

A INFLUÊNCIA DA FORMA URBANA NA PROPAGAÇÃO DO RUÍDO URBANO

L. T. Silva, M. Oliveira

RESUMO

A forma urbana afecta directamente os habitats naturais, os ecossistemas e as diferentes espécies. Indirectamente a forma urbana, influencia o comportamento do trajecto, que por sua vez, afecta a qualidade do ar, o clima global e naturalmente a propagação do ruído. O presente trabalho pretende, abordar a problemática do ambiente urbano, enquanto espaço de interacção de formas urbanas e ruído urbano. Essa interacção, pretende ser monitorizada por indicadores urbanos, comparando os efeitos da propagação de ruído, nas formas urbanas tipo. O modelo de previsão de ruído (NMPB96), permitiu desenvolver estudos de ruído em fachadas (Ld, Nível de ruído do período diurno), que resulta em cores associadas a classes de ruído. O estudo poderá permitir com a criação de diferentes cenários antever já em fase de projecto, as fachadas expostas a um nível de ruído mais elevado, podendo minimizar assim antecipadamente, os efeitos do ruído nas fachadas, ajustando a disposição da sua tipologia.

1 INTRODUÇÃO

A influência da forma urbana segundo Luz Valente Pereira (Pereira, 1974), em termos morfológicos, situa-se principalmente ao nível da sua localização, topografia, exposição solar, eólica, qualidade e aptidão do solo e subsolo e por fim, sua composição de paisagem. Estes dados influenciam as grandes distribuições de cheios e vazios das edificações e sua tipologia, bem como o traçado das infra-estruturas, sobretudo a viária.

O objectivo principal do presente trabalho é o estudo da interacção entre fontes sonoras e a forma urbana e a sua influência em determinado ambiente sonoro. Estudar e caracterizar as bases teóricas e conceptuais dos fenómenos, associados à emissão e propagação do ruído, aplicar os modelos computacionais de simulação, dos fenómenos ligados à emissão e propagação do ruído, identificar os vários indicadores quantitativos de forma e dimensão do layout urbano e propor um modelo de avaliação quantitativa de formas urbanas tipo, considerando os diferentes indicadores quantitativos de forma.

2 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE TIPOLOGIAS DA FORMA URBANA

A concepção de tipologias urbanas diz respeito ao arranjo, aparência e funcionalidade das cidades e, em particular, à concepção e utilização do espaço público urbano.

2.1 Indicadores Quantitativos da Forma Urbana

Caracterizar a forma urbana com recurso a indicadores é apesar do crescente interesse, uma exploração de reais diferenças, que numa forma rigorosa e exaustiva é ilustrada em estudos incipientes.

Os indicadores que se pretendem estudar têm um cariz dimensional e apesar de baseados em estudos de diferentes autores, são índices urbanísticos e métricas espaciais que se podem extrapolar, para tipologias com especificidades fora dos modelos apresentados.

O espaço métrico é um conceito que generaliza a ideia geométrica de distância. Um conjunto em que há uma métrica ou grelha, cuja base é similar e por sua vez de fácil comparação, como se poderá detectar no estudo seguinte e após apresentarmos os indicadores a empregar.

2.1.1 Índices Urbanísticos

Os índices urbanísticos são multiplicadores que se aplicam a uma área ou superfície de referência ou área de intervenção com possibilidade edificatória.

Índice de Ocupação ou Percentagem de Ocupação de Solo (%P) – É o indicador que relaciona o quociente entre a superfície de implantação e a área do terreno, representado na Figura 1.



Figura 1. Ilustração do índice Percentagem de Ocupação de Solo (%)

O cálculo da Percentagem de Ocupação (%P) é feito através da Equação 1:

$$\%P = \frac{A_{imp}}{A_t} \quad (1)$$

Em que:

A_{imp} : área de implantação, [m²];

A_t : Área total, [m²].

A forma urbana que possuir mais área de implantação, terá o índice (%P) mais alto.

Índice de Utilização Volúmica do Terreno (Iv) – O indicador da Figura 2 representa todo o espaço acima do solo, correspondente a todos os edifícios que existam ou possam ser realizados num edifício, exceptuando os elementos ou saliências com fins

exclusivamente decorativos, ou estritamente destinados a instalações técnicas e chaminés, mas incluindo o volume da cobertura, expresso em metros cúbicos (m³).



Figura 2. Ilustração da variação do (IV) em relação ao nº de pisos

Para calcular Índice de Volume de Construção (Iv) recorreremos à Equação 2:

$$Iv = P \times N \times H \quad (2)$$

Em que:

P : área de implantação, [m²];

N : número de pisos, [-];

H : pé direito, [m].

Assim a forma urbana que possuir mais pisos, terá um valor de Iv mais alto.

2.1.2 Métricas Espaciais

As métricas espaciais enunciadas de seguida, são empregues através da utilização de índices quantitativos representativos, das características físicas das formas urbanas tipo e objecto de estudo (Huang *et al.*, 2006).

No presente estudo serão utilizados os seguintes índices quantitativos urbanos: Índice de Compacidade e Índice de Porosidade ou Permeabilidade.

Índice de Compacidade (CI) - Este indicador mede não só a forma da mancha urbana (patch urbano), mas também considera a fragmentação da paisagem urbana global (Li *et al.*, 2004). A Figura 3 ilustra a relação da regularidade da forma urbana e a fragmentação e sua influência no CI.



Figura 3. Ilustração da variação da regularidade das formas que influenciam o índice (CI)

O Índice de Compacidade (CI) é calculado através da seguinte equação:

$$CI = \frac{\sum_i \frac{P_i}{p_i}}{N^2} = \frac{\sum_i 2\pi \sqrt{\frac{s_i}{\pi}/p_i}}{N^2} \quad (3)$$

Em que :

s_i : área do patch, [m²];

p_i : perímetro do patch, [m];

P_i : perímetro do círculo da área s_i [m];

N : número total de patches, [-].

Uma área urbana apresenta valores mais elevados de CI para formas urbanas mais regulares e mais compactas, isto é, menos fragmentadas.

Índice de Porosidade (ROS) – É o indicador de permeabilidade que mede a proporção de espaço aberto, em comparação com o total da área urbana. A Figura 4 ilustra a relação da área de espaços abertos e total de área ocupada e sua influência no ROS.



Figura 4. Ilustração da variação do espaço aberto com a total que caracteriza o índice (ROS)

O Índice de Porosidade ou de Permeabilidade é calculado através da Equação 4 apresentada a baixo:

$$ROS = \frac{s'}{s} \times 100 \% \quad (4)$$

Em que:

s' : somatório da área de todos os “buracos” dentro da área urbana estudada, [m²];

s : somatório da área de todos os patches, [m²].

Uma área urbana apresenta valores mais elevados de ROS para formas urbanas com espaços abertos mais elevados. Este indicador é também denominado como o rácio de espaços abertos.

2.3 Modelo Teórico de Vizinhança Próxima

As expressões matemáticas referenciadas anteriormente vão ser aplicadas às tipologias de formas urbanas, seguidamente apresentadas segundo um modelo teórico, o “Modelo de Vizinhança Próxima de João Branco Pedro (Pedro, 2001).

Uma vizinhança próxima, constitui uma unidade residencial, organizada funcionalmente e espacialmente em torno de um espaço exterior, onde se tendem a estabelecer relações de vizinhança entre moradores. A amostra, que fundamentou a presente classificação tipológica, foi elaborada por João Branco Pedro (Pedro, 2001) onde as tipologias de vizinhança próxima foram definidas, segundo as duas perspectivas de classificação seguintes:

- ❖ A Perspectiva programática, que se define como sendo conjuntos de vizinhanças próximas, com programas funcionais idênticos (por exemplo através do número de fogos, do número de habitantes ou do índice de ocupação semelhantes);
- ❖ A Perspectiva morfológica, que se entende como um conjunto de vizinhanças próximas, com características formais idênticas (por exemplo através da forma de

implantação do conjunto de edifícios, da forma de implantação dos edifícios relativamente às ruas, da forma de acesso viário local, do número de pisos acima do nível de entrada principal dos edifícios da vizinhança próxima ou do número de habitações dos edifícios da vizinhança próxima).

2.3.1 Exigências de Projecto Aplicáveis aos Espaços da Vizinhança Próxima

Nesta fase, apresentam-se os parâmetros aplicáveis na concepção de cada um dos espaços que compõem a vizinhança próxima. Isto é, os espaços de circulação, os espaços edificados e os espaços não urbanizáveis, que se apresentam de seguida.

O sistema viário, contempla a hierarquia viária mínima, a largura mínima da via, as componentes mínimas impermeáveis da infra-estrutura. Os lotes habitacionais contemplam a altura máxima dos edifícios e a distância mínima entre fachadas. Os espaços verdes, por sua vez, contemplam a área mínima dos mesmos.

Assim sendo, e partindo da articulação dos espaços referidos, viário, habitacional e verde, optou-se pelos seguintes tipos de implantação linear, apresentadas na Figura 5.

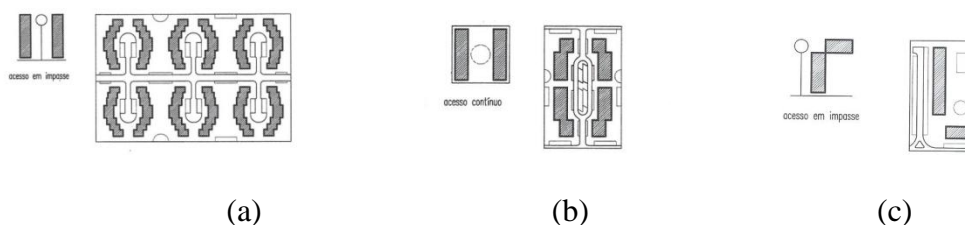


Figura 5. Ilustração de edifícios unifamiliares com 2 pisos (a), multifamiliares com 4 pisos (b), multifamiliares com 8 pisos (c)

Os modelos seleccionados, pretendem diversificar a amostra, de modo a tentar elencar diferentes efeitos da propagação do ruído, sobre a composição dos mesmos. Nesse sentido, a amostra proposta visa um modelo com concavidades, um outro com convexidades e um linear com ausência de saliências. Deste modo, espera-se obter resultados comparativos, permitindo assim extrair algumas conclusões, de como a forma urbana poderá influenciar, a propagação do ruído urbano.

3 DEFINIÇÃO DO RUÍDO URBANO

Entende-se por ruído, um som desagradável ou incomodativo para o ser humano. O conceito de ruído é definido, como a variação da pressão atmosférica, dentro dos limites de amplitude e banda de frequências, aos quais o ouvido humano responde. Como o ouvido humano, é mais sensível a certas frequências do que a outras, o nível de distúrbio é dependente do conteúdo espectral do ruído. A percepção do ruído depende das pessoas, dos momentos e dos locais. É por isso que é difícil determinar objectivamente a incomodidade.

Assim, a definição de ruído ambiental é expresso por um logaritmo da relação, entre os quadrados da pressão sonora medida e a pressão de referência. Denomina-se nível de pressão sonora L_p e é expresso em Bel (B) ou multiplicando-se por 10 é expresso em decibel (dB).

O ruído ambiente proveniente do meio urbano, qualquer que seja o local, não é estacionário, apresenta variações no tempo, que se revelam no sinal produzido, através de quebras e picos. Quando se pretende, por exemplo, caracterizar o ruído produzido pelo tráfego rodoviário, dado o seu ruído ser flutuante, uma simples medição pontual do seu valor não é suficiente. Será necessário recorrer ao cálculo duma média, obtida após um tempo de medição representativo, bem como a indicadores que possam revelar os picos máximos e mínimos, ocorridos durante o período de tempo de medição, como se pretende fazer nas tipologias apresentadas.

3.1 Indicadores de Ruído

Na avaliação do ruído ambiente são em geral utilizados determinados indicadores de ruído, que caracterizam o ambiente acústico exterior. São eles os indicadores médios, normalmente representado pelo nível sonoro contínuo equivalente (L_{eq}), os indicadores máximo, pelo nível de pressão sonora máxima (L_{max}) e os indicadores mínimos representados, pelo nível de pressão sonora mínimo (L_{min}). Os indicadores estatísticos ou de níveis percentis são representados, por exemplo, pelo (L_{10}), que é o nível de pressão sonora que foi excedido durante 10% do tempo de medição, pelo (L_{50}) que é o nível de pressão sonora que foi excedido durante 50% do tempo de medição ou pelo (L_{95}) que é o nível de pressão sonora, que foi excedido durante 95% do tempo de medição. Estes indicadores de ruído ambiente estão ilustrados na Figura 6.

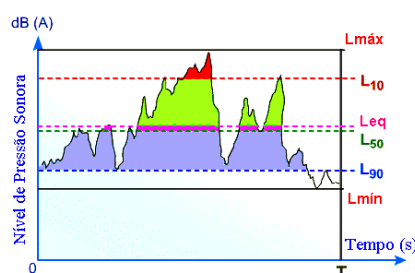


Figura 6 – Ilustração da variação do nível de ruído ao longo do tempo (T) e respectivos indicadores de ruído ambiente

Incluídos nos indicadores de ruído podem-se ainda definir, os níveis sonoros contínuos equivalentes por períodos do dia, segundo o RGR (Regulamento Geral do Ruído, aprovado pelo Decreto-lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro) o período diurno é compreendido entre as 7.00h e as 20.00h, o período entardecer é compreendido entre as 20.00 e 23.00 horas e o período nocturno compreendido entre as 23.00h e as 7.00h. Este regulamento define os indicadores de ruído ambiente, de longo termo que são o L_{dia} (indicador de ruído diurno), $L_{entardecer}$ (indicador de fim-de-tarde, período intermédio) e o L_{noite} (indicador nocturno). Os L_{dia} , $L_{entardecer}$ e L_{noite} devem constituir níveis de ruído de longo período nos termos da norma ISO 1996-2:1987. Estes indicadores são determinados para o conjunto dos períodos diurnos, intermédios e nocturnos de um ano. A norma ISO 1996-2:1987 define o nível de ruído médio de longo prazo, como um nível de pressão acústica contínuo equivalente ponderado A, que pode ser determinado por cálculo, tendo simultaneamente em conta as variações da actividade da fonte e das condições meteorológicas que interferem na propagação.

O indicador de ruído usado neste trabalho é o (L_{eq}) para o período diurno.

3.2 Os Factores Mais Importantes que Influenciam a Propagação do Som

O ruído é emitido por uma fonte sonora ou um conjunto de fontes e propaga-se, a partir da fonte, sobre a forma de ondas mecânicas concêntricas e de forma aproximadamente esférica. Dependendo do tipo de fonte, estas ondas poderão obter uma forma esférica, cilíndrica ou planar.

O ruído vai diminuindo com o aumento da distância entre a fonte emissora e o receptor. Essa redução depende de vários factores, como sendo o tipo de fonte, as características de absorção do solo envolvente, a existência de barreiras ou obstáculos. Para além do já referido, as condições atmosféricas também têm forte influência na propagação do ruído, sendo o vento e a temperatura os factores com maior preponderância.

3.4 Método de Previsão do Ruído

O método de previsão do ruído deve fornecer resultados seguros, que representem a situação real existente dos níveis de ruído, sob quaisquer condições de emissão e propagação (OECD, 1995). A concretização deste objectivo, depende da avaliação das emissões de ruído devido ao fluxo de tráfego e da avaliação da atenuação do ruído, entre a fonte e o ponto receptor.

Existem disponíveis no mercado numerosos modelos previsionais de ruído, que constituem um importante instrumento de trabalho, na modelação da situação acústica, como referido por Bertellino e Licitra (2000). O método utilizado, designado por Novo Método de Previsão do Ruído do Tráfego (NMPB 96) foi desenvolvido em França em 1996. Este é o método recomendado pela Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. No cálculo da propagação da potência acústica que chega a determinado receptor são considerados vários factores de atenuação: a atenuação devida à divergência geométrica; a atenuação devida à absorção pelo ar; a atenuação devida à difracção; os efeitos devidos ao solo; e a absorção das superfícies verticais (Silva *et al.*, 2005).

4 A INFLUÊNCIA DA FORMA URBANA NA PROPAGAÇÃO DO RUÍDO URBANO

A conjugação das tipologias e dos indicadores, anteriormente apresentados serviram de base, para o desenvolvimento de 9 cenários diferentes, como suporte equiparável da análise a que nos propomos estudar.

Assim sendo, as formas urbanas apresentadas (Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3) assentam numa reticula, de 210mx140m, perfazendo uma área total bruta de 29 400 m² e um perímetro de 700 m.

Cada um dos cenários desenvolvidos é servido por duas vias distribuidoras locais e por vias de acesso local. Para o presente cálculo foi unicamente incluída na avaliação, as vias distribuidoras locais. As vias consideradas, em cada um dos cenários desenvolvidos, possuem as seguintes características:

- pavimento asfáltico, sem inclinação;
- fluxo do tráfego rodoviário fluido (300 total de veículos/h com 5% pesados);
- velocidade de circulação de 50 km/h.

Para a avaliação dos níveis de ruído nas fachadas, desenvolveu-se uma grelha quadrangular de cálculo, ao longo de todas as fachadas, de 1,5 m x 1,5 m e um afastamento da fachada de 0,5 m. O número de pisos do edificado é variável (2, 4 e 8 pisos) com pé direito de 3m, Rés-do-chão inclusive.

5 RESULTADOS

As conjugações dos diferentes parâmetros anteriormente referidos reflectem-se nas ilustrações seguintes:

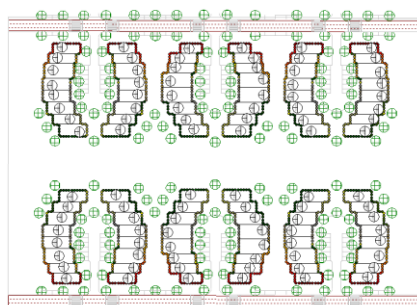


Figura 7. Ilustração da Planta da Forma Tipo 1

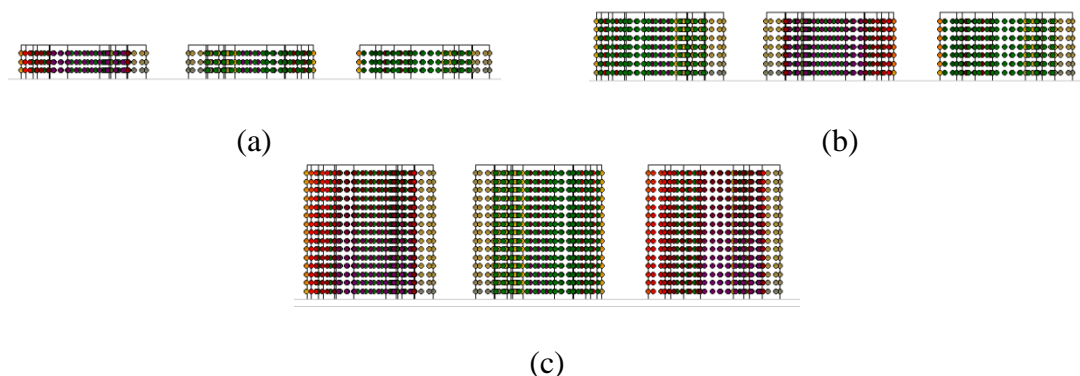


Figura 8. Localização dos nós de avaliação nos edifícios com Forma Tipo 1, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

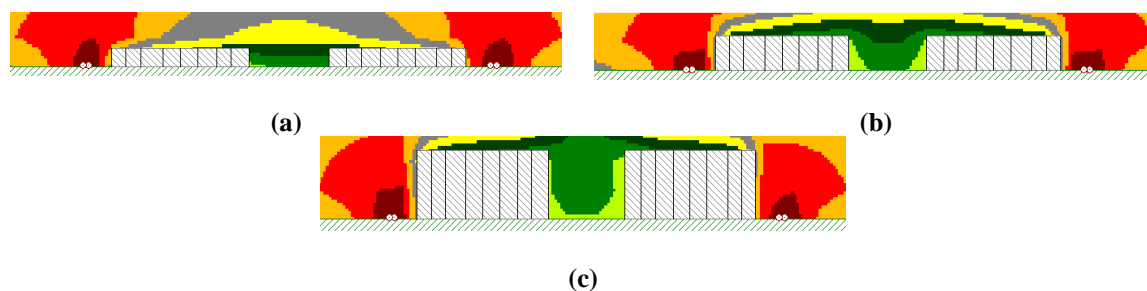


Figura 9. Mapa vertical de ruído da Forma Tipo 1, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

A relação da variação do número de pisos, com os efeitos da propagação do ruído, nas diferentes fachadas é ilustrada nas Figuras 7, 8 e 9 e foi quantificada, sendo o seu resultado resumido na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores relacionais de Forma e Ruído para edifícios Tipo 1

| Área Impl. [m ²] | Nº Pisos | p [%] | I _v [m ³] x10 ⁻³ | CI [-] | ROS [%] | Leq(A) [dBA] | | |
|---------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------|-----------|------------|--------------|-------|------|
| | | | | | | Min | Media | Máx. |
| 29400 | 2 | 27,1 | 47,8 | 0,05 | 73 | 37,0 | 49,1 | 54,6 |
| 29400 | 4 | 27,1 | 95,6 | 0,05 | 73 | 36,6 | 49,4 | 54,7 |
| 29400 | 8 | 27,1 | 191,3 | 0,05 | 73 | 36,4 | 49,6 | 55,1 |

Como se pode observar na Tabela 1, verifica-se uma ligeira diminuição do Leq, com o aumento do número de pisos, no caso dos valores máximos e médios. No caso dos valores mínimos de Leq, essa tendência é inversa. A Figura 9 ilustra a forma das ondas sonoras, provenientes da fonte e como esta influencia as fachadas mais expostas. À medida que o número de pisos aumenta a extensão da fachada mais exposta também aumenta, fazendo aumentar o Leq médio e máximo. Por outro lado, com o aumento da cêrcea, a dimensão da área protegida aumenta, fazendo diminuir o Leq mínimo.

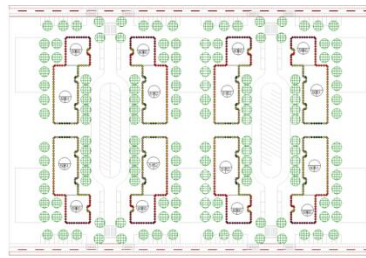


Figura 10. Ilustração da Forma Tipo 2

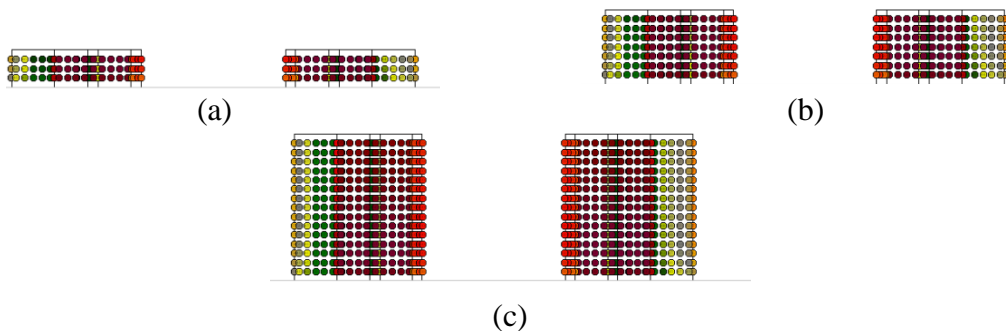


Figura 11. Localização dos nós de avaliação nos edifícios com Forma Tipo 2, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

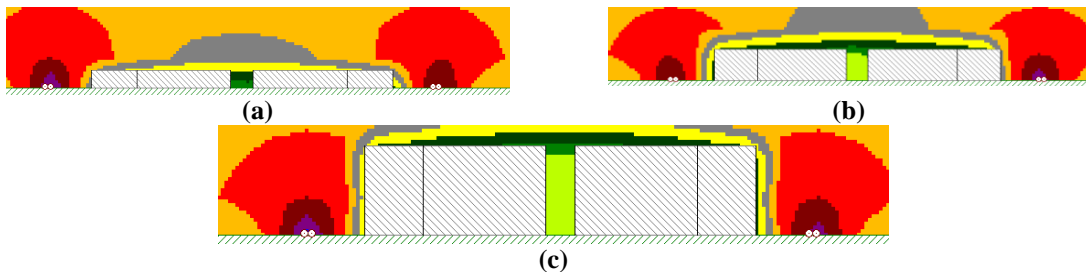


Figura 12. Mapa vertical de ruído da Forma Tipo 2, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

A relação da variação da cêrcea, com os indicadores de ruído e de forma urbana medidos, resumem-se na Tabela 2.

Tabela 2. Indicadores Relacionais de Forma e Ruído

| Área Impl. [m ²] | Nº Pisos | p [%] | I _v [m ³] x10 ⁻³ | CI [-] | ROS [%] | Leq(A) | | |
|---------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------|-----------|------------|--------|-------|------|
| | | | | | | Min | Media | Máx. |
| 29400 | 2 | 18,5% | 32,6 | 0,11 | 82% | 34,7 | 50,6 | 59,0 |
| 29400 | 4 | 18,5% | 65,2 | 0,11 | 82% | 34,0 | 51,1 | 59,1 |
| 29400 | 8 | 18,5% | 130,4 | 0,11 | 82% | 33,5 | 51,1 | 59,1 |

Tal como no caso anterior, verifica-se uma ligeira diminuição do Leq com o aumento do número de pisos, no caso dos valores máximos e médios. No caso dos valores mínimos de Leq, essa tendência é inversa. A Figura 12 ilustra a forma das ondas sonoras provenientes da fonte e como esta influencia as fachadas mais expostas. A análise a efectuar dos resultados obtidos estão na mesma linha da análise acima efectuada, para a Forma Tipo 2.

Os estudos das formas anteriores contemplavam concavidades e convexidades na sua composição formal, a Forma Tipo 3 que se apresenta a seguir e ilustrada na Figura 13, é uma composição pura, desprovida de recantos que possam criar alterações adicionais, na propagação das ondas de ruído.

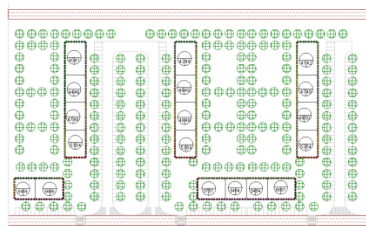


Figura 13. Ilustração da Planta da Forma Tipo 2

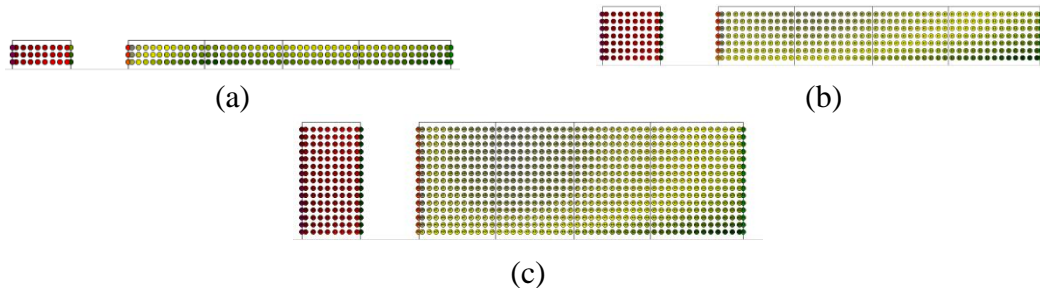


Figura 14. Localização dos nós de avaliação nos edifícios com Forma Tipo 3, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

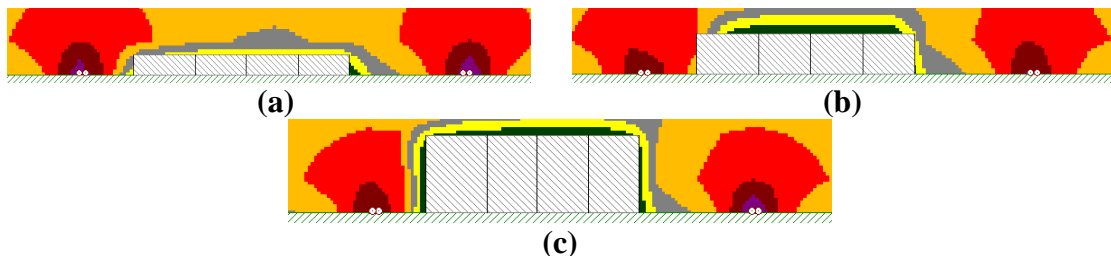


Figura 15. Mapa vertical de ruído da Forma Tipo 3, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

A relação da variação da cércea com os indicadores de ruído e forma medidos resumem-se na Tabela 3.

Tabela 3. Indicadores Relacionais de Forma e Ruído

| Área Impl. [m ²] | Nº Pisos | p [%] | I _v [m ³] x10 ⁻³ | CI [-] | ROS [%] | Leq(A) | | |
|---------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------|-----------|------------|--------|-------|------|
| | | | | | | Min | Media | Máx. |
| 29400 | 2 | 11,5% | 20,2 | 0,31 | 89% | 46,6 | 53,3 | 58,2 |
| 29400 | 4 | 11,5% | 40,6 | 0,31 | 89% | 46,6 | 54,0 | 59,1 |
| 29400 | 8 | 11,5% | 81,2 | 0,31 | 89% | 46,6 | 54,1 | 59,1 |

A relação entre o nível de ruído obtido nas fachadas e o número de pisos na Forma Tipo 3 é similar á obtida nas Formas Tipo 1 e 2. Os valores médios do Leq aumentam á medida que o número de pisos também aumenta. Tendência inversa para o caso dos valores máximos do Leq.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objectivo abordar a influência da forma urbana na propagação do ruído ambiente urbano. Essa interacção foi avaliada através do cálculo de indicadores urbanos, que medem a forma urbana e os níveis de ruído na fachada. Foram adoptados nove cenários com três formas tipo e com várias cêrceas (2, 4 e 8 pisos).

Os indicadores de forma urbana e de ruído determinados para os nove cenários desenvolvidos, resumem-se na Tabela 4.

Tabela 4. Indicadores Relacionais de Forma e Ruído

| Área Impl. [m ²] | Nº Pisos | p [%] | I _v [m ³] x10 ⁻³ | CI [-] | ROS [%] | Leq(A) [dBA] | | |
|---------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------------------|-----------|------------|--------------|-------|------|
| | | | | | | Min | Media | Máx. |
| Forma Tipo 1 | 2 | 27,1 | 47,8 | 0,05 | 73 | 37,0 | 49,1 | 54,6 |
| | 4 | 27,1 | 95,6 | 0,05 | 73 | 36,6 | 49,4 | 54,7 |
| | 8 | 27,1 | 191,3 | 0,05 | 73 | 36,4 | 49,6 | 55,1 |
| Forma Tipo 2 | 2 | 18,5 | 32,6 | 0,11 | 82 | 34,7 | 50,6 | 59,0 |
| | 4 | 18,5 | 65,2 | 0,11 | 82 | 34,0 | 51,1 | 59,1 |
| | 8 | 18,5 | 130,4 | 0,11 | 82 | 33,5 | 51,1 | 59,1 |
| Forma Tipo 3 | 2 | 11,5 | 20,2 | 0,31 | 89 | 46,6 | 53,3 | 58,2 |
| | 4 | 11,5 | 40,6 | 0,31 | 89 | 46,6 | 54,0 | 59,1 |
| | 8 | 11,5 | 81,2 | 0,31 | 89 | 46,5 | 54,1 | 59,1 |

Como se pode observar na Tabela 4, nas três formas tipo, verifica-se uma ligeira diminuição do Leq com o aumento do número de pisos (consequentemente com o Índice Volumétrico I_v), no caso dos valores máximos e médios. No caso dos valores mínimos de Leq, essa tendência é inversa. Como ilustrado nas Figuras 9, 12 e 15, a forma das ondas sonoras provenientes da fonte, sendo cilíndrica, influenciam de diferente forma as fachadas mais expostas. À medida que o número de pisos aumenta, a extensão da fachada mais exposta também aumenta, fazendo aumentar o Leq médio e máximo. Por outro lado, com o aumento da cêrcea, a dimensão da área protegida aumenta fazendo diminuir o Leq mínimo.

Com o aumento do Índice de Porosidade ou Permeabilidade (ROS), os valores médios de Leq também aumentam, isto explica-se pelo facto de quanto maior é a permeabilidade da

forma urbana, mais facilmente as ondas sonoras conseguem atingir os edifícios, no seu interior.

Com o aumento do Índice de Compacidade (CI), os valores médios de Leq também aumentam, isto explica-se pelo facto de quanto maior a regularidade das formas urbanas, menor é a possibilidade de se formarem zonas de sombra, isto é zonas mais protegidas.

Relativamente ao Índice de Ocupação (p), a sua diminuição gera fachadas com níveis de ruído mais elevados. Quanto mais “ocupado” estiver o solo mais obstáculos existem e por conseguinte maior a possibilidade de se formarem zonas protegidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bertellino, F. e G. Licitra (2000) I Modelli Previsionali per il Rumore da Traffico Stradale. Atti **Convegno Nazionale Traffico e Ambiente 2000**, Progetto Trento Ambiente, Trento, Italia, p. 63-82.

Decreto-Lei nº 9/2007. **Diário da república**, I Serie-A, Lisboa, Portugal, n.12.

Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de Junho de 2002, **Official Journal of the European Communities**, p.12-25, 2000.

Huanga J., Lu X.X, Sellers J.M. (2007) A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing, **Landscape and Urban Planning**, 82 (2007) 184–197.

ISO 1996-2. (1987) Acoustics - Description and measurement of environmental noise - **Part 2: Acquisition of data pertinent to land use**, ISO/TC 43/SC 1.

Li, X., Yeh, A.G., (2004) Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS, **Landscape Urban Planning**, 69, 335– 354.

NP-1730 (1996) Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente.

OECD (1995) Organisation for Economic Co-operation and Development Publications (eds), **Roadside Noise Abatement**, Paris, France, 1995.

Pedro, J. B. (2001) Programa habitacional. Vizinhança Próxima. LNEC (eds.), **Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura**, Lisboa.

Pereira, L.V. (1974) O uso do espaço na Habitação, LNEC (eds.), **Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura**, Lisboa.

Silva, L.T. e Mendes, J.F.G. (2005) Monitorização do ruído ambiente na zona de intervenção Polis da cidade de Viana do Castelo. **Pluris2005**, S.Carlos, Brasil.