

Pluris 2006

Anais do

**2º CONGRESSO
LUSO BRASILEIRO PARA O
PLANEAMENTO
URBANO
REGIONAL
INTEGRADO E
SUSTENTÁVEL**

**27 a 29 de
Setembro de 2006
Braga, Portugal**

**José Fernando Gomes Mendes
Rui António Rodrigues Ramos
António Nélson Rodrigues da Silva
Léa Cristina Lucas de Souza
(Editores)**

ISBN 85-85205-67-9



9 788585 205676



pluris 2006

**PLURIS 2006, 2º Congresso Luso-Brasileiro para o
Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**

PROGRAMA

Universidade do Minho, em Braga, Portugal

27, 28 e 29 de Setembro de 2006

ESTRUTURA DO PROGRAMA

Dia 27, 4ª Feira

8:30 às 9:30	Recepção dos Participantes e Entrega de Documentação
9:30 às 10:00	Sessão de Abertura
10:00 às 11:00	Conferências Convidadas
11:00 às 11:30	Pausa para café
11:30 às 13:00	Sessões Paralelas 1 e 2
13:00 às 14:30	Almoço
14:30 às 16:00	Sessões Paralelas 3, 4 e 5
16:00 às 16:30	Pausa para café
16:30 às 18:45	Sessões Paralelas 6 (<i>Inclui Conferência Convidada</i>), 7 e 8
19:00 às 20:00	Verde de Honra

Dia 28, 5ª Feira

09:00 às 11:00	Sessões Paralelas 9, 10 e 11
11:00 às 11:30	Pausa para café
11:30 às 13:00	Sessões Paralelas 12, 13 e 14
13:00 às 14:30	Almoço
14:30 às 16:00	Sessões Paralelas 15, 16 e 17
16:00 às 16:30	Pausa para café
16:30 às 18:45	Sessões Paralelas 18, 19 e 20
20:00	Jantar do Congresso

Dia 29, 6ª Feira

09:00 às 11:00	Sessões Paralelas 21, 22 e 23
11:00 às 11:30	Pausa para café
11:30 às 13:00	Sessões Paralelas 24, 25 e 26
13:00 às 14:30	Almoço
14:30 às 16:30	Sessões Paralelas 27 e 28
16:30	Sessão de Encerramento

Sessões Paralelas

Qualidade do Ambiente Urbano Construído	Sessões Paralelas 1, 3, 6, 9, 18, 21, 26 e 27
Transportes e Mobilidade Sustentável	Sessões Paralelas 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25 e 28
Planeamento Urbano e Regional	Sessões Paralelas 5, 8, 11, 14, 17, 20 e 23
Planeamento Sustentável	Sessões Paralelas 2, 12, 15 e 24

(Nota: No Programa estão assinalados a negrito os autores das Comunicações Oraís inscritos como participantes)

Sessões de Posters

Qualidade do Ambiente Urbano Construído	28 de Setembro - 09:00 às 13:00 e 14:30 às 18:30
Transportes e Mobilidade Sustentável	29 de Setembro - 09:00 às 13:00
Planeamento Urbano e Regional	27 de Setembro - 14:30 às 18:30
Planeamento Sustentável	28 de Setembro - 14:30 às 18:30

(Nota: No Programa estão assinalados a negrito os autores das Comunicações tipo Poster inscritos como participantes)

16:30 - SESSÃO 7

TEMA: TRANSPORTES E MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

PRESIDENTE DA SESSÃO: Carlos Manuel Rodrigues

SALA: Auditório EE2

DURAÇÃO: 135 MIN.

PAPER073 - ANÁLISE CRÍTICA DOS SISTEMAS CICLOVIÁRIOS BRASILEIROS E PROPOSTAS PARA O SEU DESENVOLVIMENTO

Marilita Gnecco de Camargo Braga, Antonio Carlos de Mattos Miranda

PAPER082 - ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE CRITÉRIOS TOPOLÓGICOS DE REDE QUANDO DA AVALIAÇÃO DE REDES DE TRANSPORTE COLETIVO DE PASSAGEIROS

E. V. C. Cavadinha e O. C. C. Lima Neto

PAPER085 - ANÁLISE DAS TIPOLOGIAS URBANAS PARA O PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE DE CARGAS

A. J. Silva e H. X. Rattton Neto

PAPER088 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE PEDESTRES E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PERCEPÇÃO DO RISCO A QUE ESTÃO SUBMETIDOS NA REGIÃO CENTRAL DE PORTO ALEGRE

S.B. Lopes, F. C. Moscarelli e G. Cardoso

PAPER092 - ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS PARA PESSOAS PORTADORAS DE DEFICIÊNCIA FÍSICA NO CAMPUS DA UNICAMP (CAMPINAS – BRASIL)

Maria Teresa Françoso, Alfredo de Pádua Manzano, Paulo José Rocha de Albuquerque

PAPER115 - AVALIAÇÃO COMPARATIVA DAS CONDIÇÕES DE ACESSIBILIDADE AO LOCAL DE TRABALHO NAS PRINCIPAIS REGIÕES METROPOLITANAS BRASILEIRAS

L. Cardoso, **D. J. A. V. Magalhães** e R. E. S. Matos

Paper125 - PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DA CIDADE DE SÃO PAULO DOS BENEFÍCIOS DO TRANSPORTE SOBRE TRILHOS

A.C.P. Ferraz e I. Baria

16:30 - SESSÃO 8

TEMA: PLANEAMENTO URBANO E REGIONAL

PRESIDENTE DA SESSÃO: Rui Jorge Gama Fernandes

SALA: Auditório B2

DURAÇÃO: 135 MIN.

PAPER075 - ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE DOIS MÉTODOS PARA AVALIAR AS OPINIÕES DE UM GRUPO DE CADEIRANTES SOBRE A QUALIDADE DA INFRA-ESTRUTURA DAS CALÇADAS E ESPAÇOS PÚBLICOS

Marcos Antonio Garcia Ferreira e Suely da Penha Sanches

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR NUMA CIDADE DE MÉDIA DIMENSÃO

L. T. Silva e J. F. G. Mendes

RESUMO

O tráfego rodoviário é a principal fonte de emissão de poluentes atmosféricos em meio urbano. A qualidade do ar pode ser avaliada através de monitorização contínua com recurso a estações fixas, de campanhas efectuadas com estações móveis bem como através da utilização de modelos com base nas emissões dos diferentes poluentes e condições meteorológicas.

O presente artigo tem como objectivo a determinação do índice de qualidade do ar numa cidade de média dimensão, precisamente Viana do Castelo. A metodologia adoptada inclui a utilização de um modelo de dispersão de poluição atmosférica em meio urbano num ambiente de Sistema de Informação Geográfica. Com base nos dados de tráfego e nas características físicas do local foram criados mapas horizontais dos principais poluentes atmosféricos em meio urbano. Os resultados obtidos são comparados com uma matriz de classificação resultando num mapa qualitativo de qualidade do ar para a área em estudo.

1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica urbana tornou-se um dos principais factores de degradação da qualidade de vida das populações. Constitui um problema que tende a agravar-se devido, sobretudo, ao desenvolvimento desequilibrado dos espaços urbanos e ao aumento significativo da mobilidade das populações, com o conseqüente incremento dos níveis de tráfego rodoviário.

Os poluentes atmosféricos são emitidos a partir de fontes existentes e, subsequentemente, transportados, dispersados e muitas vezes transportados na atmosfera atingindo finalmente os vários receptores por deposição gravítica húmida (lavagem da chuva ou neve) ou deposição gravítica seca (através da adsorção de partículas). Em meio urbano as fontes poluidoras antropogénicas típicas são principalmente o tráfego automóvel e quando existente a actividade industrial.

Os compostos libertados para a atmosfera provenientes da exaustão de gases dos veículos automóveis originam uma variedade de impactos ambientais a diferentes escalas geográficas e temporais (DMRB, 2003). Determinados compostos possuem um efeito imediato e localizado. Por exemplo, uma pluma de fumo negro é instantaneamente desagradável para quem a observa, enquanto que a uma escala de tempo longa, repetidas exposições aos fumos de exaustão dos veículos podem causar, por deposição de partículas na superfície dos edifícios, o escurecimento das suas fachadas.

A combustão dos hidrocarbonetos presentes no combustível tem como principal produto da reacção o dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). Contudo, a combustão nem sempre é cem por cento eficiente, isto é, parte do combustível não é queimado ou então é parcialmente queimado. Neste processo o produto da combustão é mais complexo podendo ser constituído por hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos (VOC), monóxido de carbono (CO) e partículas que contêm carbono e outros contaminantes. Por outro lado, as condições de combustão - altas pressões e temperaturas - originam uma oxidação de parte do azoto presente no ar e no combustível formando-se óxidos de azoto (principalmente NO e algum NO_2 .) convencionalmente designados por NO_x .

Muitos dos poluentes emitidos dos veículos automóveis reagem com os componentes do ar ou entre eles e formam os denominados - poluentes secundários. Devido ao efeito de dispersão ocorrido durante o tempo de reacção, a concentração dos poluentes secundários normalmente não atinge valores máximos junto à fonte. O seu impacto pode no entanto estender-se a grandes áreas não confinadas ao local das vias.

A presença de poluentes atmosféricos no ar não é, como já referido, em grande parte da responsabilidade dos veículos automóveis mas também de fontes industriais e fontes dispersas domésticas. Num estudo feito em 1999 para o Reino Unido (Goodwin *et al.*, 2001) determinou-se a contribuição média do tráfego automóvel para a poluição atmosférica. Os resultados estão ilustrados na Figura 1.

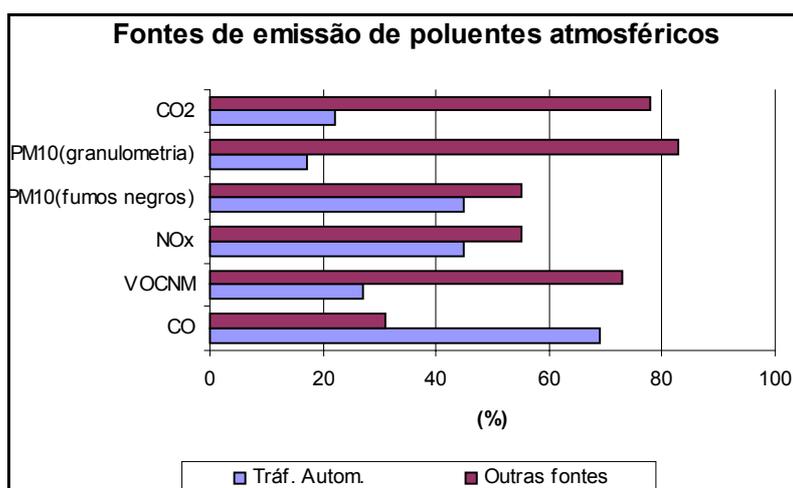


Fig. 1 – Contribuição do tráfego automóvel e outras fontes para a poluição atmosférica (adaptado de (Goodwin *et al.*, 2001))

Em áreas com elevado fluxo de tráfego principalmente de pesados, estas percentagens podem ser muito mais elevadas. Em áreas com baixo ou insignificante fluxo de tráfego e com outras fontes tais como indústrias ou centrais geradoras de energia aquelas percentagens podem-se situar bem abaixo da média apontada para o Reino Unido.

Em Portugal, e em consonância com as tendências dos restantes países da União Europeia, os limites de emissão de poluentes atmosféricos encontram-se regulamentados por intermédio da publicação de legislação específica. O Decreto-Lei nº 276/99, transposição para o direito português da Directiva nº 1996/96/CE, também designada por lei-quadro, define os princípios básicos gerais de uma estratégia relativa à qualidade do ar ambiente. Este decreto-lei assume o papel de lei-quadro, na medida em que enquadra uma série de

legislação posterior, a saber - Decreto-Lei nº 111/2002 (transposição das Directivas nº 199/30/CE e nº 2000/69/CE) relativa à fixação de valores-limite e limiares de alerta a cumprir para os poluentes Monóxido de Carbono, Dióxido de Enxofre, Óxidos de Azoto, Partículas, Benzeno e Chumbo. Futuramente enquadrará também a transposição da Directiva nº 2002/3/CE relativa à fixação de valores-limite para o Ozono, situação que está ao momento a ser assegurada pela Portaria nº 623/96.

O presente artigo tem como objectivo a determinação do índice de qualidade do ar numa cidade de média dimensão, precisamente Viana do Castelo. A metodologia adoptada inclui a utilização de um modelo de dispersão de poluição atmosférica em meio urbano num ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Com base nos dados de tráfego e nas características físicas do local foram criados mapas horizontais dos principais poluentes atmosféricos em meio urbano (CO, NO₂, PM₁₀ e O₃). Os resultados obtidos são comparados com uma matriz de classificação resultando num mapa qualitativo de Qualidade do Ar para a área em estudo.

2 IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE

Os impactos no meio ambiente devidos aos poluentes atmosféricos urbanos são muito variados. Faz-se uma breve descrição dos impactes causados pelos principais poluentes atmosféricos presentes em meio urbano, identificando-se as suas fontes emissoras.

2.1 Óxidos de Azoto (NO_x)

Óxidos de Azoto (NO_x) é um termo genérico dado a um grupo de gases altamente reactivos, os quais contêm diferentes conteúdos de Oxigénio e Azoto. Muitos dos óxidos de azoto são incolores e inodoros, no entanto, o dióxido de azoto (NO₂) em presença de partículas pode ser visualizado na atmosfera como uma camada de tonalidade vermelho-acastanhada por vezes presente sobre áreas urbanas. Os óxidos de azoto são emitidos para a atmosfera em consequência de processos de combustão a elevada temperatura, tais como os associados aos combustíveis de automóveis, à queima de carvão e fuel. Os gases de exaustão destes processos contêm NO_x maioritariamente na forma de NO. Uma vez na atmosfera, o poluente reage com o oxigénio e é lentamente oxidado a NO₂. (Seinfeld J.H. *et al*, 1997)



Por outro lado, o ozono e outros oxidantes atmosféricos convertem rapidamente o NO em NO₂, fazendo com que seja curto o tempo médio de vida do NO no ar.



Devido aos vários compostos e derivados da família dos óxidos de azoto, nomeadamente o dióxido de azoto, ácido nítrico, óxido nitroso, nitratos e óxido nítrico, os NO_x causam uma vasta variedade de impactos na saúde e no ambiente.

Impacto na saúde humana: O NO_x reage com a amónia, humidade do ar, e outros compostos presentes na atmosfera para formar ácido nítrico. Os impactes na saúde são nomeadamente efeitos na função respiratória e sistema respiratório, danos nos tecidos pulmonares e morte prematura. As partículas de menor diâmetro conseguem penetrar no trato inferior do sistema respiratório e podem causar enfisema e bronquite podendo ainda agravar doenças de coração.

Chuva ácida: Os óxidos de azoto podem reagir com outras substâncias no ar e formar ácidos os quais podem cair na Terra em forma de chuva, nevoeiro ou neve ou ainda através da deposição seca de partículas. Algumas podem ser transportadas pelo vento através de muitos quilómetros. As chuvas ácidas danificam edifícios, monumentos, podendo também baixar o pH das correntes de águas superficiais e solo.

Alterações à escala global: Um dos compostos do grupo NO_x, o óxido nitroso, é classificado de *gás de estufa*. Em conjunto com outros gases estufa vai contribuir para o aumento da temperatura à escala do planeta. Esta alteração traz um vasto conjunto de impactes nomeadamente o aumento do nível das águas do mar, alteração dos ecossistemas existentes na Terra.

2.2. Monóxido de carbono (CO)

O Monóxido de Carbono é um gás incolor e inodoro que é formado na combustão incompleta de combustíveis fósseis devido normalmente a condições de carência de Oxigénio. É um poluente emitido para a atmosfera durante a queima de combustível, sendo o automóvel a fonte mais expressiva. Sendo um composto com grande estabilidade tem um tempo de residência médio da ordem de 1 a 2 meses. Os níveis mais elevados de CO ocorrem normalmente nos meses mais frios quando as condições de inversão atmosférica são mais frequentes. A poluição atmosférica fica *encurralada* permanecendo junto ao solo por debaixo de uma camada de ar morno.

O Monóxido de Carbono pode causar asfixia uma vez que o seu principal efeito é a redução do aporte de Oxigénio aos vários órgãos do corpo (tal como o coração e o cérebro) e tecidos. O CO tem mais afinidade com a hemoglobina do que o O₂, fazendo com que a presença deste poluente nos pulmões conduza à formação de um complexo mais estável a carboxihemoglobina em vez da oxihemoglobina. Como resultado desta substituição a hemoglobina, composto responsável pelo transporte do O₂ a todo o organismo, em vez de transportar o O₂ transporta o CO provocando, em casos de exposições longas a este composto, a morte das células por asfixia.

Impacte na saúde humana: O risco proveniente de exposições prolongadas, a concentrações baixas de CO, é elevado para pessoas que sofrem de angina de peito, arteriosclerose, e insuficiência cardíaca. Para pessoas com problemas de coração, exposição a concentrações baixas deste poluente pode provocar dores no tórax e redução de capacidade de exercício. Exposições repetidas podem contribuir para outros problemas do foro cardiovascular. Exposições a elevadas concentrações de CO podem trazer problemas no sistema nervoso central. Pessoas que inalam elevados níveis de CO podem desenvolver problemas do foro visual, redução da capacidade de aprendizagem ou de trabalho, diminuição da destreza manual e dificuldade na execução de tarefas complexas. A exposição a níveis extremamente elevados pode causar a morte.

Alterações à escala global: Um composto que contribui indirectamente para aumentar o efeito de estufa contribuindo para o aumento da temperatura à escala global.

2.3 Ozono (O₃)

O ozono troposférico é um poluente formado na atmosfera em resultado de actividade fotoquímica, sendo portanto classificado como poluente secundário. Os óxidos de azoto e os compostos orgânicos voláteis são os principais precursores do O₃ troposférico. Estes compostos na presença de luz solar desencadeiam um conjunto complexo de reacções resultando na formação e aumento das concentrações deste poluente.



Em ambientes urbanos o Ozono apresenta um ciclo diário típico. Devido à radiação solar mais elevada no início da tarde e à emissão dos poluentes precursores no início da manhã emitidos pelo tráfego automóvel as concentrações de O₃ atingem um máximo a partir do início da tarde. No final da tarde, o ozono é consumido preferencialmente na oxidação do NO emitido durante a hora de ponta desse período, provocando um declínio acentuado dos níveis nocturnos.

O ozono presente na troposfera e na estratosfera apresenta a mesma estrutura química mas dependendo da sua localização pode causar benefício ou prejuízo à vida na Terra. O *Ozono bom* encontra-se e forma-se na estratosfera, a uma altitude entre os 15 a 50 km acima da superfície da Terra, a maior concentração deste gás situa-se a cerca de 25 km de altitude, e constitui o que se convencionou chamar a *Camada de ozono*. Aqui, o ozono é um constituinte natural, desempenhando um papel fundamental para a existência de vida na Terra, pois constitui um filtro aos raios ultravioletas provenientes do Sol, permitindo assim a existência de vida na Terra. Ao contrário do anterior, o Ozono troposférico presente ao nível do solo é considerado poluente. Como acima referido este Ozono mau” é um poluente formado na atmosfera em resultado de actividade fotoquímica, sendo por essa razão denominado um poluente de Verão. Muitas zonas urbanas possuem níveis elevados deste poluente mas até mesmo as áreas rurais estão sujeitas a níveis elevados de ozono.

O Ozono troposférico pode causar danos graves mesmo quando presente em baixas concentrações.

Impacte na saúde: O O₃ pode irritar os pulmões e causar inflamação. Outros sintomas incluem tosse, respiração dolorosa e dificuldades da prática de exercício ao ar livre. Exposições repetidas ao O₃ por vários meses podem causar lesões pulmonares permanentes. Mesmo a baixas concentrações de O₃, este poluente pode causar agravamento de asma, redução da função respiratória e aumento da susceptibilidade a doenças do foro respiratório tal como a pneumonia e bronquite.

2.4 Partículas PM₁₀ e PM_{2,5}

Partículas, ou PM, é o termo utilizado para partículas presentes no ar, incluindo cinzas, poeira, fumo e pequenas gotas líquidas. As Partículas podem permanecer no ar por longos períodos de tempo outras no entanto devido ao seu peso caem por gravidade

permanecendo poucos segundos no ar. Algumas Partículas são grandes e/ou de coloração escura aparentando fumo ou fuligem. Outras são tão pequenas que individualmente só podem ser detectadas através do microscópio electrónico.

Algumas Partículas são emitidas directamente para a atmosfera, consideradas por isso de origem primária, sendo as principais fontes o tráfego rodoviário, estaleiro de obras, queima de material lenhoso, etc. Outras Partículas são indirectamente formadas na atmosfera através de reacções químicas dos poluentes atmosféricos em contacto com o sol ou com o vapor de água. Este poluentes por não serem emitidos directamente para a atmosfera são denominados poluentes secundários ou de origem secundária.

Ao contrário dos poluentes anteriormente referidos, as partículas atmosféricas são consideradas um poluente que se caracterizam por serem uma mistura de matéria particulada sólida e líquida, com várias formas e tamanhos, em suspensão no ar. Os tamanhos aerodinâmicos equivalentes (≤ 10 e $2,5 \mu\text{m}$) estão directamente correlacionados com a fracção das partículas totais com granulometria susceptível de penetrar nas vias respiratórias. As partículas mais finas ($\leq 2,5 \mu\text{m}$) podem, inclusivamente, atingir os brônquios, pelo que recebem a designação de fracção inalável. Estas partículas estão, em geral, associadas a emissões resultantes de actividades antropogénicas, como as combustões, podendo derivar ainda da reacção de poluentes gasosos. A fracção de partículas entre $2,5$ e $10 \mu\text{m}$ resulta normalmente da acção de agentes naturais, como a erosão ou o levantamento de poeiras pela acção do vento. Um dos mecanismos mais eficientes na remoção das partículas consiste na queda de precipitação, sendo esta mais eficaz na eliminação da atmosfera da fracção grosseira do que da fina. As Partículas causam um larga variedade de impactes na saúde e no meio ambiente.

Efeito na saúde: Muitos estudos científicos apontam que exposição a elevadas concentrações de Partículas Inaláveis podem causar sérios problemas de saúde, nomeadamente: Agravamento de asma, aumento de tosse e respiração dolorosa, bronquite crónica, diminuição da função pulmonar e morte prematura.

Deposição atmosférica: As Partículas podem ser transportadas a longas distâncias através do vento e depois sedimentam no solo ou nas águas superficiais. Os efeitos principais desta sedimentação são a acidificação das águas superficiais e dos solos, a alteração do equilíbrio de nutrientes nas águas costeiras e bacias, a depleção de nutrientes no solo, a deterioração de florestas sensíveis e vegetação em geral e a alteração da diversidade dos ecossistemas.

3. DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR NUMA CIDADE DE MÉDIA DIMENSÃO

Este estudo tem como objectivo a determinação do índice de qualidade do ar numa cidade de média dimensão, localizada no litoral norte de Portugal. Reporta-se à cidade de Viana do Castelo, com uma área de $37,04 \text{ km}^2$ e uma população residente de 36.544 habitantes, onde as grandes preocupações em termos das emissões de poluição atmosférica centra-se numa via de atravessamento, que divide a cidade e apresenta um volume de tráfego rodoviário assinalável.

Com base em dados de tráfego e nas características físicas do local foram criados mapas horizontais dos principais poluentes atmosféricos em meio urbano. Os resultados obtidos

foram comparados com uma matriz de classificação resultando num mapa qualitativo de Qualidade do Ar para a área em estudo.

3.1. Cálculo dos mapas horizontais de poluição atmosférica

Os mapas horizontais de poluição atmosférica são cartas que representam a poluição efectivamente existente numa determinada área, podendo ser obtidos através de medição e/ou através de instrumentos computacionais. Estes últimos permitem também elaborar simulações de poluição atmosférica prevista em determinadas condições, as quais podem ser tidas em conta no desenvolvimento de cenários de planeamento do território.

A elaboração dos mapas horizontais de poluição atmosférica da cidade de Viana do Castelo foi baseada em métodos previsionais e complementada com medições para validação do modelo.

A previsão das concentrações dos poluentes atmosféricos teve em conta a contribuição do tráfego rodoviário, a informação geográfica e física relativa à cidade, dados meteorológicos do período em análise e os fenómenos físicos mais relevantes na dispersão de poluentes atmosféricos.

Foram calculadas as concentrações espaciais dos seguintes poluentes atmosféricos: Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O₃), Óxidos de Azoto (NO_x), e Partículas (PM₁₀)

Relativamente à informação geográfica e física, teve-se em conta a altimetria e rugosidade do terreno, perfis transversais e longitudinais das vias rodoviárias e suas dimensões (para as vias tipo canal) e a implantação dos edifícios na cidade com as respectivas cêrceas.

Para a caracterização das fontes de emissão de poluição atmosférica na cidade de Viana do Castelo, e considerando o seu carácter sazonal, foram levadas a cabo duas campanhas de contagem de veículos automóveis, uma de Verão e outra de Inverno, as quais deram origem a dois cenários. As campanhas de contagem de Verão e de Inverno contaram com a informação de 31 postos de contagem estrategicamente localizados nas 5 freguesias da cidade de Viana do Castelo e decorreram em períodos contínuos de 24 horas. De forma a representar as variações ao longo do dia do tráfego automóvel existente em cada uma das vias foi determinado um perfil diário médio de fluxo de tráfego rodoviário.

Para modelar as emissões dispersas provenientes das actividades urbanas, designadamente a poluição de fundo, foi desenvolvida um ficheiro de poluição de fundo para as espécies poluentes em estudo. As concentrações adoptadas dos poluentes atmosféricos em estudo para poluição de fundo foram as determinadas pela Direcção Geral do Ambiente (CAQAP, 2001).

Para efeitos de cálculo, a cidade foi dividida numa malha irregular cuja dimensão se apresentava mais reduzida nas zonas de maior densidade de fontes de emissão. Os valores de concentração das espécies de poluente modeladas foram calculados para os vértices da malha e os parâmetros de cálculo adoptados foram os descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de cálculo

Mapa de Poluição Atmosférica	Período Inverno
Altura do mapa	1,2 m acima da cota do solo
Condições meteorológicas	Dados fornecidos pelo Instituto de Meteorologia Português
Rugosidade de superfície	0,5 m
Comprimento Monin-Obukkov	30 m
Poluentes secundários	Foram consideradas as reacções químicas típicas do Azono e Óxidos de Azoto ocorridas na atmosfera
Fontes consideradas	Tráfego automóvel
Velocidades médias consideradas	80 km/h (vias atravessamento); 50 km/h (vias de acesso e penetração); 45 km/h (arruamentos sec.)
Concentrações modeladas	CO – média octo-horária mg/m ³ ; PM ₁₀ – média horária ug/m ³ ; NO ₂ – média horária ug/m ³ ; O ₃ – média horária mg/m ³ .

A partir das concentrações de poluentes foram delimitadas classes de concentração de poluentes. Às diferentes classes foi atribuída uma cor de acordo com o seu grau de periculosidade para a população.

Devido a limitações de espaço neste artigo, os resultados apresentados restringem-se a uma pequena parte da cidade - o centro urbano, e às concentrações médias para um dia útil de Inverno. Os mapas das concentrações dos quatro poluentes modelados devem ser entendidos como a situação da poluição atmosférica do dia modelado e não como mapas representativos de um ano ou período do ano, o Inverno.

As Figuras de 1 a 4 apresentam os mapas de concentrações das espécies de poluente estudadas.



Fig. 1 - Concentração média horária de PM₁₀



Fig. 2 - Concentração média horária de NO₂



Fig. 3 - Concentração média hoto-horária de CO



Fig. 4 - Concentração média horária de O3

3.2. Cálculo do Índice de Qualidade do Ar

Os resultados das concentrações dos poluentes atmosféricos modelados são comparados com uma matriz de classificação resultando num mapa qualitativo de Qualidade do Ar da área em estudo. Seguindo essencialmente normativas nacionais e de outros países europeus, quer em termos de valores de referência quer em termos metodológicos, foi desenvolvida uma matriz de classificação onde são relacionados os limites legais, o grau de periculosidade das várias espécies de poluente para a saúde humana e a qualidade do ar.

O índice aqui desenvolvido adopta a metodologia utilizada, nomeadamente pelo Canadá (Butterwick, L., *et al.*1991), e o trabalho desenvolvido pelo Ministério do Ambiente português (DGQA, 2001). O índice baseia-se no poluente com a concentração mais elevada em relação aos limites legais estabelecidos na legislação portuguesa. Este poluente é designado pelo Poluente Índice e a classificação dos restantes poluentes não é considerada para a determinação do índice de qualidade do ar. O índice varia consoante as concentrações dos 4 poluentes urbanos principais a saber, CO, NO₂, O₃ e PM₁₀. Pode variar de 0 a 100 e o valor de 75 corresponde ao valor do limite máximo horário para a protecção da saúde humana, de cada uma das espécies de poluente, estipulado na legislação portuguesa. Na Tabela 2 estabelece-se a correspondência entre as classes do índice e as concentrações das várias espécies de poluente, os valores a preto carregado são os limites legais para o ano de 2006.

Tabela 2. Classes do Índice de Qualidade do Ar (para o ano 2006)

(Adaptado de QGA, 2001)

Valor do Índice	CO (mg/m ³)	NO ₂ (ug/m ³)	O ₃ (ug/m ³)	PM ₁₀ (ug/m ³)
0 a 24.9	0 – 3.9	0 – 99.9	0-59.9	0-17.4
25 a 49.9	4 -8.4	100 – 139.9	60-119.9	17.5-34.9
50 a 74.9	8.5 – 9.9	140 – 239.9	120-179.9	35-49.9
75 a 99.9	10 – 13.9	240 – 399.9	180-239.9	50-119.9
100	+ de 14	+ de 400	+ de 240	+ de 120

O valor numérico do índice de qualidade do ar é relacionado com uma matriz de classificação qualitativa apresentada na Tabela 3. A qualidade do ar varia de Muito Boa a Muito Fraca para cada poluente de acordo com o valor do índice previamente calculado.

Tabela 3 Classificação do Índice de Qualidade do Ar

Valor do Índice	Qualidade do ar
0 a 24	Muito Boa
25 a 49	Boa
50 a 74	Média
75 a 99	Fraca
> 100	Muito Fraca

Para cada categoria de qualidade do ar, está associado um conjunto de impactos negativos genéricos na saúde humana e que se resumiriam na Tabela 4 apresentada abaixo.

Tabela 4 Conselhos de Saúde em função do Índice de Qualidade do Ar

(Adaptado de QGA, 2001)

Valor do Índice	Impactes Gerais na Saúde	Conselhos de Saúde
0 a 24	Não é associado nenhum impacte	Nenhuns
25 a 49	Não é associado nenhum impacte	Nenhuns
50 a 74	Pessoas muito sensíveis, crianças e idosos com doenças respiratórias	Diminuir actividades ao ar livre
75 a 99	Pessoas sensíveis, crianças e idosos com doenças respiratórias:	Evitar actividades físicas intensas ao ar livre
	População em geral:	Evitar a exposição a outros factores de risco, tais como o fumo do tabaco, produtos irritantes contendo solventes
100	Pessoas sensíveis, crianças e idosos com doenças respiratórias:	Permanecer em casa com janelas e portas fechadas e utilizando de preferência sistemas de circulação do ar adequados
	População em geral:	Evitar esforços físicos ao ar livre

Em ambiente SIG, foi feita a sobreposição das cartas das quatro espécies de poluentes gerando uma carta de poluição atmosférica. A tabela de atributos dos polígonos resultantes deste procedimento adquiriram a informação das concentrações dos quatro poluentes em estudo. Procedeu-se seguidamente, através de uma simples comparação com a matriz de classificação, à atribuição, a cada um dos polígonos, do Índice de Qualidade do Ar resultando numa carta qualitativa da qualidade do ar. Às diferentes classes de índice foi conferida uma cor de acordo com o seu grau de periculosidade para a população. A Figura 5 representa o Índice da Qualidade do Ar da área em estudo.

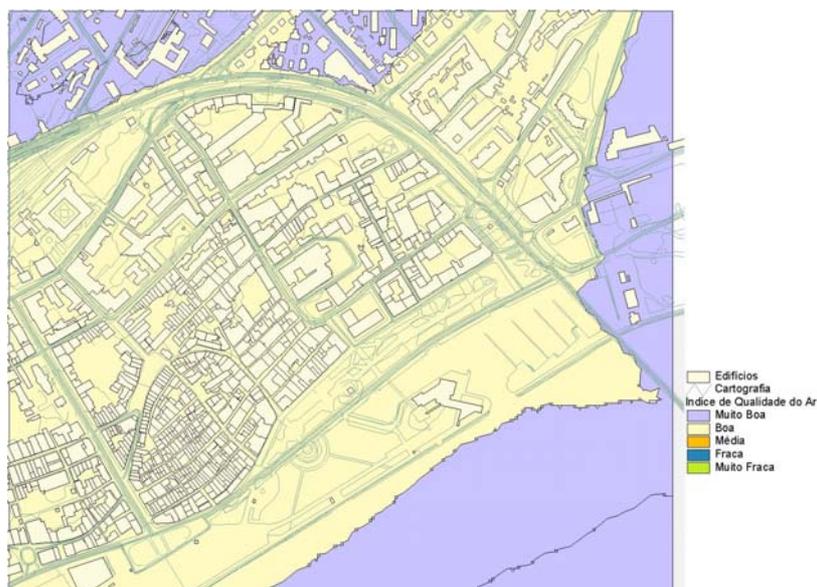


Fig. 5 – Índice de Qualidade do Ar

A Tabela 5 sumaria as áreas classificadas, sendo que o poluente índice para toda a área estudada foi o NO₂.

Tabela 5. Áreas abrangidas pelas Classes de Qualidade do Ar

Qualidade do ar	Área abrangida (m ²)	Área Abrangida (%)
Muito Boa	238119	27.5
Boa	628413	72.5
Média	0	0
Fraca	0	0
Muito Fraca	0	0
Total	866532	100

4 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nas cartas de poluição atmosférica (Figura 1 a 4), permitem concluir que a área estudada, apresenta concentrações abaixo dos limites legais estabelecidos.

Da observação cuidada das Figuras 1, 2 e 3 constata-se que as concentrações de PM, NO₂ e CO encontram-se mais elevadas nas zonas adjacentes às vias de maior tráfego - via marginal junto ao rio Lima e via que atravessa a cidade. Esta última via, com características de atravessamento, é composta pela Avenida 25 de Abril e prolonga-se para Norte com a EN13 e para Nascente com a via de acesso ao IC1, apresentando uma elevada percentagem de veículos pesados que se vêm obrigados, por falta de alternativas, a atravessar a cidade.

No caso do Ozono, por se tratar de um poluente secundário, as concentrações mais elevadas não se encontram sobre as fontes de emissão. Como se pode observar da Figura 4, as concentrações mais elevadas deste poluente não ultrapassam os limiares estabelecidos

na legislação, contudo nas zonas periféricas da zona estudada as concentrações aproximam-se do limiar de protecção da vegetação (65 ug/m³).

Os dados de concentrações das quatro espécies de poluente estudadas quando comparadas com a matriz de classificação da qualidade do ar revelam a existência de duas zonas de diferente Qualidade de Ar, contudo a área estudada apresenta-se na generalidade boa. Num total de 866532 m² de área estudada, 27,5% (238119 m²) possui um ar com um Índice Muito Bom e 72,5% (628413 m²) possui um ar com um Índice Bom.

Comparando os valores de índice de Qualidade do Ar obtidos e os Conselhos de Saúde em função do Índice de Qualidade do Ar, descritos na Tabela 3, verifica-se que a população em geral não necessita de ter alguns cuidados específicos de saúde.

REFERÊNCIAS

Butterwick, L. , Harrison, Roy. e Merritt Q. (1991) **Handbook for Urban Air Improvement**. Commission of the European Communities.

Campanha Para a Avaliação da Qualidade do Ar em Portugal – Cidades de média dimensão (2001), Direcção Geral do Ambiente, Dezembro, Portugal, ISBN:972-8419-73-2

Decreto-Lei nº 111/2002 de 16 de Abril. **Diário da República**, I Série-A, Lisboa, Portugal

Directivas 1999/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, **Official Journal of the European Communities**, 163, p.41-60, 1999

Directiva 2000/69/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, **Official Journal of the European Communities**, 163, p.41-60, 1999

DGA (2001) **Índice de Qualidade do Ar**, Direcção Geral do Ambiente, Novembro, Portugal

Goodwin J.W.L., Salway A.D., Dores C.J., Passant N.R., King K.R., Coleman P. J., Hobson M.M., Pye S.T. e Watterson J.D. (2001) **UK emissions of air pollutants 1970-1999**. Report AEAT/ENV/R/0798. EPG 1/1/171. AEA Technology, NETCEN, Culham.

Directiva 2002/3/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, **Official Journal of the European Communities**, 67, p.14-30, 2002

Portaria nº 623/96 de 31 de Outubro. **Diário da República**, I Série-B, Lisboa, Portugal, n. 253, p. 3871-3873

Design Manual for Road and Bridges (2003) Volume 11, Section 3, Part 1 – Air Quality, Highways Agency, UK

Seinfeld J.H., Pandis S.N. (1997) **Atmospheric Chemistry and Physics for Air Pollution to Climate Change**, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA