

Cliente		Empreiteiro EPC			
		  			
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.	
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	31/01/2025	01	1 de 20	
Código AdA		Código ACE			
AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

AL-INN-0000-PR-CRT-00001

Bases de Projeto. Hidráulica

01	31/01/2025	Documento inicial	FS	FME	ACE
Rev.	Dados	Descrição	Criado	Revisto	Aprovado

Editado para:

Informação		Compra	
Aprovação	X	Construção	
Pedido de licitação		Conforme construído	

Cliente 		Empreiteiro EPC   			
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.	
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	31/01/2025	01	2 de 2	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO	4
1.1. Descrição geral do sistema de dessalinização	4
1.2. Objetivo deste documento	4
2. GERAL	5
2.1. Sistema de unidades	5
3. CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	7
3.1. Dados climáticos. Clima Terrestre	7
3.2. Altitude	7
3.3. Cargas de vento.....	7
3.4. Tectónica e Sismicidade	8
4. CONDIÇÕES DE CONCEPÇÃO	10
5. CONDIÇÕES DE PROJETO DE TUBULAÇÕES	11
6. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	14
6.1. Perdas em Conduções dentro da EDAM	14
6.2. Perdas de carga para obras exteriores à EDAM	14
6.3. Perdas de carga singulares	15
6.4. Circuitos com secção transversal livre	16
6.5. Vertedouros	17
7. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO EM REGIME TRANSITÓRIO	19

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.	
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	31/01/2025	01	3 de 40	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

Ilustrações

Ilustração 1. Resume os dados climatológicos para a zona de Albufeira

7

Tabelas

Tabela 1. Unidades do Sistema Internacional	5
Tabela 2. Unidades habitualmente utilizadas no sector	6
Tabela 3. Materiais a usar nos circuitos hidráulicos	11
Tabela 4. Materiais a usar nas redes auxiliares	12
Tabela 5. Velocidades de circulação de água em tubulações	12
Tabela 6. Velocidades de circulação de ar em tubulações	13
Tabela 7. Velocidades de circulação de reagentes em tubulações	13
Tabela 8. Velocidades de circulação de lamas em tubulações	13
Tabela 9. Coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams	14
Tabela 10. Coeficiente de rugosidade absoluta	15
Tabela 11. Coeficiente de perda específico para cada singularidade	16
Tabela 12. Coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler	17

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.	
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	31/01/2025	01	4 de 4	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

1. INTRODUÇÃO

A região do Algarve tem vindo a sofrer, ao longo dos últimos anos, de uma seca prolongada associada a uma situação de escassez hídrica que é já considerada estrutural. Assim, apesar da disponibilidade de água em Portugal ser acima da média europeia, o abastecimento de água em Portugal, nomeadamente na região do Algarve, está sob stress, e espera-se que o problema aumente com as alterações climáticas. Por estes motivos o Plano Regional de Eficiência Hídrica da Região do Algarve, elaborado em 2020 pela APA e pela Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), identificou como medida estrutural possível para reforçar a capacidade de produção de água, a criação de um sistema de dessalinização na região do Algarve, com o objetivo de assegurar uma origem alternativa e fiável para o abastecimento de água potável à região do Algarve.

1.1. Descrição geral do sistema de dessalinização

O Sistema de Dessalinização a implementar na Fase 1 (Ano 0) permitirá a produção de $500 \text{ L/s} = 1800 \text{ m}^3/\text{h} = 43.200 \text{ m}^3/\text{dia} = 16 \text{ hm}^3/\text{ano}$ de água potável. O sistema ficará preparado para ser ampliado no futuro (Fase 2 – Ano Horizonte), através da instalação dos equipamentos necessários na EE1 e EDAM, para a produção de $750 \text{ L/s} = 2.700 \text{ m}^3/\text{h} = 64.800 \text{ m}^3/\text{dia} = 24 \text{ hm}^3/\text{ano}$ de água potável. Toda a construção civil, captação, condutas de água bruta e água tratada e restantes infraestruturas serão desde já executadas para a Fase 2.

O dimensionamento da EDAM terá em conta que, na Fase 1, o caudal de produção de água potável poderá variar entre o caudal nominal do Ano 0 e um caudal mínimo de 25% deste valor. Será ainda tido em conta que, após ampliação, a variação de caudal de água tratada será entre 25% do caudal do Ano 0 e o caudal nominal do Ano HP.

1.2. Objetivo deste documento

O objetivo deste documento é estabelecer as bases para o dimensionamento hidráulico do projeto do Sistema de Dessalinização da Região do Algarve (Portugal), fundamentado no processo já selecionado.

Estes constituem os requisitos mínimos que devem ser cumpridos para a elaboração do dimensionamento hidráulico do Sistema de Dessalinização, garantindo que os sistemas, materiais e componentes hidráulicos atendam à função do serviço que prestam, seguindo os requisitos estabelecidos no caderno de encargos do concurso.

Cliente 		Empreiteiro EPC   			
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 5 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

2. GERAL

2.1. Sistema de unidades

O sistema internacional de unidades deve ser utilizado em todos os documentos técnicos do projeto.

O resumo das unidades é apresentado no quadro seguinte.

Magnitude	Unidade	
	Nome	Símbolo
Comprimento	Metro	m
Massa	Quilograma	kg
Tempo	Segundo	s
Intensidade da corrente elétrica	Ampere	A
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K
Quantidade de substância	Mole	mol
Área de superfície	Metro quadrado	m ²
Volume	Metro cúbico	m ³
Velocidade	Metro por segundo	m/s
Aceleração	Metro por segundo cada segundo	m/s ²
Número de ondas	Ciclos por metro ou metros recíprocos	m ⁻¹
Massa em volume (densidade)	Quilograma por metro cúbico	kg/m ³
Caudal volúmico	Metro cúbico por segundo	m ³ /s
Caudal de massa	Quilograma por segundo	kg/s
Velocidade angular	Raio por segundo	rad/s
Aceleração angular		Rad/s ⁻²
Frequência	hertz	Hz
Força	newton	N
Pressão, tensão	pascal	Pa
Energia, trabalho, quantidade de calor	joule	J

Tabela 1. Unidades do Sistema Internacional

Segue-se um quadro com as unidades habitualmente utilizadas no sector e a sua relação com o Sistema Internacional.

Cliente 		Empreiteiro EPC    		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	31/01/2025	01	6 de 20
Código AdA		Código ACE		
AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		AL-INN-0000-PR-CRT-00001		

Magnitude	Unidade		
	Nome	Símbolo	Expressão em unidades de base
Comprimento	Quilómetro	km	1 km = 10 ³ m
Massa	Tonelada	t	1 t=10 ³ kg
Tempo	Minuto	min	1 min = 60 s
	Hora	h	1 h = 3600 s
	Dia	d	1 d = 86400 s
Temperatura	graus Celsius	°C	
Volume	Litro	L	1 L = 10 ⁻³ m ³
Caudal volúmico	Litro por segundo	L/s	1 L/s = 10 ⁻³ m ³ /s
Força	Quilonewton	kN	1 kN= 10 ³ N
Pressão, tensão	Quilograma por centímetro quadrado	kg/cm ²	kg/cm ² = (10 ⁵ N/m ²)
	(Bar)	bar	(1 bar=10 ⁵ Pa)
	metros coluna de água	mca	1 mca = 9,8 kPa
Fluxo	Litros por metro quadrado por hora	Lmh	

Tabela 2. Unidades habitualmente utilizadas no sector

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 7 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

3. CONDIÇÕES AMBIENTAIS

3.1. Dados climáticos. Clima Terrestre

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima no Algarve é quente e temperado do tipo CSA”: clima mediterrânico quente-verão.

A temperatura média anual em Albufeira é de cerca de 17,3°C. Em média, os meses mais quentes são julho e agosto, apresentando uma temperatura média mensal de 24,9°C. O mês mais frio é janeiro, com uma temperatura média mensal de 10,8°C.

A precipitação média anual em Albufeira é de cerca de 470 mm, sendo o mês de dezembro o mês mais chuvoso, com uma precipitação média mensal de cerca de 89 mm. Julho é o mês mais seco do ano, apresentando uma precipitação média mensal de 0 mm.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	10.8	11.4	13.4	15.3	18.5	22.3	24.3	24.9	22.3	18.7	14	11.8
Temperatura mínima (°C)	7.2	7.6	9.4	11.1	13.5	16.8	18.2	19.1	17.5	14.9	10.5	8.5
Temperatura máxima (°C)	14.9	15.8	17.9	20	23.7	28.1	31	31.4	27.8	23.2	18	15.6
Chuva (mm)	55	47	54	41	25	5	0	2	19	66	67	89
Umidade(%)	78%	73%	70%	68%	60%	54%	49%	50%	59%	72%	74%	79%
Dias chuvosos (d)	6	4	5	4	4	1	0	0	2	5	6	6
Horas de sol (h)	6.6	7.5	8.4	9.5	11.0	12.0	12.2	11.5	10.0	8.4	7.3	6.4

Ilustração 1. Resume os dados climatológicos para a zona de Albufeira

3.2. Altitude

A central de dessalinização será construída perto do mar e a uma altitude mínima acima do nível do mar, pelo que o projeto terá em conta os requisitos normalmente utilizados em centrais com este tipo de condições.

3.3. Cargas de vento

A definição de tubagens, equipamentos e suportes mecânicos deve ter em conta, para a sua conceção, as disposições do Eurocódigo 1.

Ação do Vento considerando a localização corresponde à Zona B com uma velocidade de referência do vento ($v_{b,0}$) de 30 m/s.. Relativamente à rugosidade do terreno, a zona é classificada como Zona I - Zona costeira exposta aos ventos do mar.

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.	
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	31/01/2025	01	8 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

3.4. Tectónica e Sismicidade

O território português insere-se num contexto geotectónico complexo, localizando-se na placa Euroasiática e na proximidade do seu limite com a placa Africana, correspondendo a região algarvia à área de Portugal continental mais próxima do sector oriental da Zona de Fratura Açores-Gibraltar.

No que respeita à tectónica, inúmeras falhas cortam a região central algarvia. Durante o Quaternário muitas destas falhas sofreram rejogo. Na área de estudo e região envolvente destaca-se a presença das falhas de Mosqueira, Oura, S. Marcos-Quarteira e Carcavai, que no seu conjunto apresentam potencial de gerar sismos com capacidade para rotura superficial

As principais famílias de falhas que afetam a área de estudo têm orientação NW-SE, como é o caso do acidente de S. Marcos-Quarteira. Esta falha estende-se desde S. Marcos da Serra, a Norte, até Quarteira, a Sul, numa distância superior a 40 km, prolongando-se para a área imersa, para SE de Quarteira, na plataforma continental, podendo ser responsável pela sismicidade localizada ao largo de Faro.

A ocorrência destas estruturas em diversos locais (como os observados na formação do Ludo na praia da Falésia) indica que os depósitos afetados foram submetidos a vibrações sísmicas de intensidade elevada, em resultado da ocorrência de sismos de magnitude moderada a elevada. Estes sismos poderão ter sido gerados em falhas ativas próximas, ou em estruturas ativas mais distantes, como sucedeu com o evento de 1755, de magnitude estimada $M \sim 8.4-8.9$ na região algarvia.

De acordo com a sismicidade histórica, a área de estudo está localizada na zona de intensidade 8 da Carta de Isossistas de Intensidades Máximas (1755 – 1996, escala de Mercalli Modificada de 1956) (IM, 1996).

De acordo com o zonamento sísmico proposto no Anexo Nacional do Eurocódigo 8, o valor de aceleração máxima de referência a considerar, a_{gR} , correspondentes a um período de retorno de 475 anos, é de 2,0 m/s² e 1,7 m/s² para as Ações Sísmicas Tipo 1 e Tipo 2, respetivamente.

De acordo com as características litológicas observadas (segundo o EC8) considera-se que as formações rochosas calcárias e gres-calcárias enquadram-se essencialmente em terrenos do tipo A, enquanto as formações arenosas da unidade Plio-Plistocénica predominante pertencem ao tipo C. Por outro lado, os solos aluvionares deverão enquadrar-se na classe do tipo E, enquanto as areias dunares poderão corresponder ao tipo S₂ pelo seu potencial de liquefação.

Devido à proximidade do nível freático da superfície nas formações aluvionares, admite-se ainda, que nestes terrenos, as mesmas são suscetíveis de sofrerem liquefação induzida pela atividade sísmica.

Finalmente, devido à sua localização e ao facto de grande parte dos sismos terem epicentro no mar, as zonas baixas encontram-se ainda expostos aos efeitos de possíveis tsunamis ou maremotos, conforme aconteceu na sequência do sismo de 1755 em que a cidade de Lagos, à semelhança de Lisboa, Setúbal e restantes zonas ribeirinhas algarvias, foi atingida por vagas sísmicas de elevado efeito destruidor.

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº. Sistema de dessalinização na região do Algarve	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 9 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

Dadas as características naturais da região do Algarve e a sensibilidade ao efeito das ações sísmicas, a zona de Albufeira é caracterizada por um índice de vulnerabilidade sísmica elevado. Este índice relaciona as características físicas locais no seu todo (efeito de sítio) com resposta do substrato geológico à propagação de uma onda sísmica.

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº. 	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 10 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

4. CONDIÇÕES DE CONCEPÇÃO

Todas as unidades e cálculos devem ser indicados de acordo com o Sistema Internacional (SI).

Os documentos e os cálculos serão efetuados em língua portuguesa.

A documentação deve ser apresentada nas seguintes dimensões:

- Memórias e especificações técnicas: Tamanho A4 (210 x 297 mm)
- Tabela e listagens: Tamanho A3 (420 x 297 mm)
- Desenhos: Tamanho A1 (594 x 841 mm)

Cliente 		Empreiteiro EPC   			
Projeto nº. Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 11 de 20		
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

5. CONDIÇÕES DE PROJETO DE TUBULAÇÕES

Para a seleção e especificação dos materiais de tubulação serão consideradas as seguintes condições:

- Compatibilidade com o fluido.
- Condições do fluido (níveis de pH, níveis de cloreto, % de sólidos...).
- Corrosão ambiental e por tensão.
- Fenômenos como par galvânico e corrosão localizada.
- Efeitos da luz ultravioleta.

A seguir, são descritos os materiais de tubulações com o seu respetivo serviço:

Circuito / rede	Material
Estação elevatória de água bruta - EE1	PRFV ou PEAD
EE1 - EDAM	PEAD ou PRFV
Emissário de salmoura (on shore)	PEAD ou PRFV
EDAM – Ponto de entrega no SMAAA	FFD
EDAM – ribeira de Quarteira	Manilhas de betão
Interligação entre órgãos e equipamentos na EDAM (salvo alta pressão)	PRFV
Alta pressão	Aço super duplex 1.4410
Estações elevatórias de lamas, escorrências, águas sujas, salmoura de lavagem dos filtros multimédia, etc.	PEAD ou PRFV (enterrado ou à vista)
Estação elevatória de lavagem dos filtros de calcite	PRFV
Reagentes • Hipoclorito de sódio • Cloreto férrico • Ácido sulfúrico • Anti incrustante • Bisulfito Sódico • Polieletrólito • Hidróxido de sódio • Dióxido de Carbono (CO2) • Drenagem Químico	• PVC-C • PVC-C • PVDF • PVC-C • PVC-C • PVC-C • PVC-C • Aço inox AISI 316L • PEAD
Ar comprimido (processo)	PRFV

Tabela 3. Materiais a usar nos circuitos hidráulicos

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº. AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve		Data 31/01/2025	Rev. 01	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

Circuito / rede	Material
Ar comprimido (serviço)	aço inox EN 1.4401 (AISI 316)
Água de serviço	PEAD (enterrado) / aço inox EN 1.4401 (AISI 316) (à vista)
Ventilação	PPH
Água potável	PEAD (enterrada no exterior) / Plástico e alumínio multicamada (embebida no interior) / Aço inox AISI 316L (à vista)
Esgotos	PVC (interior) / PEAD (exterior)

Tabela 4. Materiais a usar nas redes auxiliares

O traçado das tubulações não criará perigos desnecessários. As tubulações serão instaladas com flexibilidade suficiente e permitirão um acesso seguro e fácil para a manutenção.

As linhas devem ser projetadas para transportar a quantidade designada de fluido a uma velocidade que permita o melhor desempenho, considerando a contrapressão.

Serão consideradas as seguintes velocidades típicas:

Água (bruta, pré-tratada, permeada, potável):

MATERIAL		VELOCIDADE MÁXIMA (m/s)		VELOCIDADE MINIMA (m/s)
		EDAM	EE1/ EE5	CONDUTA DE REJEIÇÃO
Alta pressão (1.4410)		3.50	-	
Tubulações de baixa pressão	Aspirações de tanques atmosféricos	1.50		
	Tubulações pressurizadas e aspirações de tubulação sob pressão	2.50	2.00 ¹	0.40 ²

Tabela 5. Velocidades de circulação de água em tubulações

¹ 7.2.5.1 Anexo VII (Programa Preliminar)

² 10.2.1.1 Anexo VII (Programa Preliminar)

Cliente 		Empreiteiro EPC   			
Projeto nº. Sistema de dessalinização na região do Algarve	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 13 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

Ar:

DN mm	V m/s
25-75	6.10-9.15
100-250	9.15-15.25
>300	13.70-20.30

Tabela 6. Velocidades de circulação de ar em tubulações

Reagentes:

MATERIAL	VELOCIDADE MÁXIMA (m/s)
Material plástico	1

Tabela 7. Velocidades de circulação de reagentes em tubulações

Lamas

DN mm	VELOCIDADE MÁXIMA (m/s)
Lama geral	1.8
Lama desidratada	0.1

Tabela 8. Velocidades de circulação de lamas em tubulações

As linhas serão selecionadas levando em consideração a rugosidade relativa da tubulação para absorver a energia mínima de bombeamento.

Os sistemas de tubulações críticas para o processo serão completamente analisados para as perdas de pressão resultantes do atrito, elevação e acessórios da tubulação.

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº. Sistema de dessalinização na região do Algarve	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 14 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

6. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

6.1. Perdas em Conduitas dentro da EDAM

Para a determinação das perdas de carga contínuas, será preferencialmente utilizada a fórmula empírica de Hazen Williams

$$J = \left(\frac{V}{0,35 \times D^{0,63} \times C} \right)^{\frac{1}{0,54}}$$

onde,

J - Perda de carga unitária, m/m;

D - Diâmetro da conduta, m;

V - Velocidade do escoamento, m/s;

C - Coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams, em função do material da tubagem e da quantidade de SST na água, sem dimensões.

O coeficiente C utilizado para o cálculo das perdas de carga lineares³ será:

MATERIAL	coeficiente C
PEAD	140
PRFV, PVC, PP E PPR	150
FFD o aço revestido	130
BETUME ARMADO	120

Tabela 9. Coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams

6.2. Perdas de carga para obras exteriores à EDAM

Para as obras exteriores (água bruta, água produto e salmoura), o cálculo das perdas de carga contínuas foi realizado com a fórmula de Colebrook-White

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{k_a}{3.71 \cdot D} + \frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

³ 14.3.1. Anexo VII (Programa Preliminar)

Cliente 		Empreiteiro EPC   			
Projeto nº. Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 15 de 20		
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

Sendo:

λ = fator de fricção de Darcy-Weisbach (adimensional)

k_a = rugosidade absoluta equivalente (m)

Re = Número de Reynolds, $v \cdot D / \nu$

D = Diâmetro interior (m)

considerando uma rugosidade absoluta de

Conduta	Coefficiente de rugosidade absoluta K
Elevação e transporte de água bruta (EE1) ⁴	1 mm
Estação elevatória (EE5) para o fornecimento de água tratada ⁵	0,2 mm
Trecho terrestre- transporte da salmoura até ao mar ⁶	0,5 mm

Tabela 10. Coeficiente de rugosidade absoluta

Sendo (Darcy-Weisbach):

- I = Perda de carga (m/m)

$$I = \frac{\lambda V^2}{D 2g}$$

- λ = fator de fricção de Darcy-Weisbach
- V = velocidade média (m/s)
- D = Diâmetro interior (m)
- g = aceleração da gravidade (normalmente 9,8 m/s²)
- Re = Número de Reynolds, $v \cdot D / \nu$

6.3. Perdas de carga singulares

Para a determinação das perdas de carga singulares, deverá ser utilizada a seguinte fórmula:

⁴ 7.2.5.1 Anexo VII (Programa Preliminar)

⁵ 9.2.3.2 Anexo VII (Programa Preliminar)

⁶ 10.2.1.1 Anexo VII (Programa Preliminar)

Cliente 		Empreiteiro EPC   			
Projeto nº. Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 16 de 20		
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

$$i_s = K \times \left(\frac{U^2}{2g} \right)$$

onde,

- i_s - Perda de carga na singularidade, m
- U - Velocidade média do escoamento, m/s
- g - Aceleração da gravidade - 9,8 m/s².
- K - Coeficiente de perda específico para cada singularidade

Tipo	Coef
Comporta	0,12
Borboleta	0,35
Macho	0,31
Retenção tipo clapeta	2,1
Válvula de Agulha	7,5
União a 90º	1
União a 45º	0,5
Derivação a 45º	1
Derivação a 90º	1,8
Derivação em T	1,3
Saída de depósito / Entrada em carga	0,5

Tipo	Coef
Entrada a depósito / Descarga	1
Alargamento gradual	0,4
Estreitamento gradual	0,04
Cotovelo 11,25º	0,05
Cotovelo 22,5º	0,15
Cotovelo 45º	0,2
Cotovelo 60º	0,25
Cotovelo 90º	0,3

Tabela 11. Coeficiente de perda específico para cada singularidade

6.4. Circuitos com secção transversal livre

Para circuitos com secção transversal livre ou coletores fechados com secção transversal estreita, deve ser utilizada a fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = K_s \times S \times \sqrt[3]{R^2} \times \sqrt{i}$$

onde,

- Q - Caudal, m³/s
- K_s - Coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler, em função do material do tubo⁷
- S - Secção transversal do solo, m²
- R - Raio hidráulico, m

⁷ 14.3.1. Anexo VII (Programa Preliminar)

Cliente 		Empreiteiro EPC   			
Projeto nº. Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 17 de 20		
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

- i - Inclinação da conduta ou canal, m/m

MATERIAL	Coeficiente Ks
PVC	110
PPC	100
Betume	75

Tabela 12. Coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler

6.5. Vertedouros

Utiliza-se a fórmula geral para vertedouro de parede fina.

Para o coeficiente de vazão do vertedouro, utilizam-se alternativamente os seguintes, dependendo das limitações indicadas:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

Fórmula de Bazin

$$\frac{2}{3} \mu = \left(0.405 + \frac{0.003}{h} \right) \cdot \left(1 + 0.55 \cdot \frac{h^2}{(h+p)^2} \right)$$

Condições de aplicação:

- p compreendido entre 0,2 e 2 m
- h compreendido entre 0,10 e 0,60 m

Fórmula da Société de Ingénieurs et Architectes (S.I.A.):

$$\mu = 0.410 \left[1 + \frac{1}{1000h + 1.6} \right] \left[1 + 0.5 \frac{h^2}{(h+p)^2} \right]$$

Condições de aplicação:

- p maior que h
- h compreendido entre 0,025 e 0,80 m

Sendo:

- μ = Coeficiente de vazão do vertedouro
- L = Comprimento da soleira de descarga (m)

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº. 	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 18 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

- h= Altura da lâmina de água (m), medida a uma distância de 5h
- g= Aceleração da gravidade (m/s²)
- p = Altura da pá (m)

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.	
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	31/01/2025	01	19 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

7. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO EM REGIME TRANSITÓRIO

A metodologia de cálculo em regime transitório baseia-se na aplicação das equações de conservação de massa e de quantidade de movimento a um sistema hidráulico pressurizado. Essas equações descrevem o comportamento da altura piezométrica (H) e da velocidade (V) do fluxo em função do espaço (x) e do tempo (t). Esse sistema resulta em um conjunto de equações diferenciais não lineares, cuja solução analítica não é viável devido à complexidade do problema.

$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial t} + V \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{a^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial H}{\partial x} + f \frac{V|V|}{2D} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Para solucionar esse sistema, emprega-se um método numérico que discretiza o tempo (Δt) e o espaço (Δx), respeitando a condição de estabilidade relacionada à celeridade da onda de pressão (a), que depende do material da tubulação e das propriedades do fluido. Essa abordagem converte as equações diferenciais em um sistema de equações algébricas lineares, resolvidas em cada ponto da tubulação e a cada instante do cálculo.

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = a \quad (2)$$

O procedimento utiliza o **Método das Características**, no qual os valores de H e V em um ponto específico no próximo instante de tempo (n+1) são determinados a partir dos valores conhecidos nos pontos adjacentes (i-1 e i+1) no instante anterior (n).

$$\begin{aligned} H_i^{n+1} - H_{i-1}^n + \frac{a}{g} (V_i^{n+1} - V_{i-1}^n) + \frac{f_{i-1}^n \Delta x}{D} V_{i-1}^n |V_{i-1}^n| &= 0 \\ H_i^{n+1} - H_{i+1}^n - \frac{a}{g} (V_i^{n+1} - V_{i+1}^n) - \frac{f_{i+1}^n \Delta x}{D} V_{i+1}^n |V_{i+1}^n| &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Nos extremos da tubulação, onde não há informações suficientes para aplicar o método diretamente, são utilizadas **condições de contorno** que descrevem o comportamento dos elementos do sistema conectados à tubulação. Esses elementos podem incluir reservatórios, bombas, válvulas, dispositivos de proteção (como chaminés e ventosas) e turbinas. Cada um desses elementos é representado por equações específicas que complementam as equações do método, permitindo simular o comportamento completo do sistema em regime transitório.

Cliente 		Empreiteiro EPC 			
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 31/01/2025	Rev. 01	Pág. 20 de 20	
Código AdA AL -ACE -0000 -PR-CRT-00001		Código ACE AL-INN-0000-PR-CRT-00001			

Esta metodologia é amplamente usada para analisar fenômenos como golpes de aríete, variações transitórias de pressão e velocidade, e o desempenho dinâmico de sistemas hidráulicos complexos.

Dentro dos programas existentes no mercado, propõe-se a utilização do **Allievi** do ITA, por ser um programa frequentemente utilizado no setor e amplamente validado em comportamentos reais.