

MODELAÇÃO DO CRESCIMENTO URBANO PARA A DISTRIBUIÇÃO EFICAZ DAS FORÇAS DE SEGURANÇA. O CASO PORTUGUÊS

Sara Ribeiro^{1a}, Pedro Cabral^{2a}, Roberto Henriques^{3a}, Jorge Bravo^{4a}, Teresa Rodrigues^{5b}, Marco Painho^{6a}

^a NOVA IMS, Universidade Nova de Lisboa, Campus de Campolide, 1070-312 Lisboa, Portugal

^b IPRI, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

ABSTRACT

Security is a complex and dynamic phenomenon, requiring new approaches endowed of the appropriate decision-making tools. In the scope of the security public policies, the SIM4SECURITY project intends to create a technological and decision-making solution that enhances security forces' operational activity effectiveness. It is, therefore, essential the study of the evolution of urbanization to understand the population distribution, and to rationally optimize the allocation of security related human resources. This study presents the demographic projections and the corresponding land use maps for 2030 and 2040. These allow the understanding of the population distribution in the future, and to have an insight about the proximity of the security forces to the communities. Moreover, this study analyses the group of persons over 65 years old, given its vulnerability regarding security perception. The analysis indicates that around 13% (10%) of elderly population will live further than 10 km from a police facility in 2030 (2040), based on a scenario of population decline in all age groups. This observation suggests the need of reallocating the distribution of the security forces adapted to future demographic distribution, especially in the countryside, so to ensure the effective fulfillment of their mission.

Keywords: public policies, demographic projections, land use, security forces, dasymmetric maps.

RESUMO

A segurança é um fenómeno complexo e dinâmico, exigindo novas abordagens dotadas de instrumentos de apoio à decisão adequados. No âmbito das políticas públicas de segurança, o projeto SIM4SECURITY tem como

¹ Contactos: Email – sribeiro@novaims.unl.pt

² Contactos: Email – pcabral@novaims.unl.pt

³ Contactos: Email – roberto@novaims.unl.pt

⁴ Contactos: Email – jbravo@novaims.unl.pt

⁵ Contactos: Email – trodrigues@fcsh.unl.pt

⁶ Contactos: Email – painho@novaims.unl.pt

objetivo criar uma solução tecnológica de apoio à decisão que permita melhorar a eficácia da atividade operacional das forças de segurança. Afigura-se necessário o estudo da evolução da urbanização para compreender a distribuição espacial da população e a afetação racional de recursos humanos no âmbito da segurança. Este estudo apresenta o resultado das projeções demográficas, e mapas de uso de solo para 2030 e 2040. Ambos permitem compreender a localização da população no futuro e tecer considerações sobre a proximidade das Forças de Segurança às populações. É analisado o grupo etário com mais de 65 anos, dada a sua vulnerabilidade no que respeita ao sentimento de segurança. Verifica-se que cerca de 13% (10%) da população idosa viverá a mais de 10 km de uma instalação policial em 2030 (2040) num quadro geral de decrescimento populacional em todos os grupos etários. Recomenda-se a adaptação das forças de segurança ao novo perfil demográfico da população, sobretudo no interior do País, de forma a garantir o cumprimento eficaz da sua missão.

Palavras-chave: políticas públicas, projeções demográficas, uso de solo, Forças de Segurança, mapas dasimétricos.

INTRODUÇÃO

A Constituição da República Portuguesa consagra a segurança e a liberdade como direitos fundamentais. No que concerne à segurança interna, o cumprimento destes direitos obriga à eficácia, à visibilidade e ao impacto mensurável em todo o território das Forças e Serviços de Segurança (FSS) (Lourenço et al: 2015), o que se traduz em quatro objetivos a alcançar: (i) o dimensionamento a médio e longo prazo do Sistema de Segurança Interna (SSI), enquanto referência de Segurança Nacional, através do incremento do papel das FSS; (ii) a determinação das prioridades no SSI, de forma a melhorar a sua eficácia; (iii) a criação de medidas que aumentem a cooperação entre os diferentes agentes do SSI, nomeadamente nas áreas de segurança pública, informações, investigação criminal, proteção e socorro; e, (iv) a intensificação das capacidades das FSS.

Muitos países europeus registam grandes mudanças na sua composição demográfica, decorrentes do envelhecimento das estruturas etárias da população residente. Portugal faz parte desta mudança e é hoje o quinto país mais envelhecido do mundo (Nações Unidas: 2015). Este facto tem implicações de vária ordem, desde o setor económico (pelo aumento da idade da população ativa em geral) e também dos recursos humanos que constituem as Forças de Segurança (FS) (Cai and Stoyanov: 2016). Implica ainda a

necessidade de criar competências ajustadas a esta nova realidade, quer na ótica dos agentes, quer da população utente. Estes múltiplos aspetos exigem uma distribuição mais eficaz das FS, de forma a aumentar o sentimento de segurança entre a população residente, mais idosa e mais vulnerável. Mas, a gestão da segurança interna não inclui apenas recursos humanos. A otimização da distribuição dos efetivos, sobretudo das duas grandes FS no terreno (Policia de Segurança Pública, PSP e Guarda Nacional Republicana, GNR) ganha importância quando se consideram os cada vez mais escassos orçamentos, ao mesmo tempo que é necessário manter os padrões de qualidade (Rodrigues et al: 2016; Muaafa and Ramirez-Marquez: 2017).

Na literatura encontram-se alguns exemplos de modelos de otimização associados à gestão das FSS, a maioria dos quais se centra no desenho das áreas de patrulhamento (D'Amico et al: 2002; Coupe and Blake: 2005; Curtin et al: 2010; Lau et al: 2010; Zhang et al: 2013), nos percursos de patrulhamento (Sher et al: 2008; Adler et al: 2014), no estudo de diferentes estratégias de policiamento (Sutanto: 2011), ou no horário e configuração das unidades de patrulha (Yin: 2006; 2008; Keskin et al: 2012; Yang et al: 2015). São menos frequentes os que se dedicam à otimização da localização das instalações policiais (Jong et al: 2001; Chow et al: 2015).

A falta de dados desagregados é comumente apresentada como a maior limitação à investigação e apresentação de soluções sustentáveis sobre esta matéria e pode ser também a razão que justifica a inexistência de estudos desta natureza para Portugal (Rodrigues et al: 2016), a que o presente estudo procura dar alguns contributos. Para tanto, e com vista a otimizar a afetação racional de recursos, iremos estudar a evolução da urbanização de forma a compreender a distribuição desagregada da população residente no território nacional. Iremos também avaliar a atual distribuição das FS, possibilitando a comparação com as possíveis alterações futuras da população e a forma de adequar os recursos humanos das FS a essa nova realidade.

Em termos práticos o presente trabalho procura modelar a distribuição da população em 2030 e em 2040 e verificar se a atual localização das FS se mantém eficaz considerando os diferentes cenários demográficos esperados nas próximas décadas. Especificamente, os objetivos do estudo são:

1. Realizar projeções demográficas desagregadas por género, idade e concelho para os anos de 2030 e de 2040, utilizando o método das componentes por coortes (Whelpton: 1928);
2. Construir modelos de alteração de uso do solo, para 2030 e 2040, centrados no crescimento urbano e nas transições entre as classes de uso de solo e o uso urbano;

3. Elaborar mapas dasimétricos⁷ (Semenov-Tian-Shansky: 1911 citado por Petrov: 2012) que permitem associar a cada uso de solo, segundo uma determinada densidade de ocupação, a população em 2011, 2030 e 2040;
4. Determinar as áreas de alcance de cada posto territorial, por rede viária, para conhecer a população que reside a cada uma das distâncias estudadas em 2011, 2030 e 2040, e aferir em quais dessas áreas será necessária a realocação de FS para minimizar a sua distância às populações e garantir assim um apoio de qualidade aos cidadãos.

Este estudo compreende quatro pontos: 1) caracteriza-se a área de estudo e os dados utilizados; 2) descreve-se a metodologia de base aos cálculos e análises espaciais efetuadas; 3) apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos; e 4) enunciam-se as principais conclusões do estudo.

1. ÁREA DE ESTUDO E DADOS

Esta investigação circunscreve-se em termos territoriais a Portugal Continental. Por razões de consistência dos resultados, e tendo em atenção que a mais recente contagem da população residente foi realizada em 2011, optou-se por considerar a divisão administrativa vigente nesse ano, contabilizando assim um total de 278 municípios e 4050 freguesias.

Os dados utilizados estão disponíveis gratuitamente ao público e incluem a população residente e movimento populacional (nascimentos, óbitos e migrações), as divisões administrativas, os mapas de uso do solo, a rede viária nacional e a localização das FS com presença territorial (PSP e GNR). O volume da população por local de residência (à data dos Censos 2011), sexo, idade e município, bem como as estatísticas demográficas de movimento de população (nascimentos, óbitos e migrações) (INE: 2016) foram utilizados no cálculo das projeções demográficas e ainda como dados de entrada para a elaboração dos mapas dasimétricos. A Carta Administrativa Oficial de Portugal de 2011 (DGT: 2016) é um tema vetorial que regista o estado da delimitação das circunstâncias administrativas do país, por freguesia, com informação alfanumérica do respetivo município e serve de base ao estudo da variação populacional e à elaboração dos mapas dasimétricos. Os mapas de uso de solo CORINE Land Cover⁸ de 2000 e 2012 (Copernicus: 2016) são temas matriciais que incluem 44 classes de uso de solo, agrupadas em 3 níveis hierárquicos. O nível principal é dividido em 5 categorias: “1. Superfícies artificiais”, “2. Áreas agrícolas”, “3. Floresta e áreas semi-naturais”, “4. Zonas húmidas”, e

⁷ A definição de mapas dasimétricos é atribuída a Benjamin Semenov-Tian-Shansky, que o apresentou à Sociedade de Geografia Russa em 1911. O termo “dasimétrico” provém do grego (dasys - denso, metro - medição).

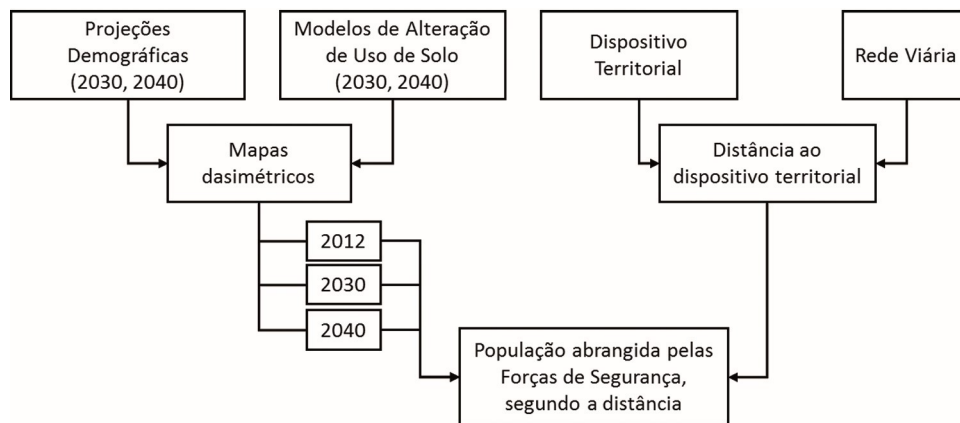
⁸ Coordination of Information on the Environment Land Cover, CLC.

“5. *Corpos de água*”, o segundo nível tem 15 categorias, que se dividem em 44 categorias no terceiro nível, sendo usados no modelo de alteração de uso de solo como dados de entrada ao Land Change Modeler (LCM). O mapa de uso de solo de 2012 utiliza-se como dado de entrada na criação do mapa dasimétrico de 2012. O tema vetorial contendo a localização das FSS inclui as localizações geográficas das duas forças de segurança com presença territorial (PSP e GNR), e como informação alfanumérica associada comporta a designação da respetiva unidade (Ex: “Posto Territorial”). Este tema vetorial foi usado como ponto de partida para a criação de áreas de serviço por rede viária. O tema vetorial de rede viária utilizado tem como base dados OpenStreetMap (Geofabrik: 2016) e foi alvo de correção e validação topológica pelos autores, com o objetivo de melhorar a conectividade dos eixos.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada é apresentada esquematicamente na Figura 1, sendo cada tarefa descrita em detalhe nas diferentes sub-secções a que se reporta.

Figura 1 - Esquema do trabalho realizado.



Fonte: Elaboração própria, 2017.

2.1. PROJEÇÕES DE POPULAÇÃO RESIDENTE

O termo projeção refere-se à descrição de uma predição do tamanho e estrutura da população, num determinado horizonte temporal (Caswell

and Gassen: 2015). As projeções demográficas apresentadas referem-se à população residente e adotam o método das componentes por coortes (*cohort-component method*), em que as populações iniciais são agrupadas por sexo e geração (*cohort*) definida pelo respetivo ano de nascimento. Cada grupo é continuamente atualizado de acordo com as hipóteses de evolução definidas para cada uma das componentes de mudança de efetivos populacionais, fecundidade, mortalidade e migração, para além do processo natural de envelhecimento (Bravo: 2016).

O método das componentes por coortes, de uso generalizado na execução de projeções populacionais a nível nacional e internacional, permite a elaboração de diferentes cenários de evolução demográfica, baseados em diferentes combinações de prováveis evoluções de cada componente. Os resultados obtidos são condicionados pela estrutura e composição de base e pelas diferentes trajetórias definidas para o comportamento das componentes estabelecidas em cada uma das hipóteses assumidas, ao longo do período da projeção (Hartmann: 2009). Neste exercício as projeções demográficas apresentam-se desagregadas por idade, sexo e divisão administrativa de município.

A população de base destas projeções é a população residente estimada a partir de referência mais recente disponibilizada pelo INE, desagregada por sexo, idade atuarial inteira até aos 100 e mais anos de idade e município de residência (NUTS III⁹, NUTS II¹⁰ e NUTS I¹¹). A projeção das componentes de mudança da população inclui a análise das tendências demográficas registadas nas últimas décadas, considerando as metodologias estatísticas específicas para cada componente, como se descreve de seguida. Deve ainda salientar-se que quanto maior for o período de projeção, maior será a incerteza associada aos resultados obtidos nas projeções.

2.1.1. Fecundidade

A projeção da fecundidade envolve a especificação de pressupostos quanto à evolução esperada do Índice Sintético de Fecundidade (ISF) e da idade média do nascimento de um filho, modelizando as taxas de fecundidade através do método proposto por Schmertmann (2003; 2005) para projetar taxas específicas de fecundidade por idade e por ano cronológico.

⁹ Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (nível III), constituído por 25 unidades, das quais 23 estão localizadas no continente e duas correspondentes às Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira.

¹⁰ Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (nível II) constituído por sete unidades, das quais cinco pertencem ao continente e os territórios das Regiões Autónomas.

¹¹ Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (nível I), constituído por três unidades, correspondentes ao território do continente e às duas Regiões Autónomas.

2.1.2. Mortalidade

A projeção da mortalidade é feita com recurso ao método Poisson-Lee-Carter (Brouhns et al: 2002) conjugado com modelos relacionais (Brass: 1971) para os concelhos/regiões de reduzido efetivo populacional e o método de Denuit e Goderniaux (2005) para projeção da mortalidade nas idades avançadas.

2.1.3. Saldos Migratórios

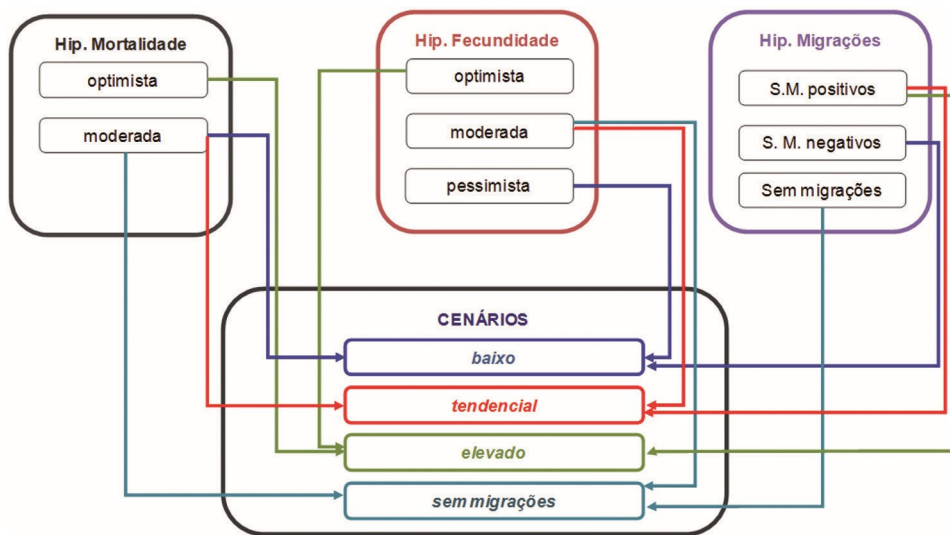
A componente migratória inclui os comportamentos relativos aos fluxos internacionais e os fluxos migratórios internos. Os primeiros consideraram hipóteses não improváveis de evolução, face ao passado recente, relativamente aos fluxos emigratórios e imigratórios, com referência a Portugal. A nível interno, estabeleceram-se duas matrizes de estimativa dos fluxos de saída e de entrada de acordo com a percentagem relativa à população residente em cada NUTS II, para cada género, tendo como base os dados dos censos 2011. Os níveis mais detalhados foram calculados com base no peso relativo de cada unidade na NUTS II respetiva, assumindo o seu possível abrandamento no futuro. O saldo migratório final é calculado através da soma da imigração internacional e da imigração interna e a subtração da emigração internacional e da emigração interna.

2.1.4. Cenários alternativos de projeção

A combinação das diferentes trajetórias de evolução de cada uma das componentes de alteração demográfica permite definir quatro cenários alternativos para a evolução da população residente (Figura 2), que se podem caracterizar da seguinte forma:

- **Cenário 1** (Pessimista) – conjuga a hipótese mais pessimista para o ISF, com a hipótese de evolução moderada da esperança média de vida à nascença e em todas as idades, e a hipótese de manutenção de saldos migratórios negativos;
- **Cenário 2** (Tendencial) – conjuga a hipótese de evolução moderada do ISF, com a hipótese de evolução moderada da esperança média de vida, e a hipótese de retorno a saldos migratórios positivos;
- **Cenário 3** (Otimista) – conjuga a hipótese de evolução otimista do ISF, com hipótese de evolução otimista da esperança média de vida e a hipótese de retorno a saldos migratórios positivos;
- **Cenário 4** (Sem migrações) – cenário idêntico ao Cenário 2, mas que exclui dos cálculos a influência dos saldos migratórios.

Figura 2 - Cenários de projeção e respetivas conjugações de hipóteses de evolução das componentes mortalidade, fecundidade e migrações



Fonte: Bravo, 2016.

2.2 MODELAÇÃO DA ALTERAÇÃO DE USO DE SOLO

O Land Change Modeler (LCM), do *software TerrSet*¹², serve de base a esta modelação espacial. Esta ferramenta é utilizada na construção de mapas de uso de solo para 2030 e 2040. O LCM permite a análise, previsão e validação dos mapas de alteração de uso de solo. Usa como dados de entrada os mapas de dois períodos de tempo distintos contendo as mesmas classes de uso de solo, as mesmas legendas, são localizados nas mesmas áreas de estudo, e têm as mesmas dimensões espaciais, ou seja, a mesma resolução e sistema de coordenadas (Eastman et al: 2005). Neste estudo, os dados de entrada são os mapas CLC de 2000 e 2012, contendo oito categorias: 1 - Urbano contínuo, 2 - Urbano descontínuo, 3 - Edificado não-urbano (industrial, comercial, vias de transporte, minas, aterros e estaleiros de obras), 4 - Agricultura, 5 - Floresta e áreas semi-naturais, 6 - Zonas húmidas, 7 - Corpos de água e 8 - Vegetação artificial ou não cultivada, pelo que foi necessário reagrupar as 44 classes presentes na CLC (nível III).

¹² TerrSet, Version 18.21, Geospatial Software for Monitoring and Modeling the Earth System, Clark Labs, Clark University.

O processo de previsão de alteração de uso de solo decorre em vários passos sucessivos: (i) análise da alteração; (ii) modelação do potencial de transição; e (iii) a previsão futura de alteração. No primeiro passo, o LCM avalia as alterações de uso de solo entre os dois períodos de tempo conhecidos. As mudanças mais significativas identificadas (em área) constituem-se transições entre os dois mapas e ficam registadas. O segundo passo permite calcular o potencial de transição entre as alterações de solo identificadas, através de mapas de aptidão de alteração. São construídos sub-modelos para cada transição que se considere como tendo o mesmo conjunto de fatores explicativos, não sendo necessário testar todos os sub-modelos (por exemplo, pode assumir-se que todas as transições para “agricultura” são justificadas pelos mesmos fatores). O LCM permite modelar as transições pelo uso de redes neuronais (Multi-layer perceptron), regressão logística, ou a ferramenta de machine learning SimWeight (Eastman: 2016). Depois de calibrado, o modelo é usado na previsão de cenários futuros. Neste estudo, apenas dois sub-modelos foram considerados: os modelos de transição para uso de solo urbano contínuo, e para uso de solo urbano descontínuo. Os fatores condicionantes incluídos foram a distância à rede viária e a distância ao espaço urbano existente (em 2012), reavaliados a cada ano de previsão (entre 2012 e 2040). O último passo corresponde à previsão da alteração de solo futura, onde são criados os mapas de uso de solo nos anos futuros.

2.3 MAPAS DASIMÉTRICOS

Os mapas dasimétricos resultam de um processo em que os atributos associados a uma determinada área são distribuídos dentro dessa área de diferente forma segundo uma tabela de densidades, que pode variar de acordo com um segundo atributo. Neste estudo, os mapas dasimétricos permitiram distribuir os dados populacionais por freguesia (resultantes dos censos e das projeções demográficas), por sub-áreas dentro da freguesia, segundo o uso de solo (por exemplo, mais população nas áreas classificadas como urbanas, menos população nas áreas classificadas como rurais), o que corresponde a uma disposição mais realista da população. Criaram-se mapas dasimétricos para 2011, 2030 e 2040, com os dados populacionais e os mapas de uso de solo, através da ferramenta Intelligent Dasymetric Mapping Toolbox, preparada pela EPA (United States Environmental Protection Agency) disponível para o software ArcGIS. Esta ferramenta é composta por 5 passos (Mennis & Hultgreen, 2006): (i) Conversão do tema vetorial com atributo da população para tema matricial; (ii) Combinação do tema matricial da população com

o tema matricial do uso de solo; (iii) Criação da tabela de densidades por uso de solo considerado; (iv) Cálculos dasimétricos, e (v) Criação do tema matricial dasimétrico.

2.4. DISTÂNCIA AO DISPOSITIVO TERRITORIAL

Para definir áreas de distância às FSS, empregou-se a extensão Network Analyst do software ArcGIS. A ferramenta desenha um polígono, por união dos pontos na rede viária que se encontram a uma dada distância do ponto de referência (posto territorial da GNR). As distâncias analisadas foram 1 km, 5 km, 10 km, 15 km, 20 km e 25 km. Para obter a população em cada área, foi utilizada a ferramenta Zonal Statistics, da extensão Spatial Analyst do ArcGIS.

3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1. PROJEÇÕES DE POPULAÇÃO RESIDENTE (2011-2040)

Os resultados permitem fazer uma análise da possível variação da população por grupos etários, considerando a última contagem de população em Portugal Continental (Censos 2011), e aferir quais as áreas do território em que haverá maiores alterações demográficas, com possíveis implicações na distribuição das FS.

As projeções demográficas para 2030 e 2040 da população residente são apresentadas (Tabela 1) segundo os quatro cenários descritos na Figura 2. Prevê-se entre 2011 e 2030 uma diminuição da população em todos os cenários definidos, sendo que a maior variação negativa se refere ao Cenário 1, que admite uma perda de população de 11%. O Cenário 3, mais otimista, mostra também um decréscimo de população mas de apenas 5%. Esta diminuição de efetivos mantém-se em relação às projeções demográficas de 2040, havendo uma variação entre -7% (Cenário 3) e -18% (Cenário 1). É importante salientar que, a inclusão de um saldo migratório positivo no Cenário 2 ameniza a diminuição de população em 2040 (-8%) quando se compara este com o Cenário 4 (-11%). O saldo migratório não é significativo em 2030, uma vez que a variação de população entre os Cenários 2 e 4 em 2030 é semelhante.

Tabela 1 - Projeções demográficas para Portugal Continental para 2030 e 2040, segundo os 4 cenários definidos, e a sua variação referente a 2011.

Cenários	2030	Varição (2011-2030)	2040	Varição (2011-2040)
Cenário 1 (baixo)	8931846	-1115775 (-11%)	8173856	-1873765 (-18%)
Cenário 2 (tendencial)	9454770	-592851 (-6%)	9210083	-837538 (-8%)
Cenário 3 (elevado)	9533041	-514580 (-5%)	9387787	-659834 (-7%)
Cenário 4 (sem migrações)	9428233	-619388 (-6%)	8960065	-1087556 (-11%)

Fonte: Elaboração própria, 2017.

Dados os objetivos finais do estudo, a variação da população por município entre 2011 e 2030 foi desagregada em três grupos etários: 6 aos 18 anos (população em idade escolar, menor de idade), 18 aos 65 anos (adultos ativos), e mais de 65 anos (idosos), que considerámos representarem grupos prioritários de intervenção, quer por se tratarem de grupos vulneráveis (vítimas potenciais) e/ou por serem objeto de diferentes riscos de criminalidade (como atores ou vítimas de tipos de criminalidade: delinquência juvenil e grupal, por exemplo). Interessam-nos em particular os municípios cuja variação é mais significativa, porque será neles que o ajuste das FS será mais necessário.

3.1.1. Variação da população por município (2011-2030)

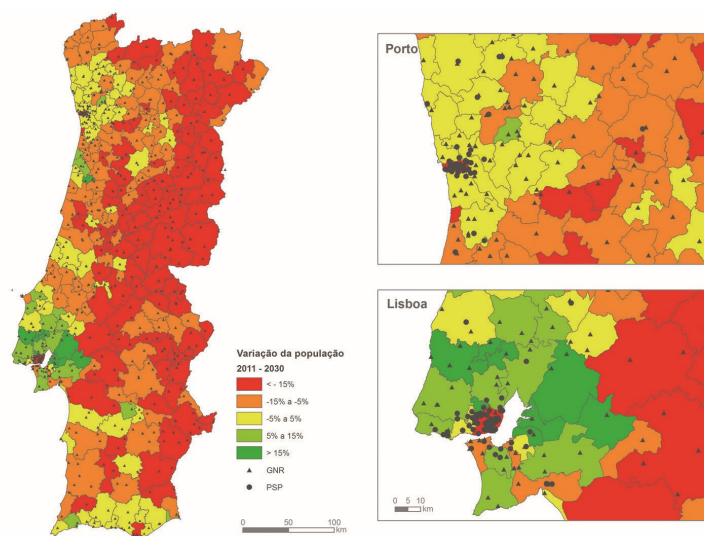
Para o estudo da variação populacional considerou-se como referência os resultados do Cenário 2, uma vez que é o cenário tendencial. A Figura 3 apresenta a variação da população entre 2011 e 2030 por município e permite verificar reduções do número de residentes superiores a 15% em 96 municípios, na sua maioria localizados no interior do país. Lisboa e Porto também terão uma diminuição muito significativa do número de residentes (33,4% e 32,4%, respetivamente) e apenas em oito municípios se espera um aumento de população superior a 15%, quase todos localizados na área envolvente do município de Lisboa (Tabela 2).

Tabela 2 - Municípios com maior percentagem de variação de população entre 2011 e 2030.

Aumento de população	Arruda dos Vinhos (32,5%), Montijo (26,5%), Alcochete (23,7%), Mafra (22,9%), Odivelas (18,2%), Oliveira do Bairro (17,1%), Benavente (16,0%), Sobral de Monte Agraço (15,9%), Entroncamento (13,6%), Seixal (13,4%)
Diminuição de população	Alcoutim (45,3 %), Idanha-a-Nova (36,2%), Gavião (34,1%), Lisboa (33,4%), Castanheira de Pêra (33,2%), Porto (32,4%), Penamacor (31,8%), Mação (30,9%), Nisa (30,9%), Vinhais (30,5%)

Fonte: Elaboração própria, 2017.

Figura 3 - Variação da população entre 2011 e 2030 (Cenário 2).



Fonte: Elaboração própria, 2017.

3.1.2. Variação da população em idade escolar (2011 – 2030)

A variação de população em idade escolar (6 a 18 anos) por município é apresentada na Figura 4. Como esperado observa-se uma diminuição em quase todo o território continental (267 dos 278 municípios). Em 73% dos municípios o decréscimo é superior a 20% e apenas três apresentam variações positivas

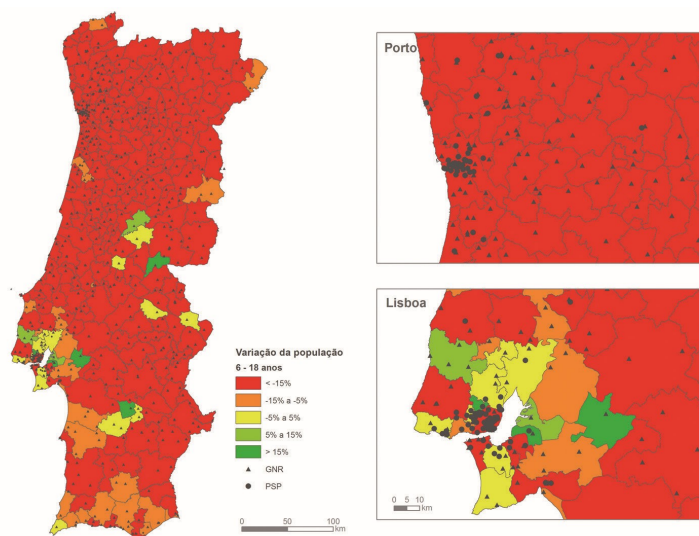
superiores a 20% (Tabela 3). Salienta-se a perda significativa de população em idade escolar nas duas grandes cidades de Lisboa (- 40,1%) e Porto (- 56,3%).

Tabela 3 – Municípios com maior variação de população entre 2011 e 2030 (6 a 18 anos).

Aumento de população (6-18 anos)	Montijo (31,8%), Alvito (26,0%), Odivelas (24,6%), Vila Velha de Ródão (19,5%), Pampilhosa da Serra (13,4%), Mafra (8,2%), Alcochete (6,7%), Vila de Rei (3,9%), Seixal (2,5%), Loures (2,2%)
Diminuição de população (6-18 anos)	Castanheira de Pêra (56,6%), Porto (56,3%), Alcoutim (54,2%), Cinfães (52,4%), Abrantes (52,2%), Espinho (50,7%), Resende (50,2%), Castelo de Paiva (49,6%), Manteigas (49,6%), Soure (49,0%)

Fonte: Elaboração própria, 2017.

Figura 4 - Variação da população entre 2011 e 2030, para a faixa etária de 6 a 18 anos.



Fonte: Elaboração própria, 2017.

3.1.3. Variação da população com idades entre 18 e 65 anos (2011 - 2030)

Na análise à variação da população compreendida entre os 18 e 65 anos (Figura 5), 250 municípios perdem população (90% do total dos municípios). Porto e Lisboa são os

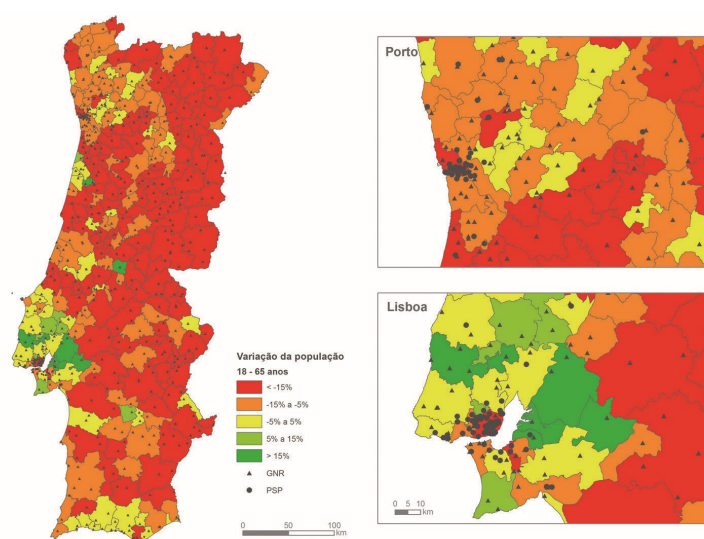
segundo e quarto municípios com maior perda de população (Tabela 4) respetivamente. Os municípios com maior aumento de população localizam-se na vizinhança de Lisboa.

Tabela 4 - Municípios com maior variação de população entre 2011 e 2030 (18-65 anos).

Aumento de população (18-65 anos)	Arruda dos Vinhos (37,8%), Montijo (24,8%), Mafra (23,7%), Alcochete (23,6%), Oliveira do Bairro (19,9%), Benavente (15,8%), Vila de Rei (15,3%), Sobral de Monte Agraço (15,0%), Murtosa (12,7%), Entroncamento (12,1%)
Diminuição de população (18-65 anos)	Alcoutim (48,7%), Porto (43,5%), Castanheira de Pêra (41,8%), Lisboa (41,5%), Manteigas (40,0%), Monchique (36,3%), Vinhais (35,0%), Abrantes (33,2%), Espinho (33,0%), Pinhel (32,7%)

Fonte: Elaboração própria, 2017.

Figura 5 - Variação da população entre 2011 e 2030, para a faixa etária de 18 a 65 anos.



Fonte: Elaboração própria, 2017

3.1.4. Variação da população com mais de 65 anos (2011 – 2030)

Ao contrário do decréscimo que tem vindo a verificar-se nas faixas etárias mais jovens, a população com idade superior a 65 anos sofrerá um aumento em 193 municípios

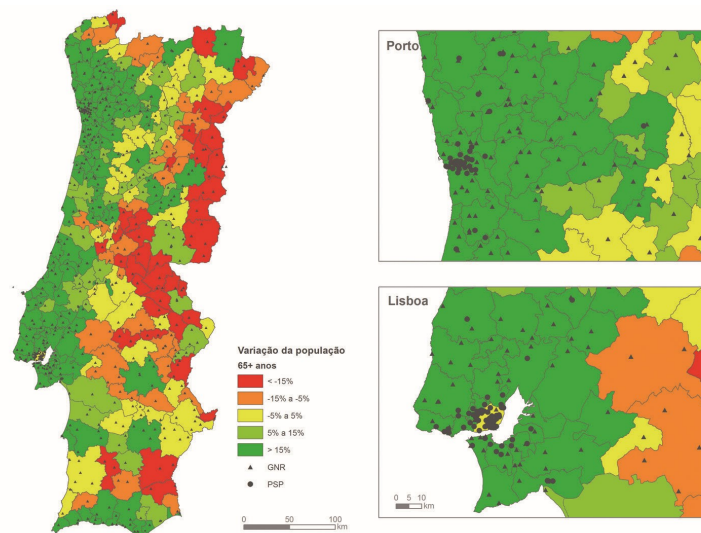
(Figura 6). Prevê-se um aumento superior a 50% da população com mais de 65 anos em cerca de 15% dos municípios de Portugal continental e quatro municípios na zona do Porto mais do que duplicam a sua população idosa (Tabela 5). De forma geral o aumento é mais visível no litoral do país. Só 10% dos municípios poderão reduzir esta classe etária mais de 20%, sendo todos eles hoje já muito envelhecidos.

Tabela 5 - Municípios com maior variação de população (mais de 65 anos).

Aumento de população (65+ anos)	Paços de Ferreira (112,0%), Vizela (109,1%), Paredes (103,1%), Lousada (102,4%), Valongo (93,0%), Trofa (90,7%), Vila Franca de Xira (87,7%), Maia (87,5%), Guimarães (85,1%), Felgueiras (84,8%)
Diminuição de população (65+ anos)	Penamacor (44,8%), Idanha-a-Nova (43,5%), Gavião (40,8%), Alcoutim (40,5%), Vila Velha de Ródão (37,3%), Mação (36,8%), Nisa (35,2%), Pampilhosa da Serra (34,1%), Vila de Rei (33,6%), Vimioso (32,8%)

Fonte: Elaboração própria, 2017.

Figura 6 - Variação da população entre 2011 e 2030, para a faixa etária acima de 65 anos.

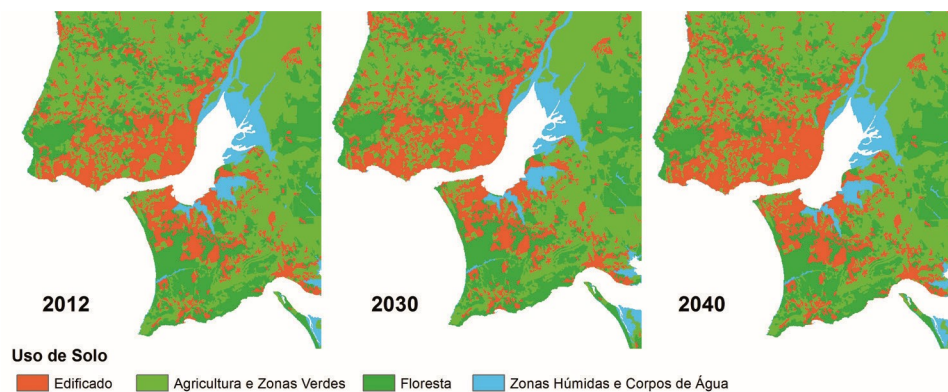


Fonte: Elaboração própria, 2017.

3.2. MODELAÇÃO DA ALTERAÇÃO DO USO DE SOLO

A Figura 7 ilustra os mapas de uso de solo em 2012 (CLC) e para 2030 e 2040, num detalhe da Área Metropolitana de Lisboa. As oito classes estudadas são apresentadas em quatro grupos¹³. Observa-se um aumento da área edificada, nomeadamente no litoral do país, intensificando as áreas já urbanas. É possível verificar a mudança de uso de solo urbano contínuo para urbano descontínuo nas áreas que perdem população, muito visível nas cidades de Lisboa e Porto.

Figura 7 - Mapas de uso de solo de 2012 (CLC), 2030 e 2040 (LCM), para a Área Metropolitana de Lisboa.



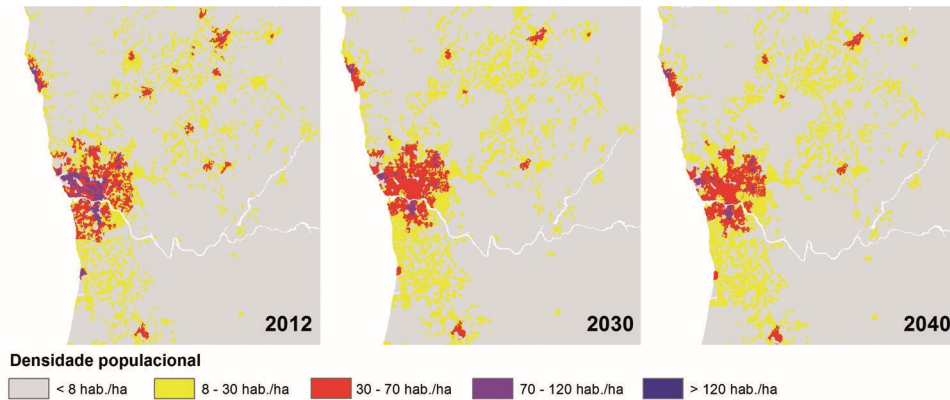
Fonte: Elaboração própria, 2017.

3.3. MAPAS DASIMÉTRICOS

Utilizando os resultados do exercício prospetivo e do modelo de alteração de uso de solo, foi possível construir mapas dasimétricos da Área Metropolitana do Porto, que são ilustrados na Figura 8. Estes mapas mostram os efetivos populacionais localizados por zonas, ou seja, distribui-se o valor da população de cada município pelas zonas, ou classes de uso do solo, onde vivem efetivamente pessoas (por exemplo, nas zonas húmidas e corpos de água não vão existir pessoas apesar de estas ficarem dentro de um município). Estes mapas dão, portanto, uma melhor estimativa de onde se encontram realmente as pessoas. Salienta-se a diminuição da densidade populacional nas principais cidades do país, como consequência da diminuição da população já mencionada.

¹³ “Edificado” corresponde às classes 1, 2 e 3; “Agricultura e Zonas Verdes” corresponde às classes 4 e 8; “Floresta” corresponde à classe 5; “Zonas húmidas e Corpos de Água” corresponde às classes 6 e 7.

Figura 8 - Mapas dasimétricos de 2012, 2030 e 2040 (Área Metropolitana do Porto).

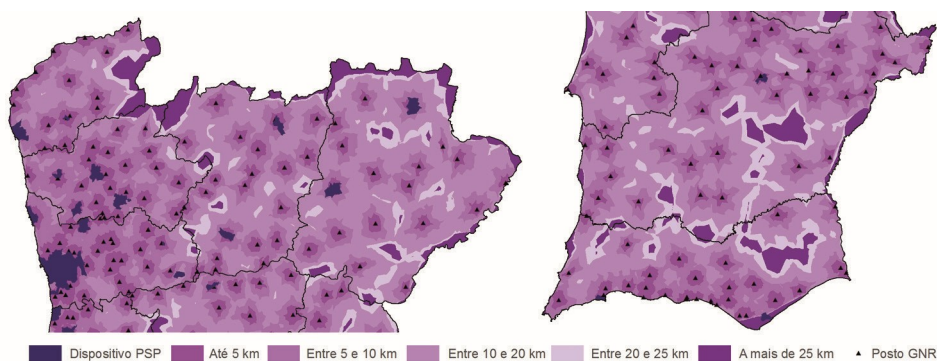


Fonte: Elaboração própria, 2017.

3.4. DISTÂNCIA AO DISPOSITIVO TERRITORIAL

A Figura 9 apresenta esquematicamente as áreas de serviço por posto territorial da GNR (detalhe do norte e sul do país) a determinadas distâncias por rede viária. A população residente em cada área de serviço foi contabilizada e é descrita na Tabela 6. Realizou-se o mesmo exercício de contagem para o grupo etário com mais de 65 anos. A Figura 9 permite identificar grandes áreas territoriais entre 10 e 20 km de distância dos postos territoriais no interior norte do país. No interior sul (Alentejo) observam-se áreas muito extensas, cuja distância ao posto territorial mais próximo é superior a 25 km.

Figura 9 - Distâncias percorridas a partir do posto territorial GNR mais próximo: até 5 km, 5 a 10 km, 10 a 20 km, 20 a 25 km, mais de 25 km (pormenor norte e sul de Portugal Continental).



Fonte: Elaboração própria, 2017.

Assim, pela análise da Tabela 6 é possível verificar que 14% da população vive a mais de 10 km de um posto territorial, pelo que a presença de FS nestes locais não é visível com regularidade. A previsão para 2030 e 2040 mantém aproximadamente o mesmo efetivo populacional distante das FS, o que pode traduzir-se na manutenção ou aumento do sentimento de insegurança dessas comunidades. Em Portugal a percentagem de população com mais de 65 anos que reside a mais de 10 km de um posto territorial é de 15%, mas tenderá a diminuir até 2030 (13%) e 2040 (10%). É possível justificar tal diminuição pela concentração de população com mais de 65 anos no litoral nos próximos anos, como referimos já a propósito da Figura 6, e onde a presença das FS é mais visível.

Tabela 6 - População residente e com mais de 65 anos por área de serviço do posto territorial da GNR.

Áreas de Serviço (Distância)	2011 População total (%) População 65+ anos (%)	2030 População total (%) População 65+ anos (%)	2040 População total (%) População 65+ anos (%)
1 km	414 006 (4%) 108 400 (6%)	391 383 (4%) 148 979 (6%)	383 128 (4%) 228 705 (8%)
5 km	5 084 953 (51%) 943 852 (52%)	4 778 103 (51%) 1 304 551 (54%)	4 659 687 (51%) 1 621 015 (59%)
10 km	8 646 149 (86%) 1 543 672 (85%)	8 160 769 (86%) 2 116 782 (87%)	7 958 933 (86%) 2 493 457 (90%)
15 km	9 644 620 (96%) 1 735 414 (95%)	9 097 939 (96%) 2 344 002 (96%)	8 867 659 (96%) 2 704 618 (98%)
20 km	9 894 095 (98%) 1 788 642 (98%)	9 318 770 (98%) 2 398 804 (99%)	9 079 428 (98%) 2 744 510 (99%)
25 km	9 977 907 (99%) 1 806 336 (99%)	9 393 455 (99%) 2 416 825 (99%)	9 151 154 (99%) 2 757 545 (99%)

Fonte: Elaboração própria, 2017.

CONCLUSÃO

Este estudo permitiu alargar o conhecimento sobre a distribuição territorial das FS na atualidade e estender esse conhecimento ao futuro, utilizando projeções demográficas e ferramentas de análise espacial.

As projeções demográficas mostram um envelhecimento da população em quase todo o território, prevendo até 2030 um aumento de 42% da população com mais de 65 anos, num contexto de diminuição gradual do número de residentes no território nacional. Cruzando os dados populacionais e a presença das FS no terreno, é possível verificar que hoje 50% da população habita áreas que distam menos de 5 km dos postos das FS, por rede viária, enquanto 14% da população vive em áreas a mais de 10 km desses postos. Nestas áreas, a presença das FS é menos visível, havendo postos que abrangem áreas de responsabilidade muito extensas, nomeadamente no Alentejo (Postos de Martim Longo e de Almodôvar com áreas de cerca de 70000 ha) e no norte do país (Postos de Bragança com 70000 ha e de Vinhais com 55000 ha).

Relativamente ao grupo vulnerável maior de 65 anos, constata-se que em 2011 cerca de 15% da população residia em áreas a mais de 10 km das FS, embora se preveja uma redução deste valor em cerca de 13% até 2030 e de 10% até 2040. No entanto, num quadro geral de diminuição de população em todos os grupos etários, este grupo vulnerável sentirá com maior gravidade a ausência de FS, o que irá fazer aumentar o seu sentimento de insegurança, mesmo que este seja mais percecionado que real. Simultaneamente, o incontornável envelhecimento da população residente em Portugal associado à sua diminuição terá como consequência a redução do número de residentes em locais mais afastados, que viverão sozinhos ou com outras pessoas também idosas. Tendo em conta a mudança do perfil demográfico, urge a adaptação das FS a esta nova realidade e esta alteração poderá implicar um ajuste nos programas específicos de policiamento como, por exemplo, os programas “Escola Segura” ou “Idoso em Segurança”.

Baseado nos resultados deste estudo, recomenda-se a revisão da distribuição das FS, de forma a se adaptarem às novas características da população, o que inclui mais formação aos profissionais das FS e programas de policiamento de proximidade que garantam a presença mais visível em áreas mais distantes dos respetivos postos de localização, nomeadamente em zonas com comunidades mais envelhecidas. Esta revisão da distribuição deve ainda incluir uma análise espacial da criminalidade, de forma a encontrar padrões de ocorrência para certos tipos de crimes, cruzando esta informação com o estudo da distribuição geográfica da população.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), através do projeto PTDC/ATPDEM/1538/2014 (SIM4SECURITY – Modelo Prospetivo e de Análise Espacial aplicado à Segurança Pública¹⁴).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, Nicole, HAKKERT, Alfred Shalom, KORNBLUTH, Jonathan, RAVIV, Tal, SHER, Mali (2014). “Location-allocation models for traffic police patrol vehicles on an interurban network”, *Annals of Operations Research*, Volume 221, pp. 9-31, doi: 10.1007/s10479-012-1275-2.

BRASS, William (1971). “On the scale of mortality”, in BRASS W., ed. *Biological Aspects of Demography*. Taylor & Francis, London, pp. 69-110.

BRAVO, Jorge (2016). *Projeções de População Residente a Nível Concelhio – Metodologia*. Universidade Nova de Lisboa, Information Management School, Novembro Lisboa.

BROUHNS, Natacha, DENUIT, Michel and VERMUNT, Jeroen (2002). “A Poisson log-bilinear regression approach to the construction of projected lifetables”, *Insurance: Mathematics and Economics*, Volume 31, n.º 3, pp. 373-393, doi: 10.1016/S0167-6687(02)00185-3.

CAI, Jie and STOYANOV, Andrey (2016). “Population aging and comparative advantage”, *Journal of International Economics*, Volume 106, pp. 1-21, doi: 10.1016/j.jinteco.2016.04.006.

CASWELL, Hal and GASSEN, Nora Sánchez (2015). “The sensitivity analysis of population projections”, *Demographic Research*, Volume 33, n.º 28, pp. 801-840, doi: 10.4054/DemRes.2015.33.28.

CHOW, Andy H. F., CHEUNG, C. Y., YOON, H. T. (2015). “Optimization of police facility locationing”, *Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2528, pp. 60-68, doi: 10.3141/2528-07.

COPERNICUS (2016). Mapas de uso do uso, em formato matricial, disponíveis em <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/>, consultado em 9 dezembro 2016.

¹⁴ Informação sobre o projeto SIM4SECURITY disponível em <http://sim4security.novaims.unl.pt/>.

COUPE, Richard Timothy, BLAKE, Laurence (2005). “The effects of patrol workloads and response strength on arrests at burglary emergencies”, *Journal of Criminal Justice*, Volume 33, n.º 3, pp. 239-256, doi: 10.1016/j.jcrimjus.2005.02.004.

CURTIN, Kevin, HAYSLETT-MCCALL, Karen, QIU, Fang (2010). “Determining optimal police patrol areas with maximal covering and backup covering location models”, *Networks & Spatial Economics*, Volume 10, n.º 1, pp. 125-145, doi: 10.1007/s11067-007-9035-6.

D’AMICO, Steven, WANG, Shoou-Jiun, BATTA, Rajan, RUMP, Christopher (2002). “A simulated annealing approach to police district design”, *Computers and Operations Research*, Volume 29, n.º 6, pp. 667-684, doi: 10.1016/S0305-0548(01)00056-9.

DENUIT, Michel, GODERNIAUX, Anne-Cécile (2005). “Closing and projecting life tables using loglinear models”, *Bulletin of the Swiss Association of Actuaries*, Volume 1, pp. 29-48.

DGT (2016). Carta Oficial Administrativa de Portugal de 2011, disponível em www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/carta_administrativa_oficial_de_portugal__caop__caop__download_/, consultado em 7 dezembro de 2016.

EASTMAN, J. Ronald (2016). *TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling System Manual*. Clark Labs. Clark University, Massachusetts.

EASTMAN, J. Ronald, SOLORZANO, Luis, VAN FOSSEN, Megan (2005). “Transition Potential Modeling for Land-Cover Change”. In MAGUIRE, David, BATTY, Michael, GOODCHILD, Michael, eds. “GIS, spatial analysis, and modeling”, ESRI, Redlands, pp. 357-385.

GEOFABRIK (2016). Rede viária de Portugal Continental, formato shapefile, disponível em <http://www.geofabrik.de/>, consultado em 12 dezembro 2016.

HARTMANN, Michael (2009). *Demographic Methods for the Statistical Office*. Statistics Sweden, Research and Development – Methodology Reports from Statistics Sweden.

INE (2016). Estatísticas da população portuguesa, formato tabelar, disponíveis em ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados&contexto=bd&selTab=tab2, consultado em 20 dezembro 2016.

JONG, Yom de, MARITZ, Johan, RITSEMA VAN ECK, Jan (2001). “Using optimisation techniques for comparison of the accessibility criteria of facility

siting scenarios; a case study of siting police stations in South Africa's Bushbuckridge area", In: Proceedings of the 4th AGILE Conference on Geographic Information Science, Masaryk University Brno, Czech Republic.

KESKIN, Burcu B., LI, Shirley, STEIL, Dana, SPILLER, Sarah (2012). "Analysis of an integrated maximum covering and patrol routing problem", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 48, n.º 1, pp. 215-232, doi: 10.1016/j.tre.2011.07.005.

LAU, H. C. W., HO, George, ZHAO, Yi, HON, W. T. (2010). "Optimizing patrol force deployment using a genetic algorithm", *Expert Systems with Applications*, Volume 37, n.º 12, pp. 8148-8154, doi: 10.1016/j.eswa.2010.05.073.

LOURENÇO, Nelson, LOPES, António, RODRIGUES, José, COSTA, Agostinho, SILVÉRIO, Paulo (2015). *Segurança Horizonte 2025. Um Conceito de Segurança Interna*. Edições Colibri, Lisboa.

MENNIS, Jeremy, HULTGREEN, Torrin (2006). "Intelligent Dasymetric Mapping and Its Application to Areal Interpolation", *Cartographic and Geographic Information Science*, Volume 33, n.º 3, pp. 179-194, doi: 10.1559/152304006779077309.

MUAAFA, Mohammed, RAMIREZ-MARQUEZ, Jose Emmanuel (2017). "Engineering Management Models for Urban Security", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Volume 64, n.º 1, pp. 29-41, doi: 10.1109/TEM.2016.2634119.

NAÇÕES UNIDAS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). World Population Ageing 2015 (ST/ESA/SER.A/390).

PETROV, Andrey (2012). "One Hundred Years of Dasymetric Mapping: Back to the Origin", *The Cartographic Journal*, Volume 49, n.º 3, pp. 256-264, doi: 10.1179/1743277412Y.0000000001.

RODRIGUES, Teresa, INÁCIO, André, ARAÚJO, Dalila, PAINHO, Marco, HENRIQUES, Roberto, CABRAL, Pedro, OLIVEIRA, Tiago, NETO, Miguel (2016). "SIM4SECURITY. A Forecast and Spatial Analysis Model for Homeland Security. Portugal 2030". In: V Congresso Português de Demografia. Fundação Calouste Gulbenkian 6-7 Outubro. Lisboa.

SCHMERTMANN, Carl (2003). "A system of model fertility schedules with graphically intuitive parameters", *Demographic Research*, Volume 9, n.º 5, pp. 81-110, doi: 10.4054/DemRes.2003.9.5.

SCHMERTMANN, Carl (2005). “Quadratic spline fits by nonlinear least squares”, *Demographic Research*, Volume 12, n.º 5, pp. 105-106, doi: 10.4054/DemRes.2005.12.5.

SHER, Mali, ADLER, Nicole, HAKKERT, Alfred Shalom (2009). “Location-allocation models for the traffic police routine patrol vehicles on an interurban network”, In: Proceedings of the International Network Optimization Conference INOC 2009, pp. 1-7, 26-29 abril 26-29, Pisa.

SUTANTO, Andre (2011). *Optimal Police Patrol*, Carnegie Mellon University, Pittsburgh.

YANG, Bin, HU, Zhi-Hua, ZHOU, Jing-Xian (2015). “Configuration Deployment, and Scheduling Models for management and Optimization of Patrol Services”, *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2015, ID 738578, doi: 10.1155/2015/738578.

YIN, Yafeng (2006). “Optimal fleet allocation of freeway service patrols”, *Networks and Spatial Economics*, Volume 6, n.º 3-4, pp. 221-234, doi: 10.1007/s11067-006-9281-z.

YIN, Yafeng (2008). “A scenario-based model for fleet allocation of freeway service patrols”, *Networks and Spatial Economics*, Volume 8, n.º 4, pp. 407-417, doi: 10.1007/s11067-006-9015-2.

WHELPTON, Pascal (1928). “Population of the United States, 1925 to 1975”, *American Journal of Sociology*, Volume 34, n.º 2, pp. 253-270.

ZHANG, Yue, HUDDLESTON, Samuel, BROWN, Donald, LEARMONTH, Gerard (2013). “A comparison of evaluation methods for police patrol district designs”, In: PASUPATHY, R., KIM, S.-H., TOLK, A., HILL, R., KUHL, M. E., eds. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference*, IEEE, Washington, pp. 2532-2543, doi: 10.1109/WSC.2013.6721626.

SARA RIBEIRO

Doutorada em Gestão de Informação na NOVA IMS. Colaborou em diversos projetos como especialista e formadora em SIG. Atualmente é bolsista de investigação no projeto SIM4SECURITY e leciona a disciplina de Geoestatística.

PEDRO CABRAL

Professor Auxiliar na NOVA IMS. Iniciou a carreira académica como Assistente estagiário em 1999. Leciona nas áreas de SIG e Modelação

Espacial. Doutorado em Matemáticas, Informática e Aplicações às Ciências do Homem (EHESS). Atualmente é coordenador ERASMUS da NOVA IMS.

ROBERTO HENRIQUES

Professor Auxiliar na NOVA IMS e coordenador do Mestrado em Gestão de Informação e Estatística, Mestrado em Gestão da Informação e European Master of Science in Information Systems Management. Tem o doutoramento em Gestão de Informação (NOVA).

JORGE BRAVO

Professor de Economia e Finanças da NOVA IMS e Professor Convidado da Université Paris IX Dauphine em Paris. Doutorado e licenciado em Economia pela Universidade de Évora (UE) e Mestre em Economia Monetária e Financeira pelo ISEG-UTL. Coordena o Observatório dos Riscos Biométricos da Associação Portuguesa de Seguradores e é membro do Banco BBVA Pensions Institute em Madrid.

TERESA RODRIGUES

Professora Associada com Agregação na FCSH e na NOVA IMS. Coordena o Curso de Doutoramento em Relações Internacionais (FCSH-NOVA) e três pós-graduações. No IPRI é Coordenadora do grupo de investigação de Prospetiva e Planeamento Estratégico, e é responsável por vários projetos nacionais e internacionais de investigação nas áreas da Demografia, Estudos de Segurança e Relações Internacionais. É ainda autora de diversos artigos científicos e tem dez livros publicados.

MARCO PAINHO

Professor Catedrático da NOVA IMS. Coordenador do Joint Doctorate in Geoinformatics: Enabling Open Cities, do Master of Science in Geospatial Technologies (Erasmus Mundus) e do Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. Desempenhou na NOVA IMS o cargo de Diretor entre 2000 e 2010. É autor e editor de mais de 160 publicações. É revisor de várias publicações científicas internacionais. Exerceu cargos científicos e profissionais internacionais: membro do Comité Científico da Agência Europeia do Ambiente, representante Português no Grupo de Cooperação Temática: Observação e Monitorização da Terra e membro do Management Board e Steering Committee do European Topic Centre for Nature Conservation, Paris.