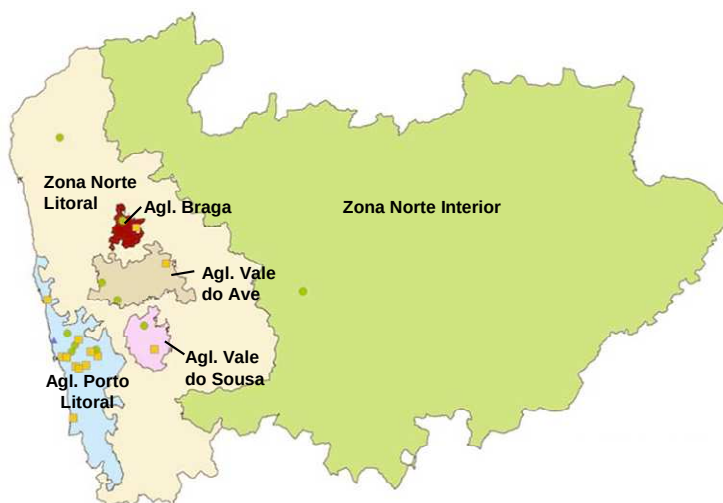




Plano de melhoria da Qualidade do Ar da Região Norte

PM₁₀ – 2004
O₃ – 2004/2005



AMB-QA-7/2007

Julho 2007

Equipa técnica

DAO/UA – Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro

Carlos Borrego, Professor Catedrático e Director do IDAD

Ana Isabel Miranda, Professora Associada

Helena Martins, Mestre em Economia e Política da Energia e do Ambiente, bolseira de Doutoramento

Joana Ferreira, Licenciada em Engenharia do Ambiente, bolseira de Doutoramento

Sofia Sousa, Licenciada em Engenharia do Ambiente, bolseira de Mestrado

Dina Calado, Licenciada em Engenharia do Ambiente

Maria Elisa Sá, Licenciada em Engenharia do Ambiente

Índice

Prefácio	1
1. Introdução	2
2. Diagnóstico da Qualidade do Ar	5
2.1 Rede de qualidade do ar da região Norte	6
2.2 Identificação das situações de incumprimento	8
2.3 Estimativa da área e população afectadas pelas ultrapassagens dos VL de PM ₁₀ e VA de O ₃	12
2.4 Estimativa dos níveis de fundo	15
3. Avaliação fenomenológica das ultrapassagens aos parâmetros legais	16
3.1 Matéria particulada	16
3.1.1 Fontes de matéria particulada	16
3.1.1.1 Fontes naturais	16
3.1.1.2 Fontes antropogénicas	19
3.1.2 Identificação e caracterização dos episódios	20
3.1.2.1 Metodologia e ferramentas	20
3.1.2.2 Caracterização dos episódios	22
3.2 Ozono	28
3.2.1 Fontes de precursores de ozono	29
4. Cenários e medidas adicionais	31
4.1 O modelo numérico TAPM	32
4.1.1 Domínios de simulação	33
4.2 Medidas previstas e cenário base	34
4.3 Resultados da modelação do cenário base	35
4.3.1 Partículas	35
4.3.2 Ozono	36
4.4 Medidas adicionais e cenário de redução	37
4.5 Análise custo-benefício de políticas e medidas	50
4.6 Resultados da modelação do cenário de redução	52
4.6.1 Partículas	52
4.6.2 Ozono	55
5. Considerações finais	58

Anexo A: Enumeração e caracterização dos episódios de excedências ao VL + MT de PM₁₀ em 2004

Anexo B: Análise custo – eficácia de políticas e medidas

Prefácio

O presente relatório insere-se no âmbito do protocolo de colaboração estabelecido entre a Universidade de Aveiro e a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional – Norte (CCDR – Norte), dando continuidade ao trabalho previamente desenvolvido referente aos anos de 2001, 2002 e 2003 (Borrego *et al.*, 2006a).

O objectivo do trabalho consiste na elaboração do Plano de melhoria da qualidade do ar da Região Norte relativo à poluição por matéria particulada no ano de 2004 e o desenvolvimento de um novo Plano para o ozono, relativo aos anos de 2004 e 2005, tendo em conta as directrizes propostas no “Guia para a elaboração de Planos e Programas” (Boavida *et al.*, 2004). O trabalho desenvolvido baseia-se na análise dos dados obtidos na rede de monitorização da qualidade do ar na Região Norte nos anos de 2004 e de 2005, tendo sido adaptado às condicionantes específicas da região em análise.

No capítulo 1 é feito o enquadramento legislativo e contextualização do presente trabalho. O capítulo 2 apresenta um breve resumo do diagnóstico à qualidade do ar em 2004 e 2005, descrito com maior pormenor nos Relatórios da Qualidade do Ar respectivos (Borrego *et al.*, 2005 e 2006b). Apresenta-se a rede de monitorização da qualidade do ar da Região Norte, as estações em incumprimento dos parâmetros legais no que concerne às PM_{10} e ao O_3 e a população afectada por este incumprimento. No capítulo 3 realiza-se a avaliação fenomenológica dos episódios de ultrapassagem do valor limite de partículas e do valor alvo de ozono, incluindo uma descrição das principais fontes destes poluentes, assim como dos métodos utilizados para avaliar a origem de cada um dos episódios de poluição contabilizados. O Capítulo 4 compreende a definição dos cenários base e de redução, assim como uma descrição das principais características do modelo fotoquímico TAPM, utilizado para a avaliação da eficácia das medidas de redução de emissões na melhoria da qualidade do ar. Relativamente às emissões, foi usado o último inventário de emissões disponível (IA, 2005), que se reporta ao ano de 2003. Os cenários de redução são constituídos por um conjunto de medidas mitigadoras de emissões de matéria particulada e de precursores de ozono, a adoptar nas aglomerações e zonas em incumprimento aos valores legislados, com o objectivo do cumprimento da legislação. É também feita uma análise custo-benefício das políticas e medidas seleccionadas, de forma a ser determinada a viabilidade da sua execução. Finalmente, no capítulo 5 tecem-se algumas considerações sobre a caracterização da poluição atmosférica por partículas e ozono na região Norte, as possíveis medidas de redução dos níveis destes poluentes no ar ambiente e seu potencial mitigador, numa perspectiva de melhoria da Qualidade do Ar.

1. Introdução

Com o objectivo de controlar e minorar os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana e o ambiente, têm vindo a ser adoptadas desde há vários anos medidas legislativas, tanto a nível nacional como a nível comunitário. A Directiva-Quadro (DQ) relativa à avaliação e gestão do ar ambiente (Directiva 96/62/CE, de 27 de Setembro), transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei 276/99, de 23 de Julho, define as linhas de orientação da política europeia de gestão da qualidade do ar ambiente, deixando para diplomas posteriores (Directivas-Filhas) a fixação dos valores-limite¹ e limiares de alerta² a cumprir para os poluentes abrangidos no Anexo I da Directiva.

Duas Directivas-filhas, a Directiva 99/30/CE, de 22 de Abril, que define valores-limite para o dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de azoto (NO₂), óxidos de azoto (NO_x), partículas em suspensão (PM) e chumbo (Pb) no ar ambiente, e a Directiva 2000/69/CE, de 16 de Novembro, relativa a valores-limite para o benzeno (C₆H₆) e monóxido de carbono (CO) no ar ambiente, foram transpostas para o direito nacional pelo Decreto-Lei 111/2002, de 16 de Abril. A Directiva 2002/3/CE, de 12 de Fevereiro, relativa ao ozono (O₃) no ar ambiente, foi transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei 320/2003, de 20 de Dezembro.

Os princípios gerais da Directiva-Quadro assentam:

- na definição e estabelecimento de objectivos para a qualidade do ar ambiente (o ar exterior da troposfera, com exclusão dos locais de trabalho) na União Europeia, a fim de evitar, prevenir ou limitar os efeitos nocivos sobre a saúde humana e sobre o ambiente;
- na avaliação da qualidade do ar ambiente nos Estados-Membros, com base em métodos e critérios comuns;
- na informação ao público sobre a qualidade do ar ambiente.

A Directiva-Quadro estipula, no artigo 8º, que os Estados-Membros devem estabelecer a lista das zonas e aglomerações em que os níveis de um ou mais poluentes sejam superiores ao valor-limite (VL) acrescido da margem de tolerância (MT)³, ou ao VL quando a MT não tenha sido fixada ou não se aplique. Nas zonas e aglomerações identificadas, os Estados Membros devem tomar medidas para garantir que seja elaborado ou aplicado um plano ou programa (PPar) destinado a fazer cumprir o VL dentro do prazo fixado. No caso do ozono, o Decreto-Lei 320/2003, de 20 de Dezembro, estabelece a necessidade de, a partir de 2004, elaborar planos e programas nas zonas e aglomerações em que as concentrações de ozono sejam superiores aos valores alvo (VA)⁴.

Este documento deve ser redigido pelos Estados Membros como forma de apresentar à União Europeia o estado da qualidade do ar do País, as medidas planeadas para o melhorar (dentro dos prazos previstos na legislação) e as previsões quantitativas dessas melhorias, através de modelação apropriada. Quando se demonstrar que as situações de ultrapassagem do VL (ou do VL acrescido da MT) se deveram a causas

¹ Nível fixado com base em conhecimentos científicos com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos sobre a saúde humana e/ou o ambiente na sua globalidade, susceptível de ser atingido num prazo determinado e que, quando atingido, não deverá ser excedido.

² Nível acima do qual uma exposição de curta duração acarreta riscos para a saúde humana e a partir do qual os Estados-Membros tomarão medidas imediatas, tal como estipulado na presente directiva.

³ Margem de tolerância (MT) é progressivamente reduzida ao longo dos anos, até ao ano de cumprimento final do VL, em que essa margem se torna nula.

⁴ Nível fixado com o objectivo de evitar a longo prazo efeitos nocivos para a saúde humana e ou o ambiente, a ser alcançado, na medida do possível, num período determinado.

naturais, não é exigida a elaboração de Planos e Programas. Estes deverão ser entregues até 18 meses após o registo das excedências à Agência Portuguesa do Ambiente (ex-Instituto do Ambiente), que tem mais 6 meses para os encaminhar para a União Europeia (Boavida *et al.*, 2004). De acordo com o artigo 11º da DQ, deve informar-se a Comissão dos progressos registados na aplicação dos PPar de 3 em 3 anos.

O Decreto-Lei 276/99, de 23 de Julho, estabelece que compete às Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), nas suas áreas de jurisdição, elaborar e aplicar planos ou programas destinados a fazer cumprir o VL.

O estabelecimento de medidas para se atingirem os valores-limite de concentração dos vários poluentes não deve ser um acto isolado, sendo determinante para o sucesso da sua aplicação a interacção com medidas já definidas. Efectivamente, encontra-se já estabelecido um conjunto de medidas que, no âmbito de outras estratégias, influenciam a qualidade do ar e consequentemente contribuem para o cumprimento dos VL estipulados, como por exemplo o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), o diploma Prevenção e Controlo Integrados de Poluição (PCIP - IPPC) e o Programa para os Tectos de Emissão Nacionais (PTEN).

Uma excedência ao VL+MT no ano de referência (em estudo), não significa necessariamente que o VL seja ultrapassado no ano de cumprimento (definido como 2010, no âmbito de presente trabalho). Com efeito, medidas já existentes ou planeadas podem ser suficientes para o cumprimento dos VL nos prazos fixados. Antes de se considerar a aplicação de medidas adicionais importa analisar o cenário-base, que é estabelecido tendo em conta que não são aplicadas medidas adicionais para além das preconizadas ao abrigo das políticas, medidas e instrumentos já estabelecidos e que contribuem, directa ou indirectamente para a redução das concentrações dos poluentes em causa (Boavida *et al.*, 2004).

A constatação do não cumprimento dos VL para o cenário-base implica que o PPar terá de apresentar medidas adicionais com vista à observância do cumprimento dos VL reflectida no cenário alternativo adoptado, conforme representado na Figura 1.1.

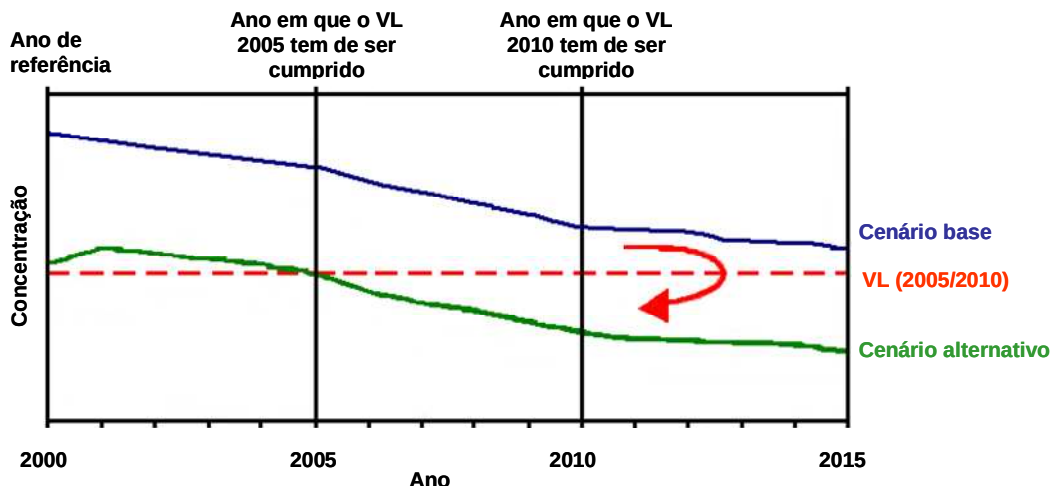


Figura 1.1 Representação gráfica de um cenário de referência em que a diminuição de concentrações não é suficiente para o cumprimento do VL, sendo por isso necessário considerar um cenário alternativo com medidas adicionais (adaptado de Boavida, *et al.*, 2004)

A definição de cenários alternativos passa por considerar, no cenário base, as reduções de emissões resultantes da aplicação de diferentes conjuntos de medidas adicionais. Para cada um desses cenários, a utilização de modelos numéricos de

qualidade do ar permitirá verificar se as medidas propostas garantem o cumprimento dos VL.

O conhecimento, quer da situação existente quer da sua evolução, é fundamental na concepção das medidas adicionais. Antes de ser feita a sua hierarquização torna-se necessário quantificar o nível de melhoria resultante da implementação da(s) medida(s). A avaliação do tipo de medidas, face aos objectivos pretendidos, será um passo essencial na selecção das medidas mais adequadas, devendo ser equacionados vários aspectos, nomeadamente, a análise custo-eficácia da medida e a calendarização das acções.

Em sequência do trabalho já realizado a nível nacional no âmbito dos PPar, foi aprovada (comunicação do Conselho de Ministros de 3 de Maio de 2007) a primeira alteração ao Decreto-Lei 276/99, de 23 de Julho, visando optimizar a resposta administrativa para a problemática da qualidade do ar, nomeadamente através da definição de um conjunto de procedimentos que, envolvendo os diferentes ministérios e respectivos serviços, a administração local e outras entidades relevantes, garantam a aprovação, aplicação e acompanhamento dos planos de melhoria da qualidade do ar e respectivos programas de execução. O novo Decreto-Lei introduz alterações a alguns aspectos do decreto original, passando a fazer-se a distinção entre os *Planos de melhoria* da qualidade do ar (objecto do presente trabalho) e os *Programas de execução*, visando estes a concretização efectiva das medidas previstas nos Planos. O Programa de execução deve ser elaborado até 6 meses após a publicação, em Portaria, do Plano de melhoria respectivo.

2. Diagnóstico da Qualidade do Ar

A Directiva 96/62/CE, de 27 de Setembro implicou a redefinição e uniformização das políticas de gestão da qualidade do ar a nível europeu, levando à divisão do território em Zonas e Aglomerações, sujeitas a uma avaliação obrigatória da qualidade do ar.

As Zonas e Aglomerações do território português e os respectivos critérios de delimitação foram definidos na publicação *Delimitação de Zonas e Aglomerações para a Avaliação da Qualidade do Ar em Portugal* (DGA/UNL, 2001). Para a Região Norte, área de jurisdição da CCDR-Norte, foram definidas duas Zonas – Norte Litoral e Norte Interior – e quatro Aglomerações – Braga, Vale do Ave, Vale do Sousa e Porto Litoral (Figura 2.1).

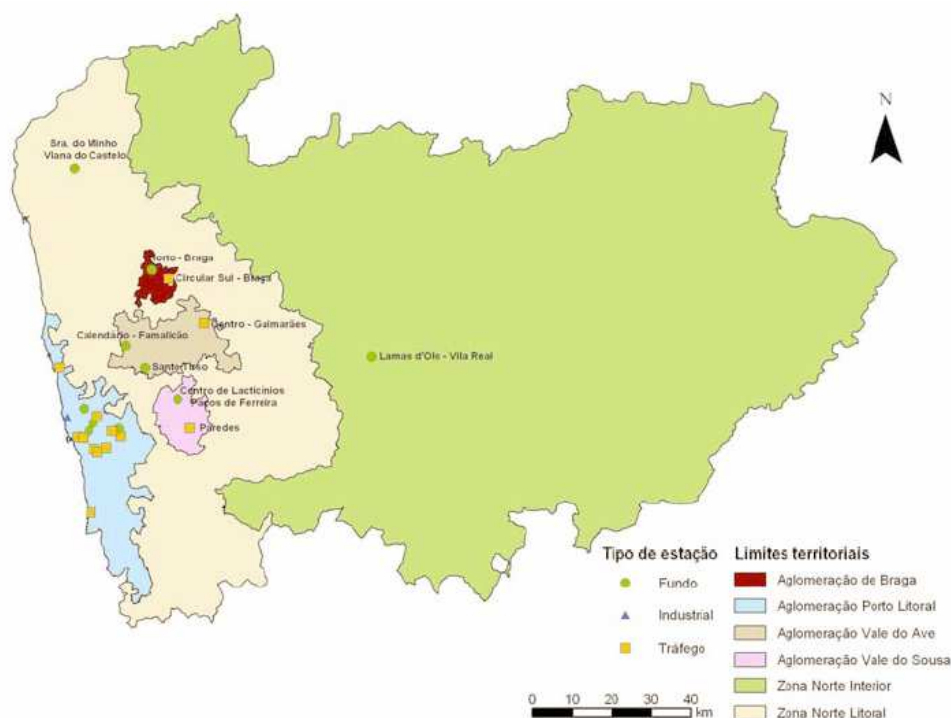


Figura 2.1 Representação das Zonas e Aglomerações da Região Norte e localização das estações de monitorização (Borrego *et al.*, 2006b).

A análise realizada à qualidade do ar da Região Norte nos anos 2004 e 2005 (Borrego, C. *et al.*, 2005 e 2006b) identificou que as aglomerações Porto Litoral, Vale do Sousa e Vale do Ave estavam em incumprimento dos VL anual e diário de PM_{10} (em 2004) e as aglomerações de Braga, Vale do Sousa e Vale do Ave e as zonas Norte Litoral e Interior em incumprimento dos valores-alvo para protecção da saúde humana e da vegetação estabelecidos para o ozono (em 2004 e 2005). Assim, neste capítulo é feita uma breve descrição da rede de monitorização da qualidade do ar da região Norte e a identificação e análise das situações de incumprimento. Faz-se também uma estimativa da área e população afectadas pelas ultrapassagens ao Valor Limite de PM_{10} e ao Valor Alvo de O_3 .

2.1 Rede de qualidade do ar da região Norte

Presentemente, a rede de monitorização da qualidade do ar da Região Norte abrange todas as suas zonas e aglomerações. No Quadro 2.1 são descritas algumas das características das estações de qualidade do ar em funcionamento.

Quadro 2.1 Caracterização das estações de monitorização da qualidade do ar da região Norte (Borrego *et al.*, 2006b).

Aglomeração	Estação	Tipo	Concelho	CO	NOx	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	BTX	Observações
Porto Litoral	Antas	UT	Porto	✓	✓		✓		✓		
	Águas Santas	UT	Maia	✓	✓	✓					Início Fev. 05
	Baguim	UT	Gondomar		✓				✓		
	Boavista	UT	Porto	✓	✓	✓	✓				
	Custóias	SI	Matosinhos	✓	✓	✓	✓		✓	✓	BTX: Mar. 03
	Ermesinde	UF	Valongo		✓	✓	✓		✓		
	Espinho	UT	Espinho	✓	✓	✓	✓				
	Leça do Balio	SF	Matosinhos	✓	✓	✓	✓		✓		
	Matosinhos	UT	Matosinhos	✓	✓	✓	✓				
	Perafita	SI	Matosinhos	✓	✓	✓	✓		✓		
	S ^{ra} . da Hora	UT	Matosinhos	✓	✓	✓	✓				
	Vermoin	UT	Maia	✓	✓	✓	✓	✓	✓		PM _{2,5} : Nov. 03
	V. Conde	ST	V. Conde	✓	✓	✓	✓				
	V.N. Telha	SF	Maia	✓	✓	✓	✓		✓		
Braga	Circular Sul	UT	Braga	✓	✓		✓				Início Mar. 04
	Horto	SF	Braga		✓	✓	✓		✓		Início Fev. 04
Vale do Sousa	C. Lacticínios	UF	Paços Ferreira		✓	✓	✓		✓		
	Paredes	UT	Paredes	✓	✓		✓				
Vale do Ave	Guimarães	UT	Guimarães	✓	✓		✓				Início Abr. 04
	Santo Tirso	UF	Santo Tirso	✓	✓	✓	✓		✓		
	Calendário	SF	V.N. Famalicão		✓	✓	✓		✓		Início Fev. 04
Norte Litoral	S ^{ra} . do Minho	RF	V. Castelo		✓	✓	✓	✓	✓		Início Mar. 05
Norte Interior	Lamas d'Olo	RF	Vila Real		✓	✓	✓	✓	✓		Início Fev. 04

UT: urbana de tráfego; SI: suburbana industrial; UF: urbana de fundo; SF: suburbana de fundo; ST: suburbana de tráfego; RF: rural de fundo

O Quadro 2.2 apresenta, para os anos de 2004 e 2005, as eficiências obtidas por analisador para cada estação de monitorização. Os valores da eficiência para o NO_x e o O₃ são expressos em percentagem do número de horas (nº medições horárias válidas/nº medições horárias possível). No caso das partículas (PM₁₀ e PM_{2,5}), SO₂ e BTX (benzeno, tolueno e xileno), as eficiências são expressas em percentagem do número de dias (nº médias diárias válidas/nº médias diárias possível). Para o CO, a eficiência indicada refere-se às médias octo-horárias (nº médias de 8 horas válidas/nº médias de 8 horas possível). Encontram-se também destacadas a negrito as situações em que se verificou uma eficiência superior a 90%, o mínimo exigido na legislação como critério de avaliação da qualidade de medição.

Quadro 2.2: Eficiências por analisador nas estações de qualidade do ar da Região Norte em 2004 e 2005 (Borrego *et al.*, 2005 e 2006b)

Aglomeracão/ Zona	Estação	CO		SO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}		NO _x		O ₃		C ₆ H ₆	
		04	05	04	05	04	05	04	05	04	05	04	05	04	05
Porto Litoral	Águas Santas	-	46	-	47	-	-	-	-	-	44	-	47	-	-
	Antas	80	98	-	-	91	96	-	-	93	94	97	100	-	-
	Baguim	92	97	-	-	-	-	-	-	93	100	100	100	-	-
	Boavista	98	100	99	100	95	100	-	-	63	98	99	100	-	-
	Custóias	97	98	99	99	97	92	-	-	96	99	100	53	73	53
	Ermesinde	-	-	100	73	93	90	-	-	100	94	99	100	-	-
	Espinho	95	99	98	98	86	98	-	-	97	97	96	99	-	-
	Leça do Balio	95	58	100	98	98	93	-	-	99	94	94	77	-	-
	Matosinhos	100	100	100	100	98	99	-	-	99	95	100	90	-	-
	Perafita	93	93	95	100	95	96	-	-	98	95	98	100	-	-
	Sra. da Hora	96	97	100	100	98	94	-	-	99	99	-	-	-	-
	Vermoim	99	92	100	100	78	87	82	95	94	97	99	100	-	-
	Vila do Conde	96	95	99	99	90	98	-	-	81	80	99	99	-	-
Braga	V.N. Telha	57	72	98	100	98	100	-	-	98	95	98	100	-	-
	Circular Sul	71	98	-	-	70	80	-	-	75	96	-	-	-	-
Vale do Sousa	Horto	-	-	82	96	60	85	-	-	90	86	88	99	-	-
	C. Lacticínios	-	-	95	100	89	98	-	-	96	99	95	100	-	-
Vale do Ave	Paredes	94	98	-	-	92	92	-	-	94	98	-	-	-	-
	Guimarães	71	95	-	-	71	91	-	-	73	100	-	-	-	-
	Santo Tirso	95	99	87	98	64	95	-	-	96	85	95	57	-	-
Norte Litoral	Calendário	-	-	83	88	81	86	-	-	83	94	83	94	-	-
	Sra. do Minho	-	-	-	78	-	41	-	40	-	72	-	81	-	-
Norte Interior	Lamas D'Olo	-	-	85	92	70	95	35	64	87	88	79	98	-	-

Tal como referido anteriormente, e de acordo com o Anexo X do DL 111/2002, a recolha de dados anual deve ser, no mínimo, de 90% para que se considere que existe medição em contínuo; no entanto, no guia dos Anexos da Decisão 97/101/CE sobre troca de informação (CE, 2002) estabelece-se que, quando a eficiência de uma estação é inferior a 90%, o valor mínimo de captação de dados deve ser recalculado, descontando os dados que se perderam devido às operações de manutenção e calibração habituais dos analisadores. Este procedimento justifica-se para evitar o risco da baixa eficiência da estação ser devida a este factor, motivo pouco fundamentado para a desprezar valores em análises como a do presente trabalho. Deste modo, a eficiência mínima da estação torna-se menos exigente, podendo situar-se abaixo dos 90% previstos.

Algumas estações da Rede de Qualidade do Ar da Região Norte iniciaram o seu funcionamento apenas no decorrer dos anos 2004 e 2005, não atingindo, por este motivo, a eficiência mínima de recolha de dados exigida por lei. No caso de outras estações, podem haver falhas de comunicação durante certos períodos do ano, ou avaria de algum componente dos analisadores. Não obstante, algumas destas estações apresentaram um número de excedências aos VL e VA superior ao permitido. Foi então determinada, para cada um destes casos, uma nova eficiência

mínima, tendo em conta o máximo de dados que a estação poderia recolher ao longo do ano em análise. Evita-se, assim, que algumas aglomerações da Região Norte que registaram excedências nas concentrações de poluentes atmosféricos sejam excluídas do presente Plano de melhoria da qualidade do ar, cujo objectivo central é a protecção da saúde humana.

No Quadro 2.3 são determinadas as novas eficiências mínimas a considerar para as estações da Região Norte que, tendo registado excedências em número superior ao permitido por lei dos valores-limite e valores-alvo para protecção da saúde humana e da vegetação, obtiveram uma taxa de recolha de dados inferior a 90%.

Quadro 2.3: Eficiência mínima a considerar para aferição da possibilidade de inclusão na elaboração do Plano de melhoria da qualidade do ar das estações de qualidade do ar com eficiência inferior a 90%, mas com excedências superiores aos limites legislados.

Ano/Poluente	Estação	Eficiência obtida (%)	Eficiência máxima possível (%)	Perda de dados (%)	Eficiência mínima a considerar (%)	Estação considerada
2004 – PM ₁₀	Espinho	86	100	1,08	89	Não
	Vermoim	78	100	1,74	88	Não
	C. Lacticínios	89	98	0,06	88	Sim
	Circular Sul	71	81	0,07	73	Não
	Guimarães	71	73	0,01	64	Sim
2004 – O ₃	Calendário	83	86	0,1	77	Sim
	Horto	88	91	0,1	81	Sim
	Lamas D'Olo	79	80	0,2	72	Sim
2005 – O ₃	Sra. Minho	81	81	0,1	73	Sim

2.2 Identificação das situações de incumprimento

Tendo sido identificadas as aglomerações Porto Litoral, Vale do Sousa e Vale do Ave como em incumprimento dos VL anual e diário de PM₁₀ (em 2004) e as aglomerações de Braga, Vale do Sousa e Vale do Ave e as zonas Norte Litoral e Interior como em incumprimento dos valores-alvo para protecção da saúde humana e da vegetação estabelecidos para o ozono (em 2004 e 2005), encontra-se, nos Quadros 2.5 e 2.6, um resumo dos valores limite, margens de tolerância e valores alvo a aplicar para estes poluentes, de acordo com a legislação nacional em vigor.

Segundo o DL 111/2002, de 16 de Abril, os VL da 2ª fase de cumprimento para as PM₁₀ são indicativos, podendo ser revistos “à luz de novas informações sobre os efeitos na saúde e no ambiente, viabilidade técnica e experiência adquirida com a aplicação dos valores limite para a 1ª fase”. Apesar de, para o âmbito de aplicação deste trabalho serem válidos os VL definidos na 1ª fase, deve notar-se que, devido a um incumprimento geral a nível Europeu desses mesmos limites, e, de acordo com informações da Agência Portuguesa de Ambiente (APA), até ao momento não há qualquer indicação sobre a aplicação da 2ª fase para as PM₁₀.

Quadro 2.5: Valores limite e margens de tolerância de concentrações atmosféricas de PM₁₀ para protecção da saúde humana, de acordo com o DL 111/2002, de 16 de Abril

Fase	Período de referência	Designação	Valor legislado ($\mu\text{g.m}^{-3}$)
1ª Fase (a cumprir até 1 Janeiro 2005)	Diário	Valor Limite	50 (a não ultrapassar mais do que 35 vezes por ano civil)
			2001: 20
			2002: 15
		Margem de Tolerância	2003: 10
			2004: 5
			2005: 0
	Anual	Valor Limite	40
			2001: 6,4
			2002: 4,8
		Margem de Tolerância	2003: 3,3
			2004: 2
			2005: 0
2ª Fase (a cumprir até 1 Janeiro 2010)	Diário	Valor Limite	50 (a não ultrapassar mais do que 7 vezes por ano civil)
	Anual	Valor Limite	20
			2005: 10
			2006: 8
		Margem de Tolerância	2007: 6
			2008: 4
			2009: 2
			2010: 0

Com o objectivo de evitar, a longo prazo, efeitos nocivos do O₃ no ar ambiente para a saúde humana, é fixado no Decreto-Lei n.º 320/2003, de 20 de Dezembro, o valor alvo para 2010 no que diz respeito à protecção da saúde humana. Deve comparar-se o máximo das médias octo-horárias do dia com o valor alvo de 120 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Este parâmetro não pode ser excedido em mais de 25 dias por ano civil. Tendo em atenção os efeitos nefastos do ozono na vegetação, é também estabelecido um valor alvo para a sua protecção. A avaliação do cumprimento deste indicador é efectuada através do cálculo do parâmetro designado AOT40⁵, que não deve exceder os 18000 $\mu\text{g.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$.

⁵ AOT40 (*Accumulated exposure over a threshold of 40 ppb*): consiste na determinação da soma da diferença entre as concentrações superiores a 80 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (= 40 partes por bilião) e o valor 80 $\mu\text{g.m}^{-3}$, num determinado período, utilizando apenas os valores horários determinados entre as 8h00 e as 20h00. No caso da protecção da vegetação, o período de definição dos AOT40 refere-se aos meses de Maio a Julho (inclusive).

Quadro 2.6: Valores alvo de concentrações atmosféricas de O₃ para protecção da saúde humana e da vegetação, de acordo com o DL 320/2003, de 20 de Dezembro

Período de referência	Designação	Valor legislado
Máximo das médias octo-horárias do dia	Valor Alvo para protecção da saúde humana	120 µg.m ⁻³ (a não ultrapassar mais do que 25 vezes por ano civil)
AOT40 calculado com base em valores horários medidos de Maio a Julho (inclusive)	Valor Alvo para protecção da vegetação	18 000 µg.m ⁻³ .h

Nos Quadros 2.7, 2.8 e 2.9 enumeram-se as estações de qualidade do ar que, apresentando uma eficiência superior ao mínimo exigido, não cumpriram os requisitos legais para as PM₁₀ e para o O₃, nos anos de 2004 e 2005. Tal como estabelecido no Anexo da Decisão da Comissão 2004/224/CE, os locais de ultrapassagem aos VL foram fundidos em duas situações, de acordo com a classificação das estações (tráfego ou fundo).

Quadro 2.7: Estações em incumprimento e número total de ultrapassagens expressas em relação ao VL diário+MT (55 µg.m⁻³) e em relação ao VL diário (50 µg.m⁻³) de PM₁₀, em 2004 (Borrego *et al.*, 2005).

Aglomeração	Estação	Classificação	Nº excedências ao VL diário+ MT	Nº excedências ao VL diário
Porto Litoral	Antas	Tráfego	68	91
	Boavista		120	135
	Matosinhos		84	102
	Sra. da Hora		64	77
	Vila do Conde		127	159
	Custóias*	Fundo	92	109
	Ermesinde		62	70
	Leça do Balio		64	80
	Perafita*		62	76
	V.N. da Telha		57	70
Vale do Sousa	C. Lacticínios	Fundo	45	54
	Paredes	Tráfego	80	101
Vale do Ave	Guimarães	Tráfego	67	89

* Fundo/Industrial

Quadro 2.8: Estações em incumprimento em relação ao VL anual+MT de PM₁₀ em 2004 (42 µg.m⁻³) (Borrego *et al.*, 2005).

Aglomeração	Estação	Classificação	Média anual (µg.m ⁻³)
Porto Litoral	Boavista	Tráfego	50
	Vila do Conde		53
Vale do Sousa	Paredes	Tráfego	44
Vale do Ave	Guimarães	Tráfego	47

Quadro 2.9: Estações em incumprimento e número total de ultrapassagens expressas em relação aos valores alvo de O₃ para protecção da saúde humana e da vegetação, em 2004 e 2005 (Borrego *et al.*, 2005 e 2006b).

Agglomeração /Zona	Estação	Classificação	Nº excedências ao VA para protecção da saúde humana		VA para protecção da vegetação (µg.m ⁻³ .h ⁻¹)	
			2004	2005	2004	2005
Braga	Horto	Fundo	29	-	22 252	-
Vale do Sousa	C. Lacticínios	Fundo	37	37	24 974	-
Vale do Ave	Calendário	Fundo	28	-	20 234	-
	Santo Tirso		-	-	-	22 457 *
Norte Litoral	Sra. Minho	Fundo	-	83	-	31 729
Norte Interior	Lamas D'Olo	Fundo	101	164	36 381 *	63 074

* Não foi atingida a eficiência mínima para o cálculo do AOT40 (90%)

Desta forma, para a elaboração do Plano de melhoria da qualidade do ar da Região Norte, consideram-se as aglomerações e estações em que se registaram excedências aos VL legislados e uma eficiência de recolha de dados superior a um valor mínimo determinado caso a caso. No Quadro 2.10 encontra-se a listagem dessas estações e dos concelhos onde se localizam.

Quadro 2.10: Concelhos a incluir na elaboração do Plano de melhoria da qualidade do ar da Região Norte

Ano/Poluente	Agglomeração	Estação	Concelho
2004 – PM ₁₀	Porto Litoral	Antas	Porto
		Boavista	
		Custóias	
		Leça do Balio	Matosinhos
		Matosinhos	
		Perafita	
		Sra. Hora	
		Ermesinde	Valongo
		Vila do Conde	Vila do Conde
		V. N. Telha	Maia
	Vale do Sousa	C. Lacticínios	Paços de Ferreira
		Paredes	Paredes
2004 – O ₃	Vale do Ave	Guimarães	Guimarães
	Braga	Horto	Braga
	Vale do Sousa	C. Lacticínios	Paços de Ferreira
	Vale do Ave	Calendário	Famalicão
	Norte Interior	Lamas D'Olo	Vila Real
2005 – O ₃	Vale do Sousa	C. Lacticínios	Paços de Ferreira
	Norte Litoral	Sra. Minho	Viana do Castelo
	Norte Interior	Lamas D'Olo	Vila Real

2.3 Estimativa da área e população afectadas pelas ultrapassagens dos VL de PM_{10} e VA de O_3

A estimativa da área em que a concentração de poluentes excedeu os parâmetros previstos na legislação foi realizada para cada uma das estações onde se verificaram ultrapassagens, tendo em conta o tipo de ambiente (urbana/suburbana/rural) e de influência (fundo/tráfego/industrial) que as caracterizam. Para a determinação da área de representatividade recorreu-se a gamas de influência das estações de monitorização indicadas na literatura (EEA, 1999) e na legislação nacional (DL 320/2003, de 20 de Dezembro) ⁶ (quadros 2.11 e 2.12).

Quadro 2.11: Raio de representatividade das estações de monitorização de qualidade do ar (EEA, 1999)

Tipo de estação	Raio de representatividade (m)
Tráfego	Não aplicável
Industrial	10 - 100
Fundo urbana	100 - 1000
Fundo suburbana	1000 - 5000

Quadro 2.12: Área de representatividade das estações de monitorização de qualidade do ar em relação às concentrações de ozono (DL 320/2003, de 20 de Dezembro)

Tipo de estação	Área de representatividade (km ²)
Urbana	Alguns
Suburbana	Algumas dezenas
Rural	Algumas centenas
Rural de fundo	1000 - 10000

Desta forma, em relação à área influenciada pelas ultrapassagens do VL+MT de PM_{10} em 2004, foi assumido um raio médio de 1,5 km para as estações de fundo suburbanas, tendo sido adoptado o mesmo valor de raio para a estação urbana de Ermesinde, dado que o seu comportamento se aproxima do perfil médio das restantes estações. À estação de fundo urbano de Centro de Lacticínios atribuiu-se um raio de 500 metros.

No que respeita às estações fundo/industrial de Perafita e Custóias, a gama de influência indicada na bibliografia (EEA, 1999) é muito baixa, pelo que não faz sentido o cálculo da área ou da população afectadas pela ultrapassagem ao valor limite nestas estações.

Relativamente às estações de tráfego, a estimativa da distância afectada pela ultrapassagem do valor limite realizou-se de acordo com o conhecimento local de cada uma das estações e do tipo de via rodoviária próximo de cada estação.

Na Figura 2.3 estão representadas as áreas de influência estimadas, para as ultrapassagens verificadas em 2004 nas estações da Região Norte.

⁶ Para efeitos do presente Plano de melhoria da qualidade do ar, considera-se a área de influência de uma dada estação como a sua área de representatividade, sendo esta a área dentro da qual a concentração não difere mais de 20% da concentração medida na estação.

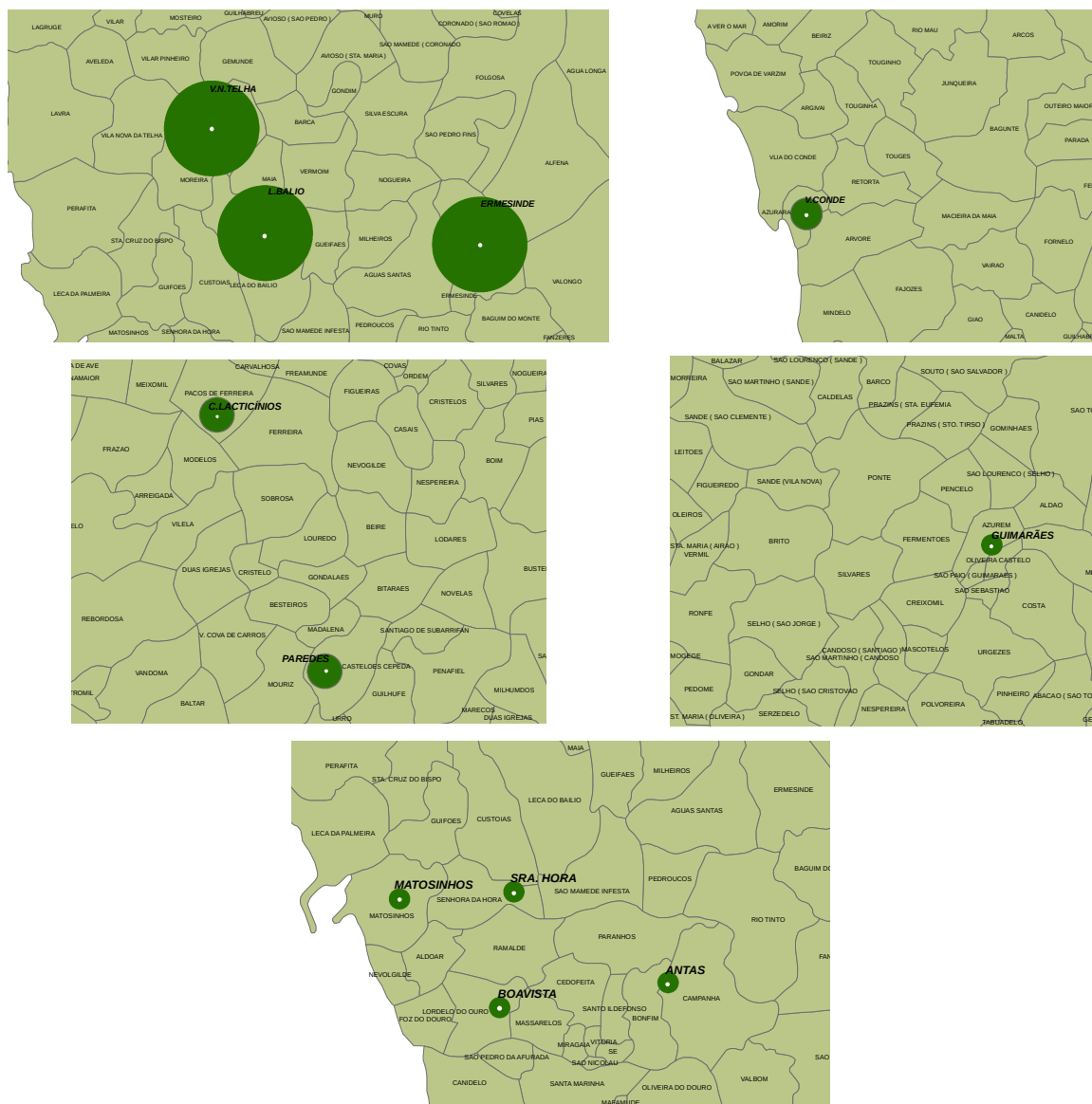


Figura 2.3 Representação da área afectada pela ultrapassagem do VL+MT de PM₁₀ em cada uma das estações da Região Norte em incumprimento durante o ano de 2004 (escala 1:67 000).

Para o cálculo da população recorreu-se aos dados do “Census 2001” (URL1), de acordo com a área e a distância estimadas, conforme o tipo de estações de que se tratava. No Quadro 2.12 são apresentados os valores da área e da população residente estimadas, para todas as estações em incumprimento do VL+MT de PM₁₀ em 2004.

Quadro 2.12 Estimativa da área e população afectadas pela ultrapassagem do VL+MT de PM₁₀ em 2004.

Aglomeração	Estação	Classificação	Raio de influência (km)	Área de influência (km ²)	População estimada (hab)
Porto Litoral	Leça do Balio	Suburbana fundo	1,5	7,07	14 838
	V. N. Telha				8 305
	Ermesinde	Urbana fundo	1,5	7,07	33 250
	Antas				1 335
	Boavista				1 829
	Matosinhos				1 502
	Sr. ^a da Hora				1 956
	V. Conde	Suburbana tráfego	0,5	0,79	787
Vale do Sousa	C. Lacticínios	Urbana fundo	0,5	0,79	660
	Paredes	Urbana tráfego	0,5	0,79	302
Vale do Sousa	Guimarães	Urbana tráfego	0,3	0,28	947

Em relação ao incumprimento do valor-alvo de O₃ previsto para 2010 nas estações da rede de monitorização da Região Norte, foi adoptada uma área de influência de 20 km² para as estações suburbanas de fundo e uma área de 5 km² para a estação urbana. A estação rural de fundo de Lamas D'Olo apresenta valores de ozono bastante elevados, acima das concentrações médias registadas nas restantes estações da Região Norte. Desta forma, estas concentrações poderão não ser representativas de uma área entre 1000 e 10000 km² em redor da estação, tal como previsto na legislação nacional. Esta estação está a ser alvo de estudos que pretendem determinar as causas para os elevados níveis de ozono nela registados, sendo o projecto FOTONET, em co-parceria com a Universidade de Aveiro, um deles. Assim, considera-se prematura a determinação da população afectada pelas concentrações de ozono medidas na estação de Lamas D'Olo, aplicando-se o mesmo critério para a estação de Senhora do Minho. No Quadro 2.13 apresenta-se uma estimativa da população afectada pelos níveis de ozono registados nas estações de Horto, C. Lacticínios e Calendário.

Quadro 2.13 Estimativa da área e população afectadas pela ultrapassagem do VA de O₃ em 2004 e 2005.

Aglomeração/ Zona	Estação	Classificação	Área de influência (km ²)	População estimada (hab)
Braga	Horto	Suburbana fundo	20	46 887
Vale do Sousa	C. Lacticínios	Urbana fundo	10	7 002
Vale do Ave	Calendário	Suburbana fundo	20	23 270
Norte Litoral	Sra. Minho	Rural fundo	-	-
Norte Interior	Lamas D'Olo	Rural fundo	-	-

A Figura 2.4 ilustra a área afectada pelas excedências ao nível alvo de ozono em 2004 e 2005, nas estações de Horto, Centro de Lacticínios e Calendário.

Deve salientar-se que a estimativa da população afectada pelas ultrapassagens dos limites de concentração de poluentes atmosféricos deve ser realizada no âmbito de análises mais aprofundadas de cada local específico, nomeadamente através de

campanhas de medição ou através de modelação. Os valores aqui apresentados devem ser interpretados como uma indicação da ordem de grandeza da população afectada pela poluição atmosférica.

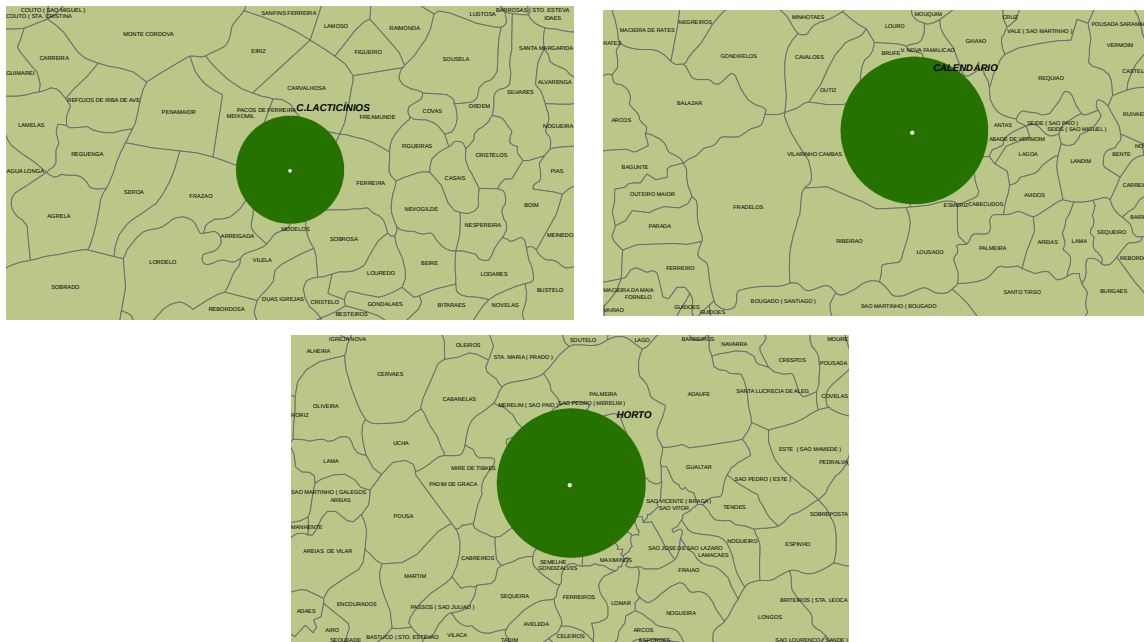


Figura 2.4 Representação da área afectada pela ultrapassagem do VA de O₃ nas estações de Centro de Lacticínios, Calendário e Horto (escala 1:67 000).

2.4 Estimativa dos níveis de fundo

A avaliação dos níveis de fundo, quer regional quer total, é fundamental para efeitos de modelação e para a identificação das causas de uma determinada ultrapassagem ao valor limite. A abordagem apresentada em relatórios anteriores (Borrego *et al.*, 2006a) mantém-se válida para o presente trabalho.

3. Avaliação fenomenológica das ultrapassagens aos parâmetros legais

3.1 Matéria particulada

A matéria particulada (PM) é constituída por partículas sólidas e/ou líquidas que entram na atmosfera, emitidas por uma variedade de fontes naturais e antropogénicas que influenciam as suas propriedades físicas (massa, tamanho, densidade...) e químicas. As partículas podem ser classificadas como primárias ou secundárias, de acordo com o seu mecanismo de formação. As partículas primárias são emitidas directamente para a atmosfera, ou são formadas no ar rapidamente por condensação de moléculas gasosas emitidas. As partículas secundárias são formadas na atmosfera por transformação química dos seus precursores.

A Figura 3.1 representa esquematicamente a emissão, dispersão e transporte de PM, destacando as suas diversas fontes e sumidouros. As zonas rurais e urbanas constituem importantes fontes de aerossóis antropogénicos e seus precursores. As partículas mais grosseiras emitidas nestes ambientes são removidas da atmosfera por sedimentação na proximidade da sua zona de emissão, enquanto as mais finas tendem a ser transportadas a longas distâncias. Assim, o tempo de residência na atmosfera varia entre algumas horas para as partículas maiores ($> 10 \mu\text{m}$) e alguns dias para as partículas finas ($< 10 \mu\text{m}$).

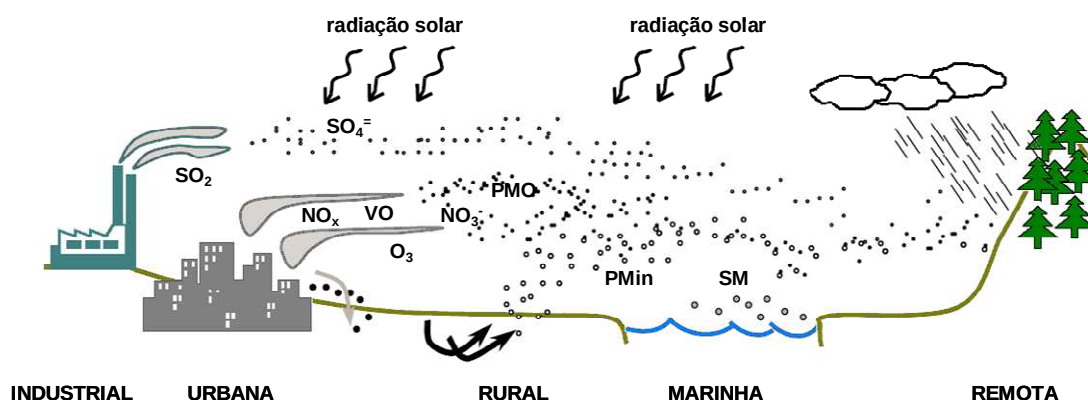


Figura 3.1 Fontes de emissão de PM naturais e antropogénicas, dispersão e transporte (VO: vapores orgânicos, PMO: PM orgânica, PMin: partículas minerais, SM: spray marinho) (adaptado de González, 2002).

3.1.1 Fontes de matéria particulada

As PM atmosféricas constituem um sistema multi-componente de diferentes espécies naturais e antropogénicas, de diferentes tamanhos. Os seus principais componentes são o sulfato, nitrato, amónia, sódio, cloro, carbono (orgânico e elementar), poeiras minerais e água. A predominância destes componentes químicos e a sua distribuição por tamanhos estão intimamente relacionadas com a sua origem e mecanismos de formação.

3.1.1.1 Fontes naturais

Uma fracção significativa da PM primária de origem natural é constituída por partículas minerais cuja composição química e mineralogia pode sofrer variações regionais em

função da geologia das áreas fonte. Em geral são constituídas por silicatos, carbonatos e, em quantidades menores, sulfato de cálcio e óxidos de ferro. Estas contribuições de poeiras minerais para as PM atmosféricas podem resultar de res-suspensão local de sólidos áridos ou de transporte a longas distâncias a partir de regiões áridas (González, 2002).

Outra fonte a ter em conta é o spray marinho, formado por acção do vento sobre a superfície do oceano, que apresenta dimensões grosseiras e é composto principalmente por cloreto de sódio e sulfatos. As fontes biogénicas de PM primária dão origem aos bio-aerossóis, constituídos por resíduos vegetais, pólen, esporos e, em menor quantidade, micro-organismos (González, 2002).

Os sulfatos, nitratos e aerossóis orgânicos são os constituintes principais da fracção secundária das PM de origem natural. Os sulfatos são formados por oxidação de gases sulfurosos (emitidos por vulcões); os nitratos são o produto final da oxidação dos óxidos de azoto, cuja fonte principal são a transpiração do solo e os relâmpagos. As fontes principais de precursores de aerossóis orgânicos secundários ocorrem em grandes zonas florestadas, onde quantidades significativas de vapores orgânicos, como o isopreno e o monopreno, são emitidas por transpiração das plantas (González, 2002).

Estudos realizados na última década demonstram que as emissões de origem natural têm um contributo não desprezável nos níveis de PM registados, podendo constituir uma parte significativa dos níveis de partículas medidos na Europa, mesmo em áreas urbanas. No Quadro 3.1 resumem-se os dados publicados por Querol *et al.* (2004) relativamente às fracções médias de PM₁₀ e PM_{2.5} de origem natural determinadas através de medições efectuadas em Espanha, em estações de tráfego, urbanas e rurais. Em termos quantitativos, os mesmos autores concluíram que em locais costeiros, o aerossol marinho pode atingir níveis médios de 7 µg.m⁻³. A matéria particulada de origem mineral natural pode atingir níveis médios entre 5 e 11 µg.m⁻³, em estações de tráfego e urbanas, respectivamente.

Quadro 3.1 Avaliação do contributo natural nos níveis de PM₁₀ e PM_{2.5} medidos em Espanha em vários tipos de estações de qualidade do ar.

Tipo de estação	Fracção de origem natural	
	PM ₁₀	PM _{2.5}
Tráfego	17%	11%
Urbanas de fundo	24%	16%
Rurais	38%	26%

Poeiras do Norte de África

A acção erosiva do vento sobre o solo em regiões áridas conduz à ressuspensão de partículas, sendo que as mais finas (< 10µm) poderão ser transportadas a longas distâncias, podendo viajar mais de 5 000 km (Seinfeld e Pandis, 1998).

De facto, uma das causas apontadas para a ocorrência de partículas de origem natural no Sul da Europa, e em particular na bacia do Mediterrâneo, tem sido a poeira transportada do Norte de África, provenientes dos desertos do Sahara e Sahel (Querol *et al.*, 1998; Hamonou *et al.*, 1999; González, 2002; Querol *et al.*, 2004; Rodriguez *et al.*, 2001). Um exemplo deste fenómeno pode ser observado na imagem de satélite do dia 28 de Fevereiro de 2000 (Figura 3.2), em que a nuvem de partículas com origem em África se estende pelo Atlântico, atingindo o território nacional.

Apesar de este tipo de situação ocorrer durante todo o ano, a sua frequência é menor nos meses de Novembro e Dezembro; geralmente regista-se maior intensidade de eventos em Fevereiro, Março e no Verão (CAFE, 2004).

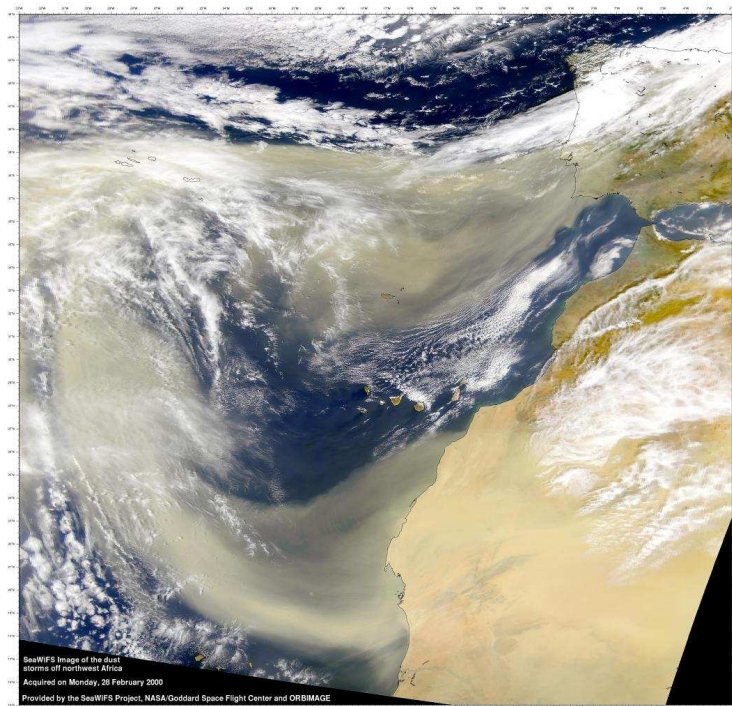


Figura 3.2 Imagem de satélite do dia 28 de Fevereiro de 2000 (URL 2).

Rodriguez *et al.* (2001) determinaram que as concentrações de poeiras minerais na região Este de Espanha durante episódios Africanos podem atingir contribuições na ordem dos 20-30 $\mu\text{g.m}^{-3}$ para as PM_{10} e 10 -15 $\mu\text{g.m}^{-3}$ para as $\text{PM}_{2.5}$.

Incêndios florestais

Em Portugal, tal como noutros países do Sul da Europa, o aumento da ocorrência, dimensão e intensidade de incêndios florestais nos últimos anos, tem vindo a gerar preocupação. A ocorrência de fogos florestais pode originar um aumento das concentrações de material particulado na atmosfera, uma vez que as partículas são um dos poluentes emitidos por este tipo de fontes (Miranda *et al.*, 2005a). Os fogos são também responsáveis pela emissão de outros poluentes como óxidos de azoto (NO_x), compostos orgânicos voláteis (COV), e amoníaco (NH_3), que podem ser precursores da formação de $\text{PM}_{2.5}$ secundário (Miranda *et al.* 2005b).

A Figura 3.3 apresenta o número de incêndios ocorridos em 2004, bem como a área ardida por distrito. O mês de Julho foi o mês onde se verificaram os maiores valores de área ardida, com 82 592 ha (69% do total ardido), constatando-se um menor número de ocorrências e de hectares ardidos em relação à média do último quinquénio (DGF, 2004).

Estudos já realizados em Portugal através da modelação numérica da dispersão do fumo emitido durante um incêndio, estimando os campos de concentração de poluentes resultantes, permitiram verificar a influência decisiva do fumo libertado na qualidade do ar (Miranda, 2004; Miranda *et al.*, 2005a; Martins *et al.*, 2004).

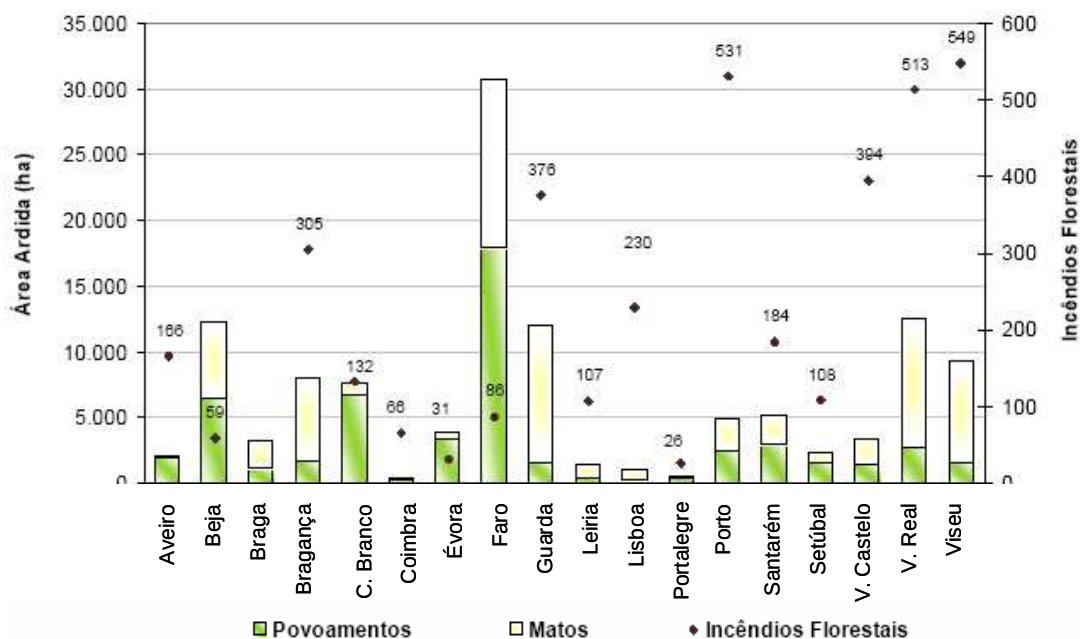


Figura 3.3 Número de incêndios ocorridos em Portugal, bem como área ardida por distrito, no ano 2004 (DGF, 2004)

3.1.1.2 Fontes antropogénicas

Em ambientes urbanos, as partículas primárias são emitidas como resultado de processos de combustão, nomeadamente os relacionados com o tráfego, com a emissão de partículas constituídas de carbono elementar e vários compostos orgânicos e inorgânicos. Para além disso, as partículas primárias resultam da erosão do pavimento pelo tráfego automóvel e da abrasão dos travões e pneus. As partículas geradas mecanicamente pelo tráfego automóvel são grosseiras, enquanto as partículas primárias emitidas pela exaustão dos veículos são finas (González, 2002).

As partículas na gama sub-micrométrica são emitidas tanto por motores diesel como a gasolina. As partículas geradas pelos motores diesel são geralmente maiores em quantidade e tamanho que as emitidas pelos motores a gasolina, resultando num factor de emissão de massa por veículo.km superior. A diferença de emissões entre motores diesel e a gasolina torna-se maior a velocidades mais baixas.

As actividades industriais tais como a construção, indústria cimenteira, indústria cerâmica e fundições constituem fontes típicas de partículas primárias (González, 2002). As partículas primárias associadas às emissões das fundições são maioritariamente partículas finas, uma vez que a maioria se forma por condensação de vapores quentes. As restantes fontes industriais emitem maioritariamente partículas minerais primárias de tamanho grosseiro, ocorrendo uma fracção importante destas na forma de emissões fugitivas, devido ao manuseamento de materiais pulverulentos.

As grandes áreas agrícolas e a queima de combustíveis fósseis e de biomassa são importantes fontes de vapores orgânicos, sendo estes precursores de aerossóis orgânicos secundários. Estes vapores são maioritariamente emitidos pela evaporação da gasolina (emissão fugitiva) e no processo de combustão. O aerossol orgânico é formado após oxidação do precursor gasoso, resultando na formação de matéria orgânica em partículas com tamanhos na gama $<1 \mu\text{m}$ a $10 \mu\text{m}$, com um máximo de partículas na gama fina (González, 2002).

3.1.2 Identificação e caracterização dos episódios

De acordo com o DL 111/2002, podem identificar-se zonas ou aglomerações nas quais os VL de PM_{10} (Quadro 2.3) são excedidos devido a concentrações no ar ambiente causadas por eventos naturais ou pela ressuspensão de partículas em consequência da colocação de areia nas estradas durante o Inverno. Os Planos e Programas só serão executados quando os valores limite forem excedidos devido a concentrações que não resultem destes fenómenos.

É por isso fundamental verificar se ocorreram ultrapassagens aos VL provocadas por eventos naturais e se, depois de descontadas essas ultrapassagens, o incumprimento dos valores legislados se mantém.

3.1.2.1 Metodologia e ferramentas

No presente relatório são analisados dois tipos de eventos naturais: o transporte de poeiras com origem nos desertos Africanos e a emissão de matéria particulada com origem nos grandes incêndios florestais (> 100 ha). Para identificar a contribuição deste tipo de eventos na ocorrência de ultrapassagens aos VL, foram aplicadas diferentes ferramentas, que se passam a descrever.

Modelo DREAM

O modelo DREAM (*Dust REgional Atmospheric Model*) foi desenvolvido pelo *Euro-Mediterranean Centre on Insular Coastal Dynamics* da Universidade de Malta com o objectivo de descrever correctamente o ciclo de vida atmosférico das partículas resultantes da acção erosiva dos ventos sobre os desertos Africanos (Nickovic *et al.*, 2001). Baseia-se no sistema de modelação SKIRON/Eta e no modelo atmosférico regional Eta/NCEP. Os módulos do sistema incorporam parametrizações das principais fases do ciclo de vida das partículas, tais como a produção, difusão, advecção e remoção; são também considerados os efeitos da distribuição por tamanhos na dispersão dos aerossóis.

O desempenho do sistema tem sido testado para vários episódios de tempestades de poeiras, em vários locais e com diferentes resoluções espaciais. O sistema funciona operacionalmente, fornecendo o valor do índice de aerossóis ($g.m^{-2}$) para a região do Mediterrâneo; os resultados estão disponíveis na Internet (URL3). A título de exemplo, é apresentado na Figura 3.4 o resultado do modelo DREAM para o dia 25 de Julho de 2004, sendo visível a contribuição dos aerossóis com origem em África para os níveis de PM_{10} registados nas estações nacionais de qualidade do ar.

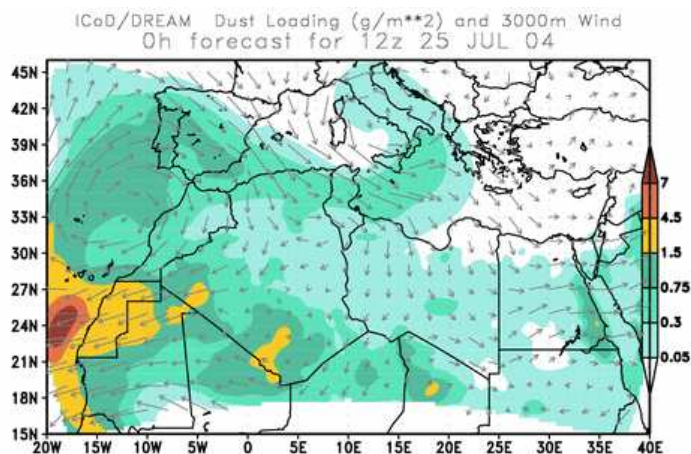


Figura 3.4 Índice de aerossóis ($g.m^{-2}$) fornecido pelo modelo DREAM para o dia 25 de Julho de 2004 (URL3)

A utilização deste modelo permite analisar qual a distribuição do índice de aerossóis sobre o território nacional e identificar a contribuição das tempestades de poeiras com origem nos desertos africanos nos dias em que se tenham verificado ultrapassagens ao VL das partículas.

Índice de Aerossóis NASA-TOMS

Como complemento à informação proveniente do modelo DREAM, será também analisado o índice de aerossóis fornecido pela NASA-TOMS (*Total Ozone Mapping Spectrometer*) (URL4).

A título de exemplo, é apresentado na Figura 3.5 o índice de aerossóis NASA-TOMS para o dia 25 de Julho de 2004, sendo mais uma vez visível a nuvem de poeiras com origem em África sobre o território nacional.

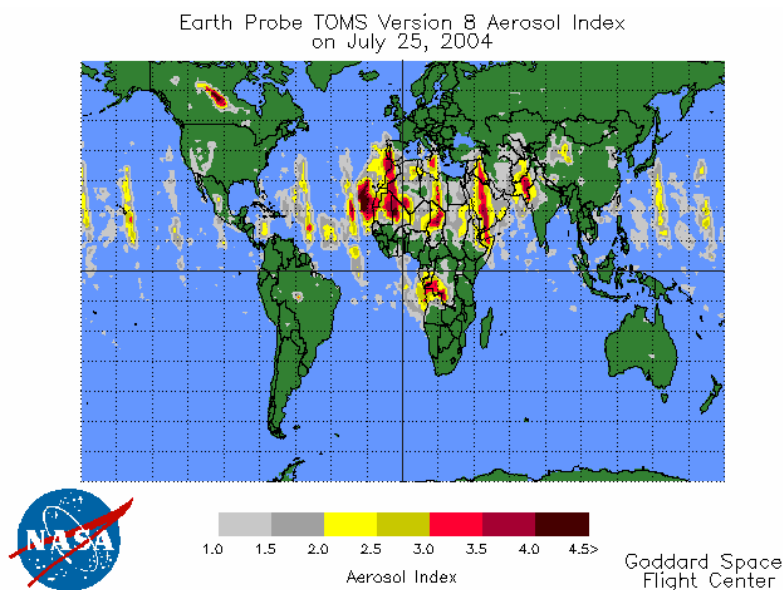


Figura 3.5 Índice de aerossóis NASA-TOMS para o dia 25 de Julho de 2004 (URL4).

Modelo HYSPLIT

O modelo HYSPLIT (*HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory model*), desenvolvido pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dos Estados Unidos, é um sistema que calcula trajectórias e campos de dispersão e deposição de partículas e gases (Draxler *et al.*, 2005). O modelo usa dados meteorológicos em grelha, resultantes de análise ou de modelos meteorológicos de previsão e encontra-se disponível on-line, sendo de aplicação simples (URL5).

No presente estudo, o HYSPLIT será utilizado para calcular as retro-trajectórias de partículas de ar de modo a determinar a sua origem. O modelo será aplicado para altitudes de massas de ar de 750, 1500 e 2500 metros e para um período de 5 a 10 dias, no caso de suspeita de transporte a partir dos desertos Africanos, de acordo com a literatura (González, 2002), e 250, 500 e 750 metros e para um período de 1 a 2 dias, no caso de ocorrência de incêndios florestais. De notar que o erro associado ao cálculo das retro-trajectórias pode variar entre 15 e 30% da distância percorrida pelas massas de ar (URL 5).

A título de exemplo, é apresentado na Figura 3.6 o resultado do modelo HYSPLIT para o dia 25 de Julho de 2004, sendo bastante provável a influência de massas de ar vindas do Norte de África sobre Portugal.

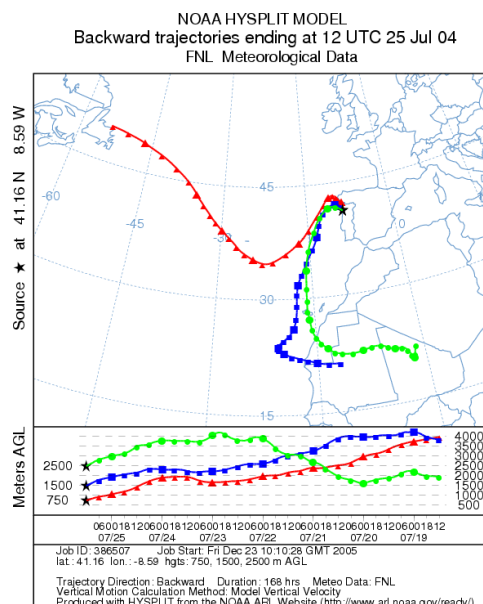


Figura 3.6 Retro-trajectórias calculadas pelo modelo Hysplit para o dia 25 de Julho de 2004 (URL5).

Relatório incêndios florestais

Paralelamente às ferramentas anteriormente descritas, foi consultado o relatório da Direcção Geral de Florestas relativo aos incêndios florestais de 2004 (DGF, 2004), verificando-se a ocorrência ou não de fogos de grandes dimensões (> 100 ha) nos dias das excedências ou nos dias anteriores às mesmas.

3.1.2.2 Caracterização dos episódios

Efectuou-se uma análise dos dias em que se verificaram ultrapassagens ao VL diário de PM_{10} em três ou mais estações simultaneamente durante o ano de 2004. A estes períodos foi aplicada a metodologia descrita no ponto anterior, o que permitiu classificar os episódios em três tipos:

- Origem natural – desertos: episódios com contribuição do transporte de poeiras com origem nos desertos africanos;
- Origem natural – incêndios: episódios com contribuição do transporte de poeiras com origem em incêndios florestais;
- Antropogénico: episódios sem contribuição significativa de fenómenos naturais, atribuídos por isso a emissões antropogénicas.

No Quadro 3.2 apresentam-se os episódios de ultrapassagem identificados, as estações em que o VL foi ultrapassado e a classificação dos episódios. No anexo A apresentam-se tabelas com a caracterização dos episódios com maior detalhe.

A análise efectuada permitiu concluir que, no ano de 2004, os eventos naturais (desertos e incêndios) estiveram presentes em 18% dos dias em que ocorreram ultrapassagem ao VL diário das PM_{10} simultaneamente em 3 ou mais estações de qualidade do ar, observando-se uma diminuição face aos valores obtidos em anos anteriores (88%, 35% e 36% para 2001, 2002 e 2003).

Quadro 3.2: Caracterização dos episódios de ultrapassagem ao VL diário de PM₁₀ + MT em 2004

Episódio	Estações em que o VL foi ultrapassado	Origem do episódio
4 Jan 04	C, LB, ER, VC	Antropogénico
6 Jan 04	PER, VC	Antropogénico
15-16 Jan 04	LB, M, PER, SH, BOA, VC, PAR	Antropogénico
19-24 Jan 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR	Antropogénico
29 Jan 04	BOA, VC, PAR	Antropogénico
3-8 Fev 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR	Dias 3, 4 e 5: Antropogénico Dias 6, 7, 8: Natural – desertos
10-18 Fev 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR	Antropogénico
3 Mar 04	PER, A, ER, VC	Antropogénico
5 Mar 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, PAR	Natural – desertos
9 Mar 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, PAR	Natural – desertos
15-17 Mar 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR	Dia 15: Antropogénico Dias 16 e 17: Natural – incêndios
20 Mar 04	BOA, VC, PAR	Antropogénico
6-7 Abr 04	C, LB, M, SH, BOA, ER, VC	Antropogénico
15-16 Abr 04	M, A, BOA, VC, GMR	Antropogénico
25-28 Abr 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, PAR, GMR	Dia 25: Antropogénico Dias 26 a 28: Natural – incêndios
12 Mai 04	C, M, BOA, GMR	Antropogénico
14-15 Mai 04	C, M, BOA, VC, GMR	Antropogénico
17-19 Mai 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, BOA, ER, VC, CL, GMR	Dias 17 e 18: Antropogénico Dia 19: Natural – incêndios
21 Mai 04	BOA, PAR, GMR	Dia 21 Natural – desertos
27 Mai 04	BOA, PAR, GMR	Antropogénico
2-3 Jun 04	VNT, C, LB, M, SH, A, BOA, VC	Antropogénico
12-18 Jun 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	Dias 12-14, 16-18: Antropogénico Dia 15: Natural – incêndios
28 Jun-2 Jul 04	VNT, C, LB, M, A, BOA, ER, VC, PAR, GMR	Dias 28-2: Antropogénico
5-6 Jul 04	M, BOA, VC, PAR, GMR	Antropogénico
13-16 Jul 04	VNT, C, LB, M, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	Dias 13 e 16: Antropogénico. Dias 14-15: Natural – incêndios
24-28 Jul 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, CL, PAR, GMR	Dias 24: Natural – desertos Dias 25-27: Natural – desertos e incêndios Dia 28: Antropogénico.
31 Jul – 1 Ag 04	C, LB, M, SH, A, BOA, ER, CL, PAR, GMR	Antropogénico
26-27 Ag 04	M, A, BOA, VC	Antropogénico
3 Set 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC	Dia 3: Antropogénico
20 Set-4 Out 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	Dias 26 e 27: Natural – incêndios Outros dias: Antropogénico
7 e 8 Out 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC	Se não houver fogos: Dia 7: Natural – desertos Dia 8: Antropogénico
13 Nov	C, LB, M, SH, ER, VC, PAR	Se não houver fogos: Antropogénico
17-20 Nov	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	Se não houver fogos: Antropogénico
23-26 Nov	VNT, C, LB, M, PER, SH, BOA, ER, VC, PAR, GMR	Se não houver fogos: Antropogénico
3 Dez	C, PAR, GMR	Se não houver fogos: Antropogénico
7-10 Dez	C, LB, SH, ER, VC, PAR, GMR	Se não houver fogos: Antropogénico
15-17 Dez	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	Se não houver fogos: Antropogénico
23 e 24 Dez	C, LB, M, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	Se não houver fogos: Antropogénico
30 e 31 Dez	C, LB, ER, VC, PAR, GMR	Se não houver fogos: Antropogénico

(ANT - Antas, BOA - Boavista, CL - Centro de Lacticínios, CUS - Custóias, ERM - Ermesinde, GMR - Guimarães, LB - Leça do Balio, SH - Senhora da Hora, PAR - Paredes, PER - Perafita, VC - Vila do Conde, VNT- Vila Nova da Telha, MAT – Matosinhos)

Pela análise do Quadro 3.3 pode verificar-se que, mesmo descontados os episódios naturais em cada uma das estações em incumprimento, continua a verificar-se um número de excedências ao VL diário+MT de PM₁₀ superior ao legislado (35), com excepção da estação de fundo de Centro de Lacticínios. Esta estação passa a ser

considerada como em cumprimento dos parâmetros legais definidos para as PM₁₀, no âmbito do presente Plano de melhoria da qualidade do ar.

Quadro 3.3: Número de dias de incumprimento do VL diário+MT de PM₁₀ em 2004 por causa antropogénica.

Aglomeração	Estação	Nº dias de incumprimento	Nº dias de causa natural	Nº de dias de causa antropogénica
Porto Litoral	Antas	68	15	53
	Boavista	120	17	103
	Custóias	92	18	74
	Ermesinde	62	11	51
	Leça Balio	64	16	48
	Sra. Hora	64	15	49
	Perafita	62	12	49
	V. Conde	127	18	109
	V.N. Telha	57	15	42
	Matosinhos	84	16	68
Vale do Sousa	C. Lacticínios	45	12	33
	Paredes	80	11	69
Vale do Ave	Guimarães	67	9	58

A título de exemplo, apresenta-se de seguida a análise dos episódios que tiveram lugar entre 17 e 21 de Maio de 2004, com dias de ultrapassagem ao VL de cada tipo identificado: origem natural (desertos; incêndios); origem antropogénica.

Episódio 17 – 19 e 21 de Maio de 2004

17 e 18 de Maio: Antropogénico

A análise do índice de aerossóis obtido através do modelo DREAM (Figura 3.7) e através da NASA-TOMS (Figura 3.8), para os dias 17 e 18 de Maio de 2004 revela que, apesar da existência de transporte de poeiras com origem nos desertos africanos, a nuvem de aerossóis não atinge o Norte do País, nomeadamente as aglomerações Porto Litoral e Vale do Sousa. Esta informação é confirmada pelas retro-trajectórias, (Figura 3.9) que mostram que as massas de ar às altitudes de 750, 1500 e 2500 metros que atingem a Região Norte nos dias 17 e 18 de Maio têm origem a Norte do território nacional.

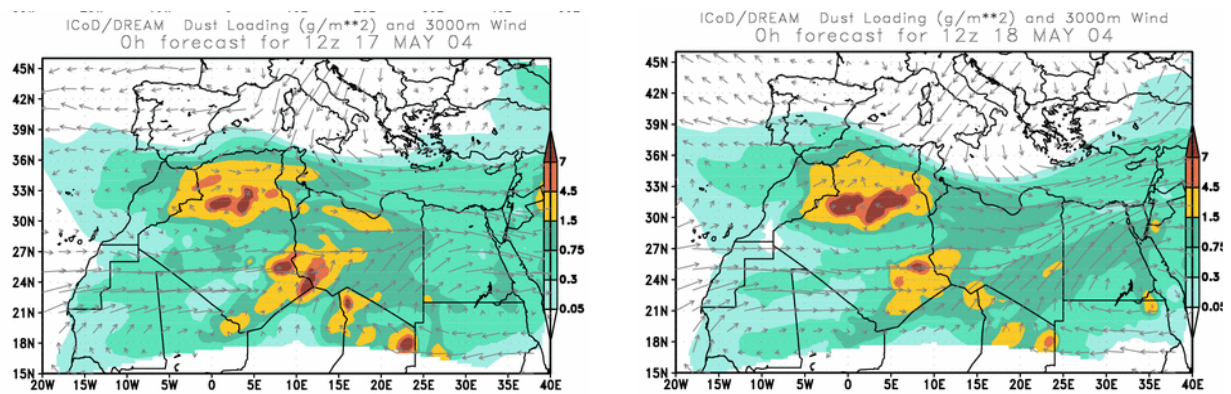


Figura 3.7 Índice de aerossóis fornecido pelo modelo DREAM para os dias 17 e 18 de Maio de 2004 (URL 3)

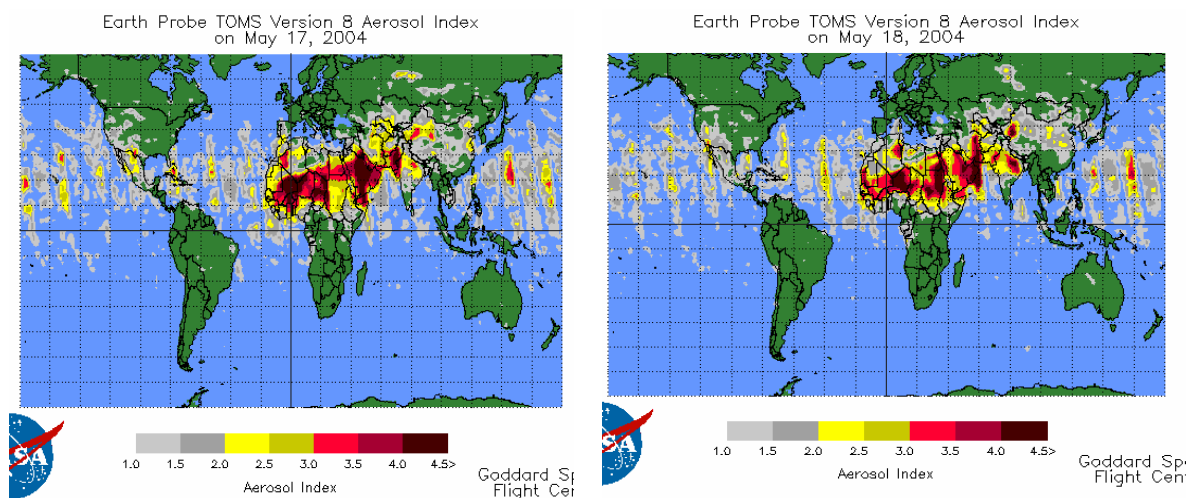


Figura 3.8 Índice de aerossóis NASA-TOMS para os dias 17 e 18 de Maio de 2004 (URL 4).

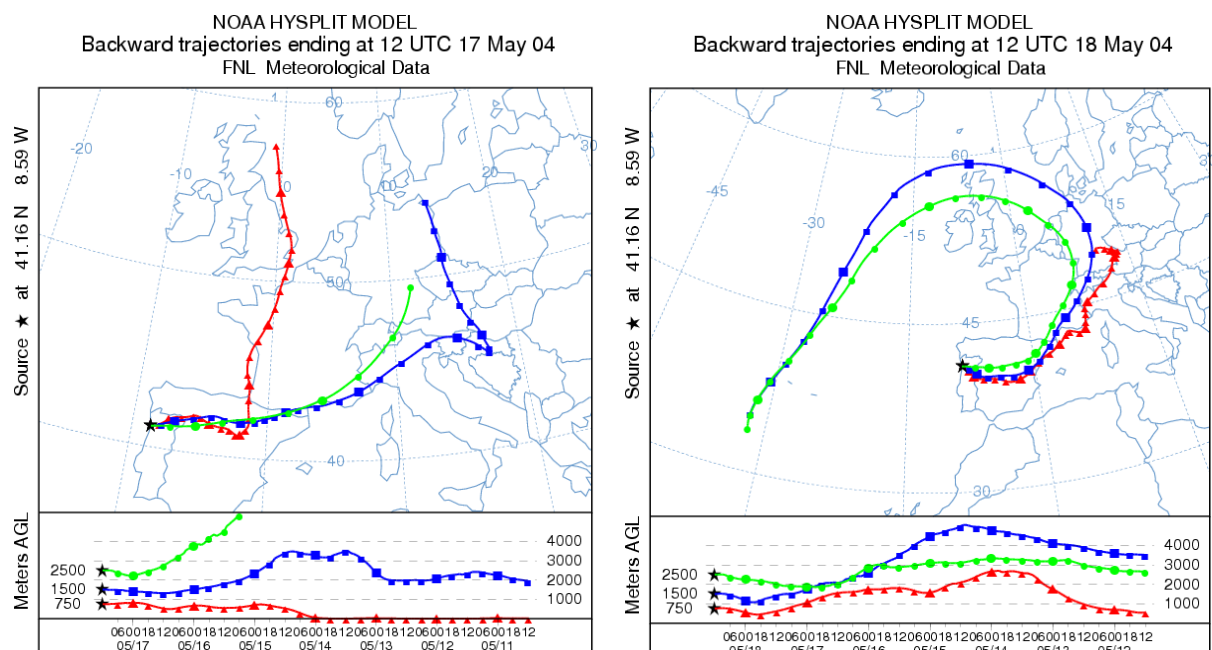


Figura 3.9 Retro-trajectórias obtidas para altitudes de 750, 1500 e 2500 m para os dias 17 e 18 de Maio de 2004 (URL 5).

Assim se conclui que a ultrapassagem do VL diário nas estações do Porto Litoral e Vale do Sousa nestes dias não é justificada por eventos naturais, sendo por isso a sua origem atribuída a factores antropogénicos.

19 Maio: Origem natural – incêndios

Foi analisado o índice de aerossóis obtido através do modelo DREAM para o dia 19 de Maio (Figura 3.10). Desta observação concluiu-se que houve transporte de poeiras com origem nos desertos africanos para Portugal Continental, não tendo sido atingida a totalidade da Região Norte.

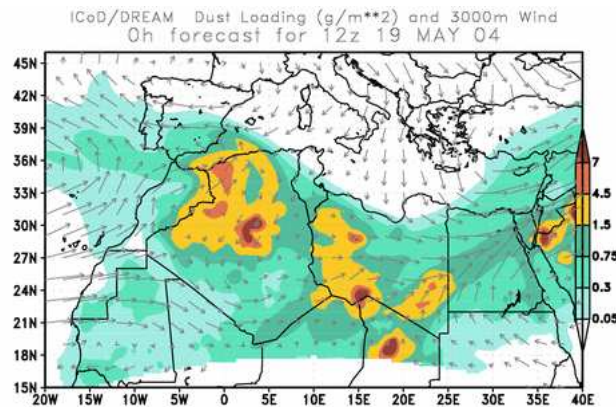


Figura 3.10 Índice de aerossóis fornecidos pelo modelo DREAM para o dia 19 de Maio de 2004 (URL 3)

Foi também observado o índice NASA/TOMS, cuja representação se encontra na Figura 3.11. Da mesma forma se conclui que, apesar de haver transporte de poeiras africanas sobre Portugal, não é atingida a totalidade da Região Norte.

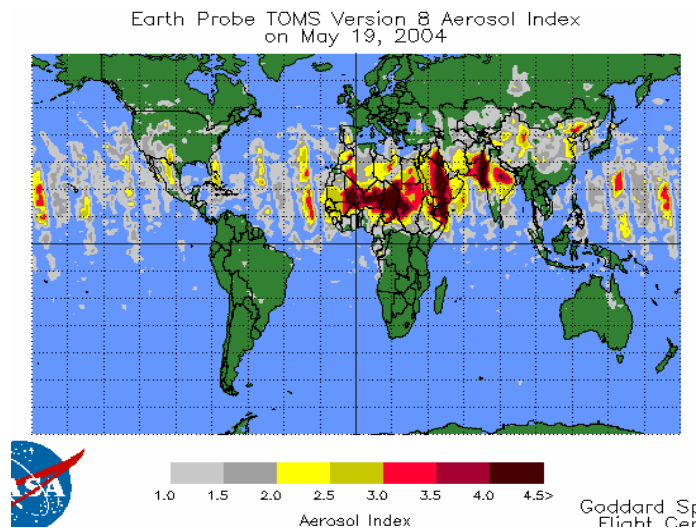


Figura 3.11 Índice de aerossóis NASA/TOMS para o dia 19 de Maio de 2004 (URL 4).

No dia 19 de Maio registou-se um grande incêndio no distrito de Castelo Branco, pelo que, através da determinação das retro-trajectórias a 250, 500 e 750 metros, foi averiguada a possível influência daquele nos níveis de PM_{10} registados (Figura 3.12). Concluiu-se desta análise, que as massas de ar provenientes de Castelo Branco pairam sobre a Região Norte, pelo que se considera ter havido influência do incêndio referido na ultrapassagem do VL de PM_{10} registada nesse dia.

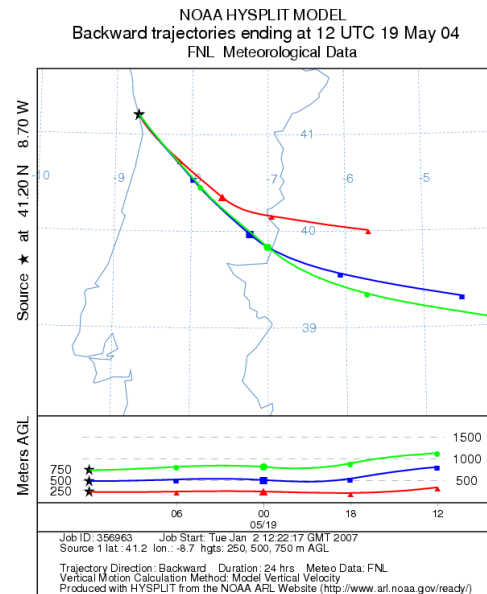


Figura 3.12 Retro-trajectórias obtidas para as altitudes de 250, 500 e 750 metros para o dia 19 de Maio de 2004 (URL 5).

21 de Maio: Origem natural – desertos

Foi analisado o índice de aerossóis fornecido pelo modelo DREAM para o dia 21 de Maio de 2004, que indica que houve transporte de poeiras dos desertos africanos sobre a Região Norte nesse dia (Figura 3.13).

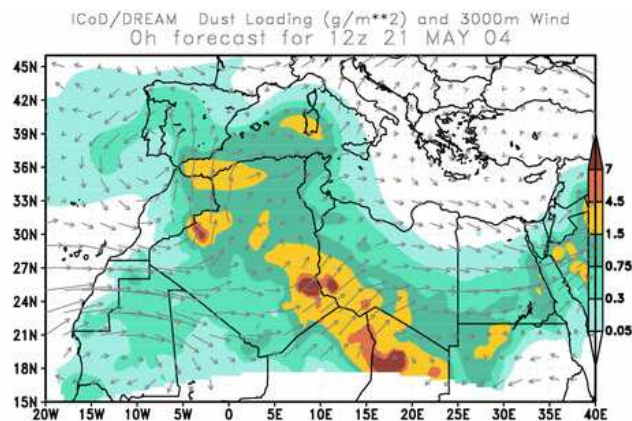


Figura 3.13 Índice de aerossóis fornecidos pelo modelo DREAM para o dia 21 de Maio de 2004 (URL 3).

A mesma conclusão se retira aquando da análise do índice de aerossóis NASA/TOMS (Figura 3.14).

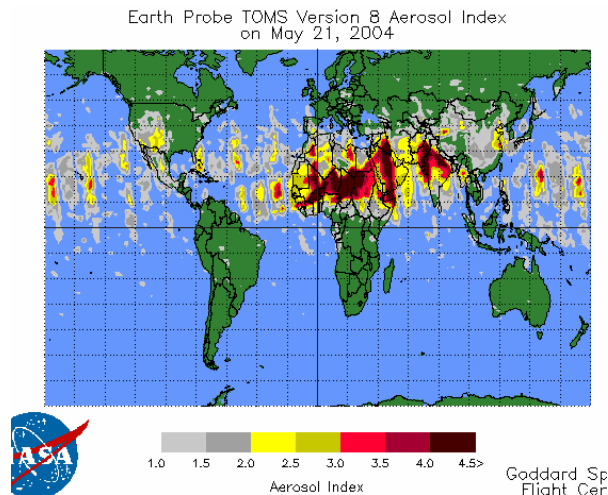


Figura 3.14 Índice de aerossóis NASA/TOMS para o dia 20 de Maio de 2004 (URL 4).

Analisando as retro-trajectórias calculadas para as alturas de 750, 1500 e 2500 metros, constata-se que as massas de ar provinham do Norte de África (Figura 3.15), justificando-se, assim, a classificação deste episódio como natural.

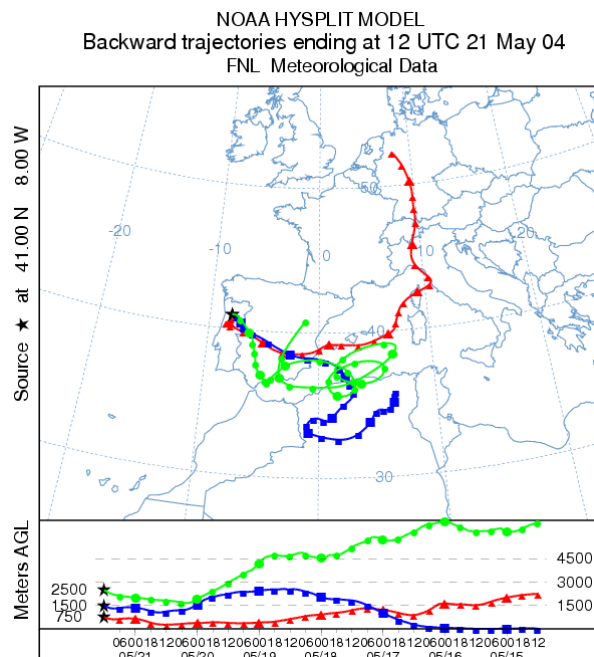


Figura 3.15 Retro-trajectórias obtidas para as alturas de 750, 1500 e 2500 metros para o dia 20 de Maio de 2004 (URL 5).

3.2 Ozono

O ozono (O_3) é um gás incolor (apresentando-se com cor azul-escuro quando em estado líquido), cujas moléculas são formadas por três átomos de oxigénio. Está presente, sob a forma gasosa, na troposfera, constituindo uma pequena fracção desta. A maior parte do ozono (cerca de 90% do total existente na atmosfera) encontra-se na estratosfera, a uma altitude entre os 15 e os 50 km acima da superfície da Terra, com uma forte concentração a cerca de 25 km, constituindo o que se convencionou chamar “camada de ozono”. Aqui, este é um constituinte natural, desempenhando um papel primordial para a existência de vida no planeta – serve de filtro à radiação solar ultra-

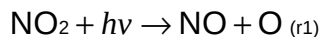
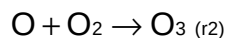
-violeta. O restante existe na troposfera, onde, pelo contrário, os seus efeitos são prejudiciais.

Os efeitos negativos do ozono troposférico devem-se à sua característica oxidante. Assim, a sua inalação é responsável por danos na saúde humana ao nível dos olhos, nariz, garganta (irritação), cabeça (dores e tonturas) e vias respiratórias (dores no peito, tosse, oxidação de alvéolos pulmonares e brônquios). A actividade física no exterior pode potenciar os seus efeitos nocivos, uma vez que conduz ao aumento do volume de ar inalado (Borrego *et al.*, 2005).

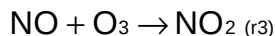
Ao nível da vegetação, o ozono é responsável por danos nas folhas de plantas como a planta do tabaco, o tomateiro ou o trevo, dado que reduz a actividade fotossintética. O ozono está ainda relacionado com a degradação de materiais como borrachas, têxteis e pinturas. O IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) classifica o ozono como um gás de estufa, com papel preponderante nas alterações climáticas após o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄) (Derwent *et al.*, 2002).

O ozono troposférico é um poluente fotoquímico secundário, isto é, a sua origem deve-se a reacções fotoquímicas de compostos precursores, dos quais os principais representantes são o NO_x (óxidos de azoto) e os COV (compostos orgânicos voláteis).

O mecanismo de formação do ozono troposférico depende fundamentalmente da presença da luz solar que provoca a dissociação das moléculas de oxigénio, cujos átomos reagem posteriormente com moléculas do mesmo composto, originando O₃. A base para a sua formação é a fotólise do dióxido de azoto (NO₂), com consequente formação de um átomo de oxigénio, que reage com uma molécula de oxigénio, tal como esquematizado de seguida.



Normalmente, esta sequência é contrabalançada pela reacção do monóxido de azoto (NO) com o ozono, como demonstra a reacção seguinte:



Atinge-se desta forma um equilíbrio de formação–destruição de ozono, perturbado, no entanto, por duas situações distintas:

- A remoção de O₃ como resultado da reacção com o NO durante a noite, durante o Inverno ou na proximidade de grandes fontes pontuais: nos dois primeiros casos, a remoção líquida de ozono ocorre devido às taxas nula e baixa de foto-dissociação, respectivamente durante a noite e a estação fria; no terceiro caso, porque as concentrações de NO nas plumas provenientes de grandes fontes pontuais são geralmente elevadas.
- A formação de O₃ associada com a química diurna NO_x-COV-CO: a existência de reacções sequenciais entre estas três espécies resulta na conversão de NO a NO₂ através de processos que não incluem a destruição de ozono (ao contrário do que acontece na r3). De seguida, o NO₂ sofre foto-dissociação, o que resulta em O₃ adicional (r1). Estas sequências normalmente são iniciadas por reacções dos hidrocarbonetos com o radical hidroxilo (OH) (Sillman, 1999).

3.2.1 Fontes de precursores de ozono

De entre os precursores de ozono, os mais significativos são o NO_x e os COVNM (compostos orgânicos voláteis não metano). No entanto, também o metano (CH₄) e o monóxido de carbono (CO) são gases preponderantes nos níveis de O₃ registados, uma vez que competem pelo radical hidroxilo (OH), influenciando posteriormente a quantidade de NO_x disponível para a formação de O₃ (Borrego *et al.*, 2006b).

A fonte primordial de óxidos de azoto é a queima de combustíveis fósseis, mas também podem ter origem em fontes naturais, como as descargas eléctricas na atmosfera ou transformações microbianas.

Os COV são emitidos por uma vasta gama de actividades humanas, incluindo a queima de combustíveis fósseis, a evaporação de gasolina e solventes e a indústria química. A vegetação terrestre constitui também uma ampla fonte natural de hidrocarbonetos (Mauzerall *et al.*, 2004). Os hidrocarbonetos biogénicos são emitidos maioritariamente por árvores de folha caduca, sendo o isopreno (C_5H_8) o composto com maior impacto na formação de ozono em áreas urbanas. A reactividade dos COV naturais é maior do que a da maioria dos COV antropogénicos, pelo que a contribuição dos primeiros, mesmo emitidos em menor quantidade em áreas urbanas, não deve ser desprezada (Sillman, 1999). De facto, segundo Evtugina *et al.* (2007), que estudou as concentrações de COV no Parque Natural do Alvão (onde se localiza a estação de monitorização de Lamas D'Olo), os compostos de origem biogénica (isopreno e monoterpenos) representaram um potencial para a produção de ozono à superfície muito superior relativamente aos outros compostos, mesmo apresentando estes concentrações mais significativas.

Existem evidências que apontam para uma contribuição importante de fenómenos de transferência de ozono da estratosfera para a troposfera, ocorrendo a mistura ocasional destas duas camadas através de processos dinâmicos. Apesar de em Portugal as quantificações deste fluxo não existirem, parece haver indicação que o transporte de ozono por este meio seja bastante importante. De um modo geral, estima-se que a contribuição deste fenómeno represente cerca de 20% do total de ozono produzido fotoquimicamente (Carvalho, 2006).

Carvalho (2006) analisou episódios de excedências do limiar de informação de ozono ($180 \mu g.m^{-3}$ em média horária) em estações situadas em Portugal, recorrendo, para identificar episódios de intrusão de massas de ar estratosférico, a uma análise às condições meteorológicas, sinópticas e fotoquímicas, através da aplicação integrada de modelação numérica.

Finalmente, deve também ser considerada a contribuição do transporte de longa distância de compostos precursores e mesmo de ozono. Esse transporte é realizado às escalas regional, internacional e intercontinental. Um dos exemplos é o transporte de poluentes da América do Norte, com influência sobre o Atlântico Norte, incluindo Portugal. Creilson *et al.* (2003), afirmam que a região oeste da Europa sofre influência da poluição produzida nos Estados Unidos durante a Primavera (Março a Maio), em que a Oscilação do Atlântico Norte (OAN)⁷ se encontra em fase positiva. Esta fase positiva da OAN conduz a um aumento dos ventos de oeste sobre o Atlântico Norte, conduzindo ao transporte de poluição para a Europa. Segundo o estudo realizado no Parque Natural do Alvão (mencionado anteriormente), existe evidência do transporte de COV do Norte e Noroeste de Espanha para a área de influência da estação de Lamas D'Olo no período amostrado, sendo o transporte do Sul de Portugal responsável pelo dia em que se verificaram as maiores concentrações de COV na estação.

A análise da intrusão de massas de ar estratosférico e do transporte de longas distâncias de ozono e seus precursores não faz parte dos objectivos do presente trabalho, pelo que se propõe o seu estudo posterior, realçando-se a importância deste tipo de exercício na definição de estratégias de combate à poluição fotoquímica.

⁷ **OAN:** fenómeno climático do Oceano Atlântico Norte caracterizado por flutuações na pressão ao nível do mar, que controla a força e a direcção dos ventos de oeste e o percurso das tempestades.

4. Cenários e medidas adicionais

O estabelecimento de medidas com vista a serem atingidos os valores-limite de concentração dos vários poluentes, nas datas de cumprimento definidas, não deve ser um acto isolado, sendo determinante para o sucesso da sua aplicação a interacção de uma forma integrada com medidas já definidas. Efectivamente, encontra-se já estabelecido um conjunto de medidas que, no âmbito de outras estratégias, influenciam a qualidade do ar e consequentemente contribuem para o cumprimento dos valores-limite estipulados.

No contexto das actuais políticas destacam-se o Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), o Programa para os Tectos de Emissão Nacional (PTEN) e a Prevenção e Controlo Integrados de Poluição (PCIP). No Quadro 4.1 resumem-se alguns dos instrumentos europeus e nacionais em curso que abrangem, directa ou indirectamente, as partículas e os precursores de ozono e as datas de cumprimento dos objectivos estabelecidos.

Quadro 4.1 Instrumentos europeus e nacionais em curso (Boavida, F., *et al.*, 2004)

INSTRUMENTOS DE POLÍTICA COMUNITÁRIA	INSTRUMENTOS NACIONAIS DE POLÍTICA	DATAS
DIRECTIVAS COMUNITÁRIAS	INSTRUMENTOS REGULAMENTARES	
	Portaria 286/93	Em vigor
Directiva PCIP (96/61/CE) – as instalações abrangidas devem obter, como condição essencial para a sua operação, uma licença ambiental integrada. O nível de desempenho ambiental exigido baseia-se na utilização das Melhores Técnicas Disponíveis	Decreto-Lei 194/2000 (PCIP)	2007 - inst.existentes em vigor - novas
Directiva 98/69/CE – controlo das emissões dos veículos a motor		EURO III – 2000 EURO IV – 2005 EURO V – 2008
Directiva GIC (2001/80/CE) – Controlo das emissões de poluentes atmosféricos das instalações > 50 MW	Decreto-Lei 178/2003 (GIC)	2008 - inst.existentes em vigor - novas
Directiva E-FRE (2001/77/CE) – Promoção da produção de electricidade a partir de fontes renováveis de energia		39% em 2010
Directivas 97/68/CE e 2001/63/CE – medidas a tomar contra a emissão de poluentes gasosos e partículas provenientes de motores de combustão interna a instalar em máquinas móveis não rodoviárias	Decreto-Lei 432/99 e Decreto-Lei 202/2002	Em vigor
Directivas 97/24/CE e 2002/51/CE – redução das emissões de veículos a motor de 2 e 3 rodas		
OUTROS INSTRUMENTOS	OUTROS INSTRUMENTOS DE POLÍTICA	DATAS
Acordo de Partilha de Responsabilidades (Protocolo Quioto); Programa Europeu para Alterações Climáticas (PEAC) e no seu âmbito o Comércio Europeu de Emissões de Gases com Efeito de Estufa	Programa Nacional para as Alterações Climáticas	2008 - 2012
	Plano Nacional de Redução das Emissões das GIC	2008

As autarquias detêm um papel importante na implementação de políticas e medidas bem como na sensibilização da população e das pequenas e médias empresas, pois são órgãos de poder mais próximos daquelas, podendo à escala local produzir alterações significativas. Neste contexto, os planos desenvolvidos no âmbito de iniciativas ligadas às Agendas 21 Locais e Planos Municipais de Ambiente são instrumentos importantes a ter em conta na elaboração dos PPar.

A modelação numérica para a avaliação da qualidade do ar constitui uma ferramenta particularmente útil pois permite fornecer estimativas de concentrações de poluentes em áreas não monitorizadas pelas estações de qualidade do ar, como é o caso de muitos dos concelhos da região Norte. No presente estudo esta ferramenta será utilizada para averiguar se as medidas em curso (cenário base) são suficientes para garantir o cumprimento do VL diário para as PM₁₀ na data estipulada, ou se serão necessárias medidas adicionais (cenário de redução).

Relativamente às emissões, será usado o último inventário de emissões disponível (IA, 2005), que se reporta ao ano de 2003. As fontes em área encontram-se divididas num conjunto de sectores de actividade, agrupados nas seguintes categorias: combustão residencial e comercial; combustão industrial e produção de energia; processos de produção; transportes rodoviários e outras fontes móveis; extracção e distribuição de combustíveis; uso de solventes; tratamento e deposição de resíduos; e agricultura. O inventário nacional contém as emissões dos principais poluentes por concelho, pelo que foi necessário desagregá-lo por freguesia, usando como factor de desagregação a população, e depois adaptá-lo para os domínios de simulação considerados. A grelha de emissões utilizada tem resolução de 2400×2400 metros.

É feita também uma análise dos custos de implementação de medidas adicionais, recorrendo a estimativas com base em pesquisa bibliográfica de dados tais como preços de equipamento e de implementação, taxas de diminuição de veículos em circulação ou externalidades do tráfego automóvel, com base em exemplos de vários países ou em médias europeias.

4.1 O modelo numérico TAPM

A ferramenta de modelação utilizada neste estudo é o TAPM (*The Air Pollution Model*), desenvolvido pelo CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*), a agência nacional de ciência Australiana. O TAPM é um modelo de prognóstico e dispersão atmosférica 3D, desenvolvido para PC, possuindo uma interface gráfica que torna simples a sua aplicação.

Este modelo utiliza uma base de dados global, com dados de altitude do terreno, uso do solo, temperatura do mar e análises meteorológicas sinópticas. Através da integração de dois módulos principais, um meteorológico e um de poluição atmosférica, o TAPM estima os parâmetros meteorológicos importantes para a simulação da dispersão, tanto à escala local como à escala regional (Figura 4.1).

A componente meteorológica do TAPM baseia-se na resolução da equação da conservação da quantidade de movimento de um fluido incompressível, não hidrostático. É assumida uma grelha uniforme, desprezando-se a curvatura da Terra e as áreas suburbanas são aproximadas a condições rurais. A componente da poluição tem em consideração a deposição seca e húmida e tem a capacidade de simular os efeitos dos edifícios próximos. A componente fotoquímica é baseada num mecanismo semi-empírico denominado *Generic Reaction Set*, sendo também incluídas as reacções na fase gasosa do dióxido de enxofre e partículas. São consideradas 10 reacções para 13 espécies (Hurley, 2005).

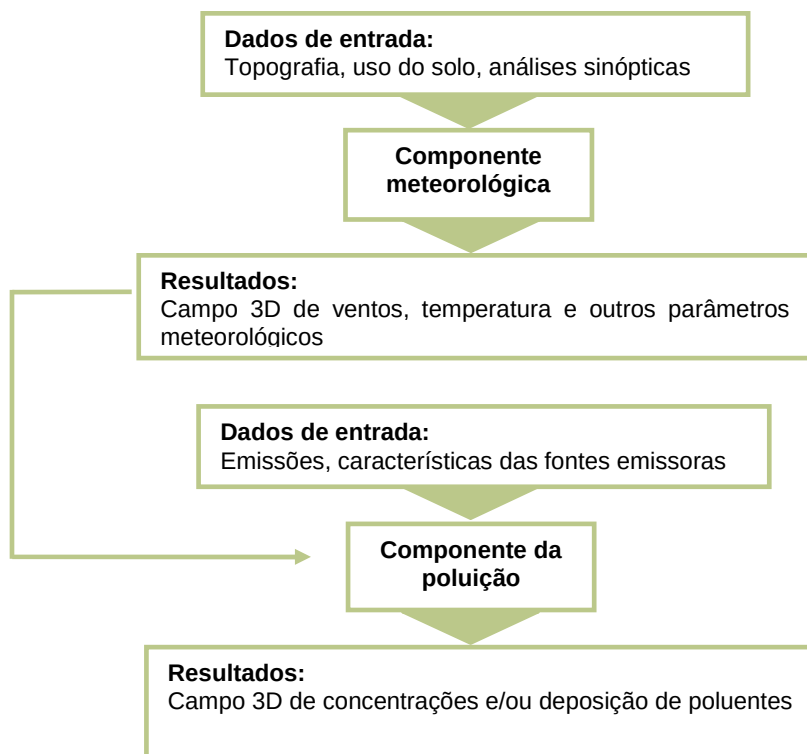


Figura 4.1: Representação esquemática do Modelo TAPM (Coutinho *et al.*, 2007)

As componentes meteorológica e de poluição do TAPM foram já validadas em trabalhos anteriores, podendo o modelo ser considerado uma ferramenta bastante importante no domínio da gestão da qualidade do ar. (Ribeiro, C., 2005)

4.1.1 Domínios de simulação

A componente meteorológica do TAPM foi inicializada com dados de análises sinópticas europeias de 2004 fornecidos pelo CSIRO e aplicado, usando a técnica de *nesting*, a três domínios, cobrindo a Península Ibérica (D1), Regiões Norte e Centro (D2) e a Região Norte (D3), com resoluções espaciais de 43,2; 14,4 e 4,8 km, respectivamente. Em termos verticais, o modelo usou um domínio de 8 km, distribuído por 25 níveis de espaçamento desigual, mais apertado junto ao solo. O último domínio (D3) corresponde ao domínio de simulação da qualidade do ar, com dimensões de 120×120 km² (Figura 4.2).

O domínio mais pequeno foi escolhido de forma a incluir o maior número de fontes emissoras com influência na qualidade do ar da Região Norte, nomeadamente grandes fontes industriais e em linha. As dimensões deste domínio permitem ainda simular as circulações de mesoscala existentes e dominantes na zona costeira da Região Norte, em particular a brisa marítima responsável em parte pelo transporte de poluentes, possibilitando assim um conhecimento mais aprofundado da origem dos episódios de poluição nesta região.

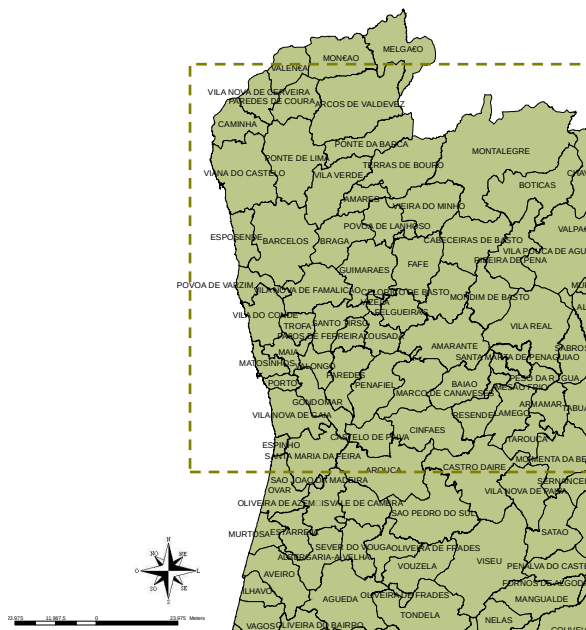


Figura 4.2: Representação do domínio D3 de simulação do TAPM

4.2 Medidas previstas e cenário base

O ano de 2010 foi aquele sobre o qual inciduiu a modelação dos cenários base e redução. Este é o período a partir do qual o Valor Alvo para o O_3 deve ser cumprido. Não existem evidências de que a meta da 2ª fase para as PM_{10} venha a ser aplicada.

Na modelação do cenário base, realizada com o objectivo de aferir da necessidade de definir medidas adicionais de redução de poluentes, foi considerado que as grandes fontes pontuais cumprem, em 2010, as disposições constantes do Decreto-Lei 178/2003, de 5 de Agosto, que controla as emissões das grandes instalações de combustão. Essas fontes são a Refinaria de Matosinhos (Petrogal), a fábrica de papel de Viana do Castelo (Portucel), a Central Térmica de Gondomar (Turbogás) e a siderurgia da Maia (SN Maia).

Foi também incluída a diminuição nas emissões de PM_{10} , NO_x e COVNM resultantes da iniciativa da STCP (Sociedade de Transportes Colectivos do Porto) de trocar, até 2007, 80 autocarros a gasóleo por novos a gás natural, o que trará benefícios para os concelhos servidos pela rede (Borrego *et al.*, 2006c). Assim, prevê-se uma diminuição de 0,49% nas emissões de PM_{10} do tráfego total dos concelhos da Maia, Matosinhos, Valongo, Porto, Gondomar e Gaia; 0,09% no caso do NO_x e 0,22% no caso dos COVNM.

As reduções previstas pelo PTEN no âmbito da simulação do cenário de referência relativo à aplicação da Directiva 2001/80/EC, de 23 de Outubro (Directiva Tectos) (IA, 2004a) foram igualmente consideradas para a modelação do cenário base no presente estudo. Foram assim retiradas ou somadas pequenas percentagens de emissões de NO_x e COVNM (em área) a todos os concelhos do domínio de simulação, fruto da hipotética aplicação de vários diplomas legais, como por exemplo a directiva PCIP ou a Directiva 2003/30/CE (Biocombustíveis).

A empresa Metro do Porto estimou os benefícios ambientais acumulados desde a entrada em operação da primeira linha de metro, em Janeiro de 2003, até ao final de 2006. Esses benefícios traduzem-se na redução da emissão de 44 toneladas de hidrocarbonetos e 553 toneladas de NO_x (Metro do Porto, 2007). Estes resultados são

consequência da transferência de passageiros do transporte rodoviário colectivo e individual, sendo um dos estimadores utilizados para este cálculo o número de veículos que terão deixado de estacionar no centro do Porto (cerca de 6 000 por dia). A construção do cenário base será também apoiada nestas estimativas.

4.3 Resultados da modelação do cenário base

4.3.1 Partículas

A modelação da qualidade do ar no âmbito da aplicação das medidas constantes do Cenário Base, realizada para um ano completo de dados meteorológicos (2004), permitiu concluir que as medidas previstas não permitem uma melhoria significativa da qualidade do ar. A Figura 4.3 apresenta as concentrações médias e máximas anuais de PM₁₀ obtidas por aplicação do cenário base às emissões deste poluente na Região Norte.

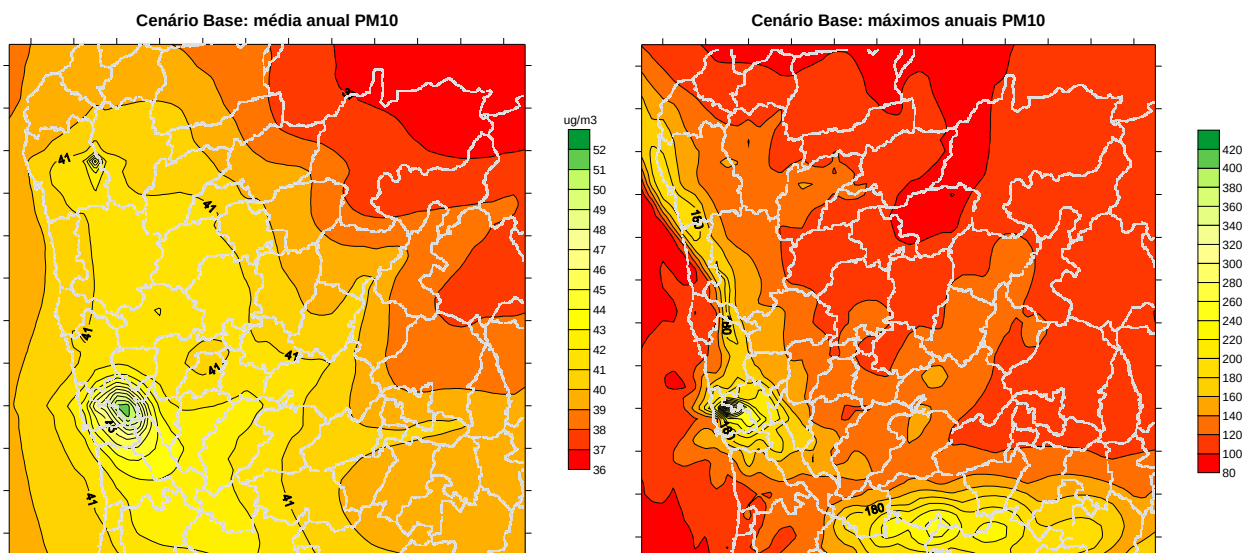


Figura 4.3: Concentrações ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) anuais médias e máximas de PM₁₀ na Região Norte, por implementação das medidas constantes do Cenário Base.

A análise da Figura 4.3 indica que as médias anuais de PM₁₀ são elevadas, mantendo-se, na Área Metropolitana do Porto, a excedência ao VL+MT estabelecido para 2004 ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$). As concentrações máximas de PM₁₀ são também significativas, o que dá uma indicação da dimensão da problemática deste poluente na Região Norte.

Como complemento a esta informação, apresenta-se, na Figura 4.4, o diferencial de concentração (em percentagem) obtido por diferença entre as concentrações médias diárias de PM₁₀ simuladas para o cenário base e aquelas simuladas para o cenário de referência (cenário que considera as emissões do inventário, sem acrescentar ou retirar emissões decorrentes da aplicação das medidas em vigor). Da análise da Figura 4.4 constata-se que, de facto, a melhoria na qualidade do ar decorrente da aplicação das medidas previstas na legislação nacional ou já implementadas por diversas entidades, não se revelam suficientes para uma melhoria da qualidade do ar a nível regional.

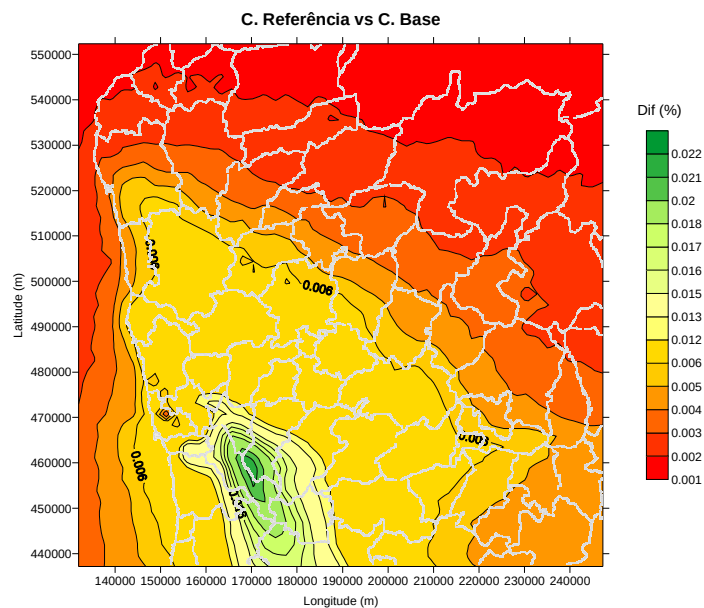


Figura 4.4: Diferencial (%) de concentração média diária de PM₁₀ na Região Norte entre os cenários de referência e base.

4.3.2 Ozono

Na Figura 4.5 representam-se as concentrações máximas de Verão relativas ao O₃, obtidas por implementação do cenário base.

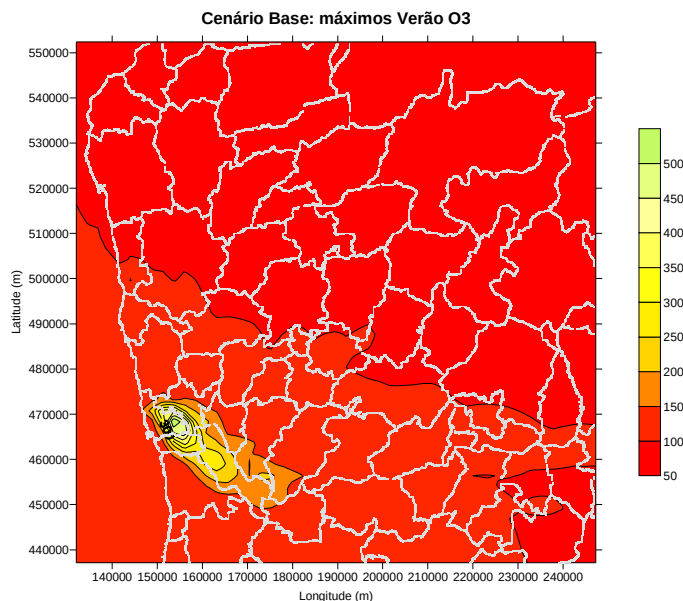


Figura 4.5: Concentrações (µg/m³) máximas de Verão de O₃ na Região Norte, por implementação das medidas constantes do Cenário Base.

Verifica-se que as concentrações máximas de Verão de O₃ na Região Norte se mantêm bastante elevadas, de onde se pode aferir da necessidade de implementação de medidas adicionais específicas para diminuir os elevados níveis deste poluente no ar ambiente.

De notar que as concentrações de ozono representadas a Figura 4.5, obtidas por modelação do cenário base, indicam que as Zonas Norte Litoral e Norte Interior

(representadas pelas estações de Senhora do Minho e Lamas D'Olo, respectivamente) não apresentam valores elevados de ozono, ao contrário do que se verifica por análise dos dados monitorizados. Esta é uma questão a ser abordada em trabalhos posteriores, propondo-se a análise das concentrações de ozono tendo em conta as emissões provenientes de Espanha.

Desta forma, à semelhança do que foi concluído em trabalhos anteriores (Borrego *et al.*, 2006a), torna-se necessária a definição de políticas e medidas adicionais de melhoria da qualidade do ar, de forma a serem cumpridos os VL e VA definidos na legislação nacional em vigor.

4.4 Medidas adicionais e cenário de redução

Como comprovado na secção 4.2, existe necessidade de definição de políticas e medidas adicionais de melhoria da qualidade do ar. Essas medidas são definidas para as partículas e para os precursores de ozono, nomeadamente NO_x e COVNM.

4.4.1 Partículas

A análise do inventário de emissões para a Zona Norte permite concluir que as áreas com maiores emissões nesta região são o centro urbano do Porto, o concelho de Matosinhos devido à presença da refinaria, o concelho da Maia devido à siderurgia e as zonas industriais de Braga e Guimarães (Borrego *et al.*, 2003 e 2004).

Propõem-se medidas para uma gestão mais eficiente do tráfego rodoviário, para o sector doméstico e industrial e ainda para outros tipos de sectores (lavagem de ruas e obras de construção civil).

4.4.1.1 Tráfego rodoviário

Os problemas de qualidade do ar em meio urbano são gerados em grande parte pelo tráfego rodoviário, sendo a previsão efectuada no âmbito do PTEN indicadora de um aumento do número das deslocações em transporte próprio nos próximos anos, acompanhado pelo incremento do parque automóvel total (IA, 2004b).

Neste sentido, a autarquia da Maia, através do Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável, prevê a promoção da proximidade entre locais de residência e de trabalho, reduzindo-se a necessidade de recorrer ao transporte individual para este tipo de deslocações (Pinho *et al.*, 2001).

Melhorias na rede de transportes colectivos

O uso dos transportes colectivos (TC) deverá ser promovido como forma de redução do número de viagens e da distância percorrida por veículos privados. A promoção deverá passar por uma campanha de educação e informação do público, para que os transportes públicos deixem de ser vistos como um meio de transporte de segunda categoria. Para tal é também necessária uma melhoria dos serviços prestados por este tipo de transportes, nomeadamente no que respeita a horários adequados e cumprimento dos mesmos, segurança e conforto. Pode também ser aumentado o número de faixas *bus*, o que diminuiria, à partida, o tempo passado por estes veículos nos congestionamentos de tráfego. No entanto, esta última sugestão deverá ser equacionada com cautela, na medida em que um estudo recente da responsabilidade da Câmara Municipal do Porto visando a criação de 7 novos corredores *bus* na cidade

concluiu que, apesar da previsão de uma maior velocidade de circulação para os autocarros que utilizassem as novas faixas, as carreiras que não usufríssem dessas faixas teriam desvantagens operacionais, perdendo mais tempo a cumprir o trajecto. Assim, a rede global de TC sofreria uma diminuição da velocidade de circulação, assim como o trânsito generalizado (URL 6 e 7).

De notar que o aumento da oferta de TC deve ser concretizado através da aquisição de veículos novos, de preferência equipados com novas tecnologias de redução de emissões, quer ao nível do tipo de combustível, quer ao nível dos sistemas de despoluição de fim de linha (como despoeiradores e sistemas de recirculação de gases).

Estas são medidas regionais, educativas/informativas e técnicas, não reguladoras, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de longo prazo, que afectarão o sector dos transportes na região em causa.

Partilha de automóveis

A partilha de automóveis é uma iniciativa posta já em prática em alguns países da Europa para descongestionar o tráfego das cidades e, consequentemente, melhorar a qualidade do ar. Existem páginas na Internet onde o utilizador apenas tem de se registar e fornecer informações acerca do tipo de viagem que costuma ou pretende fazer e do período para a sua realização, para, de uma forma simples e imediata, receber informação acerca de outros utilizadores com os mesmos interesses. Em Portugal, surgiu recentemente uma página web desta natureza (URL 8).

Esta é uma medida não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de longo prazo e que poderá ser aplicada em todo o país.

Renovação das frotas de táxis e veículos de recolha de RSU

Os táxis e os veículos de recolha de resíduos sólidos urbanos (RSU) são elementos de tráfego que contribuem para a degradação da qualidade do ar das cidades. No caso dos veículos de recolha de RSU, a antiguidade de grande parte da frota é um factor de grande peso. Desta forma, este tipo de veículos deve ser sujeito a planos de renovação, introduzindo-se, por exemplo, sistemas de controlo de emissões, nomeadamente filtros de partículas com sistemas de recirculação de gases de escape (FP+SRGE) ou a substituição dos veículos antigos para serem cumpridas as normas EURO.

Esta é uma medida de gestão, não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de médio prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa e que poderá ser aplicada em todo o país.

Diminuição da percentagem de veículos pesados de mercadoria em circulação

Os veículos pesados de mercadoria são os principais responsáveis pelas emissões de exaustão e de ressuspensão de PM₁₀ provenientes do tráfego rodoviário. A sua circulação nos centros das cidades, a baixas velocidades, provoca maiores emissões deste poluente. Esta medida visa a proibição da circulação aos veículos pesados de mercadorias nos centros urbanos em cerca de 50%. Propõe-se que o transporte de mercadoria destes veículos para o centro da cidade seja efectuado por vias alternativas, por exemplo, por veículos ligeiros de mercadoria, responsáveis por menores emissões de PM₁₀.

Esta é uma medida de gestão, reguladora, que deverá ser adoptada aos níveis local e regional, a médio prazo, no sector dos transportes, e que poderá ser aplicada em todo o país.

Construção de parques de estacionamento periféricos e aumento dos preços dos mesmos no interior das cidades

De modo a diminuir a entrada de veículos privados na zona urbana deverão ser construídos parques de estacionamento periféricos, servidos por transportes públicos eficientes, que transportarão as pessoas para o centro da cidade. Como medida complementar e de dissuasão, o preço do estacionamento no centro das cidades deverá ser significativamente aumentado.

Esta é uma medida regional, económica/fiscal e educativa/informativa, não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de longo prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa.

Reforço da fiscalização do estacionamento nas cidades

Paralelamente à aplicação da medida anterior, deve ser aumentada a eficácia da fiscalização do estacionamento ilegal nos centros das cidades, desincentivando-se, assim, o uso do transporte individual para os deslocamentos nestas áreas, especialmente os pendulares. A título de exemplo, salienta-se que se estima que, em Lisboa, apenas 8% dos utentes pague estacionamento (Nascimento e Duarte, 2007).

Esta é uma medida regional, económica/fiscal e educativa/informativa, não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de longo prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa.

Taxas e limitações à entrada e circulação nas cidades, centros e zonas movimentadas

Zonas de Emissões Reduzidas

Uma Zona de Emissões Reduzidas (ZER) é um espaço urbano onde é taxada a entrada de determinado tipo de veículos. O exemplo mais conhecido é talvez o da Grande Londres, onde se preconiza a taxação da circulação de camiões e autocarros antigos com motores a diesel durante todo o ano. A taxação da circulação não se estende aos veículos ligeiros particulares. A praticabilidade desta medida foi analisada, tendo-se verificado que oferece um enorme potencial de redução das excedências ao valor limite de concentração de matéria particulada (CAFE, 2004). Propõe-se que seja aplicada nos centros urbanos de cada concelho em incumprimento do VL+MT de PM₁₀.

Esta é uma medida local, económica/fiscal, reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de médio prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa.

Zonas de Circulação Taxadas

Uma Zona de Circulação Taxada (ZCT) (medida também conhecida como *road pricing*) tem como princípio a aplicação de taxas de circulação aos veículos individuais de não residentes, em zonas de tráfego intenso, nomeadamente os centros urbanos.

Várias iniciativas deste género estão em vigor em cidades europeias como Londres, Roma, Amesterdão, etc. No caso da primeira (ver figura 5.2), que teve início em Fevereiro de 2003, a zona escolhida foi o centro da cidade, cobrindo uma área de 22 km². Os resultados registados são positivos: diminuição de 15% do tráfego na zona em causa, percentagem que se manteve em 2004 (URL 9).

Em Portugal houve alguma discussão acerca da introdução de portagens à entrada das cidades de Porto e Lisboa em Janeiro do presente ano, mas a medida não obteve ainda o apoio da ANMP (Associação Nacional dos Municípios Portugueses).



Figura 4.6: Imagem da ZCT da cidade de Londres, assinalada com círculos vermelhos contendo a letra “C”.

Esta é uma medida local, económica/fiscal, reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de médio prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa.

Portagens diferenciadas

Esta medida consiste na colecta de uma taxa de entrada nos centros urbanos aos veículos privados, mais onerosa no caso de veículos com apenas um passageiro. Deste modo incentivar-se-ia não só o abandono do transporte individual, mas também a partilha de automóveis por pessoas com os mesmos destinos e horários.

Esta é uma medida regional, económica/fiscal, reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de médio prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa.

Sistema de placas de matrícula alternadas

Este sistema, já previsto/adoptado nalguns países (alguns exemplos são o Irão, as Filipinas ou a Grécia), consiste em permitir o acesso alternado aos centros urbanos, consoante as placas de matrícula contenham números pares ou ímpares. Uma experiência deste tipo, realizada em Itália, permitiu uma diminuição da concentração de PM₁₀ entre 12 e 14% na zona em estudo (Lombardia). Neste caso, se a circulação automóvel fosse totalmente banida, a redução poderia atingir entre 35 e 45% (CAFE, 2004). Em Roma também se implementou esta medida, obtendo-se reduções da concentração de PM₁₀ de 12% para o ano de 2004, devido a diminuições de cerca de 22% no trânsito nas ruas e praças em causa. Deve notar-se que nem todos os veículos são sujeitos a esta medida, excluindo-se nomeadamente os de emergência, os de transporte colectivo, os táxis, os de recolha de lixo urbano e os ecológicos (eléctricos, Euro IV e movidos a metano e GPL) (Donato e Donati, 2005).

Esta é uma medida local, de gestão, reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM_{10} de médio prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa.

Vias de Alta Ocupação

As Vias de Alta Ocupação são faixas da rodovia que só podem ser utilizadas por veículos com um determinado número de ocupantes e poderiam ser implementadas em alguns dos principais acessos aos centros urbanos por transporte individual.

Esta é uma medida de gestão, reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM_{10} de médio prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa.

Imposição de limites de velocidade mais baixos nas zonas mais poluídas das cidades

A condução a velocidades elevadas conduz a um aumento do consumo de combustível, o que, consequentemente, se traduz em maiores emissões de poluentes atmosféricos por quilómetro percorrido. A título de exemplo, a Figura 4.4 apresenta os factores de emissão de alguns poluentes, incluindo PM_{10} , em função da velocidade, para veículos ligeiros de passageiros EURO1 (Tchepel, O. A., 2003).

Para contrariar esta tendência, experimentou-se, numa movimentada estrada de Berlim reduzir a velocidade máxima de circulação no interior das cidades de 50 para 30 $km.h^{-1}$ (CAFE, 2004). Os resultados desta medida foram considerados positivos, não obstante a sua pequena extensão. Outra iniciativa deste género, mas numa auto-estrada, passou-se em Roterdão em 2002, onde o limite legal de velocidade naquela via baixou de 120 para 80 $km.h^{-1}$. Os resultados foram positivos, com uma diminuição da emissão de PM_{10} entre 25 e 35%, para além de uma melhoria na qualidade do ar relativamente a este poluente entre 1 e 4% (a 200 e a 50 m da berma da estrada, respectivamente). Estes resultados demonstram que este tipo de medidas restritivas, quando aplicado eficazmente, traz resultados bastante satisfatórios para a melhoria da qualidade do ar.

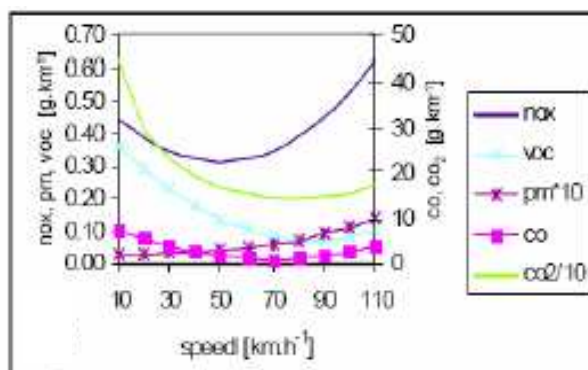


Figura 4.7: Factores de emissão de poluentes atmosféricos em função da velocidade para veículos ligeiros de passageiros EURO1 (Tchepel, 2003)

Assim, propõe-se a redução, nas auto-estradas mais movimentadas da região, da velocidade máxima permitida de circulação de 120 para 80 $km.h^{-1}$.

Esta é uma medida de gestão, reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de médio prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa.

Corte de ruas ao trânsito

O corte de ruas ao trânsito é uma medida posta em prática em várias localidades do país com o objectivo de produzir benefícios recreativos/sociais. Actualmente ponderada como um meio de minorar a poluição atmosférica nalgumas zonas das cidades, esta medida pode trazer consequências inesperadas, já que suprimir o tráfego rodoviário numa rua não implica necessariamente uma melhoria na sua qualidade do ar. A circulação atmosférica transporta poluentes de um local para outro, às vezes até de longas distâncias (como acontece com a matéria particulada), pelo que esta medida não deve ser aplicada com uma base meramente política, sem estudos prévios de modelação.

Esta é uma medida local, de gestão, reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de médio prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa.

Introdução de postos de abastecimento público de gás natural

Os veículos a gás natural são, em Portugal, uma realidade ainda pouco difundida. Segundo dados da APVGN (Associação Portuguesa do Veículo a Gás Natural), no nosso país existem 377 destes veículos, sendo que apenas 23 são ligeiros particulares (URL 10). Os restantes (ligeiros, autocarros e camiões) pertencem a companhias de transportes públicos, câmaras e serviços municipalizados. Existe apenas um posto público de abastecimento de gás natural no país (Braga), sendo que os restantes quatro estão inactivos ou são de uso privado. Ao aumentar a oferta, poder-se-á eventualmente incentivar o público em geral a adquirir mais deste tipo de veículos, diminuindo desta forma a emissão de material particulado pelos transportes.

Esta é uma medida não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de longo prazo, que afectará o sector dos transportes na região em causa, e que poderá ser aplicada em todo o país.

4.4.1.2 Indústria/Comércio

O concelho da Região Norte com maior caudal mássico de emissão de partículas totais provenientes da indústria é S. João da Madeira, seguido de Vila Nova de Gaia, Santa Maria da Feira, Vila Nova de Famalicão e Guimarães. Os sectores responsáveis pelas maiores emissões deste poluente são o metalúrgico, o da cortiça, o da madeira e o têxtil, todos com uma representação significativa na Região Norte (Borrego *et al.*, 2003).

É principalmente sobre este tipo de actividades e nestas localidades que devem recair as medidas definidas para o sector industrial no âmbito dos Planos e Programas.

Substituição de despoeiradores nas fontes industriais

As indústrias são responsáveis por emissões elevadas de poluentes atmosféricos, nomeadamente de matéria particulada. Para diminuir este tipo de emissões, as unidades industriais estão equipadas com despoeiradores, como ciclones, filtros de mangas e precipitadores electrostáticos. Os dois últimos têm eficiências de remoção bastante elevadas, acima de 99%, pelo que as fontes industriais deveriam utilizá-los,

em detrimento dos ciclones que, para PM_{10} , têm eficiências de despoeiramento baixas, exceptuando os casos em que são usados multiciclones. Como os filtros de mangas têm custos elevados, sugere-se a substituição dos ciclones nas unidades fabris da região, que ainda os possuam, por precipitadores electrostáticos.

Esta é uma medida técnica, não reguladora, que deverá ser adoptada, a curto prazo, nas fontes industriais da região.

Reforço da fiscalização das fontes industriais

A fiscalização das emissões das indústrias deve ser feita com mais frequência, de forma a garantir o cumprimento dos valores limite de emissão previstos na legislação. Essa fiscalização não deve deixar de parte as pequenas indústrias, tais como as empresas familiares, já que normalmente, por consequência de imperativos legais, são menos monitorizadas, não deixando de representar um factor importante de degradação da qualidade do ar local.

Esta é uma medida não reguladora, que deverá ser adoptada, a curto prazo, nas fontes industriais da região.

Criação de normas de emissão para aglomerados industriais e actividades empresariais nos centros urbanos

A legislação nacional relativa a valores limite de emissão (VLE) para as indústrias prevê que estes sejam aplicados para cada empresa isoladamente. No entanto, mesmo após a verificação do cumprimento dos VLE estabelecidos, continuam a registar-se reclamações da população residente nas proximidades de aglomerados industriais.

Paralelamente, as actividades comerciais nos centros das cidades, como a restauração, são responsáveis por emissões não controladas de material particulado. Quando em aglomerados, essas emissões são significativas.

Desta forma, é proposta a criação de normas específicas para aglomerados industriais e comerciais, de forma a ser salvaguardada a saúde e bem-estar das populações residentes na proximidade destes locais. Estas normas poderão ser instituídas no âmbito dos processos de licenciamento, da responsabilidade das autarquias no caso de estabelecimentos industriais de tipo 4 (Portaria 464/2003, de 6 de Junho) e da co-responsabilidade das mesmas no caso dos estabelecimentos comerciais.

Esta é uma medida reguladora, que deverá ser adoptada, a curto prazo, nos aglomerados industriais e comerciais da região.

4.4.1.3 Sector doméstico

As fontes domésticas, apesar de pequena dimensão, não são desprezáveis. De facto, nas noites frias de Inverno, as concentrações de partículas monitorizadas em estações urbanas de qualidade do ar são bastante elevadas, devido às lareiras que se acendem à noite. Segundo Caseiro *et al.* (2007), a queima de biomassa, e em especial nas lareiras domésticas no Inverno, contribui de forma importante para a produção antropogénica de aerossol, devendo ser considerada nas estratégias de controlo e redução dos níveis ambiente de partículas.

Substituição de lareiras

A emissão de PM₁₀ pela combustão doméstica representa 16,2% das emissões totais deste poluente em Portugal, constituindo as lareiras uma grossa fatia das mesmas. Uma das formas de combater esta fonte é a substituição das lareiras por aquecimento central, já que neste caso a combustão é feita de forma mais otimizada e, se o combustível utilizado for gás natural, muito menos poluente. A sensibilização para esta prática deve ser feita ao nível da população mas também dos construtores civis. Outra prática, já utilizada em países como a Rússia, Itália, Escandinávia ou Estados Unidos é o “aquecimento por complexo residencial”, isto é, a energia para as casas é providenciada por um sistema municipal de aquecimento, onde a combustão se faz de forma controlada e com eficiências mais elevadas. Nos EUA, existem, desde 1988, lareiras certificadas, que têm associadas reduções de matéria particulada na ordem dos 94%. O custo médio acrescido destes equipamentos situa-se entre os 500 e os 700 dólares, havendo, no entanto, menores custos de manutenção (IA, 2004c). Neste momento ainda não existe este tipo de lareiras em Portugal.

Por enquanto, segundo o PTEN (IA, 2004c), a informação nacional existente sobre este tipo de fonte não se encontra actualizada, pelo que se torna contraproducente definir instrumentos de política que regulem esta actividade. Neste momento, a medida mais importante a desenvolver é o aumento do conhecimento relativo a esta actividade, nomeadamente os tipos de equipamento e de lenha utilizados. Deve também informar-se a população sobre a melhor forma de utilizar a lareira, nomeadamente no que respeita ao controlo do nível de queima (um fogo lento tem associado maiores quantitativos de poluentes do que um fogo pequeno e mais quente), à correcta utilização da lenha a queimar (esta deve ser cortada e seca antes da utilização, e devem ser utilizados pequenos barrote de madeira de forma a permitir a existência de espaço livre suficiente para a circulação de ar), à não utilização de outros produtos que não a lenha na lareira (como resíduos domésticos variados, plásticos, madeiras tratadas, como contraplacado) e à manutenção adequada do equipamento (limpeza periódica que permitirá detectar fugas de ar).

Esta é uma medida técnica e educativa/informativa, não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de médio prazo, que afectará as fontes domésticas a nível nacional.

4.4.1.4 Agricultura

A medida potencialmente mais importante a tomar neste sector é a redução das emissões do precursor NH₃. Uma das formas de atingir este objectivo é a filtração e ventilação do ar expulso dos alojamentos dos animais nas quintas. Para reduzir as emissões de matéria particulada pode promover-se a cobertura de campos inutilizados por plantas ou uma política eficaz de prevenção dos fogos florestais (CAFE, 2004).

Estas são medidas regionais, não reguladoras, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM₁₀ de longo prazo, que afectarão as fontes agrícolas a nível nacional.

4.4.1.5 Outros

Varrimento e lavagem das ruas

O varrimento das ruas, seguido de lavagem das mesmas com água, pretende reduzir a concentração de matéria particulada no ambiente urbano proveniente do fenómeno de ressuspensão. Foram realizados vários estudos neste campo, sendo que alguns deles evidenciam as vantagens desta medida, enquanto que outros a consideram ineficaz. Assim, por exemplo, Cowerd *et al.* (1998) estimaram uma redução entre 33 e

37% da concentração de PM_{10} aquando da aplicação de um programa vigoroso de varrimento das ruas, enquanto Bris *et al.* (1999) demonstraram que a eficiência de remoção de sólidos variou entre 20 e 65% a partir da lavagem por jacto de água nas ruas de Paris. Por outro lado, outra investigação concluiu que varrer as ruas é totalmente infrutuoso como estratégia de redução de PM_{10} (Chow *et al.*, 1990) e ainda Vaze e Chiew (2002) constataram que o varrimento leva a que a distribuição por tamanhos do aerossol seja afectada negativamente, conduzindo à formação de partículas de menores dimensões. Para além disso, Kuhns *et al.* (2003) concluíram que a emissão de partículas aumenta depois do varrimento das estradas, sendo uma possível explicação a redistribuição daquelas pela estrada que, previamente à passagem do varredor, as manteria alojadas em fendas da sua superfície. O estudo mais recente consultado nesta matéria foi realizado em 2005 em Taiwan (onde este tipo de medida é uma das mais aplicadas pelos governos locais) e concluiu que o impacto de varrer as ruas tem um período útil de eficiência de 3 a 4 horas, enquanto que, acrescentando a lavagem das ruas a este processo, já se conseguem atingir reduções nas partículas de cerca de 30% (Chang *et al.*, 2005).

Em Lisboa procedeu-se, entre os dias 15 e 30 de Setembro de 2005, a acções diárias de reforço da lavagem da Avenida da Liberdade, entre as 10 e as 11 horas (com excepção dos Domingos) com o objectivo de realizar um estudo sobre o impacto desta acção na redução dos índices de poluição decorrentes do tráfego automóvel naquela via. A principal conclusão deste estudo é que o reforço das lavagens aparenta ter uma influência positiva, embora não muito significativa, na redução dos níveis de partículas na Avenida da Liberdade. Ponderando os custos e os benefícios associados a esta medida, considera-se que, desde que se recorra a água reutilizada, a medida deve vir a ser implementada (Ferreira *et al.*, 2006).

Assim, sugere-se a lavagem regular das ruas com maior nível de tráfego rodoviário em cada um dos concelhos alvo neste Plano de Melhoria (ver Anexo B).

Esta é uma medida técnica, não reguladora, de nível administrativo local que deverá ser adoptada a curto prazo, e que terá implicações em todas as fontes.

Redução das emissões de poeiras da construção civil

As poeiras provenientes de locais de obras podem ser de dois tipos principais. O primeiro corresponde às emissões directas das máquinas e motores associados às actividades de construção e, para as diminuir, deve-se impor o uso de filtros de partículas, por exemplo. O segundo corresponde às poeiras fugitivas, emitidas durante processos como o transporte, manuseamento e armazenamento de materiais ou as demolições. Para se evitar este tipo de emissões deve “regar-se” os materiais com água, assim como cobri-los (CAFE, 2004). Deve-se também lavar os camiões à saída das obras e aplicar redes de malha fina que separem a zona da obra da via pública. Uma outra medida possível, posta em prática na Suíça desde 2002, é o estabelecimento de uma norma de qualidade do ar para zonas de construção que define um valor limite para todas as obras com duração superior a um ano (ou superior a 4000 m²).

Esta é uma medida técnica e educativa/informativa, reguladora, que deverá ser adoptada, a curto prazo, nas obras e suas áreas adjacentes, isto é, a um nível administrativo local.

Modificação do processo de produção de misturas betuminosas

O asfalto, nomenclatura que se utiliza para fazer referência ao material usado para pavimentar as estradas de grande fluxo de tráfego, é designado tecnicamente por

mistura betuminosa. As misturas betuminosas podem ser fabricadas a frio ou a quente, originando matérias com propriedades específicas para diferentes usos. Em Portugal, a aplicação de MBQ (misturas betuminosas a quente) representa entre 90 a 95% do total de aplicação nos pavimentos, sendo que o restante se refere à aplicação de misturas betuminosas a frio (MBF). O que se propõe é a produção de MBQ a baixas temperaturas, recorrendo a um produto patenteado (*WAM Foam*), cuja utilização se estima conduzir a uma redução de 50 a 60% das poeiras emitidas no processo de produção (IA, 2004c).

Esta é uma medida técnica, não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM_{10} de longo prazo, que afectará as fontes em linha e em área em todo o país.

Medidas ao nível da sensibilização/recomendações

Muitas das medidas apresentadas que visam a redução de PM_{10} passam pela alteração de hábitos da população. Neste sentido, a sensibilização e recomendações às populações, empresários ou autarquias são fulcrais para que se possam alterar hábitos há muito adquiridos. Esta sensibilização pode ser feita através dos meios de comunicação social, fóruns, relatórios ambientais ou incentivos.

Esta é uma medida aos níveis local, regional e nacional, educativa/informativa, não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de PM_{10} de longo prazo, que afecta todos os sectores e todas as fontes.

4.4.1.6 Políticas e medidas a adoptar em casos críticos

A definição de caso crítico neste contexto abrange os dias em que se prevejam picos elevados de concentração de PM_{10} em determinados locais. A previsão da qualidade do ar é feita em Portugal no âmbito de dois projectos, desenvolvidos pela Universidade de Aveiro e pela FCT/UNL para o Instituto do Ambiente. Através da consulta das respectivas páginas na Internet (URL 11 e 12), é possível prever o índice de qualidade do ar para pelo menos o dia seguinte ao da consulta, identificando-se também qual o poluente responsável pela classificação do índice. Deste modo, poder-se-ão desenvolver medidas a aplicar apenas em casos em que se prevejam situações graves ao nível das concentrações de matéria particulada no ar ambiente.

Essas medidas poderão incluir o encerramento provisório das actividades/processos específicos de determinadas indústrias, ou a implementação das taxas e limitações à entrada e circulação nas cidades, centros e zonas movimentadas de forma mais agravada, mas temporariamente.

4.4.2 Ozono

A definição de políticas e medidas de melhoria da qualidade do ar para o ozono deve incidir sobre as concentrações dos seus principais precursores, nomeadamente NO_x e COV's. A complexa relação, já descrita anteriormente, entre o O_3 e os seus precursores, torna mais crítica a tarefa de definir medidas para diminuir a sua concentração atmosférica.

De facto, uma hipotética diminuição das concentrações de NO_x e COV's não conduz necessariamente à diminuição da taxa de formação de ozono, e vice-versa. De acordo com Tong *et al.* (2006), um aumento das emissões de NO_x no centro de uma cidade cujo regime fotoquímico seja *VOC-sensitive* (no caso, Atlanta, EUA), conduz a uma diminuição da taxa de produção de ozono, ao nível local, devido ao fenómeno de titulação do NO_x , já descrito. Ao haver um deslocamento da pluma para as zonas

rurais, a degradação do ozono é substituída pela produção. Desta forma, os danos na saúde são reduzidos, já que a densidade populacional é maior nas cidades comparativamente com as zonas rurais.

Paralelamente, a AEA (Agência Europeia do Ambiente) destaca que uma diminuição das emissões de NO_x ao nível local, nas cidades, pode resultar em concentrações ambiente mais elevadas de ozono, devido a uma menor titulação do NO_x . Conclui-se também que um aumento das emissões directas de NO_2 (do escape dos veículos a diesel) conduz ao aumento das concentrações de ozono (EEA, 2005).

Para além disto, algumas medidas que são benéficas para reduzir as concentrações de alguns poluentes têm um impacto negativo na concentração de outros. O exemplo mais claro é o incentivo da utilização do gás natural em substituição dos combustíveis tradicionais. Segundo Borrego *et al.* (2006c), o factor de emissão de COV's dos autocarros a gás natural da STCP é 166% superior ao dos autocarros a diesel. Não obstante, a emissão de NO_x reduz 71% e a de PM_{10} diminui 96%.

Posto isto, torna-se evidente a necessidade de incluir a modelação da qualidade do ar para verificação da eficácia dos planos de acção traçados para diminuir as concentrações de ozono em locais específicos.

De notar que as medidas referidas de seguida deverão ser consideradas em conjunto com as anteriormente definidas para a diminuição das emissões de PM_{10} .

4.4.2.1 Tráfego rodoviário

Os automóveis são responsáveis por uma grande parte das emissões de compostos precursores de ozono, nomeadamente CO, COV e NO_x . Em áreas urbanas típicas, pelo menos metade destes poluentes provem dos carros, autocarros, camiões e outras fontes móveis como veículos de construção e barcos. Uma parte significativa das emissões de hidrocarbonetos provém dos veículos mais antigos ou com menos manutenção, mesmo quando em representação de uma pequena percentagem da frota (US EPA, 1993). De acordo com o PTEN, o sector dos transportes foi responsável, em 2000, por 37% e 24% das emissões de NO_x e COVNM, respectivamente (IA, 2004a).

Medidas a tomar durante o abastecimento dos veículos

Uma das fontes principais de COV na atmosfera é a evaporação de combustíveis. Desta forma, aconselha-se os utilizadores das bombas de abastecimento a não encherem demasiado o tanque de combustível dos seus automóveis, de forma a não ser derramada gasolina ou gasóleo no chão.

Para além disso, os horários de abastecimento devem ser restringidos ao período entre o fim do dia e o início da manhã, evitando-se assim, a volatilização dos compostos orgânicos presentes nos combustíveis durante as horas de maior calor.

Esta é uma medida educativa/informativa, não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de O_3 de longo prazo, que afectará as fontes móveis a nível nacional.

4.4.2.2 Indústria

As actividades industriais, como a combustão, os processos de produção, a extracção de combustíveis e o uso de solventes são responsáveis por emissões de NO_x e COV's. Estas emissões representam cerca de 30% das emissões totais nacionais,

sendo que a Região Norte ocupa uma área de 24% da área total de Portugal Continental (Borrego *et al.*, 2003).

Sensibilização dos industriais para a diminuição das emissões fugitivas

As emissões fugitivas são, em muitos casos, um contribuinte de peso para as emissões de certos tipos de actividades industriais, como aquelas que se dedicam à criação de animais ou ao processamento de desperdícios. Estas emissões, nomeadamente de COV, não estando sujeitas a regulamentação legal, não são controladas. Assim, deve ser promovida, por parte das entidades fiscalizadoras das indústrias, uma sensibilização dos industriais e trabalhadores para adquirirem práticas que permitam a minimização das emissões fugitivas, específicas para cada caso particular.

Esta é uma medida educativa/informativa, não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de O₃ de longo prazo, que afectará as fontes industriais da região.

4.4.2.3 Sector doméstico

De acordo com o PTEN (IA, 2004c), as actividades domésticas contribuirão, em 2010, com cerca de 19% das emissões totais de COVNM, distribuídas pelas actividades de combustão de lenha (8%) e utilização de produtos como solventes, perfumes, ceras, matérias de polimento, detergentes e sabões (11%).

Substituição e armazenamento de produtos

As emissões de precursores de ozono ao nível doméstico são devidas em grande parte à utilização de tintas de base solvente, que devem ser substituídas por outras, de base aquosa. Quanto a outros produtos, como perfumes, ceras, matérias de polimento, detergentes e sabões, propõe-se uma revisão da sua composição, com uma diminuição do teor de hidrocarbonetos voláteis. Deve também ser melhorado o conhecimento relativo à quantidade destes produtos utilizada em Portugal e o seu teor em COVNM.

Para além disso, o gás que se armazena em casa deve ser correctamente acondicionado, de forma a evitar fugas para a atmosfera.

Estas são medidas educativas/informativas, reguladoras e não reguladoras, com uma escala temporal de redução das concentrações de O₃ de longo prazo, que afectarão as fontes domésticas a nível nacional.

Combustão

Outras medidas aplicáveis ao sector doméstico, relacionadas com a combustão, são, por exemplo, o uso de cortadores de relva manuais ou a substituição dos aparelhos automáticos para pintura das casas por rolos/pincéis.

A substituição das lareiras, já referida no âmbito das medidas de diminuição das emissões de PM₁₀, traz também benefícios significativos no tocante às emissões de precursores de ozono. Assim, a utilização de lareiras certificadas, cujo fabrico em Portugal é ainda inexistente, conduz a reduções de COVNM na ordem dos 80%. Pode também recorrer-se a aparelhos alimentados a gás natural, cuja queima resulta em emissões de COVNM por GJ cerca de 99% inferiores às resultantes da queima de lenha. Podem também ser instalados combustores catalíticos no equipamento

existente, que permitem uma combustão mais completa dos gases, assim como da matéria particulada. A magnitude da redução das emissões pela utilização destes aparelhos não se encontra documentada (IA, 2004c).

Por enquanto, segundo o PTEN (IA, 2004c), a informação nacional existente sobre este tipo de fonte não se encontra actualizada, pelo que se torna contraproducente definir instrumentos de política que regulem esta actividade. Neste momento, a medida mais importante a desenvolver é o aumento do conhecimento relativo a esta actividade, nomeadamente os tipos de equipamento e de lenha utilizados.

Deve também ser feita uma campanha de informação da população acerca da forma mais eficiente de utilização das lareiras, tal como referido anteriormente.

Estas são medidas técnicas e educativas/informativas, não reguladoras, com uma escala temporal de redução das concentrações de ozono de médio prazo, que afectarão as fontes domésticas a nível nacional.

4.4.2.4 Agricultura

A queima ilegal de resíduos agrícolas representava, em 2000, cerca de 2% das emissões totais de COVNM e 9% das totais de NO_x (IA 2004a). Desta forma, as opções de redução a tomar passarão por encontrar outros destinos para os resíduos em questão ou promover a sua queima noutras condições (como a utilização nas centrais de queima de biomassa para produção de energia).

Estas são medidas técnicas e reguladoras, com uma escala temporal de redução das concentrações de ozono de longo prazo, que afectarão as fontes agrícolas a nível nacional.

4.4.2.5 Outros

Modificação do processo de produção de misturas betuminosas

O asfalto, nomenclatura que se utiliza para fazer referência ao material usado para pavimentar as estradas de grande fluxo de tráfego, é designado tecnicamente por mistura betuminosa. Um dos constituintes destas misturas é o ligante betuminoso, que pode ter diferentes origens, entre as quais a fluidificação de betume com solventes, originando-se assim o betume fluidificado. Nas pavimentações rodoviárias, o betume fluidificado constitui a maior fonte de emissão de COVNM, em resultado da evaporação do solvente na central de mistura e no local de aplicação. Em muitas situações, o betume fluidificado pode ser substituído por um ligante betuminoso produzido a partir de betumes por emulsibilidade com água – emulsões betuminosas, que apresentam contrapartidas ambientais e energéticas. Nos Estados Unidos, esta substituição conduziu à eliminação da actividade de pavimentação de estradas da lista daquelas consideradas como as maiores fontes de emissão de poluentes atmosféricos perigosos (IA, 2004c).

Propõe-se o estudo da hipótese de substituição dos betumes fluidificados pelas emulsões betuminosas usadas na pavimentação das estradas nacionais.

Esta é uma medida técnica, não reguladora, com uma escala temporal de redução das concentrações de ozono de longo prazo, que afectará as fontes em linha e em área em todo o país.

4.4.2.5 Políticas e medidas a adoptar em casos críticos

O Decreto-Lei 320/2003 de 20 de Dezembro prevê a elaboração de “planos de acção que estabeleçam as medidas a adoptar a curto prazo, tendo em conta situações locais específicas, para as zonas em que possa ser excedido o limiar de alerta” de ozono. O mesmo diploma define, no entanto, que estas medidas serão adoptadas caso exista um potencial significativo de redução do risco, duração ou gravidade das excedências do limiar.

Na Região Norte não existem estudos acerca da eficácia de uma possível implementação de medidas de curto prazo, que podem ser aplicadas durante ou antes de um episódio de poluição. Sabe-se, no entanto, que medidas ligadas, por exemplo, a limitações locais de velocidade, apenas exercem um efeito mínimo nas concentrações máximas de ozono nos casos em que os níveis de fundo regionais são bastante elevados, como acontece na Região Norte.

Na Alemanha foi feita uma experiência para averiguar a eficácia de acções de redução locais e temporárias nas concentrações máximas de ozono durante um episódio. Essas acções incluíam limitação da velocidade de circulação, proibições locais de circulação e reduções voluntárias de emissões por parte da indústria e pequenas empresas. Os resultados apontam para uma boa redução nas emissões mas uma pouco significativa redução nas concentrações de ozono, devido a vários factores, entre os quais o carácter demasiado local da acção e as condições meteorológicas (Decisão da Comissão 2004/279/CE, de 19 de Março).

No âmbito dos Planos de melhoria da qualidade do ar, sugere-se um conjunto de acções temporárias e locais que se descrevem de seguida, realçando, no entanto, que deve ser feito um estudo dos resultados da aplicação destas e que as medidas de carácter permanente e regional assumirão, em princípio, uma importância maior para a diminuição das concentrações de ozono no ar ambiente:

- Nos transportes: limitação da velocidade de circulação para 70 km/h em todas as estradas não interiores, incluindo auto-estradas; proibições de circulação no centro das cidades, com excepções para veículos com conversores catalíticos e veículos a gásóleo com baixos níveis de emissões; evitar o reabastecimento de combustível; utilização meios de transporte não poluentes;
- Nas indústrias: não abastecer a indústria com solventes; evitar a combustão com chama nas refinarias; adiar a desgasificação de uma unidade de produção; utilizar combustíveis com baixo teor de azoto (breu); evitar transferir líquidos caso não se disponha de aparelhos de recuperação de COV;
- No sector doméstico: não utilizar aparelhos a gasolina para cortar relva; utilizar tintas à base de água (Decisão da Comissão 2004/279/CE, de 19 de Março).

4.5 Análise custo-benefício de políticas e medidas

Para as políticas e medidas definidas anteriormente serem passíveis de aplicação, elas devem, para além de provar eficácia na melhoria da qualidade do ar (através de modelação), ser economicamente viáveis. Isto significa que as vantagens que elas trarão devem ser inferiores aos custos que implicam, ou pelo menos, que estes devem ser compensadores em termos de melhoria da qualidade de vida da população.

Deste modo, foi feita uma avaliação dos custos médios que algumas das medidas mencionadas anteriormente terão caso sejam aplicadas. Para tal, usaram-se valores tais como preços de equipamento e de implementação, taxas de diminuição de

veículos em circulação ou externalidades do tráfego automóvel de pesquisa bibliográfica, com base em exemplos de países estrangeiros e em médias europeias. Os pormenores da análise económica das medidas propostas encontram-se no Anexo B, apresentando-se em seguida o Quadro 4.2 com os resultados finais.

Algumas das medidas não foram analisadas sob o ponto de vista económico por falta de dados de base para o cálculo de custos e/ou emissões. No entanto, também em anexo se apresentam os dados disponíveis neste momento, para, futuramente, se proceder a uma análise mais completa.

Quadro 4.2: Resumo dos custos e dos benefícios resultantes da aplicação de algumas das medidas propostas, para 2010.

Medida	Redução médias das emissões nos concelhos (%)			Custo de implementação e/ou operação (milhões €)	Poupança nas externalidades (milhões €)
	PM ₁₀	NO _x	COVNM		
Renovação veículos recolha RSU	0,5	0,1	+	0,3	+
Diminuição % pesados em circulação	18,6	4,9	0,9	*	7,1
ZCT	1,8	5,5	2,34	+	5,5
Placas alternadas	10,8	10,1	3,5	+	2,17
ZER	26,5	9,4	1,3	37,0	9,9
Diminuição velocidade AE	36,9 (local)	+	+	2,0	+
Vias de alta ocupação	+	+	+	0,17 km ⁻¹	+
Substituição 50%lareiras	8,1	0,8	1,4	+	+
Substituição 100%lareiras	16,2	1,6	2,8	+	+
Lavagem ruas	30 (local)	*	*	+	+

* Não aplicável

+ Não calculado por falta de dados

Das medidas analisadas, não houve possibilidade de calcular os custos de operação e/ou implementação para todas. No caso da medida de redução da percentagem de pesados de mercadorias em circulação, porque estes não são aplicáveis. Nos restantes casos, por falta de dados de exemplos de outros países, ou, no caso específico da substituição das lareiras, por ausência de inventariação nacional deste tipo de equipamento. O facto dos custos das externalidades consultados serem determinados por distância percorrida e não por tipo de veículo/combustível, torna impraticável o cálculo da quantidade poupada em externalidades pela aplicação das medidas que se referem à introdução de FP em veículos de recolha de RSU, à diminuição da velocidade nas auto-estradas, à substituição de lareiras e à lavagem de ruas.

Assim, da análise do Quadro 4.2 verifica-se que as medidas que se relacionam com a gestão do tráfego ao nível dos veículos pesados são as mais eficazes em termos de redução das emissões. De facto, estes veículos, para além de possuírem factores de emissão mais elevados que os restantes elementos de tráfego, fazem parte de frotas maioritariamente constituídas por veículos antigos e, logo, mais poluentes.

A taxação da entrada de veículos particulares nas cidades não se revela tão eficaz na redução das emissões porque, por um lado, a não circulação é uma escolha do utente (que pagará se o pretender fazer), e, por outro, as emissões dos ligeiros não são tão

significativas quanto as dos pesados. Deve também ter-se em consideração a impopularidade deste tipo de medidas. Segundo Sahagún e ApSimon (2003), que aplicaram o modelo USIAM a um vasto conjunto de medidas de melhoria da qualidade do ar hipoteticamente aplicadas em Londres, as medidas que envolvam a aplicação de taxas sobre a circulação de determinados tipos de veículos são menos eficazes do que aquelas que incidem, por exemplo, na troca de combustíveis poluentes por outros mais ecológicos.

A lavagem de ruas traz benefícios mais imediatos ao nível local, e deve ser aplicada com regularidade nas ruas mais movimentadas e, à partida, mais poluídas das cidades, mas também em zonas sujeitas a grandes obras de construção civil.

A substituição das lareiras é uma medida cuja aplicação depende da cooperação por parte da população, pelo que deve ser realizada uma campanha de sensibilização e informação para esta questão. É, no entanto, bastante importante que seja posta em prática, já que a sua contribuição para as emissões totais nacionais é relevante e pode facilmente ser eliminada.

Quanto aos custos de implementação das medidas, a criação de Zonas de Emissão Reduzidas é a que acarreta mais despesas, devido à disponibilidade de meios humanos e técnicos que terá de existir. É, no entanto, a medida que maiores poupanças em externalidades trará, o que se coaduna com o facto de os veículos pesados implicarem custos externos bastante elevados. A proibição de circulação a 50% de pesados de mercadorias nos centros das cidades traz igualmente grandes vantagens ao nível da diminuição dos custos externos.

4.6 Resultados da modelação do cenário de redução

Para a modelação do cenário de redução foram seleccionadas várias medidas que, aplicadas em conjunto, trarão reduções significativas das emissões de partículas e precursores de ozono. Essas medidas são a implementação de um sistema de lavagem de ruas nas artérias mais poluídas de cada concelho, a introdução de filtros de partículas e sistemas de recirculação de gases de escape nos veículos antigos de recolha de RSU, a criação de Zonas de Emissão Reduzidas nos centros das cidades, a implementação de um sistema de placas de matrícula alternadas nos centros das cidades e a substituição de lareiras no sector doméstico.

São, assim, previstas reduções ao nível dos veículos colectivos de transporte e individuais, ao nível da combustão doméstica e ao nível das emissões da ressuspensão. As reduções de partículas situam-se à volta dos 50%, as reduções de NO_x são cerca de 20% e as de COVNM chegam aos 10%.

De notar que este conjunto de medidas foi seleccionado tendo em conta a sua eficácia, custo e praticabilidade. Outros poderão ser construídos tendo como resultado uma redução semelhante de emissões, devendo a escolha ser pautada por critérios inerentes a cada entidade, sem, no entanto, ser atenuada a redução de emissões que se obtém pela aplicação deste cenário.

4.6.1 Partículas

A modelação do Cenário de Redução descrito contemplou a análise de um ano completo de dados. Da aplicação das reduções de emissões obtiveram-se campos diferenciais (em percentagem) de concentração de partículas, representados, a título de exemplo, na Figura 4.8, para os dias 31 de Julho, 29 de Setembro e 3 de Outubro

de 2004. Estes campos são obtidos através da subtração das concentrações obtidas pelo modelo após aplicação do Cenário Redução àquelas obtidas através da modelação do Cenário Base.

Pela observação dos diferenciais, pode concluir-se que, nos dias representados, a qualidade do ar revela melhorias da ordem dos 0,5 a 11,5% na zona Norte. As maiores reduções são observadas na AMP, onde as emissões são maiores.

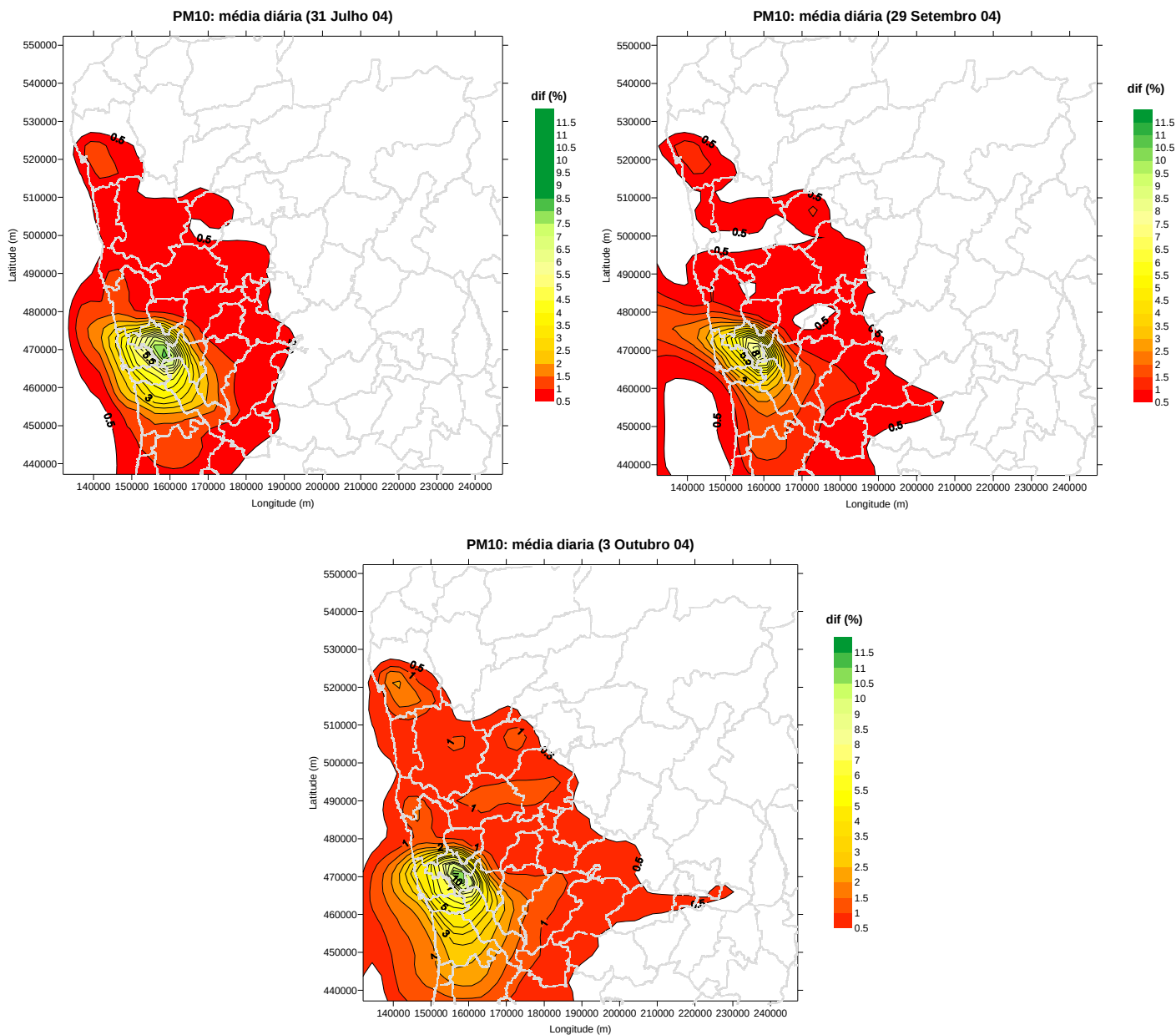


Figura 4.8: Campos diferenciais (%) de concentração média diária de PM₁₀ na Região Norte, para os dias 31 de Julho, 29 de Setembro e 3 de Outubro de 2004 (de cima para baixo e da esquerda para a direita), após aplicação das medidas consideradas no cenário de redução.

Em termos da média anual, representam-se na Figura 4.9, os diferenciais de concentração para este parâmetro, podendo-se concluir que as reduções máximas são da ordem dos 10%, verificadas na AMP.

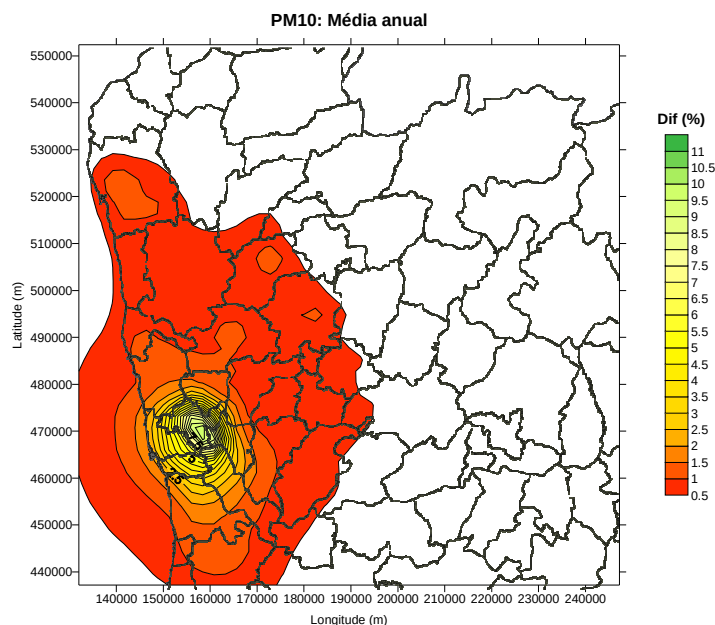


Figura 4.9: Campos diferenciais (%) de concentração de PM₁₀ na Região Norte, em termos de média anual, após aplicação das medidas consideradas no cenário de redução.

De uma forma global, analisando as diferenças de concentração obtidas para todo o ano e para todas as estações em incumprimento aquando da modelação do Cenário de Redução, conclui-se que as estações de Senhora da Hora, Leça do Balio, Perafita e Vila Nova da Telha passam a estar em cumprimento da legislação relativa ao número máximo de vezes que o VL diário acrescido da MT pode ser excedido por ano civil (Quadro 4.3). As estações das Antas e Ermesinde aproximam-se bastante do cumprimento da legislação. A estação de Vila do Conde continua com o número mais elevado de excedências de todas as estações em incumprimento, facto que se deve, muito provavelmente, à existência de uma churrasqueira nas imediações da estação, que eleva os valores de matéria particulada no ar ambiente e, que, naturalmente, não é considerada no modelo. As estações de Paredes e Guimarães não mostram reduções significativas nos níveis de excedências, facto explicado talvez pela sub-estimativa do inventário de emissões para estes municípios, que conduz a que a modelação dos dois cenários não apresente diferenças expressivas. Pode também existir alguma dificuldade do modelo de responder às emissões/meteorologia verificada nestes locais. A análise desta situação será feita no âmbito de trabalhos futuros. As restantes estações (Boavista, Matosinhos e Custóias) continuam a manter o incumprimento dos limites legais.

Quadro 4.3: Número estimado de excedências ao VL diário+MT de PM₁₀ nas estações em incumprimento em 2004, após aplicação das medidas consideradas no cenário de redução.

Estação	Diferença no número de excedências entre os cenários (%)	Nº excedências após aplicação das medidas
Antas	30,4	37
Boavista	36,4	66
Matosinhos	39	42
Custóias	37,4	46
Sra. Hora	38,4	30
Leça Balio	47,3	25
V. Conde	35,7	70
Perafita	28,6	35
V.N. Telha	34,7	27
Ermesinde	30,0	36
Paredes	8,8	63
Guimarães	4,2	56

As estações que mantêm o incumprimento são aquelas que registaram mais excedências no ano de 2004, pelo que as medidas previstas no Cenário de Redução deverão ser aplicadas em conjunto com outras medidas sugeridas em 4.4.

Em relação à média anual, as estações em incumprimento (Boavista, Vila do Conde, Paredes e Guimarães) sofrerão uma redução, continuando, no entanto, em incumprimento do valor limite anual de 42 µg/m³ (Quadro 4.4). Tal como explicitado anteriormente, a estação de Vila do Conde apresenta valores elevados de partículas devido à presença de uma churrasqueira na proximidade da estação e a modelação da qualidade do ar dos concelhos de Paredes e Guimarães pode ter obstáculos ao nível das emissões e/ou do próprio funcionamento do modelo.

Quadro 4.4: Média anual estimada de PM₁₀ nas estações em incumprimento em 2004, após aplicação das medidas consideradas no cenário de redução.

Estação	Diferença na média anual entre os cenários (%)	Média anual após aplicação das medidas
Boavista	6,5	47
V. Conde	2,5	52
Paredes	0	44
Guimarães	0	47

4.6.2 Ozono

As concentrações de ozono no ar ambiente, tal como descrito no ponto 3.2, dependem, positiva ou negativamente, da presença de precursores como os COVNM (antropogénicos e biogénicos), CO, NO_x, entre outros. A diminuição da emissão de NO_x nos centros das cidades pode trazer resultados pouco favoráveis, como o aumento das concentrações de O₃ nestes locais, devido a uma menor titulação do NO_x, dependendo sempre da situação e local específicos em análise.

No entanto, dos resultados obtidos aquando da representação dos diferenciais de concentração máxima de ozono (Figura 4.10), observa-se que a diminuição das emissões de compostos precursores leva à diminuição dos picos de ozono, mais significativa nos centros urbanos, onde as reduções de emissões são proporcionalmente maiores.

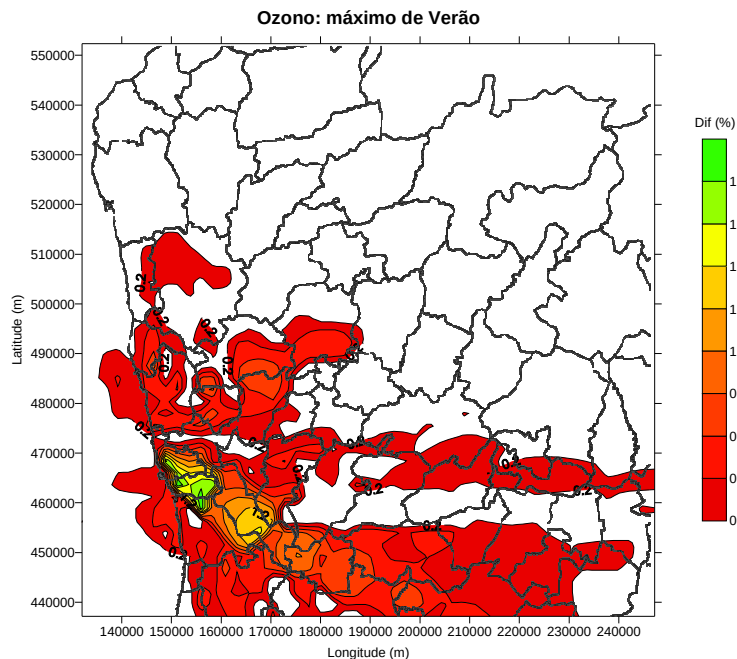


Figura 4.10: Campos diferenciais (%) de concentração de ozono na Região Norte, em termos de máximos horários de Verão, após aplicação das medidas consideradas no cenário de redução.

Deve observar-se que as reduções nas concentrações de ozono são muito pequenas, pelo que estes resultados revelam que as medidas de melhoria da qualidade do ar seleccionadas não serão suficientemente efectivas para reduzir as concentrações ambiente de ozono.

Quanto aos resultados quantitativos da modelação dos cenários base e de redução, estes sugerem uma sobre-estimativa do modelo em relação às concentrações de ozono monitorizadas. Para além disso, os níveis de ozono são bastante influenciados por emissões provenientes para lá das fronteiras nacionais e que não são consideradas no inventário de emissões utilizado no âmbito deste Plano de Melhoria.

Pelos motivos expostos, delega-se para trabalho posterior a análise aprofundada das consequências na qualidade do ar derivadas da redução das concentrações de compostos precursores de ozono.

4.7 Indicadores para a monitorização dos objectivos

Após o desenvolvimento das medidas para a melhoria da qualidade do ar e supondo que elas serão aplicadas, devem ser definidos alguns indicadores para avaliar o sucesso da sua implementação. A utilização de indicadores como a evolução da qualidade do ar é aconselhada, apesar dos efeitos de uma dada medida poderem ser mascarados por outros factores, como a meteorologia ou obras imprevistas. A modelação da qualidade do ar deverá ser equacionada como meio de avaliar a eficácia da efectiva implementação de medidas, ultrapassando este tipo de obstáculos.

Como complemento à modelação da qualidade do ar, é aconselhável o desenvolvimento de indicadores ao nível da actividade dos sectores sujeitos às medidas. Pode, por exemplo, estudar-se a variação do número de utentes dos transportes públicos ou o número de novos veículos movidos a tecnologias limpas. Pode também monitorizar-se o tráfego automóvel em zonas onde se propôs a restrição deste ou identificar o número de veículos equipado com filtros de partículas.

5. Considerações finais

Este trabalho permitiu identificar as principais fontes de material particulado em Portugal, bem como as causas dos episódios de excedência do VL+MT legislado verificados nas aglomerações Porto Litoral, Vale do Sousa e Vale do Ave em 2004. Uma análise detalhada dos períodos de incumprimento levou a concluir que apenas uma pequena parte dos episódios está associada ao transporte de poeiras oriundas do deserto da Costa de África e à ocorrência de incêndios florestais (18%), fontes naturais emissoras de material particulado, PM₁₀ e PM_{2.5}.

Relativamente ao ozono, foram identificadas como em incumprimento ao valor alvo para a protecção da saúde humana e da vegetação (em 2004 e 2005) as aglomerações de Braga, Vale do Sousa e Vale do Ave e as zonas Norte Litoral e Interior.

A modelação do Cenário Base revelou que as medidas em curso e já implementadas não são suficientes para que a Região Norte passe a cumprir os valores limite legislados. Assim, foi definido um Cenário de Redução tendo em consideração a aplicação das medidas de implementação de um sistema de lavagem de ruas nas artérias mais poluídas de cada concelho, de introdução de filtros de partículas e sistemas de recirculação de gases de escape nos veículos antigos de recolha de RSU, de criação de Zonas de Emissão Reduzidas nos centros das cidades, de implementação de um sistema de placas de matrícula alternadas nos centros das cidades e de substituição de lareiras no sector doméstico.

A análise dos diferenciais de concentração de partículas revela uma melhoria da qualidade do ar na Região Norte por implementação das medidas constantes no Cenário de Redução, o que conduz à diminuição do número de excedências das estações de qualidade do ar em incumprimento em 2004, não se alcançando, no entanto, o cumprimento da legislação em todas. Para estas estações, sugere-se a aplicação das medidas previstas no Cenário de Redução em conjunto com outras medidas sugeridas no presente Plano de Melhoria.

Quanto ao ozono, as conclusões retiradas são ainda provisórias. A diminuição das concentrações do precursor NO_x nos centros das cidades leva a uma diminuição das concentrações de ozono máximas nestes locais, mas com pouco significado. No entanto, este é um tipo de análise que deve ser feito recorrendo a dados de emissão além-fronteiras, pelo que se recomenda o seu aprofundamento em trabalhos posteriores. Para além disso, o modelo parece sobre-estimar as concentrações ambiente de ozono, pelo que terá de ser feita a sua correcta validação para o caso específico da Região Norte e para o ano meteorológico de 2004.

Em relação às vantagens económicas e ambientais das medidas seleccionadas, a principal conclusão a reter é que são as medidas relacionadas com a gestão do tráfego ao nível dos veículos pesados antigos que mais eficácia revelam em termos de diminuição das emissões atmosféricas e, logo, em termos de abatimento de despesas com externalidades derivadas da poluição atmosférica.

É ainda importante referir que apesar de se considerarem como fontes naturais, os incêndios florestais são, em Portugal, maioritariamente de causa humana. Neste sentido, deverão a ser definidas fortes medidas de prevenção e combate visando a diminuição da área ardida no País e, consequentemente, das emissões de partículas e precursores de ozono.

Numa primeira fase de avaliação, as medidas a implementar poderão restringir-se às referidas neste documento, ficando em aberto a sua reformulação ou complemento, caso durante os próximos anos se verifique ainda um não cumprimento do valor limite.

Todas as medidas testadas por meio da modelação fotoquímica possuem um elevado potencial de redução de emissões e abrangem essencialmente o sector do tráfego automóvel, pelo que, para a sua implementação, será necessária a colaboração estreita das respectivas Autarquias com a CCDR-N. Outras medidas referidas no presente documento, mas não testadas usando a modelação, são igualmente eficazes, como a proibição de circulação nos centros das cidades a 50% dos camiões. A redução das emissões das obras de construção civil revela-se não só importante, como de simples aplicação. O controle mais rigoroso do funcionamento das indústrias, principalmente aquelas localizadas em aglomerados, reveste-se de uma importância acrescida, no sentido em que queixas da população residente nas proximidades destas zonas são remetidas com frequência à CCDR-N.

Finalmente, deve notar-se que existe algum trabalho futuro de aperfeiçoamento a realizar no que concerne à modelação fotoquímica. De facto, a simulação para um ano completo de dados meteorológicos foi realizada pela primeira vez no contexto dos Planos e Programas, o que se traduz nalgumas fragilidades que deverão ser ultrapassadas em trabalhos posteriores. Designadamente ao nível do inventário de emissões utilizado, que deverá ser melhorado. Deve também ser analisada a resposta do modelo TAPM a situações específicas, nomeadamente o caso dos concelhos de Paredes e Guimarães no que concerne às PM_{10} e dos concelhos de Vila Real e Viana do Castelo no que concerne aos níveis de O_3 .

Referências

- Boavida, F., Jardim, D., Carreira, P., Ferreira, F., Tente, H., Mesquita, S., *Guia para a elaboração de Planos e Programas*, IA e DCEA-FCT/Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Julho 2004.
- Borrego, C., Miranda, A.I., Amorim, J.H., Salmim, L., Santos, P., Carvalho, A.C., Tavares, R., Costa, A.M., Carvalho, A., Valente, J., *Avaliação do Impacte na Qualidade do Ar da Circulação de Transportes Públicos Movidos a Gás Natural na Cidade do Porto*, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Portugal, Fevereiro 2006a
- Borrego, C.; Miranda, A.I.; Coutinho, M.; Ginja, J.; Ribeiro, C.; Bento, S. – *Relatório da qualidade do ar - 2004. Rede de monitorização da região norte*. IDAD, Aveiro, Portugal: Dezembro 2005
- Borrego, C., Miranda, A.I., Tchepel, O., Monteiro, A., Salmim, L., Ginja, J., Coutinho, M., Ribeiro, C., Bento, S., *Inventariação das Emissões de Poluentes Atmosféricos da Região Norte – Desenvolvimento do inventário "Top-Down". Relatório R1*, DAO, Universidade de Aveiro, Aveiro, Novembro 2003
- Borrego, C.; Miranda, A.I.; Tchepel, O.; Monteiro, A.; Salmim, L.; Ginja, J.; Coutinho, M.; Ribeiro, C.; Bento, S. - *Inventariação das Emissões de Poluentes Atmosféricos da Região Norte - Desenvolvimento do inventário "Bottom-Up". Relatório R3*, AMB-QA-06/2004. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal: Julho 2004.
- Borrego, C., Miranda, A. I., Monteiro, A., Martins, H., Ferreira, F., Salmim, L., Sousa, S., Coutinho, M., Pereira, M., *Planos e Programas de acção para a melhoria da qualidade do ar na Região Norte – relatório síntese 2001-2003*, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Portugal, Dezembro 2006c
- Borrego, C., Miranda, A.I, Sousa, M., Sousa, S., Coutinho, M., *Estado da Qualidade do Ar na Região Norte – 2005, Identificação de medidas para a melhoria da qualidade do ar na Região Norte no que respeita ao ozono e seus precursores, Relatório R1*, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e IDAD, Portugal, Setembro 2006b
- Bris, F.J., Garnaud, S., Apperry, N., Gonzalez, A., Mouchel, J.M., Chebbo, G., Thevenot, D.R., *A street deposit sampling method for metal and hydrocarbon contamination assessment*. The Science of the Total Environment 121, pp.229 – 237, 1999.
- CAFE Working Group on Particulate Matter, *Second Position Paper on Particulate Matter - Final Draft*, 2004
- Carvalho, A., *A qualidade do ar e as alterações climáticas em Portugal*, dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Aplicadas ao Ambiente, 2006
- Carvalho, A.; Ferreira, J.; Arreola, J.L.; Carvalho, A.C.; Miranda, A.I.; Alonso, S. and Borrego, C. - *Sensitivity tests of MM5 modelling system over a coastal region in Portugal*. Air Pollution 2002, Segovia, Spain, 1 – 2 July, 2002 – Air Pollution X. Eds C. A. Brebbia & J.F. Martin-Duq, WITpress Nottingham, pp. 503 – 512, 2002.
- Caseiro, A., Pio, C., Puxbaum, H., Kasper-Giebl, A., Bauer, H., Schmidl, C., *Contribuição de queima de madeira no aerossol europeu*, Actas da 9ª Conferência Nacional de Ambiente, Aveiro, Abril 2007

CE - *Guidance on the Annexes to Decision 97/101/EC on Exchange of Information as revised by Decision 2001/752/EC for the European Commission*, DG Environment, 2002.

Chang, Y.M.; Chou, C.M.; Su, K.T.; Tseng, C. H. – *Effectiveness of street sweeping and washing for controlling ambient TSP*. Atmospheric Environment, Vol. 39, 1891-1902, 2005.

Chow, J.C., Watson, J.C., Egami, R.T., Frazier, C.A., Lu, Z., *Evaluation of regenerative air vacuum street sweeping on geological contributions to PM₁₀*. Journal of the Air and Waste Management Association 40, 1134–1142, 1990.

Coutinho, M., Ribeiro, C., Borrego, C., *Avaliação dos episódios de ozono em Julho e Agosto de 2003 na Região Sul de Portugal Continental*, Actas da 9ª Conferência Nacional de Ambiente, Aveiro, Abril 2007

Creilson, J.K., Fishman, J., Wozniak, A.E., *Intercontinental transport of tropospheric ozone: a study of its seasonal variability across the North Atlantic utilizing tropospheric ozone residuals and its relationship to the North Atlantic Oscillation*, Atmospheric Chemistry and Physics nr 3, pp 2053-2066, 2003.

Cowherd, C., Muleski, G.E., Kinsey, J.S., *Control of open fugitive dust sources*, EPA-450/3-88-008, US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 1998

Derwent, R., Collins, W., Johnson, C., Stevenson, D., *Global ozone concentrations and Regional Air Quality*, Environmental Science & Technology, pp 379A-382A, 1 Outubro 2002

Direcção Geral de Florestas – Divisão de Protecção e Conservação Florestal. *Incêndios Florestais 2004. Relatório Provisório*, Outubro 2004.

Direcção Geral do Ambiente / Universidade Nova de Lisboa – *Delimitação de Zonas e Aglomerações para a Avaliação da Qualidade do Ar em Portugal*. Direcção Geral do Ambiente, Alfragide, Outubro 2001.

Donato, E. e Donati, D., *Implementing air quality guidelines: the operative plan for 2005 in Rome*, 1st CITEAIR Workshop, Roma, 11 Março 2005.

Draxler, R., Stunder, B., Rolph, G., Taylor, A. – *HYSPLIT4 User's Guide, Version 4.7*, November 2005.

Dudhia, J. - *A non hydrostatic version of the Penn State/NCAR mesoscale model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and clod front*. In Mon. Wea. Rev., 121, 1493-1513, 1993.

EEA, European Environmental Agency *Air Pollution by ozone in Europe in summer 2004*, EEA Technical report nr 3/2005, Copenhagen, 2005

ENVIRON International Corporation - *CAMx User's Guide*. Comprehensive Air quality Model with extensions (CAMx). Version 4.00. ENVIRON International Corporation, Novato, California, January 2004.

Evtyugina, M., Nunes, T., Correia Marques, M., *Poluição fotoquímica em áreas rurais do nordeste transmontano*, actas da 9ª Conferência Nacional do Ambiente, Aveiro, Abril 2007

EEA, European Environmental Agency - *Criteria for EUROINET: The EEA Air Quality Monitoring and Information Network*. EEA, Technical Report No 12, Copenhagen, 1999. Web site: <http://reports.eea.eu.int/TEC12/en/tech12.pdf>.

Ferreira, F., Nogueira, L., Almeida, C., Tente, H., Martins, A., Monjardino, J., Neto, J., Franco, N., Pereira, P., Gomes, P., Mesquita, S., Ferreira, V.G., Maciel, H., Torres, P.,

Planos e Programas para a melhoria da Qualidade do Ar na região de Lisboa e Vale do Tejo, Relatório Final, DCEA-FCT/Universidade Nova de Lisboa, CCDR-LVT e INVENTAR, Lisboa, Junho 2005.

Ferreira, J.; Carvalho, A.; Carvalho, A.C., Monteiro, A.; Martins, H.; Miranda, A.I and Borrego, C. - *Chemical Mechanisms in two photochemical modelling systems: a comparison procedure*. In Int. Tech. Meeting of NATO-CCMS on "Air Pollution Modelling and its Application", 26th, Istanbul, Turkey, 26-30 May 2003 - Air Pollution Modelling and its Application XVI, Eds Carlos Borrego and Selahattin Incecik, Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York, pp. 87-96.

Ferreira, J.; Salmim, L.; Monteiro, A.; Miranda, A.I. e Borrego, C. – *Avaliação de episódios de ozono em Portugal através da modelação fotoquímica*. In 8ª Conferência Nacional de Ambiente, 27-29 de Outubro 2004, Lisboa, Portugal – Actas da 8ª Conferência Nacional de Ambiente: Lisboa, pp. 383-384.

Ferreira, F., Gomes, P., Pereira, P., Nogueira, L., Santos, F., Santos, F., *Avaliação do impacte nos níveis de partículas inaláveis resultante do reforço das lavagens na Avenida da Liberdade*, DCEA-FCT/Universidade Nova de Lisboa, CCDR-LVT e CML, Lisboa, Fevereiro 2006

Gery, M.W., Whitten, G.Z., Killus, J.P. and Dodge, M.C. – *A photochemical kinetics mechanism for urban and regional scale computer modelling*. In J. Geophys. Res., 94, pp. 925-956, 1989.

González, S. R. - *Sources and processes affecting levels and composition of atmospheric particulate matter in the Western Mediterranean*. Submitted for the degree of Doctor of Philosophy at the Polytechnic University of Catalonia. Institute of Earth Sciences "Jaume Almera" – CSIC, October 2002.

Grell, G., Dudhia, J., and Stauffer, D. *A Description of Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5)*, NCAR Tech. Note NCAR/TN-398+STR, Boulder, 122 pp. 1994.

Hamonou, E., Chazette, P., Balis, D., Dulac, F., Schneider, X., Galani, E., Ancellet, G., Papayannis, A. – *Characterization of the vertical structure of Saharan dust export to the Mediterranean basin*. Journal of geophysical Research, 104 (1999), 22257-22270.

IA – INSTITUTO DO AMBIENTE (2005): Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2003. Web page: www.iambiente.pt.

Instituto do Ambiente / Universidade Nova de Lisboa – *Guia para a elaboração de planos e programas*. Instituto do Ambiente, Julho de 2004.

Instituto do Ambiente/Universidade Nova de Lisboa/Centro de Estudos em Economia da Energia, dos Transportes e do Ambiente *Programa para os Tectos de Emissão Nacional, Estudos de Base: Cenário de cumprimento da Directiva 2001/80/CE*, Maio 2004a

Instituto do Ambiente/Universidade Nova de Lisboa/Centro de Estudos em Economia da Energia, dos Transportes e do Ambiente, *Programa para os Tectos de Emissão Nacional, Estudos de Base: Cenário de Referência*, Maio 2004b

Instituto do Ambiente/Universidade Nova de Lisboa, *Programa para os Tectos de Emissão Nacional, Estudos de base: Medidas para o controlo das emissões nacionais de COVNM*, Maio 2004c

Kuhns, H.; Etyemezian, V; Green, M.; Hendrickson, K.; McGown, M.; Bartin, K.; Pitchford, M. – *Vehicle-based road dust emission measurement – Part II: Effect of precipitation, wintertime road sanding, and street sweepers on inferred PM10 emission potentials from paved and unpaved roads*. Atmospheric Environment, Vol. 37, 4573-4582, 2003.

Martins, H.; Carvalho, A.; Miranda, A.I.; Salmim, L. e Sousa, M. - *Incêndios florestais periurbanos e qualidade do ar*. In 8ª Conferência Nacional de Ambiente, 27-29 Outubro 2004, Lisboa, Portugal – Actas da 8ª Conferência Nacional de Ambiente, pp. 408-409. Artigo publicado em CD-Rom.

Mauzerall, D.L., Sultan, B., Namsoug, K., Bradford, D.F., *NOx emissions from large point sources: variability in ozone production, resulting health damages and economic costs*, Atmospheric Environment nr 39, pp 2851-2866, 2005

Metro do Porto, *Relatório e Contas 2005*, Porto, 2005

Miranda A.I., Borrego C., Sousa, M. e Valente, J. - *Model of Forest Fire Emissions to the Atmosphere*. Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro: 2005b. AMB-QA-07/2005. Deliverable D252 of SPREAD Project (EVG1-CT-2001-00043).

Miranda, A.I.; Martins, H.; Carvalho, A. and Borrego, C. – *Modelling Smoke Effects on Lisbon Air Quality*. In Sixth Fire and Forest Meteorology Symposium and the 19th Interior West Fire Council Meeting, 25-27 October 2005a Canmore, AB, Canada. Proceedings in CD-Rom.

Monteiro, A.; Vautard, R.; Lopes, M.; Miranda, A.I. and Borrego, C. – *Air Pollution Forecast in Portugal: a demand from the new Air Quality Framework Directive*. International Journal of Environment and Pollution. Vol. 25, No 2 (2005) pp 4-15.

Nascimento, T. e Duarte, L., *Portagens retiram 40,4 milhões de carros por ano em Lisboa*, Água e Ambiente nº 101, Abril 2007

Nickovic, S., Kallos, G., Papadopoulos, A., Kakaliagou, O. - *A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere*, J. Geophys. Res., 106 (2001), 18113-18130.

Pinho, P., Alves, B., Malafaya, F., Antunes, A.C., Neto, F., Bahia, A., Guimarães, M., *Desenvolvimento Sustentável do Concelho da Maia – Plano estratégico*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 30 Setembro 2001

Querol, X., Alastuey, A., Puigercus, J.A., Mantilla, E., Miro, J.V., Lopez-Soler, A., Plana, F., Artinano, B. – *Seasonal evolution of Suspended Particles Around a Large Coal-Fired Power Station: Particle Levels and Sources*. Atmospheric Environment 32, 11 (1998), 1963-1978.

Querol, X., Alastuey, A., Rodríguez, S., Vliana M., Artinano, B., Salvador, P., Mantilla, E., Garcia do Santos, S., Fernández Patier, R., de la Rosa, J., Sánchez de la Campa, A. and Menéndez, M. - *Levels of PM in rural, urban and industrial sites in Spain*. Seventh International Highway & Urban Pollution Symposium, Barcelona, 20-23 May 2004.

Ribeiro, C., *Aplicação de um Modelo Meteorológico e de Qualidade do Ar a Portugal*, dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Mestre em Poluição Atmosférica, 2005

Rodríguez, S., Querol, X., Alastuey, A., Kallos, G., Kakaliagou, O. - *Saharan dust contributions to PM₁₀ and TSP levels in Southern and Eastern Spain*. Atmospheric Environment 35 (14) (2001), 2433-2447.

Sahagún, A. M., ApSimon, H.M., *Urban scale integrated assessment of options to reduce PM₁₀ in London towards attainment of air quality objectives*, Atmospheric Environment 37 (2003), 4651-4665.

Salmim, L., Ferreira, J., Monteiro, A., Miranda, A.I., Borrego, C. - *Emissions reduction scenarios for 2010: Impact on air quality in Portuguese urban areas*. Em 5th International Conference on Urban Air Quality, Valencia, Espanha, 29-31 Março 2005 –

Proceedings in CD-ROM, eds. Ranjeet Sokhi, Millán M Millán and Nicolas Moussiopoulos.

Salmim, L.- *Avaliação da Qualidade do Ar: aplicação a cenários de emissões*. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Mestre em Poluição Atmosférica, 2005.

Seinfeld, J.H and Pandis, S.N. – *Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change*, Wiley, New York, 1998.

Sillman, S., *The relation between ozone, NOx and hydrocarbons in urban and polluted rural environments*, Atmospheric Environment nr 33, pp 1821-1845, 1999

Tchepel, O. A., *Modelo de emissões para apoio à decisão na Gestão da Qualidade do Ar*, dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Aplicadas ao Ambiente

TfL, *Central London congestion charging scheme-impacts monitoring, summary review*, Londres, Janeiro 2005.

Tong, D.Q., Muller, N.Z., Mauzerall, D.L, Mendelsohn, R.O., *Integrated Assessment of the spatial variability of ozone impacts from emissions of nitrogen dioxides*, Environmental Science & Technology, vol. 40, nr 5, pp 1395-1400, 2006

US EPA, *Automobiles and ozone*, Fact Sheet OMS-4, Janeiro 1993

Vaze, J., Chiew, S., *Experimental study of pollutant accumulation on an urban road surface*. Urban Water 4, 379–389, 2002.

URL1: Instituto Nacional de Estatística: <http://www.ine.pt/censos2001/censos.asp>

URL2: Unites States Geological Survey: http://coastal.er.usgs.gov/african_dust

URL3: Barcelona Supercomputing Center – Dream: <http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/>

URL4: Total ozone Mapping Spectrometer: http://toms.gsfc.nasa.gov/aerosols/aerosols_v8.html

URL5: HYSPLIT Online Transport and dispersion model: <http://www.arl.noaa.gov/ready/open/hysplit4.html>

URL6 e 7: Estudo sobre os corredores *bus* na cidade do Porto: http://www.clipping.mediamonitor.pt/pdfTemp/etn_3754479_314_0.pdf
http://www.clipping.mediamonitor.pt/pdfTemp/etn_3754580_314_0.pdf

URL8: Partilha de automóveis: www.deboleia.com

URL9: Transportation for London: <http://www.tfl.gov.uk/tfl>

URL 10: Associação Portuguesa do Veículo a Gás Natural: www.apvgn.pt

URL 11 e 12: Previsão da Qualidade do ar FCT: <http://www.prevqualar.org/home.do>
Previsão da Qualidade do ar UA: http://www2.dao.ua.pt/gemac/previsao_qar/

Anexo A

*Enumeração e caracterização dos episódios de
excedências ao VL + MT de PM₁₀ em 2004*

Quadro 1: Períodos do ano de 2004 em que se verificaram excedências ao VL+ MT de PM₁₀ em três ou mais estações de monitorização.

Episódio	Data das excedências	Estações com excedências	Observações (Concentrações em µg/m ³)
1	4 Jan 04	C, LB, ER, VC	56< PM ₁₀ <67
2	6 Jan 04	PER, VC	60< PM ₁₀ <61
3	15-16 Jan 04	LB, M, PER, SH, BOA, VC, PAR	57< PM ₁₀ <86
4	19-24 Jan 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR	56< PM ₁₀ <132 (muitos valores acima de 100)
5	29 Jan 04	BOA, VC, PAR	57< PM ₁₀ <83
6	3-8 Fev 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR	57< PM ₁₀ <102
7	10-18 Fev 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR	56< PM ₁₀ <169 (muitos valores acima de 100)
8	3 Mar 04	PER, A, ER, VC	57< PM ₁₀ <64
9	5 Mar 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, PAR	86< PM ₁₀ <105
10	9 Mar 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, PAR	61< PM ₁₀ <83
11	15-17 Mar 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR	59< PM ₁₀ <128
12	20 Mar 04	BOA, VC, PAR	58< PM ₁₀ <66
13	6-7 Abr 04	C, LB, M, SH, BOA, ER, VC	57< PM ₁₀ <83
14	15-16 Abr 04	M, A, BOA, VC, GMR	59< PM ₁₀ <98
15	25-28 Abr 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, PAR, GMR	56< PM ₁₀ <132
16	12 Mai 04	C, M, BOA, GMR	57< PM ₁₀ <106
17	14-15 Mai 04	C, M, BOA, VC, GMR	58< PM ₁₀ <153
18	17- 19 Mai 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, BOA, ER, VC, CL, GMR	56< PM ₁₀ <190
19	21 Mai 04	BOA, PAR, GMR	58< PM ₁₀ <95
20	27 Mai 04	BOA, PAR, GMR	60< PM ₁₀ <68
21	2-3 Jun 04	VNT, C, LB, M, SH, A, BOA, VC	56< PM ₁₀ <182
22	12-18 Jun 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	56< PM ₁₀ <146
23	28 Jun-2 Jul 04	VNT, C, LB, M, A, BOA, ER, VC, PAR, GMR	58< PM ₁₀ <90
24	5-6 Jul 04	M, BOA, VC, PAR, GMR	56< PM ₁₀ <83
25	13-16 Jul 04	VNT, C, LB, M, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	56< PM ₁₀ <100
26	24-28 Jul 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, CL, PAR, GMR	56< PM ₁₀ <121
27	31 Jul – 1Ag 04	C, LB, M, SH, A, BOA, ER, CL, PAR, GMR	56< PM ₁₀ <101
28	26-27 Ag 04	M, A, BOA, VC	58< PM ₁₀ <71
29	3 Set 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC	57< PM ₁₀ <78
30	20 Set a 4 Out 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	57< PM ₁₀ <112
31	7 e 8 Out 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC	64< PM ₁₀ <103
32	13 Nov 04	C, LB, M, SH, ER, VC, PAR	56< PM ₁₀ <75
33	17-20 Nov 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	56< PM ₁₀ <114
34	23-26 Nov 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, BOA, ER, VC, PAR, GMR	59< PM ₁₀ <106
35	3 Dez 04	C, PAR, GMR	61< PM ₁₀ <67
36	7-10 Dez 04	C, LB, SH, ER, VC, PAR, GMR	57< PM ₁₀ <85
37	15-17 Dez 04	VNT, C, LB, M, PER, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	58< PM ₁₀ <101
38	23 e 24 Dez 04	C, LB, M, SH, A, BOA, ER, VC, CL, PAR, GMR	56< PM ₁₀ <95
39	30 e 31 Dez 04	C, LB, ER, VC, PAR, GMR	56< PM ₁₀ <102

(ANT - Antas, BOA - Boavista, CL- Centro de Lacticínios, CUS - Custóias, ERM - Ermesinde, GMR - Guimarães, LB – Leça do Balio, SH - Senhora da Hora, PAR – Paredes, PER - Perafita, VC - Vila do Conde, VNT- Vila Nova da Telha, MAT – Matosinhos)

Quadro 2: Dados para a caracterização dos episódios de ultrapassagem do VL+MT quanto à sua possível origem para o ano de 2004.

Data das excedências	Incêndios	Aerossóis visíveis (NASA)	Dispersão de aerossóis (DREAM)	Retrotrajectórias (Hysplit)	Origem do episódio
4 Jan	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
6 Jan	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
15-16 Jan	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
19-24 Jan	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
29 Jan	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
3-8 Fev	Não	Não	Dias 3, 4 e 5: Não Dias 6, 7 e 8: Sim	Dias 4 e 5: Possível transporte de África, mas com dúvidas Dias 6, 7 e 8: Possível transporte de África	Dias 3, 4 e 5: Causa provavelmente antropogénica Dias 6, 7, 8: Causa provavelmente Natural – desertos
10-18 Fev	Não	Não	Não	Dias 10, 13 e 14: Possível transporte de África, mas com dúvidas Dias 11 e 12: Possível transporte de África	Causa provavelmente antropogénica
3 Mar	Não	Não	Não	Não	Causa provavelmente antropogénica
5 Mar	Não	Não	Sim	Possível transporte de África, mas com dúvidas	Causa provavelmente natural (Norte de África)
9 Mar	Não	Não	Sim	Possível transporte de África, mas com dúvidas	Causa provavelmente natural (Norte de África)
15-17 Mar	Não	Não	Dia 15: Não Dias 16 e 17: Sim	Dia 15: Não vêm de África Dias 16 e 17: Não vêm de África, mas passam muito perto	Dias 15: Causa provavelmente antropogénica Dias 16 e 17: Causa provavelmente natural (Norte de África)
20 Mar	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
6-7 Abr	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
15-16 Abr	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
25-28 Abr	Vila Real (dias 25 e 26)	Dias 26 e 28: Não Dias 25 e 27: Alguma coisa	Não	Não vêm de África Dias 26 a 28: Provável influência do Incêndio de Vila Real (Montalegre)	Dia 25: Causa provavelmente antropogénica Dias 26 a 28: causa provavelmente natural (incêndios)
12 Mai	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
14-15 Mai	Não	Dia 15: Sim	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
17-19 Mai	C. Branco (dia 19)	Dia 17: Sim Dias 18 e 19: Não	Não	Dia 17: Possível transporte de África Dia 19: Provável influência do Incêndio de C. Branco	Dias 17 e 18: Causa provavelmente antropogénica Dia 19: causa provavelmente natural (incêndios)
21 Mai	Não	Sim	Sim	Possível transporte de	Causa provavelmente

				África	natural (Norte de África)
27 Mai	Não	Sim	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
2-3 Jun	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
12-18 Jun	C.Branco e Portalegre (dia 12), Beja (dia 13), Vila Real (dia 15), Guarda (dia 16), Bragança (dias 17 e 18) e C.Branco (dia 18)	Dias 12-15, 17 e 18: Não Dia 16: Sim	Dias 12 e 13: Sim Dia 14-18: Não	Não vêm de África Dia 15: Provável influência do Incêndio de Vila Real	Dias 12-14, 16-18: Não há influência de incêndios, causa provavelmente antropogénica Dia 15: causa provavelmente natural (incêndios)
28 Jun – 2 Jul	Bragança, Beja, Évora e Santarém (dia 29)	Não	Não	Não vêm de África	Não há influência de incêndios, causa provavelmente antropogénica.
5-6 Jul	Guarda (dia 5) Beja e Setúbal (dia 6)	5- Alguma coisa 6 - não	5- Alguma coisa 6 - não	Não vêm de África	Não há influência de incêndios. Causa provavelmente antropogénica
13-16 Jul	Santarém (dias 13 e 14), Bragança (dias 13 e 15), Guarda (dia 14) e Vila Real (dia 15), Guarda e Castelo Branco (dia 16)	Dias 13 e 15: Sim Dia 14: Não	Não	Não vêm de África Dia 14: Provável influência do incêndio de dia 13 em Macedo de Cavaleiros. Dia 15: Provável influência dos incêndios de dia 15 em Torre de Moncorvo e em Sabrosa.	Dias 13 e 16: Não há influência dos incêndios. Causa provavelmente antropogénica. Dias 14-15: causa provavelmente natural (incêndios)
24-28 Jul	Guarda (dias 24-26) Viseu (dias 24-27) Évora (dias 24 e 26), Vila Real e V. Castelo (dias 25 e 27), Setúbal (dia 25), Santarém e Beja (dias 25 e 26), Braga, Lisboa, Leiria e C. Branco (dia 26) e Bragança (dias 26 e 27), Vila Real e Guarda (28)	Dias 26 e 28: Não Outros dias: Sim	Dia 28: Não Outros dias: Sim	Dia 25: Provável influência do incêndio de dia 25 em V. Castelo (V.C.) Dia 26: Provável influência do incêndio de dia 26 em Braga (Guimarães) Dia 27: Provável influência dos incêndios de dia 26 em Braga (Guimarães) e dia 27 em Viana do Castelo (Arcos de Val.) Da 28: Não vêm de África	Dia 24: Não há influência dos incêndios. Causa provavelmente natural (Norte de África) 25-27: Causa provavelmente natural e dupla (fogos e África) Dia 28: Não há influência dos incêndios. Causa provavelmente antropogénica.
31 Jul – 1 Ago	Guarda (dias 31 e 1) e C. Branco (dia 31)	Não	Não	Não vem de África	Não há influência de incêndios. Causa provavelmente antropogénica
26-27 Ago	Guarda (dia 27)	Não	Dia 26: Sem dados Dia 27: Sim	Não vêm de África	Não há influência de incêndios. Causa provavelmente antropogénica.
3 Set	Não	Não	Não	Não vêm de África	Causa provavelmente antropogénica
20Set – 4 Out	Vila Real (dias 26 e 28/9) e Guarda (dias 29/9 e 1/10)	Não	Dia 3/10: Alguma coisa Dias 23 e 24/9 e 4/10: Sim	Não vêm de África	Dias 26 e 27: Influência do incêndio de dia 26 em Vila Real (V.P.Aguiar) Outros dias: causa provavelmente antropogénica

7 e 8 Out	Não há dados	Não	Dia 7: Sim Dia 8: Não	Dia 7: Possível transporte de África, mas com dúvidas Dia 8: Não vêm de África	Se não houver fogos: Dia 7: Causa provavelmente natural (Norte de África). Dia 8: Causa provavelmente antropogénica
13 Nov	Não há dados	Não	Não	Não vêm de África	Se não houver fogos: Causa provavelmente antropogénica
17-20 Nov	Não há dados	Não	Não	Não vêm de África	Se não houver fogos: Causa provavelmente antropogénica
23-26 Nov	Não há dados	Não	Não	Possível transporte de África, mas com dúvidas	Se não houver fogos: Causa provavelmente antropogénica
3 Dez	Não há dados	Não	Não	Não vêm de África	Se não houver fogos: Causa provavelmente antropogénica
7-10 Dez	Não há dados	Não	Não	7: Não vêm de África 8-10: Possível transporte de África, mas com dúvidas	Se não houver fogos: Causa provavelmente antropogénica
15-17 Dez	Não há dados	Não	Não	Não vêm de África	Se não houver fogos: Causa provavelmente antropogénica
23 e 24 Dez	Não há dados	Não	Não	Não vêm de África	Se não houver fogos: Causa provavelmente antropogénica
30 e 31 Dez	Não há dados	Não	Não	Não vêm de África	Se não houver fogos: Causa provavelmente antropogénica

Anexo B

Análise custo – eficácia de políticas e medidas

1. Dados e cálculos prévios

Quadro 1.1: Distância percorrida, por ano, por cada tipo de veículo em estudo, e respectivos factores de emissão de PM₁₀, NOx e COVNM para 2010 (Fontes: adaptado de IA, 2004 ^{**}, STCP, 2005 ⁺; adaptado de Rodrigues, N. *et al*, 2006 ⁺⁺, adaptado de Borrego, C. *et al*, 2006 [#]; Ferreira, F., *et al*, 2005 ^{##})

Tipo de veículo	Distância percorrida (km/veículo/ano)	PM ₁₀	NOx	COVNM
Pesado mercadorias	50 638 ^{**}	2,084 ^{##}	3,013 ^{**}	0,546 ^{**}
Ligeiro (gasolina, gasóleo e GPL)	16 001 ^{**}	0,024 ^{##}	0,413 ^{**}	0,150 ^{**}
Autocarro STCP a gasóleo	32 665 ⁺	0,63 [#]	14,87 [#]	0,254 [#]
Autocarro STCP a gás natural		0,03 [#]	3,93 [#]	0,605 [#]
2 Rodas	18 051 ^{**}	-	0,081 ^{**}	4,179 ^{**}
Recolha de RSU	18 142 ⁺⁺	2,084 ^{##}	3,013 ^{**}	0,546 ^{**}

Notas: os FE dos autocarros da STCP são relativos ao ano 2007; consideram-se os FE dos veículos de recolha de RSU iguais aos dos pesados de mercadorias.

Quadro 1.2: Parque automóvel de cada concelho em estudo previsto para 2010 (Fonte: adaptado de URL#1).

Concelho	Nº pesados mercadorias	Nº ligeiros	Nº autocarros	Nº veículos recolha RSU	Nº veículos de 2 rodas
Maia	717	59 060	75	20	3 860
Matosinhos	849	81 957	34	21	4 532
Porto	959	130 727	124	60	4 949
Valongo	444	43 782	28	17	2 532
V. Conde	520	34 261	47	16	5 962
Paredes	540	37 190	129	4	5 642
Guimarães	843	75 654	69	23	5 350
Famalicão	989	67 897	74	11	6 380
Braga	1064	86 311	96	32	4 070
Vila Real	339	27 976	11	1	1 986
V. Castelo	527	43 438	33	17	4 036

Os dados disponibilizados pelo Instituto de Seguros de Portugal (ISP) reportam-se ao ano de 2005. Para se determinarem os resultados para o ano 2010, usaram-se dados de previsão do PTEN (Programa para os Tectos de Emissão Nacionais, IA, 2004) para a variação do número do tipo de veículos em questão entre os anos de 2000 e 2010: entre 2002 e 2010 foram previstos aumentos de 21,1% para os veículos pesados de mercadorias, 31,4% para os ligeiros de passageiros e 5,5% para os motociclos. Não se dispõem de informação em relação aos autocarros urbanos e aos veículos de recolha de resíduos sólidos urbanos (RSU), supõe-se que nenhum dos dois grupos sofre variação no tamanho da frota. O número e idade dos veículos de recolha de RSU foram obtidos por consulta directa às câmaras municipais, serviços municipalizados e dados do Instituto de Seguros de Portugal (ISP).

Quadro 1.3: Emissão de PM₁₀, NOx e COVNM pelo tráfego automóvel em cada concelho em estudo em 2010, estimada com base nas respectivas frotas

Emissão de PM ₁₀ (ton)						
Concelho	Pesados mercadorias	Ligeiros	Autocarros	Recolha RSU	2 Rodas	Total do tráfego
Maia	75,7	22,7	1,5	0,8	-	100,6
Matosinhos	89,6	31,5	0,7	0,8	-	122,6
Porto	101,2	50,2	2,6	2,3	-	156,2
Valongo	46,9	16,8	0,6	0,6	-	64,9
V. Conde	54,8	13,2	1,0	0,6	-	69,6
Paredes	57,0	14,3	2,7	0,2	-	74,1
Guimarães	88,9	29,1	1,4	0,9	-	120,3
Famalicão	104,4	26,1	1,5	0,4	-	132,4
Braga	112,3	33,1	2,0	1,2	-	148,7
Vila Real	35,8	10,7	0,2	0,0	-	46,8
V. Castelo	55,6	16,7	0,7	0,6	-	73,6
Emissão de NOx (ton)						
Concelho	Pesados mercadorias	Ligeiros	Autocarros	Recolha RSU	2 Rodas	Total do tráfego
Maia	109,4	390,3	36,4	1,1	5,6	542,8
Matosinhos	129,5	541,6	16,5	1,1	6,6	695,4
Porto	146,3	863,9	60,2	3,3	7,2	1081,0
Valongo	67,8	289,3	13,6	0,9	3,7	375,4
V. Conde	79,3	226,4	22,8	0,9	8,7	338,1
Paredes	82,4	245,8	62,7	0,2	8,2	399,3
Guimarães	128,6	499,9	33,5	1,3	7,8	671,1
Famalicão	151,0	448,7	35,9	0,6	9,3	645,5
Braga	162,4	570,4	46,6	1,7	6,0	787,1
Vila Real	51,7	184,9	5,3	0,1	2,9	244,9
V. Castelo	80,4	287,1	16,0	0,9	5,9	390,3
Emissão de COVNM (ton)						
Concelho	Pesados mercadorias	Ligeiros	Autocarros	Recolha RSU	2 Rodas	Total do tráfego
Maia	19,8	141,8	0,6	0,2	291,2	453,6
Matosinhos	23,5	196,7	0,3	0,2	341,9	562,6
Porto	26,5	313,8	1,0	0,6	373,3	715,2
Valongo	12,3	105,1	0,2	0,2	191,0	308,8
V. Conde	14,4	82,2	0,4	0,2	449,7	546,9
Paredes	14,9	89,3	1,1	0,0	425,6	530,9

Guimarães	23,3	181,6	0,6	0,2	403,6	609,3
Famalicão	27,4	163,0	0,6	0,1	481,2	672,3
Braga	29,4	207,2	0,8	0,3	307,0	544,7
Vila Real	9,4	67,1	0,1	0,0	149,8	226,4
V. Castelo	14,6	104,3	0,3	0,2	304,5	423,8

Quadro 1.4: Custos das externalidades causadas pelo tráfego automóvel em Portugal (Fonte: EEA, 2001)

Tipo de veículo	Custos externos
Pesado mercadorias	79 €/1000 tkm ¹
Ligeiro	61 €/1000 pkm ²
Autocarro urbano	16 €/1000 pkm

Os custos externos apresentados incluem aqueles relacionados com a poluição sonora e atmosférica, as alterações climáticas, os efeitos negativos em áreas urbanas e na natureza e paisagens, os acidentes rodoviários e os processos a montante e a jusante (EEA, 2001).

¹ tkm significa "tonelada-quilómetro" e representa o número de toneladas transportadas pelos pesados de mercadorias multiplicado pelo número de quilómetros que eles percorrem.

² pkm significa "passageiro-quilómetro" e representa o número de passageiros de cada veículo multiplicado pelo número de quilómetros que eles percorrem.

2. Renovação das frotas de veículos de recolha de RSU (introdução de FP em veículos Pré-Euro, Euro I e Euro II)

Quadro 2.1: Dados de entrada e outras considerações para a análise da medida de introdução de FP em veículos antigos de recolha de RSU.

Dado a considerar	Valor quantitativo	Referência
Nº de veículos de recolha de RSU dos concelhos-alvo (dados recolhidos para os 12 municípios com estações de monitorização em incumprimento)	223	-
Quantidade desses veículos que são Pré-Euro, Euro I e Euro II	183 (82%)	
Número de quilómetros que os veículos viajam por ano	4 045 630 km/ano	Rodrigues, N. <i>et al</i> , 2006
Número de quilómetros que cada veículo viaja por ano	18 142 km/ano	-
Redução nas emissões de PM ₁₀ e NOx pela instalação de FP+SRGE	90% e 50%, respectivamente	Volvo, 2005
Custo de um FP+SRGE	15000 €	
Custos adicionais de um FP para veículos EURO II (correspondem a despesas com um maior consumo de gasóleo e com a limpeza do FP duas vezes por ano)	0,02-0,05 €/vkm	Ntziachristos, L., Samaras, Z., 2005

Quadro 2.2: Redução estimada nas emissões de PM₁₀ e NOx nos concelhos em análise em 2010, como consequência da introdução da medida de renovação das frotas dos veículos de recolha de RSU

Concelho	Nº veículos de recolha RSU antigos	Emissão do tráfego total do concelho, com a medida (ton)		Redução nas emissões (%)	
		PM ₁₀	NOx	PM ₁₀	NOx
Maia	20	100,0	542,3	0,7	0,10
Matosinhos	11	122,2	695,1	0,3	0,04
Porto	60	154,2	1079,3	1,3	0,15
Valongo	12	64,5	375,0	0,6	0,09
V. Conde	16	69,0	337,7	0,8	0,13
Paredes	4	73,9	399,2	0,2	0,03
Guimarães	16	119,7	670,7	0,5	0,07
Famalicão	7	132,2	645,3	0,2	0,03
Braga	23	147,9	786,5	0,5	0,08
Vila Real	1	46,8	244,9	0,1	0,01
V. Castelo	12	73,2	390,0	0,6	0,08

Quadro 2.3: Custos decorrentes da aplicação da medida de introdução de FP+SRGE em veículos antigos de recolha de RSU no ano 2010.

Concelho	Custos com filtros (Milhares €)	Custos adicionais (Milhares €)
Maia	300,0	12,7
Matosinhos	165,0	7,0
Porto	900,0	38,1
Valongo	180,0	7,6
V. Conde	240,0	10,2
Paredes	60,0	2,5
Guimarães	240,0	10,2
Famalicão	105,0	4,4
Braga	345,0	14,6
Vila Real	15,0	0,6
V. Castelo	180,0	7,6

3. Diminuição da percentagem de veículos pesados de mercadorias em circulação nos centros urbanos

Quadro 3.1: Dados de entrada e outras considerações para a análise da medida de diminuição da percentagem de pesados de mercadorias em circulação nos centros urbanos

Dado a considerar	Valor quantitativo	Referência
Diminuição do número de veículos pesados de mercadorias em circulação	50%	
Local de implementação da medida	Centros urbanos	-
Número de dias por ano de aplicação da medida	365	
Carga média transportada por pesado de mercadorias por ano em Portugal (previsão para 2010)	10 ton/veículo/ano	IA, 2004

Quadro 3.2: Redução estimada nas emissões de PM₁₀, NOx e COVNM nos concelhos em análise em 2010, como consequência da diminuição da percentagem de veículos pesados de mercadorias em circulação nos centros urbanos

Concelho	Emissão do tráfego total do concelho, com a medida (ton)			Redução nas emissões* (%)		
	PM ₁₀	NOx	COVNM	PM ₁₀	NOx	COVNM
Maia	62,8	488,2	443,7	18,8	5,0	1,1
Matosinhos	77,8	630,7	550,8	18,3	4,7	1,0
Porto	105,6	1007,8	702,0	16,2	3,4	0,9
Valongo	41,5	341,5	302,6	18,1	4,5	1,0
V. Conde	42,1	298,5	539,7	19,7	5,9	0,7
Paredes	45,6	358,1	523,5	19,2	5,2	0,7
Guimarães	75,8	606,8	597,6	18,5	4,8	1,0
Famalicão	80,2	570,0	658,6	19,7	5,8	1,0
Braga	92,5	705,9	530,0	18,9	5,2	1,4
Vila Real	28,9	219,0	221,7	19,1	5,3	1,0
V. Castelo	45,8	350,1	416,5	18,9	5,1	0,9

* Redução nas emissões totais do concelho, aplicando a medida apenas no centro urbano (considerou-se uma contribuição de 50% das emissões do centro urbano para o total das emissões de cada concelho)

Quadro 3.3: Poupança económica estimada por via da diminuição das externalidades como consequência da introdução da medida de diminuição da percentagem de veículos pesados de mercadorias em circulação nos centros urbanos, em 2010

Concelho	Poupança em externalidades (Milhões €)
Maia	7,2
Matosinhos	8,5
Porto	9,6
Valongo	4,4
V. Conde	5,2
Paredes	5,4
Guimarães	8,4
Famalicão	9,9
Braga	10,6
Vila Real	3,4
V.Castelo	5,3

Para aplicação dos dados das externalidades considerou-se que os custos destas variam proporcionalmente com o tráfego automóvel, de modo a que uma diminuição de uma dada percentagem neste representa uma diminuição daquelas do mesmo valor. Sabendo-se que a relação entre os dois parâmetros não é linear, apresentam-se estes valores como uma indicação da possível ordem de grandeza da diminuição dos custos pela aplicação das medidas.

4. Zona de circulação taxada

Quadro 4.1: Dados de entrada e outras considerações para a análise da medida de implementação de uma ZCT nos centros urbanos

Dado a considerar	Valor quantitativo	Referência
Redução esperada no tráfego após aplicação da ZCT (exemplo de Londres)	15%	TfL, 2005
Número de dias por ano de aplicação da medida	261 (dias úteis)	
Local de implementação da medida	Centros urbanos	-
Veículos-alvo da medida	Ligeiros de passageiros	
Taxa de ocupação dos veículos em ambiente urbano entre 2005 e 2010	1,2 pass./veíc.	IA, 2004

Quadro 4.2: Redução estimada nas emissões de PM₁₀, NO_x e COVNM nos concelhos em análise em 2010, como consequência da introdução de uma ZCT nos centros urbanos

Concelho	Emissão do tráfego total do concelho, com a medida (ton)			Redução nas emissões* (%)		
	PM ₁₀	NO _x	COVNM	PM ₁₀	NO _x	COVNM
Maia	97,2	484,3	432,3	1,7	5,4	2,3
Matosinhos	117,8	614,2	533,1	1,9	5,8	2,6
Porto	148,7	951,4	668,2	2,4	6,0	3,3
Valongo	62,4	332,0	293,0	1,9	5,8	2,6
V. Conde	67,6	304,1	534,5	1,4	5,0	1,1
Paredes	71,9	362,4	517,5	1,4	4,6	1,3
Guimarães	115,9	596,1	582,0	1,8	5,6	2,2
Famalicão	128,5	578,2	647,8	1,5	5,2	1,8
Braga	143,7	701,6	513,7	1,7	5,4	2,9
Vila Real	45,2	217,2	216,3	1,7	5,7	2,2
V. Castelo	71,1	347,2	408,1	1,7	5,5	1,8

*Redução nas emissões totais do concelho, aplicando a medida apenas no centro urbano (considerou-se uma contribuição de 50% das emissões do centro urbano para o total das emissões de cada concelho)

Quadro 4.3: Poupança económica estimada por via da diminuição das externalidades como consequência da introdução de uma ZCT nos centros urbanos, em 2010

Concelho	Poupança em externalidades (Milhões €)
Maia	5,19
Matosinhos	7,20
Porto	11,48
Valongo	3,85
V. Conde	3,01
Paredes	3,27
Guimarães	6,65
Famalicão	5,96
Braga	7,58
Vila Real	2,46
V. Castelo	3,82

5. Sistema de placas de matrícula alternadas

Quadro 5.1: Dados de entrada e outras considerações para a análise da medida de implementação de um sistema de placas de matrícula alternadas nos centros urbanos

Dado a considerar	Valor quantitativo	Referência
Redução esperada no tráfego após aplicação do sistema de placas alternadas (exemplo de Roma)	22%	Donati, E., Donati, D., 2005
Local de implementação da medida	Centros urbanos	-
Veículos-alvo da medida	Pesados de mercadorias e ligeiros de passageiros	-

Quadro 5.2: Redução estimada nas emissões de PM₁₀ nos concelhos em análise em 2010, como consequência da introdução de um sistema de placas de matrícula alternadas nos centros urbanos

Concelho	Emissão do tráfego total do concelho, com a medida (ton)			Redução nas emissões* (%)		
	PM ₁₀	NOx	COVNM	PM ₁₀	NOx	COVNM
Maia	79,0	432,9	418,0	10,7	10,1	3,9
Matosinhos	95,9	547,8	514,1	10,9	10,6	4,3
Porto	122,9	858,7	640,4	10,7	10,3	5,2
Valongo	50,9	296,8	283,0	10,8	10,5	4,2
V. Conde	54,6	270,8	525,6	10,8	9,9	1,9
Paredes	58,4	327,1	508,0	10,6	9,0	2,2
Guimarães	94,3	532,9	564,2	10,8	10,3	3,7
Famalicão	103,7	513,6	630,4	10,8	10,2	3,1
Braga	116,7	625,9	492,7	10,8	10,2	4,8
Vila Real	36,6	192,9	209,6	10,9	10,6	3,7
V. Castelo	57,7	309,5	397,6	10,8	10,4	3,1

* Redução nas emissões totais do concelho, aplicando a medida apenas no centro urbano (considerou-se uma contribuição de 50% das emissões do centro urbano para o total das emissões de cada concelho)

Quadro 5.3: Poupança económica estimada por via da diminuição das externalidades como consequência da introdução de um sistema de placas de matrícula alternadas nos centros urbanos, em 2010

Concelho	Poupança (Milhões €)
Maia	2,01
Matosinhos	2,86
Porto	4,21
Valongo	1,52
V. Conde	1,34
Paredes	0,94
Guimarães	2,60
Famalicão	2,62
Braga	3,16
Vila Real	1,02
V. Castelo	1,58

6. Zona de emissões reduzidas

Quadro 6.1: Dados de entrada e outras considerações para análise da medida de implementação de uma ZER nos centros urbanos em 2010.

Dado a considerar	Valor quantitativo	Referência
Número de dias por ano de aplicação da medida	365	-
Local de implementação da medida	Centros urbanos	-
Veículos-alvo da medida	Pesados de mercadorias e de passageiros em incumprimento da Norma EURO II	-
Carga média transportada por pesado de mercadorias por ano em Portugal (previsão para 2010)	10 ton/veículo/ano	IA, 2004
Custos médios registados em Londres pela aplicação da ZER	37 milhões €/ano	Kollamthodi, S., Watkiss, P., 2005

Quadro 6.2: Redução estimada nas emissões de PM₁₀, NO_x e COVNM nos concelhos em análise em 2010, como consequência da introdução de uma ZER nos centros urbanos

Concelho	Nº pesados antigos		Emissão do tráfego total do concelho, com a medida (ton)			Redução nas emissões (%) *		
	Mercadorias	Autocarros	PM ₁₀	NO _x	COVNM	PM ₁₀	NO _x	COVNM
Maia	499	57	46,8	439,0	439,3	26,7	9,6	1,6
Matosinhos	591	25	59,7	593,1	546,0	25,7	7,4	1,5
Porto	669	94	83,7	933,3	696,0	23,2	6,8	1,3
Valongo	309	21	31,9	318,0	300,1	25,4	7,6	1,4
V. Conde	362	36	30,6	265,4	536,6	28,0	10,8	0,9
Paredes	376	98	32,4	294,3	519,7	28,1	13,1	1,1
Guimarães	587	52	57,3	556,3	592,6	26,2	8,6	1,4
Famalicão	690	56	58,5	513,0	652,7	27,9	10,3	1,5
Braga	742	73	68,9	638,5	523,6	26,8	9,4	1,9
Vila Real	236	8	21,7	205,0	219,8	26,8	8,1	1,5
V. Castelo	367	25	34,4	322,2	413,4	26,7	8,7	1,2

* Redução nas emissões totais do concelho, aplicando a medida apenas no centro urbano (considerou-se uma contribuição de 50% das emissões do centro urbano para o total das emissões de cada concelho)

Quadro 6.3: Poupança económica estimada por via da diminuição das externalidades como consequência da introdução de uma ZER nos centros urbanos, em 2010.

Concelho	Poupança (Milhões €)
Maia	10,0
Matosinhos	11,8
Porto	13,4
Valongo	6,2
V. Conde	7,2
Paredes	7,5
Guimarães	11,7
Famalicão	13,8
Braga	14,8
Vila Real	4,7
V. Castelo	7,3

7. Imposição de limites de velocidade mais baixos nas auto-estradas

Quadro 7.1: Dados de entrada e outras considerações para análise da medida de imposição de limites de velocidade mais baixos nas auto-estradas.

Dado a considerar	Valor quantitativo	Referência
Diminuição da velocidade a verificar	De 120 para 80 km/h	-
Veículos-alvo da medida	Ligeiros de passageiros, ligeiros de mercadorias e motociclos (> 50 c.c.)	-
Custos decorrentes da aplicação da medida noutros países (exemplo da Alemanha)	Investimento: 1,2 Milhões € Operação: 0,8 Milhões €	Brink, C.

Quadro 7.2: Redução estimada nas emissões de PM₁₀ nos concelhos em análise em 2010, como consequência da diminuição da velocidade nas auto-estradas (Fontes: Barros, N. *et al**; adaptado de Tchepel, O., 2003 **).

Tipo de veículo	Distribuição, por tipo, na VCI Porto (%) *	Velocidade máxima em AE (Código da Estrada)	Factor de emissão médio estimado (g/km)		Redução nas emissões (%)
			Sem medida **	Com medida	
Ligeiros passageiros	82,6	120	0,074	0,045	36,9
Ligeiros mercadorias	11,3	120	0,257	0,106	
Pesados mercadorias	5,4	80	0,394	0,394	
Autocarros	0,3	100	0,245	0,245	
Motociclos (+50cc)	0,4	120	0,088	0,088	

8. Portagens diferenciadas

Quadro 8.1: Dados de entrada e outras considerações para análise da medida de introdução de portagens diferenciadas nas principais vias de acesso aos centros urbanos

Dado a considerar	Valor quantitativo	Referência
Taxa de ocupação dos veículos em ambiente urbano entre 2005 e 2010	1,2 pass./veíc.	IA, 2004

Dados em falta para a estimativa da redução de emissões e dos custos decorrentes da aplicação da medida:

- 1) Aumento previsto da taxa de ocupação por veículo por implementação da medida.
- 2) Custos médios com câmaras de vigilância, funcionários municipais, etc.
- 3) Distribuição do tráfego de entrada nas cidades pelas principais vias de acesso.
- 4) Previsão da diminuição do trânsito provocada pela aplicação da medida (inversamente proporcional ao aumento da taxa de ocupação por veículo?).

9. Vias de alta ocupação

Quadro 9.1: Dados de entrada e outras considerações para análise da medida de definição de vias de alta ocupação nos principais acessos aos centros urbanos.

Dado a considerar	Valor quantitativo	Referência
Taxa de ocupação dos veículos em ambiente urbano entre 2005 e 2010	1,2 pass./veíc.	IA, 2004
Aumento esperado na taxa de ocupação por veículo (exemplos de vários países)	10 – 15%	KBR, 2004
Custos médios	134 902 – 197 403 €/km/ano	

Dados em falta para a estimativa da redução de emissões decorrentes da aplicação da medida:

- 1) Distribuição do tráfego de entrada nos centros urbanos pelas principais vias de acesso.
- 2) Previsão da diminuição do trânsito provocada pela aplicação desta medida (inversamente proporcional ao aumento da taxa de ocupação por veículo?)

10. Varrimento e lavagem de ruas

Quadro 10.1: Dados de entrada e outras considerações para análise da medida de varrimento e lavagem de ruas com elevada intensidade de tráfego

Dado a considerar	Valor quantitativo	Referência
Diminuição das emissões locais pelo varrimento e lavagem de uma rua	30%	Chang <i>et al</i> , 2005

Quadro 10.2: Ruas de cada concelho passíveis de serem objecto de aplicação da medida de lavagem e varrimento, de acordo com informações gentilmente prestadas pelas respectivas Câmaras Municipais

Concelho	Rua de aplicação
Maia	Av. D. Manuel II
Matosinhos	-
Porto	-
Valongo	EN 15 (parte do eixo histórico)
V. Conde	Rua 5 de Outubro (troço desclassificado da EN13)
Paredes	Av. Comendador Abílio Seabra
Guimarães	Rua Cónego Dr. Manuel Faria
Famalicão	Av. Marechal Humberto Delgado
Braga	-
Vila Real	-
V. Castelo	-

Referências do Anexo B

Barros, N., Fontes, T., Brás, C., Cunha, L.M., *Emissões nas grandes linhas de tráfego urbanas: o caso da VCI na cidade do Porto*, CEMAS, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Fernando Pessoa, Porto.

Borrego, C., Miranda, A.I., Amorim, J.H., Salmim, L., Santos, P., Carvalho, A.C., Tavares, R., Costa, A.M., Carvalho, A., Valente, J., *Avaliação do Impacte na Qualidade do Ar da Circulação de Transportes Públicos Movidos a Gás Natural na Cidade do Porto*, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Portugal, Fevereiro 2006

Caneira, R. e Rocha, C., *Inventário de emissões atmosféricas do tráfego rodoviário na área urbana do Porto*, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, 2003.

Chang, Y.M.; Chou, C.M.; Su, K.T.; Tseng, C. H. – *Effectiveness of street sweeping and washing for controlling ambient TSP*. Atmospheric Environment, Vol. 39, 1891-1902, 2005.

Donato, E. & Donati, D., *Implementing air quality guidelines: the operative plan for 2005 in Rome*, 1st CITEAIR Workshop, Roma, 11 Março 2005.

EEA, *External Costs of Transport*, 20 Agosto 2001

Ferreira, F., Nogueira, L., Almeida, C., Tente, H., Martins, A., Monjardino, J., Neto, J., Franco, N., Pereira, P., Gomes, P., Mesquita, S., Ferreira, V.G., Maciel, H., Torres, P., *Planos e Programas para a melhoria da Qualidade do Ar na região de Lisboa e Vale do Tejo, Relatório Final*, DCEA-FCT/Universidade Nova de Lisboa, CCDD-LVT e INVENTAR, Lisboa, Junho 2005

IA, DCEA-FCT/Universidade Nova de Lisboa e CEEETA, *Programa para os Tectos de Emissão Nacional, estudos de base, cenário de referência*, Lisboa, Maio 2004

KBR, *High Occupancy Vehicle Lanes Feasibility Study*, Novembro 2004

Kollamthodi, S., Watkiss, P., *Technical and Non-technical options to reduce emissions of air pollutants from road transport*, Oxfordshire, Março 2005

Militão, C., *O gás natural na STCP*, Lisboa, Março 2006

Ntziachristos, L., Samaras, Z., *Final Report on the Workshop on EU Policies to Improve the Contribution of Urban Busses and other Captive Fleets to Air Quality*, Bruxelas, Janeiro 2005

Rodrigues, N., Costa P., Matos, M., *Aplicação da Análise de Ciclo de Vida (ACV) à Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)*, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Junho 2006

STCP, *Relatório e contas 2005*, Porto, 2005

TfL, *Central London congestion charging scheme-impacts monitoring, summary review*, Londres, Janeiro 2005

Volvo Bus Corporation, *The Swedish Public Transport Association (SLFT) environment program*, 2005

URL 1: Instituto de Seguros de Portugal: www.isp.pt

