

ESTUDO DE DIMENSIONAMENTO DAS CHAMINÉS E DE DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

1. Fontes de Emissão de Poluentes Atmosféricos e sua Caracterização

As principais emissões atmosféricas têm origem em dois chamuscos (um de limpeza e outro de esterilização) e na nova caldeira a gás natural, utilizada para produção de vapor, que substituirá a que atualmente se encontra em utilização. As principais características destes equipamentos são as seguintes:

FF1 - Chamusco 1 (potência de 2.272 kW)

Altura da chaminé: 10,5 m

Combustível: gás natural (168 m³/h)

Temperatura média de saída dos gases: 600 °C

Caudal de saída de gases: 5.040 m³/h

Velocidade média de saída de gases: 4,1 m/s

FF2 - Chamusco 2 (potência de 994 kW)

Altura da chaminé: 10,5 m

Combustível: gás natural (74 m³/h)

Temperatura média de saída dos gases: 600 °C

Caudal de saída de gases: 2.220 m³/h

Velocidade média de saída de gases: 2,4 m/s

FF3 - Caldeira (potência de 3.100 kW)

Altura da chaminé: 20 m

Combustível: gás natural (285 m³/h)

Temperatura máxima de saída dos gases: 56 °C

Caudal de saída de gases: 4.453 m³/h (max.)

Velocidade mínima de saída de gases: 5,9 m/s

2. Caracterização das Emissões Gasosas

Para caracterizar as emissões gasosas das fontes fixas consideradas, foram tidos em conta os valores máximos exetáveis de concentração dos poluentes relevantes, com base nos resultados de fontes similares. Os valores considerados, no que se refere aos parâmetros relevantes para efeitos de cálculo da altura das chaminés, são apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Condições de emissão de poluentes consideradas no cálculo da altura da chaminé de cada fonte.

Fonte de Emissão	Caudal de ar (m ³ /h)	Velocidade (m/s)	Temperatura (°C)	Poluente	Concentração (mg/Nm ³)	Caudal mássico (kg/h)
Caldeira	4.453	5,9	56	SO ₂	50	0,223
				NO _x	50	0,223
				PT	15	0,067
				COV	20	0,089
Chamusco 1	5.040	4,1	600	SO ₂	50	0,252
				NO _x	50	0,252
				PT	15	0,076
				COV	20	0,101
Chamusco 2	2.220	2,4	600	SO ₂	50	0,111
				NO _x	50	0,111
				PT	15	0,033
				COV	20	0,044

3. Bases de Cálculo da Altura das Chaminés

O cálculo da altura das chaminés foi efetuado de acordo com os requisitos do Anexo I da Portaria n.º 190-A/2018, de 2 de julho. O valor (**H**) de **altura a considerar para uma chaminé** é o maior valor entre as grandezas H_p e H_c, sendo que:

- ♦ **H_p - altura da chaminé a dimensionar**, medida a partir do solo, calculada com base nas condições de emissão de efluentes gasosos (expressa em metros);
- ♦ **H_c - altura mínima da chaminé a dimensionar**, medida a partir do solo, corrigida devido à presença de obstáculos próximos (expressa em metros).

Acresce que a diferença de cotas entre o topo de qualquer chaminé e a mais elevada das cumeeiras dos telhados do edifício em que está implantada não poderá ser inferior a 3 m.

A determinação de H_p é efetuada de acordo com a seguinte formulação:

$$H_p = \sqrt{S} \times \left(\frac{1}{Q \times \Delta T} \right)^{1/6}, \quad S = \frac{F \times q}{C} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

- ♦ Q - Caudal volúmico dos gases emitidos, calculado à temperatura de saída para a atmosfera, funcionando a instalação à potência nominal (expresso em m³/h);
- ♦ ΔT - Diferença entre a temperatura dos gases emitidos, medida à saída da chaminé, e a temperatura média anual típica da região onde se localiza a chaminé (expresso em Kelvin). Quando $\Delta T \leq 50$, considera-se $\Delta T = 50$;
- ♦ F - Coeficiente de correção: para gases F=340; para partículas F=680;
- ♦ q - Caudal mássico passível de emissão do poluente considerado (expresso em kg/h);
- ♦ C - Diferença entre C_R e C_F , normalizada à temperatura 293 K e à pressão de 101,3 kPa;

C_R - Concentração de referência, cujos valores a utilizar são: C_R (partículas) = 0,150 mg/m³; C_R (NO_x) = 0,140 mg/m³; C_R (SO₂) = 0,100 mg/m³.

Na ausência de dados de avaliação da qualidade do ar para a região, devem usar-se os seguintes valores para a variável C_F :

Zona rural	Zona urbana/industrial
C_F (partículas) = 0,030 mg/m ³	C_F (partículas) = 0,050 mg/m ³
C_F (NO _x) = 0,020 mg/m ³	C_F (NO _x) = 0,040 mg/m ³
C_F (SO ₂) = 0,015 mg/m ³	C_F (SO ₂) = 0,030 mg/m ³

O valor de H_p deve ser corrigido em função da influência de outras chaminés existentes na mesma instalação. Considerando duas chaminés (i) e (j), as suas alturas serão, respetivamente h_i e h_j , calculadas de acordo com a equação (1). Estas são consideradas dependentes se, em simultâneo, se verificarem as seguintes condições:

- i) A distância entre os eixos das duas chaminés for inferior à soma $h_i + h_j + 10$ (em metros);
- ii) h_i for superior à metade de h_j ;
- iii) h_j for superior à metade de h_i .

De notar que no caso da dependência com chaminés existentes, considera-se a altura real das mesmas. Caso se verifique existir dependência entre as duas chaminés, o H_p da chaminé que se pretende calcular (h_i) deverá ser determinado considerando o caudal mássico total (q_i+q_j) e um caudal volúmico total (Q_i+Q_j) dos gases emitidos pelas fontes dependentes, aplicando-se a equação 1.

O valor de H_c é calculado considerando se na vizinhança da chaminé a dimensionar existirem obstáculos próximos, de acordo com a seguinte equação:

$$H_c = h_0 + 3 - \frac{2D}{5h_0} \quad (\text{Equação 2})$$

- ◆ D - Distância, medida na horizontal, entre a fonte de emissão e o ponto mais elevado do obstáculo (expresso em metros);
- ◆ h_0 - Altura do obstáculo, expressa em metros, medida a partir da cota do solo na base de implantação da chaminé, de acordo com os esquemas da figura 1.

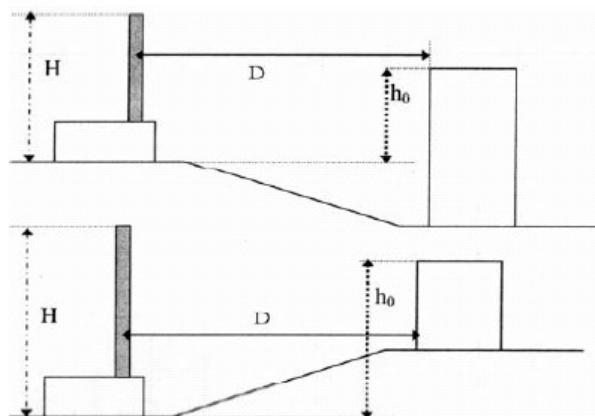


Figura 1 – Esquema ilustrativo do modo como devem ser consideradas as variáveis H_c , h_0 e D , para dois casos de exemplo.

De referir que um **obstáculo próximo** é qualquer obstáculo situado na vizinhança da fonte de emissão (incluindo o edifício de implantação da chaminé) e que obedeça, simultaneamente, às seguintes condições:

$$h_0 \geq \frac{D}{5};$$

$$L \geq 1 + \frac{14D}{300}$$

em que L é a largura do obstáculo, expressa em metros.

4. Dimensionamento das Chaminés

Face ao exposto, as fórmulas de cálculo apresentadas na Portaria n.º 190-A/2018, de 2 de julho, foram introduzidas numa folha de cálculo, bem como os valores considerados para cada uma das chaminés e respetivas emissões gasosas, tendo sido efetuadas as considerações referenciadas. Para cada uma das fontes fixas, foi calculada a altura da chaminé atendendo aos seguintes fatores:

- Condições de emissão de efluentes gasosos;
- Dependência de outras fontes fixas;
- Presença de obstáculos próximos.

A altura final de cada chaminé é assim o maior valor que se obteve com cada um dos fatores influenciadores. Os resultados obtidos para cada fonte fixa são sistematizados no quadro 2.

Dado que a altura de construção das chaminés dos chamuscos 1 e 2 é inferior à altura das chaminés exigida de acordo com o processo de cálculo estipulado no anexo I da Portaria n.º 190-A/2018, de 2 de julho, foi realizado um estudo de dispersão de poluentes atmosféricos, de modo a demonstrar que as alturas das chaminés propostas pela empresa não vai alterar a qualidade do ar do local, designadamente junto dos locais sensíveis mais próximos.

De referir que a construção das chaminés com a altura exigida pela referida portaria para os chamuscos 1 e 2, acarreta grandes dificuldades técnicas de construção e suporte e importantes custos para a empresa.

Quadro 2 - Condições técnicas consideradas para o dimensionamento das chaminés, de acordo com a Portaria 190-A/2018, de 2 de julho.

Parâmetro	Unidades	Fonte Fixa		
		Chamusco 1	Chamusco 2	Caldeira
Caudal dos gases emitidos	m ³ /h	5040	2220	4453
Diferença entre a temperatura dos gases emitidos	°K	580	580	50
Caudal mássico de partículas	Kg/h	0,076	0,033	0,067
Caudal mássico de NO _x	Kg/h	0,25	0,11	0,22
Caudal mássico de SO ₂	Kg/h	0,25	0,11	0,22
Altura da chaminé em função das emissões gasosas para o exterior	m	2,9	2,22	4,20
Influência de outras chaminés existentes na mesma instalação	-	Sim	Sim	Sim
Qual a fonte fixa mais influente	-	Caldeira	Chamusco 1	Chamusco 1
Altura da chaminé corrigida pela dependência de outras chaminés	m	3,6	3,29	5,41
Obstáculo próximo mais desfavorável	-	Edifício das câmaras		
Altura da chaminé corrigida pela presença de obstáculos	m	19,55	19,89	19,35
Altura da estrutura onde se insere a chaminé	m	5,9	8,4	5,9
Altura da chaminé em função da altura da estrutura onde se insere	m	8,9	11,4	8,9
Altura da chaminé, medida a partir do solo, exigida pela Portaria n.º 190-A/2018	m	19,55	19,89	19,35
Altura de construção, medida a partir do solo,	m	10,5	10,5	20,0

5. Análise Climática

A presente área de estudo localiza-se no interior do Alentejo, região que apresenta um clima de cariz continental. No Verão é bastante influenciado pelas massas de ar muito quentes, que provêm de oeste, carregadas de bruma seca (calina) provocada pela turbulência térmica, e no Inverno por massas de ar bastante frio, fora dos períodos de passagem das depressões atlânticas (Daveau et al., 1985).

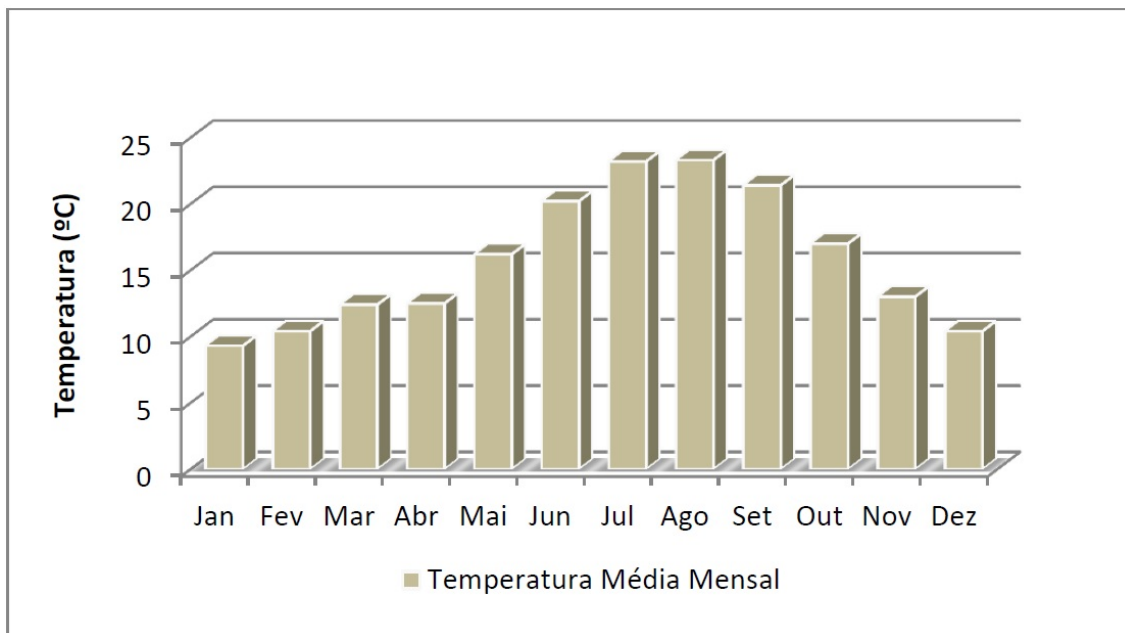
Analisando os valores referentes à temperatura registada na estação climatológica de Évora (Quadro 3 e da Figura 2), verifica-se que a temperatura média mensal varia entre 9,3°C em janeiro e os 23,3°C em agosto, apresentando uma temperatura média anual de 15,9°C, conferindo a esta região um clima do Tipo Temperado.

Quadro 3 – Variação da temperatura média, máxima e mínima ao longo do ano registada na estação climatológica de Évora.

Parâmetros	Temperatura (°C)
Temperatura média anual do ar	15,9
Temperatura média mínima mensal do ar (janeiro)	5,8
Temperatura média máxima mensal do ar (julho e agosto)	30,2
Temperatura mínima absoluta (15/01/1985)	-2,9
Temperatura máxima absoluta (24/07/1995)	42,0
Amplitude térmica	14,0
Número médio de dias por ano com temperaturas extremas	
Temperatura máxima $\geq 25^{\circ}\text{C}$	107,7
Temperatura mínima $\geq 20^{\circ}\text{C}$	12,1
Temperatura mínima $\leq 0,0^{\circ}\text{C}$	1,0

Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Os meses de julho e agosto registaram o valor mais elevado de temperatura média máxima (30,2°C), e o mês de janeiro apresentou o valor mais baixo de temperatura média mínima (5,8°C). Relativamente às temperaturas absolutas, estas atingiram o seu valor máximo (42,0°C) no mês de julho, no dia 24 de julho de 1985; e o seu valor mínimo (-2,9°) no mês de janeiro, no dia 15 de janeiro de 1985.



Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

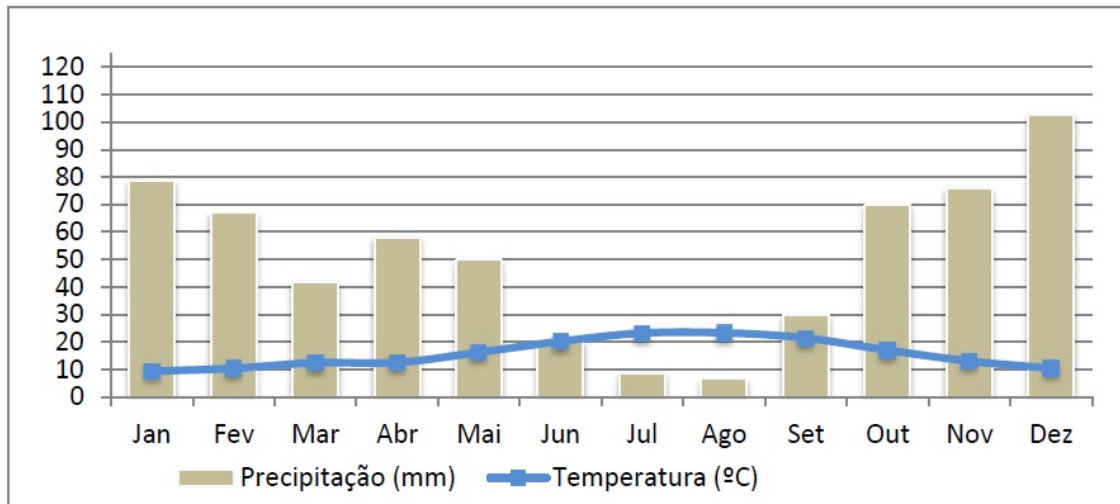
Figura 2 - Evolução da temperatura média mensal ao longo do ano registada na estação climatológica de Évora.

A ocorrência de situações extremas de temperatura na região em estudo é bastante elevada, mais concretamente no que se refere a temperaturas máximas superiores ou iguais a 25°C. Estas ocorrem com maior frequência no decorrer da época estival, atingindo os seus valores mais elevados nos meses de julho e agosto, sendo observadas em 26,9 e 27,7 dias, respetivamente. Anualmente são observadas temperaturas máximas iguais ou superiores a 25°C em 107,7 dias.

No que diz respeito às temperaturas mínimas iguais ou inferiores a 0,0°C, estas distribuem-se pelos meses de janeiro, fevereiro e março, observando-se 0,5, 0,3 e 0,1 dias, respetivamente. O valor anual é de 1,0 dias.

As amplitudes térmicas, quer em termos relativos quer em termos absolutos, registadas na estação de Évora (14,0°C), evidenciam os contrastes que ao longo do ano podem ser observados, os quais acentuam o carácter continental da região.

Devido à distância que separa a área de estudo do litoral, a precipitação e a temperatura são os dois elementos do clima com maior variação intra-anual, conforme apresentado na Figura 3.



Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Figura 3 – Variação termopluviométrica da estação climatológica de Évora.

A estação climatológica de Évora (período 1971-2000) apresenta valores de precipitação média anual de 609,4 mm, sendo que o valor máximo foi registado no mês de dezembro com 102,7 mm e o valor mínimo em agosto com 6,6 mm.

Analisando o gráfico pluviométrico apresentado anteriormente, verifica-se que a concentração de precipitação ao longo do ano é maior durante os meses de Inverno, e que diminui drasticamente na época estival, principalmente nos meses de julho e agosto. Este facto evidencia as características mediterrânicas do clima da região. Os valores de precipitação definem claramente um semestre chuvoso entre os meses de outubro e março, uma vez que durante este período ocorre cerca de 70% da precipitação anual. Ao longo do semestre de abril a setembro ocorrem os restantes 30% da precipitação anual, destacando-se desde já a referida descida drástica desta ocorrência durante os meses de julho e agosto.

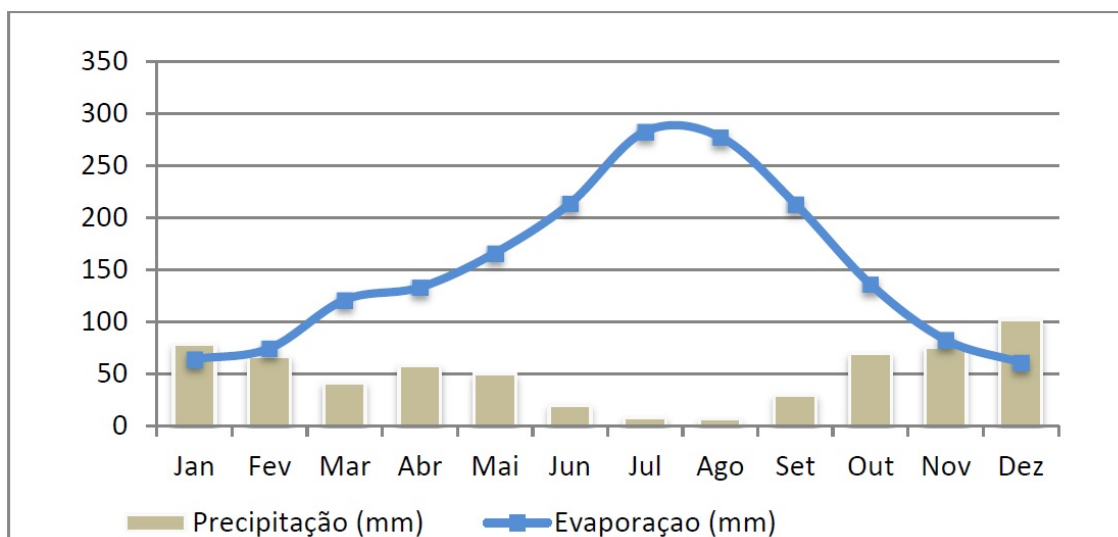
No que diz respeito a situações extremas no regime pluviométrico da região em estudo, as ocorrências de precipitação superior a 10 mm são relativamente baixas. As frequências mais elevadas verificaram-se em dezembro (3,7 dias).

No Quadro 4 e Figura 4 apresentam-se as variações médias da precipitação e evaporação ao longo do ano na estação de Évora, no período entre 1971-2000.

Quadro 4 - Variação média da precipitação e evaporação ao longo do ano na estação de Évora.

Mês	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)
Janeiro	78,5	64,4
Fevereiro	67,0	74,7
Março	41,9	121,2
Abril	58,1	133,2
Maio	49,9	166,2
Junho	20,4	213,7
Julho	8,6	282,8
Agosto	6,6	277,4
Setembro	29,8	213,2
Outubro	69,8	136,1
Novembro	76,1	82,9
Dezembro	102,7	61,1
Total	609,4	1828,9

Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.



Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Figura 4 – Variação média da precipitação e evaporação na estação de Évora.

Da análise dos dados relativos à evaporação verifica-se que a sua evolução é inversamente proporcional à precipitação. Na estação de Évora, a evaporação total anual é superior à precipitação

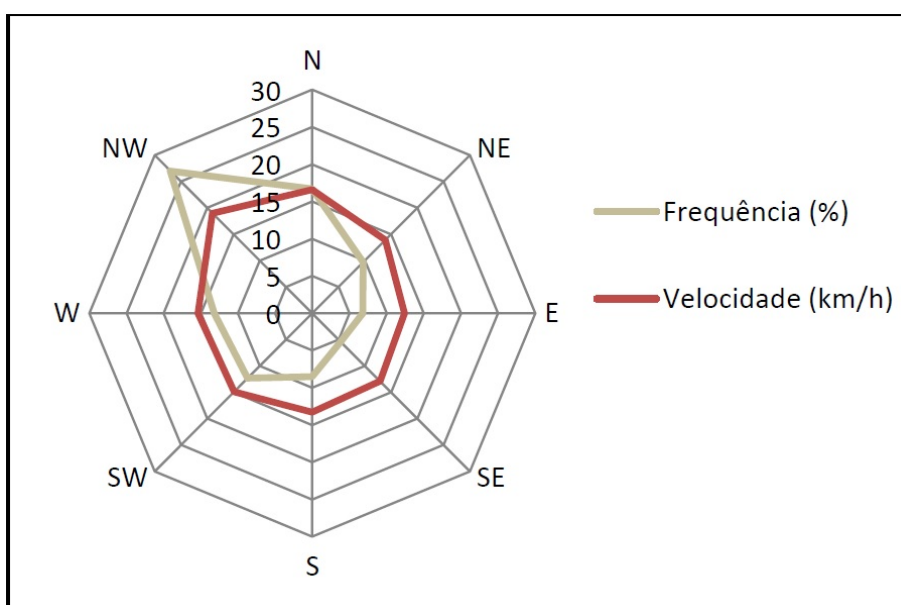
anual, atingindo um mínimo de evaporação no mês de dezembro com 61,1 mm e um máximo em julho com 282,8 mm. O valor total anual de evaporação registado foi de 1.826,9 mm.

Analisando os dados da frequência e velocidade médias da ocorrência de cada rumo do vento por ano na estação climatológica de Évora (Quadro 5 e Figura 5), verifica-se que o regime de ventos que ocorre na estação climatológica de Évora provém predominantemente dos quadrantes noroeste e norte, com frequências anuais na ordem dos 27,0% e 16,7%, respetivamente. O quadrante sudeste assume os valores de frequência anual mais baixos com 5,4%.

Quadro 5 – Frequência e Velocidade de Vento na estação do Évora.

Rumo	Frequência (%)	Velocidade (Km/h)
N	16,7	16,6
NE	9,7	13,9
E	6,8	12,4
SE	5,4	12,9
S	8,5	13,3
SW	12,3	14,9
W	13,2	15,4
NW	27,0	19,0

Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.



Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Figura 5 – Rosa-dos-ventos na estação climatológica de Évora.

Relativamente às velocidades médias do vento, estas vão ao encontro do que ocorre no regime de frequências, na medida em que são também maiores quando os ventos sopram do quadrante noroeste e norte, com registos de 19,0 km/h e 16,6 km/h, respetivamente. Do quadrante este sopram os ventos com menor velocidade média, com um registo de 12,4 km/h.

Os períodos de calma médios anuais, correspondentes a ventos inferiores a 1 km/h, apresentam um valor anual de 0,3% na estação climatológica de Évora, conforme se pode observar no Quadro 6.

Quadro 6 – Frequência de calma na estação do Évora.

Frequência de Calma (%)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,6	0,3

Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

As situações extremas de velocidade do vento (igual ou superior a 60 km/hora) ocorrem, em média, 27,5 dias por ano, com registos de ocorrências ao longo de todo o ano. As velocidades iguais ou superiores a 80 km/h ocorrem, em média, 2,1 dias por ano, não apresentando registos apenas nos meses de julho e agosto.

A velocidade média anual dos ventos em todos os quadrantes é de 15,5 km/h, com variações médias mensais entre um valor máximo de 16,2 km/h, registado no mês de agosto, e um valor mínimo de 14,5 km/h nos meses de outubro e novembro.

Da análise do Quadro 7 verifica-se que os valores de humidade relativa registados ao longo do ano às 9 horas variaram entre 62% no mês de julho e 87% nos meses de dezembro e janeiro, conferindo a esta região um clima do tipo húmido ($75\% < U < 90\%$).

Quadro 7 – Humidade relativa na estação do Évora.

Humidade (%)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
87	85	79	75	72	67	62	65	70	79	84	87	76

Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Relativamente à distribuição mensal, a humidade relativa do ar atinge os valores mais elevados (acima da média anual) durante o semestre de outubro a março e os valores mais baixos (abaixo da média anual) no semestre de abril a setembro.

No que diz respeito à insolação, os dados registados na estação climatológica de Évora, no período 1971-2000 (Quadro 8), mostram que o mês de julho destaca-se como sendo o mês onde o número de horas de sol descoberto foi maior, com 347,4 horas. Em sentido oposto, surge o mês de dezembro com 141,6 horas de sol descoberto.

Quadro 8 – Valores de Insolação na estação do Évora.

Horas de sol (%)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
153,8	145,9	204,1	209,4	269,5	294,7	347,4	335,3	247,5	202,7	162,7	141,6	2714,6

Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

No Quadro 9 apresentam-se os registos dos restantes meteoros registados na estação de Évora. Assume especial relevância o número de dias de nevoeiro, com um registo total de 45,7 dias, o número de dias com trovoadas, com um registo de 13,2 dias, e o número de dias com geada, com um registo de 4,9 dias. Quanto aos restantes meteoros verifica-se que, em termos globais, o número de dias em que estes ocorreram foi bastante reduzido, não existindo, em alguns meses qualquer registo.

Quadro 9 – Frequência de ocorrência de meteoros na estação de Évora.

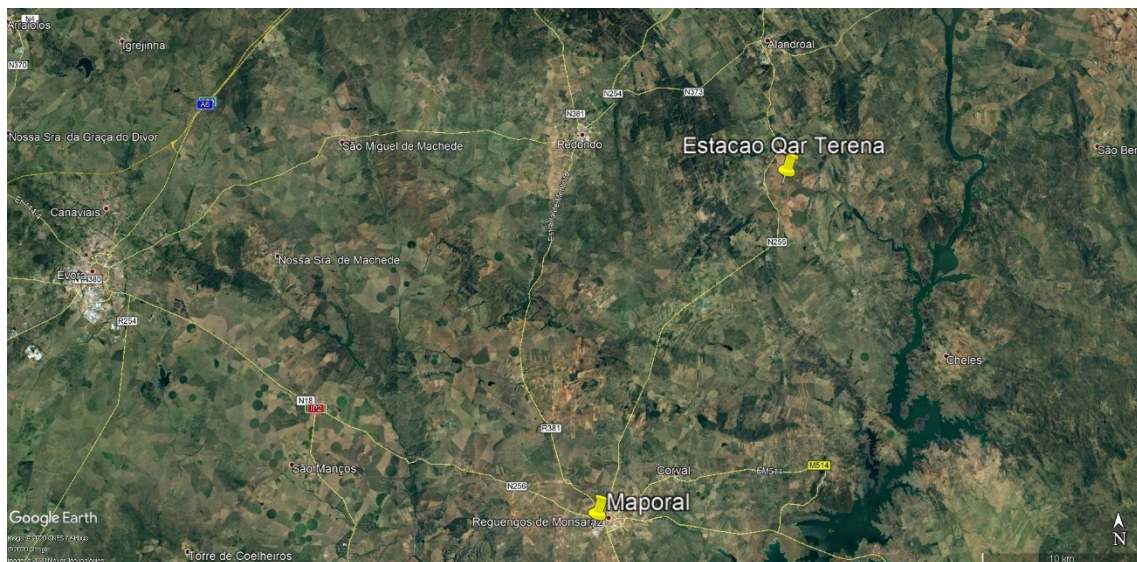
Mês	Neve (N.º Dias)	Granizo (N.º Dias)	Trovoadas (N.º Dias)	Nevoeiro (N.º Dias)	Geada (N.º Dias)
Janeiro	0,1	0,0	0,3	6,6	1,9
Fevereiro	0,1	0,2	0,4	5,6	0,7
Março	0,0	0,2	0,9	4,0	0,3
Abril	0,0	0,3	2,0	2,8	0,0
Maio	0,0	0,1	2,1	3,0	0,0
Junho	0,0	0,1	1,5	2,5	0,0
Julho	0,0	0,1	0,6	1,8	0,0
Agosto	0,0	0,0	0,7	1,4	0,0
Setembro	0,0	0,1	1,5	2,1	0,0
Outubro	0,0	0,0	1,5	3,6	0,0
Novembro	0,0	0,0	1,0	5,3	0,4
Dezembro	0,0	0,1	0,7	7,0	1,6
Ano	0,2	1,2	13,2	45,7	4,9

Fonte: IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

6. Caracterização da Qualidade do Ar na Área de Implantação

Na área de estudo e na sua envolvente próxima não existem estações de monitorização da qualidade do ar, pelo que, a sua caracterização foi realizada com recurso aos dados da estação de Terena, no concelho de Alandroal. A rede de monitorização da qualidade do ar pertence à Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo e os dados são disponibilizados pela Agência Portuguesa do Ambiente.

Apesar da estação de Terena distar cerca de 26 km para norte da área em estudo (Figura 6), pode considerar-se que esta é representativa da qualidade do ar da região, uma vez que apresenta características semelhantes, em especial no que se refere à tipologia e magnitude das fontes poluentes.



Quadro 10 – Evolução das concentrações de NO₂, O₃, SO₂ e PM₁₀ na estação de Terena entre 2014 e 2018.

Concentração Média de Poluente (µg/m ³)	2014	2015	2016	2017	2018
NO ₂	4,6	3,5	a)	a)	3,0
O ₃	42,4	42,3	38,4	39,8	47,6
SO ₂	1,7	3,1	a)	a)	2,5
PM ₁₀	17,5	19,6	20,6	23,8	14,9

a) Sem dados validados.

Fonte: <http://qualar.apambiente.pt/>

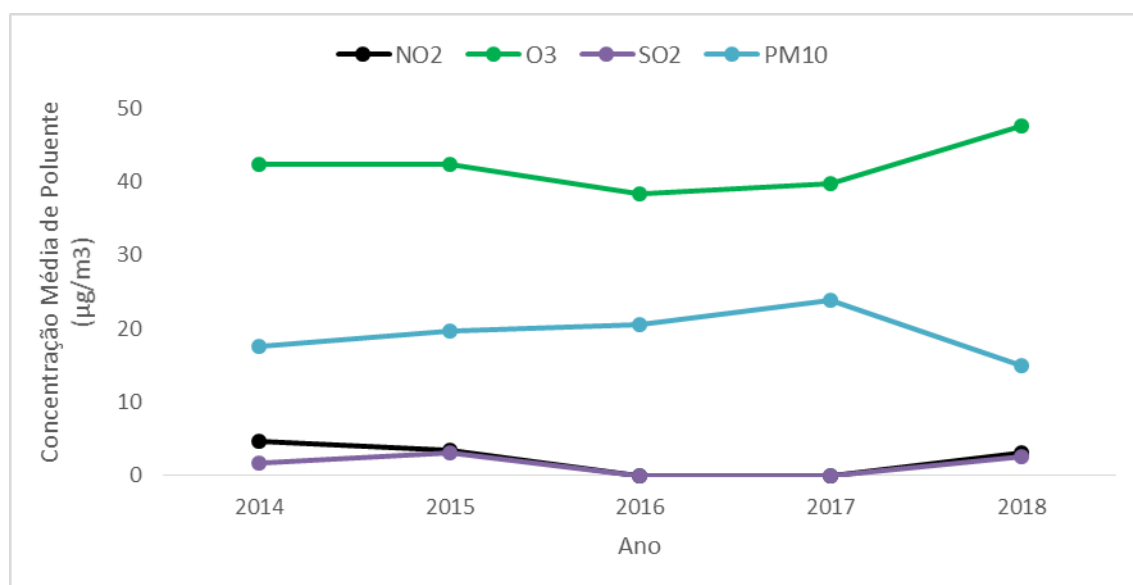


Figura 7 – Evolução das concentrações de NO₂, O₃, SO₂ e PM₁₀ entre 2014 e 2018.

Nos Quadros 11 a e 14 apresentam-se os dados registados na estação de Terena entre 2014 e 2018, para os parâmetros disponíveis referentes aos poluentes monitorizados, assim como o seu enquadramento com os valores limite estabelecidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

Os dados relativos à concentração de NO₂, O₃, SO₂ e PM₁₀ na estação de Terena entre 2014 e 2018 revelam que não ocorreram situações de incumprimento dos valores estabelecidos pela legislação, dado que o número de dias de excedência do valor limite de proteção da saúde humana na base diária foi inferior ao número de excedências permitidas e a concentração média de cada poluente foi inferior aos respetivos valores limite.

Quadro 11 – Evolução da concentração de NO₂ na estação de Terena entre 2014 e 2018.

Parâmetros			Ano				
			2014	2015	2016 ^{a)}	2017 ^{a)}	2018
Valor Médio Anual (µg/m ³)	Base horária		4,6	3,5	-	-	2,9
	Base Diária		4,6	3,5	-	-	3,0
Limiar de alerta DL102/2010	Valor Limite (µg/m ³)		400				
	Número de excedências (3 em 3 horas)		0	0		-	0
Proteção da Saúde Humana (DL102/2010) (µg/m ³)	Base horária (Valor Limite = 200)	Excedências Permitidas (horas)	18				
		Número de excedências (horas)	0	0	-	-	0
	Base Anual	Valor Limite	40				
		Valor obtido	4,6	3,5		-	2,9

a) Sem dados validados.

Fonte: <http://qualar.apambiente.pt/>

Quadro 12 – Evolução da concentração de O₃ na estação de Terena entre 2014 e 2018.

Parâmetros				Ano				
				2014	2015	2016	2017	2018
Valor Médio Anual (µg/m³)	Base horária			42,3	42,3	38,4	39,8	47,6
	Base Octo-horária			42,4	42,3	38,4	39,8	47,6
Proteção da Saúde Humana (DL102/2010) (µg/m³)	Base horária	Limiar de alerta	Valor Limite	240				
			N.º de Excedências	0	0	0	0	0
		Limiar de informação	Valor Limite	180				
			N.º de Excedências	0	0	0	0	0
	Base Octo-horária (Valor alvo = 120 µg/m³)		Excedências permitidas (dias)	25				
			N.º de excedências (dias)	0	0	0	0	0

Fonte: <http://qualar.apambiente.pt/>

Quadro 13 – Evolução da concentração de SO₂ na estação de Terena entre 2014 e 2018.

Parâmetros			Ano				
			2014	2015	2016 ^{a)}	2017 ^{a)}	2018
Valor Médio Anual (µg/m ³)	Base horária		1,7	3,1	-	-	2,5
	Base Diária		1,7	3,1	-	-	2,5
Limiar de alerta DL102/2010	Valor Limite (µg/m ³)		500				
	Número de excedências (3 em 3 horas)		0	0		-	0
Proteção da Saúde Humana (DL102/2010) (µg/m ³)	Base horária (Valor Limite = 350 µg/m ³)	Excedências Permitidas (horas)	24				
		Número de excedências (horas)	0	0	-	-	0
	Base diária (Valor Limite = 125 µg/m ³)	Excedências Permitidas (dias)	3				
		Número de excedências (dias)	0	0		-	0
Proteção dos Ecossistemas (µg/m ³)	Valor limite anual		20				
	Valor obtido			3,1			

a) Sem dados validados.

Fonte: <http://qualar.apambiente.pt/>

Quadro 14 – Evolução da concentração de PM₁₀ na estação de Terena entre 2014 e 2018.

Parâmetros			Ano				
			2014	2015	2016	2017	2018
Valor Médio Anual (µg/m ³)	Base horária		17,5	19,7	20,6	23,8	15,1
	Base Diária		17,5	19,6	20,6	23,8	14,9
Proteção da Saúde Humana (DL102/2010) (µg/m ³)	Base diária (Valor Limite = 50)	Excedências Permitidas (dias)	35				
		Número de excedências (dias)	2	4	9	16	4
	Base Anual	Valor Limite	40				
		Valor obtido	17,5	19,6	6	23,8	14,9

Fonte: <http://qualar.apambiente.pt/>

7. Classificação da Qualidade do Ar

A Agência Portuguesa do Ambiente, com base na informação recolhida pelas Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional disponibiliza o índice de qualidade do ar para várias regiões do país.

Este índice resulta da média aritmética calculada para cada um dos poluentes medidos em todas as estações da rede dessa área. Os valores assim determinados são comparados com as gamas de concentrações associadas a uma escala de cores sendo os piores poluentes responsáveis pelo índice. Os poluentes englobados no índice de qualidade do ar apresentado são os seguintes:

- Dióxido de azoto (NO₂);
- Dióxido de enxofre (SO₂);
- Monóxido de carbono, medido segundo a média registada durante 8h consecutivas (CO 8h);
- Ozono (O₃);
- Partículas inaláveis ou finas, cujo diâmetro médio é inferior a 10 microns (PM₁₀).

O índice varia de “Muito Bom” a “Mau” para cada poluente de acordo com a matriz de classificação apresentada no Quadro 15.

Quadro 15 – Matriz de classificação do índice de qualidade ao ar.

Poluente em causa / classificação	CO		NO ₂		O ₃		PM ₁₀		SO ₂	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Mau	10.000	-	400	-	240	-	120	-	500	-
Fraco	8.500	9.999	200	399	180	239	50	119	350	499
Médio	7.000	8.499	140	199	120	179	35	49	210	349
Bom	5000	6.999	100	139	60	119	20	34	140	209
Muito Bom	0	4.999	0	99	0	59	0	19	0	139

Fonte: <http://qualar.apambiente.pt/>

Na Figura 8 apresentam-se os índices de qualidade do ar para a região do Alentejo Interior nos anos de 2014, 2015 e 2018.

Da análise da Figura verifica-se que não foram registadas ocorrências com classificação de “Mau” e a classificação como “Fraco” cingiu-se a 2 ou 3 dias por ano. O número de dias com a classificação “Médio” diminuiu ao longo dos anos, sendo que grande maioria dos dias teve a classificação de “Bom”.

Em conclusão, pode-se referir que, atendendo às características da área em estudo, em que não se identificam fontes de poluição relevantes, e estão reunidas condições fisiográficas que facilitam a dispersão de poluentes, considera-se que a qualidade do ar é boa.

Por outro lado, os dados de monitorização analisados para a estação de Terena, no Alandroal, revelam o cumprimento dos valores limite estabelecidos pela legislação em vigor.

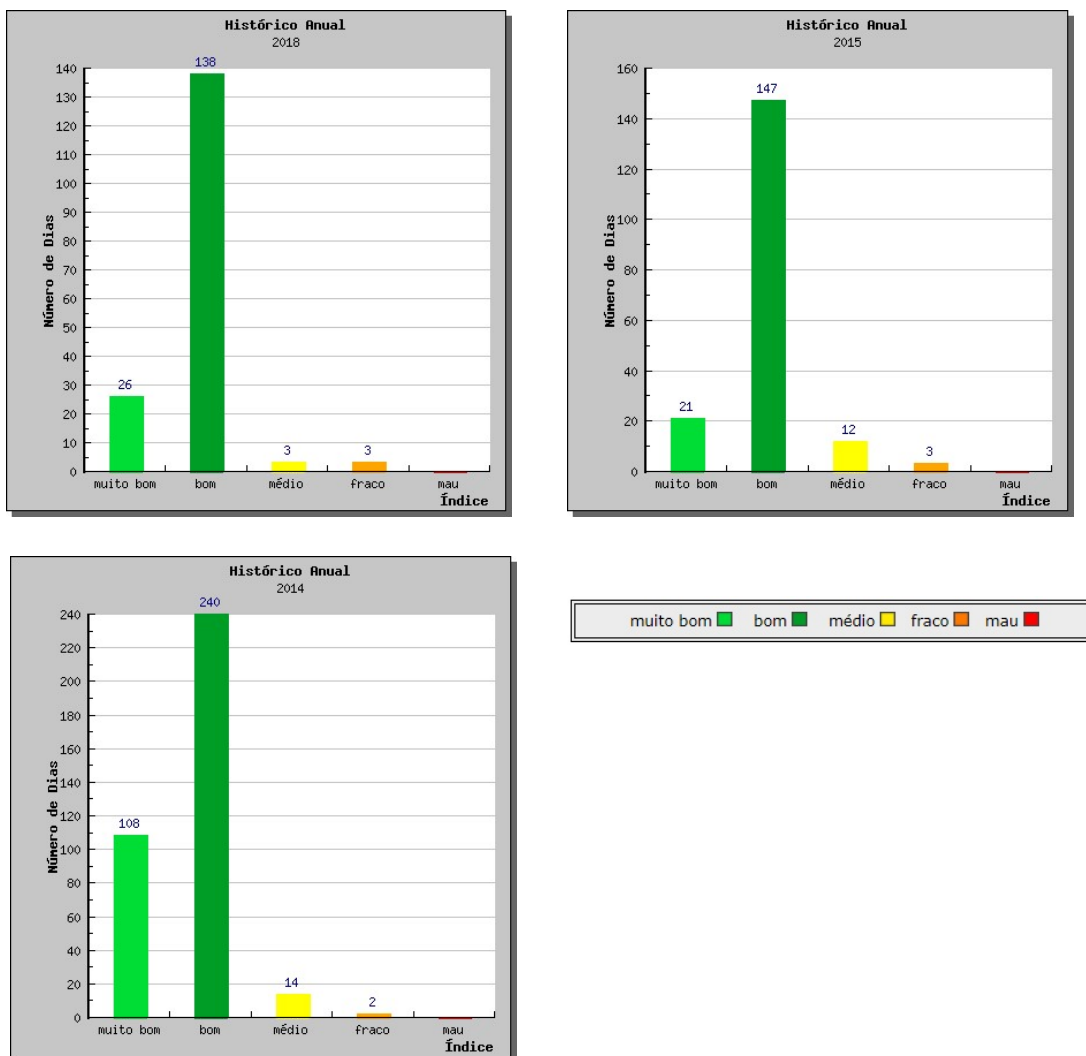


Figura 8 – Índices de qualidade do ar para a região do Alentejo Interior nos anos de 2014, 2015 e 2018.

8. Condições da Modelação da Dispersão Atmosférica

De acordo com a caracterização da qualidade do ar ambiente na zona de implementação da unidade industrial, não existe um claro risco de ultrapassagem de valores limite ou limiares de alerta da qualidade do ar. Contudo a elaboração de um estudo de dispersão de poluentes atmosféricos permite quantificar e qualificar melhor o impacto ambiental da unidade industrial na qualidade do ar, seguindo também uma política de proteção do ambiente e das populações próximas.

O modelo matemático de dispersão dos poluentes na atmosfera utilizado foi o modelo gaussiano TA Luft ("Technical Instructions on Air Quality Control"), da Wölfel Meßsysteme GmbH - Alemanha. O modelo pretende simular as concentrações de poluentes atmosféricos, resultantes de fontes fixas, segundo os parâmetros de dispersão de zona com terreno plano, de acordo com a zona envolvente da instalação industrial. Foi ainda considerada a existência de obstáculos à dispersão de poluentes, constituídos pelos edifícios mais altos da própria instalação industrial.

O domínio total de simulação considerado tem dimensões de 20,8 Km², com pontos de cálculo igualmente espaçados de 20 m. A cada ponto da malha cartesiana corresponde um recetor, num total de 51.900 pontos, para os quais foram estimadas as concentrações máximas dos diferentes poluentes em análise.

Foram considerados os caudais mássicos de emissão de cada poluente atmosférico, em função das concentrações máximas admissíveis (situação extrema), o caudal de ar emitido por cada fonte e com as alturas de chaminé propostas pela empresa, conforme se apresenta no quadro 16.

Quadro 16 – Condições de emissão de poluentes por cada fonte considerada na modelação.

Fonte de Emissão	Altura da Chaminé (m)	Caudal de ar (m ³ /h)	Velocidade (m/s)	Temperatura (°C)	Poluente	Concentração (mg/Nm ³)	Caudal mássico (kg/h)
Caldeira	20,0	4.453	5,9	56	SO ₂	500	2,23
					NO _x	500	2,23
					PT	150	0,67
					COV	200	0,89
Chamusco 1	10,5	5.040	4,1	600	SO ₂	500	2,52
					NO _x	500	2,52
					PT	150	0,76
					COV	200	1,01
Chamusco 2	10,5	2.220	2,4	600	SO ₂	500	1,11
					NO _x	500	1,11
					PT	150	0,33
					COV	200	0,44

A simulação pretende prever as concentrações ambientais máximas dos poluentes atmosféricos, para o cenário de modelação da dispersão de poluente a que corresponde a situação média de regime de ventos (direção, frequência e velocidade).

As metodologias mais utilizadas em estudos referentes à dispersão de poluentes (quer gasosos, quer sólidos), são a de Pasquill-Gilfford e a de Turner, as quais, embora apresentando algumas limitações, constituem uma boa base de previsão e são muito utilizadas em estudos de poluição atmosférica. Combinadas com modelos de dispersão das plumas de poluentes (relativos a campos gaussianos, eulerianos, lagrangianos) é possível prever os fluxos de dispersão de poluentes na atmosfera.

Neste estudo referem-se as classes de estabilidade calculadas com base na tipologia de Pasquill-Gilfford que advém de observações meteorológicas e foi testada com resultados experimentais, constituindo, por estas razões, uma boa base de previsão no âmbito da microescala.

Segundo esta tipologia a estabilidade atmosférica divide-se em 6 classes distintas, que vão desde a muito instável (A) à classe muito estável (F), em que a muito instável corresponde a maior dispersão local e a muito estável a menor dispersão. Esta tipologia relaciona as classes de estabilidade com a insolação diurna, a nebulosidade noturna e a velocidade do vento à superfície, como se apresenta no quadro 17.

Quadro 17 – Categorias de estabilidade de Pasquill-Guifford.

Velocidade do vento (a 10 m) ms ⁻¹	Dia: Insolação			Dia ou Noite	Noite	
	Forte	Moderada	Fraca		Nebulosidade > 4/8	Nebulosidade < 3/8
< 2	A	A-B	B	D	E	F
2-3	A-B	B	C	D	E	F
3-5	BB	B-C	C	D	D	E
5-6	CB-C	C-D	D	D	D	D
> 6	CC-D	D	D	D	D	D

Assim, considerou-se que o local tem uma classe de estabilidade E (estável), dado que a velocidade média do vento é de 4,4 m/s, a velocidade do vento dominante é de 5,3 m/s e as condições meteorológicas médias do local indicam essa classe de estabilidade.

Para a análise dos valores simulados foram considerados cinco locais, que pela sua localização e distância à Maporal foram considerados os mais expostos às suas emissões (Figura 9).

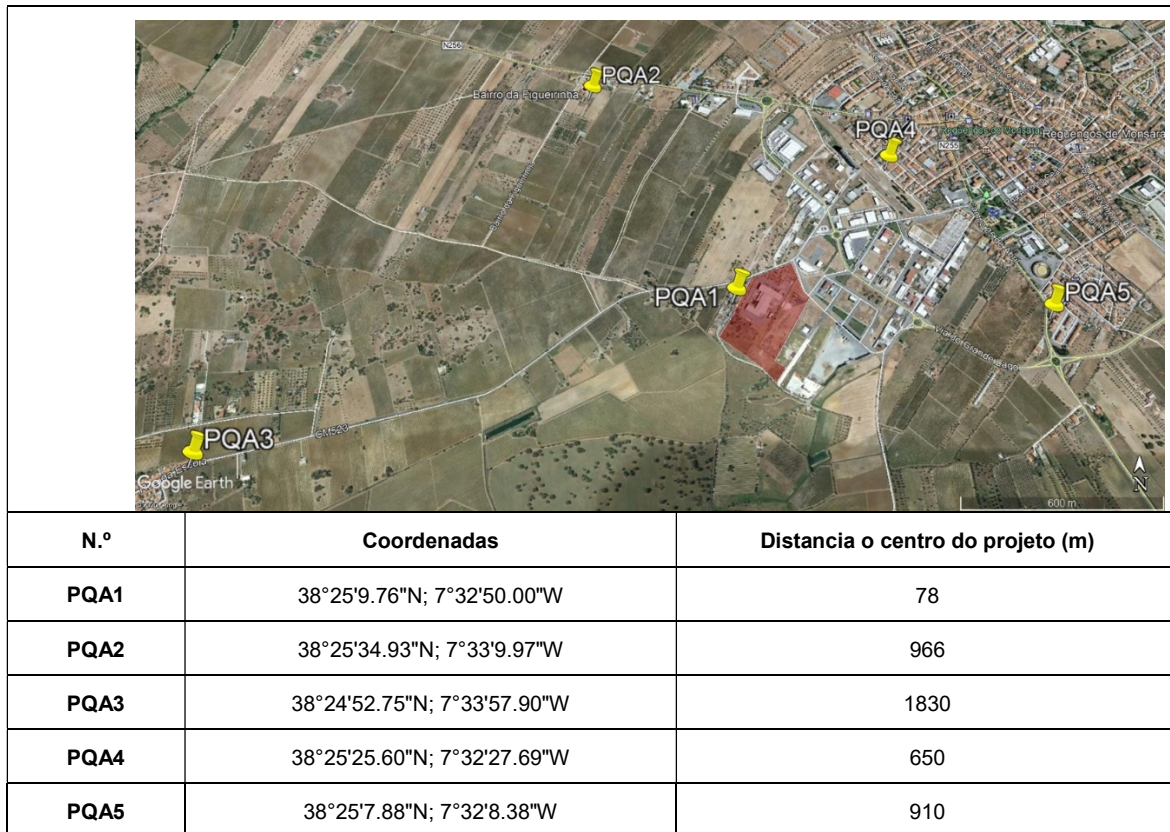


Figura 9 – Localização dos recetores sensíveis mais próximos da Maporal.

Os valores simulados foram comparados com padrões de qualidade do ar da legislação nacional e, na ausência destes, com valores de referência internacionais.

9. Resultados das Simulações de Dispersão

Os poluentes atmosféricos considerados para este estudo de dispersão foram as Partículas <10 µm (PM₁₀), os Compostos Orgânicos Voláteis (COV), os Óxidos de Azoto (NO_x) e o Dióxido de Enxofre (SO₂). Dos poluentes simulados, apenas para as PM₁₀, NO_x e SO₂ existe legislação vigente em Portugal (Quadro 18), tendo sido efetuada, para o caso dos COV, a comparação com os valores guia de qualidade do ar da Organização Mundial de Saúde.

Quadro 18 – Valores limites para os poluentes simulados.

Poluente		Valor limite	Margem de tolerância	Legislação
PM₁₀	Valor limite diário para proteção da saúde humana	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ ⁽¹⁾	+ 50%	Decreto-Lei nº 102/2010, de 23 de setembro ⁽²⁾
	Valor limite anual para proteção da saúde humana	40 $\mu\text{g.m}^{-3}$	+ 20%	
COV	Valor limite horário para proteção da saúde humana	180 $\mu\text{g.m}^{-3}$	---	Valor guia de Qualidade do Ar da Organização Mundial de Saúde
NOx	Valor limite horário para proteção da saúde humana	200 $\mu\text{g.m}^{-3}$	---	Decreto-Lei nº 102/2010, de 23 de setembro ⁽²⁾
	Valor limite anual para proteção da saúde humana	40 $\mu\text{g.m}^{-3}$	---	
SO₂	Valor Limite para Proteção da Saúde Humana	350 $\mu\text{g.m}^{-3}$ ⁽³⁾	+43%	Decreto-Lei nº 102/2010, de 23 de setembro ⁽²⁾
		125 $\mu\text{g.m}^{-3}$ ⁽⁴⁾	---	

⁽¹⁾ Valor Limite não deve ser excedido mais de 35 vezes em cada ano civil.

⁽²⁾ Alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015 de 27 de março

⁽³⁾ Valor Limite para 1h e que não deve ser excedido mais de 24 vezes em cada ano civil.

⁽⁴⁾ Valor Limite para 24h e que não deve ser excedido mais de 3 vezes em cada ano civil.

Assim, foram efetuadas simulações para a distribuição dos ventos, segundo a frequência média em cada direção por quadrante da rosa-dos-ventos, à velocidade média de 4,4 m/s, considerando a classe de estabilidade mais gravosa (classe E – estável), sendo os resultados obtidos apresentados no Quadro 19 e nas Figuras 10 a 13.

Quadro 19 – Resultados da concentração máxima de cada poluente em cada local avaliado, comparados com os valores de referência considerados.

Poluente	Valor máximo simulado ($\mu\text{g.m}^{-3}$)					Valor limite ($\mu\text{g.m}^{-3}$)
	PQA1	PQA2	PQA3	PQA4	PQA5	
PM₁₀	$8,73 \times 10^{-7}$	$8,98 \times 10^{-2}$	$9,27 \times 10^{-2}$	$2,77 \times 10^{-1}$	$2,45 \times 10^{-1}$	50 (média diária) 40 (média anual)
COV	$1,16 \times 10^{-6}$	$1,19 \times 10^{-1}$	$1,23 \times 10^{-1}$	$3,69 \times 10^{-1}$	$3,25 \times 10^{-1}$	180 (média horária)
NO_x	$2,93 \times 10^{-6}$	$2,99 \times 10^{-1}$	$3,09 \times 10^{-1}$	$9,24 \times 10^{-1}$	$8,15 \times 10^{-1}$	200 (média diária) 40 (média anual)
SO₂	$2,93 \times 10^{-6}$	$2,99 \times 10^{-1}$	$3,09 \times 10^{-1}$	$9,24 \times 10^{-1}$	$8,15 \times 10^{-1}$	125 (média diária)

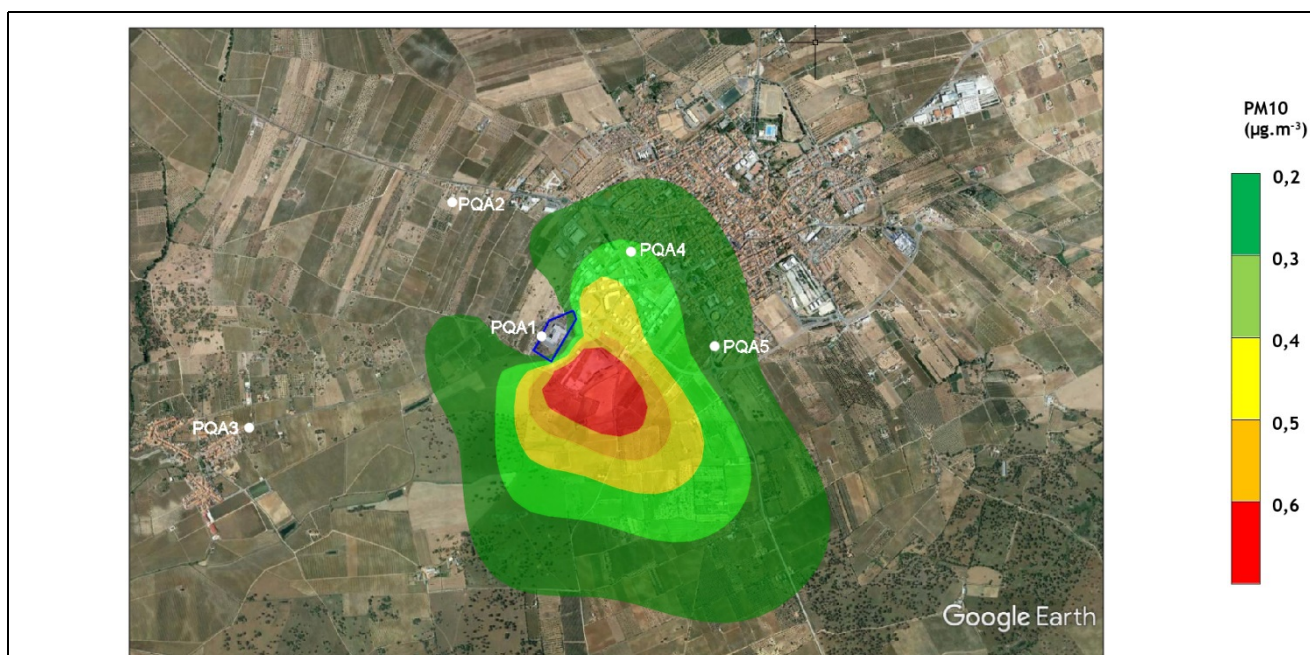


Figura 10 – Distribuição espacial das concentrações médias horárias de PM10.

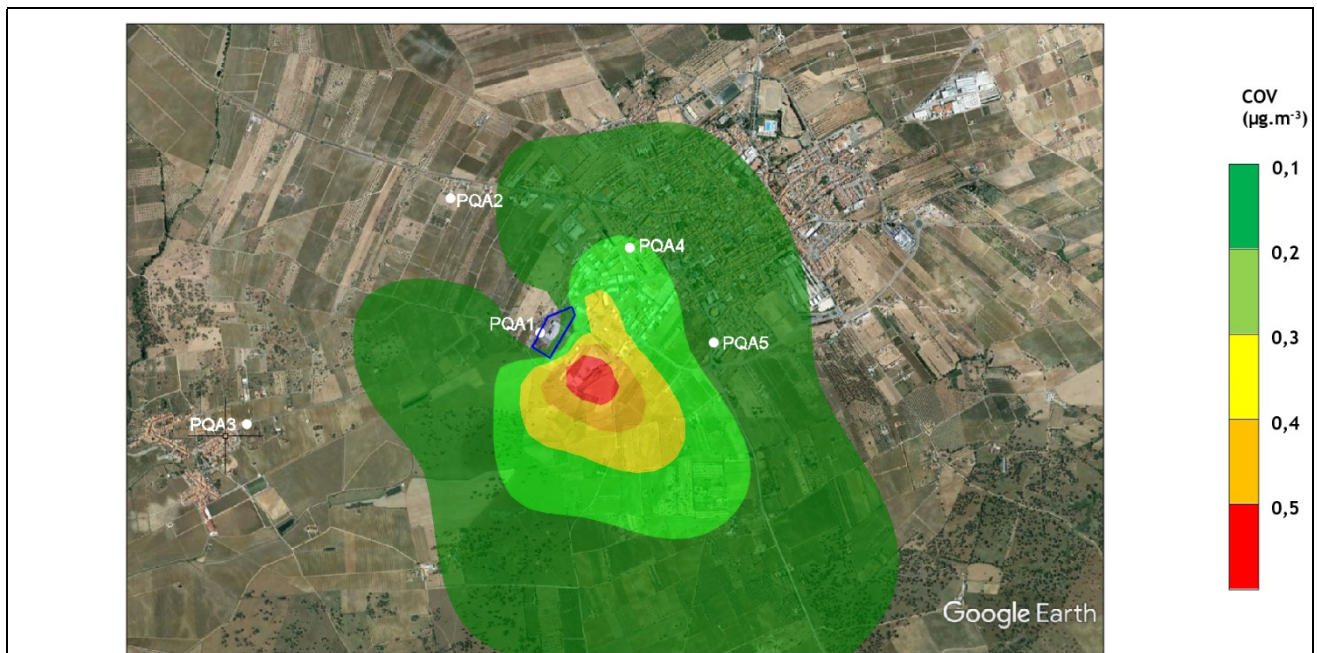


Figura 11 – Distribuição espacial das concentrações médias horárias de COV.

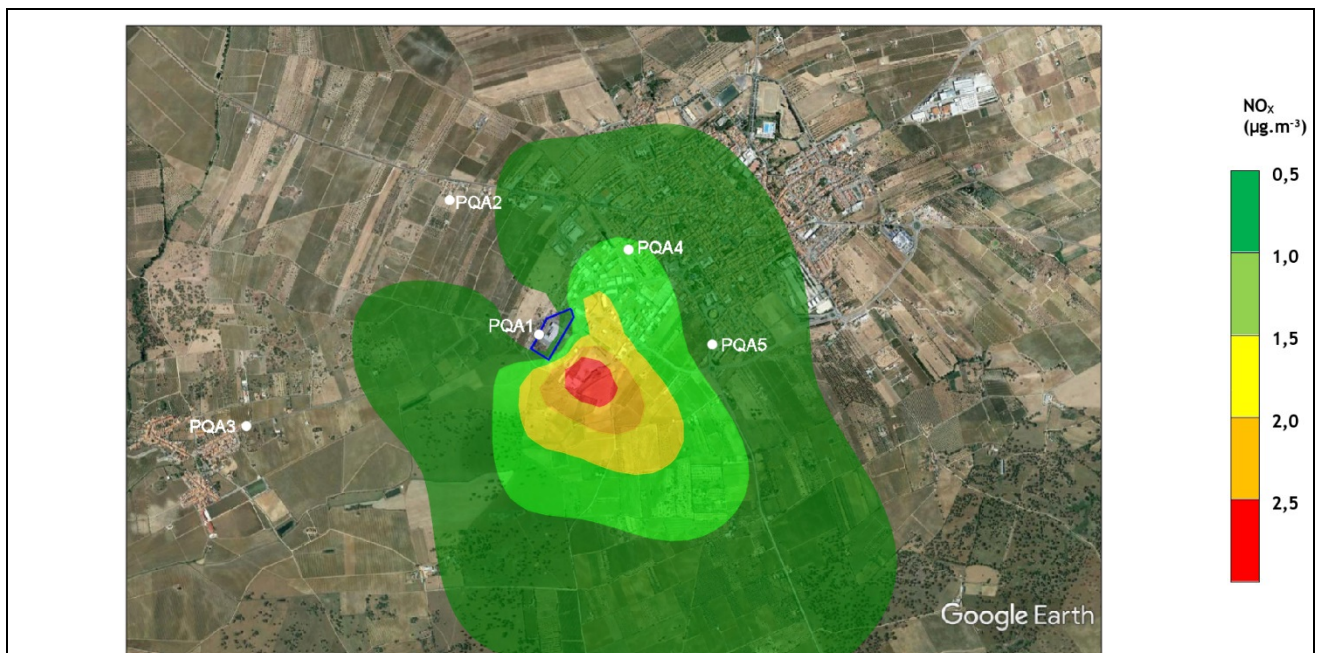


Figura 12 – Distribuição espacial das concentrações médias horárias de NOx.

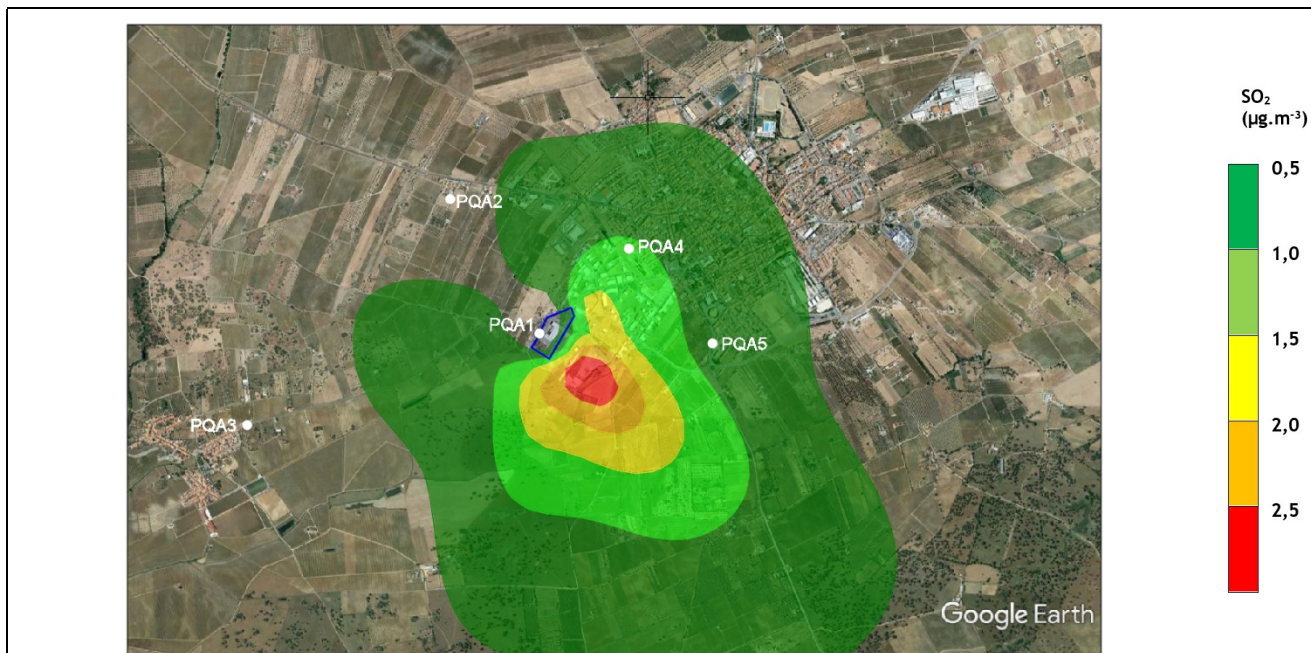


Figura 13 – Distribuição espacial das concentrações médias horárias de SO₂.

De acordo com os valores máximos de concentração obtidos da simulação para todos os locais avaliados, verifica-se que, para todos os poluentes simulados, não existem ultrapassagens aos valores limites considerados. Considerando a simulação da dispersão dos poluentes atmosféricos num pior cenário, a que corresponde a situação mais desfavorável do regime de ventos para os recetores mais expostos à influência da Maporal, obtiveram-se concentrações máximas de 4,55 $\mu\text{g.m}^{-3}$ para o SO₂ e NO_x, 1,8 $\mu\text{g.m}^{-3}$ para o COV e 1,37 $\mu\text{g.m}^{-3}$ para o PM₁₀ no local PQA2 e inferiores a 0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ para os restantes poluentes e locais, valores, ainda assim, muito abaixo dos limites legais considerados.

10. CONCLUSÃO

Comparando os valores de concentração de poluentes obtidos com o modelo matemático com os limites definidos na legislação nacional conclui-se que a saúde humana não é posta em risco. Não é exetável a ultrapassagem dos valores legais, não sendo também de prever que estas emissões venham a contribuir para a alteração da concentração de poluentes existentes no local, nem na envolvente próxima ou longínqua, com as alturas de chaminé propostas pela empresa e que foram objeto de modelação em situação de concentração máxima.