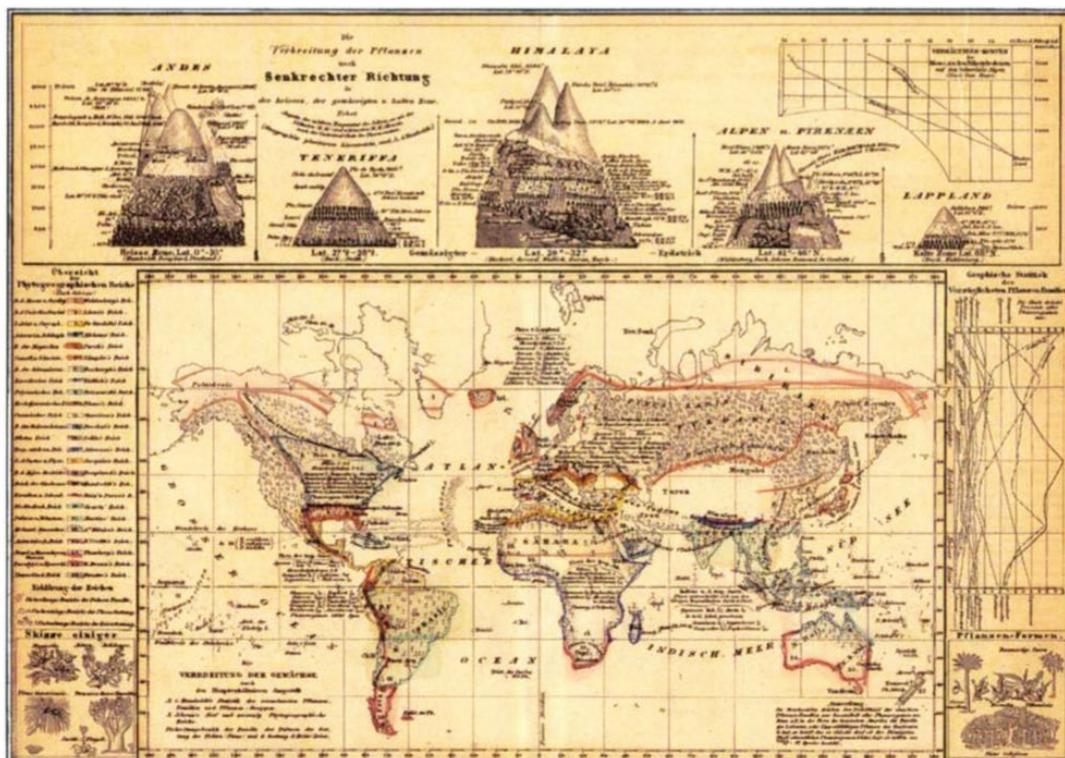


# CADERNOS DE GEOGRAFIA

INSTITUTO DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS  
 FACULDADE DE LETRAS • UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
 COIMBRA 1995 N.º 14



## RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO NO PAUL DE ARZILA

António J. B. Tadeu\*  
António P. B. M. Pereira\*\*  
João L. M. P. de Lima\*  
Diogo M. R. Mateus\*

### RESUMO

O ruído constitui um factor de degradação ambiental que afecta não só a qualidade de vida do Homem, mas também dos mais variados seres vivos. A Reserva Natural do Paul de Arzila poderá vir a ser atravessada por uma via rápida ligando Montemor-O-Velho ao Ameal (Arzila), a cerca de 13 Km oeste de Coimbra. Neste artigo analisa-se a evolução do ruído no Paul, com a entrada em funcionamento daquela via, tendo-se verificado um aumento considerável do nível sonoro que pode afectar negativamente a vida animal no interior do Paul.

**Palavras chave:** Ruído. Tráfego rodoviário. Reserva natural. Paul.

### RÉSUMÉ

Le bruit est un facteur de dégradation de l'environnement qui nuit, non seulement à la qualité de la vie de l'Homme mais aussi à celle de maints autres êtres vivants. La Réserve Naturelle de Paul de Arzila est sur le point d'être traversée par une voie rapide liant Montemor-o-Velho à Ameal (Arzila), à près de 13 Km à l'ouest de Coimbra. Dans cet article on analyse l'évolution du bruit à Paul après la mise en service de cette voie rapide. On a, en effet, remarqué une augmentation importante du niveau sonore qui peut affecter de manière négative la vie animale au sein de cette réserve.

**Mots-clés:** Bruit. Trafic routier. Réserve naturelle. Paul.

### ABSTRACT

The noise may be considered a factor of environmental degradation that affects not only the life quality of the human beings, but also the remaining life of other live beings. The Nature Reserve of Arzila Wetland may be crossed by a highway connecting Montemor-o-Velho to Ameal (Arzila), located at about 13 Km west of Coimbra. In this article the evolution of the noise at the wetland is analysed. The construction of the new highway has been taken into consideration. It has been verified a remarkable continuous noise level increase that may affect negatively the animal life inside the wetland.

**Key words:** Noise. Road traffic. Nature Reserve. Wetland.

---

\* Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

\*\* Direcção Regional de Ambiente e Recursos Naturais do Centro.

## 1. INTRODUÇÃO

A definição de ruído é subjectiva pois não depende apenas do tipo de som, mas também das capacidades receptivas do ouvido humano, o qual varia de pessoa para pessoa. Uma determinada música pode ser agradável para determinada(s) pessoa(s), mas pode revelar-se incomodativa para outras, que consequentemente a denominarão de ruído. Contudo, pode acontecer que o som não seja considerado incomodativo, e possa causar traumas auditivos resultante da degradação do aparelho auditivo. Os traumas auditivos verificam-se em especial para sons contendo frequências altas.

O aumento de fontes geradoras de som determinou que a produção de ruído passasse a constituir motivo de preocupação para a sociedade. O ruído constitui um factor de degradação ambiental que afecta não só a qualidade de vida do Homem mas também dos mais variados seres vivos, podendo afectar o seu comportamento e o desenvolvimento das suas actividades (SILVA, 1980).

O som propaga-se sobre a forma de ondas mecânicas, após libertação da energia na fonte sonora, produzindo perturbações no meio envolvente, meio de propagação, alterando os valores das variáveis de estado: pressão, temperatura e massa específica. A principal variável de estado neste processo é a pressão sonora, definida como a variação da pressão relativamente ao valor de equilíbrio. Fruto da variação de pressão resultante destas perturbações, as ondas sonoras propagam-se dissipando energia na tentativa de estabelecer de novo o equilíbrio. Neste processo, diferentes sons podem conter a mesma energia mas podem causar ao nível do ouvido sensações completamente diferentes, pois além da energia as ondas sonoras são caracterizadas pela frequência (comprimento de onda) e amplitude.

O som resulta da vibração das partículas do ar que rodeiam normalmente corpos vibrantes, tais como uma corda de uma guitarra, ou simplesmente a superfície sólida de um objecto após o impacto de uma pancada. A superfície vibrante move-se da sua posição de equilíbrio e arrasta consigo uma camada de ar com que está em contacto, a qual vai provocar sucessivos movimentos de compressão e de descompressão nas sucessivas camadas de ar adjacentes. Trata-se de um movimento ondulatório em que a vibração inicial se propaga da fonte sonora com uma determinada velocidade.

A recepção de som pelas pessoas ou animais depende da frequência da onda sonora. A sensibilidade auditiva diminui consideravelmente para muito baixas frequências (infra-sons) e para frequências muito elevadas (ultra-sons). Os ruídos propagados a baixas frequências (grandes comprimentos de onda), propagam-se através deste, quase sem se reflectirem. Pelo contrário os sons propagados a altas frequências são facilmente detectados e sujeitos a fenómenos de transmissão e dissipação de energia, pelo que se pode afirmar que o ouvido é mais sensível para frequências altas.

Como se referiu, a avaliação do grau de incomodidade é bastante subjectivo. Torna-se necessário estabelecer um critério comum para determinação do grau de incomodidade. O critério utilizado pela legislação existente baseia-se na comparação do ruído perturbador com o ruído de fundo existente na sua ausência. Por exemplo, o Regulamento Geral Sobre Ruído (RGS - Decreto-Lei nº 251/87 de 24 de Junho, Decreto-Lei nº 292/89 de 2 de Setembro e Decreto-Lei nº 72/92 de 28 de Abril) considera que um ruído é perturbador quando  $L_{eq} - L_{95} > 10$  dB(A). Em que o  $L_{eq}$  é medido com o ruído perturbador ligado e o  $L_{95}$  é medido com a fonte perturbadora desligada.

Uma ligação rodoviária é em geral identificada como geradora de ruído. Os níveis sonoros gerados serão variáveis em função do número e tipo de veículos em circulação, da velocidade média a que os mesmos se deslocam, e das condições acústicas do local (BENEDETTO, 1977).

Neste trabalho analisa-se a evolução do ruído na Reserva Natural do Paul de Arzila, situada na Zona Centro do País, a qual poderá vir a ser atravessada por uma via rápida ligando Montemor-o-Velho ao Ameal (Arzila). Com este objectivo procedeu-se a um levantamento dos níveis acústicos actualmente existentes, avaliando-se em seguida a evolução do ruído no Paul.

## 2. PREVISÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO

Um veículo em movimento gera um conjunto de fontes de ruído das quais se destacam o motor, o escape, a penetração aerodinâmica do veículo e a interacção pneu-estrada (PRIEDE, 1971).

O ruído proveniente do motor depende do tipo de motor e em especial da sua velocidade de rotação. Refira-se que o ruído aumenta consideravelmente com o aumento da rotação do motor (exemplo: 70 dB(A) a 1000 rpm; 95 dB(A) a 5000 rpm).

O ruído radiado do sistema de escape aumenta também com a velocidade do motor, mas depende muito do seu estado de conservação, nomeadamente do silenciador.

O ruído resultante da penetração aerodinâmica do veículo tem a sua origem na turbulência e fluxo de ar a alta velocidade em redor do veículo em movimento. Enquanto a melhoria dos coeficientes aerodinâmicos dos veículos tende a reduzir a importância deste ruído, o aumento da velocidade de movimento dos veículos tem efeito contrário. Resulta, deste balanço uma maior importância deste tipo de ruído.

A interacção pneu-pavimento tende a ser a fonte de ruído mais importante nos veículos modernos, resultando das depressões do pavimento e interstícios dos pneus, vibração dos pneus e fluxo aerodinâmico pela superfície do pneu.

Depreende-se desta análise, que o estudo do ruído proveniente de um veículo isolado, em movimento, torna-se bastante complicada. Contudo, caso se considere que numa linha de tráfego existe um grande número de veículos, torna-se possível considerar valores médios

estatísticos dependentes apenas das características específicas dessa linha. Os métodos de previsão de ruído emitido por linhas de tráfego são caracterizados pela velocidade média de circulação, o fluxo de tráfego, a percentagem de veículos pesados, a inclinação da via, as características do pavimento e local de propagação (SILVA, 1974, 1978, MESTRE et WOOTEN, 1980).

O fluxo de tráfego suficientemente intenso e regular pode considerar-se como constituindo uma fonte linear, radiando ondas cilíndricas. Estas decaem com o inverso da distância, com 3 dB(A) por dobro da distância. A este efeito de atenuação têm de ser adicionados os efeitos de outros mecanismos de atenuação sonora. O valor referido (3 dB(A)) refere-se apenas a propagação em espaço livre. Refira-se que para tráfego menos intenso e para distâncias reduzidas da estrada o modelo de radiação radial poderá ser mais adequado verificando-se uma quebra de 6 dB(A) para o dobro da distância à fonte geradora de ruído (HARRIS, 1957).

A atenuação dos níveis sonoros não depende apenas da dispersão das ondas sonoras. Na realidade esta atenuação resulta também do tipo e geometria do terreno, do efeito do vento e depende dos mecanismos de perdas na atmosfera tais como aqueles que resultam da absorção molecular, transformações e condução de calor. Tomando como referência o nível sonoro a uma distância  $x_0$ , o nível sonoro  $L$  a uma distância  $x$  pode ser calculado pela expressão:

$$L(x) = L(x_0) - A \quad (1)$$

com  $A = A_{disp} + A_{absor} + A_{terr} + A_{vent}$

onde:  $A$  é a atenuação do nível sonoro (dB(A)).

O termo  $A_{disp}$  representa a atenuação resultante da dispersão das ondas sonoras associado ao aumento da frente de onda. O termo  $A_{absor}$  refere-se à atenuação de energia devida a mecanismos de perdas na atmosfera. A importância deste termo é desprezável para baixas frequências (inferiores a 500 Hz) ou para pequenas distâncias (inferiores a uma centena de metros). Deste modo, dado que o ruído de tráfego rodoviário é caracterizado por espectros de frequências que se estendem desde as baixas até às altas frequências, e pode produzir impacte a algumas centenas de metros, o seu efeito pode tornar-se relevante. O termo  $A_{terr}$  engloba os efeitos relativos ao tipo de geometria do terreno, tais como a absorção, a reflexão e a atenuação em taludes. O termo  $A_{vent}$  considera o efeito do vento, que altera a velocidade de propagação do som. Este efeito pode ser significativo para distâncias superiores a 200 ou 300 m.

Os níveis sonoros gerados pelo tráfego rodoviário numa estrada podem ser avaliados recorrendo ao modelo simplificado descrito no CETUR, 1980:

$$L_{via} = 20 + 10 \log_{10}(Q_{vl} + EQ_{pl}) + 20 \log_{10}(V) - 12 \log_{10}\left(d + \frac{l_c}{3}\right) - DL \quad (2)$$

onde:

- $L_{via}$  é o nível sonoro equivalente produzido pela via rápida (dB(A));
- $Q_{vl}$  e  $Q_{pl}$  são os fluxos representativos respectivamente em veículos ligeiros e pesados iguais a 1/17 do tráfego médio diário anual<sup>1</sup>;
- $E$  é o factor de equivalência acústica entre veículos ligeiros e pesados que se toma igual a 4 para vias rápidas com inclinações inferiores ou iguais a 2%;
- $d$  é a distância ao bordo da plataforma (m);
- $l_c$  é a largura da plataforma (m);
- $V$  é a velocidade base do projecto (Km/h);
- $DL$  é um factor que introduz a absorção proveniente do revestimento vegetal do solo.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O Paul de Arzila situa-se na margem esquerda do rio Mondego, na bacia hidrográfica da ribeira de Cernache, a cerca de 13 Km a oeste de Coimbra.

A rede de drenagem principal é constituída por 3 valas: vala da Costa, vala do Meio e vala dos Moinhos que atravessam longitudinalmente o Paul e que, mais a jusante, se juntam na vala de Pereira cujas águas se lançam no Mondego. Pode distinguir no Paul duas zonas distintas: o núcleo central (área apaulada) e a zona de protecção (estendendo-se pelas vertentes), cuja função é criar uma primeira barreira a agressões ambientais vindas do exterior. O Paul tem uma extensão de 4 Km pela ribeira de Cernache e uma orientação de NNO e SSE.

O Paul de Arzila é uma zona alagadiça preenchendo um vale relativamente aberto de encostas cortadas por linhas de água temporárias, ainda com uma relevância ecológica significativa. Este facto não é alheio ter sido integrado na rede Europeia de Reservas Biogenéticas pela Europa comunitária de Reserva Biogenética da CEE, garantindo a sobrevivência de inúmeras espécies, zoológicas e botânicas, ameaçadas de extinção, com particular relevo para a avifauna aquática (Decreto-Lei nº 219/88 de 27 de Junho).

O Paul pode ser atravessado pelo troço da via rápida prevista em projecto ligando Montemor-o-Velho a Ameal (Arzila). A origem do traçado foi fixada na EN 111, a nascente de Montemor-o-Velho e o final na EN 341 existente, junto ao caminho de ferro (linha do Norte), nas proximidades do Ameal e de Arzila. Na referida linha ferroviária, segundo informações da CP (Caminhos de Ferro Portugueses), circulam cerca de 60 comboios diários.

<sup>1</sup> O fluxo de tráfego apresenta em geral variações ao longo do dia, não muito significativas, se forem excluídos fins de semana, feriados e outros dias especiais. Os valores diários flutuam em torno de um valor médio que será considerado neste trabalho. O algoritmo de previsão considera um valor de tráfego médio horário (TMH). Este parâmetro foi calculado considerando a passagem diária dos veículos concentrada em 17 horas ( $TMH_{médio} = TMD/17$ ).

O tráfego médio diário anual (TMDA) na EN341 era em 1990 de 3743 veículos motorizados.

Na Fig. 1 representam-se os limites da reserva natural Paul de Arzila com indicação do núcleo central, das zonas de protecção, das principais vias de comunicação e do futuro troço rodoviário que poderá atravessar futuramente o Paul de Arzila.

#### 4. CAMPANHA DE MEDIÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE

Foi realizado um trabalho de campo que consistiu no levantamento sonoro do Paul de Arzila, zona susceptível de ser afectada por eventual acréscimo de ruído. Atendendo à localização prevista para o eixo rodoviário em projecto,

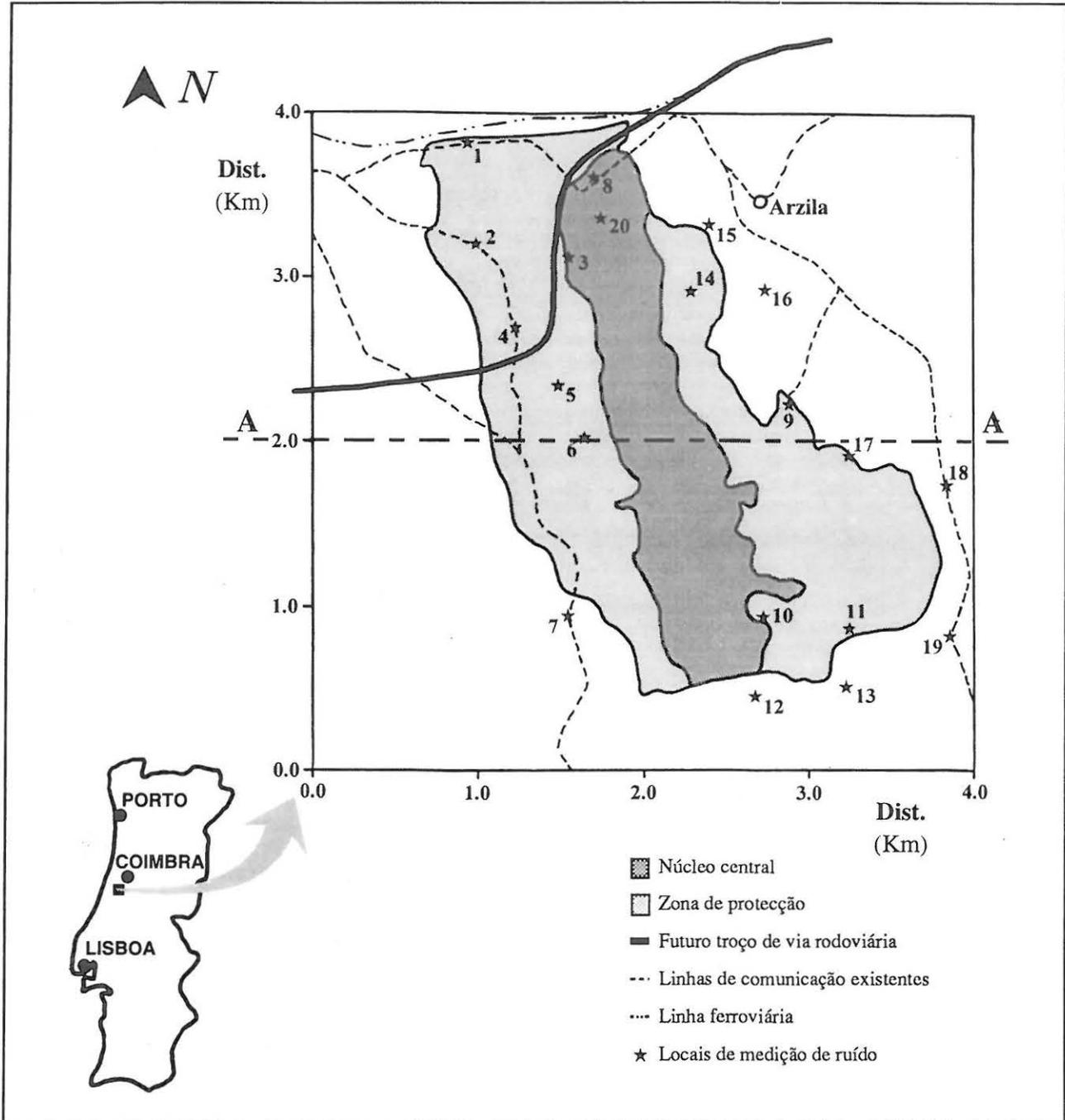


Fig. 1 - Reserva natural do Paul de Arzila

foram seleccionados vários pontos de medida, com o objectivo de caracterizar o ambiente sonoro do local (ver Fig. 1). Este trabalho de campo decorreu em Março de 1994, com condições atmosféricas caracterizadas por céu limpo, temperatura média de 24°C e vento geralmente fraco.

As medições de ruído foram efectuadas com um sonómetro digital integrador (sonómetro tipo 2231 da Brüel & Kjaer), munido de microfone de alta sensibilidade (Tipo 4155 da Brüel & Kjaer) e filtros de análise estatística (módulo BZ7112 da Brüel & Kjaer). O microfone foi protegido com um protector de vento para evitar sinais espúrios de baixa frequência devidos ao vento. Todas as medições foram realizadas com uma malha de ponderação frequentemente denominada de A (RANDALL *et al.*, 1987, Hassal *et al.*, 1988).

O equipamento foi calibrado com o calibrador Tipo 4230 da Brüel & Kjaer antes do início das medições, tendo sido confirmada a calibração no fim de cada campanha de medições.

Os valores dos parâmetros estatísticos LN são os valores dos níveis sonoros, ponderados pela curva de ponderação A, que são excedidos em N% do tempo de duração do período de referência.

Utilizaram-se como parâmetros descritores para avaliação e caracterização do ruído, os valores L<sub>1</sub>, L<sub>10</sub>, L<sub>50</sub>, L<sub>90</sub>, L<sub>95</sub>, L<sub>99</sub> e L<sub>eq</sub> expressos em dB(A), dado que a estes valores estão associados factores de incomodidade ou valores para classificação acústica de locais.

O nível sonoro contínuo equivalente L<sub>eq</sub> representa o nível sonoro, em dB(A) de um ruído uniforme, que contém a mesma energia acústica no intervalo de tempo T:

$$L_{eq} = 10 \text{Log}_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right] \quad (3)$$

onde: L<sub>A</sub>(t) é o nível sonoro medido ao longo do tempo t, em dB(A).

Os tempos de integração foram considerados de modo a garantir a estacionaridade temporal dos sinais sonoros. O L<sub>eq</sub> é considerado um dos parâmetros mais importantes, dado descrever o ruído ambiente em termos de energia de forma correcta.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Campanha de medição

No Quadro I estão indicados os valores obtidos para os vários parâmetros característicos de ruído, obtidos nas medições efectuadas nas referidas campanhas de medições, durante o período diurno (7h - 20h), nos locais representados na Fig. 1.

Na Fig. 2 representa-se a superfície de nível sonoro médio gerado com as medições efectuadas em Março de

1994. Constata-se que é possível detectar a passagem de veículos de circulação rodoviária e ferroviária, geradores de flutuações apreciáveis nos níveis sonoros ao longo de tempo de medição, através do aparecimento de diferenças significativas entre os valores dos vários indicadores medidos, nomeadamente entre o L<sub>eq</sub> e o L<sub>99</sub>, entre o L<sub>eq</sub> e o L<sub>95</sub> e L<sub>eq</sub> e o L<sub>50</sub>. Na Fig. 3, apresentam-se as medições efectuadas durante os primeiros 500 s nos pontos de medição 1, 2, 6 e 15 (ver Fig. 1).

Na Fig. 3 apresenta-se igualmente o modo como evolui o parâmetro L<sub>eq</sub>. No Quadro II apresentam-se as diferenças entre o parâmetro energético L<sub>eq</sub> e os vários parâmetros estatísticos considerados.

No local 1, próximo da estrada principal que liga Arzila a Pereira, verifica-se que se torna possível identificar a passagem dos diversos veículos. No local 2, no lugar de Montes de Cima, numa zona voltada para o Paul, foi possível identificar a passagem de um Comboio. Verifica-se que, devido à sua passagem, o valor de L<sub>eq</sub> sobe significativamente. A diferença entre os parâmetros acústicos (Quadro II) são significativos quer para o local 1 quer para o local 2. Ao contrário nos locais 6 e 15, zona interior do Paul e zona limítrofe da vila de Arzila afastada das referidas vias de circulação, estes valores são relativamente baixos. Registe-se que, apesar das diferenças entre os parâmetros acústicas nestes dois pontos serem semelhantes, o nível sonoro no interior é o mais baixo.

### 5.2. Impacte da via rápida

Para além da caracterização do estado do ambiente sonoro nas áreas envolventes ao projecto, reveste-se de especial interesse estimar a sua evolução para uma situação após a execução do projecto do lanço rodoviário. A estrada está prevista para tráfego com uma velocidade máxima da ordem de 100 Km por hora, com fluxos de tráfego e percentagens de veículos pesados constantes no Quadro III.

A eq. (2) é válida para uma via rectilínea, ao nível do solo, na ausência de obstáculos entre o emissor e o receptor, e para distâncias inferiores a 150 m.

Na propagação de ruído gerado pela via rápida foi considerada a vegetação arbórea existente que separa o troço rodoviário do núcleo central do Paul de Arzila. Consequentemente, poderá registar-se um decréscimo dos níveis de ruído no núcleo central, podendo a vegetação funcionar como uma barreira acústica. O valor de DL foi considerado aquele que consta em CETUR (1980). Para distâncias superiores a 150 m, considerou-se que a fonte pode ser caracterizada como linear, pelo que a duplicação da distância reproduz um decréscimo de 3 dB(A). Assim a eq. (2) foi transformada em:

$$L_{via} = 20 + 10 \text{Log}_{10}(Q_{vi} + EQ_{pi}) + 20 \text{Log}_{10}(V) - 12 \text{Log}_{10} \left( 150 + \frac{l_c}{3} \right) - DL - 10 \text{Log}_{10} \left( \frac{d}{150} \right) \quad (4)$$

Quadro I - Medições acústicas efectuadas. Parâmetros  $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{95}$ ,  $L_{99}$  e  $L_{eq}$ , em dB(A)

	$L_1$	$L_{10}$	$L_{50}$	$L_{90}$	$L_{95}$	$L_{99}$	$L_{eq}$
1	74.1	55.9	40.7	37.2	36.6	35.1	60.8
2	64.2	61.5	46.4	40.1	38.0	37.1	55.4
3	51.7	44.1	41.6	39.8	39.4	38.8	42.8
4	75.8	62.5	45.9	41.5	40.6	39.2	62.1
5	63.7	48.6	43.3	41.1	40.6	39.8	55.4
6	51.6	42.3	38.5	33.0	32.4	31.7	41.8
7	58.8	49.7	41.0	34.2	33.5	31.4	47.0
8	67.4	53.0	48.6	46.1	45.4	44.8	54.6
9	62.1	45.1	40.7	36.9	36.2	34.4	47.3
10	54.7	37.5	31.7	30.0	29.3	28.1	40.1
11	52.4	48.2	39.7	34.3	33.0	31.5	44.1
12	64.5	47.6	40.2	35.6	34.6	31.4	50.2
13	52.6	48.3	39.9	34.4	33.4	31.6	44.3
14	75.1	68.0	45.1	38.6	37.8	36.8	63.6
15	54.2	47.9	43.3	38.1	37.4	36.3	45.4
16	45.5	42.5	37.5	31.3	30.4	29.3	38.9
17	60.0	57.1	53.1	50.3	49.6	48.7	54.4
18	68.3	55.4	45.5	40.4	39.2	37.5	55.7
19	78.4	63.7	43.0	39.6	39.3	38.4	64.8
20	60.8	53.6	42.5	40.2	39.8	39.0	49.3

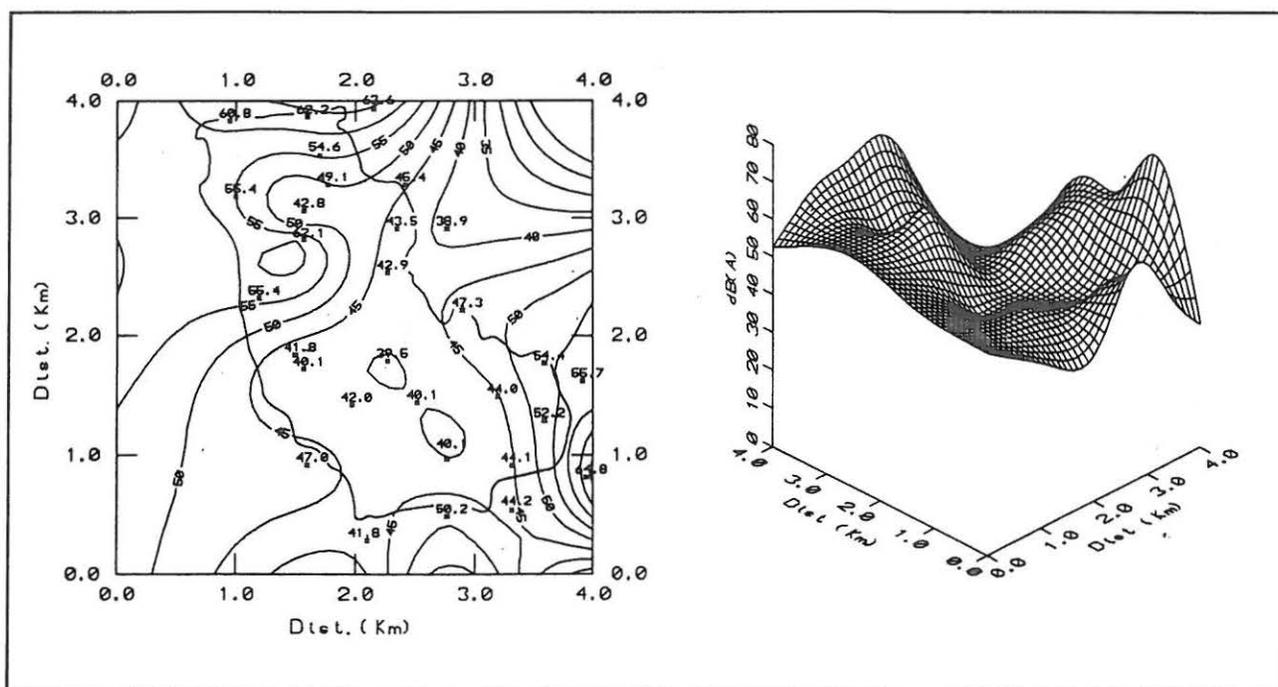


Fig. 2 - Ruído actual gerado com base em medições efectuadas em Março de 1994: (a) representação bidimensional com indicação do Paul de Arzila e (b) representação tridimensional.

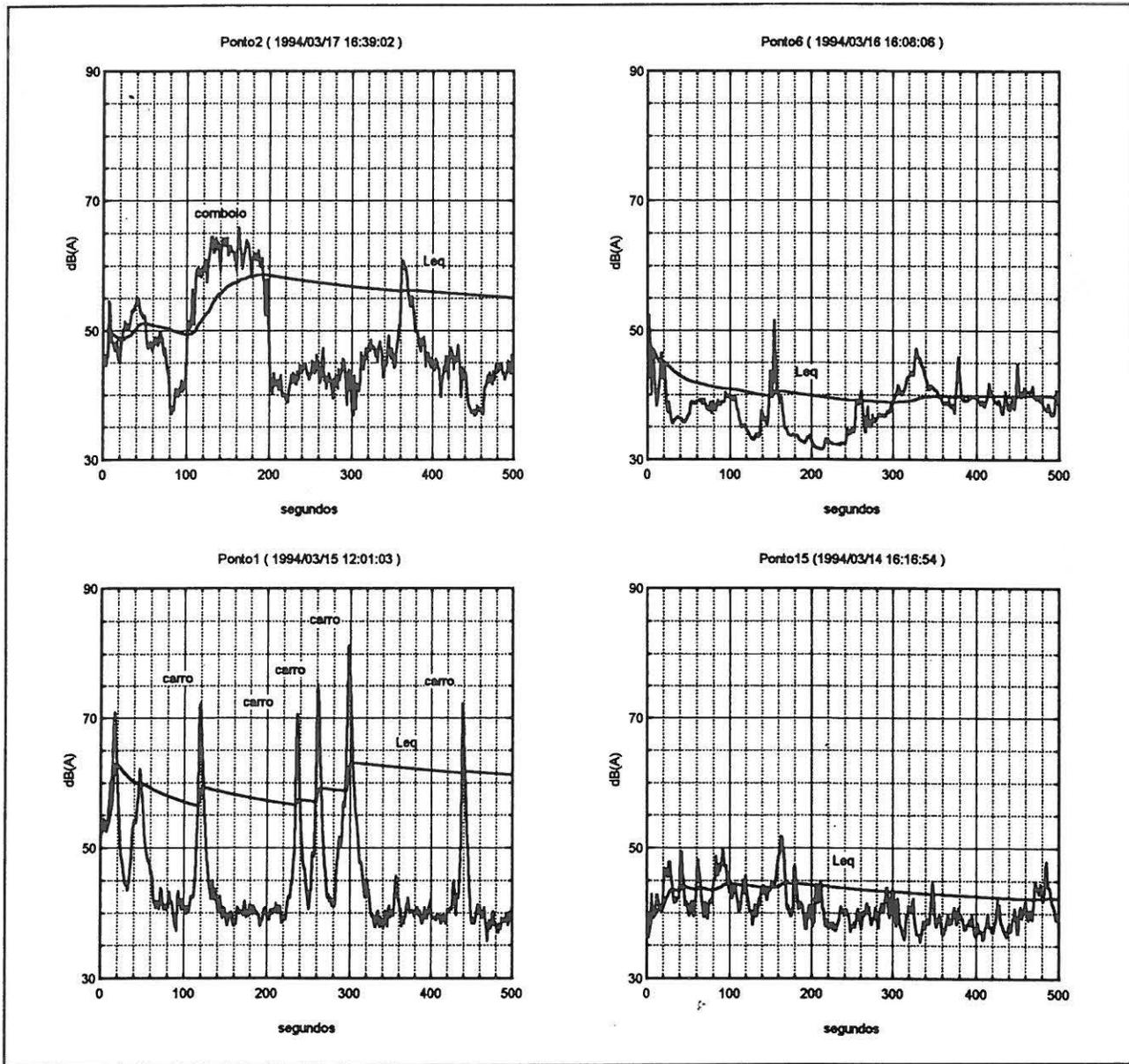


Fig. 3 - Evolução dos níveis sonoros nos primeiros 500 s nos locais 1, 2, 6 e 15 (Fig. 1)

Quadro II - Variações entre parâmetros acústicos para quatro locais de amostragem, em dB(A)

	$L_{eq}-L_{99}$	$L_{eq}-L_{95}$	$L_{eq}-L_{90}$	$L_{eq}-L_{50}$	$L_{eq}-L_{10}$	$L_{eq}-L_1$
Ponto 1	25.7	24.2	23.6	20.1	4.9	-13.3
Ponto 2	18.3	17.4	15.3	9	-6.1	-8.8
Ponto 6	10.1	9.4	8.8	3.3	-0.5	-9.8
Ponto 15	9.1	8	7.3	2.1	-2.5	-8.8

Quadro III - Fluxos de tráfego da ligação Montemor-o-Velho/Ameal (Arzila)

Ano	Total de veículos	Ligeiros	Pesados
Ano 0 (ano 1995)	6114	4908	1206 (19.7% do total)
Ano 2000	7809	6292	1517 (19.4% do total)
Ano 2005	9787	7915	1872 (19.1% do total)
Horizonte de projecto (ano 2010)	12056	9767	2289 (19.0% do total)

De acordo com o projecto, a largura total da plataforma da via rápida apresenta 12 m, o que inclui duas faixas de rodagem com 3,5 m cada e bermas laterais com 2,5 m.

Através deste modelo, geraram-se as superfícies de nível de ruído sonoro para o ano 0 (Fig. 4) e o ano horizonte de projecto (Fig. 5). Adicionando o ruído estimado do tráfego rodoviário ao ruído actual médio obtém-se o ruído global (Figs. 6 e 7). Na Fig. 8 representa-se o ruído ao longo do corte AB (ver Fig. 1), para a situação actual, ano 1995 e ano 2010.

## 6. CONCLUSÕES

Neste artigo estuda-se a distribuição de ruído de tráfego rodoviário nas áreas envolventes à ligação Montemor-o-Velho/Ameal (Arzila) que atravessa a zona tampão da Reserva Natural do Paul de Arzila. Com este intuito foi estudada a evolução do parâmetro  $L_{eq}$  com a entrada em funcionamento dessa ligação, desde o ano 0 de projecto (1995) ao ano horizonte de projecto (2010).

Verifica-se que, na zona interior do Paul se regista um aumento considerável do nível sonoro equivalente. Este aumento pode atingir valores que se situam entre os 15 e 18 dB(A), podendo afectar negativamente a vida animal no interior do Paul.

Recomenda-se deste modo a construção de barreiras acústicas que limitem a propagação das ondas sonoras. Nesta situação específica, a barreira acústica poderia ser constituída pela implantação de uma faixa de floresta densa na periferia do troço rodoviário junto ao Paul. No entanto esta atenuação não ultrapassará em média valores que se cifram próximo dos 6 a 8 dB(A).

## BIBLIOGRAFIA

- BENEDETTO, G. and SPAGNOLO, R. (1977) - "Traffic Noise Survey of Turin, Italy", *Applied Acoustics*, Vol. 10, No. 3.  
 CENTER D'ETUDES DES TRANSPORTS URBAINS (CETUR) (1980) - *Guide du Bruit des Transports Terrestres Prevision des*

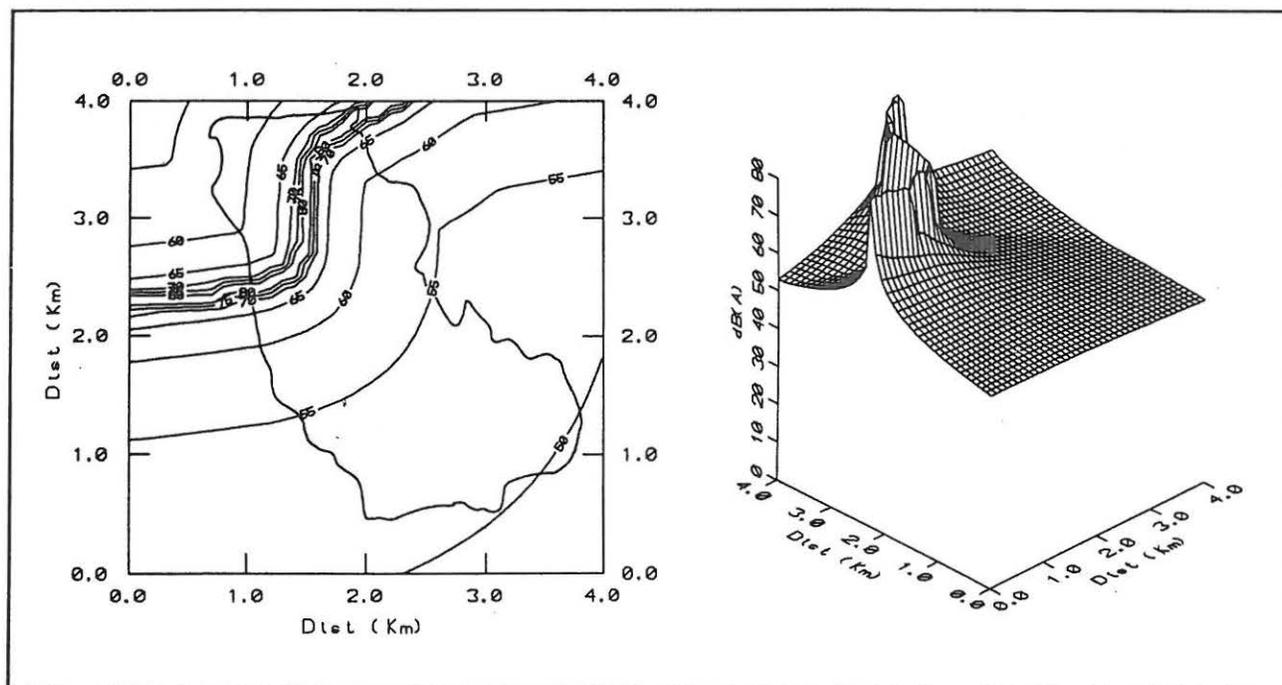


Fig. 4 - Ruído estimado do tráfego rodoviário para o ano de 1995: (a) representação bidimensional com indicação do Paul de Arzila e (b) representação tridimensional

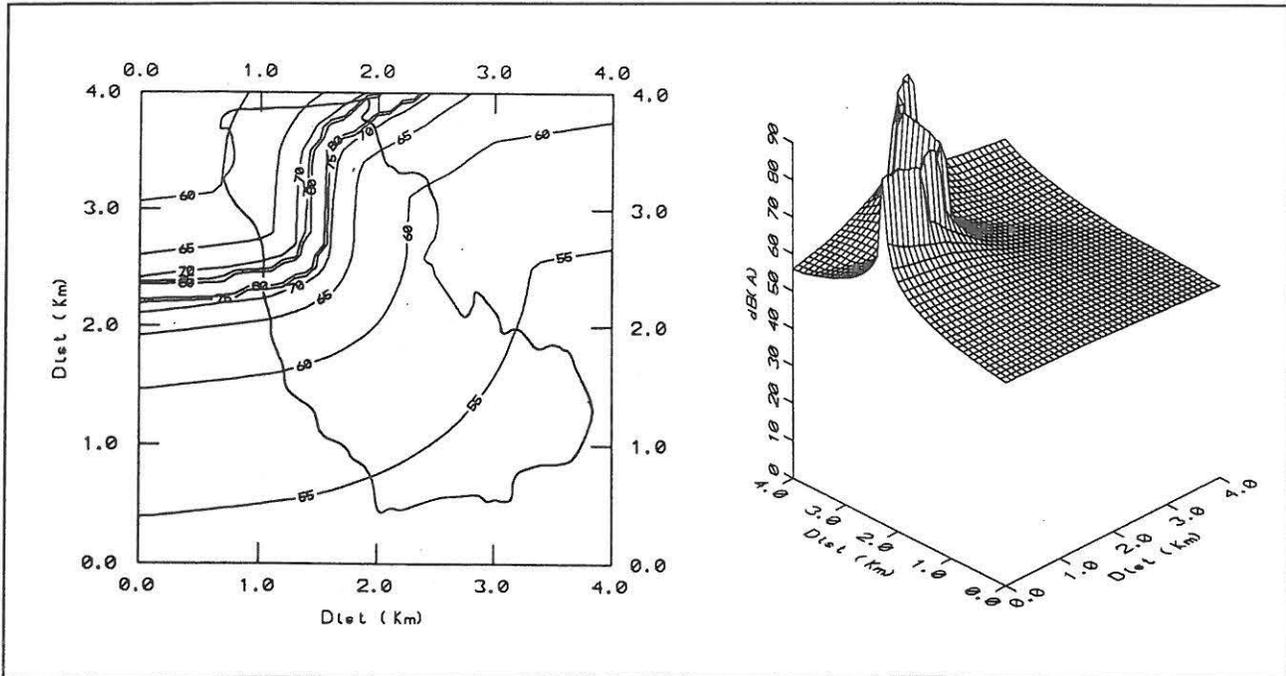


Fig. 5 - Ruído estimado do tráfego rodoviário para o ano de 2010: (a) representação bidimensional com indicação do Paul de Arzila e (b) representação tridimensional

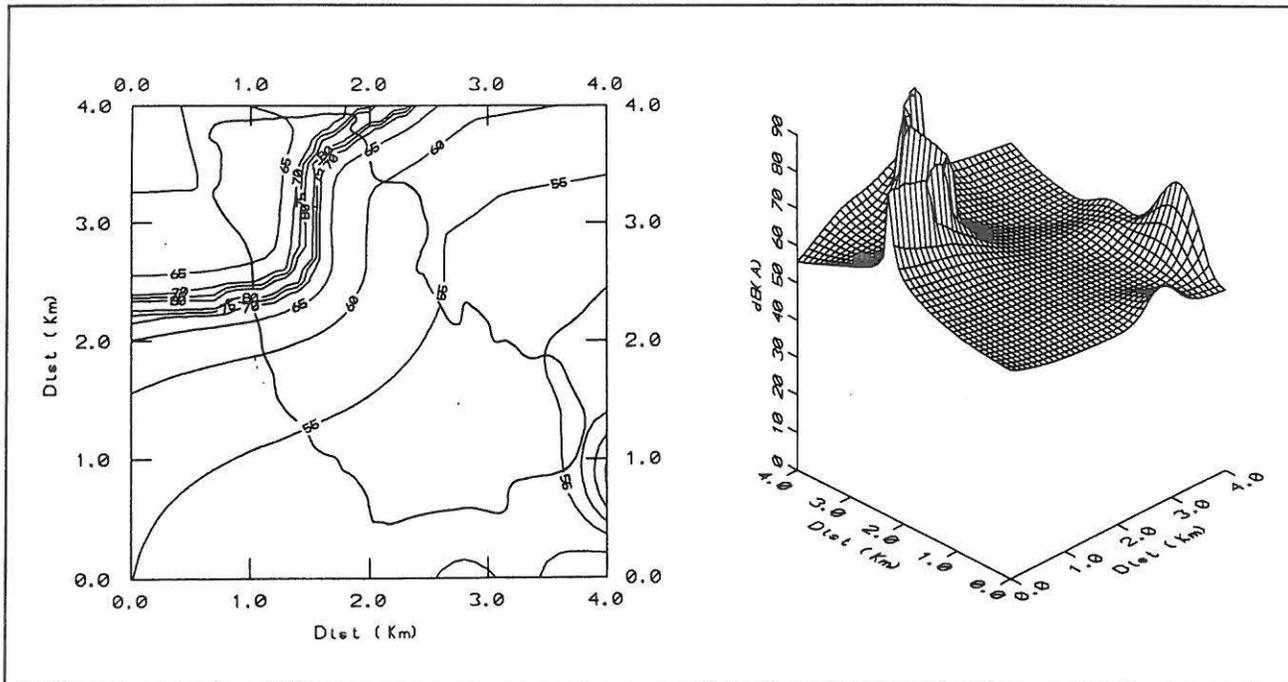


Fig. 6 - Ruído global estimado para o ano de projecto (1995): (a) representação bidimensional com indicação do Paul de Arzila e (b) representação tridimensional

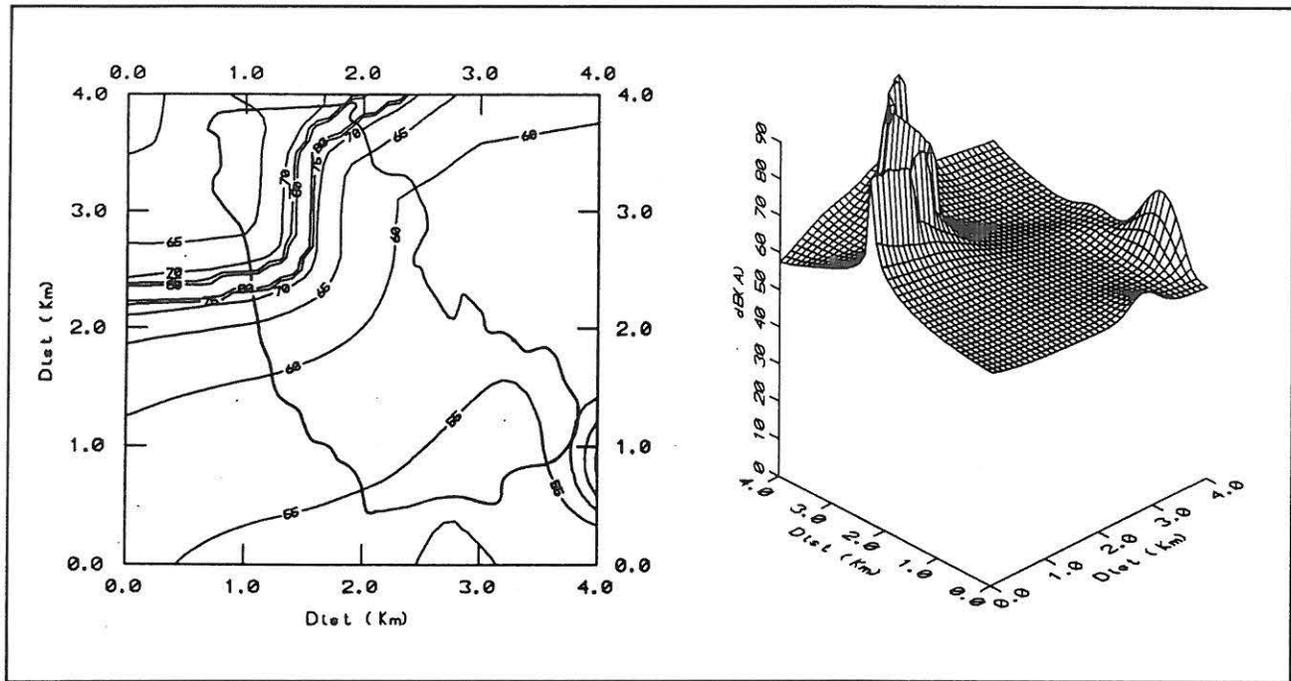


Fig. 7 - Ruído global estimado para o ano horizonte de projecto (2010): (a) representação bidimensional com indicação do Paul de Arzila e (b) representação tridimensional

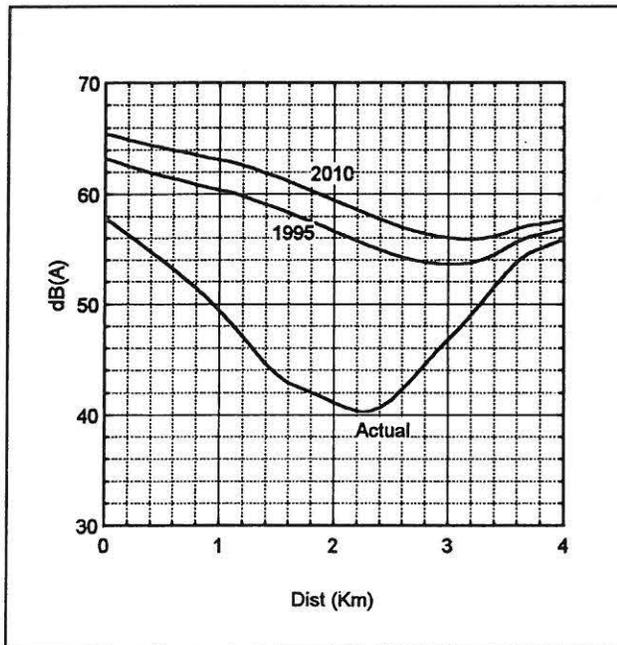


Fig. 8 - Ruído ao longo do corte AB (ver Fig. 1)

niveaux Sonores. Minister de l'Environnement, Ministère des Transports, Bagnaux.

Decreto-Lei nº 219/88 de 27 de Junho, *Diário da Republica*, I série, 2118-2620.

HARRIS, C. M. (1957) - *Handbook of Noise Control*. McGraw-Hill Company, New York.

HASSALL, J. R.; ZAVERI, K. and PHIL, M. (1988) - *Acoustic Noise Measurements*. Brüel & Kjaer, Denmark.

MESTRE, V. E. and WOOTEN, D. C. (1980) - *Noise Impact Analysis. Environmental Impact Analysis Handbook*, McGraw-Hill, New York.

PRIEDE, T. (1971) - "Origins of Automotive Vehicle Noise", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 15 (1), 61-74.

RANDALL, R. B. e TECH, B. A. (1987) - *Frequency Analysis*. Brüel & Kjaer, Denmark.

REGULAMENTO GERAL SOBRE RUÍDO (RGSR - Decreto-Lei nº 251/87 de 24 de Junho, Decreto-Lei nº 292/89 de 2 de Setembro e Decreto-Lei nº 72/92 de 28 de Abril).

SILVA, P. M. da (1974) - *Ruído de Tráfego Rodoviário*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, (Informação Técnica - Edifícios N° 7), Lisboa.

SILVA, P. M. da (1978) - *Ruído Urbano - Modelos de Previsão*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Memória N° 508, Lisboa.

SILVA, P. M. da (1980) - *Os efeitos do Ruído no Homem*. CNA, Lisboa.