.	58
Figura 27 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 100 anos.	59
Figura 28 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 10 anos.	59
Figura 29 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 50 anos.	60
Figura 30 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 100 anos.	60
Figura 31 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 10 anos.	61
Figura 32 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 50 anos.	61
Figura 33 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 100 anos.	62
Figura 34 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, adaptado de CHOW et al., 1988, p. 498.	69

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Principais caraterísticas das bacias A a D	9
Quadro 2 – Principais caraterísticas das bacias E a G	9
Quadro 3 – Principais caraterísticas das bacias H a Z	9

Quadro 4 – Escolha do número de escoamento nas condições AMCII.	13
Quadro 5 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica A – rio Grande da Pipa.	13
Quadro 6 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica B – rio Alenquer.	14
Quadro 7 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica C – rio Ota.	15
Quadro 8 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica D – rio Valverde.	15
Quadro 9 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica E – ribeiro do Barrão/Vala da Regateira.	16
Quadro 10 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica F – Vala Nova.	16
Quadro 11 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica G.	16
Quadro 12 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica H - ribeiro da Castanheira.	17
Quadro 13 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica I.	17
Quadro 14 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica J - ribeiro da Corte.	18
Quadro 15 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica K.	18
Quadro 16 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica L.	18
Quadro 17 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica M.	19
Quadro 18 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica N.	19
Quadro 19 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica O.	20
Quadro 20 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica P.	20
Quadro 21 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Q - Vala do Carril.	20
Quadro 22 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica R.	21
Quadro 23 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica S.	21
Quadro 24 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica T.	21
Quadro 25 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica U.	22
Quadro 26 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica V.	22
Quadro 27 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica X.	22
Quadro 28 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Y.	23

Quadro 29 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Z.....	23
Quadro 30 – Tabela de conversão do número de escoamento CN em função das condições AMC.....	26
Quadro 31 – Valores de CN em função das condições AMC.....	27
Quadro 32 – Tempo de concentração das bacias hidrográficas.....	27
Quadro 33 – Estações hidrométricas.....	30
Quadro 34 – Postos pluviométricos.....	32
Quadro 35 – Precipitações diárias máximas anuais (mm).....	35
Quadro 36 – Precipitações máximas anuais com 24 h de duração (mm), no período de 1979/80 a 2021/22, após o preenchimento de falhas.....	38
Quadro 37 – Posto pluviométrico de Abrigada. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	39
Quadro 38 – Posto pluviométrico de Alcoentre. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	39
Quadro 39 – Posto pluviométrico de Alenquer. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	40
Quadro 40 – Posto pluviométrico de Arranhó. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	40
Quadro 41 – Posto pluviométrico de Meca. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	41
Quadro 42 – Posto pluviométrico de Merceana. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	41
Quadro 43 – Posto pluviométrico de Ota. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	42
Quadro 44 – Posto pluviométrico de Penedos de Alenquer. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	42
Quadro 45 – Posto pluviométrico de Pontével. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	43
Quadro 46 – Posto pluviométrico de Pragança. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	43
Quadro 47 – Posto pluviométrico de Sobral de Monte Agraço. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	44
Quadro 48 – Posto pluviométrico de vila Franca de Xira. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	44
Quadro 49 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.....	45
Quadro 50 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica A.....	47
Quadro 51 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica B.....	47
Quadro 52 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica C.....	47
Quadro 53 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica D.....	48
Quadro 54 – Curvas IDF do posto de São Julião do Tojal (20C/01C).....	48
Quadro 55 – Curvas PDF do posto de São Julião do Tojal (20C/01C).....	48
Quadro 56 – Relações Pd/P24 posto de São Julião do Tojal (20C/01C).....	49
Quadro 57 – Valores de CN em função do período de retorno.....	56
Quadro 58 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas A a D.....	62

Quadro 59 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica E.....	63
Quadro 60 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica F.....	64
Quadro 61 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica G.	64
Quadro 62 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula de Giandotti). ..	64
Quadro 63 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS, na secção de referência da bacia hidrográfica E.....	66
Quadro 64 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS, na secção de referência da bacia hidrográfica F.....	66
Quadro 65 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS na secção de referência da bacia hidrográfica G.	66
Quadro 66 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula do SCS).	66
Quadro 67 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica E.....	67
Quadro 68 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica F.....	67
Quadro 69 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica G.	67
Quadro 70 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula de Mockus).	68
Quadro 71 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica E – ribeiro do Barrão/Vala da Regateira.	69
Quadro 72 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica F – Vala Nova..	70
Quadro 73 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica G.	70
Quadro 74 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica H – ribeiro da Castanheira.	71
Quadro 75 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica I.....	71
Quadro 76 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica J – ribeiro da Corte.....	71
Quadro 77 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica K.	72
Quadro 78 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica L.....	72
Quadro 79 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica M.....	72
Quadro 80 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica N.	73
Quadro 81 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica O.	73
Quadro 82 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica P.	73
Quadro 83 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica Q – Vala do Carril.	73
Quadro 84 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica R.	74
Quadro 85 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica S.	74
Quadro 86 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica T.	74
Quadro 87 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica U.	75
Quadro 88 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica V.	75
Quadro 89 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica X.	75
Quadro 90 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica Y.	75
Quadro 91 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica Z.	76
Quadro 92 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica E.....	77

Quadro 93 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica F.	77
Quadro 94 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica G.	77
Quadro 95 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica H.	77
Quadro 96 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica I.	77
Quadro 97 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica J.	78
Quadro 98 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica K.	78
Quadro 99 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica L.	78
Quadro 100 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica M.	78
Quadro 101 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica N.	78
Quadro 102 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica O.	79
Quadro 103 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica P.	79
Quadro 104 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Q.	79
Quadro 105 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica R.	79
Quadro 106 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica S.	80
Quadro 107 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica T.	80
Quadro 108 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica U.	80
Quadro 109 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica V.	80
Quadro 110 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica X.	80
Quadro 111 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Y.	81
Quadro 112 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Z.	81
Quadro 113 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a Z (método racional).	81
Quadro 114 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G.	82
Quadro 115 – Caudais de ponta de cheia para todas as bacias hidrográficas.	83

DESENHOS

DRE 001 – Esboço Corográfico

DRE 002 – Bacias Hidrográficas (1/3)

DRE 002 – Bacias Hidrográficas (2/3)

DRE 003 – Bacias Hidrográficas (3/3)

1 INTRODUÇÃO

O presente documento constitui a Memória Descritiva e Justificativa apresentada pelo Consórcio TPF/PROFICO do Tomo 1.8 – Estudo Hidrológico, do Volume 01 – Infraestrutura e Plataforma de Via-Férrea do Projeto de Execução para o “Projeto e Estudo de Impacte Ambiental para quadruplicação do troço entre Castanheira do Ribatejo e Azambuja, na Linha do Norte” (processo DESCO n.º 10008159).

O projeto que agora se apresenta, dá sequência ao Estudo Prévio, e foi desenvolvido nos termos do Caderno de Encargos e de acordo com as orientações da IP – Infraestruturas de Portugal, S.A., tendo por base os elementos disponibilizados para a sua elaboração.

As soluções propostas constituem uma evolução dos estudos elaborados em fase de Estudo Prévio, instruídos pela análise cuidada dos documentos postos a concurso pela IP – Infraestruturas de Portugal, S.A., dos documentos fornecidos após a adjudicação do presente contrato nomeadamente, a cartografia 1:1000, da informação recolhida pelo Consórcio e das visitas ao local efetuadas pelos técnicos da TPF/PROFICO. Aos elementos referenciados, acresce os levantamentos topográficos realizados às escalas 1:200 e 1:500, bem como os perfis transversais de campo, elaborados para o desenvolvimento do Projeto de Execução, em função das necessidades identificadas na fase anterior de projeto.

O Estudo Hidrológico que agora se apresenta constituiria uma atualização dos estudos similares desenvolvidos no âmbito do Projeto de Modernização da Linha do Norte, entre futura estação de Vila Franca de Xira Norte e a atual estação da Azambuja, datado de 2003.

No que se refere à drenagem transversal, o projeto contemplou o dimensionamento das passagens hidráulicas sob as novas vias (vias Este), que constituirão a fronteira de jusante das novas passagens hidráulicas das linhas Oeste.

Não tendo sido possível consultar o projeto de 2003 e em particular o Estudo Hidrológico que faz parte integrante do mesmo, foi decidido elaborar um novo estudo, que será independente do anteriormente realizado, “com base nos pressupostos e metodologias adequados a este tipo de estudo e de acordo com os requisitos técnicos descritos na Nota Técnica NT_V01_INFRAESTRUTURA VIA_v03 constante no Anexo XII.”.

No entanto, do Estudo de 2003, foi possível reter os seguintes períodos de retorno adotados relativos aos níveis de cheia do Tejo necessários para o dimensionamento de:

- Nível da base do carril igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 100 anos;
- Nível do bordo da plataforma igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 20 anos.”

Assim, a presente memória descritiva e justificativa foi organizada em quatro capítulos, sendo o presente Capítulo 1 a introdução e tendo os restantes capítulos os âmbitos seguintes:

- No Capítulo 2, apresenta-se a caracterização das bacias hidrográficas que drenam para as passagens hidráulicas;

-
- No Capítulo 3, apresenta-se o cálculo dos caudais de ponta de cheia, mediante a aplicação de várias metodologias;
 - Finalmente no Capítulo 4, apresenta-se uma análise dos efeitos das alterações climáticas no cálculo dos caudais.

2 SIGLAS E ABREVIATURAS

No presente projeto foram consideradas diversas siglas e abreviaturas, cujo significado pode ser observado seguidamente:

- AMV Aparelho de Mudança de Via;
- BLS Barra Longa Soldada;
- CDTA Cabo De Terra Aéreo;
- CDTE Cabo De Terra Enterrado;
- CE Caderno de Encargos;
- CS Cabo de Suporte;
- DPF Domínio Público Ferroviário;
- EE Esquema Elétrico;
- FC Fio de Contacto;
- HG Horizonte Geotécnico;
- IET Instrução de Exploração Técnica;
- ILR Indicador Limite de Resguardo;
- IP Infraestruturas de Portugal;
- LAV Linha de Alta Velocidade;
- LEAE Ligação Equipotencial Aéreo/Enterrado;
- LN Linha do Norte;
- LTI Ligação Transversal Integral;
- NUT Nomenclatura das Unidades Territoriais;
- OA Obra de Arte;
- PH Passagem Hidráulica;
- PI Passagem Inferior;
- PK Ponto Quilométrico;
- PNI Programa Nacional de Investimentos;
- PTT Perfil Transversal Tipo;
- PS Passagem Superior;
- RCT+TP Retorno de Corrente de Tração + Terra de Proteção;
- SLA Seccionador de Lâmina de Ar;
- SET Salas de Equipamentos de Telecomunicações;
- TA Transformador de Autotransformação;

-
- TR Sistema com condutor de Retorno;
 - TVM Tabela de Velocidades Máximas;
 - VAE Via Ascendente Este;
 - VAO Via Adicional Banalizada;
 - VA-L Via Ascendente Lenta;
 - VA-R Via Ascendente Rápida;
 - VDE Via Descendente Este;
 - VD-L Via Descendente Lenta;
 - VD-R Via Descendente Rápida;
 - VUT Via Única Temporária;
 - ZC Zona Comum.

3 ENQUADRAMENTO GERAL

O troço que se prevê intervencionar, entre as estações de Castanheira do Ribatejo e da Azambuja, tem uma extensão de 12 900 m, entre o PK 34+100 e o PK 47+000 da Linha do Norte. O troço desenvolve-se na União das Freguesias da Castanheira do Ribatejo e Cachoeiras, no concelho de Vila Franca de Xira, e nas freguesias de Vila Nova da Rainha e Azambuja, no concelho da Azambuja. Em termos da divisão territorial, o projeto insere-se na NUT 1 – Portugal Continental, NUT 2 – Área Metropolitana de Lisboa e Alentejo, NUT 3 – Área Metropolitana de Lisboa e Lezíria do Tejo (NUT – Nomenclatura das Unidades Territoriais), Figura 1.

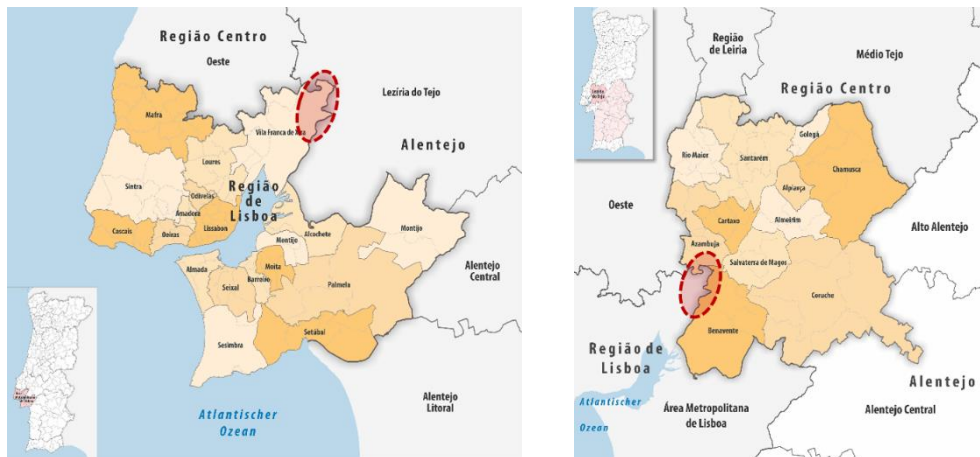


Figura 1 – Localização do troço Castanheira do Ribatejo – Azambuja.

Relativamente à Rede Ferroviária Nacional, o troço em estudo insere-se na Linha do Norte (Figura 2). O incremento do tráfego causado pela Linha de Sintra sobre a Linha do Norte (LN), o prolongamento da Linha do Sul até à Linha do Norte e pela inserção da nova Linha de Alta Velocidade (LAV) entre Porto e Carregado, será viabilizado com a finalização da quadruplicação da Linha de Cintura e com a instalação de via quádrupla (ou via tripla) no troço Alverca – Castanheira e de via quádrupla no troço Castanheira – Azambuja.

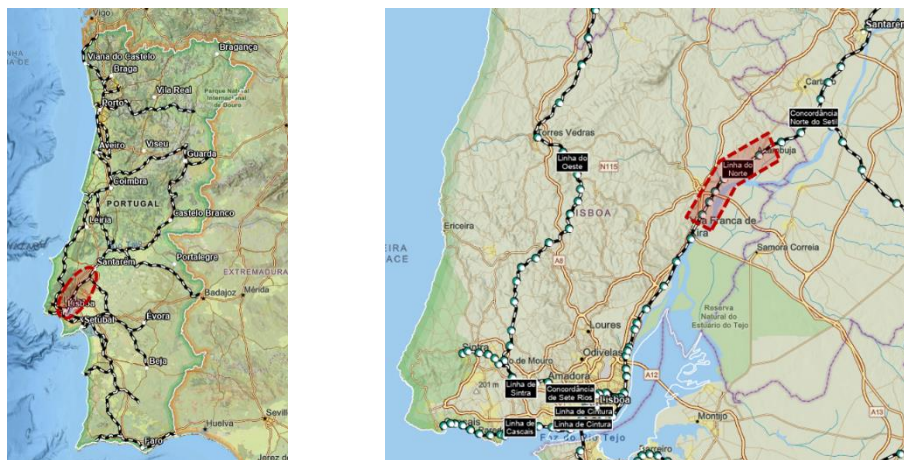


Figura 2 – Localização do troço Castanheira do Ribatejo – Azambuja na Rede Ferroviária Nacional.

4 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Ao longo do troço da via-férrea entre a Castanheira e a Azambuja, foram identificadas as seguintes bacias hidrográficas, delimitadas pelas obras de drenagem transversal existentes e listadas no Caderno de Encargos da Aquisição de Serviços, ilustradas na Figura 3 e nos Desenhos 1 a 3.

- bacia A – bacia hidrográfica do rio Grande da Pipa (Vala do Carregado) delimitada pela Ponte do Carregado (116) localizada ao km 36+684;
- bacia B – bacia hidrográfica do rio de Alenquer delimitada pela Ponte de V.N. da Rainha (125) localizada ao km 39+795;
- bacia C – bacia hidrográfica do rio da Ota delimitada pela Ponte de V.N. da Rainha (126) localizada ao km 39+795;
- bacia D – bacia hidrográfica do rio Valverde delimitada pela Ponte de Valverde (134/135) localizada ao km 46+100;
- bacia E – bacia hidrográfica do ribeiro do Barrão/Vala da Regateira delimitada pelo Pontão da Regateira - 119 localizado ao km 37+880;
- bacia F – bacia hidrográfica da Vala Nova delimitada pela Ponte de V.N. da Rainha 124 localizada ao km 39+795;
- bacia G – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 131 localizada ao km 44+171;
- bacia H – bacia hidrográfica do ribeiro da Castanheira delimitada pela obra de drenagem 109 localizada ao km 34+202;
- bacia I – bacia hidrográfica delimitada pelo Pontão das Faias (121) localizado ao km 38+577 e pela obra de drenagem 122 localizada ao km 38+906;
- bacia J – bacia hidrográfica do ribeiro da Corte delimitada pela obra de drenagem 123 localizada ao km 39+346;
- Bacia K – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 111 localizada ao km 34+713;
- Bacia L – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 127 localizada ao km 41+524;
- Bacia M – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 129 localizada ao km 42+130;
- Bacia N – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 130B localizada ao km 42+815 e pela obra de drenagem 130A localizada ao km 43+131;
- Bacia O – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 110 localizada ao km 34+517;
- Bacia P – bacia hidrográfica delimitada pelas obras de drenagem 112/113 localizadas ao km 35+368;
- Bacia Q – bacia hidrográfica da Vala do Carril delimitada pelas obras de drenagem 114/115 localizadas ao km 36+060;
- Bacia R – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 117 localizada ao km 36+804;
- Bacia S – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 118 localizada ao km 37+222;
- Bacia T – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 120 localizada ao km 38+235;

-
- Bacia U – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 126A localizada ao km 40+250;
 - Bacia V – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 128 localizada ao km 42+030;
 - Bacia X – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 130 localizada ao km 42+282;
 - Bacia Y – bacia hidrográfica delimitada pelo Pontão da Maia (132) localizada ao km 44+750;
 - Bacia Z – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 133 localizada ao km 45+420.

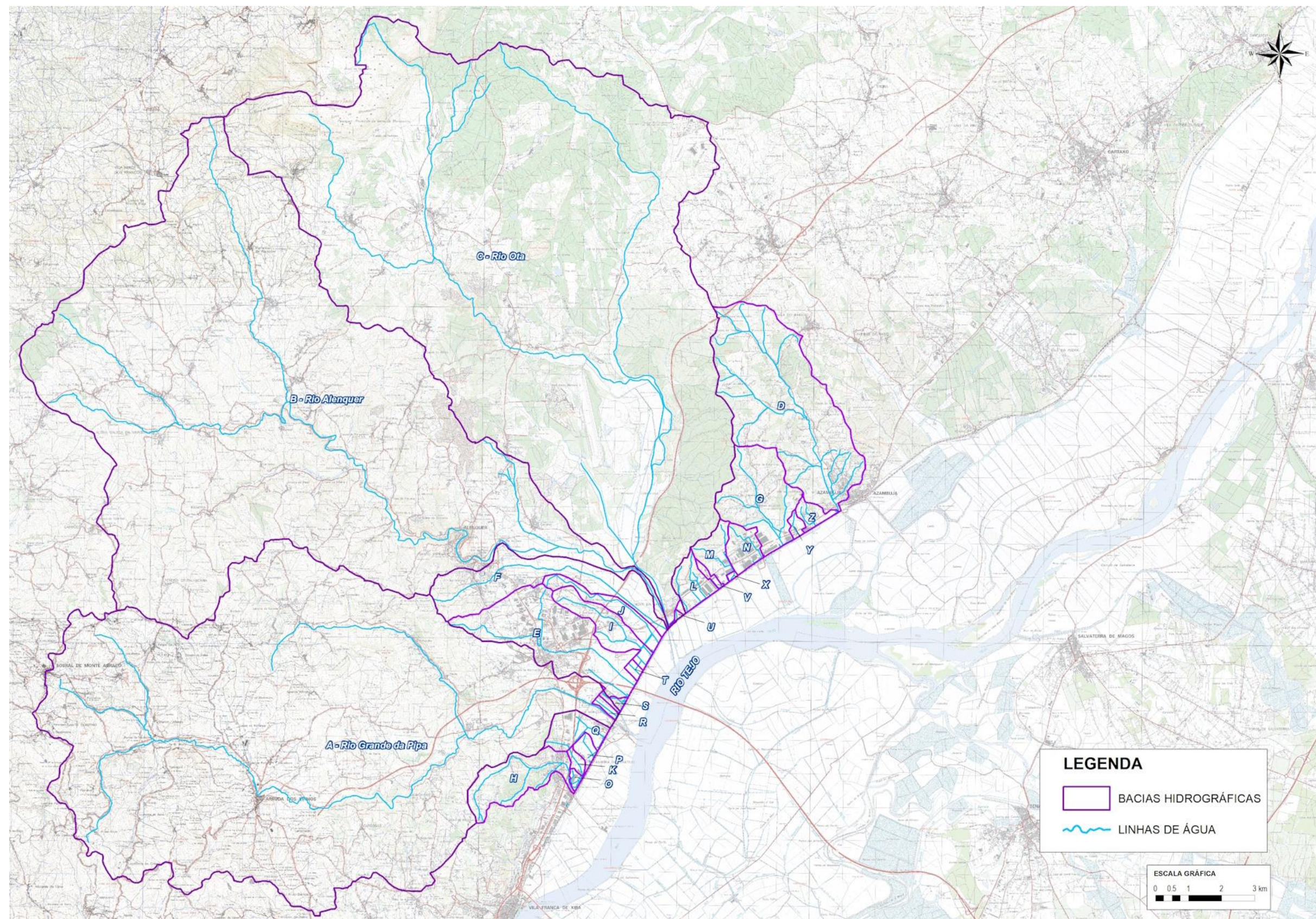


Figura 3 - Bacias hidrográficas.

Dada a grande dimensão, as bacias A a G foram alvo de uma caracterização extensa e mais detalhada, conforme seguidamente apresentado. Para as restantes bacias, de menor área, foram apenas determinadas as respetivas áreas de bacia hidrográfica, o comprimento e o declive médio da linha de água principal.

Quadro 1 – Principais caraterísticas das bacias A a D

Características fisiográficas	Bacia A	Bacia B	Bacia C	Bacia D
Área (km²)	117,44	128,68	146,01	16,09
Comprimento da linha de água principal (km)	23,59	29,55	26,71	7,49
Altitude mínima (-)	1,00	1,00	1,00	3,00
Altitude máxima (-)	450,00	360,00	666,00	114,00
Altitude média (-)	170,26	137,26	94,81	61,15
Altura média (m)	169,26	136,26	93,81	58,15
Declive médio da linha de água principal (-)	0,0106	0,0118	0,0206	0,0101
Declive entre 10 e 85% do comprimento da linha de água (m/km)	7,51	4,31	6,37	7,73

Quadro 2 – Principais caraterísticas das bacias E a G

Características fisiográficas	Bacia E	Bacia F	Bacia G
Área (km²)	8,03	6,93	5,32
Comprimento da linha de água principal (km)	6,79	8,16	3,58
Altitude mínima (-)	2,50	2,00	3,00
Altitude máxima (-)	198,00	241,00	110,00
Altitude média (-)	24,97	45,23	51,12
Altura média (m)	22,47	43,23	48,12
Declive médio da linha de água principal (-)	0,0261	0,0255	0,0271
Declive entre 10 e 85% do comprimento da linha de água (m/km)	10,98	7,73	18,46

Quadro 3 – Principais caraterísticas das bacias H a Z

Bacia	Características fisiográficas				
	Área (km²)	Linha de água principal			
		Comprimento (km)	Cota máxima (-)	Cota mínima (-)	Declive médio (-)
H	3,49	5,29	195,00	1,50	0,0366
I	2,29	3,88	25,00	1,50	0,0061
J	1,66	4,57	33,00	1,50	0,0069
K	0,27	0,85	8,00	1,63	0,0075
L	1,41	2,38	90,00	5,00	0,0357
M	1,31	2,22	92,00	2,50	0,0403
N	1,18	1,66	75,00	2,40	0,0437
O	0,17	0,74	5,00	1,63	0,0045
P	0,43	0,86	3,00	1,50	0,0017
Q	1,54	2,15	120,00	2,00	0,0590
R	0,21	0,85	5,00	3,00	0,0024

Bacia	Características fisiográficas				
	Área (km²)	Linha de água principal			
		Comprimento (km)	Cota máxima (-)	Cota mínima (-)	Declive médio (-)
S	0,23	0,79	5,00	4,00	0,0013
T	0,18	0,49	2,00	1,10	0,0018
U	0,06	0,30	12,00	3,00	0,0297
V	0,19	0,57	4,00	1,18	0,0049
X	0,06	0,30	5,00	1,50	0,0117
Y	0,27	0,79	40,00	1,72	0,0483
Z	0,62	0,96	50,00	1,50	0,0503

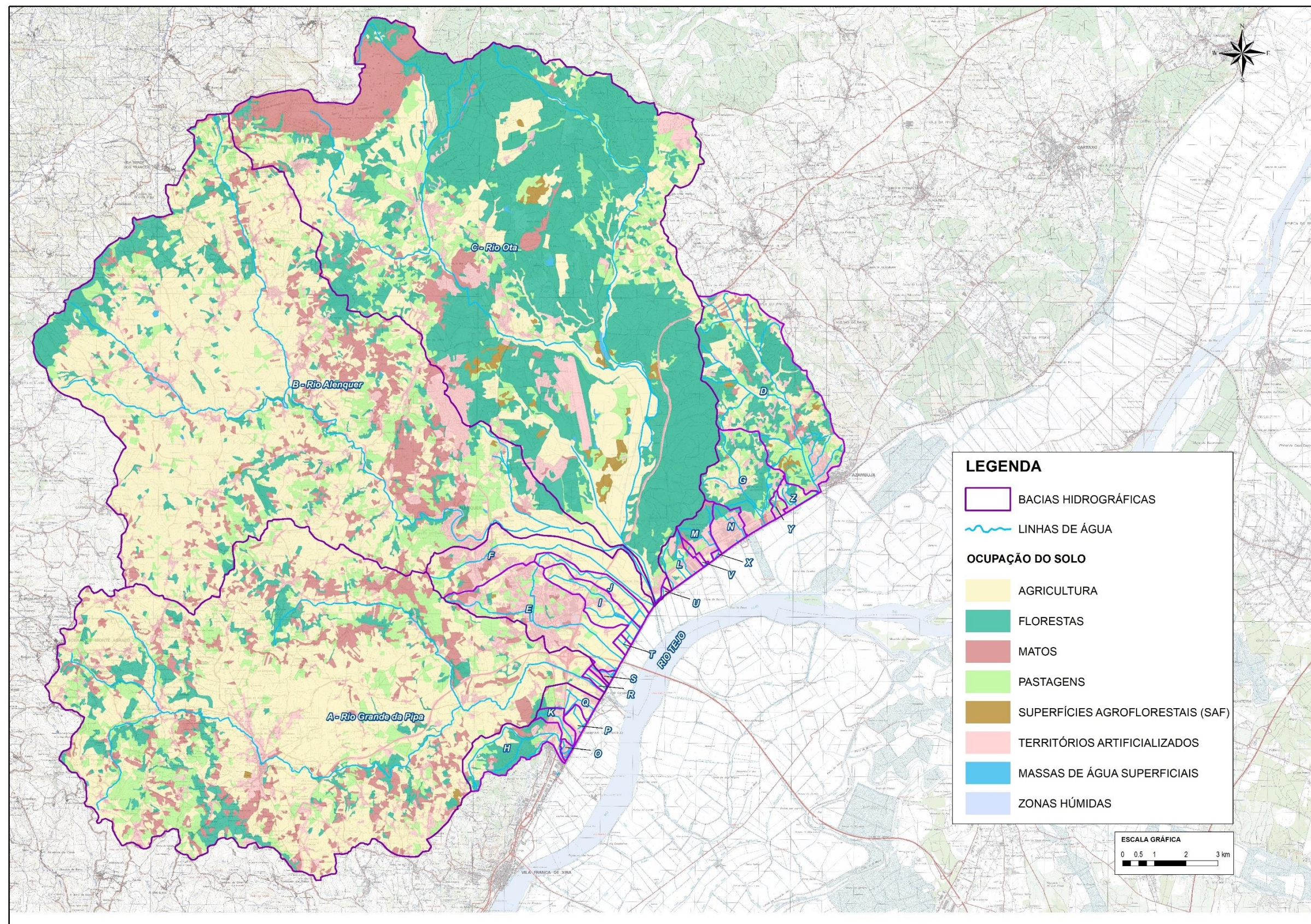
Todas as bacias hidrográficas foram, ainda, caracterizadas pelo número de escoamento, CN, que depende das características de permeabilidade do solo, assim como da sua utilização e do coberto vegetal.

Segundo o S.C.S. são quatro os tipos de solo:

- Grupo A: Areias profundas, loesse profundo e siltes agregados. Solos dando origem a baixo escoamento superficial potencial e elevada infiltração, mesmo quando totalmente encharcados.
- Grupo B: Loesse pouco profundo ou terreno arenoso. Solos que apresentam taxas de infiltração moderadas quando totalmente encharcados.
- Grupo C: Terreno argiloso, terreno arenoso pouco profundo, solos com alguma matéria orgânica e solos com elevada percentagem argilosa. Solos com baixas taxas de infiltração quando totalmente encharcados consistindo principalmente em solos em que existem camadas que impedem o movimento descendente da água e em solos com textura moderadamente fina a fina.
- Grupo D: Solos expansivos quando húmidos, argilas muito plásticas e alguns solos salinizados. Solos com elevado escoamento superficial potencial. Apresentam, quando totalmente encharcados, taxas de infiltração muito reduzidas e são fundamentalmente constituídos por solos argilosos, solos em zonas em que o nível freático é constantemente elevado, solos em que, à superfície ou próximo desta, ocorrem camadas argilosas ou ainda solos em que, à superfície ou próximo desta, ocorrem camadas argilosas ou ainda a solos finos sobre camadas impermeáveis.

A análise da “Carta dos Solos de Portugal Continental Classificados pelas suas Características Hidrológicas”, publicada na fig. 11.19 de Lições de Hidrologia de A. Lencastre e F. M. Franco (1992), permitiu concluir que, em todas as bacias em estudo só existem solos do tipo B e D.

No que respeita à ocupação dos solos, a análise da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) para 2018 da Direção-Geral do Território (DGT) e as visitas realizadas ao local permitiram identificar os tipos de ocupação ilustrados na figura seguinte.



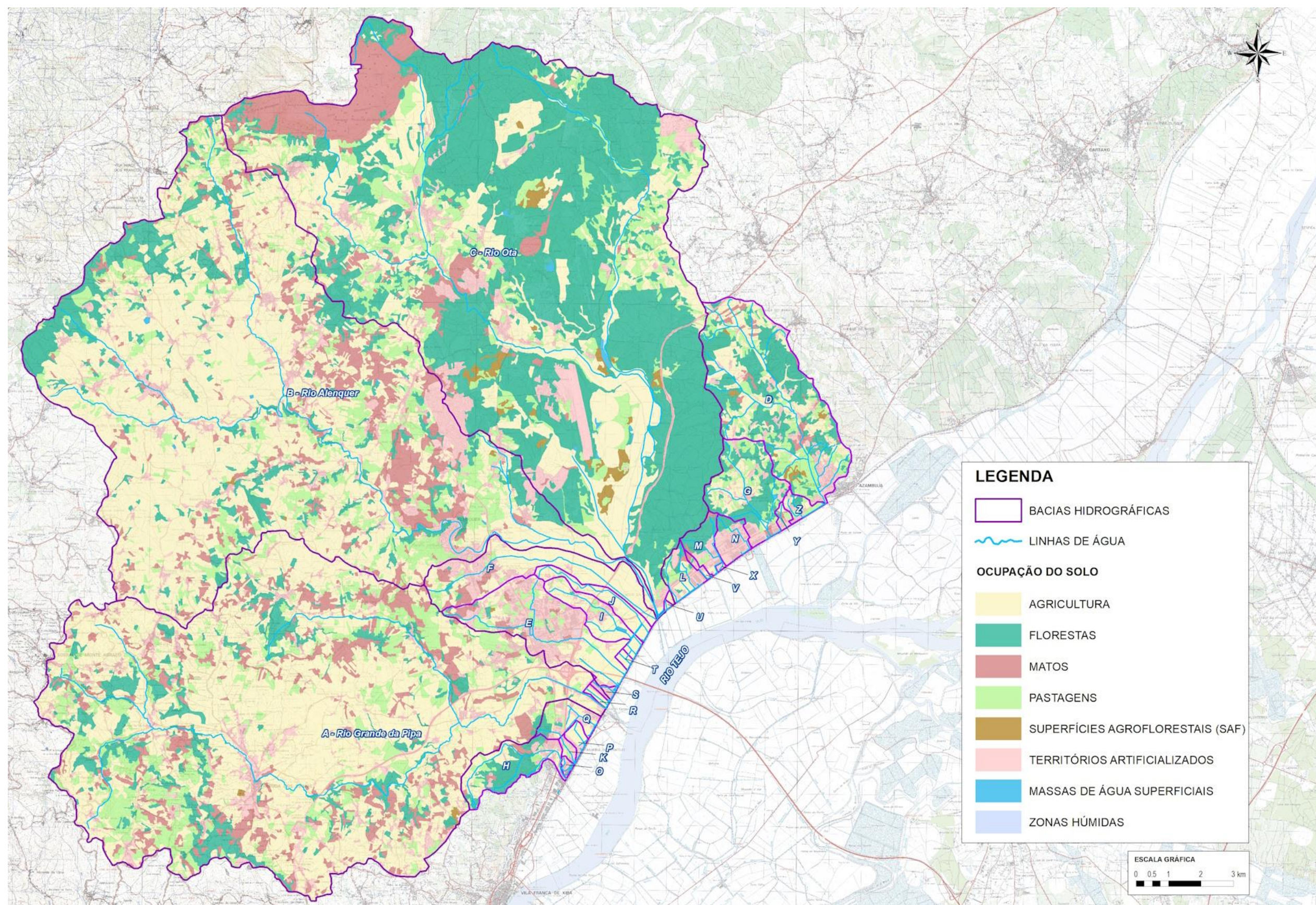


Figura 4 - Ocupação e uso do solo das bacias hidrográficas.

O número de escoamento foi determinado para as condições AMCII, correspondente a condições médias de humidade do solo no início de uma precipitação intensa, por ponderação de áreas ocupadas por cada tipo de solo, conforme apresentado nos quadros seguintes.

Quadro 4 – Escolha do número de escoamento nas condições AMCII.

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land ¹ : without conservation treatment	72	81	88	91
with conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land: poor condition	68	79	86	89
good condition	39	61	74	80
Meadow: good condition	30	58	71	78
Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
good cover ²	25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential ³ :				
Average lot size Average % impervious ⁴				
1/8 acre or less 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. ⁵	98	98	98	98
Streets and roads:				
paved with curbs and storm sewers ⁵	98	98	98	98
gravel	76	85	89	91
dirt	72	82	87	89

Quadro 5 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica A – rio Grande da Pipa.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	4,54	50,40	71	81
Espaços abertos	0,52	5,81	61	80
Florestas pouco densas	3,23	15,27	66	83
Florestas densas	0,91	11,06	55	77
Planos de água	0,06	0,01	100	100

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Pastagens boas	2,28	14,35	61	80
Áreas comerciais	-	0,02	92	95
Áreas residenciais	0,93	5,49	85	92
Lotes de parques, telhados, passeios	0,01	0,02	98	98
Pastagens pobres	0,09	0,03	79	89
Rua, estradas pavimentadas	0,17	0,89	98	98
Ruas, estradas em terra batida	0,04	0,33	82	89
Ruas, estradas empedradas	-	0,07	85	91
Zonas industriais	0,37	0,55	88	93
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 69	CN _D = 82
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	13,14	104,30	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			81	

Quadro 6 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica B – rio Alenquer.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	41,81	21,97	71	81
Espaços abertos (agricultura)	0,04	≈ 0,00	61	80
Florestas pouco densas	12,42	2,82	66	83
Florestas densas	13,94	2,26	55	77
Planos de água	0,44	0,01	100	100
Pastagens boas	12,36	2,86	61	80
Áreas comerciais	0,07	0,01	92	95
Áreas residenciais	5,99	1,33	85	92
Espaços abertos	5,96	1,31	85	92
Lotes de parques, telhados, passeios	0,06	≈ 0,00	98	98
Prados em boas condições	0,03	≈ 0,00	58	78
Pastagens pobres	0,13	0,02	79	89
Rua, estradas pavimentadas	0,10	0,00	98	98
Ruas, estradas em terra batida	0,26	0,12	82	89
Ruas, estradas empedradas	1,84	0,00	85	91
Zonas industriais	0,45	0,07	88	93
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 69	CN _D = 82
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	95,90	32,78	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			72	

Quadro 7 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica C – rio Ota.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	28,40	-	71	-
Espaços abertos (agricultura)	2,18	-	61	-
Florestas pouco densas	16,02	-	66	-
Florestas densas	73,66	-	55	-
Planos de água	0,48	-	100	-
Pastagens boas	15,61	-	61	-
Áreas comerciais	0,03	-	92	-
Áreas residenciais	2,65	-	85	-
Espaços abertos (artificializados)	0,35	-	85	-
Estradas ou ruas pavimentadas	2,25	-	98	-
Lotes de parques, telhados, passeios	0,01	--	98	--
Pastagens pobres	0,12	-	79	-
Ruas, estradas em terra batida	0,77	-	82	-
Ruas, estradas empedradas	2,24	-	85	-
Terras lavradas não cultivadas	≈ 0,00	-	81	-
Zonas industriais	1,12	-	88	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 62	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	146,01	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			62	

Quadro 8 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica D – rio Valverde.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	4,55	-	71	-
Florestas densas	5,96	-	55	-
Florestas pouco densas	1,02	-	66	-
Pastagens boas	2,92	-	61	-
Áreas residenciais	1,50	-	85	-
Áreas comerciais	0,01	-	92	-
Ruas, estradas pavimentadas	0,07	-	98	-
Zonas industriais	0,06	-	71	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 64	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	16,09	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			64	

Quadro 9 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica E – ribeiro do Barrão/Vala da Regateira.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,88	1,50	71	81
Florestas densas	0,10	-	55	77
Florestas pouco densas	0,52	-	66	83
Pastagens boas	0,96	0,11	61	80
Áreas residenciais	3,22	0,27	85	92
Ruas, estradas pavimentadas	0,27	0,19	98	89
Planos de água	0,01	-	100	100
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 78	CN _D = 83
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	5,96	2,07	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			79	

Quadro 10 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica F – Vala Nova.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	2,63	1,81	71	81
Florestas densas	0,09	≈ 0,00	55	77
Planos de água	≈ 0,00	0,01	100	100
Florestas pouco densas	0,66	0,00	66	83
Pastagens boas	0,28	0,08	61	80
Áreas residenciais	0,60	0,10	85	92
Ruas, estradas pavimentadas	0,04	0,32	98	89
Zonas industriais	0,23	0,04	88	93
Áreas comerciais	0,01	0,02	92	95
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 72	CN _D = 83
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	4,55	2,38	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			76	

Quadro 11 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica G.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	1,24	-	71	-
Florestas densas	2,05	-	55	-
Florestas pouco densas	0,09	-	66	-

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Pastagens boas	1,18	-	61	-
Áreas residenciais	0,47	-	85	-
Zonas industriais	0,24	-	88	-
Ruas, estradas pavimentadas	0,01	-	98	-
Planos de água	0,03	-	100	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 65	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	5,32	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			65	

Quadro 12 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica H - ribeiro da Castanheira.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,87	-	71	-
Florestas densas	1,38	-	55	-
Florestas pouco densas	0,22	-	66	-
Pastagens boas	0,37	-	61	-
Áreas residenciais	0,59	-	85	-
Ruas, estradas pavimentadas	0,06	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 66	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	3,49	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			66	

Quadro 13 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica I.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas comerciais	0,02	0,03	92	95
Áreas cultivadas	0,59	1,05	71	81
Áreas industriais	0,02	0,04	88	93
Áreas residenciais	0,10	0,18	85	92
Florestas densas	≈ 0,00	0,01	55	77
Pastagens boas	0,05	0,10	61	80
Planos de água	0,01	0,02	100	100
Ruas, estradas pavimentadas	0,03	0,05	98	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 74	CN _D = 83
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,83	1,46	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			80	

Quadro 14 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica J - ribeiro da Corte.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,58	0,87	92	95
Áreas residenciais	0,03	0,04	71	81
Pastagens boas	0,02	0,03	88	93
Ruas, estradas pavimentadas	0,04	0,06	85	92
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 73	CN _D = 82
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	0,66	1,00	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			78	

Quadro 15 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica K.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas comerciais	-	0,03	-	95
Áreas cultivadas	-	0,02	-	81
Áreas industriais	-	0,08	-	93
Áreas residenciais	-	0,02	-	92
Pastagens boas	-	0,09	-	80
Ruas, estradas pavimentadas	-	0,03	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 88
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	-	0,27	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			88	

Quadro 16 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica L.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,37	-	71	-
Áreas industriais	0,37	-	88	-
Áreas residenciais	0,03	-	85	-
Florestas densas	0,22	-	55	-
Florestas pouco densas	0,04	-	66	-
Pastagens boas	0,25	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	0,13	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 74	-

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	1,41	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			74	

Quadro 17 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica M.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,05	-	71	-
Áreas industriais	0,40	-	88	-
Áreas residenciais	0,01	-	85	-
Florestas densas	0,71	-	55	-
Florestas pouco densas	0,07	-	66	-
Pastagens boas	0,08	-	61	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 67	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	1,31	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			67	

Quadro 18 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica N.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	≈ 0,00	-	71	-
Áreas industriais	0,95	-	88	-
Florestas densas	0,20	-	55	-
Florestas pouco densas	≈ 0,00	-	66	-
Pastagens boas	0,03	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 82	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	1,18	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			82	

Quadro 19 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica O.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas comerciais	-	0,03	-	95
Áreas cultivadas	-	0,01	-	81
Áreas industriais	-	0,07	-	93
Florestas pouco densas	-	0,05	-	83
Ruas, estradas pavimentadas	-	0,02	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 89
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,17	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			89	

Quadro 20 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica P.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	0,29	-	81
Áreas industriais	-	0,13	-	93
Ruas, estradas pavimentadas	-	0,01	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 85
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,43	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			85	

Quadro 21 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Q - Vala do Carril.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	0,55	-	81
Áreas industriais	-	0,33	-	93
Áreas residenciais	-	0,03	-	92
Florestas densas	-	0,42	-	77
Ruas, estradas pavimentadas	-	0,20	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 84
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	1,54	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			84	

Quadro 22 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica R.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	0,17	-	81
Áreas industriais	-	0,04	-	93
Planos de água	-	≈ 0,00	-	100
Ruas, estradas pavimentadas	-	≈ 0,00	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 83
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,21	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			83	

Quadro 23 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica S.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	≈ 0,00	-	81
Áreas industriais	-	0,23	-	93
Áreas residenciais	-	≈ 0,00	-	92
Ruas, estradas pavimentadas	-	≈ 0,00	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 93
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,23	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			93	

Quadro 24 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica T.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	0,18	-	81
Ruas, estradas pavimentadas	-	≈ 0,00	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 81
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,18	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			81	

Quadro 25 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica U.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,04	-	71	-
Áreas residenciais	0,01	-	85	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 75	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,06	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B × A _B + CN _D × A _D)/(A _B + A _D)			75	

Quadro 26 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica V.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,04	-	71	-
Áreas industriais	0,08	-	88	-
Áreas residenciais	0,01	-	85	-
Florestas densas	0,02	-	55	-
Florestas pouco densas	0,04	-	66	-
Pastagens boas	0,01	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 75	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,19	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B × A _B + CN _D × A _D)/(A _B + A _D)			75	

Quadro 27 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica X.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas industriais	0,06	-	88	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 88	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,06	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B × A _B + CN _D × A _D)/(A _B + A _D)			88	

Quadro 28 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Y.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A_B	Solo tipo D A_D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,04	-	71	-
Áreas industriais	0,11	-	88	-
Áreas residenciais	0,01	-	85	-
Florestas densas	0,01	-	55	-
Florestas pouco densas	0,04	-	66	-
Pastagens boas	0,06	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	$CN_B = 75$	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,27	-	-	-
CN bacia hidrográfica = $(CN_B \times A_B + CN_D \times A_D) / (A_B + A_D)$			75	

Quadro 29 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Z.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A_B	Solo tipo D A_D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,11	-	71	-
Áreas industriais	0,08	-	88	-
Áreas residenciais	0,12	-	85	-
Florestas densas	0,10	-	55	-
Florestas pouco densas	0,01	-	66	-
Pastagens boas	0,20	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	$CN_B = 70$	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,62	-	-	-
CN bacia hidrográfica = $(CN_B \times A_B + CN_D \times A_D) / (A_B + A_D)$			70	

Para calcular os tempos de concentração, t_c , das bacias A a G utilizaram-se as fórmulas de NERC, de Temez, de Kirpich e do SCS a seguir explicitadas.

Para as restantes bacias hidrográficas, bacias H a Z, com áreas inferiores a 5 km², os tempos de concentração, t_c , foram obtidos apenas por aplicação das fórmulas de Temez, de Kirpich e de SCS.

Fórmula de NERC:

$$t_c = 2.8 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I_{10;85}}} \right)^{0.47}$$

em que:

t_c - é o tempo de concentração (h);

L - comprimento da linha de água principal (km);

$i_{10;85}$ - declive médio da linha de água entre 10% e 85% de L (m/km);

Fórmula de Temez:

$$t_c = 0,3 \times \left(\frac{L}{d_m^{0,25}} \right)^{0,76}$$

em que:

t_c - é o tempo de concentração (h);

L - comprimento da linha de água principal (km);

d_m - declive médio da linha de água (-);

Fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0,0663 L^{0,77} d_m^{-0,385}$$

em que:

t_c - tempo de concentração (h);

d_m - declive médio da linha de água (-);

L - comprimento da linha de água principal (km);

Fórmula do SCS:

$$t_c = \left(\frac{100 L^{0,8} (1000/CN-0,9)^{0,7}}{1900 \sqrt{d_m}} \right)$$

em que:

t_c - tempo de concentração (h);

d_m - declive médio da linha de água (-);

L - comprimento da linha de água principal (km);

CN – número de escoamento.

A figura seguinte ilustra a variação altimétrica das bacias hidrográficas em estudo.

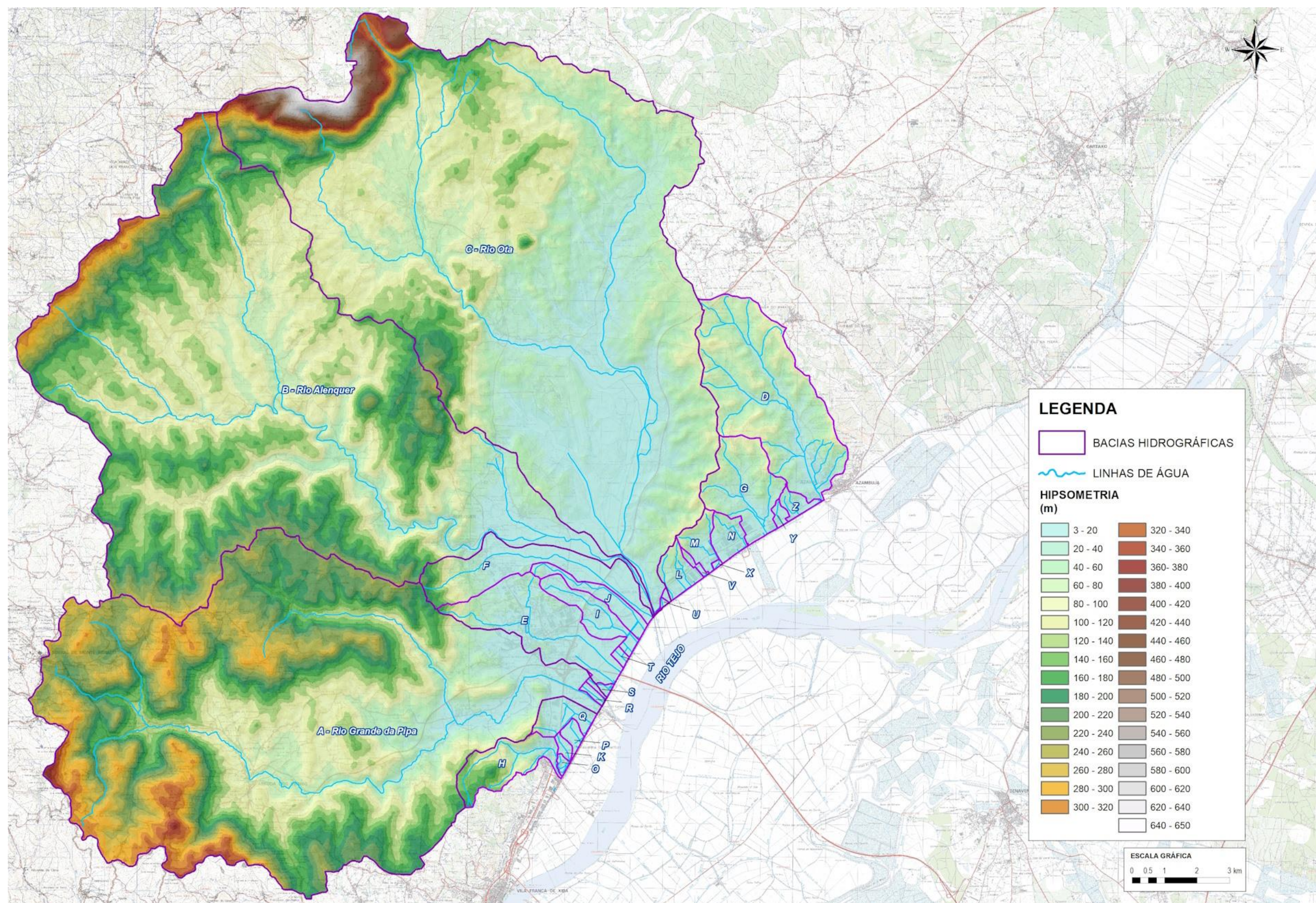


Figura 5 - Altimetria das bacias hidrográficas.

Como já referido, os números de escoamento das bacias hidrográficas indicados nos Quadro 5 a Quadro 29 foram determinados para as condições AMCI, correspondente a condições médias de humidade do solo no início de uma precipitação intensa.

No entanto, para a determinação do tempo de concentração considera-se que o solo se encontra saturado no início da precipitação intensa (AMCIII), o que origina um aumento nos números de escoamento, de acordo com a tabela de conversão seguinte.

Quadro 30 – Tabela de conversão do número de escoamento CN em função das condições AMC.

AMC			AMC			AMC		
II	I	III	II	I	III	II	I	III
100	100	100	74	55	88	48	29	68
99	97	100	73	54	87	47	28	67
98	94	99	72	53	86	46	27	66
97	91	99	71	52	86	45	26	65
96	89	99	70	51	85	44	25	64
95	87	98	69	50	84	43	25	63
94	85	98	68	48	84	42	24	62
93	83	98	67	47	83	41	23	61
92	81	97	66	46	82	40	22	60
91	80	97	65	45	82	39	21	59
90	78	96	64	44	81	38	21	58
89	76	96	63	43	80	37	20	57
88	75	95	62	42	79	36	19	56
87	73	95	61	41	78	35	18	55
86	72	94	60	40	78	34	18	54
85	70	94	59	39	77	33	17	53
84	68	93	58	38	76	32	16	52
83	67	93	57	37	75	31	16	51
82	66	92	56	36	75	30	15	50
81	64	92	55	35	74	25	12	43
80	63	91	54	34	73	20	9	37
79	62	91	53	33	72	15	6	30
78	60	90	52	32	71	10	4	22
77	59	89	51	31	70	5	2	13
76	58	89	50	31	70	0	0	0
75	57	88	49	30	69			

No quadro seguinte resumem-se os números de escoamento CN determinados para cada uma das bacias hidrográficas em função das condições AMC.

Quadro 31 – Valores de CN em função das condições AMC.

Bacia Hidrográfica	Números de escoamento		
	AMCII	AMCIII	AMCI
A	81	92	64
B	72	86	53
C	62	79	42
D	64	81	44
E	79	91	62
F	76	89	58
G	65	82	45
H	66	82	46
I	80	91	63
J	78	90	60
K	87	95	73
L	74	88	55
M	67	83	47
N	82	92	66
O	89	96	76
P	85	94	70
Q	84	93	68
R	83	93	67
S	93	98	83
T	81	92	64
U	75	88	57
V	75	88	57
X	88	95	75
Y	75	88	57
Z	70	85	51

No quadro seguinte apresentam-se os valores do tempo de concentração obtidos pelas diferentes fórmulas aplicadas, assim como o valor médio e o valor adotado.

Quadro 32 – Tempo de concentração das bacias hidrográficas.

Bacia	Tempo de concentração, Tc (h)					
	NERC	Temez	Kirpich	SCS	Média	Adotado
A	7,70	7,86	4,35	10,76	7,67	7,60
B	9,75	9,14	4,91	15,49	9,83	9,80
C	8,49	7,62	3,45	13,63	8,30	8,30
D	4,46	3,32	1,58	6,61	3,99	4,00
E	3,92	2,57	1,14	2,64	2,57	2,50
F	4,64	2,97	1,30	3,36	3,07	3,00
G	2,57	1,57	0,68	2,17	1,75	1,70
H	-	1,99	0,85	2,55	1,80	1,80
I	-	2,22	1,35	3,49	2,35	2,30
J	-	2,45	1,45	3,90	2,60	2,60

Bacia	Tempo de concentração, Tc (h)					
	NERC	Temez	Kirpich	SCS	Média	Adotado
K	-	0,67	0,38	0,78	0,61	0,60
L	-	1,09	0,47	1,10	0,89	0,90
M	-	1,01	0,42	1,17	0,87	0,80
N	-	0,80	0,33	0,63	0,59	0,60
O	-	0,67	0,42	0,85	0,65	0,60
P	-	0,90	0,68	1,73	1,10	1,10
Q	-	0,93	0,37	0,66	0,65	0,70
R	-	0,83	0,60	1,51	0,98	1,00
S	-	0,89	0,72	1,49	1,03	1,00
T	-	0,58	0,43	1,18	0,73	0,70
U	-	0,23	0,10	0,23	0,19	0,20
V	-	0,54	0,33	0,95	0,61	0,60
X	-	0,28	0,15	0,27	0,23	0,20
Y	-	0,45	0,18	0,39	0,34	0,30
Z	-	0,51	0,20	0,50	0,41	0,40

5 CAUDAIS DE CHEIA

5.1 Metodologia

Com o objetivo de dimensionar os órgãos de drenagem transversal, determinaram-se caudais de ponta de cheia nas secções de montante daquelas obras, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.

De acordo com a Nota Técnica NT_V01_INFRAESTRUTURA VIA_v03 aplicaram-se as seguintes metodologias de cálculo:

- para as bacias hidrográficas com área superior a 10 km², bacias A a D, os caudais de ponta de cheia foram obtidos mediante a determinação do hidrograma de cheia baseado no método do hidrograma unitário do Soil Conservation Service, com recurso ao modelo precipitação-escoamento HEC-HMS;
- para as bacias com área inferior ou igual a 10 km², mas superior a 5 km², bacias E a G, os caudais de ponta de cheia foram determinados mediante a aplicação do método Racional e de outras fórmulas cinemáticas com a de Giandotti, do Soil Conservation Service e de Mockus por serem as mais usadas em Portugal;
- para as restantes bacias, com área inferior ou igual a 5 km², bacias H a Z, os caudais de ponta de cheia foram obtidos apenas por aplicação do método racional.

Adicionalmente identificaram-se também estações hidrométricas com o objetivo de determinar os caudais de ponta de cheia através da análise estatística de caudais instantâneos máximos anuais registados.

Para a aplicação do modelo precipitação-escoamento procedeu-se do seguinte modo:

- identificaram-se os postos pluviométricos localizados no interior das bacias hidrográficas em estudo ou próximo delas, com 30 anos ou mais de registos de precipitação diária máxima anual;
- transformaram-se as precipitações diárias em precipitações em 24h e efetuou-se a análise estatística destas últimas;
- com estes valores traçaram-se polígonos de Thiessen, com o objetivo de determinar a precipitação em 24h máxima anual ponderada para cada bacia;
- determinaram-se os hietogramas de precipitação, com duração de 24h e período de retorno de 10, 50 e 100 anos, mediante a desagregação da precipitação em 24h, através de curvas IDF;
- mediante a aplicação do modelo *HEC-HMS - Hydrologic Modeling System*, da autoria do *Hydrologic Engineering Center, U. S. Army Corps of Engineer*, obtiveram-se hidrogramas de cheias, cujo caudal de ponta será utilizado para dimensionamento da drenagem transversal.

5.2 Estações hidrométricas

Para a determinação de caudais de ponta de cheia a partir da análise estatística de caudais instantâneos máximos anuais, procurou-se obter séries destes caudais, disponíveis no SNIRH e com um mínimo de 30 anos hidrológicos mais recentes, dado que se pretende usar estas séries num período que seja, simultaneamente, estatisticamente significativo e representativo das condições climáticas atuais.

Nas bacias hidrográficas em estudo ou na sua vizinhança foram identificadas as estações hidrométricas, EH, listadas no quadro seguinte e representadas na figura abaixo, todas elas localizadas na bacia hidrográfica do rio Tejo.

Quadro 33 – Estações hidrométricas.

Estação hidrométrica (código)	Localização		Altitude	Linha de água	Área drenada (km²)	Cota zero da escala	Tipo de escala automática	Tipo de escala convencional	Período de observação (anos hidrológicos)
	Latitude (°N)	Longitude (°W)							
Penedos de Alenquer (19C/01H)	39.134	-9.084	123	Rio Alenquer	5.78	-	-	Limnigráfica com descarregador	1980/81 a 1983/84, 1985/86 a 1989/90
Ponte Alenquer (19C/03H)	39.050	-9.004	53	Rio Alenquer	117.89	16.09 (07/08/1980-)	-	Limnigráfica com descarregador	1981/82 a 1982/83 (1985/86 a 1989/90) ¹
Ponte Barnabé (19C/02H)	39.056	-9.013	42	Rio Alenquer	112.83	24.76 (07/08/1980-)	Sensor de nível	Limnigráfica	1979/80 a 1982/83, 1984/85 a 1989/90 (2002/03 a 2004/05, 2015/16, 2018/19 e 2020/21) ¹
Ponte Cadafais (19D/06H)	39.007	-8.952	5	Rio Grande da Pipa	119.94	-	Sensor de nível	-	(2008/09, 2015/16 e 2020/21) ¹
Ponte Cardosas (20C/03H)	38.983	-9.052	65	Rio Grande da Pipa	61.18	53.405 (04/10/2001-)	Sensor de nível	-	(2003/04 a 2004/05 e 2015/16) ¹
Ponte Couraça (19D/05H)	39.016	-8.973	9	Rio Grande da Pipa	112.49	2.679 (04/10/2001-)	Sensor de nível	Escala	1980/81 a 1982/83, 1984/85 a 1985/86 (1997/98) ¹
Ponte Ota (19D/04H)	39.109	-8.987	27	Ribeira da Ota	57.39	20.13 (30/06/1982-)	Sensor de nível	Escala	1979/80 a 1989/90 (2004/05, 2006/07 e 2008/09) ¹
Ponte Precês (19C/04H)	39.018	-9.013	54	Rib ^a da Santana da Carnota	18.43	45.612 (04/10/2001-22/04/2004) 44.602 (23/04/2004-)	Sensor de nível	-	(2002/03 a 2003/04) ¹

1 – Período com registos de nível instantâneo máximo anual

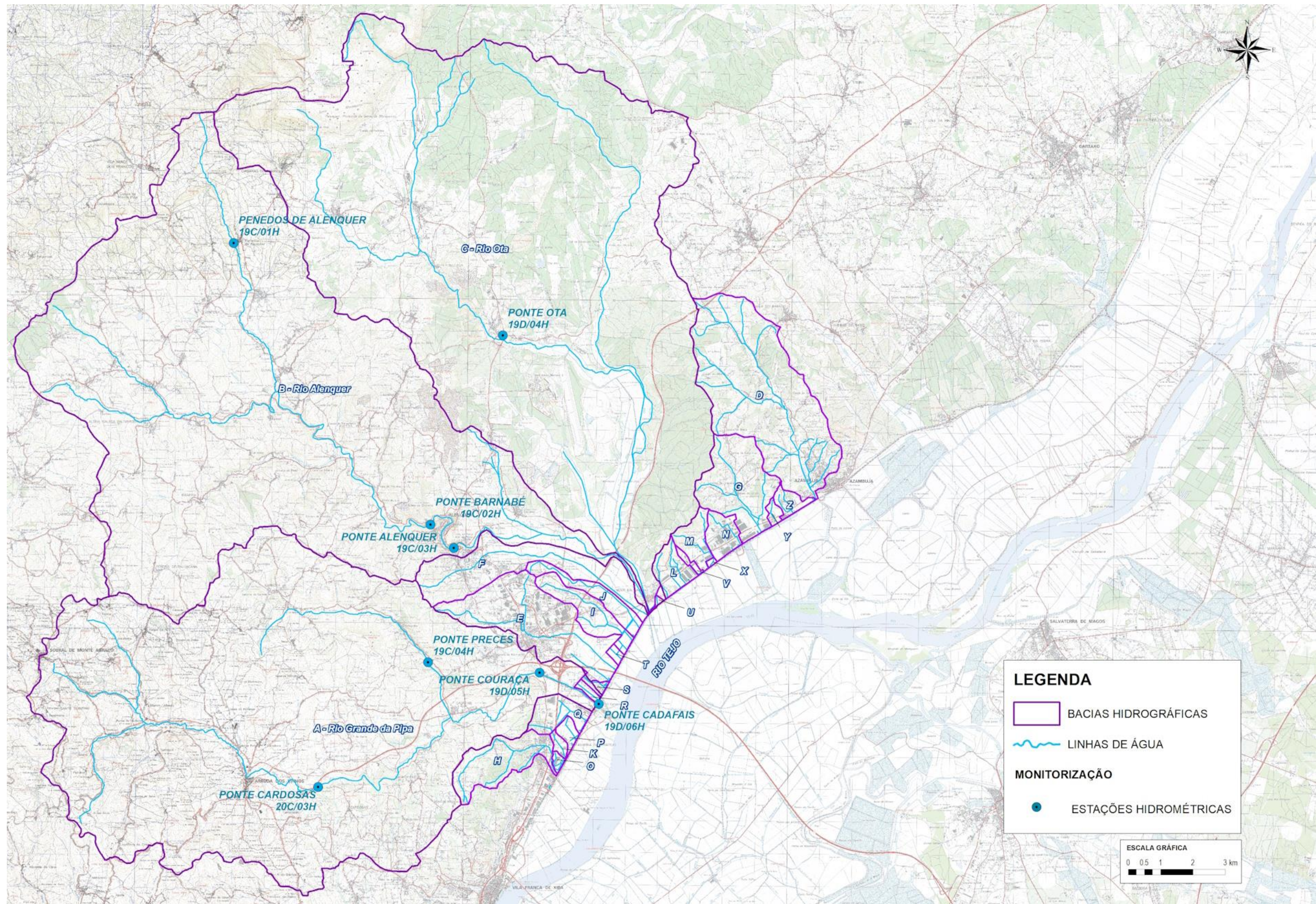


Figura 6 – Estações hidrométricas.

Da análise do quadro anterior concluiu-se que:

- A estação com maior número de registos de caudais instantâneos máximos anuais é a EH de Ponte da Ota (19D/04H), que possui uma amostra com apenas 11 registos o que para efeitos de análise estatística é, efetivamente, insuficiente;
- Não foi possível estender este número de registos por correlação com estações hidrométricas vizinhas, pois todas elas também não possuem registos num período mais alargado que o da EH de Ponte da Ota;
- Avaliou-se, então, a possibilidade de acrescentar mais três anos através da conversão dos três níveis instantâneos máximos anuais em caudais instantâneos máximos anuais; no entanto, tal não foi possível pois os critérios de validade para aplicação da curva de vazão disponível não são respeitados ($N < H_{\min}$ ou $N > H_{\max}$);
- No que se refere à EH de Ponte Barnabé, com 10 registos de caudais instantâneos máximos anuais, foi possível acrescentar mais três anos, resultantes da conversão de níveis instantâneos em caudais instantâneos, ficando-se com um total de 13 valores de caudal, mas que também constituem uma amostra insuficiente.

Perante a nítida escassez de registos para a elaboração de uma análise estatística significativa de caudais instantâneos máximos anuais e a impossibilidade de, a partir destes, determinar caudais de ponta de cheia nas bacias em estudo, optou-se por determinar estes últimos apenas a partir de registos de precipitações intensas, conforme apresentado no restante Estudo Hidrológico.

5.3 Postos Pluviométricos

Para a realização do Estudo Hidrológico, foram consultados os dados disponíveis no SNIRH, relativos a postos pluviométricos na zona das bacias em estudo – Figura 7.

Os postos pluviométricos estudados, a sua localização e os anos hidrológicos em que há registos completos de precipitação diária máxima anual, são indicados no quadro seguinte.

Quadro 34 – Postos pluviométricos

Posto pluviométrico	Código	Localização		Altitude	Bacia hidrográfica	Período de observação (anos)
		Latitude (°N)	Longitude (°W)			
Abrigada	19C/03G	39,1420	-9,0110	2	Tejo	1979/80 a 2000/01, 2004/05 a 2007/08 e 2018/19
Alcoentre	18D/03C	39,2130	-8,9600	69	Tejo	1979/80 a 2002/03, 2004/05 a 2006/07 e 2014/15
Alenquer	19C/10U	39,0580	-9,0120	34	Tejo	1980/81 a 1994/95 e 1996/97 a 2001/02

Posto pluviométrico	Código	Localização		Altitude	Bacia hidrográfica	Período de observação (anos)
		Latitude (°N)	Longitude (°W)			
Arranhó	20C/03G	38,9520	-9,1370	204	Tejo	1979/80 a 1982/83, 1984/85 a 1992/93, 1994/95, 1996/97 a 2001/02, 2004/05 a 2006/07, 2008/09, 2015/16, 2018/19 a 2019/20 e 2021/22
Meca	19C/08C	39,0890	-9,0290	196	Tejo	1979/80 a 2001/02 e 2019/20
Merceana	19C/07G	39,0930	-9,1120	99	Tejo	1979/80 a 1986/87, 1988/89 a 1991/92, 1993/94 a 1994/95, 1996/97, 2002/03 a 2006/07 e 2008/09
Penedos de Alenquer	19C/04C	39,1400	-9,0840	164	Tejo	1980/81 a 2000/01, 2015/16 e 2018/19 a 2019/20
Pontével	19E/03U G	39,1620	-8,8340	99	Tejo	1979/80 a 1984/85, 1986/87 a 1994/95, 1996/97 a 2001/02, 2003/04 a 2004/04, 2006/07, 2008/09 e 2018/19 a 2019/20
Pragança	18C/01G	39,1990	-9,0640	183	Rib ^{as} Oeste	1916/17 a 1917/18, 1919/20, 1922/23, 1928/29 a 1977/78, 1979/80 a 2010/11 e 2015/16 a 2016/17
Ota	19D/02U G	39,1110	-8,9890	39	Tejo	1980/81 a 1992/93, 1995/96 a 2002/03, 2005/06 e 2020/21
Sobral de Monte Agraço	19C/01U G	39,0210	-9,1510	265	Rib ^{as} Oeste	2015/16 a 1985/86, 1987/88 a 1988/89, 1990/91 a 2007/08, 2015/16 e 2017/18 a 2021/22
Vila Franca de Xira	20D/01C	38,9440	-8,9480	1	Tejo	1957/58 a 1977/78, 1979/80 a 2006/07, 2008/09, 2015/16 a 2017/18 e 2019/20 a 2021/22

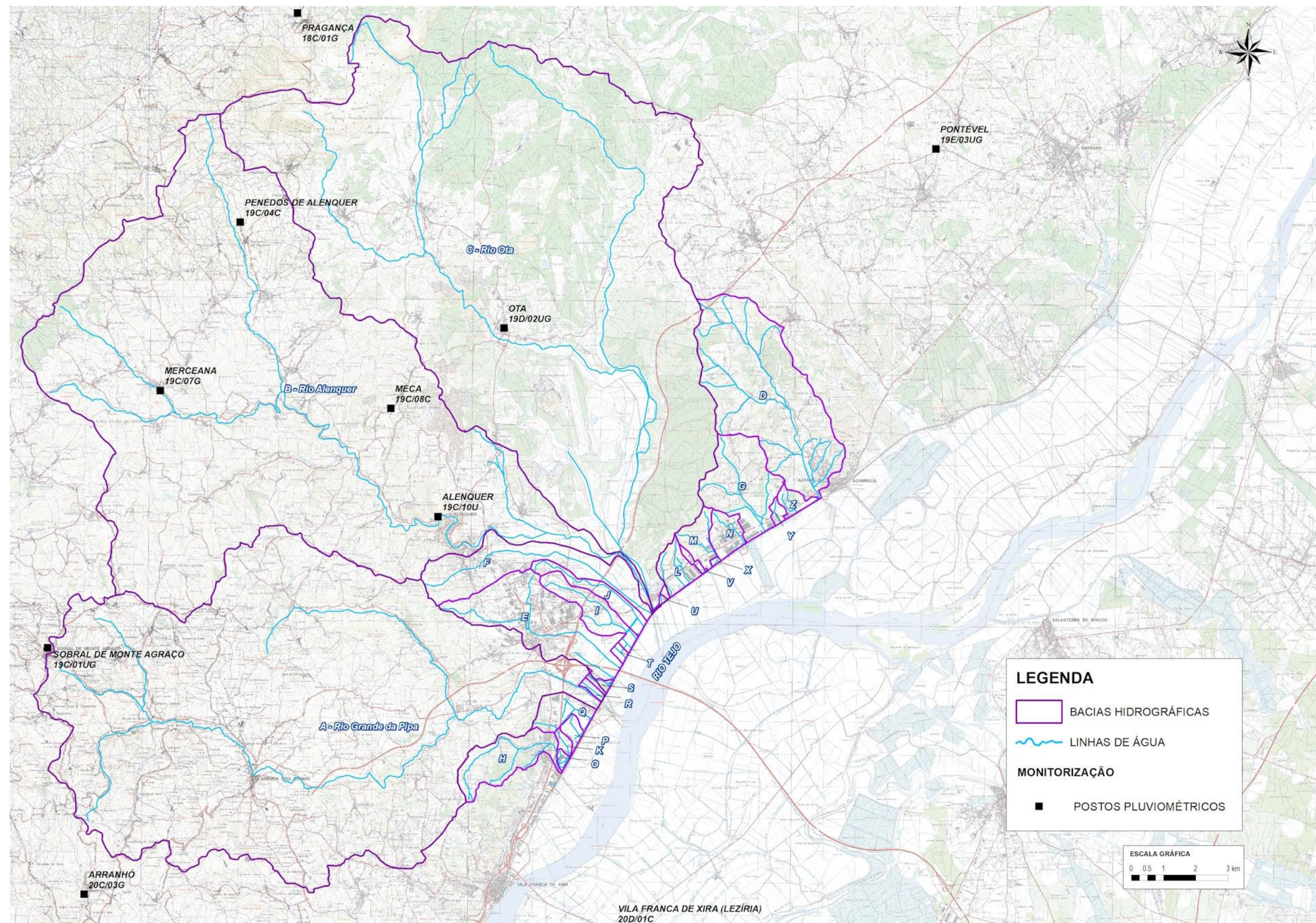


Figura 7 – Postos pluviométricos.

5.4 Modelo precipitação - escoamento

5.4.1 Precipitações máximas anuais nas bacias

Antecedendo a determinação dos hietogramas de precipitação foi efetuada a avaliação das precipitações máximas anuais com 24 h de duração e períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos nas bacias A a D.

Tal avaliação foi realizada com base nas precipitações diárias máximas anuais registadas nos postos pluviométricos que influenciam cada uma das referidas bacias, os quais se encontram localizados na Figura 10 sob a forma de um mapa de polígonos de Thiessen.

As estimativas das precipitações máximas anuais em 24 h com vários períodos de retorno foram determinadas por análise estatística dos registos das precipitações diárias máximas anuais ocorridas nos mesmos.

No quadro seguinte, apresentam-se as séries de precipitação diária máxima anual nesses postos.

Para fazer a conversão para 24h, teve-se em conta que, de acordo com o INAG em BRANDÃO, C. et al., 2001, a relação entre a precipitação máxima anual em 24 h e a precipitação diária máxima anual toma o valor médio de 1,16 no território nacional.

Quadro 35 – Precipitações diárias máximas anuais (mm).

Ano hidrológico	Abrigada 19C/03G	Alcoentre 18D/03C	Alenquer 19C/10U	Arranhó 20C/03G	Meca 19C/08C	Merceana 19C/07G	Penedos de Alenquer 19C/04C	Pontével 19E/03UG	Pragança 18C/01G	Ota 19D/02UG	Sobral de Monte Agraço 19C/01UG	Vila Franca de Xira (Lezíria) 20D/01C
1915/1916											34,0	
1916/1917									44,2		44,0	
1917/1918									52,2		37,2	
1918/1919											25,6	
1919/1920									49,2		44,0	
1920/1921											40,0	
1921/1922											47,0	
1922/1923									99,2		74,0	
1923/1924											44,6	
1924/1925											44,4	
1925/1926											72,8	
1926/1927											70,0	
1927/1928											97,8	
1928/1929									47,1		37,7	
1929/1930									38,0		38,4	
1930/1931									48,0		51,4	
1931/1932									36,1		62,6	
1932/1933									36,2		84,0	
1933/1934									34,0		46,6	
1934/1935									38,2		52,4	
1935/1936									40,2		45,2	
1936/1937									43,1		42,0	
1937/1938									64,0		50,2	

Ano hidrológico	Abrigada 19C/03G	Alcoentre 18D/03C	Alenquer 19C/10U	Arranhó 20C/03G	Meca 19C/08C	Merceana 19C/07G	Penedos de Alenquer 19C/04C	Pontével 19E/03UG	Pragança 18C/01G	Ota 19D/02UG	Sobral de Monte Agraço 19C/01UG	Vila Franca de Xira (Lezíria) 20D/01C
1938/1939									48,3		30,4	
1939/1940									55,4		34,8	
1940/1941									60,4		33,2	
1941/1942									80,6		38,0	
1942/1943									84,3		42,4	
1943/1944									33,6		50,2	
1944/1945									31,6		30,4	
1945/1946									85,6		52,6	
1946/1947									52,4		75,2	
1947/1948									57,6		40,2	
1948/1949									50,2		56,4	
1949/1950									57,0		46,2	
1950/1951									57,0		48,0	
1951/1952									69,0		64,0	
1952/1953									60,6		55,6	
1953/1954									101,4		133,8	
1954/1955									44,0		42,6	
1955/1956									68,4		104,0	
1956/1957									58,0		62,0	
1957/1958									104,4		66,0	62,4
1958/1959									75,0		56,0	49,1
1959/1960									89,0		50,0	54,3
1960/1961									41,8		56,0	33,8
1961/1962									49,5		40,0	41,5
1962/1963									77,6		60,5	66,1
1963/1964									45,6		40,4	53,0
1964/1965									51,7		60,5	33,7
1965/1966									47,3		70,0	41,1
1966/1967									38,0		35,2	51,5
1967/1968									170,0		137,1	90,6
1968/1969									80,5		65,8	52,5
1969/1970									70,0		44,8	51,0
1970/1971									56,0		39,2	37,5
1971/1972									61,0		34,0	38,8
1972/1973									70,5		33,9	50,5
1973/1974									55,0		47,8	37,0
1974/1975									39,7		35,4	39,0
1975/1976									58,6		58,7	45,2
1976/1977									61,5		49,6	44,1
1977/1978									63,2		59,1	49,6
1978/1979											56,0	
1979/1980	48,5	77,3		58,2	39,2	63,2		50,7	82,0		60,8	64,5
1980/1981	28,5	27,3	31,0	32,7	29,5	32,2	28,8	35,0	30,0	36,9	35,0	28,0
1981/1982	43,5	52,5	56,0	61,1	47,5	51,2	50,2	59,0	47,2	49,2	72,7	62,0
1982/1983	44,0	51,0	38,4	54,6	43,3	50,0	49,5	49,2	59,2	37,9	50,8	48,5
1983/1984	116,3	96,5	106,7		118,4	129,0	129,0	90,0	70,5	113,0	82,2	145,0
1984/1985	44,0	35,5	56,3	41,1	40,6	40,0	52,0	47,8	51,8	40,1	44,2	42,2
1985/1986	39,8	50,0	50,4	36,9	42,1	44,2	35,0		35,5	39,2	44,5	42,4
1986/1987	32,5	60,0	55,0	40,4	35,7	37,2	37,0	38,5	40,0	39,5		47,5
1987/1988	41,1	46,2	46,0	58,5	50,0		38,5	42,5	59,6	47,0	37,8	40,5
1988/1989	48,3	42,6	38,4	40,0	46,1	52,4	43,5	76,0	43,6	41,8	28,7	54,0

Ano hidrológico	Abrigada 19C/03G	Alcoentre 18D/03C	Alenquer 19C/10U	Arranhó 20C/03G	Meca 19C/08C	Merceana 19C/07G	Penedos de Alenquer 19C/04C	Pontével 19E/03UG	Pragança 18C/01G	Ota 19D/02UG	Sobral de Monte Agraço 19C/01UG	Vila Franca de Xira (Lezíria) 20D/01C
1989/1990	53,1	54,0	50,7	54,0	64,9	48,7	55,0	50,5	52,6	47,5		46,0
1990/1991	44,3	46,0	47,8	40,0	38,6	49,3	49,0	55,0	53,0	44,0	55,3	61,0
1991/1992	25,7	28,2	26,4	27,1	29,0	29,2	28,0	28,0	30,6	25,0	18,7	29,6
1992/1993	27,5	28,0	41,5	35,7	26,9		32,5	29,0	46,0	29,4	19,8	37,3
1993/1994	69,2	62,7	55,6		60,6	56,1	55,0	47,0	74,6		37,5	40,0
1994/1995	19,0	36,5	29,4	37,8	21,3	21,2	21,5	44,0	28,2		16,2	22,9
1995/1996	53,5	68,2			79,2		60,0		64,3	74,4	46,2	55,5
1996/1997	55,7	57,2	36,3	42,1	40,4	44,4	32,5	36,0	41,4	34,1	30,7	42,0
1997/1998	53,5	61,7	55,2	64,6	48,2		56,5	61,0	58,2	47,1	49,5	82,7
1998/1999	43,5	67,2	41,3	51,0	47,5		30,5	46,0	44,2	41,5	39,5	55,5
1999/2000	51,1	49,0	68,7	89,0	63,3		51,0	40,0	50,2	63,0	58,3	43,0
2000/2001		71,5	66,2	70,5	70,8		54,5	55,0	82,9	54,1	57,3	43,5
2001/2002		34,9	53,2	49,5	40,8			35,5	53,2	37,1	46,5	41,2
2002/2003		86,0				40,5			76,8	25,8	61,5	41,6
2003/2004						33,7		32,0	37,2		35,1	51,7
2004/2005	17,9	53,6		34,3		21,0		25,7	36,9		29,2	20,8
2005/2006	24,6	57,1		24,7		31,3			42,3	25,0	32,0	37,2
2006/2007	41,2	56,8		45,1		41,5		52,8	59,1		47,5	46,7
2007/2008	36,7								34,8		33,3	
2008/2009				32,2		33,9		24,0	38,8			23,1
2009/2010									67,3			
2010/2011									53,6			
2014/2015		43,1										
2015/2016				32,1			36,4		27,6		28,8	41,8
2016/2017									37,5			39,2
2017/2018											38,7	47,5
2018/2019	21,5			3,4			20,7	40,2			31,5	
2019/2020				33,6	35,9		32,6	35,8			38,9	37,8
2020/2021											45,8	47,4
2021/2022				39,0							24,0	27,8
Nº valores	26,0	28,0	21,0	28,0	24,0	21,0	24,0	27,0	88,0	22,0	97,0	56,0
Máximo	116,3	96,5	106,7	89,0	118,4	129,0	129,0	90,0	170,0	113,0	137,1	145,0
Mínimo	17,9	27,3	26,4	3,4	21,3	21,0	20,7	24,0	27,6	25,0	16,2	20,8
Média	43,2	53,6	50,0	43,9	48,3	45,2	45,0	45,4	56,2	45,1	49,5	47,5
Desvio padrão	19,6	16,9	17,3	16,4	20,5	22,1	21,4	14,9	21,2	19,2	20,2	18,5

Ensaíram-se regressões lineares entre os vários postos, com o objetivo de proceder ao preenchimento de falhas e a estender o período comum de registos.

No quadro seguinte apresentam-se já as precipitações máximas anuais em 24 h nos anteriores postos, com as falhas preenchidas no período comum mais recente de 40 anos, entre 1979/80 e 2021/22.

Quadro 36 – Precipitações máximas anuais com 24 h de duração (mm), no período de 1979/80 a 2021/22, após o preenchimento de falhas.

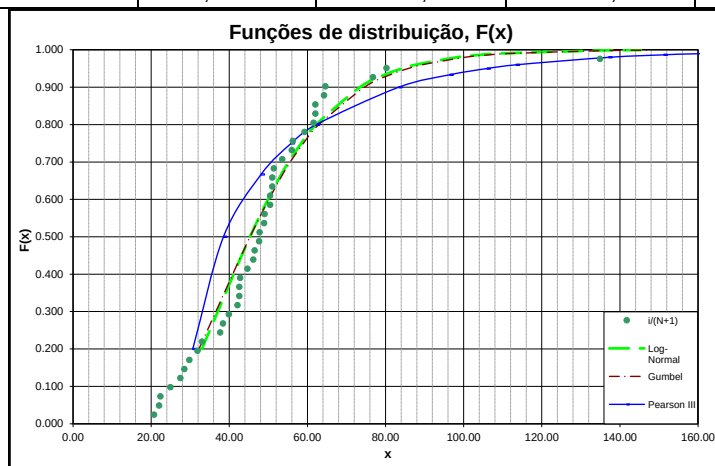
Ano hidrológico	Abrigada	Alcoentre	Alenquer	Arranhó	Meca	Merceana	Penedos de Alenquer	Pontével	Pragança	Ota	Sobral de Monte Agraço	Vila Franca de Xira (Lezíria)
	19C/03G	18D/03C	19C/10U	20C/03G	19C/08C	19C/07G	19C/04C	19E/03UG	18C/01G	19D/02UG	19C/01UG	20D/01C
1979/1980	56,3	89,7	82,0	67,5	45,5	73,3	71,8	58,8	95,1	64,3	70,5	74,8
1980/1981	33,1	31,7	36,0	37,9	34,2	37,4	33,4	40,6	34,8	42,8	40,6	32,5
1981/1982	50,5	60,9	65,0	70,9	55,1	59,4	58,2	68,4	54,8	57,1	84,3	71,9
1982/1983	51,0	59,2	44,5	63,3	50,2	58,0	57,4	57,1	68,7	44,0	58,9	56,3
1983/1984	134,9	111,9	123,8	123,2	137,3	149,6	149,6	104,4	81,8	131,1	95,4	168,2
1984/1985	51,0	41,2	65,3	47,7	47,1	46,4	60,3	55,4	60,1	46,5	51,3	49,0
1985/1986	46,2	58,0	58,5	42,8	48,8	51,3	40,6	52,8	41,2	45,5	51,6	49,2
1986/1987	37,7	69,6	63,8	46,9	41,4	43,2	42,9	44,7	46,4	45,8	55,2	55,1
1987/1988	47,7	53,6	53,4	67,9	58,0	50,6	44,7	49,3	69,1	54,5	43,8	47,0
1988/1989	56,0	49,4	44,5	46,4	53,5	60,8	50,5	88,2	50,6	48,5	33,3	62,6
1989/1990	61,6	62,6	58,8	62,6	75,3	56,5	63,8	58,6	61,0	55,1	51,3	53,4
1990/1991	51,4	53,4	55,4	46,4	44,8	57,2	56,8	63,8	61,5	51,0	64,1	70,8
1991/1992	29,8	32,7	30,6	31,4	33,6	33,9	32,5	32,5	35,5	29,0	21,7	34,3
1992/1993	31,9	32,5	48,1	41,4	31,2	34,8	37,7	33,6	53,4	34,1	23,0	43,3
1993/1994	80,3	72,7	64,5	66,4	70,3	65,1	63,8	54,5	86,5	57,2	43,5	46,4
1994/1995	22,0	42,3	34,1	43,8	24,7	24,6	24,9	51,0	32,7	22,4	18,8	26,6
1995/1996	62,1	79,1	73,9	75,4	91,9	65,1	69,6	60,8	74,6	86,3	53,6	64,4
1996/1997	64,6	66,4	42,1	48,8	46,9	51,5	37,7	41,8	48,0	39,6	35,6	48,7
1997/1998	62,1	71,6	64,0	74,9	55,9	65,1	65,5	70,8	67,5	54,6	57,4	95,9
1998/1999	50,5	78,0	47,9	59,2	55,1	53,5	35,4	53,4	51,3	48,1	45,8	64,4
1999/2000	59,3	56,8	79,7	103,2	73,4	62,3	59,2	46,4	58,2	73,1	67,6	49,9
2000/2001	44,7	82,9	76,8	81,8	82,1	47,6	63,2	63,8	96,2	62,8	66,5	50,5
2001/2002	42,1	40,5	61,7	57,4	47,3	45,1	43,5	41,2	61,7	43,0	53,9	47,8
2002/2003	42,6	99,8	89,8	90,6	89,2	47,0	45,4	50,2	89,1	29,9	71,3	48,3
2003/2004	53,6	59,2	58,6	60,8	55,3	39,1	37,5	37,1	43,2	34,8	40,7	60,0
2004/2005	20,8	62,2	60,9	39,8	58,6	24,4	22,7	29,8	42,8	22,2	33,9	24,1
2005/2006	28,5	66,2	64,0	28,7	61,8	36,3	34,7	44,1	49,1	29,0	37,1	43,2
2006/2007	47,8	65,9	63,7	52,3	61,6	48,1	46,5	61,2	68,6	42,6	55,1	54,2
2007/2008	42,6	47,4	49,5	52,1	44,5	45,5	43,8	49,4	40,4	40,4	38,6	47,3
2008/2009	22,4	26,0	32,9	37,4	24,7	39,3	37,7	27,8	45,0	35,0	40,4	26,8
2009/2010	76,8	81,0	76,7	89,8	75,3	79,8	78,3	69,4	78,1	65,7	65,2	85,3
2010/2011	64,3	66,9	64,5	64,4	62,4	67,3	65,7	62,1	62,2	52,1	55,7	71,3
2014/2015	46,5	50,0	51,5	53,9	48,6	52,5	46,4	52,7	52,8	45,8	45,5	50,8
2015/2016	42,8	47,7	49,8	37,2	44,8	45,7	42,2	49,5	32,0	40,6	33,4	48,5
2016/2017	39,9	44,7	47,4	50,0	42,0	42,9	41,3	47,9	43,5	38,0	42,5	45,5
2017/2018	49,1	54,3	54,9	57,2	50,8	52,0	50,5	53,1	55,6	45,9	44,9	55,1
2018/2019	24,9	28,7	35,1	3,9	27,3	27,8	24,0	46,6	24,4	25,2	36,5	27,8
2019/2020	38,4	44,3	47,1	39,0	41,6	41,3	37,8	41,5	49,2	36,8	45,1	43,8
2020/2021	49,0	54,2	54,8	57,1	50,7	51,9	50,3	53,1	55,4	45,8	53,1	55,0
2021/2022	27,5	31,4	37,2	45,2	29,8	30,4	28,8	40,6	50,2	27,4	27,8	32,2
Nº valores	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Máximo	134,9	111,9	123,8	123,2	137,3	149,6	149,6	104,4	96,2	131,1	95,4	168,2
Mínimo	20,8	26,0	30,6	3,9	24,7	24,4	22,7	27,8	24,4	22,2	18,8	24,1
Média	48,6	58,2	57,8	56,7	54,3	51,6	49,9	52,7	56,8	47,3	48,9	54,6
Desvio padrão	19,92	19,43	17,79	21,50	21,22	20,44	21,31	14,73	17,42	19,28	16,27	24,08

Com as precipitações em 24h de cada posto pluviométrico, foram realizadas análises estatísticas, a fim de obter a distribuição de probabilidade que melhor se adapta aos registos, considerando as leis Log-Normal (Galton), Gumbel e Gama 3P (Pearson III), que geralmente são adequadas para representar eventos extremos.

Os resultados da análise estatística são apresentados nos quadros seguintes.

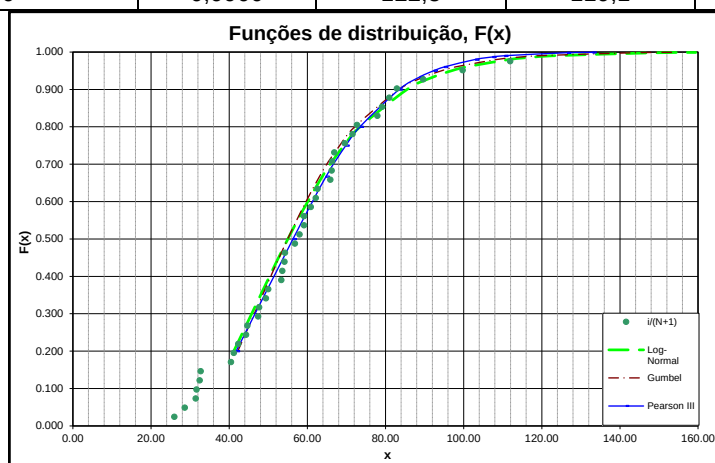
Quadro 37 – Posto pluviométrico de Abrigada. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	73,5	74,6	83,4
50	0,9800	98,3	100,2	137,1
100	0,9900	108,9	111,1	161,4



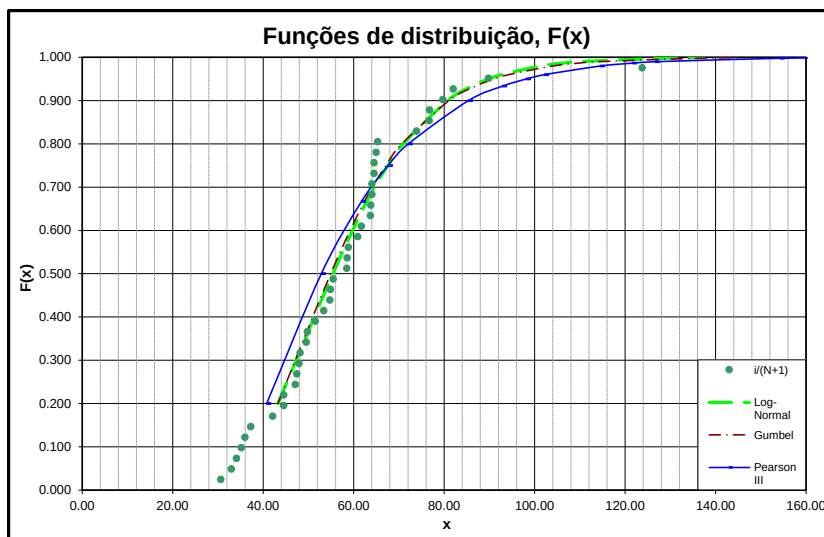
Quadro 38 – Posto pluviométrico de Alcoentre. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	85,5	83,5	83,5
50	0,9800	111,6	108,5	103,0
100	0,9900	122,5	119,1	110,5



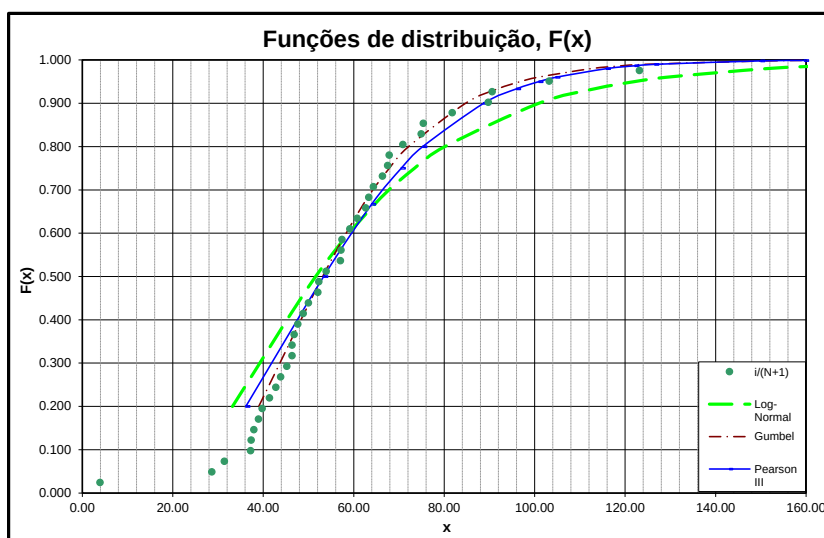
Quadro 39 – Posto pluviométrico de Alenquer. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	80,8	81,0	85,4
50	0,9800	101,4	103,9	114,5
100	0,9900	109,8	113,6	126,7



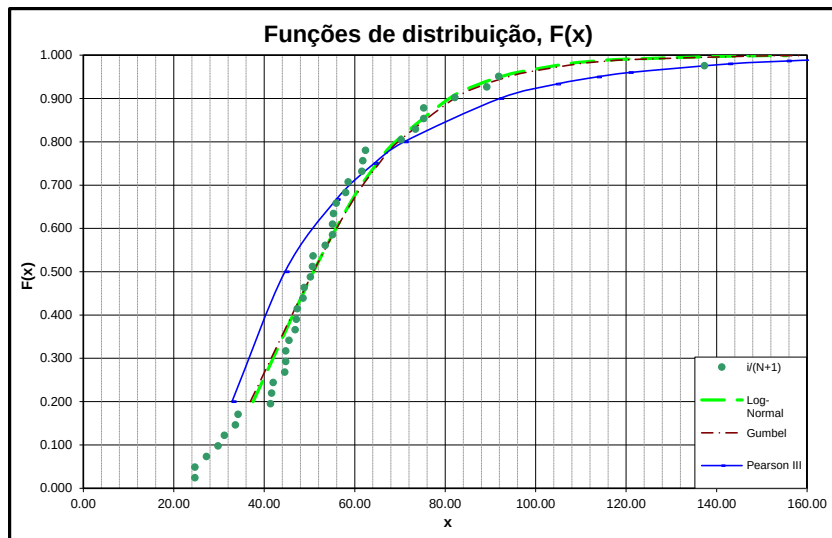
Quadro 40 – Posto pluviométrico de Arranhó. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	100,9	84,7	87,7
50	0,9800	151,2	112,4	115,9
100	0,9900	174,4	124,1	126,5



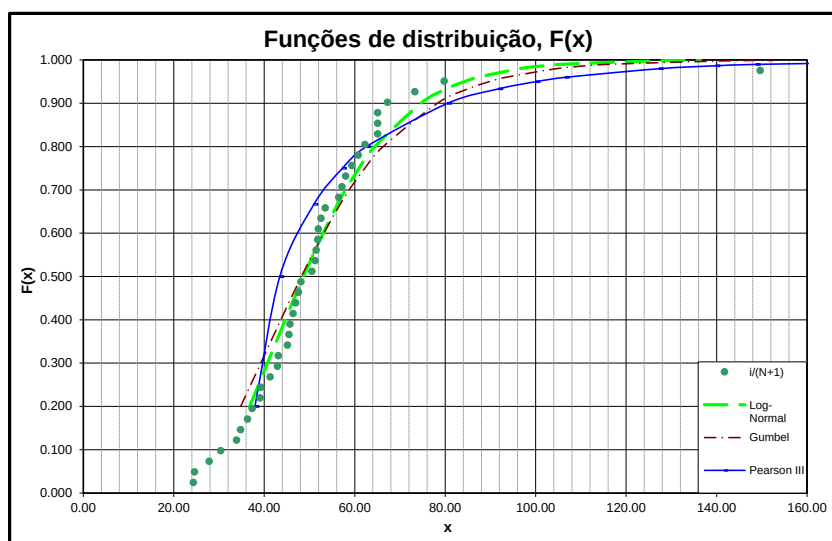
Quadro 41 – Posto pluviométrico de Meca. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	80,9	82,0	90,2
50	0,9800	107,0	109,3	142,7
100	0,9900	118,0	120,9	164,9



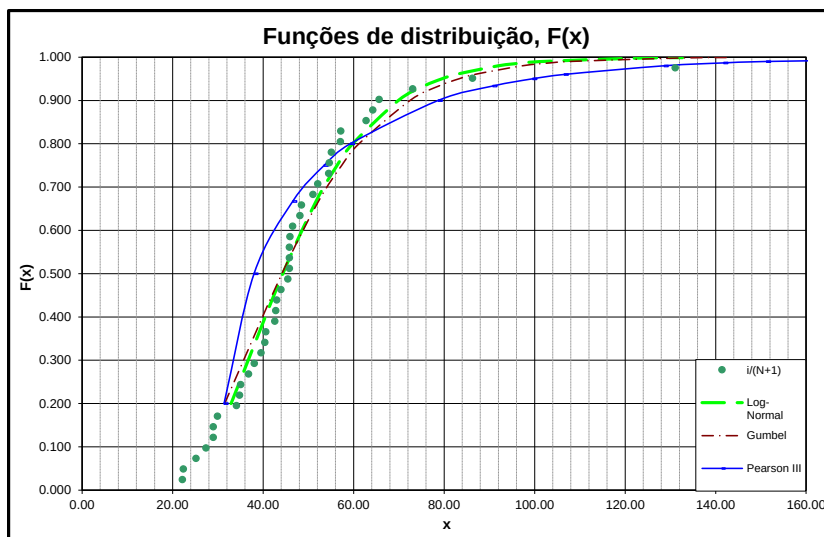
Quadro 42 – Posto pluviométrico de Merceana. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	74,6	78,3	85,0
50	0,9800	96,5	104,6	127,3
100	0,9900	105,7	115,7	148,7



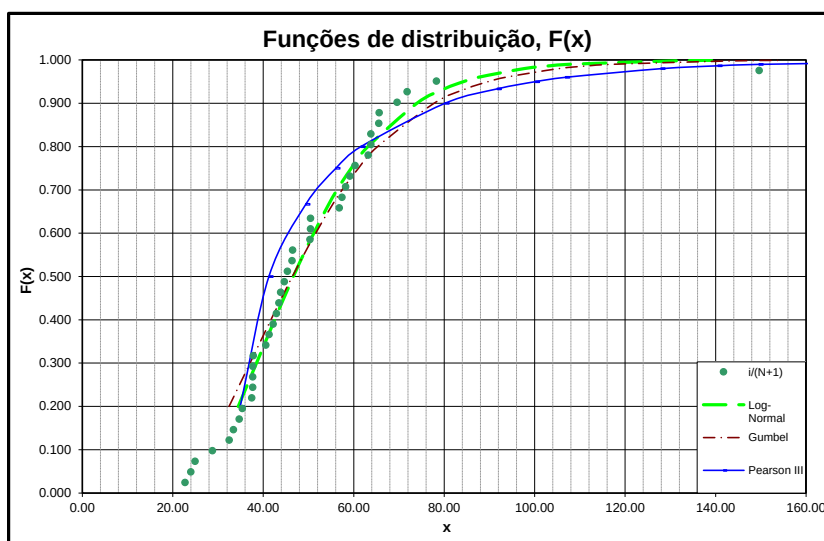
Quadro 43 – Posto pluviométrico de Ota. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	69,9	72,5	78,7
50	0,9800	91,9	97,3	128,6
100	0,9900	101,2	107,8	151,3



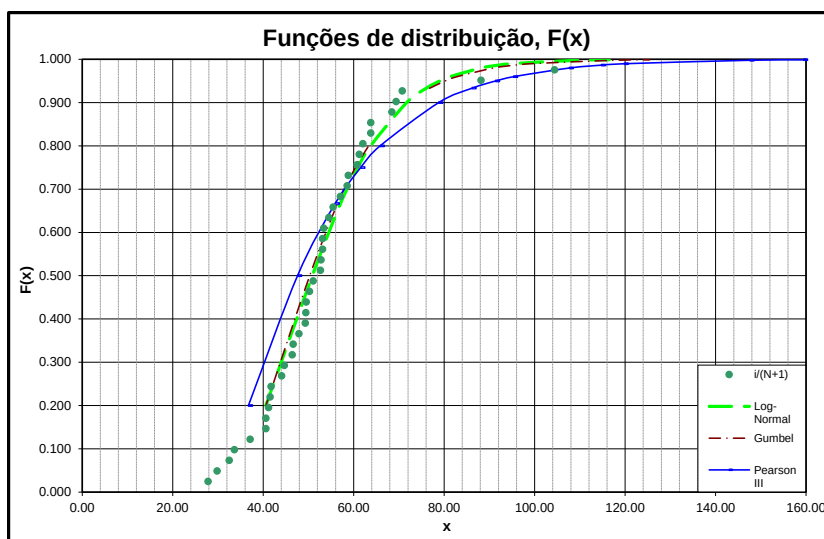
Quadro 44 – Posto pluviométrico de Penedos de Alenquer. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	74,0	77,7	80,2
50	0,9800	84,3	105,2	127,9
100	0,9900	107,7	116,8	149,6



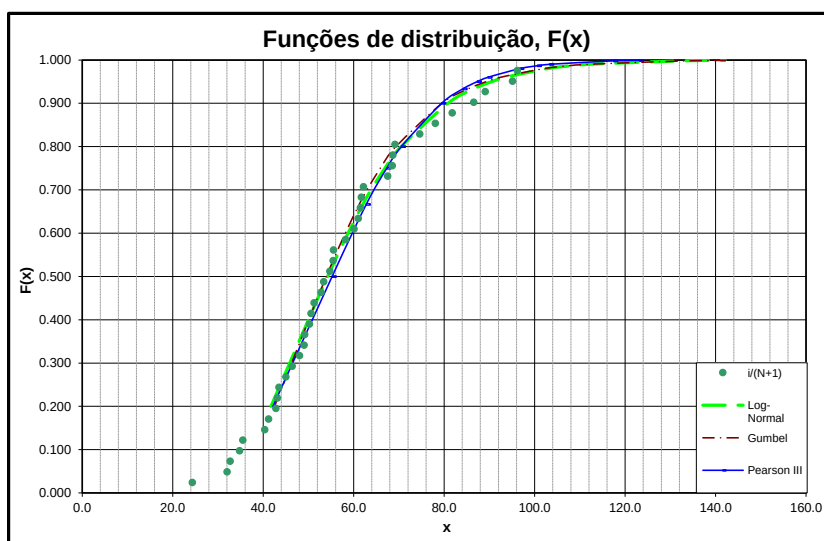
Quadro 45 – Posto pluviométrico de Pontével. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	71,7	71,9	78,8
50	0,9800	88,2	90,9	107,6
100	0,9900	94,9	98,9	119,8



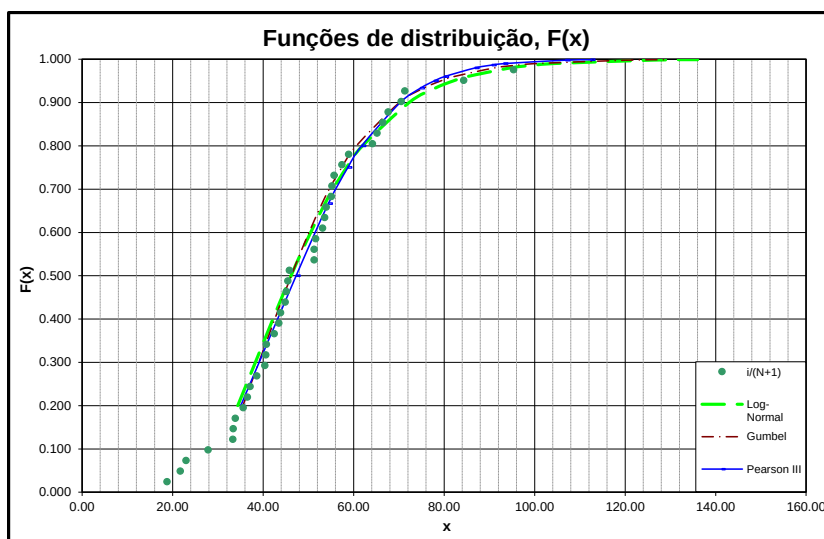
Quadro 46 – Posto pluviométrico de Pragança. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	80,9	79,5	79,4
50	0,9800	102,9	102,0	96,7
100	0,9900	112,0	111,4	103,3



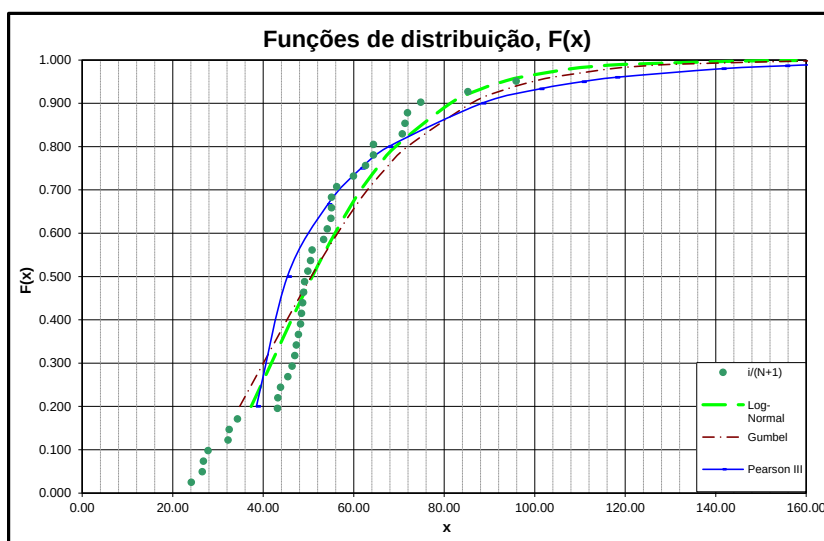
Quadro 47 – Posto pluviométrico de Sobral de Monte Agraço. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	72,3	70,1	70,3
50	0,9800	94,7	91,0	86,8
100	0,9900	104,2	99,9	93,2



Quadro 48 – Posto pluviométrico de vila Franca de Xira. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	81,3	86,0	88,3
50	0,9800	107,9	117,0	141,4
100	0,9900	119,3	130,1	165,5



A distribuição de probabilidade Gumbel deu os melhores resultados de ajuste visual em praticamente todas as estações pluviométricas e, portanto, foi escolhida para todos os postos pluviométricos.

Assim, os valores máximos anuais de precipitação em 24h com período de retorno de 10, 50 e 100 anos, nos postos pluviométricos, são os resumidos no quadro seguinte.

Quadro 49 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.

Período de retorno T (anos)	Abrigada 19C/03G	Alcoentre 18D/03C	Alenquer 19C/10U	Arranhó 20C/03G	Meca 19C/08C	Merceana 19C/07G	Ota 19D/02UG	Penedos de Alenquer 19C/04C	Pontével 19E/03UG	Pragança 18C/01G	Sobral de Monte Agraço 19C/01UG	Vila Franca de Xira (Lezíria) 20D/01C
10	74,6	83,5	81,0	84,7	82,0	78,3	72,5	77,7	71,9	79,5	70,1	86,0
50	100,2	108,5	103,9	112,4	109,3	104,6	97,3	105,2	90,9	102,0	91,0	117,0
100	111,1	119,1	113,6	124,1	120,9	115,7	107,8	116,8	98,9	111,4	99,9	130,1

A precipitação em 24 h máxima anual ponderada sobre cada bacia hidrográfica foi determinada com base nos polígonos de Thiessen, apresentados na figura seguinte.

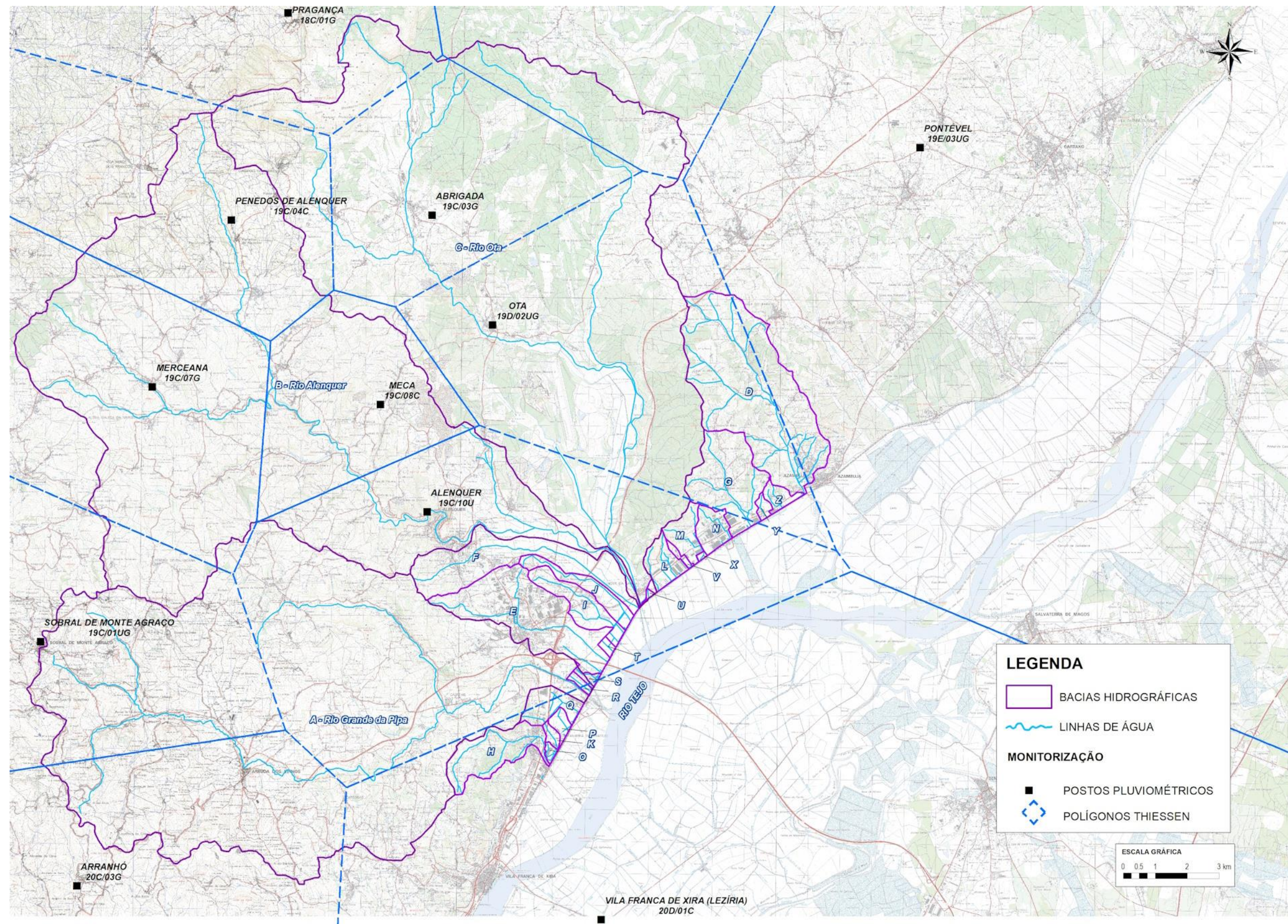


Figura 8 – Polígonos de Thiessen.

Nos quadros seguintes apresentam-se os valores da precipitação em 24 h máxima anual para os três períodos de retorno, para cada uma das bacias em estudo.

Quadro 50 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica A.

Período de retorno T (anos)	Postos pluviométricos				Bacia hidrográfica
	Alenquer	Arranhó	Merceana	Vila Franca de Xira (Lezíria)	A
	19C/10U	20C/03G	19C/07G	20D/01C	Área total (km²)
	Área de influência (km²)				117.44
	52.01	49.05	7.63	8.75	P (mm)
10	81,0	84,7	78,3	86,0	82,7
50	103,9	112,4	104,6	117,0	108,5
100	113,6	124,1	115,7	130,1	119,4

Quadro 51 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica B.

Período de retorno T (anos)	Postos pluviométricos				Bacia hidrográfica
	Alenquer	Meca	Merceana	Penedos de Alenquer	B
	19C/10U	19C/08C	19C/07G	19C/04C	Área total (km²)
	Área de influência (km²)				128.68
	22.32	26.73	53.88	25.75	P (mm)
10	81,0	82	78,3	77,7	79,4
50	103,9	109,3	104,6	105,2	105,6
100	113,6	120,9	115,7	116,8	116,6

Quadro 52 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica C.

Período de retorno T (anos)	Postos pluviométricos							Bacia hidrográfica
	Abrigada	Alcoentre	Alenquer	Meca	Ota	Penedos de Alenquer	Pragança	C
	19C/03G	18D/03C	19C/10U	19C/08C	19D/02UG	19C/04C	18C/01G	Área total (km²)
	Área de influência (km²)							146.01
	44.03	11.84	11.62	3.30	56.59	9.99	8.65	P (mm)
10	74,6	83,5	81,0	82	72,5	77,7	79,5	75,7
50	100,2	108,5	103,9	109,3	97,3	105,2	102	100,7
100	111,1	119,1	113,6	120,9	107,8	116,8	111,4	111,3

Quadro 53 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica D.

Período de retorno T (anos)	Postos pluviométricos		Bacia hidrográfica D
	Ota 19D/02UG	Pontével 19E/03UG	
	Área de influência (km²)		Área total (km²)
	11.67	4.42	16.09
	P (mm)	P (mm)	P (mm)
10	72,5	71,9	72,3
50	97,3	90,9	95,5
100	107,8	98,9	105,4

5.4.2 Curvas de possibilidade udométrica

Para, a partir das precipitações com 24 h de duração e diferentes períodos de retornos, estabelecidas nos quadros anteriores para as bacias A a D, determinar curvas de possibilidade udométrica completas para estas mesmas bacias, utilizou-se o seguinte procedimento:

- Pela proximidade à área em estudo, tomou-se a curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF) disponível em Brandão, C., et al., 1997, 1998, 2001 e 2004, para a posto udométrico de São Julião do Tojal (20C/01C) pertencente à rede meteorológica do SHIRH, apresentada no Quadro 54;
- Calculou-se, com base nesta curva, a correspondente PDF e, a partir desta, os valores das relações P_d/P_{24} , entre as precipitações com durações d , compreendidas entre 30 min e 24 h, e as precipitações com 24 h de duração - Quadro 56.

Quadro 54 – Curvas IDF do posto de São Julião do Tojal (20C/01C).

Períodos de retorno (anos)	Curvas IDF – i (mm/h) = $a \times t^b$ (min)					
	Duração entre 5 e 30 min		Duração entre 30min e 6h		Duração entre 6h e 48h	
	a	b	a	b	a	b
10	284,64	-0,561	265,17	-0,525	1122,7	-0,77
50	398,37	-0,567	327,90	-0,500	1837,5	-0,792
100	433,58	-0,569	355,32	-0,493	2147,2	-0,797

No quadro seguinte apresenta-se as curvas PDF para os mesmos períodos de retorno.

Quadro 55 – Curvas PDF do posto de São Julião do Tojal (20C/01C).

Períodos de retorno (anos)	Curvas PDF – P (mm) = $a \times t^b$ (h)					
	Duração entre 5 e 30 min		Duração entre 30min e 6h		Duração entre 6h e 48h	
	a	b	a	b	a	b
10	28,63	0,439	30,90	0,475	47,98	0,230
50	39,09	0,433	42,33	0,500	71,77	0,208
100	42,20	0,431	47,21	0,507	82,16	0,203

Quadro 56 – Relações Pd/P24 posto de São Julião do Tojal (20C/01C).

Duração d		Pd (mm)			Pd/P24		
(min)	(h)	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
30	0,5	22,2	29,9	33,2	0,223	0,215	0,212
60	1,0	30,9	42,3	47,2	0,310	0,305	0,301
90	1,5	37,5	51,8	58,0	0,376	0,373	0,370
120	2,0	42,9	59,9	67,1	0,431	0,431	0,428
150	2,5	47,8	66,9	75,1	0,479	0,481	0,480
180	3,0	52,1	73,3	82,4	0,522	0,527	0,526
210	3,5	56,0	79,2	89,1	0,562	0,570	0,569
240	4,0	59,7	84,7	95,3	0,599	0,609	0,609
270	4,5	63,1	89,8	101,2	0,633	0,646	0,646
300	5,0	66,4	94,7	106,8	0,666	0,681	0,682
330	5,5	69,4	99,3	112,0	0,697	0,714	0,715
360	6,0	72,4	103,7	117,1	0,726	0,746	0,748
390	6,5	73,8	105,9	120,1	0,740	0,762	0,767
420	7,0	75,1	107,6	122,0	0,753	0,774	0,779
450	7,5	76,3	109,1	123,7	0,765	0,785	0,790
480	8,0	77,4	110,6	125,3	0,777	0,796	0,800
510	8,5	78,5	112,0	126,9	0,788	0,806	0,810
540	9,0	79,5	113,4	128,3	0,798	0,815	0,819
570	9,5	80,5	114,6	129,8	0,808	0,825	0,829
600	10,0	81,5	115,9	131,1	0,818	0,834	0,837
630	10,5	82,4	117,0	132,4	0,827	0,842	0,846
660	11,0	83,3	118,2	133,7	0,836	0,850	0,854
690	11,5	84,1	119,3	134,9	0,844	0,858	0,861
720	12,0	85,0	120,3	136,1	0,853	0,866	0,869
750	12,5	85,8	121,4	137,2	0,861	0,873	0,876
780	13,0	86,6	122,4	138,3	0,868	0,880	0,883
810	13,5	87,3	123,3	139,4	0,876	0,887	0,890
840	14,0	88,0	124,3	140,4	0,883	0,894	0,896
870	14,5	88,8	125,2	141,4	0,891	0,900	0,903
900	15,0	89,4	126,1	142,4	0,898	0,907	0,909
930	15,5	90,1	126,9	143,3	0,904	0,913	0,915
960	16,0	90,8	127,8	144,2	0,911	0,919	0,921
990	16,5	91,4	128,6	145,1	0,917	0,925	0,927
1020	17,0	92,1	129,4	146,0	0,924	0,931	0,932
1050	17,5	92,7	130,2	146,9	0,930	0,936	0,938
1080	18,0	93,3	130,9	147,7	0,936	0,942	0,943
1110	18,5	93,9	131,7	148,6	0,942	0,947	0,949
1140	19,0	94,4	132,4	149,4	0,948	0,953	0,954
1170	19,5	95,0	133,1	150,2	0,953	0,958	0,959

Duração d		Pd (mm)			Pd/P24		
(min)	(h)	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
1200	20,0	95,6	133,8	150,9	0,959	0,963	0,964
1230	20,5	96,1	134,5	151,7	0,964	0,968	0,969
1260	21,0	96,6	135,2	152,4	0,970	0,973	0,973
1290	21,5	97,2	135,9	153,2	0,975	0,977	0,978
1320	22,0	97,7	136,5	153,9	0,980	0,982	0,982
1350	22,5	98,2	137,2	154,6	0,985	0,987	0,987
1380	23,0	98,7	137,8	155,3	0,990	0,991	0,991
1410	23,5	99,2	138,4	156,0	0,995	0,996	0,996
1440	24,0	99,7	139,0	156,6	1,000	1,000	1,000

5.4.3 Hietogramas de precipitação

Após terem sido definidas as relações Pd/P24 para o período de retorno de 10, 50 e 100 anos, foi possível definir hietogramas de precipitação com os mesmos períodos de retorno, para as bacias A a D.

Para compor os referidos hietogramas, foram consideradas chuvadas com duração total de 24 h.

Os procedimentos adotados para a composição dos hietogramas foram os seguintes:

- Aplicação da relação $0,133 \times t_c$, em que t_c é o tempo de concentração (Quadro 32 do Capítulo 1), para a determinação da duração de cada bloco de precipitação. Tal relação conduziu a valores entre 0,53 h para a bacia D e 1,30 h para a bacia B. Para uniformizar os hietogramas, a duração de cada bloco de precipitação foi fixada em 0,5 h para todas as bacias.
- Cada bloco de precipitação, para um dado período de retorno, corresponde à diferença entre a precipitação com determinada duração t e a precipitação com duração $t - \Delta t$.
- A disposição dos blocos foi efetuada, conforme ilustrado na figura seguinte, colocando o bloco de maior intensidade, com 0,5 h de duração, no centro do hietograma e distribuição da remanescente precipitação com 23 horas de duração em blocos, também com 0,5 h de duração, dispostos alternadamente à esquerda e à direita do bloco central, por ordem decrescente de intensidades de precipitação - Figura 9.
- Todas as precipitações foram corrigidas em função da sua duração e da área da bacia hidrográfica, conforme proposto por Chow et al. (1988).

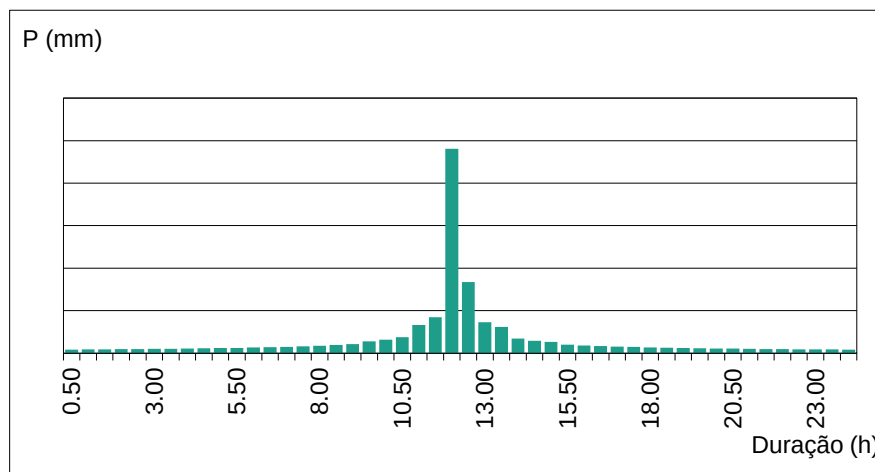


Figura 9 - Modo de distribuição dos blocos de precipitação.

Nas Figura 10 a Figura 21, são apresentados os hietogramas com 24 h de duração determinados segundo os procedimentos que se acabam de descrever.

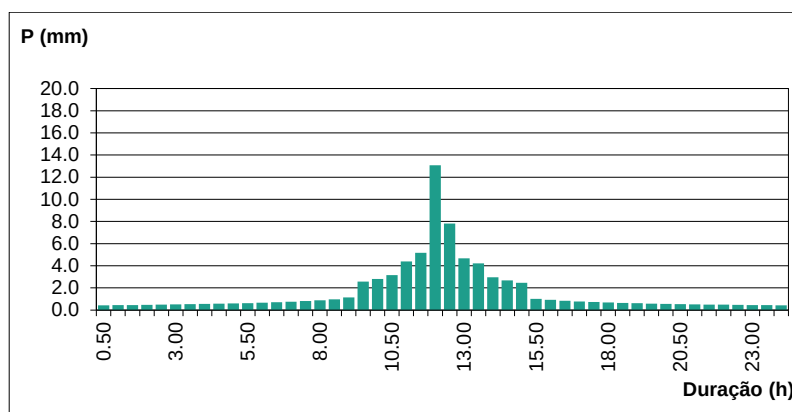


Figura 10 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 10 anos.

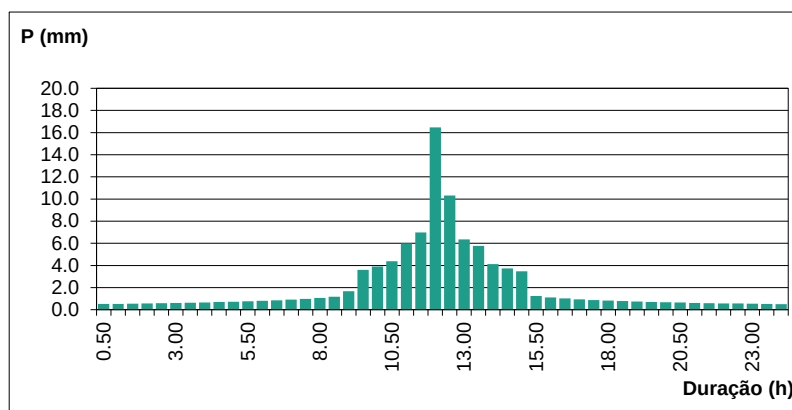


Figura 11 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 50 anos.

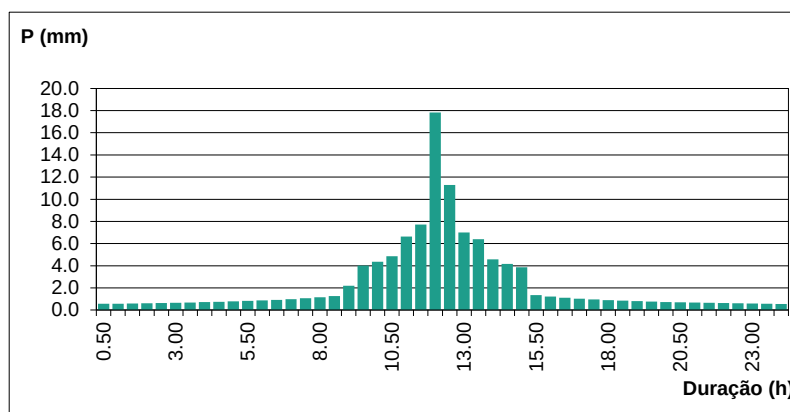


Figura 12 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 100 anos.

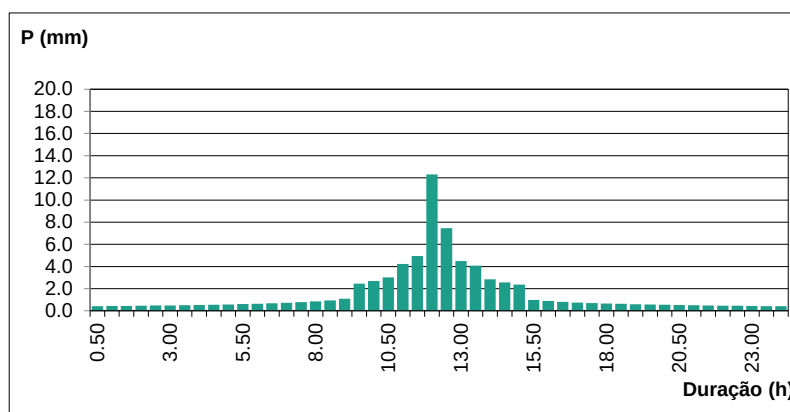


Figura 13 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 10 anos.

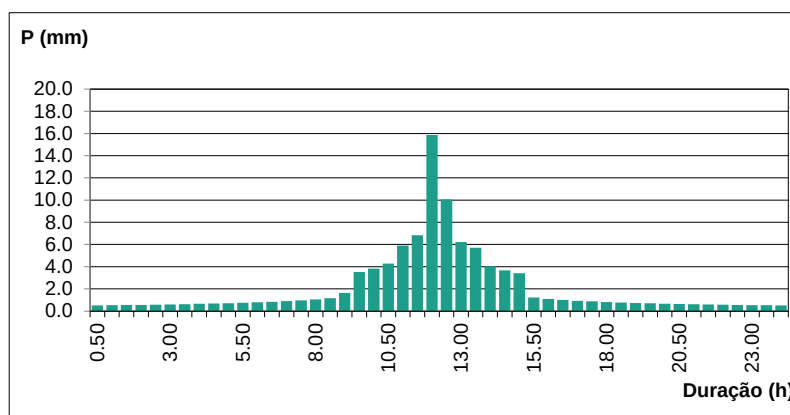


Figura 14 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 50 anos.

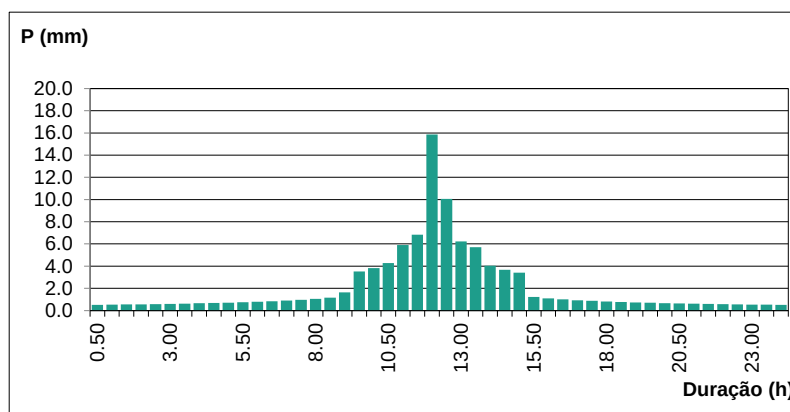


Figura 15 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 100 anos.

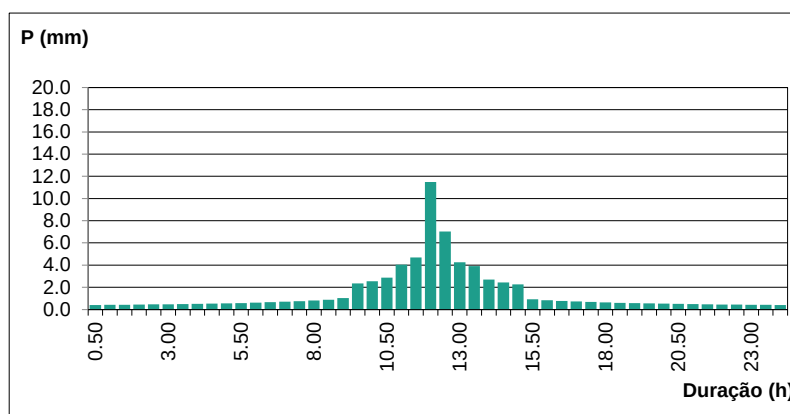


Figura 16 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 10 anos.

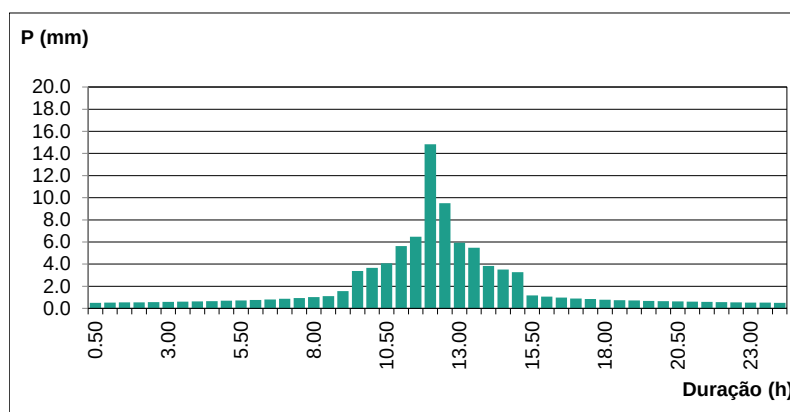


Figura 17 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 50 anos.

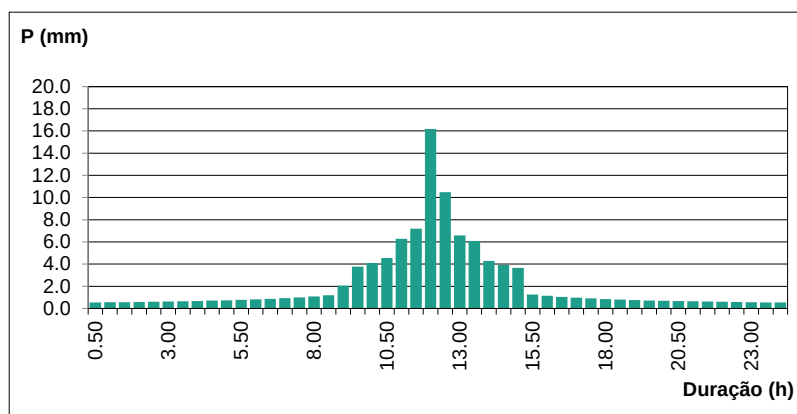


Figura 18 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 100 anos.

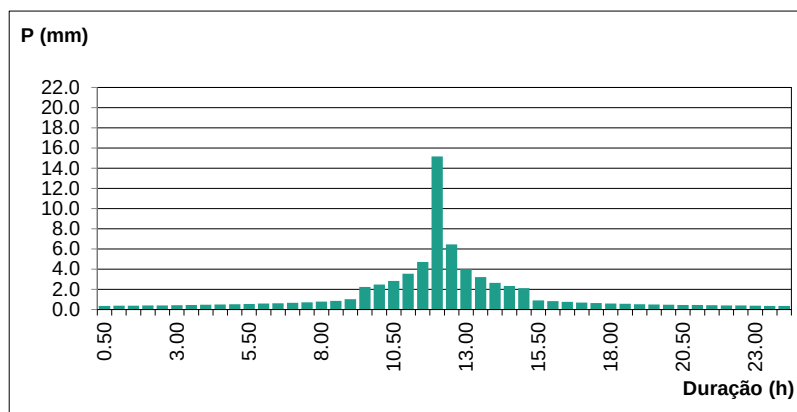


Figura 19 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 10 anos.

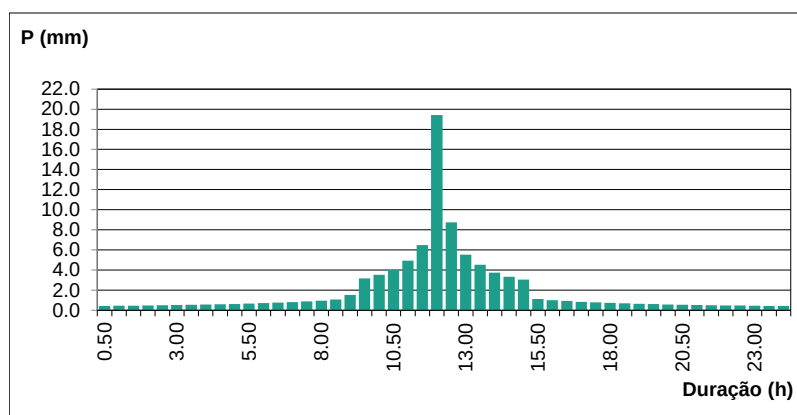


Figura 20 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 50 anos.

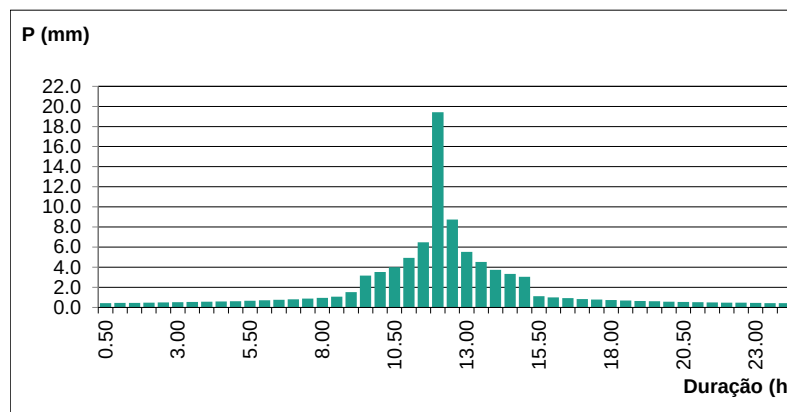


Figura 21 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 100 anos.

5.4.4 Hidrogramas de cheia

Como já referido, os hidrogramas de cheia das bacias hidrográficas A a D foram determinados por convolução dos respetivos hietogramas, com o hidrograma unitário sintético do *Soil Conservation Service*, realizada por intermédio do modelo HEC-HMS.

O hidrograma unitário do S.C.S é caracterizado pelo tempo de atraso (lag time), dado pela expressão:

$$t_{lag} = 0,6 \times t_c$$

onde t_{lag} é o tempo de atraso e t_c é o tempo de concentração da bacia.

Os tempos de concentração determinados para as bacias em estudo encontram-se indicados no Quadro 32 do Capítulo 1 obtendo-se, assim, os seguintes tempos de atraso:

- Bacia A - $t_{lag} = 277$ min;
- Bacia B - $t_{lag} = 353$ min;
- Bacia C - $t_{lag} = 299$ min;
- Bacia D - $t_{lag} = 144$ min;

As bacias hidrográficas foram, ainda, caracterizadas pelo número de escoamento, CN. Estes valores encontram-se indicados no Quadro 31 do Capítulo 1.

Os números de escoamento referentes a condições AMCII, foram utilizados para calcular hidrogramas com 10 anos de período de retorno.

No entanto, para o estudo de cheias com períodos de retorno muito elevados, superiores ou iguais a 100 anos, é prudente admitir que o solo se encontra saturado no início da precipitação intensa o que corresponde a condições AMCIII.

Para períodos de retorno intermédios, T = 50 anos foram adotados valores de CN médios entre AMCII e AMCIII.

No quadro seguinte resumem-se os números de escoamento CN determinados para cada uma das bacias e em função do período de retorno.

Quadro 57 – Valores de CN em função do período de retorno.

Bacia Hidrográfica	Números de escoamento		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
A	81	86,5	92
B	72	79,0	86
C	62	70,5	79
D	64	72,5	81

Em resultado da aplicação do modelo HE-HMS, obtiveram-se, para cada uma das bacias em estudo, os hidrogramas de cheia apresentados nas figuras seguintes.

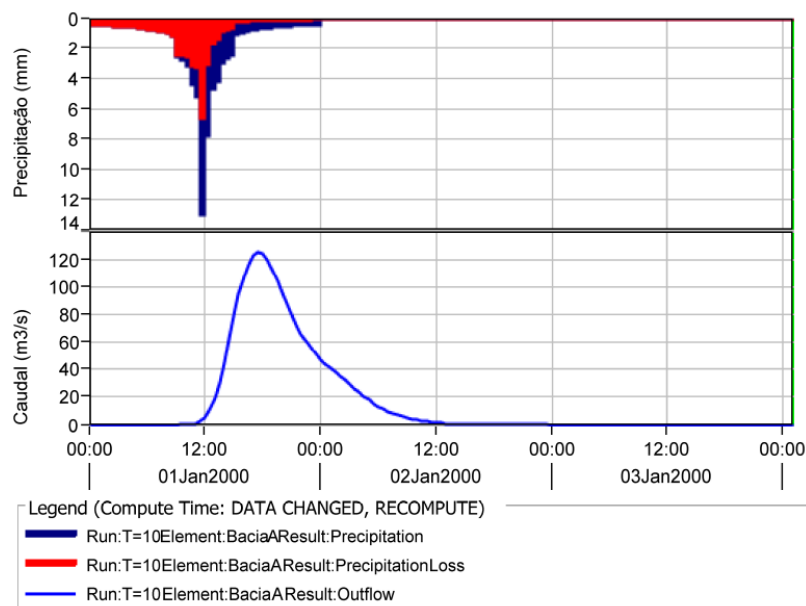


Figura 22 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 10 anos.

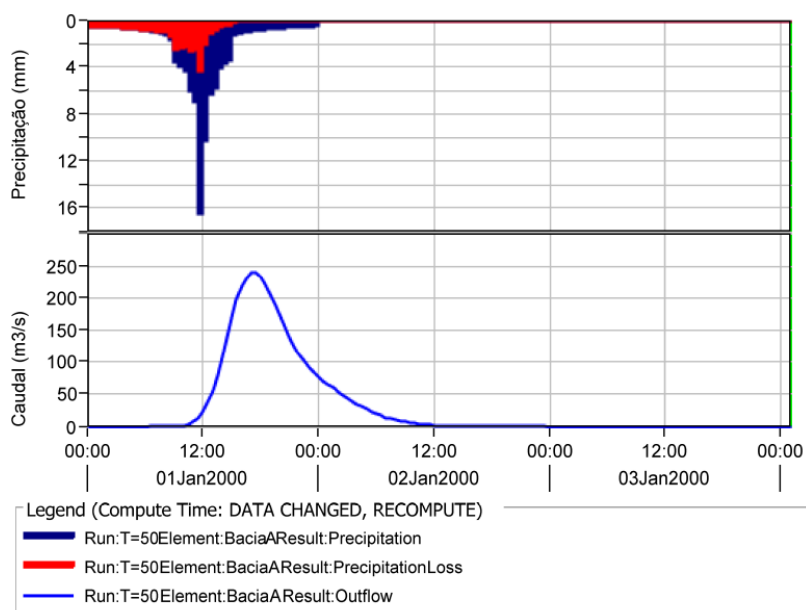


Figura 23 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 50 anos.

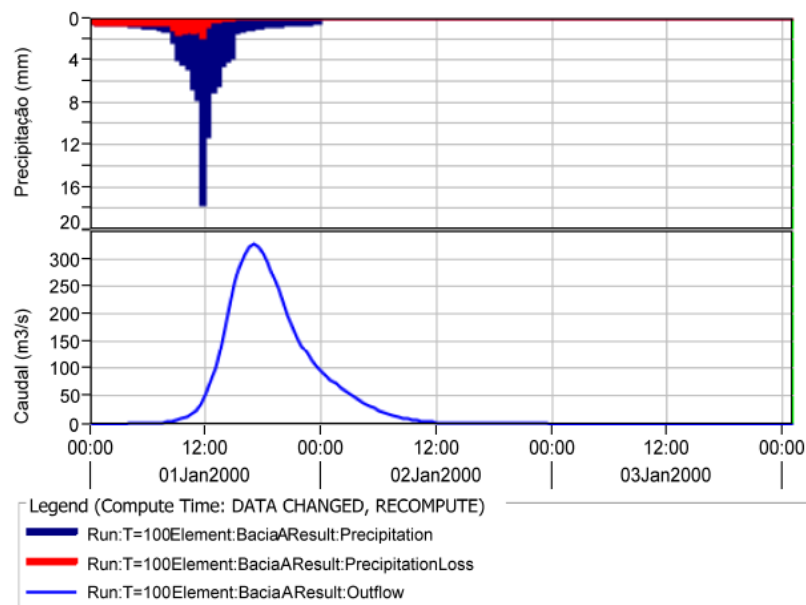


Figura 24 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 100 anos.

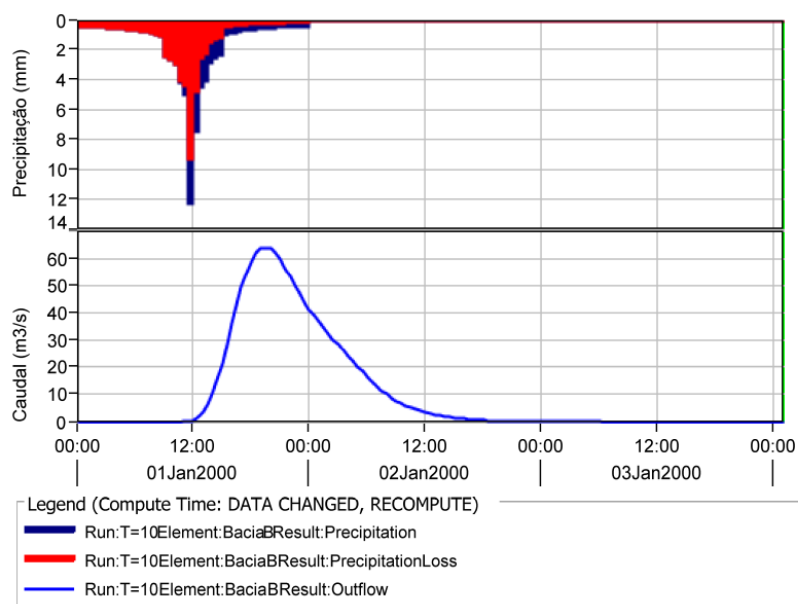


Figura 25 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 10 anos.

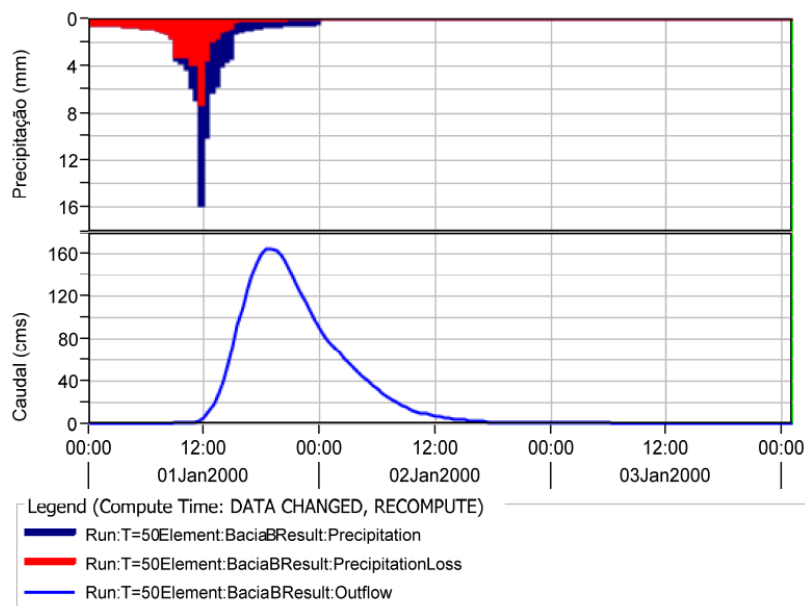


Figura 26 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 50 anos.

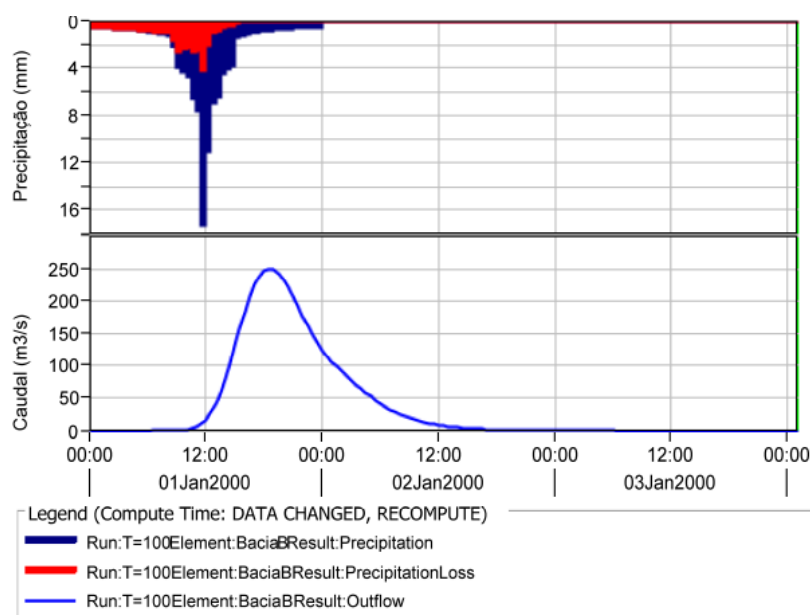


Figura 27 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 100 anos.

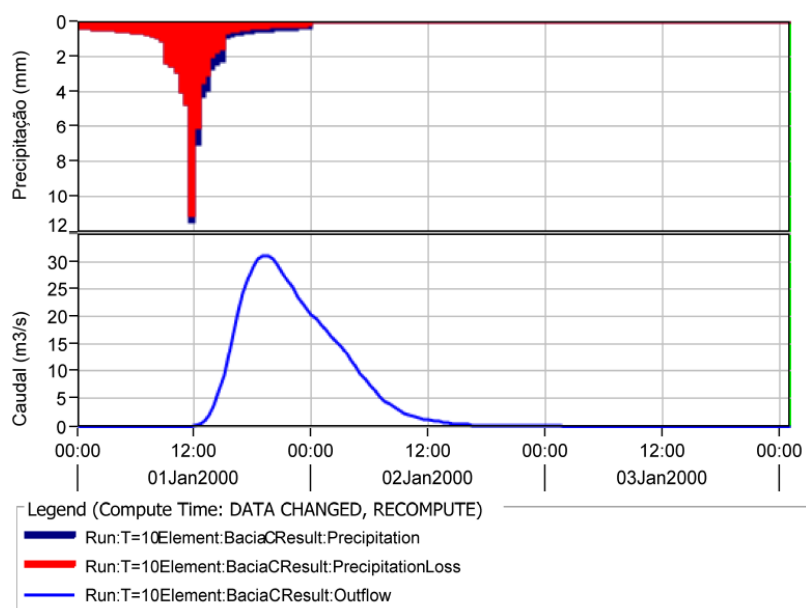


Figura 28 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 10 anos.

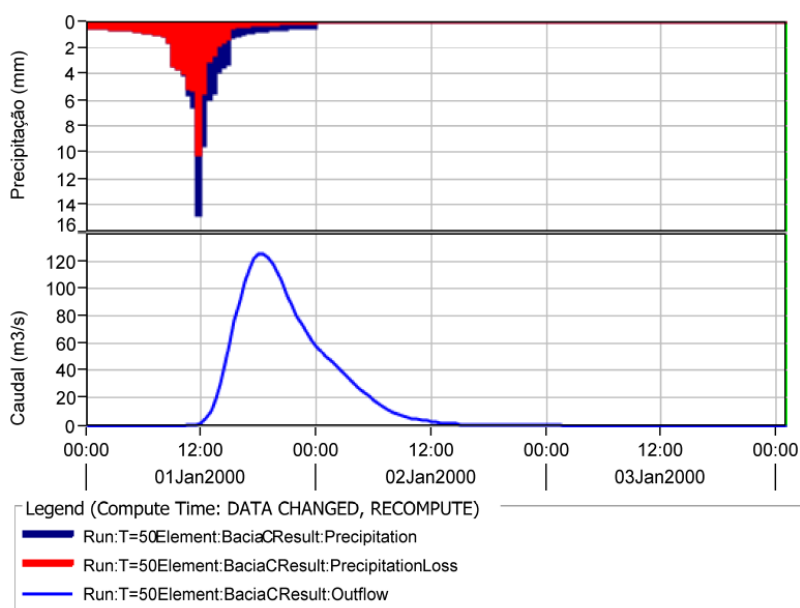


Figura 29 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 50 anos.

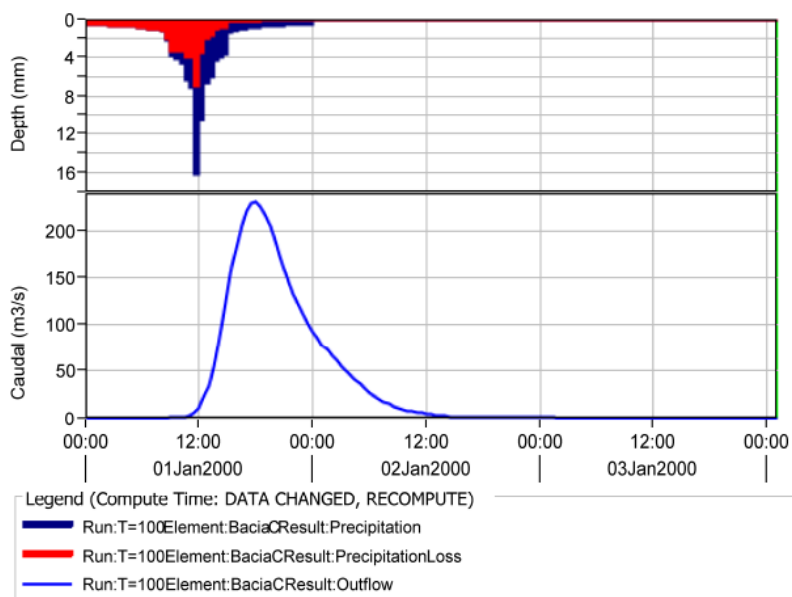


Figura 30 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 100 anos.

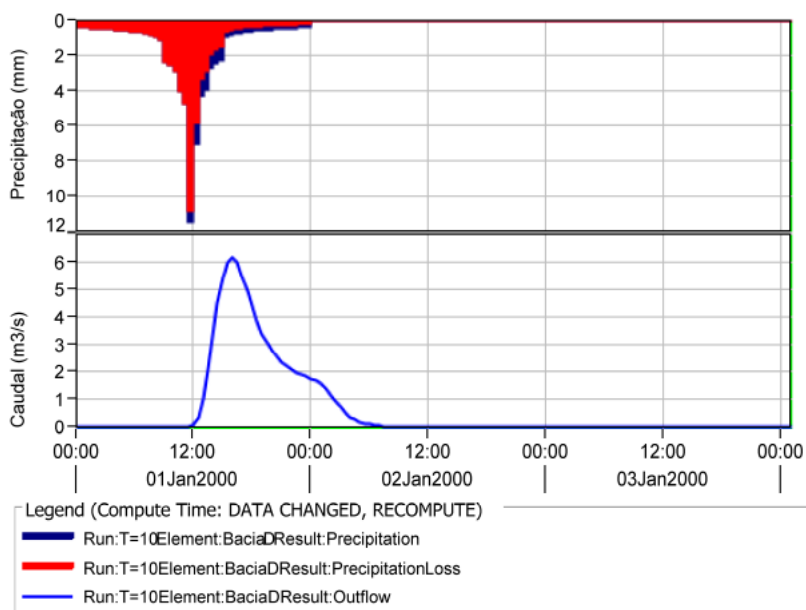


Figura 31 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 10 anos.

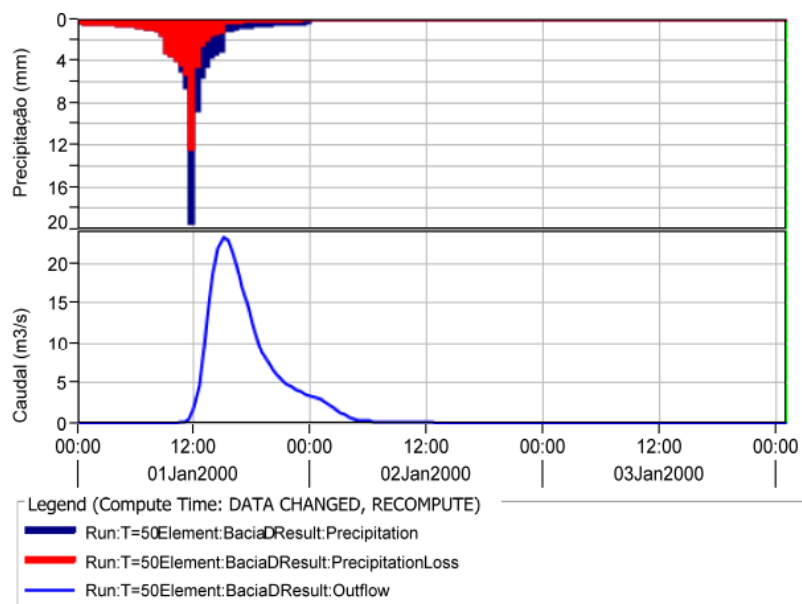


Figura 32 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 50 anos.

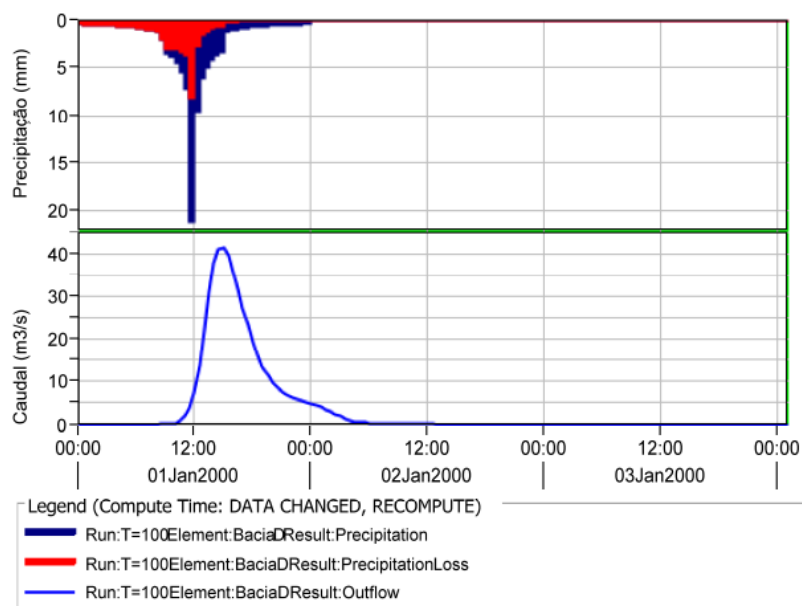


Figura 33 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 100 anos.

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas A a D, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.

Quadro 58 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas A a D.

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m³/s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
A	125,0	238,6	325,5
B	63,9	165,4	250,1
C	31,1	125,81	229,3
D	6,2	21,3	41,4

5.5 Fórmulas cinemáticas

5.5.1 Fórmula de Giandotti

A fórmula de Giandotti, definida pela equação seguinte, foi estabelecida para bacias hidrográficas italianas com diversas dimensões.

$$Q = \frac{\lambda A P}{tc}$$

em que:

Q – é o caudal de ponta de cheia (m³/s);

A – área da bacia (km²);

λ – é um parâmetro função da área da bacia hidrográfica;

P – precipitação (mm), com duração $t = t_c$;

t_c – é o tempo de concentração da bacia (h).

Para bacias hidrográficas com área inferior a 500 km² o valor do parâmetro λ toma valores iguais ou superiores a 0,277, equivalentes a um coeficiente de escoamento da fórmula racional maior ou igual à unidade, o que é absurdo.

Assim, Lencastre e Franco (1992) referem que alguns autores sugerem a utilização de $\lambda=0.224$, a que corresponde um valor de $C=0.81$.

Nos quadros seguintes apresenta-se o cálculo dos caudais de ponta de cheia por aplicação da fórmula de Giandotti para as bacias hidrográficas E a G.

A precipitação para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, foi obtida do seguinte modo:

- determinou-se a precipitação máxima anual com 24 h, P₂₄, para os três períodos de retorno, obtida por ponderação dos polígonos de Thiessen;
- com base nas relações P_d/P_{24} calculadas para o posto de São Julião do Tojal, apresentadas no Quadro 56, determinou-se a precipitação com duração igual ao tempo de concentração, P_{tc}.

De acordo com os polígonos de Thiessen apresentados na Figura 8, a precipitação P₂₄ sobre as bacias E e F é igual à P₂₄ obtida para o posto pluviométrico de Alenquer, uma vez que apenas este posto influência as bacias hidrográficas.

No que se refere à bacia hidrográfica G, a P₂₄ foi obtida por ponderação daquelas precipitações nos postos de Alenquer e de Ota.

Nos quadros seguintes apresentam-se os cálculos conducentes à obtenção das precipitações com duração igual ao tempo de concentração de cada uma das bacias e do caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos em resultado da aplicação da fórmula de Giandotti.

Quadro 59 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica E.

Período de retorno T (anos)	P ₂₄ (mm)	t_c (h)	P_d/P_{24} (-)	P _{tc} (mm)	λ (-)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	81,0	2,5	0,479	38,8	0,224	8,03	27,92
50	103,9		0,481	50,0			35,96
100	113,6		0,480	54,5			39,23

Quadro 60 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica F.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	λ (-)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	81,0	3,0	0,522	42,3	0,224	6,93	21,88
50	103,9		0,527	54,8			28,33
100	113,6		0,526	59,8			30,92

Quadro 61 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica G.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	λ	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	Ota (19D/02UG)	Bacia G						
	Área de influência (km²)								
	0.465	4.845							
10	81,0	72,5	73,1	1,7	0,398	29,1	0,224	5,32	20,40
50	103,9	97,3	97,7		0,396	38,7			27,13
100	113,6	107,8	108,1		0,393	42,5			29,80

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas E a G, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos pela fórmula de Giandotti.

Quadro 62 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula de Giandotti).

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m ³ /s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
E	27,92	35,96	39,23
F	21,88	28,33	30,92
G	20,40	27,13	29,80

5.5.2 Fórmula do Soil Conservation Service

A fórmula do *Soil Conservation Service*, SCS, apresenta a seguinte estrutura:

$$Q = \frac{0,277 \, k \, A \, h_u}{t_p}$$

em que:

Q – é o caudal de ponta de cheia (m³/s);

k – é um fator de ponta que pode variar entre 1 no caso de bacias muito declivosas e 0,5 no caso de bacias muito planas (nos cálculos habituais utiliza-se k=0,75);

A – área da bacia (km²);

h_u – altura de precipitação útil (mm);

t_p - tempo de crescimento, ou tempo para ponta (h);

0,277 – é um fator de conversão de unidades.

Para uma dada altura de precipitação total, h , a correspondente altura de precipitação útil correspondente, h_u , é calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$h_u = \frac{(h - h_0)^2}{h + 4h_0} \quad h > h_0$$

$$h_u = 0 \quad h \leq h_0$$

em que h_0 exprime as perdas iniciais da chuvada, antes de se iniciar o escoamento superficial.

O valor h_0 , em mm, é calculado pela seguinte expressão:

$$h_0 = \frac{5080}{CN} - 50,8$$

em que CN é o número de escoamento apresentado no Quadro 31 do Capítulo 2.

O tempo de crescimento, t_p , é calculado de acordo com a expressão seguinte:

$$t_p = \frac{1}{2} t_r + 0,6 \times t_c$$

em que t_r é a duração da precipitação útil (h) e t_c é o tempo de concentração da bacia (h).

A duração t_r da chuvada útil pode ser calculado subtraindo à duração t da precipitação total o tempo necessário para choverem as perdas iniciais, h_0 , considerando a intensidade média, $\bar{i} = h(t)/t$, constante durante toda a chuvada.

Assim, ter-se-á:

$$t_r = t - \frac{h_0}{h(t)/t}$$

Dado que a relação entre h_u e h não é linear exceto para CN igual a 100, o processo cálculo do valor máximo de caudal de ponta de cheia, para um dado período de retorno, foi feito por tentativas para valores de $t_r \geq t_c$.

O valor de t_r , correspondente ao valor máximo de Q , será tanto menos afastado da t_c , quanto mais elevado for o valor de CN.

Nos quadros seguintes apresentam-se os cálculos conducentes à obtenção do caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos em resultado da aplicação da fórmula do SCS.

Quadro 63 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS, na secção de referência da bacia hidrográfica E.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	t (h)	tc (h)	Pd/24 (-)	h (mm)	I (mm/h)	h ₀ (mm)	h _u (mm)	t _r (h)	t _p (h)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10,00	81,00	6,00	2,50	0,726	58,81	9,80	13,50	18,19	4,62	3,81	8,03	7,96
50,00	103,90	6,00		0,746	77,51	12,92	8,96	41,44	5,31	4,15		16,65
100,00	113,60	6,00		0,748	84,97	14,16	5,02	60,83	5,65	4,32		23,48

Quadro 64 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS, na secção de referência da bacia hidrográfica F.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	t (h)	tc (h)	Pd/24 (-)	h (mm)	I (mm/h)	h ₀ (mm)	h _u (mm)	t _r (h)	t _p (h)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	81,00	6,00	3,00	0,726	58,81	9,80	16,04	14,87	4,36	3,98	6,93	5,38
50	103,90	6,00		0,746	77,51	12,92	10,78	36,92	5,17	4,38		12,13
100	113,60	6,00		0,748	84,97	14,16	6,28	56,25	5,56	4,58		17,69

Quadro 65 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS na secção de referência da bacia hidrográfica G.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	t (h)	tc (h)	Pd/24 (-)	h (mm)	I (mm/h)	h ₀ (mm)	h _u (mm)	t _r (h)	t _p (h)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	73,1	8,40	1,70	0,786	57,45	6,84	27,35	5,43	4,40	3,22	5,32	1,86
50	97,7	6,00		0,746	72,88	12,15	18,32	20,37	4,49	3,27		6,89
100	108,1	6,00		0,748	80,86	13,48	11,15	38,73	5,17	3,61		11,87

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas E a G, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos pela fórmula do SCS.

Quadro 66 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula do SCS).

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m ³ /s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
E	7,96	16,65	23,48
F	5,38	12,13	17,69
G	1,86	6,89	11,87

5.5.3 Fórmula de Mockus

A fórmula de Mockus consiste numa simplificação da fórmula do *Soil conservation Service*, SCS, admitindo que o valor máximo do caudal de ponta de cheia, Q, para um determinado período de retorno, corresponde à chuvada útil com duração:

$$(t_r)_{crit} = 2\sqrt{t_c}$$

pelo que a equação de cálculo do caudal de ponta de cheia é:

$$Q = \frac{0,277 \, k \, A \, h_u}{\sqrt{t_c} + 0,6 \, t_c}$$

em que as variáveis têm o significado e unidades já apresentadas para a fórmula do SCS.

Nos quadros seguintes apresentam-se os cálculos que permitiram obter o caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos em resultado da aplicação da fórmula de Mockus.

Quadro 67 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica E.

Período de retorno	P24	t_c	Pd/24	h	l	h_0	h_u	Área,	Caudal
T (anos)	(mm)	(h)	(-)	(mm)	(mm/h)	(mm)	(mm)	A (km²)	Q(m³/s)
10	81,0	2,5	0,479	38,8	15,52	13,50	6,89	8,03	3,73
50	103,9		0,481	50,0	19,99	8,96	19,59		10,61
100	113,6		0,480	54,5	21,81	5,02	32,84		17,78

Quadro 68 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica F.

Período de retorno	P24	t_c	Pd/24	h	l	h_0	h_u	Área,	Caudal
T (anos)	(mm)	(h)	(-)	(mm)	(mm/h)	(mm)	(mm)	A (km²)	Q(m³/s)
10	81,0	3,0	0,522	42,3	14,09	16,04	6,47	6,93	2,64
50	103,9		0,527	54,8	18,25	10,78	19,77		8,06
100	113,6		0,526	59,8	19,92	6,28	33,69		13,73

Quadro 69 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica G.

Período de retorno	P24	t_c	Pd/24	h	l	h_0	h_u	Área,	Caudal
T (anos)	(mm)	(h)	(-)	(mm)	(mm/h)	(mm)	(mm)	A (km²)	Q(m³/s)
10	73,1	1,7	0,398	29,1	17,12	27,35	0,02	5,32	0,01
50	97,7		0,396	38,7	22,77	18,32	3,71		1,77
100	108,1		0,393	42,5	25,00	11,15	11,29		5,37

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas E a G, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos pela fórmula de Mockus.

Quadro 70 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula de Mockus).

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m³/s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
E	3,73	10,61	17,78
F	2,64	8,06	13,73
G	0,01	1,77	5,37

5.5.4 Método Racional

Do ponto de vista hidrológico, o método Racional é aplicável a bacias hidrográficas em que seja válido admitir que:

- as precipitações intensas que originam cheias são uniformes no tempo (por se referirem a pequenas durações, iguais aos tempos de concentração das bacias) e no espaço (devido às reduzidas áreas de bacia hidrográfica);
- o escoamento ocorre essencialmente sob a forma de escoamento à superfície do terreno;

o armazenamento de água na rede de drenagem é negligenciável.

A principal limitação da fórmula Racional é que considera a transformação da precipitação em escoamento como linear, traduzida por um coeficiente de escoamento constante.

A utilização desta fórmula requer o conhecimento da área e tipo de ocupação do solo da bacia hidrográfica, do tempo de concentração e da curva de possibilidade udométrica para um dado período de retorno.

A fórmula racional é definida por:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6}$$

sendo:

C – coeficiente de escoamento;

I – Intensidade média de precipitação para determinada frequência de ocorrência e com duração igual ao tempo de concentração da bacia (mm/h);

A – área da bacia (km²).

O coeficiente de escoamento C depende não só do coberto vegetal, da orografia e da capacidade de infiltração, como também do período de retorno, aumentando com o aumento daquele período, de modo a traduzir a diminuição das perdas de precipitação.

De um modo geral, é grande a indeterminação associada à fixação do valor de C a adotar na determinação de caudais de ponta de cheia.

Na figura seguinte são apresentados valores do coeficiente C da fórmula racional, adaptado de CHOW et al., 1988, p. 498, em função do tipo de ocupação e do período de retorno da precipitação.

Tipo de ocupação	Período de retorno, T (anos)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zona urbana							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Betão/telhados	0,75	0,80	0,88	0,88	0,92	0,97	1,00
Relvados							
Ocupando menos de 50% da área							
Declive de 0 a 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Declive de 2 a 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Declive superior a 7%	0,430	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Ocupando de 50 a 75% da área							
Declive de 0 a 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Declive de 2 a 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Declive superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Ocupando mais de 75% da área							
Declive de 0 a 2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Declive de 2 a 7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Declive superior a 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Zona não urbana							
Terreno cultivado							
Declive de 0 a 2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Declive de 2 a 7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Declive superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastagem							
Declive de 0 a 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Declive de 2 a 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Declive superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Floresta							
Declive de 0 a 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Declive de 2 a 7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Declive superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Figura 34 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, adaptado de CHOW et al., 1988, p. 498.

De acordo com a Nota Técnica NT_V01_INFRAESTRUTURA VIA_v03 o método racional deve ser aplicado para o cálculo do caudal de ponta de cheia em bacias hidrográficas com área igual ou inferior a 10 km².

Assim, no presente estudo, o método Racional foi aplicado às bacias hidrográficas E e Z, constituindo a aplicação de uma fórmula cinemática para as bacias hidrográficas com área entre 5 e 10 km² (bacias E e G) e um método único para bacias com área inferior ou igual a 5 km² (H a Z).

Nos quadros seguintes apresentam-se os valores do coeficiente da fórmula racional, para cada período de retorno, ponderados de acordo com o tipo de ocupação de cada bacia, identificado no Capítulo 1.

Quadro 71 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica E – ribeiro do Barrão/Vala da Regateira.

Classes de utilização do solo	Área (km ²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	2,38	0,40	0,47	0,51
Florestas densas	0,10	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,52	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	1,07	0,37	0,44	0,48
Áreas residenciais	3,49	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,46	0,81	0,90	0,95

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Planos de água	0,01	1,00	1,00	1,00
Área total	8,03	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,63	0,68	0,73

Quadro 72 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica F – Vala Nova.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	4,44	0,40	0,47	0,51
Florestas densas	0,09	0,35	0,42	0,46
Planos de água	0,01	1,00	1,00	1,00
Florestas pouco densas	0,66	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,36	0,37	0,44	0,48
Áreas residenciais	0,70	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,36	0,81	0,9	0,95
Zonas industriais	0,27	0,88	0,92	0,97
Áreas comerciais	0,03	0,88	0,92	0,97
Área total	6,92	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,49	0,55	0,59

Quadro 73 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica G.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	1,24	0,40	0,47	0,51
Florestas densas	2,05	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,09	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	1,18	0,37	0,44	0,48
Áreas residenciais	0,47	0,88	0,92	0,97
Zonas industriais	0,24	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,01	0,81	0,90	0,95
Planos de água	0,03	1,00	1,00	1,00
Área total	5,31	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,44	0,51	0,55

**Quadro 74 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica H – ribeiro da Castanheira.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,87	0,40	0,47	0,51
Florestas densas	1,38	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,22	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,37	0,37	0,44	0,48
Áreas residenciais	0,59	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,06	0,81	0,90	0,95
Área total	3,49	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,46	0,53	0,57

**Quadro 75 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica I.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas comerciais	0,05	0,88	0,92	0,97
Áreas cultivadas	1,64	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,06	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,28	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,01	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,15	0,37	0,44	0,48
Planos de água	0,03	1,00	1,00	1,00
Ruas, estradas pavimentadas	0,08	0,81	0,90	0,95
Área total	2,29	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0.50	0.57	0.60

**Quadro 76 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica J – ribeiro da Corte.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	1,45	0,40	0,47	0,51
Áreas residenciais	0,07	0,88	0,92	0,97
Pastagens boas	0,05	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,1	0,81	0,90	0,95
Área total	1,66	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,45	0,52	0,56

**Quadro 77 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica K.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas comerciais	0,03	0,88	0,92	0,97
Áreas cultivadas	0,02	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,08	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,02	0,88	0,92	0,97
Pastagens boas	0,09	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,03	0,81	0,90	0,95
Área total	0,27	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,68	0,73	0,78

**Quadro 78 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica L.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,37	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,37	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,03	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,22	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,04	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,25	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,13	0,81	0,90	0,95
Área total	1,41	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,56	0,62	0,67

**Quadro 79 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica M.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,05	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,4	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,01	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,71	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,07	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,08	0,37	0,44	0,48
Área total	1,31	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,52	0,58	0,63

**Quadro 80 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica N.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	≈ 0,00	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,95	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,20	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	≈ 0,00	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,03	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	1,18	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,78	0,82	0,87

**Quadro 81 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica O.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas comerciais	0,03	0,88	0,92	0,97
Áreas cultivadas	0,01	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,07	0,88	0,92	0,97
Florestas pouco densas	0,05	0,35	0,42	0,46
Ruas, estradas pavimentadas	0,02	0,81	0,90	0,95
Área total	0,17	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,74	0,80	0,85

**Quadro 82 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica P.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,29	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,13	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,01	0,81	0,90	0,95
Área total	0,43	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,56	0,62	0,66

**Quadro 83 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica Q – Vala do Carril.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,55	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,33	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,03	0,88	0,92	0,97

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Florestas densas	0,42	0,35	0,42	0,46
Ruas, estradas pavimentadas	0,20	0,81	0,90	0,95
Área total	1,54	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,55	0,62	0,66

Quadro 84 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica R.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,17	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,04	0,88	0,92	0,97
Planos de água	0,00	1,00	1,00	1,00
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,21	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,49	0,56	0,59

Quadro 85 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica S.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,00	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,23	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,00	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,23	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,88	0,92	0,97

Quadro 86 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica T.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,18	0,40	0,47	0,51
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,18	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,40	0,47	0,51

**Quadro 87 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica U.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,04	0,40	0,47	0,51
Áreas residenciais	0,01	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,01	0,81	0,90	0,95
Área total	0,06	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,55	0,62	0,66

**Quadro 88 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica V.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,04	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,08	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,01	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,02	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,04	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,01	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,19	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,63	0,69	0,74

**Quadro 89 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica X.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas industriais	0,06	0,88	0,92	0,97
Área total	0,06	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,88	0,92	0,97

**Quadro 90 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica Y.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,04	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,11	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,01	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,01	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,04	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,06	0,37	0,44	0,48

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,27	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,60	0,65	0,70

Quadro 91 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica Z.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,11	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,08	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,12	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,10	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,01	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,20	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,62	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,54	0,60	0,64

A intensidade máxima de precipitação, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, foi obtida conforme apresentado na secção 5.5.1 aquando da aplicação da fórmula de Giandotti.

De acordo com os polígonos de Thiessen apresentados na Figura 8, a precipitação P24 sobre as bacias E, F, I a J, L a N e T a X é igual à P24 obtida para o posto pluviométrico de Alenquer, uma vez que apenas este posto influencia as bacias.

No que se refere à bacia hidrográfica G, a P24 h foi obtida por ponderação daquelas precipitações nos posto de Alenquer e de Ota.

Para as bacias H, K, O e P, o posto de influência da totalidade das bacias é o de Vila Franca de Xira (Lezíria). Para as bacias Y e Z o posto de influência considerado foi o da Ota.

No que se refere às bacias hidrográficas Q a S a P24 foi obtida por ponderação daquelas precipitações nos postos de Alenquer e de Vila Franca de Xira (Lezíria).

Nos quadros seguintes apresentam-se os cálculos conducentes à obtenção das precipitações com duração igual ao tempo de concentração de cada uma das bacias, da respetiva intensidade de precipitação e do caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos em resultado da aplicação da fórmula Racional.

Quadro 92 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica E.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	2,5	0,479	38,8	15,52	0,63	8,03	21,81
50	103,9		0,481	50,0	19,99	0,68		30,32
100	113,6		0,480	54,5	21,81	0,73		35,52

Quadro 93 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica F.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	3,0	0,522	42,3	14,09	0,49	6,93	13,29
50	103,9		0,527	54,8	18,25	0,55		19,32
100	113,6		0,526	59,8	19,92	0,59		22,62

Quadro 94 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica G.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc	Pd/24	Ptc	I	C	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	Ota (19D/02UG)	Bacia G							
	Área de influência (km²)									
	0,465	4,845								
10	81,0	72,5	73,1	1,7	0,398	29,1	17,12	0,44	5,32	11,13
50	103,9	97,3	97,7		0,396	38,7	22,77	0,51		17,16
100	113,6	107,8	108,1		0,393	42,5	25,00	0,55		20,32

Quadro 95 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica H.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	86,0	1,8	0,409	35,2	19,54	0,46	3,49	8,76
50	117,0		0,408	47,7	26,51	0,53		13,56
100	130,1		0,405	52,7	29,26	0,57		16,11

Quadro 96 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica I.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	2,3	0,460	37,2	16,19	0,50	2,29	5,19
50	103,9		0,461	47,9	20,83	0,57		7,53
100	113,6		0,459	52,2	22,68	0,60		8,73

Quadro 97 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica J.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	2,6	0,488	39,5	15,19	0,45	1,66	3,15
50	103,9		0,490	50,9	19,59	0,52		4,69
100	113,6		0,489	55,6	21,37	0,56		5,47

Quadro 98 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica K.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	86,0	0,6	0,240	20,7	34,46	0,68	0,27	1,75
50	117,0		0,233	27,3	45,44	0,73		2,50
100	130,1		0,230	29,9	49,83	0,78		2,91

Quadro 99 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica L.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,9	0,293	23,7	26,33	0,56	1,41	5,77
50	103,9		0,287	29,8	33,13	0,62		8,09
100	113,6		0,283	32,2	35,75	0,67		9,31

Quadro 100 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica M.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,8	0,275	22,3	27,86	0,52	1,31	5,29
50	103,9		0,269	27,9	34,94	0,58		7,41
100	113,6		0,265	30,1	37,69	0,63		8,58

Quadro 101 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica N.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,6	0,240	19,5	32,45	0,78	1,18	8,27
50	103,9		0,233	24,2	40,35	0,82		10,88
100	113,6		0,230	26,1	43,51	0,87		12,42

Quadro 102 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica O.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	86,0	0,6	0,240	20,7	34,46	0,74	0,17	1,20
50	117,0		0,233	27,3	45,44	0,80		1,71
100	130,1		0,230	29,9	49,83	0,85		1,99

Quadro 103 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica P.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	86,0	1,1	0,323	27,8	25,27	0,56	0,43	1,68
50	117,0		0,319	37,3	33,89	0,62		2,50
100	130,1		0,315	41,0	37,23	0,66		2,92

Quadro 104 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Q.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc	Pd/24	Ptc	I	C	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	VFX (20D/01C)	Bacia G							
	Área de influência (km²)									
	0,52	0,98								
10	81,0	86,0	84,3	0,7	0,258	21,7	31,03	0,55	1,54	7,17
50	103,9	117,0	112,5		0,251	28,2	40,33	0,62		10,42
100	113,6	130,1	124,4		0,248	30,8	44,00	0,66		12,13

Quadro 105 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica R.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc	Pd/24	Ptc	I	C	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	VFX (20D/01C)	Bacia G							
	Área de influência (km²)									
	0.14	0.07								
10	81,0	86,0	82,6	1,0	0,310	25,6	25,62	0,49	0,21	0,74
50	103,9	117,0	108,2		0,305	33,0	32,99	0,56		1,07
100	113,6	130,1	119,0		0,301	35,8	35,82	0,59		1,24

Quadro 106 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica S.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc	Pd/24	Ptc	I	C	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	VFX (20D/01C)	Bacia G							
	Área de influência (km²)									
	0.20	0.03								
10	81,0	86,0	81,8	1,0	0,310	25,3	25,35	0,88	0,23	1,30
50	103,9	117,0	105,9		0,305	32,3	32,30	0,92		1,73
100	113,6	130,1	116,1		0,301	34,9	34,95	0,97		1,98

Quadro 107 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica T.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,7	0,258	20,9	29,83	0,40	0,18	0,60
50	103,9		0,251	26,1	37,26	0,47		0,88
100	113,6		0,248	28,1	40,18	0,51		1,02

Quadro 108 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica U.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,2	0,171	13,8	69,17	0,55	0,06	0,63
50	103,9		0,161	16,7	83,64	0,62		0,86
100	113,6		0,159	18,0	90,08	0,66		0,99

Quadro 109 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica V.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,6	0,240	19,5	32,45	0,63	0,19	1,08
50	103,9		0,233	24,2	40,35	0,69		1,47
100	113,6		0,230	26,1	43,51	0,74		1,69

Quadro 110 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica X.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,2	0,171	13,8	69,17	0,88	0,06	1,01
50	103,9		0,161	16,7	83,64	0,92		1,28
100	113,6		0,159	18,0	90,08	0,97		1,46

Quadro 111 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Y.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	72,5	0,3	0,188	13,6	45,48	0,60	0,27	2,04
50	97,3		0,179	17,4	58,06	0,65		2,85
100	107,8		0,176	19,0	63,39	0,70		3,31

Quadro 112 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Z.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	72,5	0,4	0,206	14,9	37,27	0,54	0,62	3,44
50	97,3		0,197	19,2	47,92	0,60		4,92
100	107,8		0,194	20,9	52,34	0,64		5,75

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas E a Z, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos (método racional).

Quadro 113 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a Z (método racional).

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m ³ /s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
E	21,81	30,32	35,52
F	13,29	19,32	22,62
G	11,13	17,16	20,32
H	8,73	13,56	16,11
I	5,19	7,53	8,73
J	3,15	4,69	5,47
K	1,75	2,50	2,91
L	5,77	8,09	9,31
M	5,29	7,41	8,58
N	8,27	10,88	12,42
O	1,20	1,71	1,99
P	1,68	2,50	2,92
Q	7,17	10,42	12,13
R	0,74	1,07	1,24
S	1,30	1,73	1,98
T	0,60	0,88	1,02
U	0,63	0,86	0,99
V	1,08	1,47	1,69
X	1,01	1,28	1,46
Y	2,04	2,85	3,31
Z	3,44	4,92	5,75

5.6 Compilação dos resultados obtidos para as bacias E a G

Para as bacias hidrográficas E a G foram aplicadas 4 metodologias de cálculo do caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.

No quadro seguinte resumem-se os valores dos caudais obtidos pelas diferentes fórmulas aplicadas, assim como o respetivo valor médio.

Quadro 114 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G.

Bacia Hidrográfica	Período de retorno (anos)	Caudal de ponta de cheia (m³/s)				
		Giandotti	SCS	Mockus	Racional	Media
E	10	27,92	7,96	3,73	21,81	15,36
	50	35,96	16,65	10,61	30,32	23,39
	100	39,23	23,48	17,78	35,52	29,00
F	10	21,88	5,38	2,64	13,29	10,80
	50	28,33	12,13	8,06	19,32	16,96
	100	30,92	17,69	13,73	22,62	21,24
G	10	20,40	1,86	0,01	11,13	8,35
	50	27,13	6,89	1,77	17,16	13,24
	100	29,80	11,87	5,37	20,32	16,84

Conforme se pode observar no quadro acima, os caudais de ponta de cheia variam significativamente consoante a fórmula utilizada para o cálculo dos caudais dos mesmos.

Verifica-se também que esta diferença diminui com o aumento do período de retorno, sendo que para o período de 100 anos, que será o utilizado no dimensionamento das passagens hidráulicas, os caudais têm uma ordem de grandeza semelhante.

Para as bacias E a G adotou-se então como caudal de dimensionamento a média dos valores obtidos através das diferentes fórmulas cinemáticas.

6 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Nos vários estudos europeus já realizados, Portugal é apontado como um dos países que poderá ser mais afetado pelas alterações climáticas, com aumento na frequência e intensidade de secas, inundações, cheias repentinas, ondas de calor, entre outros.

De acordo com o Plano de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI) - Cartas de Zonas Inundáveis de Riscos de Inundações da RH5A – Tejo e Ribeiras do Oeste (APA, 2020), que inclui a área de estudo foi estimada um agravamento dos caudais de ponta de cheia de cerca de 6%. Esta variação foi estimada para os caudais de ponta para o período de retorno com probabilidade de ocorrência média – T = 100 anos para o período de 2041-2070 e em ambos os cenários Representative Concentration Pathway RCP 4.5 e RCP 8.5.

Deste modo, no presente Estudo Hidrológico, procedeu-se ao agravamento dos caudais de cheia obtidos em 6%, independentemente do período de retorno, apresentando-se no quadro seguinte os caudais de ponta de cheia em cada bacia hidrográfica, para os cenários atual e com alterações climáticas.

Quadro 115 – Caudais de ponta de cheia para todas as bacias hidrográficas.

Bacia Hidrográfica	Cenário atual			Cenário com alterações climáticas		
	Caudal de ponta de cheia (m³/s)			Caudal de ponta de cheia (m³/s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
A	125,00	238,60	325,50	132,50	252,92	345,03
B	63,90	156,40	250,10	67,73	165,78	265,11
C	31,10	125,81	229,30	32,97	133,36	243,06
D	6,20	21,30	41,40	6,57	22,58	43,88
E	15,36	23,39	29,00	16,28	24,79	30,74
F	10,80	16,96	21,24	11,45	17,98	22,51
G	8,35	13,24	16,84	8,85	14,03	17,85
H	8,73	13,56	16,11	9,25	14,37	17,08
I	5,19	7,53	8,73	5,50	7,98	9,25
J	3,15	4,69	5,47	3,34	4,97	5,80
K	1,75	2,50	2,91	1,85	2,65	3,09
L	5,77	8,09	9,31	6,12	8,58	9,87
M	5,29	7,41	8,58	5,61	7,85	9,09
N	8,27	10,88	12,42	8,77	11,53	13,17
O	1,20	1,71	1,99	1,27	1,81	2,11
P	1,68	2,50	2,92	1,78	2,65	3,10
Q	7,17	10,42	12,13	7,60	11,05	12,85
R	0,74	1,07	1,24	0,78	1,13	1,31
S	1,30	1,73	1,98	1,38	1,83	2,10
T	0,60	0,88	1,02	0,64	0,93	1,08
U	0,63	0,86	0,99	0,67	0,91	1,05
V	1,08	1,47	1,69	1,14	1,56	1,79
X	1,01	1,28	1,46	1,07	1,36	1,55
Y	2,04	2,85	3,31	2,16	3,02	3,51
Z	3,44	4,92	5,75	3,65	5,22	6,10

PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA

LINHA DO NORTE – TROÇO ENTRE O PK 34+100 E PK 47+000



PROJETO DE EXECUÇÃO V01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA

Memória Descritiva e Justificativa

Controlo de Assinaturas

Realizado	Revisto	Aprovado Coordenador Projeto
Ana Teresa Dias / Hugo Rocha	Carlos Raposo	Jorge Latas
19-12-2024	19-12-2024	19-12-2024
Data e Assinatura	Data e Assinatura	Data e Assinatura

Não necessita de assinatura se aprovado eletronicamente

Informação Adicional	Informação do Documento	
O Gestor de Projeto Elisabete Moreira de Oliveira Pino	Código Documento PF0223.PE.01.02.00.00.MDJ.03	
O Responsável Unidade Emanuel Ribeirinho	Revisão 03	Data 12-03-2026
O Responsável Departamento Fernando Vendas	Código Projetista	
O Diretor Pedro Pais	Nome do Ficheiro PF0223.PE.01.02.00.00.MDJ.03.docx	

Registo de Alterações

Rev	Data	Autor	Secção Afetada	Alterações
00	19-12-2024	Ana Teresa Dias / Hugo Rocha	Edição inicial	-----
01	18-01-2025	Hugo Rocha	Revisão Geral	Revisão de acordo com o parecer da IP
02	30-10-2025	Hugo Rocha	Revisão Geral	Revisão de acordo com o parecer da IP relativo ao PE, ref.ª 4679273/007
03	12-03-2026	Hugo Rocha	Revisão Geral	Revisão de acordo com o parecer da IP relativo ao PE, ref.ª 4936140/007

**PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO
ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA**

LINHA DO NORTE – TROÇO ENTRE O PK 34+100 E PK 47+000

PROJETO DE EXECUÇÃO

ÍNDICE GERAL DO PROJETO

VOLUME 00 – GERAL

Tomo 0.1 – Caracterização Geral do Projeto

Tomo 0.2 – Cartografia e Topografia

Tomo 0.3 – PSS e CT

 Tomo 0.3.1 – Plano de Segurança e Saúde

 Tomo 0.3.2 – Compilação Técnica

Tomo 0.4 – PPGRCD

Tomo 0.5 – SIG

Tomo 0.6 – Interoperabilidade

 Tomo 0.6.1 – ETI Infraestrutura

 Tomo 0.6.1.01 – Relatório ETI-INF

 Tomo 0.6.1.02 – Anexos ETI-INF

 Tomo 0.6.2 – Relatório ETI Pessoas de Mobilidade Reduzida

 Tomo 0.6.2.01 – Relatório ETI-PMR

 Tomo 0.6.2.02 – Anexos ETI-PMR

 Tomo 0.6.4 – Relatório ETI Energia

 Tomo 0.6.4.01 – Relatório ETI-ENR

 Tomo 0.6.4.02 – Anexos ETI-ENR

VOLUME 01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA

Tomo 1.1 – Plataforma da Via

Tomo 1.2 – Drenagem

Tomo 1.3 – Estruturas de Proteção e Estabilização da Plataforma

Tomo 1.4 – Vedações

Tomo 1.5 – Elementos de Proteção Acústica

Tomo 1.6 – Restabelecimentos, Serventias e Caminhos Paralelos

 Tomo 1.6.1 – Restabelecimentos

 01 – Caminho de Acesso ao Posto de Catenária do Carregado Norte (PK 37+725)

 02 – Caminhos junto à Nova Passagem Pedonal em Vila Nova da Rainha
 (PK 39+875)

Tomo 1.7 – Geologia e Geotecnia

Tomo 1.8 – Estudo Hidrológico

Tomo 1.9 – Muros de Suporte

VOLUME 02 – INFRAESTRUTURA DE OBRAS DE ARTE (VIA-FÉRREA)

Tomo 2.1 – Pontes

 Tomo 2.1.01 – Ponte ao PK 35+368 (PH112/113)

 Tomo 2.1.02 – Ponte ao PK 36+060 (PH114/115)

 Tomo 2.1.03 – Ponte da Vala do Carregado (PH116 – 36+684 – VA)

Tomo 2.1.04 – Ponte da Vala do Carregado (PH116 – 36+684 – VD)

Tomo 2.1.05 – Ponte Vila Nova da Rainha

Tomo 2.1.06 – Ponte Valverde (PH134/135)

Tomo 2.1.07 – Ponte Pedonal de Vila Nova da Rainha (PK 39+875)

Tomo 2.3 – Viadutos

Tomo 2.3.01 – Viaduto de Vila Nova da Rainha (VD)

Tomo 2.4 – Passagens Hidráulicas

Tomo 2.4.01 – PH 109 (PH da Castanheira – 34+202)

Tomo 2.4.02 – PH 110 (34+517)

Tomo 2.4.03 – PH 117 (36+804)

Tomo 2.4.04 – PH/Galeria (36+847)

Tomo 2.4.05 – PH 118 (37+222)

Tomo 2.4.06 – PH 119 (PH da Regateira – 37+880)

Tomo 2.4.07 – PH 121 (PH das Faias – 37+577)

Tomo 2.4.08 – PH 123 (PH do Rouxinol – 39+346)

Tomo 2.4.09 – PH 127 (41+524)

Tomo 2.4.10 – PH 130 (42+282)

Tomo 2.4.11 – PH 130B (42+815)

Tomo 2.4.12 – PH 130A_1 (43+125)

Tomo 2.4.13 – PH 130A_2 (43+131)

Tomo 2.4.14 – PH da conduta Metálica/Galeria (43+140)

Tomo 2.4.15 – PH 131 (44+171)

Tomo 2.4.16 – PH 132 (PH da Maia – 44+750)

Tomo 2.4.17 – PH com 1,5 m de Vão

Tomo 2.4.17.1 – PH 111, 120, 126A, 128, 129 e 133

Tomo 2.4.17.2 – PH 122 (38+915)

Tomo 2.5 – Passagens Desniveladas

Tomo 2.5.02 – Passagens Superiores Rodoviárias

Tomo 2.5.2.01 – PSR ao PK 46+224 – Estruturas de Proteção

VOLUME 03 – SUPERESTRUTURA DE VIA

VOLUME 05 – SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA DE EXPLORAÇÃO

VOLUME 06 – TELECOMUNICAÇÕES

Tomo 6.1 – Sistemas e Infraestruturas de Telecomunicações

Tomo 6.2 – Sistema de Comunicações Móveis (GSM-R)

Tomo 6.2.1 – Infraestruturas Base do Sistema de Comunicações Móveis (GSM-R)

VOLUME 07 – CATENÁRIA E ENERGIA DE TRAÇÃO

Tomo 7.1 – Catenária

Tomo 7.3 – Retorno de Corrente de Tração, Terras e Proteções

VOLUME 08 – EDIFICAÇÕES

Tomo 8.1 – CRI – Estação de Castanheira do Ribatejo – PK 34+102

Tomo 8.1.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.1.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.2 – CAR – Apeadeiro do Carregado – PK 36+456

Tomo 8.2.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.2.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.2.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.2.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.2.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.2.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.3 – PCC – Posto de Catenária Carregado Norte – PK 37+725

Tomo 8.3.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.3.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.3.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.3.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.3.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.3.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.4 – VNR – Apeadeiro de Vila Nova da Rainha – PK 40+553

Tomo 8.4.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.4.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.4.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.4.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.4.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.4.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.5 – EAZ – Apeadeiro de Espadanal de Azambuja – PK 43+196

Tomo 8.5.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.5.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.5.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.5.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.5.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.5.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.6 – AZA – Estação de Azambuja – PK 46+945

Tomo 8.6.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.6.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.6.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.6.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.6.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.6.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.7 – Demolições/Desativação de Edificações

Tomo 8.7.GER – Geral

Tomo 8.7.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.7.TEL – Instalações de Telecomunicações

VOLUME 09 – EXPROPRIAÇÕES

VOLUME 10 – AMBIENTE

Tomo 10.1 – Estudo de Impacte Ambiental

- Tomo 10.1.1 – Resumo não Técnico
- Tomo 10.1.2 – Relatório Síntese
- Tomo 10.1.3 – Plano Geral de Monitorização Ambiental
- Tomo 10.1.4 – Plano de Gestão Ambiental da Obra
- Tomo 10.1.5 – Peças Desenhadas
- Tomo 10.1.6 – Anexos Temáticos
- Tomo 10.1.7 – Projeto de Integração Paisagística
- Tomo 10.1.8 – Projeto de Proteção Sonora
- Tomo 10.1.9 – Levantamento Arbóreo

VOLUME 11 – SERVIÇOS AFETADOS

- Tomo 11.1 – Identificação dos Serviços Afetados
- Tomo 11.2 – Reposição dos Serviços Afetados

VOLUME 12 – FASEAMENTO CONSTRUTIVO

**PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO
ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA**

LINHA DO NORTE – TROÇO ENTRE O PK 34+100 E PK 47+000

PROJETO DE EXECUÇÃO

V01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA

TOMO 1.2 – DRENAGEM

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Normas e Legislação Aplicável	2
1.2	Dados de Base	2
1.3	Representação nas peças desenhadas	3
2	ESTUDO HIDROLÓGICO	4
3	DEFINIÇÃO DOS ELEMENTOS DE DRENAGEM	8
3.1	Passagens Hidráulicas	8
3.2	Bocas em aterro	8
3.3	Coletores de evacuação lateral	8
3.4	Drenos	8
3.5	Dissipadores de Energia	9
3.6	Caixas de Visita Correntes.....	9
3.7	Caixas de ligação/receção	10
3.8	Compatibilidade entre as infraestruturas.....	10
3.9	Execução dos trabalhos.....	10
4	CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO EXISTENTE	12
4.1	Considerações gerais.....	12
4.2	Drenagem Transversal	12
4.3	Drenagem longitudinal	30
4.3.1	Critérios de intervenção e conceção.....	30
5	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	32
5.1	Considerações Gerais	32
5.2	Drenagem transversal	34
5.2.1	Caudais e Níveis de Cheia no Rio Tejo.....	34

5.2.2	Verificação das Cotas das Vias Descendentes VD (Lado Nascente)	41
5.2.3	Verificação das Cotas das Vias Ascendentes VA (Lado Poente)	42
5.2.4	Dimensionamento e Verificação do Funcionamento Hidráulico de Passagens Hidráulicas .	52
5.2.5	Análise de Sensibilidade da Superestrutura Férrea à Variação do Nível Médio das Águas do Mar	53
5.3	Drenagem Longitudinal	57
5.3.1	Critérios de intervenção e conceção.....	57
5.3.2	Dimensionamento hidráulico.....	57
6	PRINCIPAIS RESULTADOS E INTERVENÇÕES PROPOSTAS	64
6.1	Drenagem Transversal	64
6.2	Drenagem Longitudinal	66

FIGURAS

Figura 1 - Bacias hidrográficas.....	6
Figura 2 – Localização da PH a Poente da PH123.....	33
Figura 3 – Variação da subida relativa do nível médio das águas do mar	54

QUADROS

Quadro 1 – Caudais de ponta de cheia das bacias hidrográficas das PH.	7
Quadro 2 – Geometria das passagens hidráulicas	13
Quadro 3 – Caudais de ponta de cheia na EH de Ómnias, obtidos a partir de estudo estatístico.	34
Quadro 4 – Correções da altura da maré em Vila Franca de Xira em relação ao porto de Lisboa	36
Quadro 5 – Curva de regolfo no rio Tejo entre Vila Franca de Xira e a Azambuja, nas condições do Cenário 1 ($Q_{T=20 \text{ anos}} = 9\,619 \text{ m}^3/\text{s} + 1,5 \text{ m}$).	37
Quadro 6 – Curva de regolfo no rio Tejo entre Vila Franca de Xira e a Azambuja, nas condições do Cenário 2 ($Q_{T=100 \text{ anos}} = 12\,578 \text{ m}^3/\text{s} + 1,5 \text{ m}$).	39
Quadro 7 – Verificação das cotas das vias descendentes.	41
Quadro 8 – Coeficientes de Manning-Strickler.	44
Quadro 9 – Perdas de carga ao longo das passagens hidráulicas (situação atual).	45
Quadro 10 – Perdas de carga ao longo das passagens hidráulicas (situação projeto).	47
Quadro 11 – Verificação das cotas das vias ascendentes (situação atual)	50
Quadro 12 – Verificação das cotas das vias ascendentes (situação de projeto)	51
Quadro 13 – Verificação do funcionamento das passagens hidráulicas (situação de projeto). .	52
Quadro 14 – Determinação do ano horizonte de projeto da superestrutura da via-férrea.	54
Quadro 15 – Verificação do funcionamento das passagens hidráulicas para o ano horizonte. .	56
Quadro 16 – Vazão do Dreno Longitudinal – Troço VFX.....	58

Quadro 17 – Vazão do Dreno Longitudinal – Troço ALQ.	59
Quadro 18 – Vazão do Dreno Longitudinal – Troço OTA.	60
Quadro 19 – Vazão dos Coletores.	61
Quadro 20 – Intensidade de precipitação para 5 minutos de duração e período de retorno de 20 anos.	63
Quadro 21 – Folgas da superestrutura da via-férrea (situação de projeto).	64

ANEXOS

Anexo 1 – Localização dos Perfis de Cálculo das Cheias no Rio Tejo

Anexo 2 – Perfis Transversais do Rio Tejo

1 INTRODUÇÃO

O presente documento constitui a Memória Descritiva e Justificativa apresentada pelo Consórcio TPF/PROFICO do Tomo 1.2 – Drenagem, do Volume 01 – Infraestrutura e Plataforma de Via-Férrea do Projeto de Execução para o “Projeto e Estudo de Impacte Ambiental para quadruplicação do troço entre Castanheira do Ribatejo e Azambuja, na Linha do Norte” (processo DESCO n.º 10008159).

O projeto que agora se apresenta, dá sequência ao Estudo Prévio, e foi desenvolvido nos termos do Caderno de Encargos e de acordo com as orientações da IP – Infraestruturas de Portugal, S.A., tendo por base os elementos disponibilizados para a sua elaboração.

As soluções propostas constituem uma evolução dos estudos elaborados em fase de Estudo Prévio, instruídos pela análise cuidada dos documentos postos a concurso pela IP – Infraestruturas de Portugal, S.A., dos documentos fornecidos após a adjudicação do presente contrato nomeadamente, a cartografia 1:1000, da informação recolhida pelo Consórcio e das visitas ao local efetuadas pelos técnicos da TPF/PROFICO. Aos elementos referenciados, acresce os levantamentos topográficos realizados às escalas 1:200 e 1:500, bem como os perfis transversais de campo, elaborados para o desenvolvimento do Projeto de Execução, em função das necessidades identificadas na fase anterior de projeto.

Este projeto foi desenvolvido nos termos do Caderno de Encargos, e de acordo com as orientações da IP - Infraestruturas de Portugal, S.A., tendo por base os elementos de base disponíveis para a sua elaboração.

O Projeto de Execução de Drenagem do Projeto e Estudo de Impacto Ambiental para a Quadruplicação do Troço Entre Castanheira do Ribatejo e Azambuja, abrange o troço da via-férrea entre as Estações de Castanheira do Ribatejo e da Azambuja, numa extensão de 12,900 km, designadamente entre o PK 34+100 e o PK 47+000 da Linha do Norte.

Com o presente Projeto de Execução de drenagem pretende-se definir e dimensionar um sistema de recolha e encaminhamento das águas pluviais afluentes à plataforma ferroviária, que garanta a proteção da obra dos efeitos nocivos da água e que proporcione uma circulação segura durante os períodos de elevada precipitação. Pretende-se ainda que durante a ocorrência da cheia de dimensionamento não ocorram prejuízos graves nem nas infraestruturas projetadas, nem nas áreas envolventes, garantindo não haja diminuição das características de suporte dos terrenos de fundação e que não seja afetada a permeabilidade do balastro.

Com base na hidrologia, hidrogeologia e topografia, e em articulação com os projetos de Via, Terraplenagem, Obras de Arte, Catenária e Sinalização e Telecomunicações, o sistema de drenagem superficial foi estudado para que as águas pluviais sejam recolhidas e rapidamente encaminhadas a local adequado e exterior à infraestrutura. A drenagem transversal assegurará a continuidade da drenagem natural, onde se insere o troço ferroviário.

Este Projeto de Execução tem como base o projeto anteriormente desenvolvido de Modernização da Linha do Norte entre a Futura Estação de Vila Franca de Xira Norte e a Atual Estação da Azambuja, datado de 2003. Este estudo concebeu a posição das novas vias Este (ascendente e descendente)

em relação às vias existentes, e desenvolveu o perfil longitudinal da linha de acordo com um critério de proteção da linha contra as cheias do rio Tejo.

No que concerne à drenagem transversal, o projeto de 2003 também contemplou a construção das passagens hidráulicas sob as vias existentes, sendo que em determinadas situações a intervenção na parte de poente foi apenas parcial em consequência das cotas das vias existentes. Deste modo, o presente Projeto de Execução contempla o alteamento dessas secções de poente, obtendo deste modo uma uniformização da secção hidráulica.

Com base nos caudais determinados no Estudo Hidrológico definiram-se as características geométricas e de implantação das novas obras de drenagem ou avaliou-se o funcionamento hidráulico das obras de drenagem existentes, sempre numa perspetiva de apresentação de soluções de melhoria e complemento, aplicáveis quer ao nível dos trabalhos já realizados como para os trabalhos em falta.

1.1 Normas e Legislação Aplicável

Os estudos e projetos foram desenvolvidos de acordo com a legislação e normas em vigor, nomeadamente em conformidade com o estipulado nos normativos e especificações aplicáveis da IP, UIC, LNEC

Para o desenvolvimento do presente estudo, listam-se neste capítulo os principais documentos legislativos e normativos que são aplicáveis às matérias tratadas no presente volume:

- IT.GEO.003.01 – Drenagem – Terminologia, Dispositivos e Simbologia;
- IT.GEO.004 – Drenagem – Parâmetros e dimensionamento;

No que diz respeito à interoperacionalidade, o desenvolvimento do projeto de drenagem foi considerado o especificado na Especificação Técnica de Interoperabilidade (ETI) para o subsistema “infraestrutura” do sistema ferroviário da União Europeia (Regulamento nº 1299/2014 COM + Regulamento nº 2019/776).

1.2 Dados de Base

O Projeto de Execução foi desenvolvido com base nos elementos recolhidos até à presente data, nomeadamente, os levantamentos topográficos e informações recolhidas a partir das várias visitas aos locais para identificação e verificação do estado de conservação dos órgãos existentes ao longo de todo o troço em estudo. Assim foram utilizados os seguintes dados de base:

- Elementos que integraram o Programa de Concurso nomeadamente o Caderno de Encargos e respetivos anexos;
- Estudo Hidrológico do presente projeto (Tomo1.8 do Volume 1);
- Cartas militares à escala 1:25 000;
- Levantamentos topográficos e reconhecimentos de campo das passagens hidráulicas existentes;

- Telas finais do Projeto de Modernização da Linha do Norte entre a Futura Estação de Vila Franca de Xira Norte e a Atual Estação da Azambuja, datado de 2003;
- Instruções Técnicas e Critérios de Conceção e Dimensionamento da IP;
- Reuniões de acompanhamento realizadas entre o Consórcio e a IP;

1.3 Representação nas peças desenhadas

Para a definição das obras de drenagem a executar indicam-se, de acordo com as simbologias adotadas, a localização dos diversos elementos de drenagem nos desenhos de Planta e Perfil longitudinal e Perfis Transversais constantes nas peças desenhadas. Estes desenhos devem ser consultados em conjunto com os respetivos desenhos de pormenor (definição geométrica e estrutural).

Para os elementos de drenagem longitudinal é suficiente a consulta dos respetivos desenhos de pormenor em conjunto com a informação contida nos referidos desenhos de planta e perfil longitudinal.

Salienta-se, que todas as cotas referentes aos órgãos de drenagem a implantar deverão ser sempre confirmadas em fase de obra, antes do início dos trabalhos e, se necessário, corrigidas e adaptadas às reais condições do terreno.

2 ESTUDO HIDROLÓGICO

O Tomo 1.8 do Volume 1 – Estudo Hidrológico do presente projeto apresenta os cálculos que definiram os caudais de dimensionamento correspondentes à drenagem transversal do troço da Linha do Norte, entre a Castanheira do Ribatejo e a Azambuja.

O estudo hidrológico contempla as seguintes componentes:

- Caracterização das bacias hidrográficas que drenam para as passagens hidráulicas;
- Cálculo dos caudais de ponta de cheia, mediante a aplicação de várias metodologias;
- Análise dos efeitos das alterações climáticas no cálculo dos caudais.

Ao longo do troço da via-férrea entre a Castanheira e a Azambuja, foram identificadas as seguintes bacias hidrográficas, delimitadas pelas obras de drenagem transversal existentes e listadas no Caderno de Encargos da Aquisição de Serviços e ilustradas na Figura 1.

- bacia A – bacia hidrográfica do rio Grande da Pipa (Vala do Carregado) delimitada pela Ponte do Carregado (116) localizada ao km 36+684;
- bacia B – bacia hidrográfica do rio de Alenquer delimitada pela Ponte de V.N. da Rainha (125) localizada ao km 39+795;
- bacia C – bacia hidrográfica do rio da Ota delimitada pela Ponte de V.N. da Rainha (126) localizada ao km 39+795;
- bacia D – bacia hidrográfica do rio Valverde delimitada pela Ponte de Valverde (134/135) localizada ao km 46+100;
- bacia E – bacia hidrográfica do ribeiro do Barrão/Vala da Regateira delimitada pelo Pontão da Regateira - 119 localizado ao km 37+880;
- bacia F – bacia hidrográfica da Vala Nova delimitada pela Ponte de V.N. da Rainha 124 localizada ao km 39+795;
- bacia G – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 131 localizada ao km 44+171;
- bacia H – bacia hidrográfica do ribeiro da Castanheira delimitada pela obra de drenagem 109 localizada ao km 34+202;
- bacia I – bacia hidrográfica delimitada pelo Pontão das Faias (121) localizado ao km 38+577 e pela obra de drenagem 122 localizada ao km 38+915;
- bacia J – bacia hidrográfica do ribeiro da Corte delimitada pela obra de drenagem 123 localizada ao km 39+346;
- Bacia K – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 111 localizada ao km 34+713;
- Bacia L – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 127 localizada ao km 41+524;
- Bacia M – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 129 localizada ao km 42+130;
- Bacia N – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 130B localizada ao km 42+815 e pela obra de drenagem 130A localizada ao km 43+131;

- Bacia O – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 110 localizada ao km 34+517;
- Bacia P – bacia hidrográfica delimitada pelas obras de drenagem 112/113 localizadas ao km 35+368;
- Bacia Q – bacia hidrográfica da Vala do Carril delimitada pelas obras de drenagem 114/115 localizadas ao km 36+060;
- Bacia R – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 117 localizada ao km 36+804;
- Bacia S – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 118 localizada ao km 37+222;
- Bacia T – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 120 localizada ao km 38+235;
- Bacia U – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 126A localizada ao km 40+250;
- Bacia V – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 128 localizada ao km 42+030;
- Bacia X – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 130 localizada ao km 42+282;
- Bacia Y – bacia hidrográfica delimitada pelo Pontão da Maia (132) localizada ao km 44+750;
- Bacia Z – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 133 localizada ao km 45+420.

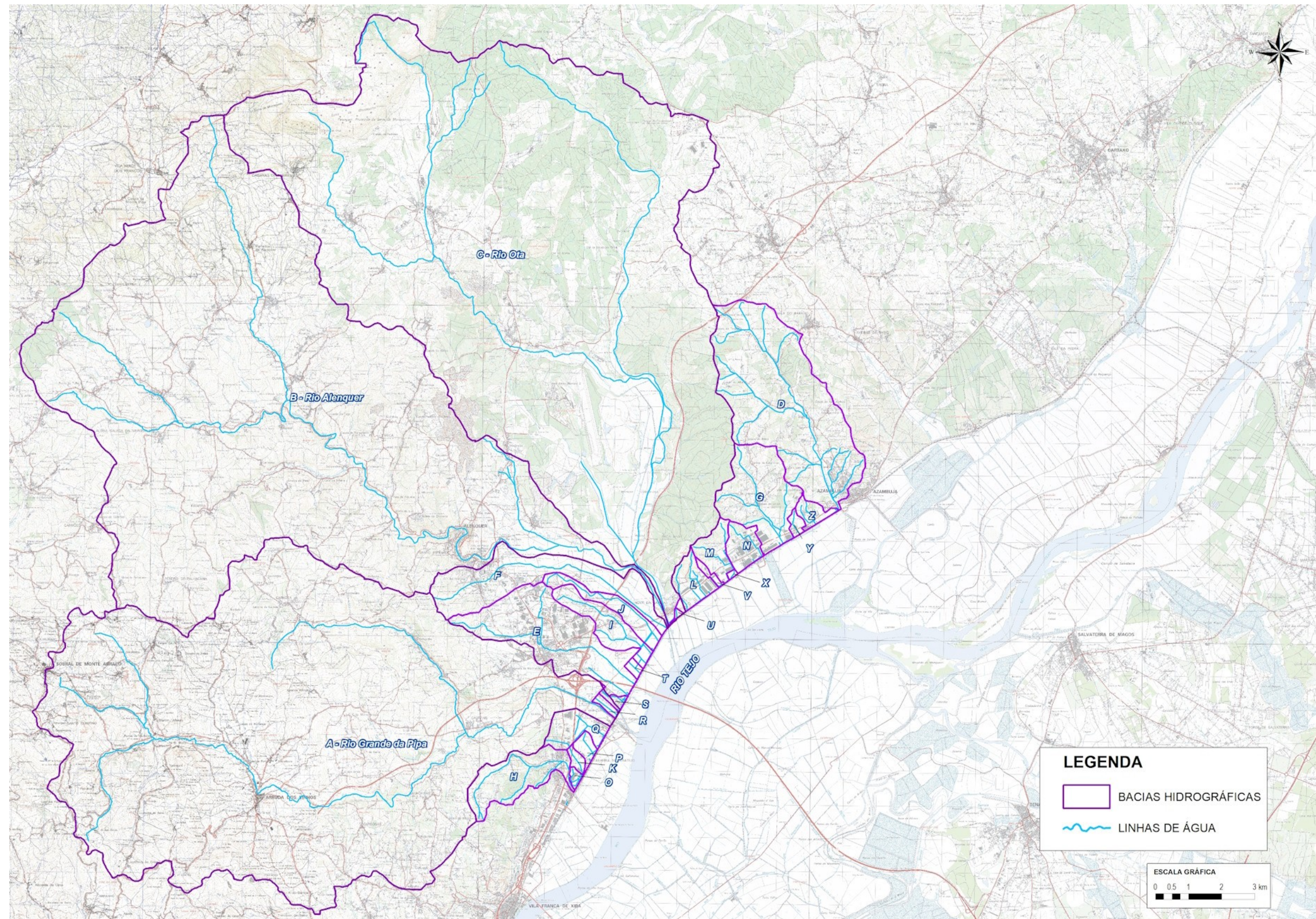


Figura 1 - Bacias hidrográficas

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as diferentes bacias hidrográficas, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos para os cenários atual e considerando agravamento provocado por alterações climáticas.

Quadro 1 – Caudais de ponta de cheia das bacias hidrográficas das PH.

Bacia Hidrográfica	Cenário atual			Cenário com alterações climáticas		
	Caudal de ponta de cheia (m³/s)			Caudal de ponta de cheia (m³/s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
A	125,00	238,60	325,50	132,50	252,92	345,03
B	63,90	156,40	250,10	67,73	165,78	265,11
C	31,10	125,81	229,30	32,97	133,36	243,06
D	6,20	21,30	41,40	6,57	22,58	43,88
E	15,36	23,39	29,00	16,28	24,79	30,74
F	10,80	16,96	21,24	11,45	17,98	22,51
G	8,35	13,24	16,84	8,85	14,03	17,85
H	8,73	13,56	16,11	9,25	14,37	17,08
I	5,19	7,53	8,73	5,50	7,98	9,25
J	3,15	4,69	5,47	3,34	4,97	5,80
K	1,75	2,50	2,91	1,85	2,65	3,09
L	5,77	8,09	9,31	6,12	8,58	9,87
M	5,29	7,41	8,58	5,61	7,85	9,09
N	8,27	10,88	12,42	8,77	11,53	13,17
O	1,20	1,71	1,99	1,27	1,81	2,11
P	1,68	2,50	2,92	1,78	2,65	3,10
Q	7,17	10,42	12,13	7,60	11,05	12,85
R	0,74	1,07	1,24	0,78	1,13	1,31
S	1,30	1,73	1,98	1,38	1,83	2,10
T	0,60	0,88	1,02	0,64	0,93	1,08
U	0,63	0,86	0,99	0,67	0,91	1,05
V	1,08	1,47	1,69	1,14	1,56	1,79
X	1,01	1,28	1,46	1,07	1,36	1,55
Y	2,04	2,85	3,31	2,16	3,02	3,51
Z	3,44	4,92	5,75	3,65	5,22	6,10

3 DEFINIÇÃO DOS ELEMENTOS DE DRENAGEM

3.1 Passagens Hidráulicas

As passagens hidráulicas permitem o restabelecimento dos caudais gerados pelas bacias hidrográficas através da obra. A sua implantação é baseada no traçado em planta e perfil e nos desenhos de pormenor constantes do projeto.

O projeto das passagens hidráulicas foi realizado em conformidade com os requisitos indicados no Caderno de Encargos.

3.2 Bocas em aterro

As bocas de entrada e saída dos coletores em aterro dos coletores visam proporcionar uma eficaz condução dos caudais a montante e jusante, conferindo-lhes a forma mais favorável ao escoamento.

As bocas, a construir em betão armado, serão constituídas, para além da sua laje de fundo, por um dente de amarração ao terreno e muros de ala e de testa, ambos armados com malha de aço. Os muros de ala acompanharão os taludes com os quais fazem fronteira, sendo o seu comprimento, segundo os ângulos a adotar, função da posição prevista para as saias dos taludes ou modelação de terrenos se tal for o caso.

3.3 Coletores de evacuação lateral

Os coletores têm como função proporcionar a interligação de quase todos os órgãos de drenagem, transportando os diversos caudais e constituindo assim a base da rede de drenagem.

Serão utilizados coletores em PP-SN8. O diâmetro interior mínimo a adotar para os coletores de evacuação lateral será de 600 mm, permitindo, se necessário, a sua inspeção interior e manutenção.

A inclinação mínima destes órgãos deverá ser de 0,3% e terão sempre associada uma boca de saída em aterro para a correta transição do escoamento com o terreno natural.

A implantação entre caixas será feita segundo alinhamentos retos e terão sempre associados boca de saída em aterro para a correta transição do escoamento com o terreno natural.

Os coletores a prever neste projeto serão assentes numa camada de brita fina ou areia compactada com a espessura mínima de 0,10 m e, no seu assentamento, ter-se-ão em conta os preceitos indicados no Caderno de Encargos.

3.4 Drenos

Os drenos não têm como função responder a caudais de ponta, mas sim proporcionar caminhos de escoamento eficazes para as águas subterrâneas, sendo para tal importante uma correta localização e distribuição dos mesmos por forma a anular os seus efeitos nocivos.

Os tubos dos drenos preconizados neste projeto serão de PP corrugado perfurado, ou material equivalente, com superfície interior lisa e diâmetro nominal de 315 mm. Estes são assentes sobre uma camada em betão pobre de 0,10 m de espessura. A profundidade mínima da vala considerada foi de 0,8 m.

Os drenos serão colocados preferencialmente em alinhamentos retos e emboquilhados entre si e ligados às caixas de visita por meio de argamassa de cimento. O leito de brita, que constitui o filtro drenante acima do dreno, deve ficar envolvido em geotêxtil conforme previsto nos desenhos de pormenor. O afastamento considerado entre caixas foi de 50 m.

Prevê-se, ainda, a implantação de um prisma drenante constituído por brita e envolto em geotêxtil para encaminhamento das águas para a plataforma de transferência de carga, funcionando com dreno sob a plataforma ferroviária.

Os pormenores de aplicação dos drenos são apresentados nos desenhos de projeto.

3.5 Dissipadores de Energia

Sempre que determinado órgão hidráulico descarregar caudais em local onde se possa verificar a erosão do terreno pela ação das águas, este local de descarga deverá ser protegido colocando-se um órgão dissipador de energia no final ou intermédios do elemento descarregador.

Na transição das bocas de saída com o terreno natural, estão previstas proteções de enrocamento com diâmetro equivalente adequado à velocidade de saída. O enrocamento será constituído por pedras apresentando pelo menos 50% dos elementos de dimensão média igual ou superior ao diâmetro da esfera equivalente e assente sobre uma camada de brita.

3.6 Caixas de Visita Correntes

As caixas de visita têm como função possibilitar a inspeção e, eventualmente, a desobstrução do sistema de drenagem, proporcionando também as necessárias ligações do sistema.

Neste projeto serão consideradas caixas de diâmetro interior igual a 1,00 m, no caso de ligação de coletores com diâmetro inferior a 0,60 m. Quando necessário serão igualmente utilizadas caixas com queda interna (suave) de 0,50 m.

As caixas preconizadas poderão, em alguns casos, possuir tampa perfurada em betão, para funcionar como sumidouro. Neste caso, a caixa permite a transferência dos caudais da valeta lateral para o coletor. O corpo da caixa é constituído por elementos pré-fabricados, sendo a sua base betonada no local com a espessura de 0,10 m.

Estas caixas serão construídas segundo os preceitos estabelecidos no Caderno de Encargos.

3.7 Caixas de ligação/receção

Sempre que for necessário efetuar a ligação entre dois órgãos de drenagem distintos, serão utilizadas caixas de ligação/receção, nomeadamente nas seguintes situações:

- Ligação entre valeta de plataforma e coletores enterrados.

Estas caixas são em betão armado, devendo ser assentes em camada de betão “pobre” com 0,10 m de espessura.

A geometria destas caixas encontra-se pormenorizada nos desenhos de pormenor.

3.8 Compatibilidade entre as infraestruturas

A construção dos novos órgãos de drenagem deverá seguir sempre uma sequência lógica, planeada de modo a otimizar os meios e minimizar as interferências com os elementos de Sinalização e Catenária.

Assim, sempre que a plataforma não permita acomodar o caminho de cabos e a drenagem, deverão ser analisadas alternativas em fase de obra, nomeadamente, por incorporação da infraestrutura de caminho de cabos sob a drenagem a construir, com recurso a duas meias manilhas Ø300, onde poderão ser colocados e devidamente acondicionados os cabos, após baldeamento. Deverá ter-se em atenção as folgas existentes nos cabos assim como a apropriada proteção dos mesmos no decurso dos trabalhos. A secção tipo desta vala em função do órgão de drenagem encontra-se ilustrada nos desenhos de pormenor do presente projeto.

3.9 Execução dos trabalhos

As obras a realizar deverão respeitar o determinado no Caderno de Encargos e materializar as soluções de drenagem definidas neste projeto. Quaisquer modificações/ajustes contemplados em fase de obra não deverão em caso algum contrariar a filosofia das soluções propostas.

A empreitada inicia-se pelos trabalhos preparatórios, nomeadamente, pela libertação do espaço para a execução da obra e do estaleiro, após as expropriações, seguindo-se a execução do estaleiro, da desmatação e demolições de órgãos existentes e do desvio dos serviços afetados.

Nas operações de limpeza e desobstrução de órgãos de drenagem existentes, os resíduos devem ser “tratados” e conduzidos a destino adequado de acordo com a legislação em vigor, considerando o respetivo Plano de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição. Em caso de espalhamento, devem ser asseguradas condições, para que nas primeiras chuvadas, estes materiais não retornem para os órgãos de drenagem existentes.

Após os trabalhos de limpeza dos assoreamentos existentes e desmatação dos órgãos existentes, poderá ser necessário contemplar numa fase subsequente, uma correta avaliação do real estado de conservação das obras no local e eventuais necessidades de intervenção (eventual recuperação pontual com refechamento de juntas abertas e/ou manutenção das bocas entrada e saída), e se

necessário, proceder à sua reabilitação e adaptação entre outras intervenções pertinentes ao bom funcionamento hidráulico dos órgãos existentes.

Após execução das obras previstas, os trabalhos terminam com a colocação em serviço da obra, desmontagem do estaleiro e reposição das condições iniciais nos locais da respetiva implantação.

4 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO EXISTENTE

4.1 Considerações gerais

No presente capítulo é feita a inventariação e caracterização do sistema de drenagem existente, e a verificação do seu estado de conservação, sempre que possível.

Esta caracterização serviu de base à posterior avaliação do funcionamento hidráulico, validando a sua adequabilidade às afluências previstas e consequente à determinação do tipo de intervenção decorrente da análise hidráulica.

4.2 Drenagem Transversal

No quadro seguinte listam-se para cada passagem hidráulica as principais diferenças detetadas entre a geometria indicada nas telas finais e a resultante do levantamento topográfico realizado na presente fase de Projeto de Execução.

Quadro 2 – Geometria das passagens hidráulicas

PH	km	Geometria	Cota da face inferior da laje de cobertura				Cota da soleira				Altura da PH (m)				Extensão da passagem hidráulica
			Montante (poente)		Jusante (nascente)		Montante (poente)		Jusante (nascente)		Montante (poente)		Jusante (nascente)		
			Telas Finais	Lev. Topográfico	Telas Finais	Lev. Topográfico	Telas Finais	Lev. Topográfico	Telas Finais	Lev. Topográfico	Telas Finais	Lev. Topográfico	Telas Finais	Lev. Topográfico	L _{PH} (m)
109	34+202	Box 5,50 x 1,90	3,83	3,72	3,83	3,44	1,98	2,50	1,80	2,31	1,85	1,22	2,03	1,13	47,76
110	34+517	Box 3,50 x 2,30	3,95	3,73	3,95	3,71	1,70	1,60	1,58	1,55	2,25	2,13	2,37	2,16	47,44
111	34+713	Box 1,50 x 2,15	3,80	3,49	3,72	3,44	1,70	1,37	1,55	1,46	2,10	2,12	2,17	1,98	60,00
112/113	35+368	2 x Box 6,00 x 2,95	3,42	2,97	3,42	2,98	0,47	0,19	0,42	0,09	2,95	2,78	3,00	2,89	55,63
114/115	36+060	2 x Box 5,00 x 2,65	2,79	2,58	3,55	3,29	0,96	1,01	0,89	1,12	1,83	1,57	2,66	2,17	25,78
116	36+684	Ponte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,80
117	36+804	Box 4,00 x 1,95	4,10	3,97	4,10	3,99	2,15	1,98	2,09	1,93	1,95	1,99	2,01	2,06	26,64
118	37+222	Box 2,00 x 2,95	3,80	3,50	3,80	3,43	0,85	0,87	0,79	0,79	2,95	2,63	3,01	2,64	50,00
119	37+880	Box 6,00 x 3,15	3,14	2,87	3,90	3,62	0,79	1,33	0,74	1,06	2,35	1,54	3,16	2,56	23,50
120	38+235	Box 1,50 x 2,70	3,64	3,36	3,64	3,44	1,00	0,79	0,94	0,83	2,64	2,57	2,70	2,61	24,73
121	38+577	Box 5,70 x var	3,73	3,58	3,73	3,51	1,45	1,17	1,39	1,19	2,28	2,41	2,34	2,32	25,65
122	38+915	Box 1,50 x 3,55	3,39	2,95	4,20	3,37	0,700	0,36	0,63	0,35	2,69	2,59	3,57	3,02	29,11
123	39+346	Box 5,30x 3,35	3,100	2,42	4,15	3,5	0,85	0,49	0,78	1,10	2,25	1,93	3,37	2,4	28,67
124	39+795	Ponte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,80
125			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,80
126			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
126A	40+250	Box 1,50 x 2,75	4,00	4,36	4,40	4,34	1,70	1,54	1,62	1,58	2,70	2,82	2,78	2,76	31,05
127	41+524	Box 3,00 x 2,45	4,17	4,05	4,45	4,34	1,73	1,55	1,66	2,94	2,44	2,50	2,79	1,4	55,65
128	42+030	Box 1,50 x 2,60	3,26	3,15	3,26	3,16	0,71	0,72	0,64	0,57	2,55	2,43	2,62	2,59	39,83
129	42+130	Box 1,50 x 2,25	4,21	4,17	4,21	4,11	2,00	1,91	1,94	1,73	2,21	2,26	2,27	2,38	36,83
130	42+282	Box 2,50 x 3,50	4,28	2,91	4,28	4,08	0,78	0,99	0,71	1,24	3,50	1,92	3,57	2,84	42,79
130B	42+815	Box 2,00 x 2,30	3,65	3,24	3,65	3,56	1,35	1,35	1,29	2,00	2,30	1,89	2,36	1,56	40,28
130A	43+131	Box 2,00 x 2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,10
131	44+171	Box 3,00 x 2,25	3,90	3,77	3,90	3,75	1,65	1,95	1,52	1,74	2,25	1,82	2,38	2,01	49,83
132	44+750	-	2,47	2,65	3,30	3,09	1,26	1,28	1,16	1,33	-	-	0,60	0,50	31,42
133	45+420	Box 1,50 x 3,00	4,38	4,25	4,38	4,37	1,38	1,81	1,32	1,83	3,00	2,44	3,06	2,54	24,35
134	46+100	Ponte-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,50
135	46+100		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Conforme se pode observar no quadro anterior, para a generalidade das passagens hidráulicas, a geometria resultante do levantamento topográfico não coincide com a indicada nas telas finais.

Assim, para as PH's em estudo concluiu-se o seguinte:

- PH 109 – Desenho 002 - deverá ter ocorrido um assentamento diferencial da estrutura, estimado em 0,11 m na extremidade de poente e em 0,39 m na extremidade de nascente; no que se refere à altura da PH, a diferença resultará do assoreamento que é possível observar nas fotografias seguintes;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 1 - PH 109 (km 34+202)

- PH 110 – Desenho 003 - deverá ter ocorrido um assentamento conjunto de toda a estrutura de aproximadamente 0,2 m; no que se refere à altura da PH, a diferença resultará do assoreamento que é possível observar em particular na fotografia da extremidade de poente;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 2 - PH 110 (km 34+517)

- PH 111 – Desenho 004 - deverá ter ocorrido um assentamento conjunto de toda a estrutura de aproximadamente 0,3 m; no que se refere à altura, a diferença, existente apenas na extremidade de nascente, deverá resultar de assoreamento; embora pareça existir também assoreamento na extremidade de poente, a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico é ligeiramente superior, apenas 2 cm, o que poderá indiciar erosão da laje de soleira;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 3 - PH 111 (km 34+713)

- PH 112/113 – Desenho 005 - deverá ter ocorrido um assentamento conjunto de toda a estrutura de cerca de 0,45 m; no que se refere à altura, a diferença varia entre 0,17 m na extremidade de poente e 0,11 m na extremidade de nascente; as cotas de soleira levantadas deverão corresponder ao plano de água visível nas fotografias abaixo em conjunto com algum assoreamento;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 4 - PH 112/113 (km 35+368)

- PH 114/115 – Desenho 006 - Vala do Carril - corresponde a uma PH cujo troço sob as vias ascendentes será alteado; no que se refere à geometria da estrutura deverá ter ocorrido um

assentamento conjunto próximo de 0,25 m; a diferença de altura varia entre 0,26 m na extremidade de poente e 0,49 m na extremidade de nascente; as cotas de soleira levantadas devem corresponder ao plano de água visível nas fotografias abaixo, embora possa também existir algum assoreamento; no âmbito da visita de reconhecimento efetuada constatou-se a execução de uma bacia, que se julga ser de retenção, e o estrangulamento da entrada na PH para poente, conforme ilustrado nas fotografias seguintes; esta situação requer esclarecimento, nomeadamente no que se refere ao dimensionamento hidráulico da bacia e da PH que foi construída a nascente da PH das vias ascendentes;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 5 - PH 114/115 (km 36+060)



Bacia de retenção em construção a poente da PH114/115



Canal de drenagem anexo à bacia de retenção em construção a poente da PH114/115



Nova PH a nascente da PH114/115

Foto 6 – Construções recentes a nascente da PH 114/115 (km 36+060)

- PH 116 – Desenho 007 - pontes sobre a Vala do Carregado;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente da ponte de arcos, por baixo da ponte das vias descendentes

Foto 7 - PH 116 (km 36+684)

- PH 117 – Desenho 008 - no que se refere à geometria da estrutura deverá ter ocorrido um assentamento conjunto próximo de 0,12 m; a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico é ligeiramente superior à indicada nas telas finais em ambas as extremidades, sendo esta diferença de cerca de 5 cm, o que poderá indiciar erosão da laje de soleira;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 8 - PH 117 (km 36+804)

- PH 36+915 – entre a PH 117 e a PH 118 existe uma PH, ilustrada nas fotografias seguintes; esta faz parte do circuito de refrigeração da Central Termoelétrica do Carregado, que entretanto, foi desativada, encontrando-se, também, a PH fora de serviço;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 9 – PH km 36+915

- PH 118 – Desenho 009 - no que se refere à geometria da estrutura deverá ter ocorrido um assentamento conjunto próximo de 0,35 m; a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico é cerca de 0,35 m inferior à indicada nas telas finais em ambas as extremidades; de acordo com as fotografias abaixo, a diferença da altura deve-se, certamente, à quantidade de lixo depositado em ambas as extremidades;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 10 - PH 118 (km 37+222)

- PH 119 – Desenho 010 - Pontão da Regateira - corresponde a uma PH cujo troço sob as vias ascendentes será alteado; no que se refere à geometria da estrutura deverá ter ocorrido um assentamento conjunto próximo de 0,30 m; a diferença de altura varia entre 0,81 m na extremidade de poente e 0,60 m na extremidade de nascente; suspeita-se que as cotas de soleira levantadas correspondam ao plano de água visível nas fotografias abaixo, embora exista algum assoreamento;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 11 - PH 119 (km 37+880)

- PH 120 – Desenho 011 - deverá ter ocorrido um assentamento diferencial da estrutura, estimado em 0,28 m na extremidade de poente e 0,20 m na extremidade de nascente; a altura da PH obtida no levantamento topográfico é cerca de 0,1 m inferior à indicada nas telas finais em ambas as extremidades, o que deverá ser devido ou a assoreamento ou à existência de um plano de água;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 12 - PH 120 (km 38+235)

- PH 121 – Desenho 012 - deverá ter ocorrido um assentamento diferencial da estrutura, estimado em 0,15 m na extremidade de poente e 0,22 m na extremidade de nascente; a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico para a extremidade de nascente é praticamente igual à indicada nas telas finais; no entanto, na extremidade de poente a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico é cerca de 0,13 m superior à indicada nas telas finais, o que poderá indiciar erosão da laje de soleira;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 13 - PH 121 (km 38+577)

- PH 122 – Desenho 013 - deverá ter ocorrido um assentamento diferencial da estrutura, estimado em 0,44 m na extremidade de poente e 0,83 m na extremidade de nascente; a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico para a extremidade de poente é próxima da indicada nas telas finais (diferença de 0,10 m); no entanto, na extremidade de nascente a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico é cerca de 0,55 m inferior à indicada nas telas finais, o que deverá ser resultado ou de assoreamento ou da existência de um plano de água;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 14 - PH 122 (km 38+915)

- PH 123 – Desenho 014 - deverá ter ocorrido um assentamento conjunto da estrutura, estimado em 0,65 m; a diferença de altura varia entre 0,32 m na extremidade de poente e 0,97 m na extremidade de nascente; as cotas de soleira levantadas deverão corresponder ou ao plano de água ou a material assoreado, ambos visíveis nas fotografias abaixo;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 15 - PH 123 (km 39+346)

- PH 124/125/126 – Desenho 015 - Ponte de Vila Nova da Rainha - a jusante da PH 124 existe uma estrutura equipada com uma comporta de isolamento;



Extremidade de poente



Vista para a extremidade de poente

Foto 16 - PH 124 (km 39+795)



Linhas ascendente sobre extremidade de poente



Linhas descendentes sobre extremidade de nascente

Foto 17 - PH 125 (km 39+795)



Linhas ascendente sobre extremidade de poente



Linhas descendentes sobre extremidade de nascente

Foto 18 - PH 126 (km 39+795)

- PH 126A – Desenho 016 - deverá ter ocorrido um assentamento ligeiro e conjunto de toda a estrutura, estimado em 0,06 m; a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico para a extremidade de poente é cerca de 0,12 m superior à indicada nas telas finais; no entanto, na extremidade de nascente, a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico é praticamente igual à indicada nas telas finais; deste modo, o acréscimo de altura a poente deverá resultar de um processo de erosão;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 19 - PH 126A (km 40+250)

- PH 127 – Desenho 017 - corresponde a uma PH cujo troço sob as vias ascendentes será alteado; no que se refere à geometria, deverá ter ocorrido um assentamento conjunto da estrutura, estimado em aproximadamente 0,1 m; a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico para a extremidade de poente é cerca de 0,06 m superior à indicada nas telas finais; no entanto, na extremidade de nascente, a altura da PH levantada é significativamente inferior à indicada nas telas finais (1,39 m menor); deste modo, o acréscimo de altura a poente deverá ser resultado de um processo de erosão; a reduzida altura a nascente deve-se, como é visível na fotografia abaixo, ao efeito conjunto do plano de água e do assoreamento;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 20 - PH 127 (km 41+524)

- PH 128 – Desenho 018 - no que se refere à geometria, deverá ter ocorrido um assentamento conjunto da estrutura, estimado em aproximadamente 0,1 m; a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico para a extremidade de poente é cerca de 0,12 m inferior à indicada nas telas finais; no entanto, na extremidade de nascente, a altura da PH que se obtém do

levantamento topográfico é particamente igual à indicada nas telas finais (0,03 m menor); deste modo, a diferença de altura a ponte deverá resultar do efeito conjunto de um plano de água e de assoreamento;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 21 - PH 128 (km 42+030)

- PH 129 – Desenho 019 - no que se refere à geometria, deverá ter ocorrido um ligeiro assentamento diferencial da estrutura, variável entre 0,04 m na extremidade de poente e 0,10 m na extremidade de nascente; a altura da PH que se obtém do levantamento topográfico é ligeiramente superior à indicada nas telas finais (cerca de 0,05 m a poente e 0,11 m a nascente); embora se possa suspeitar da existência de alguma erosão, as fotografias abaixo não o evidenciam;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 22 - PH 129 (km 42+130)

- PH 130 – Desenho 020 - a tela final da PH indica a existência de uma conduta DN1000 que se desenvolve sob a designada via da Opel, terminando na caixa visível na fotografia abaixo; no levantamento topográfico, o corte da caixa a poente, para nascente, mostra a existência de uma abertura retangular com altura de 1,92 m de altura e com soleira junto ao fundo da

caixa; não foi efetuado levantamento da extremidade de poente da PH sob as vias ascendentes, pelo que não é possível analisar o estado atual desta extremidade; no que se refere à geometria da extremidade de nascente, deverá ter ocorrido um assentamento de cerca de 0,20 m; a altura da PH nesta extremidade que se obtém do levantamento topográfico é cerca de 0,7 m inferior à indicada nas telas finais, o que deverá ser resultado do efeito conjunto de algum assoreamento com o plano de água visível na fotografia abaixo;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 23 - PH 130B (km 42+815)

- PH 130B – Desenho 021 - a tela final da PH indica a existência de uma conduta DN1000 que se desenvolve sob o AMV14, ligando a caixa visível nas fotografias abaixo a uma outra caixa existente imediatamente a poente das vias ascendentes; no entanto, o levantamento topográfico, o corte da parede da caixa virada para nascente mostra a existência de uma abertura retangular com soleira à cota 2,42 em vez do início da conduta; não foi efetuado levantamento da extremidade de poente da PH sob as vias ascendentes, pelo que não é possível analisar o estado desta extremidade; no que se refere à geometria da extremidade de nascente, deverá ter ocorrido um ligeiro assentamento de cerca de 0,09 m; a altura da PH nesta extremidade que se obtém do levantamento topográfico é cerca de 0,8 m inferior à indicada nas telas finais, o que deverá ser resultado do efeito conjunto de algum assoreamento com o plano de água visível na fotografia abaixo;



Extremidade de poente. Caixa a poente do AMV 14



Extremidade de nascente

Foto 24 - PH 130B (km 42+815)



Foto 25 - PH 130B. Vista de Norte para Sul.

- PH 130A – Desenho 022 - a tela final da PH indica a existência de um primeiro troço que se desenvolve sob as vias ascendentes e o AMV15; este troço está dividido através de um murete central, permitindo que uma das metades tenha o rasto à cota 1,58 enquanto a outra tem o rasto à cota 2,38; sob esta última metade encontra-se implantada uma conduta DN1000 da EPAL; a nascente deste troço, sob as vias descendentes, desenvolve-se uma galeria técnica da EPAL, fazendo-se a drenagem da linha de água através de uma segunda galeria, localizada mais a Sul; as telas finais do troço sob as VA não se encontra disponíveis, pelo

que não é possível avaliar a sua integridade por comparação com o levantamento topográfico; no que se refere à extremidade de nascente das galerias sob as VD, não foi efetuado levantamento topográfico da galeria da EPAL e não existem telas finais da galeria de drenagem, pelo que não foi possível avaliar eventuais assentamentos;



Extremidade de poente da galeria sob as VA



Extremidade de nascente da galeria sob as VA. Derivação para a galeria de drenagem sob as VD

Foto 26 - PH 130B (km 42+815). Galeria sob as VA



Extremidade de nascente. Caixa a ponte do AMV 14



Extremidade de nascente da galeria sob as VA

Foto 27 - PH 130B (km 42+815). Galeria sob as VD

- PH 131 – Desenho 023 - no que se refere à geometria da PH, deverá ter ocorrido um assentamento conjunto da estrutura, estimado em aproximadamente 0,15 m; a diferença de altura varia entre 0,43 m na extremidade de poente e 0,37 m na extremidade de nascente; as cotas de soleira levantadas devem corresponder ou ao plano de água ou ao assoreamento, ambos visíveis nas fotografias abaixo;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 28 - PH 131 (km 44+171)

- PH 132 – Desenho 024 - a PH é uma estrutura mista que permite a circulação sob a via férrea e a drenagem da linha de água no canal criado junto ao encontro esquerdo; sob a zona de circulação estão implantadas condutas; o levantamento topográfico realizado cingiu-se ao canal de drenagem; no que se refere à geometria, na extremidade de poente a comparação das telas finais com o levantamento topográfico indiciam que o muro de separação desenhado nas telas é mais alto e que a soleira do canal não sofreu assentamento; no que se refere à extremidade de nascente crê-se que muro testa foi executado com menor altura e que a diferença de cotas da soleira do canal se deve ao efeito conjunto do plano de água com algum assoreamento;



Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 29 - PH 132 (km 44+750)

- PH 133 – Desenho 025 - deverá ter ocorrido um assentamento apenas da extremidade de poente da estrutura, estimado em 0,13 m; a altura da PH, em ambas as extremidades, que se obtém do levantamento topográfico é cerca de 0,50 m inferior à indicada nas telas finais; as cotas de soleira levantadas deverão corresponder ou ao plano de água ou ao assoreamento;



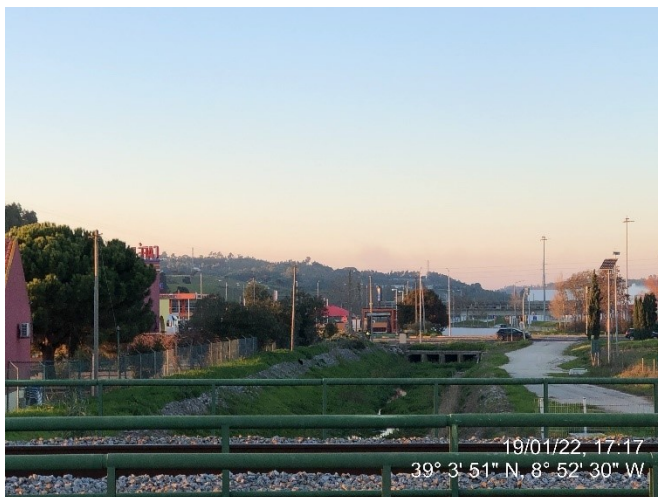
Extremidade de poente



Extremidade de nascente

Foto 30 - PH 133 (km 45+420)

- PH 134/135 – Desenho 026 - pontes de Valverde;



Extremidade de poente. Vista para poente



Extremidade de nascente

Foto 31 - PH 134/135 (km 46+100)

4.3 Drenagem longitudinal

4.3.1 Critérios de intervenção e conceção

Os pressupostos de intervenção e conceção, em articulação com as soluções projetadas para o sistema de drenagem existente, são os seguintes:

- Trabalhos de limpeza, desobstrução e reabilitação das valas e valetas existentes nos casos onde seja previsto o seu aproveitamento;

- Construção de novos órgãos de drenagem superficial e subterrânea para melhoria do sistema de drenagem com o consequente reforço da estabilidade de plataforma e superestrutura da via existente.

A análise dos dados disponíveis, incluindo o reconhecimento de campo, permitiram estabelecer as soluções de drenagem longitudinal, necessárias para minimizar as consequências resultantes da atuação das águas superficiais e subterrâneas.

As soluções de drenagem preconizadas em zonas de escavação são de modo geral as seguintes:

- Em zonas de escavação e nas bordaduras da plataforma preconiza-se a execução de valetas triangulares simétricas e também semicirculares;
- Em zonas de plataforma, optou-se por considerar drenos associados a valetas de plataforma, para melhoria das condições das condições hídricas do material do corpo do aterro, sempre que possível e nas situações de compatibilidade com as cotas de soleira das passagens hidráulicas existentes;
- Considerou-se, também, a execução de prismas drenantes para encaminhamento das águas para a plataforma de transferência de carga, sendo que esta irá funcionar como dreno sob a plataforma ferroviária.

Quanto à drenagem longitudinal em zonas de aterro:

- Na base dos aterros serão previstas, limpezas e desobstruções da vala em terra existente em quase toda a extensão da intervenção, lado nascente;
- Para além de se propor órgãos de drenagem longitudinal novos nos locais de intervenção, pretende-se também substituir parte do sistema de drenagem enterradas, pois, a solução geotécnica agora proposta obriga a aprofundar o sistema de drenagem longitudinal em alguns locais;
- De um modo geral, são ainda considerados os seguintes critérios:
- Serão previstas caixas de visita e de receção/ligação, que permitem a junção de diferentes órgãos de drenagem;
- Todo o sistema de drenagem longitudinal foi concebido para funcionar por gravidade, evitando o recurso a bombagem.

Nas peças desenhadas de projeto encontram-se indicados e localizados os órgãos de drenagem longitudinais, incluindo a respetiva definição das características geométricas nos desenhos de pormenor.

5 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

5.1 Considerações Gerais

No presente capítulo são descritas as metodologias de verificação das condições de funcionamento hidráulico e de dimensionamento dos órgãos de drenagem transversal, pelo seu tipo, dimensão e importância.

Assim, a verificação hidráulica de passagens hidráulicas consiste, essencialmente, em:

- avaliar os tipos de estruturas existentes tendo em consideração as condições locais;
- com base no diâmetro (ou altura e largura da secção retangular) e tendo em consideração a secção de controlo do escoamento, definida a partir da geometria, declive e rugosidade do aqueduto, calcular as alturas de água a montante;
- verificar a compatibilidade entre as alturas de água a montante e a altura admissível, tendo em conta a folga a respeitar à superestrutura ferroviária, sem prejuízo nas áreas envolventes.

No que diz respeito aos órgãos de drenagem longitudinal, seguiram-se os critérios apresentados no Capítulo 3, procurando-se implementar soluções que se compatibilizem, na sua maioria, com os taludes existentes (intervensões dentro do DPF), incluindo as zonas com tratamentos de taludes preconizados.

No âmbito do Estudo Hidrológico determinaram-se os caudais de ponta de cheia centenária nas linhas de água drenadas pelas passagens hidráulicas existentes entre o PK34+202 e o PK46+100, com o objetivo de atualizar os estudos similares desenvolvidos no âmbito do Projeto de Modernização da Linha do Norte, entre futura estação de Vila Franca de Xira Norte e a atual estação da Azambuja, datado de 2003. Esses caudais são apresentados no Capítulo 2.

No que se refere ao dimensionamento dos órgãos de drenagem, as normas de projeto do IP indicam o seguinte:

- Para a drenagem transversal deve considerar-se o caudal de ponta de cheia das linhas de água drenadas estimado para período de retorno de 100 anos;
- Para a drenagem longitudinal o caudal de ponta de cheia a considerar deve ser estimado para o período de retorno de 20 anos.

No que se refere a folgas em relação ao plano de água, de acordo com as mesmas normas de projeto, dever-se-á considerar:

- pontes/viadutos: folga não inferior a 2 m entre o nível de água e a face inferior do tabuleiro.
- passagens hidráulicas ou pontões: 1 m à superestrutura (base do balastro).

Apesar de não ter sido possível consultar o projeto de 2003 e em particular o Estudo Hidrológico que dele é parte integrante, foi possível reter os seguintes critérios de dimensionamento utilizados naquele projeto:

- Nível da base do carril igual ou superior ao nível de cheias no do Tejo para um período de retorno de 100 anos;
- Nível do bordo da plataforma igual ou superior ao nível de cheia no Tejo para um período de retorno de 20 anos.

Com o objetivo de reduzir os níveis do escoamento na extremidade poente das passagens hidráulicas, avaliou-se a possibilidade de calcular um eventual amortecimento do caudal de ponta de cheia centenária em passagens hidráulicas de acessos localizados a poente da via-férrea.

Para tal solicitou-se o levantamento das passagens onde tal poderia acontecer. No entanto, constatou-se que na generalidade das passagens o levantamento efetuado é insuficiente. De facto, por se tratar de zonas bastante planas, a área de levantamento topográfico necessária seria excessiva face aos objetivos do presente projeto, pelo não se solicitou mais topografia.

Ainda assim, tentou-se avaliar o eventual amortecimento do caudal de ponta de cheia centenária na PH, localizada na figura seguinte, existente na linha de água da PH123 a Poente desta última, e na qual é possível determinar uma curva de volumes armazenáveis.



Figura 2 – Localização da PH a Poente da PH123

A PH de Poente tem cerca de 13,0 m de extensão, secção transversal retangular com 3,87 x 2,40 m² na extremidade de montante e com 3,89 x 2,43 m² na extremidade de montante. A soleira desta PH varia entre as cotas 0,66 e 0,59. O topo da PH varia entre as cotas 3,50 e 3,70.

Conforme se apresenta mais adiante, o nível de cheia no rio Tejo, quando na linha de água da PH estiver a escoar-se a cheia centenária, é próximo de 4,70, pelo que também esta PH ficará inundada, não ocorrendo, deste modo, amortecimento da ponta de cheia.

Para o dimensionamento das passagens hidráulicas, que a seguir se apresentam, tendo sido detetadas discrepâncias entre o levantamento topográfico das passagens hidráulicas e as telas finais das mesmas, que deverão ser devidas a assoreamento, a assentamentos diferenciais ou a erosão

da laje de soleira, na verificação das cotas das vias-férreas, que a seguir se apresentam, adotaram-se as cotas do levantamento topográfico.

Nas peças desenhadas que compõem o presente Projeto de Execução apresenta-se o perfil longitudinal e os cortes das bocas de entrada das passagens hidráulicas com as cotas já corrigidas para os valores resultantes do levantamento topográfico.

5.2 Drenagem transversal

5.2.1 Caudais e Níveis de Cheia no Rio Tejo

Dadas as especificidades do projeto, e de forma a garantir o cumprimento dos critérios de dimensionamento definidos em 2003, foram determinados os níveis de cheia do Tejo para T=100 anos e T=20 anos. Para calcular estes níveis consultaram-se os respetivos caudais de ponta do Tejo constantes do Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo (1.º Ciclo de Planeamento (2010-2015)), do qual se retiveram os seguintes caudais na estação hidrométrica de Ómnias (Santarém).

Quadro 3 – Caudais de ponta de cheia na EH de Ómnias, obtidos a partir de estudo estatístico.

Estação hidrométrica	Caudal de ponta de cheia (m³/s)				
	Período de retorno (anos)				
	5	10	20	50	100
Ómnias (Santarém)	5 111	8 652	9 621	10 896	12 578

Para determinar o nível atingido pelo caudal de cheia no troço do rio Tejo adjacente ao troço da via-férrea em estudo, calculou-se a respetiva curva de regolfo do rio Tejo entre Vila Franca de Xira e a Azambuja.

O nível de cheia em Vila Franca de Xira foi determinado para dois cenários, ambos contemplando um agravamento do nível de 1,5 m, por forma a considerar a subida do nível médio das águas do mar prevista para 2100.

Assim, as curvas de regolfo foram determinadas para os seguintes cenários:

- Cenário 1 - ocorrência da média preia-mar de águas-vivas agravada em 1,5 m, em simultâneo com o escoamento do caudal de ponta de cheia com período de retorno T = 20 anos no rio Tejo;
- Cenário 2 - ocorrência da média preia-mar de águas-vivas agravada em 1,5 m, em simultâneo com o escoamento do caudal de ponta de cheia com período de retorno T = 100 anos no rio Tejo.

Na última década têm sido publicados muitos estudos e previsões sobre a evolução do nível do mar não havendo ainda consenso sobre esses valores.

No relatório da Estratégia Sectorial para Adaptação aos Impactes das Alterações Climáticas relacionadas com os Recursos Hídricos, da APA (agosto de 2013) sugere-se que, para efeitos de ordenamento e gestão territorial e para o horizonte temporal de 2100, se adote um cenário de subida do nível médio do mar em 1,50 m, relativamente ao nível médio de 2000.

A nível nacional, é ainda de relevância o estudo desenvolvido pelo Instituto D. Luis e Centro de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, sobre a criação e implementação de um sistema de monitorização litoral abrangido pela área de jurisdição da Administração da Região Hidrográfica do Tejo (junho de 2013). Neste, foram considerados vários cenários de evolução do nível médio do mar para 2100, tendo-se também proposto um cenário extremo com subida da ordem de 1,50 m.

De acordo com as Tabelas de Marés de 2023 do Instituto Hidrográfico, as cotas das preia-mar de águas-vivas no Terreiro do Paço (porto de Lisboa), referida ao zero hidrográfico, são as seguintes:

- PMmax. = 4,24 (nível da maré astronómica mais alta).
- PMAV = 3,71 (valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas preia-mares de águas-vivas sucessivas).

A PMmax, máxima preia-mar de águas-vivas é o nível da maré astronómica mais alta de um determinado e correspondente à altura de água máxima que se prevê que possa ocorrer devida à maré astronómica.

Atendendo a que a ocorrência simultânea de uma cheia centenária com a máxima preia-mar de águas-vivas representa um cenário com baixa probabilidade de ocorrência, no presente estudo reteve-se o nível médio da preia-mar de águas-vivas, PMAV = 3,71.

A relação entre o zero topográfico (nível médio das águas do mar no marégrafo de Cascais) e o zero hidrográfico é de 2,08. Atendendo a que o nível médio do mar se encontra em fase de subida e dado que o plano do Zero Hidrográfico (ZH) foi fixado em relação a níveis médios adotados há várias décadas, são de esperar alturas de água superiores, em cerca de 0,1 m, aos valores indicados na Tabela de Marés.

Deste modo, a cota da média da preia-mar de águas-vivas no Terreiro do Paço, relativa ao zero topográfico, será $3,71 + 0,10 - 2,08 = 1,73$.

De acordo com as mesmas Tabelas de Marés, entre o Terreiro do Paço e Vila Franca de Xira, este nível de água sofre uma sobrelevação que resulta, numa parte, da concentração da energia da maré ascendente e, noutra parte, do próprio caudal fluvial. O agravamento resultante da concentração de energia é indicado no quadro seguinte e foi retirado das Tabelas de Marés de 2023.

Quadro 4 – Correções da altura da maré em Vila Franca de Xira em relação ao porto de Lisboa

Nome do porto	Correções da altura da maré em relação ao porto de Lisboa			
	Preia-mar		Baixa-mar	
	Águas-mortas (m)	Águas-vivas (m)	Águas-mortas (m)	Águas-vivas (m)
Vila Franca de Xira	+ 0,25	+0,30	0	+0,40

De acordo com o Plano Geral de Regularização do rio Tejo, HP 1977, a sobrelevação Δh entre o Terreiro do Paço e Vila Franca de Xira varia com o caudal fluvial de acordo com a expressão $\Delta h = 0,30 + 7,397 \times 10^{-5} \times Q$, sendo a ordenada na origem igual ao valor devido à concentração de energia.

Deste modo, para o caudal de ponta de cheia centenária de $Q = 12\,578 \text{ m}^3/\text{s}$ resulta $\Delta h = 1,23 \text{ m}$ e para o caudal com período de retorno de 20 anos, $Q = 9\,621 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta h = 1,01 \text{ m}$.

Assim, a cota da média preia-mar de águas-vivas em Vila Franca de Xira será, para cada um dos cenários considerados, a seguinte:

- Cenário 1, cheia com $T = 20$ anos com alterações climáticas: $1,73 + 1,01 + 1,5 = 4,24$;
- Cenário 2, cheia com $T = 100$ anos com alterações climáticas: $1,73 + 1,23 + 1,5 = 4,46$.

No mesmo plano, entre Vila Franca de Xira e Azambuja, foi determinada a curva de regolfo ao longo do rio Tejo, de jusante para montante, controlada pelo nível em Vila Franca de Xira.

Para caracterizar o leito do rio foram, naquele plano, considerados 8 perfis transversais, cuja localização se apresenta no Anexo 1. Os perfis transversais do rio Tejo utilizados no presente estudo, constantes do Anexo 2, resultaram do levantamento batimétrico realizado em 1998, com o objetivo de atualizar o levantamento de 1971, apresentado no estudo da HP, 1977.

Assim, partindo dos níveis em Vila Franca de Xira (perfil P1), utilizaram-se esses 8 perfis para calcular, através do programa GeoHEC-RAS, as curvas de regolfo para $12\,578 \text{ m}^3/\text{s}$ e $9\,621 \text{ m}^3/\text{s}$, até ao perfil P8, localizado aproximadamente 7 km a montante da passagem hidráulica 134/135 (PK 46+100).

Para o coeficiente K de Strickler, adotou-se o valor $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, que corresponde à ordem de grandeza considerada correta para o leito menor este troço no Plano Geral de Regularização do Rio Tejo.

Para caracterizar o leito maior estenderam-se os mesmos perfis para ambas as margens, com base na cartografia militar à escala 1:25 000 e no levantamento topográfico quando existente.

Atendendo a que as margens correspondem a zonas que pouco contribuem para o escoamento, nas quais ocorre acumulação de água e a velocidade do escoamento é bastante baixa, adotou-se o valor $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ para o coeficiente K de Strickler.

Os resultados do cálculo das curvas de regolfo para os dois cenários são apresentados nos quadros seguintes.

Quadro 5 – Curva de regolfo no rio Tejo entre Vila Franca de Xira e a Azambuja, nas condições do Cenário 1 ($Q_{T=20 \text{ anos}} = 9\,619 \text{ m}^3/\text{s} + 1,5 \text{ m}$).

km da secção em relação a V. Franca de Xira	Perfil	Passagem Hidráulica (PH)	Cota do talvegue (-)	Cota da superfície livre (-)	Altura do escoamen to (m)	Cota do regime critico (-)	Cota da linha de energia (-)	Caudal (m^3/s)			Velocidade do escoamento (m/s)			Área do escoamen to (m^2)	Largura superficial (m)	Nº Froude (-)
								leito esq	leito menor	leito dto	leito esq	leito menor	leito dto			
20+950.00	P8	-	-6,40	5,57	11,97	-0,42	5,59	257,58	5604,15	3757,27	0,27	0,89	0,30	19920,37	6752,27	0,11
17+100.00	P7	-	-6,60	5,33	11,93	-0,61	5,36	387,32	6092,62	3139,07	0,21	0,97	0,25	20562,00	6928,48	0,12
14+750.00	P6	-	-7,40	5,20	12,60	-1,77	5,26	212,74	8469,27	936,99	0,22	1,20	0,29	11281,57	2896,70	0,14
14+013.15	P5.8*	134/135	-7,63	5,14	12,77	-0,57	5,21	197,16	8640,16	781,69	0,22	1,26	0,28	10575,61	2822,47	0,15
13+644.73	P5.7*	133	-7,75	5,11	12,86	-0,45	5,19	189,64	8725,23	704,13	0,23	1,29	0,27	10228,72	2787,81	0,15
13+092.10	P5.6*	132	-7,92	5,06	12,98	-0,39	5,14	178,84	8855,92	584,24	0,23	1,33	0,25	9705,46	2738,93	0,16
12+907.89	P5.5*	131	-7,98	5,04	13,02	-0,24	5,13	175,40	8895,46	548,14	0,24	1,35	0,25	9539,73	2723,57	0,16
12+171.05	P5.4*	130A	-8,21	4,97	13,18	-0,32	5,07	160,25	9012,54	446,22	0,24	1,40	0,25	8893,44	2484,77	0,16
11+986.84	P5.3*	130B	-8,27	4,95	13,22	-0,37	5,05	156,55	9032,14	430,31	0,24	1,42	0,25	8758,28	2417,47	0,17
11+618.42	P5.2*	130	-8,38	4,92	13,30	-0,47	5,02	148,99	9070,44	399,57	0,24	1,44	0,25	8499,98	2294,05	0,17
11+434.21	P5.1*	128 e 129	-8,44	4,90	13,34	-0,52	5,00	145,17	9088,31	385,53	0,24	1,45	0,25	8381,14	2239,41	0,17
11+250.00	P5	-	-8,50	4,88	13,38	-0,59	4,98	141,57	9103,85	373,57	0,24	1,46	0,25	8272,41	2186,91	0,17
10+865.38	P4.4*	127	-8,62	4,85	13,47	-0,71	4,95	124,01	9148,11	346,88	0,23	1,45	0,25	8217,20	2130,00	0,17
9+903.85	P4.3*	126A	-8,93	4,77	13,70	-1,02	4,87	87,14	9250,41	281,45	0,19	1,43	0,24	8098,23	1991,81	0,16
9+519.23	P4.2*	124/125/126	-9,05	4,73	13,78	-1,14	4,83	76,22	9287,97	254,81	0,18	1,42	0,24	8050,84	1939,70	0,16
9+134.61	P4.1*	123	-9,18	4,71	13,89	-1,26	4,80	66,34	9324,52	228,14	0,17	1,40	0,23	8015,40	1894,52	0,16
8+750.00	P4	122	-9,30	4,68	13,98	-1,37	4,77	59,44	9358,44	201,12	0,15	1,39	0,23	7978,25	1860,80	0,16
8+560.71	P3.7*	121	-9,39	4,66	14,05	-1,42	4,76	64,73	9353,43	200,83	0,16	1,39	0,23	8032,20	1899,02	0,16
8+182.14	P3.6*	120	-9,56	4,64	14,20	-1,53	4,73	76,49	9341,61	200,91	0,16	1,39	0,21	8150,20	1989,46	0,15
7+803.57	P3.5*	119	-9,73	4,61	14,34	-1,71	4,70	90,04	9325,47	203,49	0,17	1,38	0,20	8289,32	2098,62	0,15
7+235.71	P3.4*	118	-9,99	4,57	14,56	-2,35	4,66	111,57	9276,00	231,43	0,17	1,37	0,21	8521,29	2164,66	0,15

km da secção em relação a V. Franca de Xira	Perfil	Passagem Hidráulica (PH)	Cota do talvegue (-)	Cota da superfície livre (-)	Altura do escoamen to (m)	Cota do regime critico (-)	Cota da linha de energia (-)	Caudal (m³/s)			Velocidade do escoamento (m/s)			Área do escoamen to (m²)	Largura superficial (m)	Nº Froude (-)
								leito esq	leito menor	leito dto	leito esq	leito menor	leito dto			
7+046.43	P3.3*	117	-10,07	4,56	14,63	-2,57	4,65	119,73	9258,00	241,27	0,17	1,37	0,21	8602,51	2188,57	0,15
6+857.14	P3.2*	116	-10,16	4,55	14,71	-2,77	4,64	127,75	9239,90	251,35	0,17	1,37	0,21	8683,59	2210,08	0,15
6+289.29	P3.1*	114/115	-10,41	4,51	14,92	-3,35	4,60	155,44	9180,60	282,96	0,18	1,36	0,22	8942,90	2278,27	0,14
6+100.00	P3	-	-10,50	4,50	15,00	-3,52	4,59	164,81	9160,22	293,97	0,18	1,35	0,22	9030,09	2300,17	0,14
5+520.00	P2.4*	112/113	-11,18	4,47	15,65	-3,48	4,55	197,89	9161,36	259,75	0,19	1,32	0,19	9338,26	2483,62	0,14
4+746.67	P2.3*	111	-12,09	4,43	16,52	-3,65	4,51	250,00	9170,63	198,36	0,20	1,27	0,16	9766,06	2688,24	0,13
4+553.33	P2.2*	110	-12,31	4,42	16,73	-3,61	4,50	260,97	9177,03	181,00	0,20	1,25	0,15	9867,19	2739,02	0,13
4+166.67	P2.1*	109	-12,77	4,41	17,18	-3,50	4,48	287,52	9182,71	148,77	0,20	1,22	0,13	10102,01	2840,60	0,13
3+200.00	P2	-	-13,90	4,37	18,27	-3,48	4,43	345,30	9202,72	70,98	0,20	1,13	0,09	10682,82	3094,56	0,12
0+000.00	P1	-	-15,50	4,24	19,74	-7,68	4,32	108,22	9122,14	388,64	0,15	1,31	0,17	9920,16	2252,02	0,11

* perfis interpolados pelo programa de cálculo.

Quadro 6 – Curva de regolfo no rio Tejo entre Vila Franca de Xira e a Azambuja, nas condições do Cenário 2 ($Q_{T=100 \text{ anos}} = 12\,578 \text{ m}^3/\text{s} + 1,5 \text{ m}$).

km da secção em relação a V. Franca de Xira	Perfil	Passagem Hidráulica (PH)	Cota do talvegue (-)	Cota da superfície livre (-)	Altura do escoamen to (m)	Cota do regime critico (-)	Cota da linha de energia (-)	Caudal (m^3/s)			Velocidade do escoamento (m/s)			Área do escoamen to (m^2)	Largura superficial (m)	Nº Froude (-)
								leito esq	leito menor	leito dto	leito esq	leito menor	leito dto			
20+950.00	P8	-	-6,40	6,22	12,62	0,80	6,25	409,33	6541,97	5626,71	0,32	0,94	0,35	24329,87	6752,27	0,11
17+100.00	P7	-	-6,60	5,98	12,58	0,60	6,01	643,60	7238,01	4696,39	0,26	1,05	0,30	25058,64	6928,48	0,12
14+750.00	P6	-	-7,40	5,81	13,21	-0,13	5,9	375,73	10700,49	1501,78	0,27	1,40	0,37	13097,66	3015,97	0,16
14+013.15	P5.8*	134/135	-7,63	5,74	13,37	0,01	5,84	348,57	10919,82	1309,61	0,28	1,47	0,36	12300,72	2930,61	0,17
13+644.73	P5.7*	133	-7,75	5,70	13,45	0,05	5,80	335,50	11031,17	1211,34	0,29	1,51	0,36	11908,90	2890,78	0,17
13+092.10	P5.6*	132	-7,92	5,64	13,56	0,28	5,75	316,67	11205,93	1055,40	0,29	1,56	0,34	11316,62	2834,67	0,18
12+907.89	P5.5*	131	-7,98	5,62	13,6	0,27	5,73	310,68	11259,80	1007,52	0,30	1,58	0,34	11128,28	2817,09	0,18
12+171.05	P5.4*	130A	-8,21	5,52	13,73	0,15	5,65	285,82	11497,86	794,32	0,31	1,67	0,32	10338,38	2747,33	0,19
11+986.84	P5.3*	130B	-8,27	5,50	13,77	0,14	5,63	279,56	11544,31	754,13	0,31	1,69	0,32	10147,10	2697,34	0,19
11+618.42	P5.2*	130	-8,38	5,45	13,83	0,08	5,59	266,12	11614,21	697,68	0,31	1,72	0,32	9784,00	2549,71	0,19
11+434.21	P5.1*	128 e 129	-8,44	5,42	13,86	0,03	5,57	259,28	11646,44	672,28	0,31	1,74	0,32	9617,66	2484,81	0,20
11+250.00	P5	-	-8,50	5,40	13,90	-0,02	5,54	252,83	11675,45	649,72	0,31	1,75	0,33	9462,94	2421,95	0,20
10+865.38	P4.4*	127	-8,62	5,35	13,97	-0,14	5,50	226,50	11750,30	601,20	0,30	1,75	0,32	9348,15	2354,98	0,20
9+903.85	P4.3*	126A	-8,93	5,24	14,17	-0,45	5,38	170,68	11924,48	482,84	0,26	1,73	0,31	9090,41	2196,69	0,19
9+519.23	P4.2*	124/125/126	-9,05	5,20	14,25	-0,58	5,34	154,26	11988,55	435,19	0,24	1,73	0,31	8992,01	2139,41	0,19
9+134.61	P4.1*	123	-9,18	5,15	14,33	-0,69	5,30	139,78	12050,36	387,86	0,23	1,72	0,30	8911,15	2093,08	0,19
8+750.00	P4	122	-9,30	5,11	14,41	-0,78	5,26	130,88	12106,94	340,19	0,21	1,71	0,30	8835,91	2063,70	0,19
8+560.71	P3.7*	121	-9,39	5,09	14,48	-0,82	5,24	139,21	12097,28	341,51	0,22	1,71	0,29	8895,63	2105,63	0,19
8+182.14	P3.6*	120	-9,56	5,06	14,62	-0,98	5,20	157,44	12066,21	354,35	0,22	1,70	0,29	9028,90	2174,97	0,19
7+803.57	P3.5*	119	-9,73	5,02	14,75	-1,09	5,16	178,86	12021,73	377,40	0,23	1,70	0,29	9171,08	2206,91	0,18
7+235.71	P3.4*	118	-9,99	4,96	14,95	-1,33	5,10	214,69	11949,16	414,15	0,24	1,69	0,29	9391,34	2249,34	0,18

km da secção em relação a V. Franca de Xira	Perfil	Passagem Hidráulica (PH)	Cota do talvegue (-)	Cota da superfície livre (-)	Altura do escoamen to (m)	Cota do regime crítico (-)	Cota da linha de energia (-)	Caudal (m³/s)			Velocidade do escoamento (m/s)			Área do escoamen to (m²)	Largura superficial (m)	Nº Froude (-)
								leito esq	leito menor	leito dto	leito esq	leito menor	leito dto			
7+046.43	P3.3*	117	-10,07	4,95	15,02	-1,39	5,08	228,52	11922,37	427,11	0,24	1,69	0,30	9468,53	2263,88	0,18
6+857.14	P3.2*	116	-10,16	4,93	15,09	-1,46	5,07	241,40	11896,29	440,31	0,24	1,68	0,30	9544,49	2278,24	0,18
6+289.29	P3.1*	114/115	-10,41	4,88	15,29	-2,43	5,01	285,25	11812,17	480,58	0,25	1,68	0,30	9787,28	2319,16	0,18
6+100.00	P3	-	-10,50	4,86	15,36	-2,62	4,99	299,71	11783,77	494,52	0,25	1,67	0,30	9868,16	2332,70	0,17
5+520.00	P2.4*	112/113	-11,18	4,81	15,99	-2,58	4,94	348,10	11778,89	451,01	0,26	1,64	0,27	10197,23	2485,07	0,17
4+746.67	P2.3*	111	-12,09	4,76	16,85	-2,70	4,88	413,57	11797,36	367,07	0,27	1,57	0,23	10646,70	2688,24	0,16
4+553.33	P2.2*	110	-12,31	4,75	17,06	-2,79	4,86	426,98	11808,65	342,37	0,27	1,56	0,22	10752,85	2739,02	0,16
4+166.67	P2.1*	109	-12,77	4,72	17,49	-2,75	4,83	459,86	11822,77	295,37	0,27	1,52	0,19	10997,78	2840,60	0,16
3+200.00	P2	-	-13,90	4,67	18,57	-2,88	4,77	530,04	11873,59	174,37	0,27	1,42	0,14	11604,19	3094,56	0,14
0+000.00	P1	-	-15,50	4,46	19,96	-6,81	4,59	173,38	11812,15	592,47	0,21	1,67	0,24	10415,75	2252,02	0,14

* perfis interpolados pelo programa de cálculo.

5.2.2 Verificação das Cotas das Vias Descendentes VD (Lado Nascente)

Uma vez obtidos os níveis de cheia no rio Tejo verificou-se se estes são superiores às cotas da base do carril e do bordo da plataforma das vias descendentes, obtidos no levantamento topográfico realizado no âmbito do presente Projeto de Execução.

O presente projeto de via-férrea prevê intervir em curtos troços das vias descendentes. Nesses troços as cotas da base do carril e do bordo da plataforma são as resultantes do projeto e não as que se obtêm do levantamento topográfico.

A verificação das cotas da superestrutura férrea, que se apresenta no quadro seguinte, foi efetuada do seguinte modo:

- nível da base do carril igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 100 anos, com agravamento de 1,5 m;
- nível do bordo da plataforma (base do balastro) igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 20 anos, com agravamento de 1,5 m.

Quadro 7 – Verificação das cotas das vias descendentes.

PH	PK	Cotas do levantamento topográfico/projeto		Nível de cheia Rio Tejo		Folgas	
				Cenário 1	Cenário 2	Bordo da plataforma	Base do carril
		Bordo da plataforma (-)	Base do carril (-)	T=20 anos +1.5 m (-)	T=100 anos +1.5 m (-)	Cenário 1 (m)	Cenário 2 (m)
135	km 46+100	6,04	6,33	5,14	5,74	0,90	0,59
134	km 46+100	5,79	6,55	5,14	5,74	0,65	0,81
133	km 45+420	4,55	6,18	5,11	5,7	-0,56	0,48
132	km 44+750	4,98	6,10	5,06	5,64	-0,08	0,46
131	km 44+171	4,15	5,88	5,04	5,62	-0,89	0,26
130A	km 43+131	4,21	4,85	4,97	5,52	-0,76	-0,67
130B	km 42+815	3,89	5,79	4,95	5,5	-1,06	0,29
130	km 42+282	4,43	5,63	4,92	5,45	-0,49	0,18
129	km 42+130	4,38	5,62	4,90	5,42	-0,52	0,20
128	km 42+030	3,50	5,62	4,90	5,42	-1,40	0,20
127	km 41+524	4,74	5,54	4,85	5,35	-0,11	0,19
126A	km 40+250	4,65	5,77	4,77	5,24	-0,12	0,53
126	km 39+795	5,26	5,92	4,73	5,2	0,53	0,72
125	km 39+795	5,21	5,90	4,73	5,2	0,48	0,70
124	km 39+795	5,18	5,83	4,73	5,2	0,45	0,63
123	km 39+346	4,12	4,95	4,71	5,15	-0,59	-0,20
122	km 38+915	3,62	5,05	4,68	5,11	-1,06	-0,06
121	km 38+577	4,12	5,15	4,66	5,09	-0,54	0,06
120	km 38+235	3,71	5,10	4,64	5,06	-0,93	0,04
119	km 37+880	4,22	5,01	4,61	5,02	-0,39	-0,01

PH	PK	Cotas do levantamento topográfico/projeto		Nível de cheia Rio Tejo		Folgas	
				Cenário 1	Cenário 2	Bordo da plataforma	Base do carril
		Bordo da plataforma (-)	Base do carril (-)	T=20 anos +1.5 m (-)	T=100 anos +1.5 m (-)	Cenário 1 (m)	Cenário 2 (m)
118	km 37+222	3,74	4,82	4,57	4,96	-0,83	-0,14
117	km 36+804	4,48	5,12	4,56	4,95	-0,08	0,17
116	km 36+684	4,62	5,17	4,55	4,93	0,07	0,24
114/115	km 36+060	3,85	4,55	4,51	4,88	-0,66	-0,33
112/113	km 35+368	3,57	4,35	4,47	4,81	-0,90	-0,46
111	km 34+713	3,93	4,66	4,43	4,76	-0,50	-0,10
110	km 34+517	4,12	4,86	4,42	4,75	-0,30	0,11
109	km 34+202	4,16	4,93	4,41	4,72	-0,25	0,21

No quadro anterior destacou-se a amarelo as situações em que, no eixo da passagem hidráulica, a cota de cheia obtida para o Cenário 1 no rio Tejo é superior à cota do bordo da plataforma.

Para o Cenário 2 existirão secções da via-férrea em que a base do carril ficará abaixo do nível de cheia. Estas secções são destacadas a cor laranja.

5.2.3 Verificação das Cotas das Vias Ascendentes VA (Lado Poente)

As cotas das vias ascendentes (lado poente) foram verificadas de modo análogo ao efetuado para as vias ascendentes, e para a situação futura de projeto, ou seja:

- nível da base do carril igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 100 anos, com agravamento de 1,5 m;
- nível do bordo da plataforma igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 20 anos, com agravamento de 1,5 m.

Para calcular os níveis de cheia junto às linhas ascendentes (lado poente) somaram-se às cotas da linha de energia obtidas para o escoamento no rio Tejo na secção anterior, as perdas de carga do escoamento ao longo das passagens hidráulicas. No entanto, essa soma foi apenas feita para a verificação do bordo da plataforma, ou seja, quando no rio Tejo estiver a escoar-se o caudal de ponta de cheia com T=20 anos.

De facto, a ocorrência simultânea de pontas de cheia com períodos de retorno idênticos nas bacias das linhas de água e no rio Tejo tem uma probabilidade muito baixa, porque as condições meteorológicas que geram cheias de elevado período de retorno numa grande bacia como a do Tejo são distintas das que causam cheias súbitas e de curta duração nas linhas de água drenadas pelas passagens hidráulicas.

Assim, quando no rio Tejo estiver a ocorrer o caudal de ponta de cheia centenária, nas linhas de água o caudal será bastante reduzido. Do mesmo modo, quando nas linhas de água se registar o pico da cheia centenária, no rio Tejo considerou-se estar a escoar-se o caudal de ponta de cheia com T= 20 anos.

O escoamento no interior das passagens hidráulicas é controlado a jusante pela cota da linha de energia (aproximadamente igual ao nível, dado a reduzida velocidade do escoamento) no rio Tejo, pelo que a cota da linha de energia e o correspondente nível a montante é obtido através do cálculo das perdas de carga que ocorrem ao longo da PH, de acordo com a seguinte expressão:

$$H_{\text{mont}} = H_{\text{jus}} + \Delta H_{\text{entrada}} + \Delta H_{\text{saída}} + i \times L$$

sendo:

H_{mont} – cota da linha de energia na extremidade de montante;

H_{jus} – cota da linha de energia na extremidade de jusante, ou seja, a cota da linha de energia no rio Tejo;

$\Delta H_{\text{saída}}$ – perda de carga à saída da passagem hidráulica (m);

$\Delta H_{\text{entrada}}$ – perda de carga na entrada da passagem hidráulica (m);

$i \times L$ – perda de carga contínua ao longo da passagem hidráulica (m);

L – comprimento da passagem hidráulica (m);

i – coeficiente de perda de carga unitária de Manning-Strickler (m/m).

A perda de carga unitária foi determinada pela fórmula empírica de Manning-Strickler:

$$Q = K_s S R_h^{2/3} i^{1/2}$$

sendo:

Q – caudal de dimensionamento (m³/s);

K_s – coeficiente de resistência de Manning-Strickler (m¹/³/s);

S – secção molhada (m²);

R – raio hidráulico (m);

i – perda de carga unitária (m/m).

Ao longo das passagens hidráulicas foi admitido o coeficiente de Manning-Strickler indicado no quadro seguinte. A redução do coeficiente de Manning no caso das pontes deve-se ao facto das mesmas não terem laje de fundo, pelo a rugosidade da superfície em contacto com o escoamento é maior.

Quadro 8 – Coeficientes de Manning-Strickler.

PH	K_S ($m^{1/3}/s$)	PH	K_S ($m^{1/3}/s$)
135	65	124	50
134	65	123	65
133	65	122	65
132	65	121	65
131	65	120	65
130A	65	119	65
130B	65	118	65
130	65	117	65
129	65	116	50
128	65	114/115	65
127	65	112/113	65
126A	65	111	65
126	50	110	65
125	50	109	65

As perdas de carga localizadas à entrada e à saída da passagem hidráulica, foram avaliadas por uma expressão do tipo:

$$\Delta H_L = K_L \frac{U^2}{2g} = K_L \frac{Q^2}{2g A^2}$$

sendo:

U – velocidade média do escoamento (m/s);

K_L – coeficiente de perda de carga localizada;

Q – é o caudal escoado (m^3/s);

A – é a área do escoamento (m^2).

No caso de não haver singularidades no interior da passagem hidráulica, na presente fase de Projeto de Execução, consideram-se apenas a perda de carga à entrada da passagem hidráulica, $\Delta H_{\text{entrada}}$, caracterizada pelo coeficiente $K_{\text{entrada}} = 0,50$, e a perda de carga à saída, $\Delta H_{\text{saída}}$, em que se admitiu um valor conservativo $K_{\text{saída}} = 1,00$.

Nos quadros seguintes resume-se o cálculo efetuado para a situação atual (Quadro 9) e para a situação de projeto depois da intervenção na extremidade de poente da PH (Quadro 10).

Quadro 9 – Perdas de carga ao longo das passagens hidráulicas (situação atual).

PH	PK	Caudal de ponta de cheia centenária (m³/s)	Desenvolvi- mento L (m)	Extremidade de poente da PH							Extremidade de nascente da PH							Perda de carga contínua		Perda de carga total ΔH_{total} (m)
				Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{entrada}$ (m)	Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{saída}$ (m)	$i_{médio}$ (m/m)	$\Delta H_{continua}$ (m)	
135	km 46+100	21,94	23,5	-	-	27,94	0,79	1,01	0,00014	0,02	-	-	23,30	0,94	0,86	0,00026	0,05	0,00020	0,00	0,07
134	km 46+100	21,94	23,5	-	-	28,80	0,76	1,03	0,00013	0,01	-	-	32,89	0,67	1,11	0,00009	0,02	0,00011	0,00	0,04
133	km 45+420	6,10	24,35	1,50	3,00	4,50	1,36	0,50	0,00110	0,05	1,50	3,06	4,59	1,33	0,50	0,00104	0,09	0,00107	0,03	0,16
132	km 44+750	3,51	31,42	7,50	2,00	15,00	0,23	1,30	0,00001	0,00	7,50	2,33	17,48	0,20	0,89	0,00001	0,00	0,00001	0,00	0,00
131	km 44+171	17,85	49,83	3,00	2,25	6,75	2,64	0,64	0,00298	0,18	3,00	2,38	7,14	2,50	0,66	0,00256	0,32	0,00277	0,14	0,63
130A	km 43+131	6,59	60,1	2,00	2,47	4,94	1,33	0,54	0,00096	0,05	2,00	2,47	4,94	1,33	0,54	0,00096	0,09	0,00096	0,06	0,19
130B	km 42+815	6,59	40,28	2,00	2,30	4,60	1,43	0,53	0,00112	0,05	2,00	2,36	4,72	1,40	0,54	0,00105	0,10	0,00108	0,04	0,20
130	km 42+282	1,55	42,79	2,50	3,50	8,75	0,18	0,73	0,00001	0,00	2,50	3,57	8,93	0,17	0,74	0,00001	0,00	0,00001	0,00	0,00
129	km 42+130	9,09	36,83	1,50	2,21	3,32	2,74	0,45	0,00521	0,19	1,50	2,30	3,45	2,63	0,45	0,00471	0,35	0,00496	0,18	0,73
128	km 42+030	1,79	39,83	1,50	2,55	3,83	0,47	0,47	0,00014	0,01	1,50	2,65	3,98	0,45	0,48	0,00013	0,01	0,00013	0,01	0,02
127	km 41+524	9,87	55,65	3,00	2,44	7,32	1,35	0,62	0,00082	0,05	3,00	2,94	8,82	1,12	0,74	0,00044	0,06	0,00063	0,04	0,15
126A	km 40+250	1,05	31,05	1,50	2,70	4,05	0,26	0,48	0,00004	0,00	1,50	2,78	4,17	0,25	0,49	0,00004	0,00	0,00004	0,00	0,01

PH	PK	Caudal de ponta de cheia centenária (m³/s)	Desenvolvi- mento L (m)	Extremidade de poente da PH							Extremidade de nascente da PH							Perda de carga contínua		Perda de carga total ΔH_{total} (m)
				Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{entrada}$ (m)	Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{saída}$ (m)	$i_{médio}$ (m/m)	$\Delta H_{contínua}$ (m)	
126	km 39+795	243,06	24,80	-	-	39,17	6,21	0,91	0,01756	0,98	-	-	73,19	3,32	1,69	0,00219	0,56	0,00987	0,24	1,79
125	km 39+795	265,11	24,80	-	-	35,48	7,47	0,87	0,02681	1,42	-	-	54,83	4,84	1,35	0,00628	1,19	0,01655	0,41	3,02
124	km 39+795	22,51	24,80	-	-	14,33	1,57	0,35	0,00407	0,06	-	-	29,34	0,77	0,71	0,00037	0,03	0,00222	0,06	0,15
123	km 39+346	5,80	28,67	5,30	2,25	11,93	0,49	0,69	0,00009	0,01	5,30	3,37	17,86	0,32	1,03	0,00002	0,01	0,00006	0,00	0,01
122	km 38+915	4,63	29,11	1,50	2,69	4,04	1,15	0,40	0,00106	0,03	1,50	3,57	5,36	0,86	0,53	0,00041	0,04	0,00074	0,02	0,09
121	km 38+577	4,63	25,65	5,70	2,28	13,00	0,36	0,81	0,00004	0,00	5,70	2,34	13,34	0,35	0,83	0,00004	0,01	0,00004	0,00	0,01
120	km 38+235	1,08	24,73	1,50	2,64	3,96	0,27	0,48	0,00005	0,00	1,50	2,70	4,05	0,27	0,48	0,00004	0,00	0,00005	0,00	0,01
119	km 37+880	30,74	23,5	6,00	2,35	14,10	2,18	0,77	0,00159	0,12	6,00	3,16	18,96	1,62	1,03	0,00059	0,13	0,00109	0,03	0,28
118	km 37+222	2,10	50	2,00	2,95	5,90	0,36	0,60	0,00006	0,00	2,00	3,01	6,02	0,35	0,60	0,00006	0,01	0,00006	0,00	0,01
117	km 36+804	1,31	26,64	4,00	1,95	7,80	0,17	0,66	0,00001	0,00	4,00	2,01	8,04	0,16	0,67	0,00001	0,00	0,00001	0,00	0,00
116	km 36+684	345,03	24,8	-	-	111,77	3,09	1,39	0,00245	0,24	-	-	85,39	4,04	1,06	0,00602	0,83	0,00424	0,11	1,18
114/115	km 36+060	12,85 (2 x 6,43)	25,78	5,00	1,83	9,15	0,70	0,60	0,00023	0,01	5,00	2,66	13,30	0,48	0,87	0,00007	0,01	0,00015	0,00	0,03
112/113	km 35+368	3,10 (2 x 1,55)	55,63	6,00	2,95	17,70	0,09	0,99	0,00000	0,00	6,00	3,00	18,00	0,09	1,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00

PH	PK	Caudal de ponta de cheia centenária (m³/s)	Desenvolvi- mento L (m)	Extremidade de poente da PH							Extremidade de nascente da PH							Perda de carga contínua		Perda de carga total ΔH_{total} (m)
				Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{entrada}$ (m)	Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{saída}$ (m)	$i_{médio}$ (m/m)	$\Delta H_{continua}$ (m)	
111	km 34+713	3,09	60	1,50	2,10	3,15	0,98	0,44	0,00069	0,02	1,50	2,17	3,26	0,95	0,44	0,00063	0,05	0,00066	0,04	0,11
110	km 34+517	2,11	47,44	3,50	2,25	7,88	0,27	0,68	0,00003	0,00	3,50	2,37	8,30	0,25	0,71	0,00002	0,00	0,00003	0,00	0,01
109	km 34+202	17,08	47,76	5,50	1,85	10,18	1,68	0,69	0,00109	0,07	5,50	2,03	11,17	1,53	0,74	0,00083	0,12	0,00096	0,05	0,24

Quadro 10 – Perdas de carga ao longo das passagens hidráulicas (situação projeto).

PH	PK	Caudal de ponta de cheia centenária (m³/s)	Desenvolvi- mento L (m)	Extremidade de poente da PH							Extremidade de nascente da PH							Perda de carga contínua		Perda de carga total ΔH_{total} (m)
				Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{entrada}$ (m)	Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{saída}$ (m)	$i_{médio}$ (m/m)	$\Delta H_{continua}$ (m)	
135	km 46+100	21,94	23,50	-	-	28,85	0,76	0,75	0,00020	0,01	-	-	23,30	0,94	0,86	0,00026	0,05	0,00023	0,01	0,07
134	km 46+100	21,94	23,50	-	-	41,10	0,53	1,27	0,00005	0,01	-	-	32,89	0,67	1,11	0,00009	0,02	0,00007	0,00	0,03
133	km 45+420	6,10	24,35	1,50	3,00	4,50	1,36	0,50	0,00110	0,05	1,50	3,06	4,59	1,33	0,50	0,00104	0,09	0,00107	0,03	0,16
132	km 44+750	3,51	31,42	7,50	2,00	15,00	0,23	1,30	0,00001	0,00	7,50	2,00	15,00	0,23	0,76	0,00002	0,00	0,00001	0,00	0,00
131	km 44+171	17,85	49,83	3,00	2,25	6,75	2,64	0,64	0,00298	0,18	3,00	2,38	7,14	2,50	0,66	0,00256	0,32	0,00277	0,14	0,63

PH	PK	Caudal de ponta de cheia centenária (m³/s)	Desenvolvi- mento L (m)	Extremidade de poente da PH							Extremidade de nascente da PH							Perda de carga contínua		Perda de carga total ΔH_{total} (m)
				Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{entrada}$ (m)	Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{saída}$ (m)	$i_{médio}$ (m/m)	$\Delta H_{contínua}$ (m)	
130A	km 43+131	6,59	60,10	2,00	2,47	4,94	1,33	0,54	0,00096	0,05	2,00	2,57	5,14	1,28	0,56	0,00084	0,08	0,00090	0,05	0,18
130B	km 42+815	6,59	40,28	2,00	2,30	4,60	1,43	0,53	0,00112	0,05	2,00	2,36	4,72	1,40	0,54	0,00105	0,10	0,00108	0,04	0,20
130	km 42+282	1,55	42,79	2,50	3,50	8,75	0,18	0,73	0,00001	0,00	2,50	3,57	8,93	0,17	0,74	0,00001	0,00	0,00001	0,00	0,00
129	km 42+130	9,09	36,83	1,50	2,21	3,32	2,74	0,45	0,00521	0,19	1,50	2,30	3,45	2,63	0,45	0,00471	0,35	0,00496	0,18	0,73
128	km 42+030	1,79	39,83	1,50	2,55	3,83	0,47	0,47	0,00014	0,01	1,50	2,65	3,98	0,45	0,48	0,00013	0,01	0,00013	0,01	0,02
127	km 41+524	9,87	55,65	3,00	2,92	8,76	1,13	0,74	0,00045	0,03	3,00	2,94	8,82	1,12	0,74	0,00044	0,06	0,00045	0,02	0,12
126A	km 40+250	1,05	31,05	1,50	2,70	4,05	0,26	0,48	0,00004	0,00	1,50	2,78	4,17	0,25	0,49	0,00004	0,00	0,00004	0,00	0,01
126	km 39+795	243,06	24,80	-	-	46,15	5,27	1,07	0,01017	0,71	-	-	73,19	3,32	1,69	0,00219	0,56	0,00618	0,15	1,42
125	km 39+795	265,11	24,80	-	-	43,73	6,06	1,07	0,01335	0,94	-	-	54,83	4,84	1,35	0,00628	1,19	0,00982	0,24	2,37
124	km 39+795	22,51	24,80	-	-	21,00	1,07	0,51	0,00114	0,03	-	-	29,34	0,77	0,71	0,00037	0,03	0,00076	0,02	0,08
123	km 39+346	5,80	27,10	5,30	3,96	20,99	0,28	1,21	0,00001	0,00	5,30	3,37	17,86	0,32	1,03	0,00002	0,01	0,00002	0,00	0,01
122	km 38+915	4,63	28,20	1,50	3,76	5,64	0,82	0,56	0,00035	0,02	1,50	3,57	5,36	0,86	0,53	0,00041	0,04	0,00038	0,01	0,07
121	km 38+577	4,63	25,65	5,70	2,28	13,00	0,36	0,81	0,00004	0,00	5,70	2,34	13,34	0,35	0,83	0,00004	0,01	0,00004	0,00	0,01

PH	PK	Caudal de ponta de cheia centenária (m³/s)	Desenvolvi- mento L (m)	Extremidade de poente da PH							Extremidade de nascente da PH							Perda de carga contínua		Perda de carga total ΔH_{total} (m)
				Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{entrada}$ (m)	Base b (m)	Altura h (m)	Área A (m²)	Velocidade V (m/s)	Raio hidráulico Rh (m)	Perda de carga unitária i (m/m)	$\Delta H_{saída}$ (m)	$i_{médio}$ (m/m)	$\Delta H_{continua}$ (m)	
120	km 38+235	1,08	24,73	1,50	2,64	3,96	0,27	0,48	0,00005	0,00	1,50	2,70	4,05	0,27	0,48	0,00004	0,00	0,00005	0,00	0,01
119	km 37+880	30,74	24,00	6,00	3,48	20,88	1,47	1,14	0,00043	0,06	6,00	3,16	18,96	1,62	1,03	0,00059	0,13	0,00051	0,01	0,20
118	km 37+222	2,10	50,00	2,00	2,95	5,90	0,36	0,60	0,00006	0,00	2,00	3,01	6,02	0,35	0,60	0,00006	0,01	0,00006	0,00	0,01
117	km 36+804	1,31	26,64	4,00	1,95	7,80	0,17	0,66	0,00001	0,00	4,00	2,01	8,04	0,16	0,67	0,00001	0,00	0,00001	0,00	0,00
116	km 36+684	345,03	24,80	-	-	64,39	5,36	0,80	0,01542	0,73	-	-	85,39	4,04	1,06	0,00602	0,83	0,01072	0,27	1,83
114/115	km 36+060	12,85 (2 x 6,43)	25,78	5,00	2,76	1380	0,47	0,90	0,00006	0,01	5,00	2,60	13,00	0,49	0,85	0,00007	0,01	0,00007	0,00	0,02
112/113	km 35+368	3,10 (2 x 1,55)	55,63	6,00	2,95	17,70	0,09	0,99	0,00000	0,00	6,00	3,00	18,00	0,09	1,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00
111	km 34+713	3,09	60	1,50	2,10	3,15	0,98	0,44	0,00069	0,02	1,50	2,17	3,26	0,95	0,44	0,00063	0,05	0,00066	0,04	0,11
110	km 34+517	2,11	47,44	3,50	2,25	7,88	0,27	0,68	0,00003	0,00	3,50	2,37	8,30	0,25	0,71	0,00002	0,00	0,00003	0,00	0,01
109	km 34+202	17,08	47,76	5,50	1,85	10,18	1,68	0,69	0,00109	0,07	5,50	2,03	11,17	1,53	0,74	0,00083	0,12	0,00096	0,05	0,24

Do quadro seguinte constam as cotas do nível do escoamento na extremidade de montante de cada passagem hidráulica e a sua comparação com a cota do bordo da plataforma e com a cota da base do carril.

Quadro 11 – Verificação das cotas das vias ascendentes (situação atual)

PH	PK	Cotas do projeto inicial		Nível de cheia na extremidade poente da PH		Folgas		
				Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1		Cenário 2
		Bordo da plataforma (-)	Base do carril (-)	T=20 anos +1,5 m (-)	T=100 anos +1,5 m (-)	Bordo da plataforma (m)	Base do carril (m)	Base do carril (m)
135	km 46+100	6,04	6,31	5,21	5,74	0,83	1,10	0,57
134	km 46+100	5,79	6,55	5,18	5,74	0,61	1,37	0,81
133	km 45+420	4,55	5,30	5,27	5,70	-0,72	0,03	-0,40
132	km 44+750	4,25	4,99	5,06	5,64	-0,81	-0,07	-0,65
131	km 44+171	4,16	4,69	5,67	5,62	-1,51	-0,98	-0,93
130A	km 43+131	4,20	5,15	5,16	5,52	-0,96	-0,01	-0,37
130B	km 42+815	3,93	5,00	5,15	5,50	-1,22	-0,15	-0,50
130	km 42+282	4,43	5,02	4,92	5,45	-0,49	0,10	-0,43
129	km 42+130	4,40	5,03	5,63	5,42	-1,23	-0,60	-0,39
128	km 42+030	3,50	5,02	4,92	5,42	-1,42	0,10	-0,40
127	km 41+524	4,45	4,87	5,00	5,35	-0,55	-0,13	-0,48
126A	km 40+250	4,65	5,09	4,78	5,24	-0,13	0,31	-0,15
126	km 39+795	5,26	5,20	6,52	5,20	-1,26	-1,32	0,00
125	km 39+795	5,21	4,77	7,75	5,20	-2,54	-2,98	-0,43
124	km 39+795	5,18	4,49	4,88	5,20	0,30	-0,39	-0,71
123	km 39+346	3,07	3,75	4,72	5,15	-1,65	-0,97	-1,40
122	km 38+915	3,25	4,00	4,77	5,11	-1,52	-0,77	-1,11
121	km 38+577	4,16	4,63	4,67	5,09	-0,51	-0,04	-0,46
120	km 38+235	3,67	4,23	4,65	5,06	-0,98	-0,42	-0,83
119	km 37+880	3,47	3,88	4,89	5,02	-1,42	-1,01	-1,14
118	km 37+222	4,09	4,30	4,58	4,96	-0,49	-0,28	-0,66
117	km 36+804	4,47	5,15	4,56	4,95	-0,09	0,59	0,20
116	km 36+684	4,62	5,12	5,73	4,93	-1,11	-0,61	0,19
114/115	km 36+060	3,18	3,59	4,54	4,88	-1,36	-0,95	-1,29
112/113	km 35+368	3,57	4,30	4,47	4,81	-0,90	-0,17	-0,51
111	km 34+713	3,93	4,67	4,43	4,76	-0,50	0,24	-0,09
110	km 34+517	4,12	4,83	4,42	4,75	-0,30	0,41	0,08
109	km 34+202	4,26	4,94	4,52	4,72	-0,26	0,42	0,22

No que se refere à base do carril, constatou-se que esta cota é inferior à cota da cheia no rio Tejo agravada de 1,5 m, para os dois períodos de retorno estudados, na generalidade das secções. Estas secções estão destacadas a cor laranja.

No que se refere ao bordo da plataforma, na generalidade das secções o nível de cheia é superior, conforme assinalado a cor amarela.

No quadro seguinte constam as cotas do nível do escoamento na extremidade de poente de cada passagem hidráulica na situação de projeto, após a intervenção na sua extremidade de poente, sendo comparadas com a cota do bordo da plataforma e com a cota da base do carril.

Optou-se por apresentar novamente todas as PH, uma vez que devido ao assentamento a que a generalidade das mesmas sofreu, mesmo as que não vão ser alteadas, serão alvo de correção da cota do bordo da plataforma, por forma a limitar a altura de balastro.

Quadro 12 – Verificação das cotas das vias ascendentes (situação de projeto)

PH	PK	Cotas do projeto		Nível de cheia na extremidade poente da PH		Folgas		
				Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1		Cenário 2
		Bordo da plataforma (-)	Base do carril (-)	T=20 anos +1.5 m (-)	T=100 anos +1.5 m (-)	Bordo da plataforma (m)	Base do carril (m)	Base do carril (m)
135	km 46+100	6.04	6.36	5.21	5.74	0.83	1.15	0.62
134	km 46+100	5.79	6.60	5.17	5.74	0.62	1.43	0.86
133	km 45+420	4.55	6.22	5.27	5.70	-0.72	0.95	0.52
132	km 44+750	5.49	6.11	5.06	5.64	0.43	1.05	0.47
131	km 44+171	4.16	6.02	5.67	5.62	-1.51	0.35	0.40
130A	km 43+131	5.35	5.85	5.15	5.52	0.20	0.70	0.33
130B	km 42+815	3.93	5.80	5.15	5.50	-1.22	0.65	0.30
130	km 42+282	4.43	5.70	4.92	5.45	-0.49	0.78	0.25
129	km 42+130	4.40	5.69	5.63	5.42	-1.23	0.06	0.27
128	km 42+030	3.50	5.67	4.92	5.42	-1.42	0.75	0.25
127	km 41+524	4.90	5.60	4.97	5.35	-0.07	0.63	0.25
126A	km 40+250	4.65	5.80	4.78	5.24	-0.13	1.02	0.56
126	km 39+795	5.23	5.88	6.15	5.20	-0.92	-0.27	0.68
125	km 39+795	5.23	5.88	7.10	5.20	-1.87	-1.22	0.68
124	km 39+795	5.23	5.88	4.81	5.20	0.42	1.07	0.68
123	km 39+346	4.75	5.44	4.72	5.15	0.03	0.72	0.29
122	km 38+915	4.55	5.23	4.75	5.11	-0.20	0.48	0.12
121	km 38+577	4.16	5.23	4.67	5.09	-0.51	0.56	0.14
120	km 38+235	3.67	5.23	4.65	5.06	-0.98	0.58	0.17
119	km 37+880	4.50	5.23	4.81	5.02	-0.31	0.42	0.21
118	km 37+222	4.09	4.94	4.58	4.96	-0.49	0.36	-0.02
117	km 36+804	4.47	5.18	4.56	4.95	-0.09	0.62	0.23
116	km 36+684	4.57	5.20	6.38	4.93	-1.81	-1.18	0.27
114/115	km 36+060	4.00	4.74	4.53	4.88	-0.53	0.21	-0.14
112/113	km 35+368	3.57	4.60	4.47	4.81	-0.90	0.13	-0.21
111	km 34+713	3.93	4.84	4.43	4.76	-0.50	0.41	0.08
110	km 34+517	4.12	4.87	4.42	4.75	-0.30	0.45	0.12
109	km 34+202	4.26	4.94	4.52	4.72	-0.26	0.42	0.22

5.2.4 Dimensionamento e Verificação do Funcionamento Hidráulico de Passagens Hidráulicas

O Caderno de Encargos estabelece que o conjunto de passagens hidráulicas em análise “*deverão ser alvo de intervenção no sentido de garantir a mesma secção ao longo do seu desenvolvimento.*”

Assim, estas passagens não foram alvo de dimensionamento, mas apenas de verificação, considerando a secção transversal sob as vias ascendentes definida no presente Projeto de Execução.

A verificação do funcionamento das passagens hidráulicas confunde-se com o dimensionamento efetuado para a verificação das cotas de ambas as vias, pelo que os níveis atingidos a montante e a jusante são os já anteriormente calculados.

Todas as passagens hidráulicas foram verificadas para o escoamento do caudal de ponta de cheia centenária na linha de água, controlado pelo nível de cheia no rio Tejo correspondente ao pico de cheia com período de retorno de 20 anos, agravado de 1,5 m para ter em conta a subida do nível médio das águas do mar previsto para 2100.

No quadro seguinte resume-se as condições de escoamento em cada passagem hidráulica.

Quadro 13 – Verificação do funcionamento das passagens hidráulicas (situação de projeto).

PH	PK	Caudal de ponta de cheia centenária (m³/s)	Desenvolvimento L (m)	Extremidade de poente da PH		Extremidade de nascente da PH		Perda de carga contínua	Perda de carga total	Nível de cheia Rio Tejo (T=20 anos +1.5 m)	Nível de cheia na extremidade poente da PH
				Velocidade V (m/s)	$\Delta H_{entrada}$ (m)	Velocidade V (m/s)	$\Delta H_{saída}$ (m)	$\Delta H_{contínua}$ (m)	ΔH_{total} (m)	(-)	(-)
135	km 46+100	21,94	23,50	0,76	0,01	0,94	0,05	0,01	0,07	5,14	5,21
134	km 46+100	21,94	23,50	0,53	0,01	0,67	0,02	0,00	0,03	5,14	5,17
133	km 45+420	6,10	24,35	1,36	0,05	1,33	0,09	0,03	0,16	5,11	5,27
132	km 44+750	3,51	31,42	0,23	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	5,06	5,06
131	km 44+171	17,85	49,83	2,64	0,18	2,50	0,32	0,14	0,63	5,04	5,67
130A	km 43+131	6,59	60,10	1,33	0,05	1,28	0,08	0,05	0,18	4,97	5,15
130B	km 42+815	6,59	40,28	1,43	0,05	1,40	0,10	0,04	0,20	4,95	5,15
130	km 42+282	1,55	42,79	0,18	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	4,92	4,92
129	km 42+130	9,09	36,83	2,74	0,19	2,63	0,35	0,18	0,73	4,90	5,63
128	km 42+030	1,79	39,83	0,47	0,01	0,45	0,01	0,01	0,02	4,90	4,92
127	km 41+524	9,87	55,65	1,13	0,03	1,12	0,06	0,02	0,12	4,85	4,97
126A	km 40+250	1,05	31,05	0,26	0,00	0,25	0,00	0,00	0,01	4,77	4,78
126	km 39+795	243,06	24,80	5,27	0,71	3,32	0,56	0,15	1,42	4,73	6,15

PH	PK	Caudal de ponta de cheia centenária (m³/s)	Desenvolvi- mento L (m)	Extremidade de poente da PH		Extremidade de nascente da PH		Perda de carga contínua	Perda de carga total	Nível de cheia Rio Tejo (T=20 anos +1.5 m)	Nível de cheia na extremidade poente da PH
				Velocidade V (m/s)	$\Delta H_{entrada}$ (m)	Velocidade V (m/s)	$\Delta H_{saída}$ (m)	$\Delta H_{contínua}$ (m)	ΔH_{total} (m)	(-)	(-)
125	km 39+795	265,11	24,80	6,06	0,94	4,84	1,19	0,24	2,37	4,73	7,10
124	km 39+795	22,51	24,80	1,07	0,03	0,77	0,03	0,02	0,08	4,73	4,81
123	km 39+346	5,80	27,10	0,28	0,00	0,32	0,01	0,00	0,01	4,71	4,72
122	km 38+915	4,63	28,20	0,82	0,02	0,86	0,04	0,01	0,07	4,68	4,75
121	km 38+577	4,63	25,65	0,36	0,00	0,35	0,01	0,00	0,01	4,66	4,67
120	km 38+235	1,08	24,73	0,27	0,00	0,27	0,00	0,00	0,01	4,64	4,65
119	km 37+880	30,74	24,00	1,47	0,06	1,62	0,13	0,01	0,20	4,61	4,81
118	km 37+222	2,10	50,00	0,36	0,00	0,35	0,01	0,00	0,01	4,57	4,58
117	km 36+804	1,31	26,64	0,17	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	4,56	4,56
116	km 36+684	345,03	24,80	5,36	0,73	4,04	0,83	0,27	1,83	4,55	6,38
114/115	km 36+060	12,86 (2 x 6,43)	25,78	0,47	0,01	0,49	0,01	0,00	0,02	4,51	4,53
112/113	km 35+368	3,10 (2 x 1,55)	55,63	0,09	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	4,43	4,43
111	km 34+713	3,09	60,00	0,98	0,02	0,95	0,05	0,05	0,12	4,43	4,55
110	km 34+517	2,11	47,44	0,27	0,00	0,25	0,00	0,00	0,01	4,42	4,43
109	km 34+202	17,08	47,76	1,68	0,07	1,53	0,12	0,12	0,31	4,41	4,72

O funcionamento das passagens hidráulicas foi estudado, tendo sido apresentado nos Quadro 7 e Quadro 11. Neste troço em estudo, as todas as passagens hidráulicas são passagens existentes, e que atualmente asseguram a drenagem transversal da Linha do Norte (VD), em exploração, e das linhas secundárias (VA). Da análise mais pormenorizada, verifica-se que atualmente já existem valores excecionais no que diz respeito às folgas mínimas em relação ao plano de água, em particular nas pontes e viadutos.

No entanto, uma análise comparativa dos Quadro 11 e Quadro 12, respetivamente relativos à situação atual e após a intervenção na extremidade de poente, é facilmente perceptível que em resultado do das intervenções preconizadas para as passagens hidráulicas, as mesmas onde a folga não é respeitada são em menor número (menos seções assinaladas a amarelo e a laranja).

5.2.5 Análise de Sensibilidade da Superestrutura Férrea à Variação do Nível Médio das Águas do Mar

Face à inclusão, no presente estudo, da condição da subida do nível médio das águas do mar, que no projeto das vias descendentes realizado em 2003 não foi considerada, existirão trechos da Linha do Norte que não cumprirão os cenários de verificação anteriormente referidos.

Tratando-se, todavia, de projeções que contemplam um elevado grau de incerteza, identificaram-se os locais da via suscetíveis a uma subida do nível do mar de 1,5 m e aferiu-se o ano horizonte a partir do qual se prevê o incumprimento dos critérios de projeto.

Assim, determinaram-se níveis de cheia no rio Tejo, com T=20 anos, para valores crescentes de agravamento do nível médio das águas do mar. A estes níveis foi adicionada a perda de carga do escoamento do pico de cheia centenária através da PH, por forma a determinar os correspondentes níveis da extremidade de poente da PH.

Para cada PH fixou-se o menor agravamento a partir do qual o nível de cheia é superior à cota do bordo da plataforma ou à cota da base do carril. Os resultados obtidos constam do Quadro 14.

Uma vez determinado o agravamento do nível médio das águas do mar, através do gráfico da figura seguinte, adaptado de Antunes, C. (junho 2016), determinou-se o ano horizonte a partir do qual as condições de dimensionamento da via-férrea deixam de ser respeitadas.

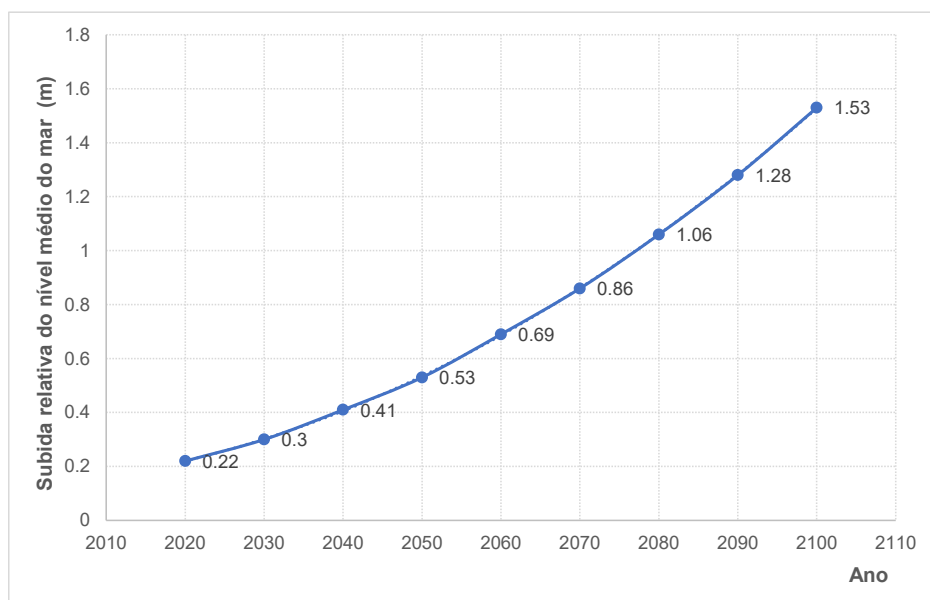


Figura 3 – Variação da subida relativa do nível médio das águas do mar

Quadro 14 – Determinação do ano horizonte de projeto da superestrutura da via-férrea.

PH	PK	Agravamento do nível médio das águas do mar (m)				Ano horizonte			
		Extremidade de nascente (VD)		Extremidade de poente (VA)		Extremidade de nascente (VD)		Extremidade de poente (VA)	
		T=20 anos	T=100 anos	T=20 anos	T=100 anos	T=20 anos	T=100 anos	T=20 anos	T=100 anos
135	km 46+100	1,5	1,5	1,5	1,5	2100	2100	2100	2100
134	km 46+100	1,5	1,5	1,5	1,5	2100	2100	2100	2100
133	km 45+420	1,5	1,5	1,5	1,5	2100	2100	2100	2100
132	km 44+750	1,5	1,5	1,5	1,5	2100	2100	2100	2100
131	km 44+171	1,5	1,5	0,9	1,5	2100	2100	2073	2100
130A	km 43+131	1,5	1,5	1,5	1,5	2100	2100	2100	2100
130B	km 42+815	1,5	1,5	1,4	1,5	2100	2100	2095	2100

PH	PK	Agravamento do nível médio das águas do mar (m)				Ano horizonte			
		Extremidade de nascente (VD)		Extremidade de poente (VA)		Extremidade de nascente (VD)		Extremidade de poente (VA)	
		T=20 anos	T=100 anos	T=20 anos	T=100 anos	T=20 anos	T=100 anos	T=20 anos	T=100 anos
130	km 42+282	1,5	1,5	1,5	1,5	2100	2100	2100	2100
129	km 42+130	1,5	1,5	0,7	1,5	2100	2100	2060	2100
128	km 42+030	1,5	1,5	1,4	1,5	2100	2100	2095	2100
127	km 41+524	1,4	1,5	1,4	1,5	2095	2100	2095	2100
126 A	km 40+250	1,5	1,5	1,5	1,5	2100	2100	2100	2100
126	km 39+795	1,5	1,5	0,1	1,5	2100	2100	2023	2100
125	km 39+795	1,5	1,5	0,1	1,5	2100	2100	2023	2100
124	km 39+795	1,5	1,5	0,1	1,5	2100	2100	2023	2100
123	km 39+346	0,7	1,2	1,5	1,5	2060	2088	2100	2100
122	km 38+915	0,5	1,4	1,0	1,5	2046	2095	2078	2100
121	km 38+577	1,1	1,5	1,2	1,5	2083	2100	2088	2100
120	km 38+235	1,1	1,5	1,3	1,5	2083	2100	2092	2100
119	km 37+880	1,0	1,4	1,2	1,5	2078	2095	2088	2100
118	km 37+222	1,0	1,3	1,0	1,4	2078	2092	2078	2095
117	km 36+804	1,3	1,5	1,3	1,5	2092	2100	2092	2100
116	km 36+684	1,5	1,5	0,6	1,5	2100	2100	2053	2100
114/115	km 36+060	0,6	1,1	1,0	1,3	2053	2083	2078	2092
112/113	km 35+368	0,8	0,9	0,8	1,2	2067	2073	2067	2088
111	km 34+713	0,9	1,3	0,4	1,5	2073	2092	2038	2100
110	km 34+517	1,1	1,5	1,1	1,5	2083	2100	2083	2100
109	km 34+202	1,4	1,5	1,1	1,5	2095	2100	2083	2100

No quadro acima destacaram-se a bold os agravamentos do nível médio das águas do mar inferiores a 1,5 m, bem como o correspondente ano horizonte.

Para a passagem hidráulica PH124/125/126 (ponte de Vila Nova da Rainha), verifica-se que mesmo sem qualquer agravamento, já hoje a cota da cheia na extremidade de poente é superior à cota do bordo da plataforma, atingindo mesmo a base do carril.

Com os níveis de cheia correspondentes ao ano horizonte reavaliou-se o dimensionamento das passagens hidráulicas, mediante a determinação dos níveis do escoamento em ambas as extremidades. Como condição de fronteira de jusante considerou-se o nível no rio Tejo correspondente ao pico de cheia com T=20 anos.

Quadro 15 – Verificação do funcionamento das passagens hidráulicas para o ano horizonte.

PH	PK	Caudal de ponta de cheia centenária (m³/s)	Desenvolvimento L (m)	Extremidade de poente da PH		Extremidade de nascente da PH		Perda de carga contínua	Perda de carga total	Nível de cheia Rio Tejo (T=20 anos)	Nível de cheia na extremidade poente da PH
				Velocidade V (m/s)	$\Delta H_{entrada}$ (m)	Velocidade V (m/s)	$\Delta H_{saída}$ (m)	$\Delta H_{contínua}$ (m)	ΔH_{total} (m)	(-)	(-)
135	km 46+100	21,94	23,50	0,76	0,01	0,94	0,05	0,01	0,07	5,14	5,21
134	km 46+100	21,94	23,50	0,53	0,01	0,67	0,02	0,00	0,03	5,14	5,17
133	km 45+420	6,10	24,35	1,36	0,05	1,33	0,09	0,03	0,16	5,11	5,27
132	km 44+75	3,51	31,42	0,23	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	5,06	5,06
131	km 44+171	17,85	49,83	2,64	0,18	2,50	0,32	0,14	0,63	5,04	5,67
130A	km 43+131	6,59	60,10	1,33	0,05	1,28	0,08	0,05	0,18	4,97	5,15
130B	km 42+815	6,59	40,28	1,43	0,05	1,40	0,10	0,04	0,20	4,95	5,15
130	km 42+282	1,55	42,79	0,18	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	4,92	4,92
129	km 42+130	9,09	36,83	2,74	0,19	2,63	0,35	0,18	0,73	4,9	5,63
128	km 42+030	1,79	39,83	0,47	0,01	0,45	0,01	0,01	0,02	4,9	4,92
127	km 41+524	9,87	55,65	1,13	0,03	1,12	0,06	0,02	0,12	4,75	4,87
126A	km 40+250	1,05	31,05	0,26	0,00	0,25	0,00	0,00	0,01	4,77	4,78
126	km 39+795	243,06	24,80	5,27	0,71	3,32	0,56	0,15	1,42	4,73	6,15
125	km 39+795	265,11	24,80	6,06	0,94	4,84	1,19	0,24	2,37	4,73	7,10
124	km 39+795	22,51	24,80	1,07	0,03	0,77	0,03	0,02	0,08	4,73	4,81
123	km 39+346	5,80	27,10	0,28	0,00	0,32	0,01	0,00	0,01	3,91	3,92
122	km 38+915	4,63	28,20	0,82	0,02	0,86	0,04	0,01	0,07	3,68	3,75
121	km 39+346	4,63	25,65	0,36	0,00	0,35	0,01	0,00	0,01	4,26	4,27
120	km 38+235	1,08	24,73	0,27	0,00	0,27	0,00	0,00	0,01	4,24	4,25
119	km 37+880	30,74	24,00	1,47	0,06	1,62	0,13	0,01	0,20	4,11	4,31
118	km 37+222	2,10	50,00	0,36	0,00	0,35	0,01	0,00	0,01	4,07	4,08
117	km 36+804	1,31	26,64	0,17	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	4,36	4,36
116	km 36+684	345,03	24,80	5,36	0,73	4,04	0,83	0,27	1,83	4,55	6,38
114/115	km 36+060	12,86 (2 x 6,43)	25,78	0,47	0,01	0,49	0,01	0,00	0,02	3,61	3,63
112/113	km 35+368	3,10 (2 x 1,55)	55,63	0,09	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	3,73	3,73
111	km 34+713	3,09	60	0,98	0,02	0,95	0,05	0,05	0,12	3,83	3,95
110	km 34+517	2,11	47,44	0,27	0,00	0,25	0,00	0,00	0,01	4,02	4,03
109	km 34+202	17,08	47,76	1,68	0,07	1,53	0,12	0,12	0,31	4,31	4,62

5.3 Drenagem Longitudinal

5.3.1 Critérios de intervenção e conceção

Os pressupostos de intervenção e conceção, em articulação com as soluções projetadas para o sistema de drenagem existente, são os seguintes:

- Trabalhos de limpeza, desobstrução e reabilitação dos órgãos de drenagem existentes nos casos onde seja previsto o seu aproveitamento;
- Construção de novos órgãos de drenagem superficial e subterrânea para melhoria do sistema de drenagem, tendo em conta o reforço da estabilidade da plataforma da via prevista;
- Desativação de órgãos existentes com a devida substituição de função, devido às novas condicionantes da via.

No presente projeto a rede de drenagem existente tem como base as Telas Finais de 2006 da Empreitada de “Modernização da Linha do Norte – Trecho Vila Franca de Xira (Norte) – Azambuja”. A análise dos dados disponíveis, incluindo o reconhecimento de campo, permitiram estabelecer as soluções de drenagem longitudinal, necessárias para minimizar as consequências resultantes da atuação das águas superficiais e subterrâneas.

5.3.2 Dimensionamento hidráulico

Ao longo de todo o traçado foram analisadas todas as áreas contribuintes para os diversos órgãos hidráulicos, afetadas do seu respetivo coeficiente de escoamento, de forma a se obter o caudal a escoar para a intensidade de precipitação de projeto.

Para determinar a capacidade de vazão dos novos órgãos de drenagem usou-se a equação de Manning-Strikler, já apresentada nesta memória.

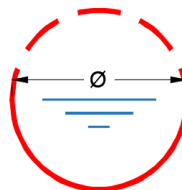
Foi admitido um coeficiente de rugosidade de $75 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ para o betão e $120 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ para o PP.

De acordo com o exposto acima, a capacidade de vazão dos órgãos de drenagem enterrados propostos encontra-se nos quadros abaixo, e serviram de base à implantação dos novos dispositivos.

Quadro 16 – Vazão do Dreno Longitudinal – Troço VFX.

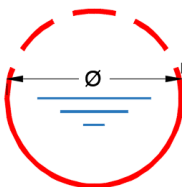
COMPRIMENTO CRÍTICO DO DRENO LONGITUDINAL VIA SIMPLES - VFX - DN 315 mm

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICO DA VALA							ELEMENTOS HIROLOGICOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO			
	Ø (m)	Ø _{interior} (m)	A (m)	P (m)	R (m)	n	t _c (min.)	C	TR (anos)	I (mm/h)
	0,315	0,263	0,038	0,578	0,066	0,008	5	0,50	20	112,910
LARGURA DE CONTRIBUIÇÃO (m)	6									
I (%)	I (m/m)	L. Critico (m)	Q _{máx.} (m ³ /s)							
0,30%	0,0030	433	0,041							
0,40%	0,0040	500	0,047							
0,50%	0,0050	559	0,053							
0,60%	0,0060	612	0,058							
0,70%	0,0070	661	0,062							
0,80%	0,0080	707	0,066							
0,90%	0,0090	750	0,071							
1,00%	0,0100	790	0,074							
1,50%	0,0150	968	0,091							
2,00%	0,0200	1117	0,105							
2,50%	0,0250	1249	0,118							
3,00%	0,0300	1368	0,129							



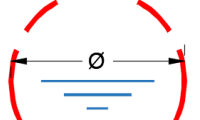
COMPRIMENTO CRÍTICO DO DRENO LONGITUDINAL ENTRE VIA - VFX - DN 315 mm

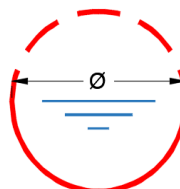
ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICO DA VALA							ELEMENTOS HIROLOGICOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO			
	Ø (m)	Ø _{interior} (m)	A (m)	P (m)	R (m)	n	t _c (min.)	C	TR (anos)	I (mm/h)
	0,315	0,263	0,038	0,578	0,066	0,008	5	0,50	20	112,910
LARGURA DE CONTRIBUIÇÃO (m)	12									
I (%)	I (m/m)	L. Critico (m)	Q _{máx.} (m ³ /s)							
0,30%	0,0030	216	0,041							
0,40%	0,0040	250	0,047							
0,50%	0,0050	279	0,053							
0,60%	0,0060	306	0,058							
0,70%	0,0070	331	0,062							
0,80%	0,0080	353	0,066							
0,90%	0,0090	375	0,071							
1,00%	0,0100	395	0,074							
1,50%	0,0150	484	0,091							
2,00%	0,0200	559	0,105							
2,50%	0,0250	625	0,118							
3,00%	0,0300	684	0,129							



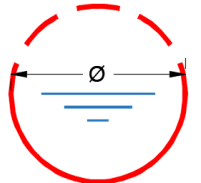
Quadro 17 – Vazão do Dreno Longitudinal – Troço ALQ.

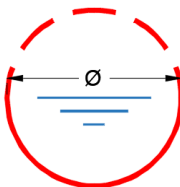
COMPRIMENTO CRÍTICO DO DRENO LONGITUDINAL VIA SIMPLES - ALQ - DN 315 mm

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICO DA VALA							ELEMENTOS HIROLOGICOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO			
	Ø (m)	Ø interior (m)	A (m)	P (m)	R (m)	n	tc (min.)	C	TR (anos)	I (mm/h)
	0,315	0,263	0,038	0,578	0,066	0,008	5	0,50	20	103,320
LARGURA DE CONTRIBUIÇÃO (m)	6									
I (%)	I (m/m)	L Critico (m)	Qmáx. (m³/s)							
0,30%	0,0030	473	0,041							
0,40%	0,0040	546	0,047							
0,50%	0,0050	611	0,053							
0,60%	0,0060	669	0,058							
0,70%	0,0070	722	0,062							
0,80%	0,0080	772	0,066							
0,90%	0,0090	819	0,071							
1,00%	0,0100	863	0,074							
1,50%	0,0150	1057	0,091							
2,00%	0,0200	1221	0,105							
2,50%	0,0250	1365	0,118							
3,00%	0,0300	1495	0,129							



COMPRIMENTO CRÍTICO DO DRENO LONGITUDINAL ENTRE VIA - ALQ - DN 315 mm

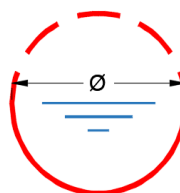
ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICO DA VALA							ELEMENTOS HIROLOGICOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO			
	Ø (m)	Ø interior (m)	A (m)	P (m)	R (m)	n	tc (min.)	C	TR (anos)	I (mm/h)
	0,315	0,263	0,038	0,578	0,066	0,008	5	0,50	20	103,320
LARGURA DE CONTRIBUIÇÃO (m)	12									
I (%)	I (m/m)	L Crítico (m)	Qmáx. (m³/s)							
0,30%	0,0030	236	0,041							
0,40%	0,0040	273	0,047							
0,50%	0,0050	305	0,053							
0,60%	0,0060	334	0,058							
0,70%	0,0070	361	0,062							
0,80%	0,0080	386	0,066							
0,90%	0,0090	410	0,071							
1,00%	0,0100	432	0,074							
1,50%	0,0150	529	0,091							
2,00%	0,0200	611	0,105							
2,50%	0,0250	683	0,118							
3,00%	0,0300	748	0,129							



Quadro 18 – Vazão do Dreno Longitudinal – Troço OTA.

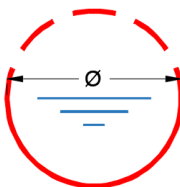
COMPRIMENTO CRÍTICO DO DRENO LONGITUDINAL VIA SIMPLES - OTA - DN 315 mm

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICO DA VALA							ELEMENTOS HIROLÓGICOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO			
	Ø (m)	Ø _{interior} (m)	A (m)	P (m)	R (m)	n	t _c (min.)	C	TR (anos)	I (mm/h)
	0,315	0,263	0,038	0,578	0,066	0,008	5	0,50	20	94,560
LARGURA DE CONTRIBUIÇÃO (m)	6									
I (%)	I (m/m)	L Crítico (m)	Q _{máx.} (m ³ /s)							
0,30%	0,0030	517	0,041							
0,40%	0,0040	597	0,047							
0,50%	0,0050	667	0,053							
0,60%	0,0060	731	0,058							
0,70%	0,0070	789	0,062							
0,80%	0,0080	844	0,066							
0,90%	0,0090	895	0,071							
1,00%	0,0100	943	0,074							
1,50%	0,0150	1155	0,091							
2,00%	0,0200	1334	0,105							
2,50%	0,0250	1492	0,118							
3,00%	0,0300	1634	0,129							



COMPRIMENTO CRÍTICO DO DRENO LONGITUDINAL ENTREVIA - OTA - DN 315 mm

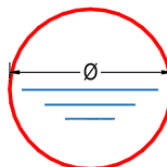
ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICO DA VALA							ELEMENTOS HIROLÓGICOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO			
	Ø (m)	Ø _{interior} (m)	A (m)	P (m)	R (m)	n	t _c (min.)	C	TR (anos)	I (mm/h)
	0,315	0,263	0,038	0,578	0,066	0,008	5	0,50	20	94,560
LARGURA DE CONTRIBUIÇÃO (m)	12									
I (%)	I (m/m)	L Crítico (m)	Q _{máx.} (m ³ /s)							
0,30%	0,0030	258	0,041							
0,40%	0,0040	298	0,047							
0,50%	0,0050	334	0,053							
0,60%	0,0060	365	0,058							
0,70%	0,0070	395	0,062							
0,80%	0,0080	422	0,066							
0,90%	0,0090	447	0,071							
1,00%	0,0100	472	0,074							
1,50%	0,0150	578	0,091							
2,00%	0,0200	667	0,105							
2,50%	0,0250	746	0,118							
3,00%	0,0300	817	0,129							



Quadro 19 – Vazão dos Coletores.

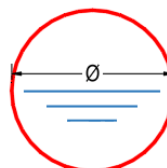
CAPACIDADE DE VAZÃO DO COLETOR - DN 400 mm

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICO DA VALA					
Ø (m)	Ø _{interior} (m)	A (m)	P (m)	R (m)	n
0,400	0,335	0,088	1,052	0,084	0,008
I (%)	I (m/m)	Q _{máx.} (m ³ /s)			
0,30%	0,0030	0,111			
0,40%	0,0040	0,128			
0,50%	0,0050	0,143			
0,60%	0,0060	0,157			
0,70%	0,0070	0,169			
0,80%	0,0080	0,181			
0,90%	0,0090	0,192			
1,00%	0,0100	0,202			
1,50%	0,0150	0,248			
2,00%	0,0200	0,286			
2,50%	0,0250	0,320			
3,00%	0,0300	0,351			



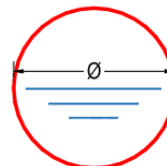
CAPACIDADE DE VAZÃO DO COLETOR - DN 500 mm

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICO DA VALA					
Ø (m)	Ø _{interior} (m)	A (m)	P (m)	R (m)	n
0,500	0,418	0,137	1,313	0,105	0,008
I (%)	I (m/m)	Q _{máx.} (m ³ /s)			
0,30%	0,0030	0,200			
0,40%	0,0040	0,231			
0,50%	0,0050	0,258			
0,60%	0,0060	0,283			
0,70%	0,0070	0,306			
0,80%	0,0080	0,327			
0,90%	0,0090	0,347			
1,00%	0,0100	0,365			
1,50%	0,0150	0,447			
2,00%	0,0200	0,517			
2,50%	0,0250	0,578			
3,00%	0,0300	0,633			



CAPACIDADE DE VAZÃO DO COLETOR - DN 630 mm

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E HIDRÁULICO DA VALA					
Ø (m)	Ø _{interior} (m)	A (m)	P (m)	R (m)	n
0,630	0,527	0,218	1,656	0,132	0,008
I (%)	I (m/m)	Q _{máx.} (m ³ /s)			
0,30%	0,0030	0,371			
0,40%	0,0040	0,429			
0,50%	0,0050	0,479			
0,60%	0,0060	0,525			
0,70%	0,0070	0,567			
0,80%	0,0080	0,606			
0,90%	0,0090	0,643			
1,00%	0,0100	0,678			
1,50%	0,0150	0,830			
2,00%	0,0200	0,958			
2,50%	0,0250	1,072			
3,00%	0,0300	1,174			



PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO ENTRE CASTANHEIRA DO
RIBATEJO E AZAMBUJA
V01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA
TOMO 1.2 – DRENAGEM
PF0223.PE.01.02.00.00.MDJ.04 NOVO

Foi adotado o método racional para o cálculo dos caudais de ponta de cheia, considerando o respetivo coeficiente de escoamento em função do tipo de superfície drenada e natureza dos solos:

- 1,0, nas zonas de plataforma da via;
- 0,5, em terrenos agrícolas ou zonas de terra / com coberto de vegetação.

A precipitação com duração de 5 min e período de retorno de 20 anos, em cada um dos postos com influência nas bacias drenadas pelos órgãos de drenagem longitudinal, foi calculada com base na curva IDF do posto udométrico de São Julião do Tojal, $P \text{ (mm)} = a \times t^b$, com t em horas, sendo os respetivos parâmetros a e b iguais a:

$$a = 32,7;$$

$$b = 0,435.$$

Para este posto, a relação entre a precipitação com 24h de duração e a precipitação com 5 min de duração, para o período de retorno de 20 anos, é $P_d/P_{24} = 0,09$.

Deste modo, no quadro seguinte apresenta-se, para o período de retorno de 20 anos, a precipitação com duração de 24h em cada posto udométrico, determinado no âmbito do estudo hidrológico, a precipitação com 5 min de duração e a correspondente intensidade de precipitação.

Quadro 20 – Intensidade de precipitação para 5 minutos de duração e período de retorno de 20 anos.

Posto Udométrico	Área de Influência (km)		P24	P5	i
			(mm)	(mm)	(mm/h)
Vila Franca de Xira	34+202	37+000	99	9.41	112.91
Alenquer	37+000	44+171	91	8.61	103.32
Ota	44+171	46+100	83	7.88	94.56

O caudal a escoar foi posteriormente comparado com a capacidade de transporte do elemento em estudo, tendo por base a inclinação longitudinal associada.

6 PRINCIPAIS RESULTADOS E INTERVENÇÕES PROPOSTAS

6.1 Drenagem Transversal

O presente projeto foi fortemente condicionado pelo projeto de modernização da linha do Norte, anteriormente desenvolvido e executado, que concebeu a posição altimétrica das novas vias somente com base no nível máximo de cheia, não tendo sido considerado à data a projeção da subida do nível médio do mar contabilizada no presente estudo em 1,5 m.

Neste estudo caracterizaram-se 30 passagens hidráulicas intercetadas pela infraestrutura ferroviária e verificaram-se as cotas da superestrutura de via.

No que se refere à superestrutura de via, verificou-se o seu posicionamento altimétrico em relação aos seguintes níveis de cheia:

- Nível da base do carril igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 100 anos agravado de 1,5 m;
- Nível do bordo da plataforma igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 20 anos, agravado de 1,5 m.

No que se refere a folgas em relação ao plano de água, de acordo com as normas de projeto, avaliaram-se as seguintes folgas:

- pontes/viadutos: folga não inferior a 2 m entre o nível de água e a face inferior do tabuleiro.
- passagens hidráulicas ou pontões: 1 m à superestrutura (base do balastro).

Conforme se resume no quadro seguinte, existem troços da via-férrea nas quais a superestrutura de via está abaixo dos respetivos níveis de cheia de dimensionamento.

Quadro 21 – Folgas da superestrutura da via-férrea (situação de projeto).

PH	PK	Vias descendentes – VD				Vias ascendentes - VA			
		Cotas do levantamento topográfico		Folgas		Cotas do projeto		Folgas	
		Bordo da plataforma	Base do carril	Bordo da plataforma (m)	Base do carril (m)	Bordo da plataforma	Base do carril	Bordo da plataforma (m)	Base do carril (m)
135	km 46+100	6.04	6.33	0.90	0.59	6.04	6.36	0,83	0,62
134	km 46+100	5.79	6.55	0.65	0.81	5.79	6.60	0,62	0,86
133	km 45+420	4.55	6.18	-0.56	0.48	4.55	6.22	-0,72	0,52
132	km 44+750	4.98	6.10	-0.08	0.46	5.49	6.11	0,43	0,47
131	km 44+171	4.15	5.88	-0.89	0.26	4.16	6.02	-1,51	0,40
130A	km 43+131	4.21	4.85	-0.76	-0.67	5.35	5.85	0,20	0,33
130B	km 42+815	3.89	5.79	-1.06	0.29	3.93	5.80	-1,22	0,30
130	km 42+282	4.43	5.63	-0.49	0.18	4.43	5.70	-0,49	0,25
129	km 42+130	4.38	5.62	-0.52	0.20	4.40	5.69	-1,23	0,27
128	km 42+030	3.50	5.62	-1.40	0.20	3.50	5.67	-1,42	0,25
127	km 41+524	4.74	5.54	-0.11	0.19	4.90	5.60	-0,07	0,25

PH	PK	Vias descendentes – VD				Vias ascendentes - VA			
		Cotas do levantamento topográfico		Folgas		Cotas do projeto		Folgas	
		Bordo da plataforma	Base do carril	Bordo da plataforma (m)	Base do carril (m)	Bordo da plataforma	Base do carril	Bordo da plataforma (m)	Base do carril (m)
126A	km 40+250	4.65	5.77	-0.12	0.53	4.65	5.80	-0,13	0,56
126	km 39+795	5.26	5.92	0.53	0.72	5.23	5.88	-0,92	0,68
125	km 39+795	5.21	5.90	0.48	0.70	5.23	5.88	-1,87	0,68
124	km 39+795	5.18	5.83	0.45	0.63	5.23	5.88	0,42	0,68
123	km 39+346	4.12	4.95	-0.59	-0.20	4.75	5.44	0,03	0,29
122	km 38+915	3.62	5.05	-1.06	-0.06	4.55	5.23	-0,20	0,12
121	km 38+577	4.12	5.15	-0.54	0.06	4.16	5.23	-0,51	0,14
120	km 38+235	3.71	5.10	-0.93	0.04	3.67	5.23	-0,98	0,17
119	km 37+880	4.22	5.01	-0.39	-0.01	4.50	5.23	-0,31	0,21
118	km 37+222	3.74	4.82	-0.83	-0.14	4.09	4.94	-0,49	-0,02
117	km 36+804	4.48	5.12	-0.08	0.17	4.47	5.18	-0,09	0,23
116	km 36+684	4.62	5.17	0.07	0.24	4.57	5.20	-1,81	0,27
114/115	km 36+060	3.85	4.55	-0.66	-0.33	4.00	4.74	-0,53	-0,14
112/113	km 35+368	3.57	4.35	-0.90	-0.46	3.57	4.60	-0,90	-0,21
111	km 34+713	3.93	4.66	-0.50	-0.10	3.93	4.84	-0,50	0,08
110	km 34+517	4.12	4.86	-0.30	0.11	4.12	4.87	-0,30	0,12
109	km 34+202	4.16	4.93	-0.25	0.21	4.26	4.94	-0,26	0,22

No que diz respeito às passagens hidráulicas, conforme se conclui das peças desenhadas, mesmo após o alteamento dos troços sob as vias ascendentes e substituídas as pontes da Vala do Carregado e de Vila Nova da Rainha, para suporte destas vias, todas as passagens funcionarão afogadas e com o escoamento controlado pelo nível de cheia no rio Tejo. Também as folgas entre o nível de água e a face inferior do tabuleiro não são garantidas.

Em particular, no que se refere à Ponte de Vila Nova da Rainha, conforme se observa no Desenho 015, será necessário aumentar os vãos livres para o escoamento, em especial o central, mediante a regularização da ribeira, por forma a reduzir as perdas de carga e a baixar os níveis de cheia na extremidade de poente.

Como recomendação geral alerta-se para o facto de a eficácia do sistema de drenagem depender em grande parte da sua manutenção e limpeza. Assim, recomenda-se, como intervenções de rotina, uma inspeção anual (ou após a ocorrência de fenómenos de precipitação extremos) das passagens hidráulicas e dos restantes órgãos do sistema de drenagem e a limpeza periódica dos órgãos do sistema de drenagem adjacentes à plataforma.

Com intervenções urgentes e de curto prazo, resumem-se no quadro seguinte as passagens hidráulicas existentes e as intervenções propostas no presente âmbito do projeto.

6.2 Drenagem Longitudinal

No que diz respeito ao sistema de drenagem longitudinal e tendo em conta as premissas do presente projeto, foram materializados órgãos de drenagem na plataforma e áreas adjacentes que se encontram devidamente identificados nas peças desenhadas do projeto.

Salienta-se, que no presente projeto não foi possível manter grande parte da drenagem de plataforma existente sob as vias a intervir, ou devido a incompatibilidades entre a modelação altimétrica da plataforma existente com a futura plataforma, ou por falta de capacidade de vazão existente ou, ainda, de acordo com as observações resultantes do reconhecimento de campo efetuado.

As obras a realizar deverão respeitar os preceitos normais para trabalhos desta natureza e materializar as soluções definidas neste projeto. É natural que durante a execução da obra a realidade determine pequenos ajustes ou modificações ao definido no projeto.

No entanto estas modificações ou ajustes não deverão em caso algum contrariar a filosofia das soluções propostas.

Antes do início dos trabalhos recomenda-se a confirmação através da aferição local de toda a informação apresentada no projeto relativa à localização, cotas e materiais dos coletores e dos pontos de ligação à rede existente, informação recolhida no local.

Relativamente aos sistemas existentes e antes da realização das ligações previstas, o Adjudicatário deverá verificar o estado de funcionamento dos coletores e das respetivas caixas de visita.

Em tudo o que diz respeito à rede de drenagem pluvial dever-se-á respeitar o especificado no Caderno de Encargos e estar de acordo com o preconizado neste projeto, naquilo que lhe for imputável.

De igual modo todos os trabalhos deverão ser executados com perfeição e solidez tendo em atenção os regulamentos, normas e demais legislação em vigor, as indicações do projeto e as instruções e aprovação prévia da Fiscalização.

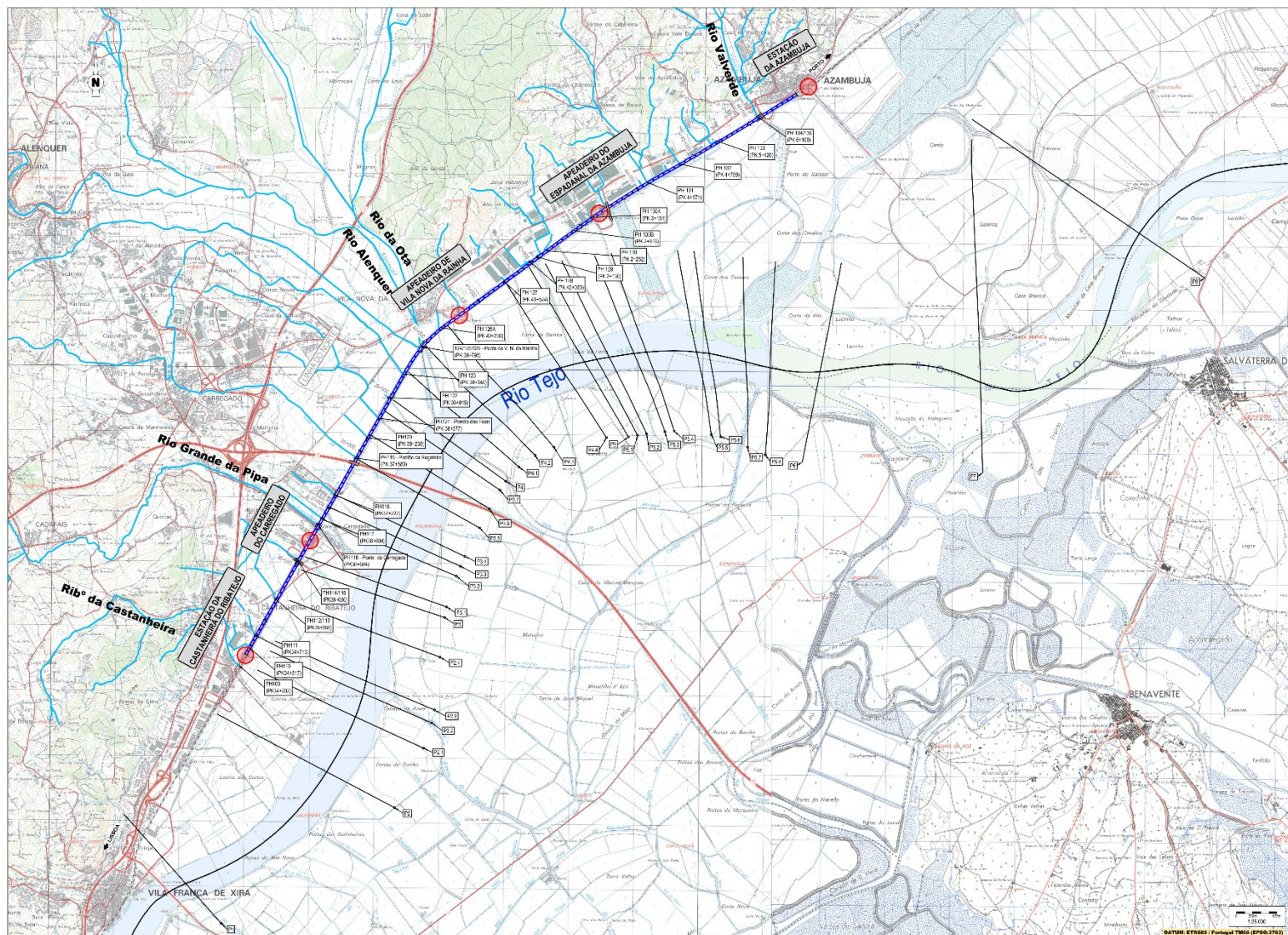
Nota informativa:

A presente publicação é da exclusiva responsabilidade da Infraestruturas de Portugal e não reflete necessariamente a opinião da União Europeia.

ANEXOS

ANEXO 1

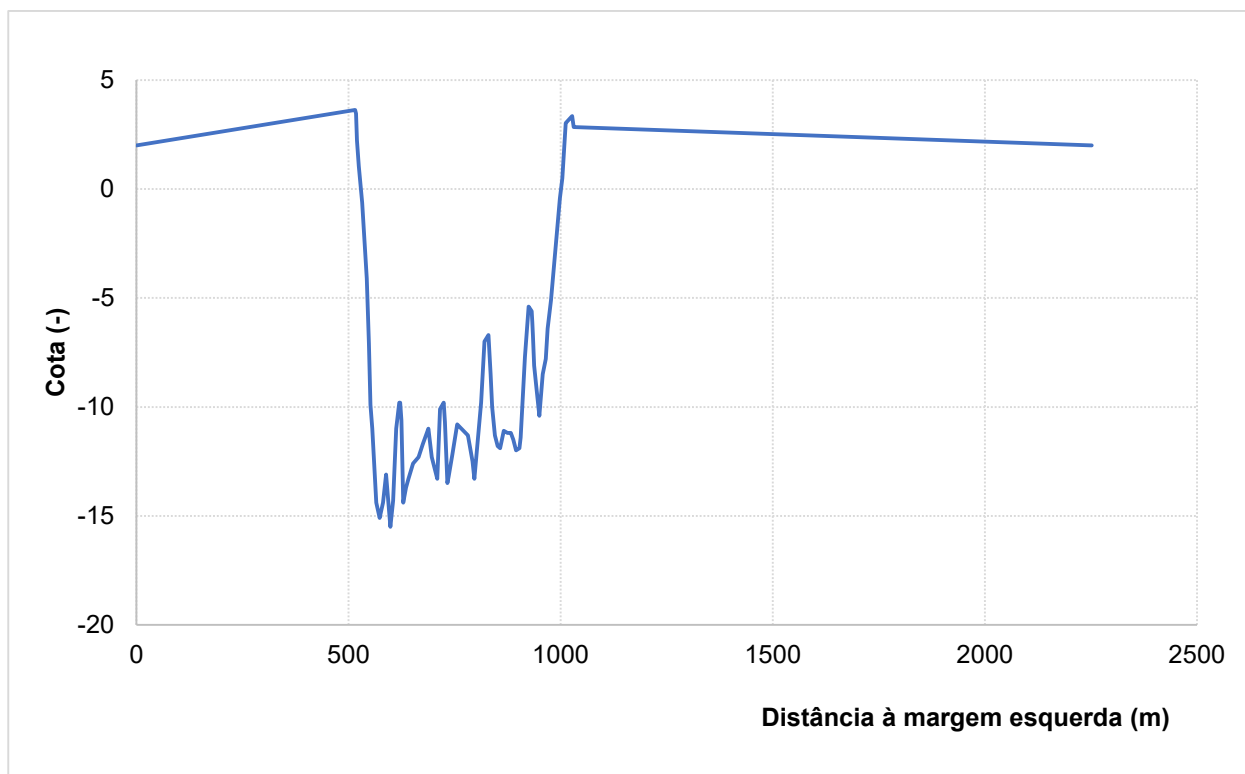
LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS DE CÁLCULO DAS CHEIAS NO RIO TEJO



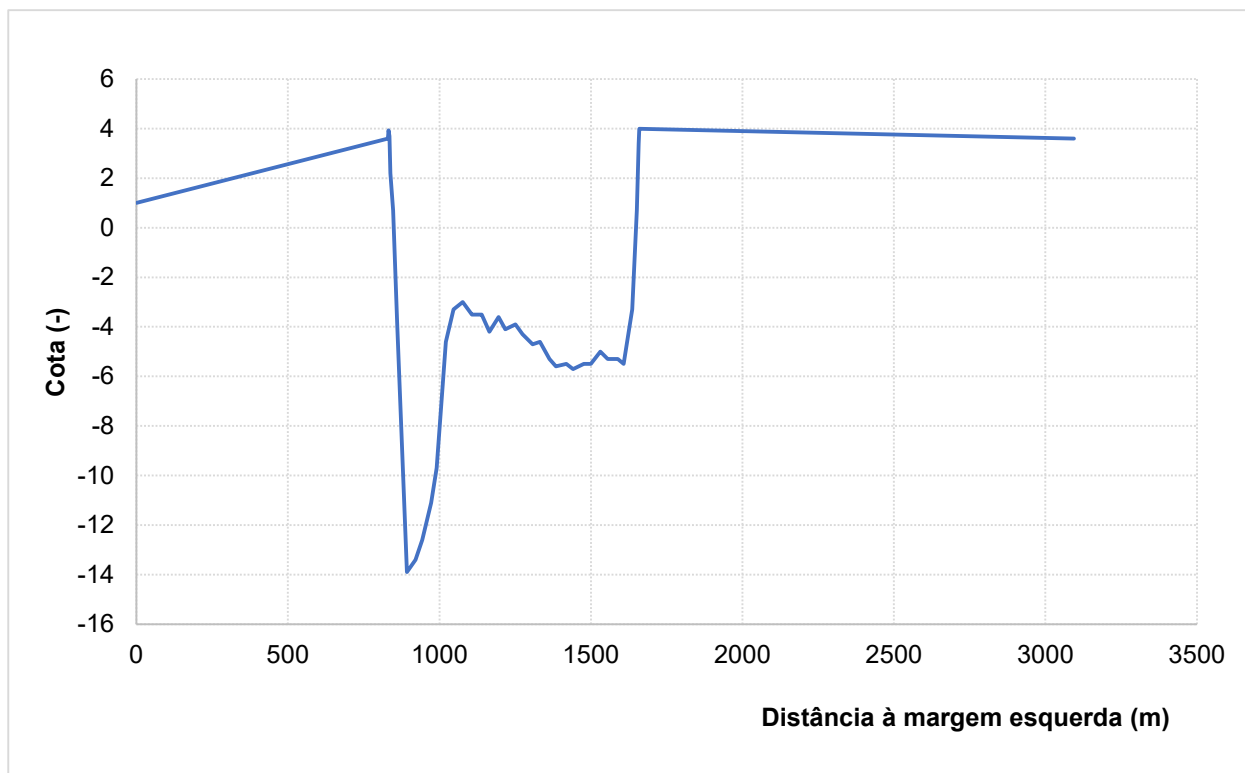
ANEXO 2

PERFIS TRANSVERSAIS DO RIO TEJO

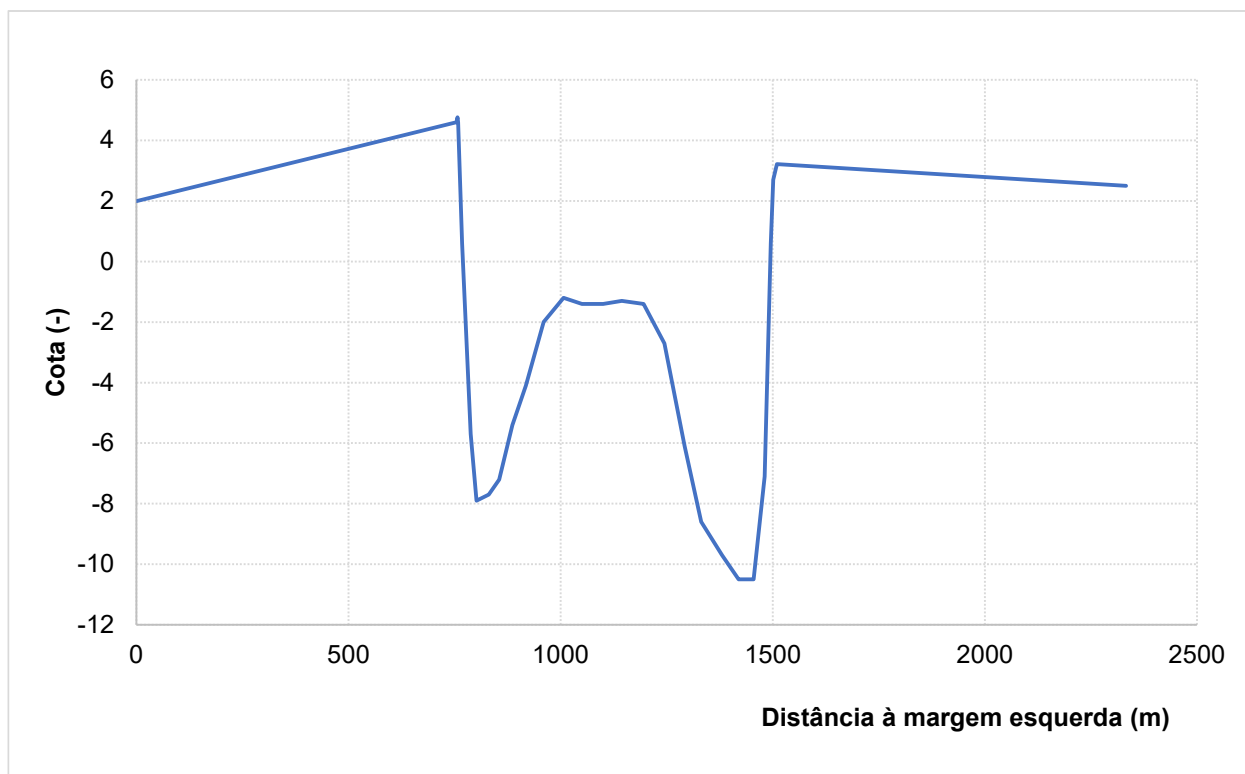
Perfil transversal P1



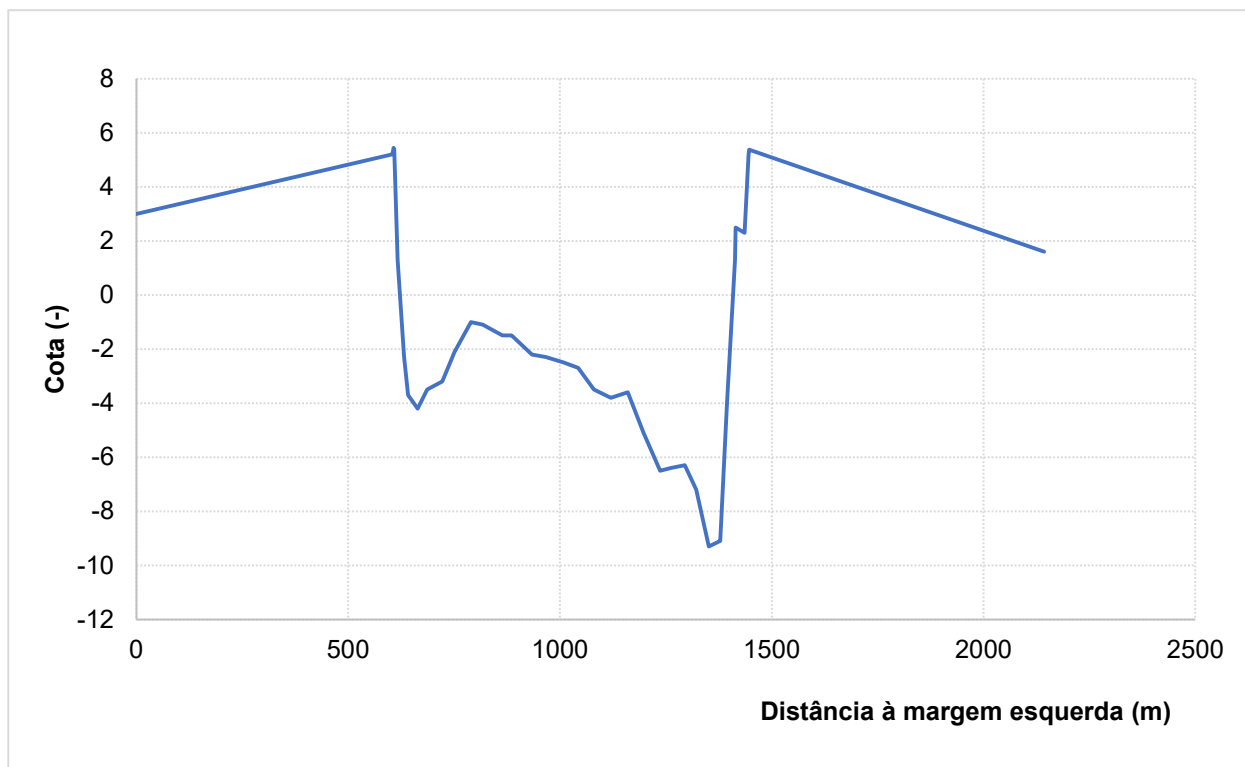
Perfil transversal P2



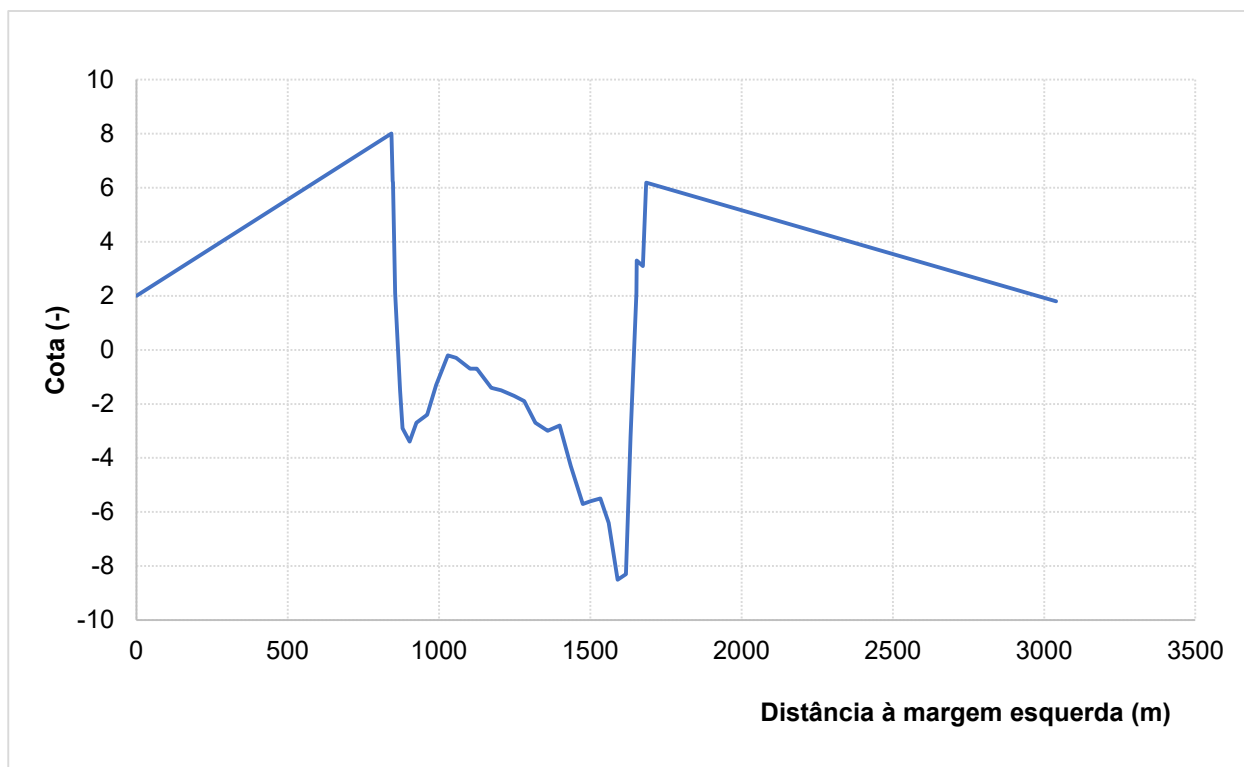
Perfil transversal P3



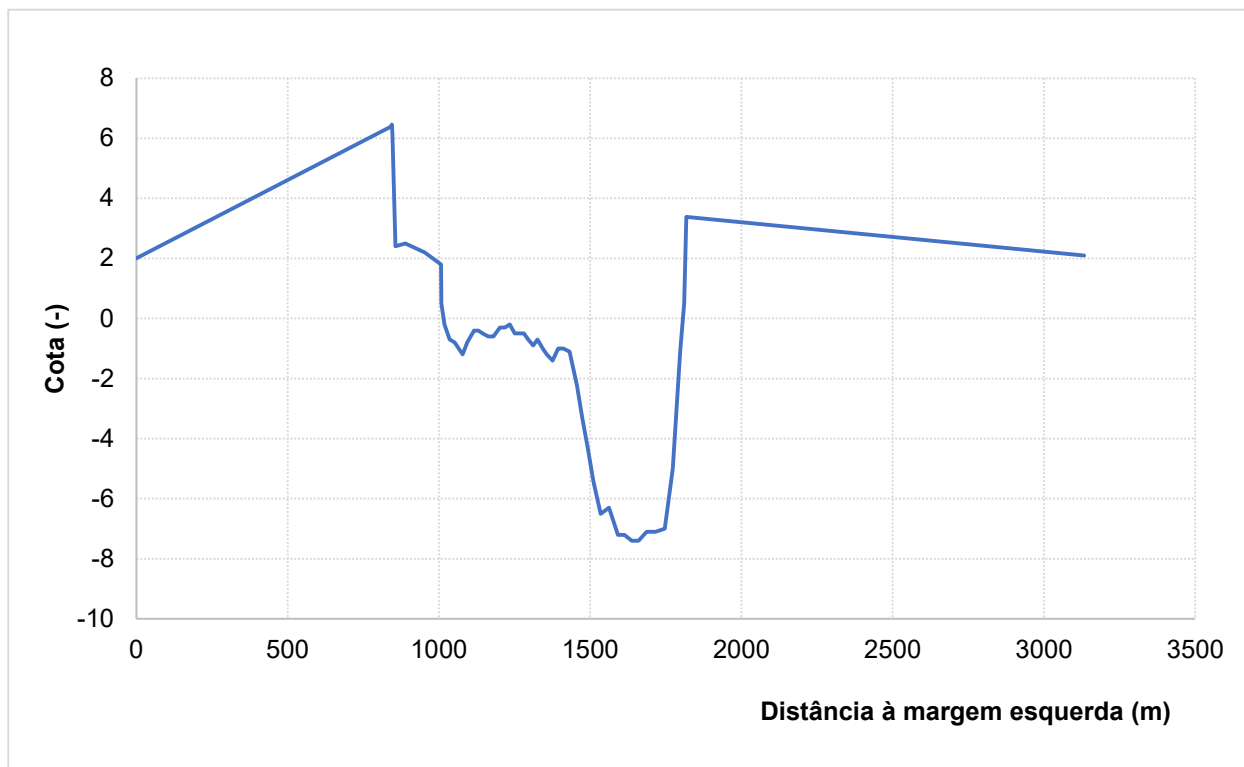
Perfil transversal P4



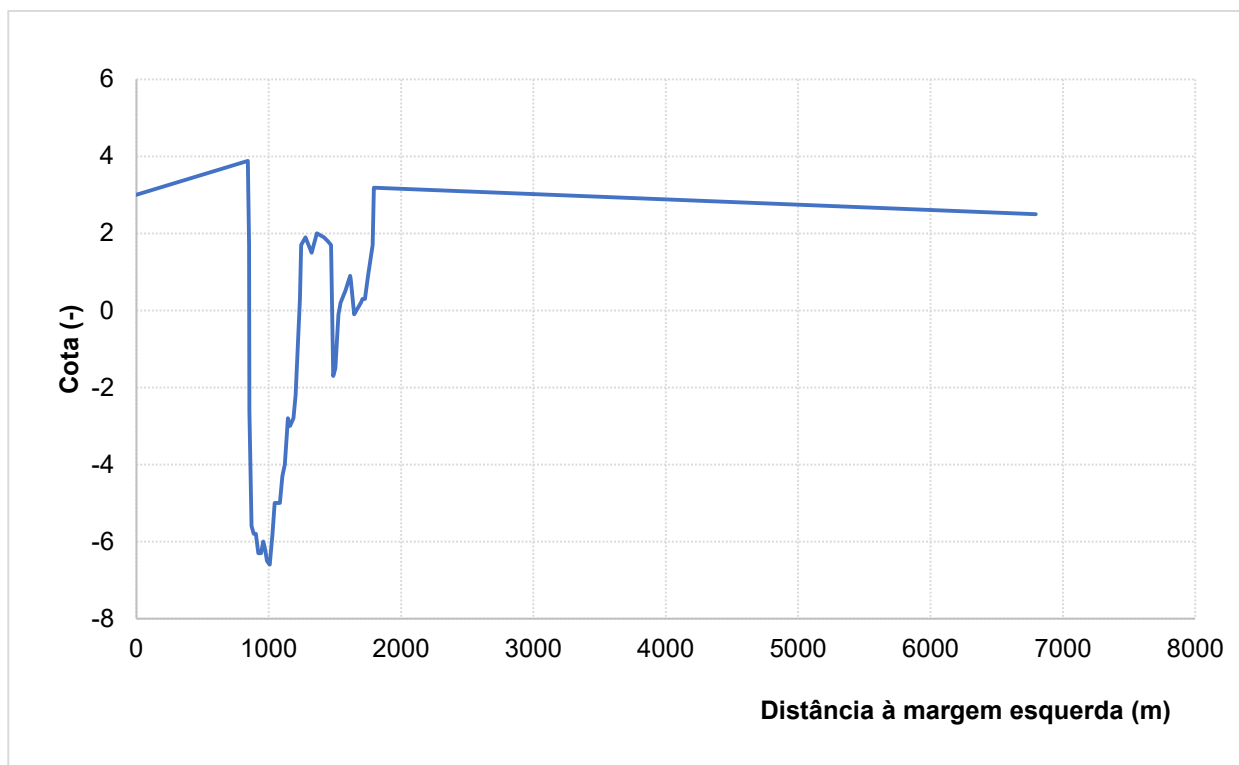
Perfil transversal P5



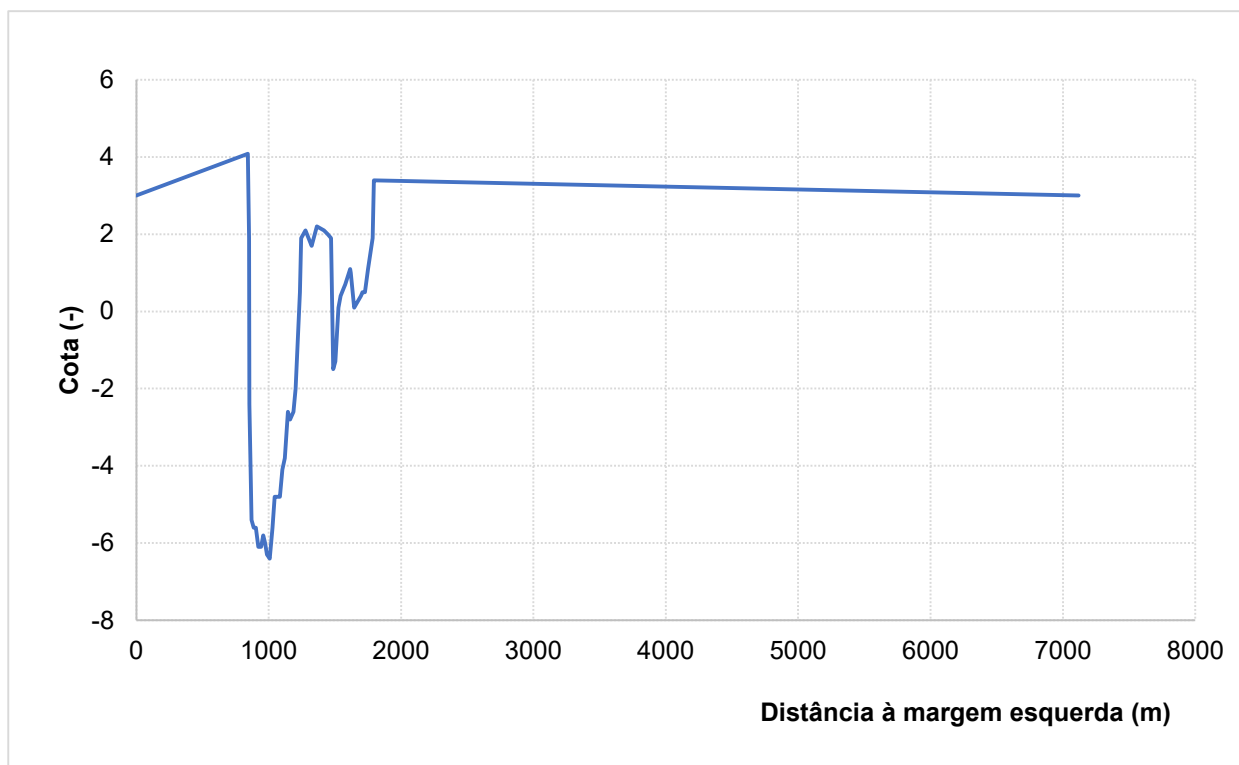
Perfil transversal P6



Perfil transversal P7



Perfil transversal P8



Perfil P1		Perfil P2		Perfil P3		Perfil P4	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)	Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)	Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)	Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)
0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	3.00
515.21	3.64	829.93	3.60	754.94	4.60	604.04	5.20
517.20	3.46	832.23	3.93	756.94	4.77	607.64	5.44
519.55	2.23	835.13	3.70	758.34	4.60	608.64	5.40
523.75	1.05	838.13	2.20	767.44	0.60	616.74	1.30
531.66	-0.62	846.63	0.70	787.64	-5.70	632.04	-2.30
542.99	-4.10	860.33	-3.80	801.74	-7.90	641.14	-3.70
547.78	-7.10	892.23	-13.90	830.44	-7.70	663.84	-4.20
551.60	-9.90	921.03	-13.40	855.24	-7.20	686.54	-3.50
555.64	-11.00	942.83	-12.60	885.94	-5.40	722.24	-3.20
565.34	-14.40	973.03	-11.10	917.84	-4.10	751.44	-2.10
573.18	-15.10	991.13	-9.70	959.94	-2.00	789.94	-1.00
580.89	-14.40	1021.43	-4.60	1006.54	-1.20	817.64	-1.10
588.19	-13.10	1046.03	-3.30	1049.94	-1.40	863.84	-1.50
598.45	-15.50	1076.53	-3.00	1100.44	-1.40	886.04	-1.50
604.68	-14.30	1107.33	-3.50	1143.94	-1.30	934.24	-2.20
612.39	-11.00	1139.73	-3.50	1195.44	-1.40	966.64	-2.30
619.46	-9.80	1164.73	-4.20	1244.74	-2.70	1009.74	-2.50
621.57	-9.80	1195.53	-3.60	1292.04	-6.10	1043.14	-2.70
624.73	-10.60	1217.03	-4.10	1331.44	-8.60	1079.84	-3.50
629.10	-14.40	1250.33	-3.90	1380.84	-9.70	1120.24	-3.80
635.61	-13.70	1273.93	-4.30	1419.74	-10.50	1160.04	-3.60
641.21	-13.30	1307.83	-4.70	1454.84	-10.50	1197.04	-5.10
651.81	-12.60	1331.83	-4.60	1480.84	-7.10	1236.44	-6.50
664.98	-12.30	1363.13	-5.30	1495.74	0.60	1262.04	-6.40
675.06	-11.70	1384.63	-5.60	1501.04	2.70	1294.54	-6.30
688.21	-11.00	1418.23	-5.50	1509.88	3.22	1321.94	-7.20
696.40	-12.30	1441.43	-5.70	2332.70	2.50	1351.34	-9.30
709.19	-13.30	1476.83	-5.50			1378.74	-9.10
715.71	-10.10	1499.43	-5.50			1394.54	-4.00
724.36	-9.80	1531.03	-5.00			1413.74	1.30
727.11	-10.70	1554.83	-5.30			1415.04	2.50
733.07	-13.50	1588.33	-5.30			1435.64	2.30
735.87	-13.20	1608.23	-5.50			1445.54	5.20
744.67	-12.20	1636.53	-3.30			1446.81	5.38
755.78	-10.80	1651.33	0.70			2143.20	1.60
781.03	-11.30	1657.13	3.40				
791.86	-12.50	1659.86	3.99				
796.75	-13.30	3094.56	3.60				
812.17	-9.80						
820.50	-7.00						
829.47	-6.70						
834.96	-8.50						
838.14	-10.00						
844.82	-11.30						
851.25	-11.80						
857.18	-11.90						
866.07	-11.10						
874.41	-11.20						
882.23	-11.20						
888.47	-11.50						
895.13	-12.00						
902.52	-11.90						
905.97	-11.40						
915.77	-7.70						
924.29	-5.40						
931.40	-5.60						
932.85	-6.10						
934.36	-6.70						
937.57	-8.10						
943.13	-9.20						
949.36	-10.40						
957.37	-8.50						

Perfil P1	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)
964.71	-7.80
969.26	-6.40
976.98	-5.10
998.48	-0.42
1004.23	0.50
1012.11	3.03
1027.01	3.35
1030.42	2.84
2252.02	2.00

Perfil P2	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)

Perfil P3	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)

Perfil P4	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)

Perfil P5	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)
0.00	2.00
842.77	8.00
846.37	6.24
847.37	6.20
855.47	2.10
870.77	-1.50
879.87	-2.90
902.57	-3.40
925.27	-2.70
960.97	-2.40
990.17	-1.30
1028.67	-0.20
1056.37	-0.30
1102.57	-0.70
1124.77	-0.70
1172.97	-1.40
1205.37	-1.50
1248.47	-1.70
1281.87	-1.90
1318.57	-2.70
1358.97	-3.00
1398.77	-2.80
1435.77	-4.30
1475.17	-5.70
1500.77	-5.60
1533.27	-5.50
1560.67	-6.40
1590.07	-8.50
1617.47	-8.30
1633.27	-3.20
1652.47	2.10
1653.77	3.30
1674.37	3.10
1684.27	6.00
1685.54	6.18
3039.36	1.80

Perfil P6	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)
0.00	2.00
842.77	6.40
844.47	6.46
845.97	6.20
855.87	2.40
889.27	2.50
953.17	2.20
1007.27	1.80
1008.37	0.50
1017.97	-0.20
1035.47	-0.70
1051.47	-0.80
1078.27	-1.20
1093.27	-0.80
1116.37	-0.40
1129.97	-0.40
1144.47	-0.50
1163.07	-0.60
1179.97	-0.60
1201.67	-0.30
1217.97	-0.30
1233.77	-0.20
1250.47	-0.50
1262.27	-0.50
1281.47	-0.50
1294.97	-0.70
1311.97	-0.90
1325.67	-0.70
1343.27	-1.00
1356.37	-1.20
1375.77	-1.40
1393.97	-1.00
1411.57	-1.00
1432.17	-1.10
1456.37	-2.23
1473.77	-3.30
1492.07	-4.30
1509.77	-5.40
1534.67	-6.50
1562.17	-6.30
1592.07	-7.20
1613.17	-7.20
1637.37	-7.40
1659.47	-7.40
1685.97	-7.10
1715.77	-7.10
1746.37	-7.00
1773.17	-5.00

Perfil P7	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)
0.00	3.00
842.77	3.88
851.57	1.70
854.47	-2.60
869.17	-5.60
885.77	-5.80
902.27	-5.80
920.97	-6.30
941.87	-6.30
958.87	-6.00
972.67	-6.20
987.57	-6.50
1007.97	-6.60
1028.77	-5.80
1043.67	-5.00
1066.87	-5.00
1085.27	-5.00
1103.67	-4.30
1122.67	-4.00
1144.57	-2.80
1161.97	-3.00
1185.67	-2.80
1203.27	-2.20
1236.67	0.30
1244.27	1.70
1278.47	1.90
1323.07	1.50
1363.87	2.00
1417.77	1.90
1445.77	1.80
1471.17	1.70
1486.47	-1.70
1502.37	-1.50
1526.97	-0.10
1542.47	0.20
1565.37	0.40
1577.17	0.50
1615.07	0.90
1620.57	0.80
1645.47	-0.10
1696.07	0.20
1707.47	0.30
1726.27	0.30
1750.67	0.90
1784.27	1.70
1795.15	3.19
6796.15	2.50

Perfil P8	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)
0.00	3.00
842.77	4.08
851.57	1.90
854.47	-2.40
869.17	-5.40
885.77	-5.60
902.27	-5.60
920.97	-6.10
941.87	-6.10
958.87	-5.80
972.67	-6.00
987.57	-6.30
1007.97	-6.40
1028.77	-5.60
1043.67	-4.80
1066.87	-4.80
1085.27	-4.80
1103.67	-4.10
1122.67	-3.80
1144.57	-2.60
1161.97	-2.80
1185.67	-2.60
1203.27	-2.00
1236.67	0.50
1244.27	1.90
1278.47	2.10
1323.07	1.70
1363.87	2.20
1417.77	2.10
1445.77	2.00
1471.17	1.90
1486.47	-1.50
1502.37	-1.30
1526.97	0.10
1542.47	0.40
1565.37	0.60
1577.17	0.70
1615.07	1.10
1620.57	1.00
1645.47	0.10
1696.07	0.40
1707.47	0.50
1726.27	0.50
1750.67	1.10
1784.27	1.90
1795.15	3.39
7119.15	3.00

Perfil P5	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)

Perfil P6	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)
1797.67	-1.10
1811.07	0.50
1817.87	3.38
3132.84	2.10

Perfil P7	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)

Perfil P8	
Distância à margem esquerda (m)	Cota (-)