



avaliação de impactes: que contributos para a gestão do território?

enaí
06

Comissão organizadora:

Miguel Coutinho (Presidente, APAI)
Ana Cerdeira (APAI)
Conceição Mesquita (ESACB)
Luís Quinta-Nova (ESACB)
Paulo Fernandez (ESACB)
Rita Fouto (APAI)

Comissão científica:

Elisabete Arsénio (LNEC)
Henrique Cabral (FCUL)
João Joanaz de Melo (FCT-UNL)
M^a Rosário Partidário (IST-UTL)
Paulo Pinho (FEUP)
Pedro Bettencourt Coutinho (NEMUS)
Pedro Coelho (FCT-UNL)
Tomás Ramos (FCT-UNL)

Livro de Actas



2ª Conferência Nacional de Avaliação de Impactes

18 a 20 Outubro | Escola Superior Agrária de Castelo Branco

Actas da 2ª Conferência Nacional de Avaliação de Impactes «Avaliação de Impactes: que contributos para a Gestão do Território?» (Versão Digital)

Edição: APAI – Associação Portuguesa de Avaliação de Impactes

Editores: Miguel Coutinho e Rita Fouto

ISBN: 978-972-99606-7-3

Data: Abril de 2007

ÍNDICE

AVALIAÇÃO DE IMPACTES: QUE CONTRIBUTOS PARA A GESTÃO DO TERRITÓRIO? ..5	
THE GLOBAL ROLE OF IAIA.....6	
SESSÃO 1_AVALIAÇÃO DE IMPACTES E GESTÃO DO TERRITÓRIO.....9	
(IMP)3 - MELHORAR A IMPLEMENTAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL NO QUADRO EUROPEU	10
QUALIDADE E INOVAÇÃO EM AIA: PRIORIDADES	12
O FUTURO NA AVALIAÇÃO DE IMPACTES	19
SESSÃO 2_AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL DE PLANOS E PROGRAMAS (AAE) E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO.....28	
METODOLOGIA DE BASE ESTRATÉGICA PARA AAE – UMA PROPOSTA.....	29
THREE MODELS OF POTENTIAL INNOVATIVE COLLABORATION IN SEA?	45
RECOMENDAÇÕES PARA A MELHORIA DA INTEGRAÇÃO DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA NOS PROCESSOS DE DECISÃO	46
CONTRIBUTOS PARA A AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA DE IMPACTES AOS PDM (PLANOS DIRECTORES MUNICIPAIS) DOS AÇORES	57
AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO: O CASO DO PLANO DE ORDENAMENTO DO PARQUE MARINHO DO PARQUE NATURAL DA ARRÁBIDA	63
O PROJECTO POLIS DA COSTA DA CAPARICA: COMO A FALTA DE AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA PÕE EM CAUSA UMA BOA IDEIA	64
SESSÃO 3_METODOLOGIAS DE AIA: MONITORIZAÇÃO73	
A INSUSTENTÁVEL LEVEZA DO RUÍDO	74
MONITORIZAÇÃO DE VIBRAÇÕES EM EDIFÍCIOS E MONUMENTOS	85
VIAS PARA UMA MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL ASSERTIVA.....	97
MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL NA ORLA COSTEIRA: PASSADO, PRESENTE E FUTURO	106
SESSÃO 4_QUALIDADE E CERTIFICAÇÃO NA AVALIAÇÃO DE IMPACTES.....112	
A CERTIFICAÇÃO DE PROFISSIONAIS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTES A NÍVEL INTERNACIONAL E O PAPEL DA IAIA.....	113
A CERTIFICAÇÃO DE PROFISSIONAIS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTES EM PORTUGAL E O PAPEL DA APAI	114
ENSINO UNIVERSITÁRIO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL EM AVALIAÇÃO DE IMPACTES EM PORTUGAL...	115
EIA FOLLOW-UP: WHAT’S IT ALL ABOUT?116	
SESSÃO 5_METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTES: MODELAÇÃO, MINIMIZAÇÃO117	
NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA A ELABORAÇÃO DE EIA/EINCA DE PARQUES EÓLICOS	118
LIMITAÇÕES E OPÇÕES ALTERNATIVAS DA MODELAÇÃO NA COMPONENTE RUÍDO.....	130
A QUALIDADE ECOLÓGICA DA ÁGUA NA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	143
APLICAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO ESTUDO DO IMPACTE VISUAL DE UM PARQUE EÓLICO	153
MINIMIZAÇÃO E COMPENSAÇÃO DE IMPACTES SOBRE AS POPULAÇÕES DE MORCEGOS DA ÁREA DE REGOLFO DE ALQUEVA E PEDROGÃO.....	163

A TRANSPOSIÇÃO DA DIRECTIVA DE GESTÃO E AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE: QUE IMPACTO NA AVALIAÇÃO DE IMPACTES DA REDE FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE.....	168
SESSÃO 6_AIA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (I).....	180
O CONTRIBUTO DA AIA PARA O ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO NA REGIÃO NORTE.....	181
OS PROJECTOS DE GRANDES INFRA-ESTRUTURAS LINEARES E A AVALIAÇÃO DO DESCRITOR ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO NOS ESTUDOS DE IMPACTE AMBIENTAL	191
EXPLORAÇÃO SUBTERRÂNEA DE ROCHAS ORNAMENTAIS: UMA FORMA DE REDUZIR OS IMPACTES AMBIENTAIS E COMPATIBILIZAR A ACTIVIDADE COM O ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO?.....	192
PLANEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DE IMPACTES SOBRE O PATRIMÓNIO. O CASO DE POLIS DE SILVES.	193
SESSÃO 7_SESSÃO DE POSTERS.....	194
A MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL DO PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA, ENTRE ALAMEDA E SÃO SEBASTIÃO, DO METROPOLITANO DE LISBOA, E.P.	195
ACOMPANHAMENTO AMBIENTAL DE EMPREITADAS NO ÂMBITO DO EMPREENDIMENTO DE FINS MÚLTIPLOS DE ALQUEVA	197
O SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DA EDIA NOS PROCESSOS DE AIA DO EMPREENDIMENTO DE FINS MÚLTIPLOS DE ALQUEVA (EFMA).....	203
A AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL NO SISTEMA DO TRATADO DA ANTÁRTIDA.....	213
CONSEQUÊNCIA A RETIRAR DAS INCERTEZAS NOS VALORES DE EMISSÃO E PROPAGAÇÃO SONORA FACE AOS LIMITES LEGAIS.....	219
MONITORIZAÇÃO DE VIBRAÇÕES EM EDIFÍCIOS E MONUMENTOS	220
AVALIAÇÃO DOS IMPACTES AMBIENTAIS RESULTANTES DE OPÇÕES DE EXPANSÃO URBANA DA CIDADE DE CASTELO BRANCO	221
AVALIAÇÃO DO RUÍDO DE INFRAESTRUTURAS RODOVIÁRIAS – DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE MONITORIZAÇÃO	222
A MONITORIZAÇÃO BIOLÓGICA NO ÂMBITO DA INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DA ETAR DO PORTINHO DA COSTA (CONCELHO DE ALMADA): RESULTADOS E ENSINAMENTOS DOS ESTUDOS EFECTUADOS DURANTE O PERÍODO DE 2001 A 2006	228
CARTA PISCÍCOLA NACIONAL.....	236
MONITORIZAÇÃO DA MIGRAÇÃO DE PEIXES ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE BIOTELEMETRIA	237
GESTÃO AMBIENTAL DO PARQUE DAS NAÇÕES	238
A24/IP3 – SUB-LANÇO E3:EN103/CHAVES (FRONTEIRA): VALA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ESCORRÊNCIA DE UM TRECHO DE AUTO-ESTRADA NAS PROXIMIDADES DA ALBUFEIRA DA CURALHA E PERÍMETRO DE REGA ASSOCIADO	239
DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO QUASE-CONTÍNUA AUDIOVISUAL NA GESTÃO DE RUÍDO URBANO.....	241
ENCONTRO SOBRE “AVALIAÇÃO DE IMPACTES NO PATRIMÓNIO CULTURAL” – PRINCIPAIS CONCLUSÕES E OPORTUNIDADES PARA O FUTURO	242
SESSÃO 8_AVALIAÇÃO DE IMPACTES SOCIAIS E ECONÓMICOS. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	243
EXTERNALIDADES DO PROJECTO DE ALTA VELOCIDADE, PERSPECTIVA NACIONAL E REGIONAL	244
AMBIENTE E TERRITÓRIO, AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE.....	256
criação de contextos de sustentabilidade para a avaliação estratégica de impactes à escala local: o caso de Loulé	265

SESSÃO 9_AIA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (II)	278
AVALIAÇÃO DO IMPACTE SONORO E MEDIDAS DE REDUÇÃO DE RUÍDO EM ZONAS URBANAS: O CASO DO PP DO POLIS DE SETÚBAL	279
GESTÃO INTEGRADA DE REDES DE TRANSPORTE: AMBIENTE E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO.....	286
AEROPORTO DE BEJA – COMPLEMENTARIDADE E DESAFIOS	287
AIA DO EMPREENDIMENTO DE FINS MÚLTIPLOS DE ALQUEVA; UM PROJECTO ESTRUTURANTE NO CONTEXTO NACIONAL.....	288
ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AND LAND USE PLANNING.....	295
SESSÃO 10_CASOS DE ESTUDO.....	296
AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL EM FASE DE PROJECTO DE EXECUÇÃO: A EXPERIÊNCIA DE COMPATIBILIZAÇÃO DO TROÇO DE LIGAÇÃO ALVITO-PISÃO.....	297
MORTALIDADE DE AVES VITIMAS DE COLISÃO EM LINHAS DE MUITO ALTA TENSÃO: O CASO DA LINHA ALQUEVA – FRONTEIRA ESPANHOLA	307
AVALIAÇÃO DE IMPACTES AMBIENTAIS DE PEDREIRAS DE GRANITOS NOS RECURSOS HÍDRICOS	320
OS IMPACTES DOS ESPAÇOS VERDES NA QUALIDADE DO AMBIENTE URBANO.....	321
SESSÃO 11_PROCEDIMENTOS DE AIA: QUALIDADE E INOVAÇÃO	335
A AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE IMPACTES AMBIENTAIS EM POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS DE MOBILIDADE E TRANSPORTES: QUE DESAFIOS?	336
PROJECTO GEOTÉRMICO DA TERCEIRA: ESPECIFICIDADES NA VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJECTO DE EXECUÇÃO.....	337
ASPECTOS METODOLÓGICOS DA AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL EM PROJECTOS DE ALTERAÇÃO JÁ IMPLEMENTADOS	345
SESSÃO 12_AVALIAÇÃO DE IMPACTES NO CONTEXTO INTERNACIONAL.....	352
O SISTEMA DE AIA EM ESPANHA: SITUAÇÃO NACIONAL, ESPECIFICIDADES REGIONAIS E PERSPECTIVAS EM AAE.....	353
A PARTICIPAÇÃO PÚBLICA NOS PROCESSOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL.....	354
AIA PARA ENGENHEIROS	355
EDUCAÇÃO EM GESTÃO COSTEIRA PARA O MEDITERRÂNEO EDUCATION IN COASTAL MANAGEMENT FOR THE MEDITERRANEAN	356
SESSÃO 13 – MELHORAR O SISTEMA NACIONAL DE AIA.....	358
GUIA METODOLÓGICO PARA AIA DE INFRA-ESTRUTURAS DA REDE NACIONAL DE TRANSPORTE DE ELECTRICIDADE.....	359
GUIA METODOLÓGICO PARA AIA DE INFRA-ESTRUTURAS DA REDE NACIONAL DE TRANSPORTE DE ELECTRICIDADE.....	360
CONCLUSÕES DA CONFERÊNCIA	361
LISTA DE PARTICIPANTES	363
ÍNDICE REMISSIVO DE AUTORES	367

Os Impactes dos Espaços Verdes na Qualidade do Ambiente Urbano

Manuel Feliciano^{1,3}, A. Gonçalves¹, P. Cortez¹, L. Nunes¹, O. Rodrigues¹, A. Ribeiro¹, T. Nunes² e A. Cardoso¹

¹ Centro de Investigação da Montanha, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Apartado 1138, 5301-854 Bragança, Portugal |

² Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, 3010-193 Aveiro, Portugal

³ Contacto: msabenca@ipb.pt; Tel: 273303339

Palavras-Chave: Vegetação, Qualidade do Ar, Ruído, Conforto Térmico, Planeamento Urbano

Resumo: Os espaços verdes assumem-se como elementos fundamentais da estrutura urbana, os quais apresentam um elevado potencial para atenuar os impactes do processo de urbanização, conferindo às cidades melhores condições de habitabilidade. Além do seu valor estético, os espaços verdes contribuem para a melhoria da qualidade do ar e do ambiente acústico e tornam mais agradáveis as condições micro-climáticas. Estes factos justificam a elevada procura de espaços verdes por parte da população e o elevado interesse das autoridades políticas locais em contribuir para um planeamento urbano mais ecológico.

No âmbito do projecto Greenurbe (POCI/AMB/59174/2004), com início em Outubro de 2005 e duração de três anos, está a desenvolver-se um estudo que visa avaliar os efeitos dos espaços verdes nos vários aspectos da qualidade do ambiente urbano, recorrendo a uma avaliação quantitativa dos seus potenciais impactes sobre a qualidade do ar, o ruído e as condições micro-climáticas e, concomitantemente, analisar o modo como as populações percebem o papel da vegetação, num contexto espacial particular – a cidade de Bragança.

A presente comunicação visa descrever o âmbito e a metodologia do projecto de investigação, bem como apresentar os resultados preliminares relativos às acções desenvolvidas ao longo da fase inicial deste estudo de investigação.

1. Introdução

Uma grande parte da população europeia vive actualmente em zonas urbanas, estando exposta a vários problemas ambientais como a baixa qualidade do ar, os excessivos níveis de ruído, condições micro-climáticas nem sempre confortáveis, entre outros. Apesar de a tecnologia nos oferecer algumas possibilidades de minorar as consequências dos problemas referidos, a inclusão de espaços verdes nas áreas urbanas é amplamente reconhecida como sendo uma prática capaz de mitigar os efeitos adversos da urbanização, de uma forma eficaz e sustentável (Bolund P. and Hunhamar S., 1999; De Ridder *et al.*, 2004; Nowak D. J., 2006). Os múltiplos benefícios da vegetação urbana podem ser expressos em termos de um amplo espectro de funções: interferência no comportamento social e psicológico; melhoria do clima urbano, redução da poluição do ar e da poluição sonora; influência no desenvolvimento urbano e nas funções ecológicas gerais (Givoni, 1991; Bolund e Hunhamar, 1999).

As funções sociais e psicológicas dos espaços verdes estão relacionadas com o uso que os habitantes dão a esses espaços, na medida em que estes podem suportar várias actividades das populações infantis, adultas e idosas, surgindo neste domínio o valor estético (Serpa e Muhar, 1996) e a acessibilidade (Pasaogullari e Doratli 2004), como os elementos que mais determinam as preferências dos cidadãos. De igual forma, muitas conclusões têm sido extraídas em relação à percepção humana sobre os benefícios ambientais dos espaços verdes, na medida em que estes

podem transmitir uma sensação psicológica de conforto e de qualidade ambiental, como é o caso da percepção humana relativa à incomodidade do ruído (Carles *et al.* 1999).

A capacidade para os espaços verdes urbanos mitigarem as consequências da poluição do ar tem sido amplamente discutida na literatura científica (Cardelino e Chameides, 1990; Taha, 1996; Nowak *et al.*, 2000 e 2006). A vegetação urbana afecta a qualidade do ar, através das alterações causadas nas condições meteorológicas, baixando a temperatura local, obstruindo a passagem da radiação solar e afectando as características do vento com influência directa na dispersão atmosférica (Givoni *et al.* 2003). A vegetação também influencia a deposição seca de gases, potenciando a remoção destes quer através dos estomas, quer através das superfícies cuticulares. Também evidente é a remoção de poluição através da intercepção das partículas atmosféricas, as quais, podem sofrer todavia um processo de ressuspensão (Shashua-Bar e Hoffman, 2004). A emissão de compostos orgânicos voláteis pelas plantas pode causar também alterações da qualidade do ar ao contribuir para a formação de ozono superficial. Porém, a vegetação pode ter indirectamente um efeito contrário nas concentrações de ozono, ao reduzir a temperatura e, consequentemente, as emissões globais de COVs (Nowak *et al.*, 2000).

Os espaços verdes actuam também como barreira acústica, cuja eficácia depende das suas características biométricas. Fang e Ling (2005), num estudo em que avaliam um vasto conjunto de cinturas verdes, relativamente largas (>15 m), obtiveram valores de atenuação relativa de ruído compreendidos entre 1.5 e 9,5 dBA/20m, tendo relacionado este parâmetro com a visibilidade, a altura, a densidade, a largura e o comprimento da cintura verde. Alguns estudos mostram também que a vegetação é um filtro selectivo relativamente à frequência do som, sendo considerada mais efectiva na atenuação de som de elevada frequência (Tyagi *et al.*, 2006).

Ao longo dos últimos cinco anos, têm surgido alguns projectos internacionais como o BUGS e o URGE, que visam o estudo integrado dos Espaços Verdes Urbanos e seus benefícios. Investigações de âmbito mais específico, mas debruçadas sobre a mesma temática continuam a surgir regularmente na literatura (Fang e Ling, 2005; Lam *et al.*, 2005; Nowak *et al.*, 2006). Não obstante, em Portugal, existe uma lacuna no que respeita ao estudo das relações entre espaços verdes e qualidade do ambiente urbano, sendo o Projecto GreenUrbe (POCI/AMB/59174/2004) o primeiro estudo integrado direccionado para esta área de investigação.

Tendo como caso de estudo a cidade de Bragança, e através da articulação entre diferentes campos de estudo, a silvicultura urbana, as ciências ambientais e o planeamento urbano, o projecto Greenurbe tem por objectivos:

- Avaliar a influência dos espaços verdes na qualidade do ambiente;
- Avaliar os impactes dos espaços verdes no bem-estar social das populações, bem como a percepção e o comportamento das pessoas face aos espaços verdes;
- Formular recomendações ao nível do projecto/desenho dos espaços verdes, inseridas num contexto de medidas de planeamento urbano;
- Promover o envolvimento das autoridades políticas locais, no sentido de assegurar a eficácia do projecto;
- Alcançar um nível considerável de divulgação das actividades e dos resultados, em termos locais, nacionais e internacionais.

2. Metodologia

De modo a ultrapassar o desafio proposto, desenvolveu-se uma metodologia integrada com base em três fases e um total de nove tarefas inter-relacionadas:

A primeira fase estabelece as bases para o desenvolvimento do projecto, a qual inclui uma única tarefa que visa avaliar as características dos espaços livres locais, permitindo uma avaliação global, nas vertentes biofísica e antrópica, da estrutura verde urbana. Adicionalmente,

permitindo avaliar as percepções e atitudes perante os espaços verdes urbanos, desenvolve-se um inquérito à população, reforçando a caracterização pela incorporação da dimensão humana. Conjuntamente, estas avaliações fornecem informação preciosa sobre a complexidade e diversidade dos espaços verdes, permitindo a selecção de espaços verdes contrastantes que, individualmente, serão objecto de estudo.

A segunda fase deste projecto concentra-se na avaliação independente das variáveis ambientais em apreciação, à escala urbana e à escala do espaço verde, procurando estabelecer potenciais relações entre essas variáveis, o uso do solo, as características de cada uma das áreas verdes e as percepções e atitudes sociais. Esta fase desenvolve-se em seis tarefas:

- A primeira tarefa consiste numa detalhada caracterização dos espaços verdes seleccionados, nas suas dimensões física e biofísica, relacionando com a sua inserção na estrutura verde global;
- A segunda tarefa procura estabelecer relações entre as características do ambiente acústico e a atenuação do ruído pela vegetação;
- A terceira tarefa consiste na avaliação de alguns parâmetros de qualidade do ar, nomeadamente de material particulada, ozono superficial (O₃), dióxido de azoto (NO₂) e Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), através da quantificação dos seus níveis e relacionando-os com a distribuição, a dimensão e a composição dos espaços verdes urbanos e peri-urbanos;
- A quarta tarefa, relacionada com a anterior, consiste na avaliação do *haze* com recurso a fotografias aéreas de pequeno formato;
- A quinta tarefa concentra-se na avaliação do potencial contributo dos espaços verdes para o conforto térmico, cruzando os dados micro-climáticos locais com a percepção humana;
- A sexta tarefa visa avaliar as atitudes e percepções dos habitantes da cidade de Bragança e dos utentes dos espaços verdes seleccionados na primeira fase.

Na terceira e definitiva fase deste projecto, os resultados das diferentes tarefas são avaliados e relacionados aplicando diferentes métodos, em particular com recurso a técnicas de análise estatística multivariada e de geo-estatística, no sentido de se estabelecerem relações causais entre as características dos espaços verdes e alguns indicadores das suas funções.

3. Primeiros Desenvolvimentos do Projecto

3.1 Avaliação da Estrutura Verde Urbana

Como forma de avaliar a estrutura verde local, identificaram-se os espaços livres, como os espaços que não se encontram asfaltados ou com qualquer tipo de construção. Da análise da sua funcionalidade e das suas relações com a envolvente, definiu-se um sistema de classificação com dez categorias (ver tabela 1).

As árvores de alinhamento como estrutura pontual ou linear, são um dos elementos mais representativos da vegetação urbana, existindo mais de 4000 árvores. A base de dados existente revela que as espécies exóticas estão em maioria. Um conjunto de 5 espécies representa 56% do número global de árvores e entre estas, predominam a *Acer pseudoplatanus* e a *Platanus hispânica*. Quanto às espécies autóctones, estas representam cerca de 9% do número total de árvores, mas se considerarmos apenas as espécies localmente nativas, esta percentagem desce para os 4%.

Tabela 1: Elementos da estrutura verde

Categorias de Espaços	Descrição	Vegetação	Indicadores
Jardins e Parques Públicos	Espaços desenvolvidos para servir de base ao recreio e lazer, com um aspecto estético cuidado. Na sua maioria geridos pela Autarquia.	Com uma grande diversidade de elementos, de espécies endémicas a exóticas, a maior parte dos espaços combina árvores com elementos de relva. Os espaços consolidados encontram-se nos bairros mais antigos, onde podemos encontrar as árvores de maior porte.	- 1,5 % da área urbana - 8 m ² por hab. - 18,6 Hectares
Expectantes	Espaços livres aguardando desenvolvimento, situação que resultou de causas naturais (espaços agrícolas e florestais abandonados) ou de alterações motivadas por construções ou outras actividades.	Geralmente solo desnudado, com escassa vegetação espontânea. Em muitos casos estabelecem a transição entre espaços rurais e florestais, e os espaços pavimentados ou construídos. Podem surgir espécies endémicas espontâneas.	- 8,7% da área urbana - 53 m ² /ha - 125 Hectares
Corredores e espaços de ligação	Espaços que estabelecem ligações no seio da estrutura urbana, especialmente por estruturas lineares e linhas de água.	A maioria dos corredores está associada a envolventes fluviais, estando compostos por vegetação ripícola, onde se destacam os amieiros, freixos, choupos e com menor expressão os salgueiros e por vezes ulmeiros. Refere-se a existência de exemplares de espécies autóctones ameaçadas como a <i>Populus nigra</i> .	- 0,7% área urbana - 4,2 m ² /ha - 100 Hectares
Espaços ligados ao Tráfego	Estruturas pontuais, lineares ou espaciais, que combinadas ao longo das vias oferecem protecção e sombra aos peões.	Espaços compostos por árvores de arnuamentos e, ocasionalmente, por arbustos e vedações. As espécies arbóreas incluem uma grande diversidade de espécies desde resinosas a folhosas mas com claro predomínio das últimas, destacando-se a <i>Platanus hispânica</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Quercus rubra</i> e <i>Liquidambar styraciflua</i> .	- 0,2% área urbana - 1 m ² /ha - 2,2 Hectares
Espaços Histórico-Culturais	Jardins associados a elementos históricos e culturais, incluindo o castelo local e igrejas.	Espaços verdes consolidados integrando elementos relevantes de vegetação. As árvores de maior porte estão geralmente situadas nestes espaços, tais como os plátanos e tílias.	- 0,1% área urbana - 0,4 m ² /ha - 1 Hectare
Espaços de Equipamentos	Correspondem a uma grande diversidade de espaços na envolvente de edifícios de serviços públicos e privados.	Uma grande diversidade de situações é observável, de espaços quase abandonados, a espaços verdes de grande qualidade. Alguns espaços, tais como, piscinas públicas ao ar livre e outras instalações desportivas, correspondem a espaços verdes de grande qualidade.	- 7,4% área urbana - 45 m ² /ha - 106 Hectares
Espaços Residenciais	Espaços na envolvente de edifícios, incluindo alguns espaços de recreio.	Compostos principalmente de relvados e arbustos. Os Logradouros incluem por vezes árvores e elementos estéticos.	- 4,9% área urbana - 30 m ² /ha - 700 Hectares
Espaços Industriais	Espaços na envolvente de instalações industriais.	Geralmente com uma exígua cobertura vegetal.	- 1,2% área urbana - 7,4 m ² /ha - 175 Hectares
Campos Agrícolas	Espaços em localizações peri-urbanas em locais geralmente planos.	Os elementos mais importantes são os campos destinados à cultura do cereal. Junto aos cursos de água e nas margens fluviais, encontramos áreas de lameiro. Existem alguns olivais e pequenas vinhas. Outros elementos presentes são pequenos pomares de fruto e soutos muito reduzidos ou mesmo castanheiros dispersos.	- 29,8% área urbana - 181 m ² /ha - 427 Hectares
Florestas	Pequenos bosques remanescentes em espaços intra-urbanos. Algumas importantes florestas locais estendem-se até espaços peri-urbanos.	Pequenos bosquetes de pinheiro bravo, azinheira e carvalho negral. Plantações de choupo e algumas áreas de souto. Junto às margens fluviais podemos observar alguns maciços mais densamente arborizados, sobretudo com a presença de amieiro, freixo, e choupo.	- 7,3% área urbana - 44,8 m ² /ha - 105 Hectares

3.2 Avaliação da Qualidade do Ar

Com vista a avaliar a influência dos espaços verdes sobre a qualidade do ar, está a desenvolver-se um estudo de caracterização dos níveis atmosféricos de matéria particulada, ozono, dióxido de azoto e COVs. Este estudo terá lugar a duas escalas espaciais diferentes (urbana e espaço verde) e será conduzido em diferentes estações do ano. Paralelamente, informação meteorológica está a ser recolhida quer através de estações localizadas na área de estudo que através de estações portáteis automáticas montadas especificamente para servirem o projecto. Estas medições de campo permitirão inferir os padrões espaciais e temporais dos poluentes referidos de modo a identificar e estabelecer relações potenciais entre qualidade do ar e o uso do solo urbano, com especial ênfase para a densidade, forma, dimensão e composição do espaço verde.

3.2.1 Poluentes Gasosos

A técnica de amostragem passiva, através do uso de tubos difusores, está a ser aplicada com vista à determinação das concentrações atmosféricas de ozono (O_3), dióxido de azoto (NO_2) e de compostos orgânicos voláteis (COVs) em vários locais (40 pontos de amostragem para o O_3 e NO_2 e 21 para os COVs) distribuídos por uma malha de amostragem que ultrapassa o perímetro urbano (>140ha), como se ilustra na figura 1. Os pontos de amostragem foram escolhidos com base num conjunto de critérios como a distribuição e tipo de fonte, uso do solo e a estrutura e composição dos espaços verdes. As amostragens de ozono e NO_2 são efectuadas em triplicado, em cada local, a sensivelmente 2,5 metros de altura. Para assegurar maior fiabilidade dos resultados, são ainda colocados, em mais de 50% dos locais, tubos de difusão de ozono e NO_2 não expostos ao ar, de modo a proceder-se à determinação das concentrações dos poluentes referidos com correcção de branco. Relativamente aos COVs, a amostragem foi restrita a 21 dos locais definidos sobre a malha e não se procedeu à utilização de réplicas. Os níveis atmosféricos de ozono estão também a ser continuamente monitorizados, usando para o efeito um analisador fotométrico de UV (Horiba, model APOA 360).

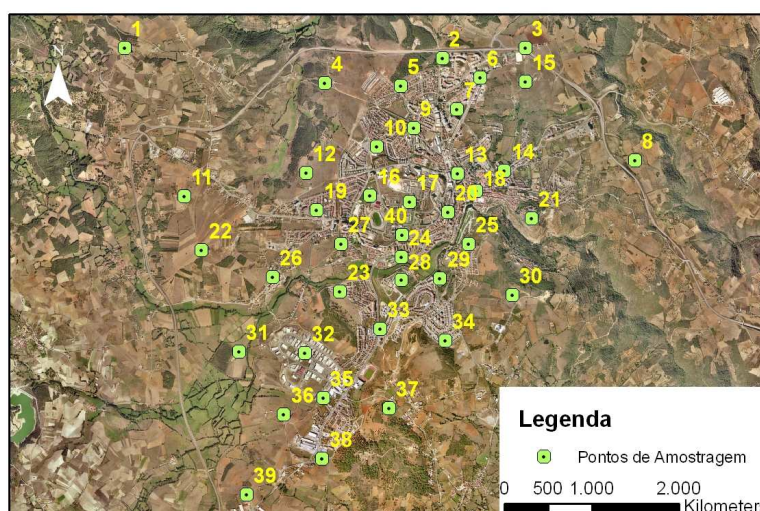


Figura 1: Malha de amostragem urbana definida para o ozono, NO_2 e COVs.

A amostragem está a ser efectuada numa base semanal para o ozono e quinzenal para o NO_2 e COVs, tendo-se realizado, de Maio a Julho de 2006, um total de nove períodos de exposição: 5 para o ozono (17/05/06 - 23/05/06; 25/05/06 - 30/05/06; 06/06/06 - 13/06/06; 12/07/06 - 18/07/06; 18/07/06 - 24/07/06); 3 para o NO_2 (17/05/06 - 30/05/06; 06/06/06 - 13/06/06; 12/07/06 - 24/07/06); 1 para os COVs (12/07/06 - 24/07/06). No fim de cada período, os tubos são recolhidos e transportados, em perfeitas condições, para os laboratórios onde se procederá à sua análise. As amostras de ozono e NO_2 são analisadas num dos laboratórios da ESAB por

espectrofotometria do visível, enquanto os COVs são enviados para a *Gradko International* (Inglaterra), sendo a sua determinação efectuada com base na aplicação da cromatografia gasosa e detector selectivo de massa (GCMS). Depois do processo de validação dos dados de concentração, métodos geo-estatísticos como o de krigagem serão usados para gerar os respectivos mapas de poluição.

As dez espécies mais abundantes de COVs foram identificadas para cada um dos 21 locais de amostragem. No total, foram identificadas 32 espécies, sendo o tolueno, o benzeno, o xileno, o etilbenzeno, 1,2,4-trimetil benzeno, o hexano, naftaleno e o D-limoneno os mais prevaletentes na atmosfera da cidade de Bragança, como se mostra na Tabela 2. As primeiras 7 espécies referidas estão geralmente associadas a emissões do tráfego automóvel e de actividades industriais (Mohamed *et al.*, 2002; Parra *et al.* 2006). O naftaleno e o D-limoneno são normalmente usados como insecticidas, embora possam ter outras aplicações.

Tabela 2: Concentrações de longo-termo dos 10 COVs mais abundantes, em $\mu\text{g m}^{-3}$, obtidos em cada um dos 21 locais de amostragem.

Espécies de COV	Pontos de Amostragem (ID)																				
	2	7	9	12	13	15	17	18	19	20	21	24	25	26	28	30	31	32	33	34	40
1R-alfa-pineno	0,67														0,17						
1S-alfa-pineno	0,53																				
alfa-metilestireno		0,87																			0,83
1-etil-3-metil Benzeno	0,06	0,51	0,17	0,1	0,38	0,15	0,1	0,22		0,34	0,33	0,45	0,08	0,1			0,5	0,11		0,08	0,24
1,2,3-trimetil Benzeno																0,27					0,9
1,2,4-trimetil Benzeno	0,69		0,92		1,38		0,99	0,81	0,15	1,5	0,95	1,18	0,5	0,72		0,55		0,7	1,26	0,52	
Benzeno, 1,2,4,5-tetramethyl									0,51	0,74											
1-etil-2-metil Benzeno																					
1-etil-2,3-dimetil Benzeno			0,81																		
1-etil-3,5-dimetil Benzeno																		0,38			
1-metil-3-propil Benzeno											0,71										
propil Benzeno													0,47								0,27
1-etil-3-metil Benzeno				0,1												0,16					0,66
Ciclohexano, isotiocianato			0,95	1,46	0,81	0,88		0,39						0,68		0,76	0,56				
Decano		0,3	0,17	0,41	0,91		0,26							0,41	0,22						0,34
D-limoneno	0,91	0,67	1,15	1,22	2,05	1,88	1,6	0,89	2,02	1,61	1,1	0,89	0,91	1,05	0,24	1,05	1,33	0,58	1,18	0,95	
Dodecano				0,72																	
Etilbenzeno	0,13	0,5				0,11	0,18	0,19		0,34		0,29		0,09			0,63	0,32	0,24	0,07	0,18
N,N-dimetil Formamida					0,84	0,88		1,11	0,38		0,79				0,49		2,8	1,32	0,69	0,63	
Heptano							0,44	0,69													
Hexadecano		0,25								0,76			0,68		0,64	0,39					
Hexano	1		0,72			0,58		0,83	0,83	0,96		0,62	4,16		0,34		0,97		0,71	0,91	0,63
Metanamina				1,63																	
Naftaleno	0,55	0,51	0,46	0,14	1,08	0,16	0,52		0,53	0,46		0,29	0,49	0,25	0,11				0,38	0,5	
1-metil Naftaleno											1,67										
o-Xileno			0,66			0,75	0,64		0,96	0,69	0,54	0,53						0,72			0,59
p-Xileno	0,37	0,47	0,69		0,92	0,2	0,48	0,94		1,38	0,23	0,84	0,29	0,41			0,32	1,04	0,5		0,52
2-etil- fenol				0,92	0,81												1,09	0,6			0,66
Tetradecano		0,27										0,68			0,52	0,31					0,82
Tolueno	0,93	1,05	1,31	0,73	1,87	0,8	0,92	1,56	0,83	2,35	0,76	1,52	0,94	0,92	0,57	0,39	1,06	1,58	1,36	0,63	1,19
Tridecano				0,45																	
Undecano				1,24																	

As espécies presentes em concentrações mais elevadas foram o tolueno, o xileno e o D-limoneno, exibindo sistematicamente valores mais elevados do que as outras espécies. Dentro do esperado, as concentrações mais elevadas de tolueno e xileno foram observadas junto a estradas com alguma intensidade de tráfego rodoviário. O D-limoneno exhibe um padrão espacial mais complexo, uma vez que foi detectado quer em locais próximos de rodovias com tráfego intenso, quer no interior de áreas verdes relativamente afastadas das fontes móveis.

Ainda que os automóveis possam ter uma importante contribuição no padrão espacial encontrado, estimativas do coeficiente de correlação de *Pearson* entre diferentes pares de espécies de COVs mostram elevadas correlações entre as espécies TEX (tolueno, etilbenzeno e xileno), mas a correlação fraca entre o benzeno e as espécies TEX, sugerem a existência de fontes adicionais de COVs, associadas porventura a actividades industriais e de construção civil. Além disso, o intervalo de variação dos rácios tolueno/benzeno, entre 2 e 15, constitui também um indicador de que as fontes móveis não são as únicas fontes de COVs (Lee *et al.*, 2002).

A distribuição espacial das concentrações de e de O₃ encontra-se representada na figura 2. Relativamente ao NO₂ verifica-se a existência de uma forte correlação dos níveis atmosféricos deste poluente com a distribuição e a intensidade do tráfego rodoviário, uma das fontes de poluição mais proeminentes da área de estudo. Com efeito, o NO₂ é um poluente

maioritariamente secundário, que resulta da oxidação do NO emitido directamente pelos veículos automóveis, sendo um bom indicador de qualidade local e global do ar.

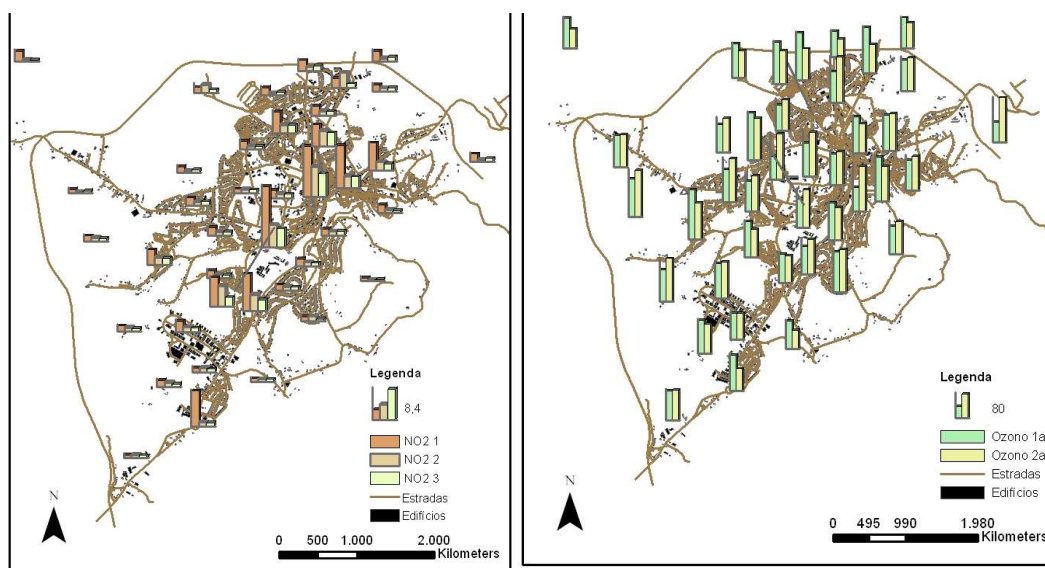


Figura 2: Padrão espacial das concentrações de longo-termo de a) NO_2 ($\mu\text{g m}^{-3}$) e b) de O_3 ($\mu\text{g m}^{-3}$) à escala urbana

No que diz respeito ao ozono, as concentrações de longo-termo, obtidas durante as duas primeiras campanhas, não evidenciando a existência de um padrão espacial característico. De facto, os níveis de ozono referentes à primeira campanha ilustram uma tendência para a obtenção de valores superiores junto às fontes de emissão dos principais precursores deste poluente, NO_2 e COVs. Inversamente, os valores da segunda campanha traduzem um padrão em que os níveis de ozono são superiores em locais mais afastados das fontes de poluição. As diferentes condições meteorológicas associadas a cada um dos períodos, no que respeita às características do vento, humidade e temperatura podem ter motivado este comportamento distinto dos níveis de ozono. No que concerne aos outros períodos de amostragem, as concentrações de ozono sugerem a ocorrência de erros de amostragem e/ou análise pelo que requerem um período adicional de validação.

3.2.2 *Matéria Particulada*

Relativamente à material particulada, a componente experimental consiste na medição de concentrações de PM_{10} em diferentes locais da cidade de Bragança, pelo menos duas vezes em cada local ao longo do projecto, com vista a obter imagens espaciais e temporais deste poluente. As medições não serão efectuadas ao mesmo tempo nos diferentes pontos do espaço, mas para ultrapassar essa limitação, as concentrações de PM_{10} serão registadas durante períodos suficientemente longos, de modo a capturar valores representativos de concentração em cada um dos locais.

Paralelamente, está a ser implementado outro tipo de configuração experimental que visa compreender melhor o papel da vegetação urbana, enquanto elementos de filtração de matéria particulada. Estes ensaios experimentais consistem na realização de medições de curto e longo termo de PM_{10} em espaços verdes com características contrastantes, a montante e a jusante da zona de quebra do vento, de preferência durante períodos com condições ambientais estacionárias. Ensaios de controlo serão efectuados em locais abertos junto à área verde de estudo, no sentido de comparar as diferenças entre as zonas cobertas por vegetação e as desprovidas de vegetação.

As medições de PM10 estão a ser realizadas com recurso a um amostrador de partículas Tecora ECHO PM, equipado com cabeça PM10 LVS, e um monitor de partículas ADR 1200S (ThermoElectron), muito versátil, adaptando-se aos múltiplos tipos de ensaios.

Finalmente, com o objectivo de interpretar com maior rigor os valores registados, tem-se recorrido a estudos de modelação envolvendo quer modelos de retrotrajectórias, quer modelos de qualidade do ar, CALINE 4 e CAL3QHC. A utilização de imagens de satélite, disponíveis na Internet, tem sido também uma prática recorrente de inferência da contribuição relativa das principais origens de aerossol atmosférico.

O desenvolvimento experimental arrancou alguns meses antes da data de início do projecto, tendo envolvido a determinação de PM10 em três locais urbanos: a) na área verde correspondente ao Campus do Instituto Politécnico de Bragança (IPB); b) na principal avenida da cidade de Bragança, avenida Sá Carneiro, a cerca de 6 metros do eixo central da via, em três períodos distintos – SCp1, SCp2, SCp3); c) junto a um cruzamento com semáforos, a sensivelmente 20 metros da estrada (SEM). Tendo por base a Figura 1, estes três pontos de amostragem de PM10 situam-se próximo dos pontos 28, 20 e 24, respectivamente.

Os resultados obtidos nesse estudo preliminar encontram-se na Figura 4, os quais mostram que a cidade de Bragança, apesar da sua localização, está, por vezes, exposta a níveis de PM10 não negligenciáveis, tendo-se registado concentrações de PM10 compreendidas entre as $4,06 \mu\text{g m}^{-3}$ e as $105,6 \mu\text{g m}^{-3}$. Das áreas estudadas, a avenida Sá Carneiro, uma das artérias de maior intensidade de tráfego rodoviário é a que apresenta valores sistematicamente mais elevados de partículas ($> 40 \mu\text{g m}^{-3}$), antevendo alguma dificuldade futura em cumprir os objectivos legais. As concentrações de PM10 parecem estar bem correlacionadas com as emissões automóveis, porém em adição aos fenómenos locais de poluição, foi também identificada a influência de eventos de transporte a longa distância nos níveis locais de PM10.

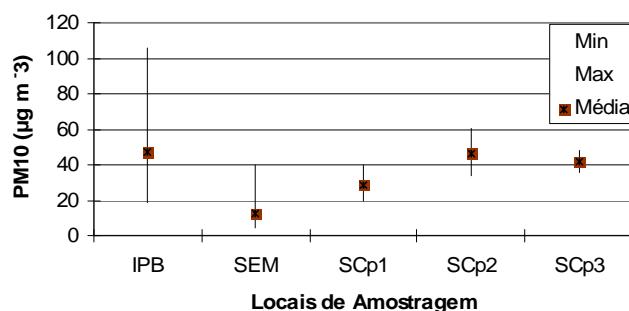


Figura 4: Concentrações de PM10 em três locais distintos da cidade de Bragança.

3.3 Avaliação de Haze

Apesar de Bragança ser uma cidade sem graves problemas de poluição atmosférica, durante determinados períodos de Verão, essencialmente motivados pela ocorrência de incêndios florestais, a visibilidade da atmosfera, fenómeno vulgarmente designado por *haze*, pode diminuir substancialmente. No âmbito do projecto GreenUrbe pretende-se avaliar este fenómeno, recorrendo ao uso de Fotografia Aérea de Pequeno Formato (FAPF).

A FAPF apresenta largas vantagens na sua utilização sistemática, quando comparada com as restantes fontes de detecção remota (DR) frequentemente utilizadas, como as Imagens de Satélite ou as Fotografias Áreas Convencionais (FC) cuja obtenção é dispendiosa e apresentam ainda baixa resolução temporal.

A captação de imagens será efectuada em diferentes datas e locais, e a diferentes altitudes, usando um avião do tipo Cessna 172 existente no aeródromo de Bragança, devidamente

preparado para transportar todo o sistema fotográfico. O alcance do objectivo implica também o uso de películas distintas quanto à sensibilidade do espectro electromagnético e ao tipo de filtro.

Até ao momento foi realizado um voo, estando as imagens a ser objecto de tratamento e calibração digital através da comparação com valores de reflectância de alvos padrão. Os resultados serão posteriormente comparados com dados de qualidade do ar, em particular concentrações de partículas em suspensão na atmosfera, obtidos por equipamentos colocados ao nível da superfície.

Além de fotografias aéreas, serão também captadas fotografias terrestres panorâmicas com as mesmas câmaras, filtros e películas, com o objectivo de estimar a transparência atmosférica nas camadas mais baixas da atmosfera.

3.4 Análise Quantitativa de Ruído Ambiental

As capacidades de absorção de energia acústica por parte dos elementos verdes urbanos estão a ser investigados de acordo com uma metodologia que envolve medições de ruído ambiental, ensaios de avaliação de atenuação de ruído e técnicas de modelação do comportamento do som.

As medições de ruído estão a ser realizadas à escala urbana e à escala do espaço verde. Ao nível da escala urbana, os níveis de ruído têm vindo a ser medidos em diferentes locais que cobrem uma larga gama de usos de solo urbano. Ao nível do espaço verde, são efectuadas medições de ruído num conjunto de pontos distribuídos por toda a área verde em causa, incluindo a vizinhança próxima em torno do limite da mesma. A disposição dos pontos de medição é efectuada com base em critérios locais, como as características das fontes sonoras e o tipo de vegetação. De forma a considerar a variabilidade sazonal das características da vegetação, as medições de ruído serão realizadas em diferentes estações do ano, de modo a determinar a real contribuição da vegetação no ambiente sonoro urbano.

No que se refere aos ensaios de atenuação, algumas barreiras verdes específicas estão a ser estudadas, usando para o efeito um ruído rosa gerado por uma fonte pontual estável, dodecaédrica, em conjunto com o analisador de ruído utilizado nas medições referidas anteriormente (modelo 2260 da B&K). Estes ensaios traduzem-se na medição dos níveis de pressão sonora globais e dos associados a cada banda de 1/3 de oitava, ao longo de linhas de transecto traçadas perpendicularmente à barreira verde, seguindo uma configuração experimental idêntica à descrita em Fang e Ling (2003). Em cada transecto, os pontos de medição são definidos em intervalos regulares, desde a extremidade da barreira verde onde se posiciona a fonte sonora até uma distância que pode exceder os 50 metros, dependendo da largura da cintura verde. O número de transectos e de pontos de medição é definido em função da dimensão e morfologia do espaço verde. Os ensaios de controlo são realizados em áreas abertas próximas das zonas de estudo.

De forma a complementar o estudo e a ultrapassar algumas das limitações associadas às medições de ruído, recorreu-se também a aplicação de uma ferramenta informática de modelação dos níveis de pressão sonora (CADNA A), quer para descrever situações existentes, devidamente validadas pelas medições, quer para avaliar a influência de cenários futuros de organização espacial nos níveis de ruído ambiente. Finalmente, procedeu-se ainda à recolha de informação relativa ao coberto vegetal, nomeadamente de variáveis dendrométricas relacionadas com a estrutura e densidade do mesmo, de forma a estabelecer-se as respectivas relações.

Os resultados preliminares, recolhidos até ao momento, mostram que o tráfego rodoviário constitui a principal fonte de ruído em Bragança, a qual determina a existência de ambientes sonoros incómodos (valores de LAeq superiores a 75 dBA). Os espaços verdes apresentam níveis mais favoráveis, mas as zonas periféricas desses espaços são fortemente afectadas em resultado da inadequada distribuição e utilização do solo. Os resultados dos ensaios de

atenuação do ruído pela vegetação realçam a possibilidade de utilizar vegetação, com sucesso, na melhoria das condições acústicas, pelo facto de incrementarem a atenuação dos níveis de pressão sonora globais em valores superiores a 6 dBA num percurso de 100 metros de propagação do som.

A medições de ruído ambiental realizadas até ao momento mostram que os valores de LAeq variam entre 40 dBA, em lugares relativamente distanciados de vias rodoviárias, e os 75 dBA em áreas residenciais próximas de estradas com intensidade de tráfego elevada, evidenciando um conflito potencial entre as fontes sonoras e os receptores sensíveis existentes. Similarmente ao descrito para as emissões de poluentes atmosféricos, o ruído é também gerado principalmente pelo tráfego automóvel. Esta situação está bem na figura 5, na qual se representa os padrões espaciais de ruído para duas áreas verdes urbanas, o Campus do IPB e uma área localizada na periferia da cidade (Ricafe). Comparando os valores de LAeq obtidos em ambos os locais, torna-se bem visível o decréscimo de ruído da periferia para o interior da área.

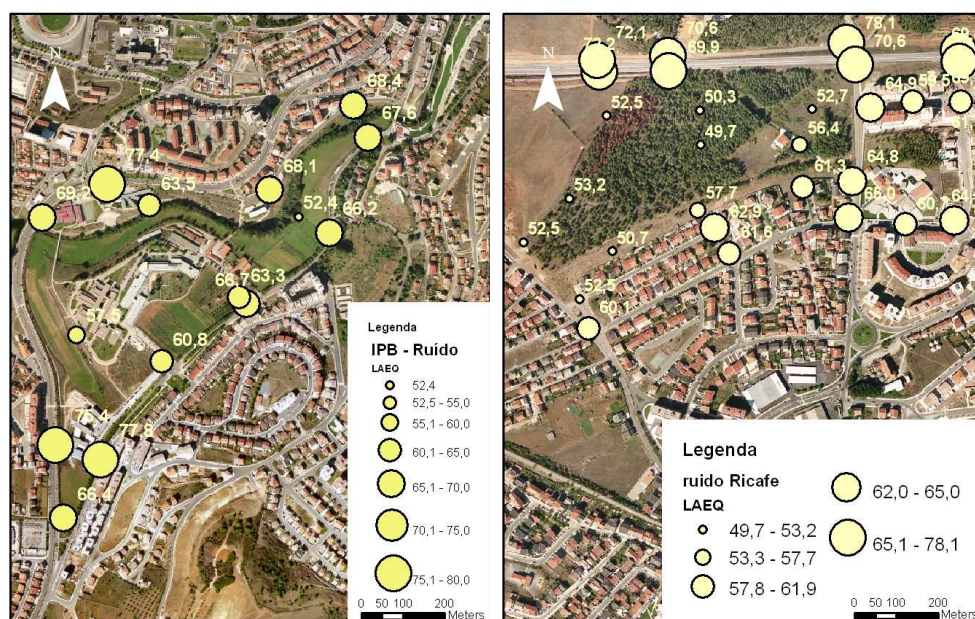


Figura 5. Níveis de ruído em dois espaços verdes urbanos, Ricafe e Campus do IPB.

No que concerne aos ensaios de atenuação de ruído pela vegetação, foi realizado um teste preliminar, levado a cabo na zona designada de “Ricafe”, uma das cinturas verdes urbanas com maior expressão, localizada na área periurbana e que actua como uma barreira de som entre o IP4 e uma área residencial. Trata-se de um bosquete com cerca de 7.1 hectares, arborizado com pinheiro bravo. A estrutura do povoamento é regular, apresentando 32 anos de idade.

Através de uma amostragem sistemática de 30 parcelas de estudo temporárias com área de 100 m², estimou-se a densidade média do povoamento em 876 árvores por hectare. O espaçamento entre árvores é aproximadamente de 4 x 2.5 m e regular. Calculou-se o factor de espaçamento de Wilson que apresenta um valor médio de 0.20. As árvores dominantes apresentam uma altura media de 16.1 m, com um comprimento médio de copa de 10 m. A biomassa neste bosquete foi estimada em 157 ton/ha com recurso às equações de Lopes (2005). A densidade do sub-coberto estimou-se em 400 kg/ha.

Os resultados deste ensaio preliminar mostram que a espécie *Pinus pinaster* potencia a atenuação do ruído em cerca de 3 dBA/20m, situando-se dentro do intervalo de variação reportado por Fang e Ling (2003) para uma vasta gama de cinturas verdes de largura elevada (1,5-9,5 dBA/20m). A análise dos dados por bandas de 1/3 de oitavas não revelou qualquer diferença substancial entre a atenuação das baixas e das altas-frequências.

3.5 Conforto Térmico

No âmbito do projecto GreenUrbe, foi montada uma rede de monitorização com a instalação de 4 dataloggers (Testo 175-H1), com medição de temperatura do ar e humidade relativa, e duas Estações Meteorológicas Automáticas (Campbell Scientific Inc., Logan, UT, USA) com medição de temperatura do ar, humidade relativa, velocidade e direcção do vento e radiação solar (esta última variável apenas numa estação). As medições foram efectuadas em Março durante um período de 30 dias. Este estudo preliminar mostra uma variação espacial significativa das principais variáveis climáticas. Contudo, os dados são ainda insuficientes para estabelecer relações definitivas com a estrutura urbana e os espaços verdes da cidade. Estudos complementares serão desenvolvidos durante o Inverno e Verão do próximo ano de forma a confirmar estas relações em situações contrastantes.

Durante o Verão de 2006 foi conduzida uma experiência com o objectivo de avaliar a influência dos espaços verdes no conforto térmico com base nos estudos desenvolvidos por Givoni *et al.* (2003). Foram seleccionados quatro locais com diferentes condições microclimáticas com o objectivo de avaliar a influência de variáveis físicas como a radiação solar, o vento e a temperatura na sensação térmica e no nível de conforto. Os locais seleccionados foram os seguintes: (1) com sombra debaixo de uma árvore e com superfície relvada; (2) com exposição solar e com superfície de betão; (3) com exposição solar e com superfície relvada; (4) junto a uma parede de vegetação, com exposição solar e com superfície relvada. Foram efectuadas, na área de estudo, medições da temperatura do ar, velocidade e direcção do vento, temperatura do termómetro seco e molhado e do balanço da radiação.

Foi aplicado um questionário de forma a obter respostas sensoriais, avaliando a sensação térmica e o conforto. Participaram nesta experiência 12 pessoas (6 homens e 6 mulheres) com idades compreendidas entre os 20 e os 60 anos e vestindo uma T-shirt branca e calças (roupas usuais durante o Verão nesta região). Os participantes foram divididos em quatro subgrupos de três pessoas, distribuídas de acordo com a classe etária (20-30; 30-40, 40-50 e 50-60 anos). Cada subgrupo permaneceu sentado em cada local, durante vinte minutos (15 minutos de adaptação às condições ambientais e 5 minutos para preencher o questionário individual), mudando de local ao fim desse tempo seguindo um esquema rotativo. Após cada período de 80 minutos todos os grupos tinham passado pelos quatro locais. Este procedimento foi iniciado às 9 horas e terminou às 18 horas, tendo sido repetido quatro vezes durante o dia.

Na avaliação da influência dos espaços verdes no ambiente urbano e no conforto térmico serão efectuados estudos à escala urbana e à microescala. A análise preliminar e parcial dos resultados mostra uma boa relação entre as respostas do conforto térmico e as condições ambientais.

3.6 Avaliação das Atitudes e Percepções da População

Ainda que a comunidade científica conheça em detalhe alguns benefícios ambientais dos espaços verdes, as populações urbanas podem não estar conscientes da sua importância no seu quotidiano. Estudos recentes concentram-se na avaliação das atitudes e percepções humanas, para com os espaços verdes, incluindo a interpretação, por estes feita, dos seus benefícios (Sanesi e Chiarello, 2005).

Como forma de abordar esta componente do nosso projecto, dois tipos de estudos foram desenvolvidos: o primeiro concentrando-se na percepção pela população urbana; e o segundo abordando os utentes dos diferentes espaços verdes.

Programado para Outubro de 2006, será desenvolvido um inquérito residencial, tendo por base uma amostra representativa da população, nas suas componentes sócio-demográfica e geográfica, dirigida a 400 habitantes, cerca 2 por cento da população adulta local, que reside em diversos espaços urbanos. Este inquérito abordará os seguintes elementos:

- Caracterização da amostra – Descrição da população, incluindo a idade, género, profissão, nível de formação e características do agregado de família;
- Relação com os espaços verdes – Relação dos indivíduos com os espaços verdes, incluindo elementos como a frequência de uso, meio de deslocação, distância percorrida, tempo dispendido e actividades desenvolvidas;
- Significado quotidiano – Identificação das percepções dos cidadãos sobre a importância dos espaços verdes, avaliando o grau de reconhecimento dos seus benefícios;
- Limitações ao uso – Identificação de características que representem limitações ao uso, incluindo a poluição, segurança, entre outros;
- Elementos que valorizam os espaços verdes – Preferência da população em termos de vegetação, elementos estéticos, mobiliária, entre outros;
- Avaliação qualitativa – Avaliação qualitativa de diferentes tipos de espaços verdes.

A informação resultante deste inquérito fornecerá importantes indicações sobre a percepção da relevância dos diferentes espaços verdes e, dessa forma, permite uma avaliação das relações entre as características ambientais com as preferências individuais.

Começando no próximo Inverno, e repetido no período de Verão, serão desenvolvidos inquéritos numa abordagem diferenciada, avaliando as percepções dos utilizadores fortuitos dos espaços verdes, *in loco*, enquanto são avaliadas as características ambientais desses mesmos espaços (ruído, conforto térmico e qualidade do ar). Este estudo fornecerá informação relevante sobre as percepções dos utentes, enquanto sobre a influência dos espaços verdes na qualidade ambiental.

4. Considerações Finais e Desenvolvimentos Futuros

Durante o primeiro ano, o projecto GreenUrbe centrou-se no desenvolvimento de um conjunto de investigações preliminares com vista a alcançar quatro propósitos fundamentais: conhecer melhor o sistema, i.e., a cidade de Bragança e a sua estrutura verde; melhorar a metodologia geral; refinar aspectos experimentais; e extrair algumas considerações preliminares acerca do papel dos espaços verdes sobre a qualidade do ambiente.

Os resultados preliminares sobre a qualidade do ambiente urbano abrem boas perspectivas para os futuros desenvolvimentos do projecto. As medições de qualidade do ar parecem consistentes, ainda que os dados recolhidos estejam ainda a ser objecto de validação. A poluição atmosférica na cidade não é crítica, tendo sido identificado um padrão espacial que mostra que as áreas mais poluídas estão maioritariamente associadas a vias rodoviárias. É, no entanto, expectável que no Inverno as medições possam revelar e identificar outras fontes relevantes como seja o aquecimento doméstico. Relações causais similares são inferidas a partir dos dados de ruído. Globalmente, as medições são ainda exíguas para permitir extrair interpretações fiáveis acerca das relações causais quantitativas entre qualidade do ambiente urbano e características dos espaços verdes.

Ao longo dos próximos dois anos, é necessário fazer esforços no sentido de reforçar o conhecimento do papel da vegetação na qualidade do ambiente urbano. O alcance deste objectivo requer medições adicionais à escala urbana, uma intensificação das medições à escala do espaço verde e a avaliação da percepção humana. Além disso, parte dos esforços serão concentrados no estabelecimento de relações entre variáveis, através da aplicação de diferentes métodos, incluindo análise multivariada e técnicas de geoestatística, de modo a avaliar o papel dos espaços verdes nas vertentes ambientais integradas no projecto.

Agradecimentos

O projecto de investigação GreenUrbe é financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e pelo Fundo Europeu para o Desenvolvimento Regional (FEDER). Os autores agradecem a colaboração prestada pelo Grupo de Climatologia do IPB, especialmente

ao Eng. Arsénio Araújo. Uma mensagem de apreço para os alunos de estágio do Curso de Eng^a do Ambiente e Território da ESAB que muito têm ajudado no desenvolvimento da presente investigação. Um agradecimento especial a todos os proprietários que tornaram possível a colocação de equipamentos nas suas propriedades

Referências Bibliográficas

- Bolund P. and Hunhammar S. 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* **29**, 293-301.
- Cardelino C. A. and Chameides W. L. 1990. Natural Hydrocarbons, urbanization, and urban ozone. *Journal of Geophysical Research* **95**(D9), 13971-13979.
- Carles, J. L., Barrio I. L., and Lucio J. V. 1999. Sound Influence on Landscape Values. *Landscape and Urban Planning*. **43**, 191-200.
- Chan C. Y., Chan L. Y., Wang X. M., Liu Y. M., Lee S. C., Zou S. C., Sheng G. Y. and Fu J. M. 2002. Volatile organic compounds in roadside microenvironments of metropolitan Hong Kong. *Atmospheric Environment* **36**, 2039-2047
- De Ridder K., Adamec V., Bañuelos A., Bruse M., Bürger M., Damsgaard O., Dufek J., Hirsh J., Lefebvre F., Pérez-Lacorzana J. M., Thierry A. and Weber C. 2004. An integrated methodology to assess the benefits of urban green space. *Science of Total Environment* **334**, 489-497.
- Fang, C. F. and D. L. Ling. 2005. Guidance for noise reduction provided by tree belts. *Landscape and Urban Planning* **71**, 29-34.
- Fang, C.F. and Ling D. L. 2003. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. *Landscape and Urban Planning* **63**, 187-196.
- Fanger, P.O. 1972. *Thermal Comfort*, McGraw-Hill, New York, USA
- Givoni B. M. N., Saaroni H., Pochter O., Yaacov N. F. Y. and Becker S. 2003. Outdoor comfort research issues. *Energy and Buildings* **35**, 77-86.
- Givoni, B. 1991. Impact of Planted Areas on Urban Environmental Quality: A review." *Atmospheric Environment Part B. Urban Atmosphere* **5**(3), 289-299.
- Kuhn, M. 2003. Greenbelt and Green Heart: Separating and Integration Landscapes in European City Regions. *Lands. Urban Plan.* **64**, 19-27.
- Lam K. C., Leung NG S., Hui W. C. and Chan P. K. 2005. Environmental quality of urban parks and open spaces in Hong Kong. *Environmental Monitoring and Assessment* **111**, 55-73.
- Lopes, D. 2005. Estimating net primary production in *Eucalyptus globulus* and *Pinus pinaster* Ecosystems in Portugal. Phd Thesis, Kingston University, United Kingdom.
- Mohamed M. F., Kang D. and Aneja V. P. 2002. Volatile organic compounds in some urban locations in United States. *Chemosphere* **47**(8), 863-882.
- Nowak D. J. 2006. Institutionalizing urban forestry as a "biotechnology". *Urban forestry & Urban Greening* **5**, 93-100.
- Nowak D. J., Civerolo K. L., Rao S. T., Sistla G., Luley C. J. and Crane D. E. 2000. A modelling study of the impact of urban trees on ozone. *Atmospheric Environment* **34**, 1601-1613.
- Nowak D. J., Crane D. E. and Stevens J. C. 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the united states. *Urban forestry & Urban Greening* **4**, 115-123.

- Nowak D. J., McHale P. J., Ibarra M., G., Crane D. E., Stevens J. C. and Luley C. J. 1998. Modelling the effects of urban vegetation on air pollution. *Air Pollution Modeling and its Application XII*, Ed. Sven-Erik Gryning and Nadine Chaumerliac, Plenum Press, NY.
- Parra M.A., González L., Elustondo D., Garrigó J., Bermejo R. and Santamaría J.M. 2006. Spatial and temporal trends of volatile organic compounds (VOC) in a rural area of northern Spain. *Science of The Total Environment (In Press, Corrected Proof)*. Available online.
- Pasaogullari, N. and Doratli N. 2004. Measuring accessibility and utilization of public spaces in Famagusta. *Cities* 21(3), 225-232.
- Sanesi G. and Chiarello F. 2006. Residents and urban green spaces: The case of Bari. *Urban Forestry & Urban Greening* 4(3-4), 125-134.
- Serpa, A. and A. Muhar. 1996. Effects of Plant Size, Texture and Colour on Spatial Perceptions in Public Green Areas - a Cross-Cultural Study. *Landscape and Urban Planning* 36, 19-25.
- Shashua-Bar L. and Hoffman M. E.M 2004. Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer, case study: urban streets and courtyards with trees. *Building and Environment* 39 (9), 1087-1099.
- Taha H. 1996. Modeling impacts of increased urban vegetation on ozone air quality in the South Coast Air Basin. *Atmospheric Environment* 30 (20), 3423-3430.
- Tyagi V., Kumar K. and Jain V. K. 2006. A study of the spectral characteristics of traffic noise attenuation by vegetation belts in Delhi. *Applied Acoustics* 67(9), 926-935.