



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS
DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. 2023
INSTITUTO POLITÉCNICO
DA GUARDA

Patrocinador Ouro



Patrocinador Prata



Patrocinador Bronze



Parceiros Institucionais



LIVRO DE RESUMOS

NOVEMBRO 2023

FICHA TÉCNICA

TÍTULO

Livro de Resumos da X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia

LOCAL

Instituto Politécnico da Guarda

DATA DE PUBLICAÇÃO

Novembro 2023

COMISSÕES

COMISSÃO DE HONRA

Professor Doutor Amílcar Falcão, Reitor da Universidade de Coimbra
Professor Doutor Luís Ferreira, Reitor da Universidade de Lisboa
Professor Doutor António Sousa Pereira, Reitor da Universidade do Porto
Professor Doutor Joaquim Brigas, Presidente do Instituto Politécnico da Guarda
Eng. Sérgio Fernando da Silva Costa, Presidente da Câmara Municipal da Guarda
Doutora Fernanda do Carmo, Diretora-Geral da Direção Geral do Território
Contra-Almirante João Paulo Marreiros, Diretor-Geral do Instituto Hidrográfico
Coronel Rui Teodoro, Diretor do Centro de Informação Geoespacial do Exército

COMISSÃO CIENTÍFICA

Presidente: *Luísa Bastos, CIIMAR*
Adélia Sousa, Un. Évora
Agostinho Freitas, CIGeo
Ana Cláudia Teodoro, FCUP
Ana Navarro, FCUL
Ana Paula Falcão, IST
André Sá, IPG
Carlos Antunes, FCUL
Carlos Videira Marques, IH
Cristina Catita, FCUL
Diogo Duarte, INESC-C
Dora Roque, LNEC
Eufémia da Glória Patrício, IPG
Francisco Sequeira, DGT
Jacinto Estima, FCTUC
Joana Fernandes, FCUP
João Catalão, FCUL
José Alberto Gonçalves, FCUP
José António Tenedório, FCSH-UNL
José Nuno Lima, LNEC
José Paulo Almeida, FCTUC
Luísa Gonçalves, IPL
Luísa Magalhães, RAEGE
Luísa Pereira, ESTGA-UA
Luísa Sousa Lamas, IH
Maria João Henriques, LNEC
Mário Caetano, DGT
Paula Sanches, IH
Paulo Antunes Nunes, IH
Sandra Resende, C.M. Feira

COMISSÃO ORGANIZADORA

Presidente: João Agria Torres, Presidente do Colégio de Engenharia Geográfica

Cidália Fonte, Vogal do Colégio Nacional

Teresa Mira, Vogal do Colégio Nacional

Joaquim Sousa, Coordenador do Conselho Regional Norte

Maria Madalena Freitas, Vogal do Conselho Regional Norte

Paula Alexandra Paula, Vogal do Conselho Regional Norte

Luís Dias, Coordenador do Conselho Regional Centro

Maria Manuel Carvalho, Vogal do Conselho Regional Centro

António Monteiro, Vogal do Conselho Regional Centro

Carlos Caeiro, Coordenador do Conselho Regional Sul

Carolina Rocha, Vogal do Conselho Regional Sul

Ana Sofia Carvalho, Vogal do Conselho Regional Sul

ÍNDICE

SESSÃO 1A – Infraestruturas de Informação Geoespacial / Cooperação Internacional	
Base de Dados Nacional de Cartografia	2
Visualização da cartografia baseada no modelo CartTop	3
Cooperação Portuguesa em África, âmbito Hidrografia e Cartografia	4
Multiplicação e reutilização de dados marinhos	5
Do zero ao plano: desenvolvimento de um sistema de gestão de dados geográficos para planos municipais em Timor-Leste	6
Projeto – RAEGE – Rede Atlântica de Estações Geodinâmicas Espaciais	7
SESSÃO 1B – Monitorização / Mapeamento de Estruturas	
Persistent Scatterers Interferometry – uma abordagem geodésica na medição da deformação	9
Monitorização com InSAR de encostas na vizinhança de uma albufeira durante o primeiro enchimento	10
Desenvolvimento de uma solução GNSS miniaturizada para Monitorização de Estruturas de Engenharia Civil	11
Aplicação de sistemas automáticos de monitorização – Exemplos de aplicação na Europa	12
Validação da modelação de levantamentos com um sensor RGB-D	13
Um Sistema de Informação de Património baseado em nuvens de pontos aplicado ao Mosteiro dos Jerónimos em Lisboa	14
SESSÃO 2A - Altimetria Satélite / Nível do Mar / Hidrografia	
Impacto do Aquecimento Global em técnicas de Detecção Remota: o caso da Altimetria por Satélite	16
Impacto do uso de diferentes modelos atmosféricos no estudo da variação do nível do mar com medidas de altimetria por satélite	17
Modernização da Rede Maregráfica da DGT	18
Projeto SIMShore – Batimetria costeira com métodos de baixo custo	19
Capacidade de determinação da profundidade na região costeira através de modelo de Machine Learning e de série temporal de imagens PlanetScope	20
Avaliação da Vulnerabilidade dos Ecossistemas Intermareais e Avifauna do Estuário do Tejo devido à Subida do Nível Médio do Mar	21
S-100 - Modelo Universal de Dados Hidrográficos	22
SESSÃO 2B - Uso e Ocupação do Solo / Informação Geoespacial Voluntária	
Influência do Tipo de Amostragem na Validação de Mapas de Alterações de Uso e Ocupação de Solo	24
Atualização de metodologia para produção automática de dados de treino para classificação do uso e ocupação do solo a partir dos dados do OpenStreetMap	25
Conversão automática de dados do OpenStreetMap para mapas de uso e ocupação do solo: metodologia para distinguir espaços verdes urbanos e florestas	26
COSvgi: plataforma participativa para melhorar a cartografia de uso e ocupação do solo da Direção-Geral do Território	27
Geolocalização de incêndios florestais com dados disponibilizados pelos cidadãos (o projeto FireLoc)	28
Análise das áreas e severidade dos incêndios rurais ocorridos em 2022 no distrito da Guarda com base em técnicas de Detecção Remota	29
Criação de mapas de vulnerabilidade de incêndios rurais a partir de análise SIG – Aplicação ao distrito da Guarda	30

SESSÃO 3A – Observação da Terra /Fotogrametria -

A Tomografia GNSS no apoio à previsão meteorológica	32
Avaliação da qualidade geométrica e radiométrica de produtos derivados de imagens multiespectrais capturadas por UAS de baixo custo	33
Estudo da aplicação de drones para elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana	34
Digitalização do património cultural: reconstrução 3D e comparação dos modelos de duas estátuas d'el Rei D. Dinis	35
O efeito da resolução de imagem na monitorização da espécie invasora <i>Carpobrotus edulis</i> em dunas	36
Sistema fotogramétrico de aquisição de nuvens de pontos em ambiente florestal com câmaras de ação	37
Utilização de drones e fotogrametria Structure-from-Motion na identificação das unidades da armadura de estruturas costeira	38

SESSÃO 3B – Informação Cadastral / Ordenamento e Gestão do Território

Disponibilização da Informação Cadastral	40
Desenvolvimento de aplicação para a classificação automática das unidades prediais e suporte à decisão sobre fracionamento da propriedade	41
Balcão Único do Prédio - Desafios e oportunidades	42
O potencial dos dados LiDAR na delimitação de objetos da Reserva Ecológica Nacional	43
Medições diretas vs LiDAR vs Fotogrametria: Comparação na criação de modelos 3D de árvores e no cálculo de biomassa	44
Sistema de monitorização para a gestão e controlo das ajudas diretas aos agricultores no contexto da Política Agrícola Comum (PAC) com base em imagens Sentinel-2: o caso de Portugal Continental	45
O uso de imagens Sentinel-2 no mapeamento e monitorização de coberturas verdes: O Caso de Estudo de Lisboa	46

SESSÃO 4A – GNSS / Análise, Processamento e Aplicações

Modernização da Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS	48
Processamento de séries de dados GNSS das estações permanentes localizadas no Observatório Astronómico da Universidade do Porto	49
Uma investigação do ruído e da estabilidade das estações GNSS da ReNEP	50
Tomografia GNSS do vapor de água atmosférico: sem restrições e utilizando estações de baixo custo	51
Posicionamento GNSS com smartphone em linhas de bases longas	52
Qual a precisão conseguida no posicionamento GNSS com processamento online?	53
Algoritmo de seleção de satélites GNSS para otimizar uma solução para aplicações de condução autónoma	54

SESSÃO 4B – Detecção Remota / Informação Geoespacial - Aplicações

Impacto da parametrização do algoritmo Random Forest na determinação da profundidade na região costeira através de imagens PlanetScope	56
Mapeamento de afloramentos de pegmatitos NYF através de imagens de alta resolução do satélite Worldview-3	57
Combinação de diferentes técnicas de deteção remota para a análise do efeito de Ilha de Calor Urbana em Bragança, Portugal	58
Inovação Agrícola Através da Deteção Remota	59
Contributo da Engenharia Geoespacial na elaboração de um Regulamento de Toponímia e de Numeração de Polícia para o concelho de Coimbra	60
Mic: monitorização de informação e conhecimento geográfico, alicerçada em tecnologias de software livre	61
Recurso a Plataformas Livres de Dados Geoespaciais, na Elaboração de Cartas Temáticas de Âmbito Geotécnico, Carta de Perigosidade – Cidade da Guarda	62

POSTERS

Estudo preliminar sobre o desenvolvimento de um sistema 3D de informação territorial multifinalitário baseado na LADM com enfoque na propriedade rústica	64
S34I – Detecção Remota Aplicada à Otimização de Processos na Indústria Mineira	65
Divulgação do Código EPSG do Zero Hidrográfico Português ZH Portugal Depth (Vertical CRS) – EPSG Code:10349	66
Análise geoespacial da dinâmica histórica da vegetação costeira e potenciais efeitos da subida do nível do mar na costa da Guiné-Bissau	67
Mapeamento de <i>Zostera noltei</i> a partir de imagens multiespectrais	68
Mapeamento automático de áreas edificadas não residenciais recorrendo a modelos de aprendizagem profunda treinados com a Carta de Áreas Edificadas, censos nacionais e imagens Sentinel-2	69
Parques e Jardins do Município de Lisboa: atratividade ecológica e social	70
Modelo 3D em ambiente SIG na integração de dados geofísicos e topográficos na avaliação do sistema radicular de espécies exóticas do Jardim Botânico de Lisboa	71
Bases de dados geográficas para apoio à gestão florestal sustentável	72

SESSÃO 1A

INFRAESTRUTURAS DE INFORMAÇÃO GEOESPACIAL / COOPERAÇÃO INTERNACIONAL



X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia
Informação Geoespacial para os objetivos do desenvolvimento sustentável
02-03 Nov. 2023 Instituto Politécnico da Guarda

Base de Dados Nacional de Cartografia

Marisa SILVA*¹, André SERRONHA¹, Artur SEARA¹, Henrique SILVA¹ e Paulo PATRÍCIO¹

¹ Direção-Geral do Território, Lisboa

(marisas@dgterritorio.pt; aserronha@dgterritorio.pt, aseara@dgterritorio.pt, hsilva@dgterritorio.pt, ppatricio@dgterritorio.pt)

Palavras-chave: Cartografia, Informação geográfica, Base de dados, disponibilização de informação; Dados abertos

Resumo: A Base de Dados Nacional de Cartografia – BDNC que se encontra consagrada no Decreto-Lei n.º 130/2019, de 30 de agosto, será implementada pela Direção-Geral do Território (DGT) no próximo biénio.

A BDNC será o garante da disponibilização e acesso a uma cobertura nacional de cartografia topográfica de carácter oficial. O acesso à informação desta infraestrutura está enquadrado numa estratégia global da DGT para disponibilização de informação geográfica através de uma política de dados abertos, o que permitirá a possibilidade dos dados poderem ser livremente utilizados e reutilizados por qualquer cidadão ou entidade pública ou privada sem qualquer tipo de restrição. Uma característica determinante para o funcionamento da BDNC será a sua governança, que se pretende que seja partilhada entre vários atores da Administração Pública Central e Local, garantido a atualidade e a consistência necessária a um conjunto de dados desta natureza e relevância.

A BDNC irá acomodar a cartografia topográfica vetorial elaborada de acordo com as normas e especificações técnicas oficiais para a cartografia topográfica. Este modelo de cartografia topográfica está alinhado com a Diretiva INSPIRE e foi elaborado através de um processo partilhado com outras instituições e com uma elevada participação pública, o que lhe confere um grau de consensualidade fundamental para garantir uma utilização futura regular, cada vez mais diversificada e transversal, da cartografia nacional.

Desde que foi publicada a atual versão das normas e especificações técnicas oficiais para a cartografia topográfica, no ano 2019, tem sido uma preocupação da DGT assegurar o seu aperfeiçoamento e evolução, de forma a garantir um equilíbrio ajustado entre a produção da informação e a sua utilização, clarificando conceitos que possam suscitar dúvidas de interpretação. Para este processo são parceiras fundamentais as entidades produtoras de cartografia, que no decorrer dos seus trabalhos partilham dúvidas e sugestões que se conferem como um contributo muito significativo para a consolidação destas especificações técnicas. Toda esta interação decorre através de repositórios no GitHub, plataforma onde a DGT mantém toda a informação relacionada com o modelo CartTop e que permite uma participação ativa da comunidade de utilizadores. Outros contributos surgem também de outras entidades públicas, nomeadamente a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que colaboraram com a DGT na reapreciação das normas e do modelo em uso. Deste esforço conjunto resultará a nova versão das normas e especificações técnicas, CartTop v2.0.

O desenvolvimento da BDNC decorrerá de forma simultânea e em articulação com outros projetos no setor da cartografia da DGT, dos quais se podem destacar, a desmaterialização do Arquivo Histórico de Fotografia Aérea da DGT, a aquisição de um levantamento LiDAR (*Light Detection And Ranging*) e a produção de Cartografia Topográfica no nível de detalhe 2 (NdD2) para o território de Portugal continental.



X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia

Informação Geoespacial para os objetivos do desenvolvimento sustentável

02-03 Nov. 2023 Instituto Politécnico da Guarda

Visualização da cartografia baseada no modelo CartTop

André SERRONHA*¹, Artur SEARA¹, Henrique SILVA¹, Iúri DIOGO¹, Marisa SILVA¹, e Paulo PATRÍCIO¹

¹ Direção-Geral do Território, Lisboa

(aserronha@dgterritorio.pt; aseara@dgterritorio.pt; hsilva@dgterritorio.pt; idiogo@dgterritorio.pt; marisas@dgterritorio.pt; ppatricio@dgterritorio.pt)

Palavras-chave: Normas Técnicas, Base de Dados, Cartografia topográfica, Visualização, Simbologia, Etiquetas, Formulários, Relações, Atlas, Desenvolvimento aplicacional.

Resumo: A Direção-Geral do Território (DGT) disponibiliza a toda a geocomunidade uma Base de Dados Geográficos bem como ferramentas para a visualização e conversão da cartografia produzida com o modelo CartTop, incluindo o plugin QGIS “recartDGT” e vários scripts SQL.

O plugin QGIS “recartDGT”, disponível em <https://github.com/dgterritorio/recart-plugin>, oferece algumas funcionalidades no software QGIS para se tirar o melhor partido do modelo CartTop, consubstanciado nas normas e especificações técnicas para cartografia topográfica, publicadas pela DGT em dgterritorio.gov.pt/cartografia/ETC.

Na opção “CartTop para QGIS” é possível visualizar os dados de uma Base de Dados (BD) no formato PostgreSQL/PostGIS. O utilizador tem que definir ou escolher a ligação à BD e carregar as camadas existentes que pretende acrescentar ao projeto QGIS. Nesta fase, caso ainda não exista, é criada uma tabela `public.layer_styles`, com os estilos que serão aplicados às camadas adicionadas ao projeto.

No mesmo processo são ainda adicionadas algumas relações entre as tabelas do modelo CartTop.

No plugin existe também a opção “CartTop para GPKG, JSON e SHP” onde é possível exportar a cartografia CartTop de uma BD para os formatos Geopackage, GeoJSON ou Shapefile.

Por sua vez, na opção “MNT (DGN/DWG) para CartTop”, existe ainda a possibilidade de importação de ficheiros CAD (Computer Aided Design) do Modelo Numérico Topográfico (MNT), estabelecido nas entretanto revogadas normas e especificações técnicas, para uma conversão do MNT no modelo CartTop (recorrendo a um mapeamento em ficheiros JSON). Desta forma é possível converter a informação adquirida ao abrigo do anterior modelo, em formato DGN/DWG, baseado em multicodificação, numa versão aproximada do modelo CartTop.

Para a visualização da cartografia CartTop, existe também a possibilidade de utilizar o projeto QGIS disponível em https://github.com/dgterritorio/RE CART/tree/master/projetoQGIS_exemplos. Através deste projeto, os utilizadores poderão visualizar a cartografia com simbologia e etiquetas adequadas, assim como formulários e relações entre as tabelas. Para a visualização de objetos mais complexos, o projeto apoia-se num conjunto de *vistas* pré-definidas no *schema* “carttop”, cujos *scripts* também estão igualmente disponibilizados. Este desenvolvimento está otimizado para a versão QGIS 3.16.11 Long Term Release e para a BD CartTop versão 1.1.2.

Nesta comunicação será também descrita a utilização da funcionalidade Atlas através do QGIS, para uma completa automatização da produção de um layout para o Nível de Detalhe 2 (NdD2) desta cartografia topográfica.

Todas estas ferramentas estão em desenvolvimento contínuo, na medida em que são frequentemente atualizadas e devidamente documentadas, com o objetivo de assegurar uma exploração cada vez mais eficaz e abrangente do modelo CartTop.



Cooperação Portuguesa em África, âmbito Hidrografia e Cartografia

Paula SANCHES*¹ e João VICENTE¹

¹Instituto Hidrográfico, Lisboa

(paula.sanches@hidrografico.pt; delgado.vicente@hidrografico.pt)

Palavras-chave: Capacitação, Hidrografia, Cartografia Náutica

Resumo: Em Portugal, cabe ao Instituto Hidrográfico (IH) a produção, publicação e atualização das Cartas Náuticas (CN) e das Cartas Eletrónicas de Navegação (ENC no seu acrónimo em Inglês), o estabelecimento, implementação e atualização do respetivo Fólio Cartográfico Nacional, assim como a execução de Levantamentos Hidrográficos (LHs), entre outras atividades no âmbito da Hidrografia, Navegação e Oceanografia. Tem, desde 1984, vindo a assumir a responsabilidade de assegurar nos espaços marítimos dos Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (PALOP), a produção de cartografia náutica, na sua expressão papel e digital, CN e ENC, o que implica uma recolha estruturada e regular de dados hidrográficos. Neste contexto, conforme reportado nos relatórios de missão, naqueles territórios, já em meados dos anos 70, existia uma boa cobertura geodésica, os estudos hidrográficos e os trabalhos cartográficos estavam terminados existindo um Fólio de CN para cada território, em conformidade com os requisitos e referências normativos da época. Estas infraestruturas foram ficando desatualizadas, tendo-se vindo a verificar ao longo do tempo, a existência de limitações daqueles países na aquisição de informação batimétrica atual, na produção e atualização cartográfica assim como na difusão de informação de segurança marítima, trazendo por consequência que, não estejam totalmente asseguradas as responsabilidades expressas na Convenção SOLAS (*Safety of Life At Sea*) relativas à segurança da navegação. Parte desta problemática está sob a alçada da Organização Hidrográfica Internacional (OHI) e, neste contexto, os seus Estados Membros são solicitados a cooperar, a nível regional, podendo assumir o garante de parte daquelas atividades, tomando, consequentemente, a designação de "Autoridade Cartográfica Primária (PCA no seu acrónimo em Inglês)". Esta figura, PCA, refere-se na prática, às ações de ajuda/cooperação que um Estado, através do seu Serviço Hidrográfico (SH), pode prestar a outro Estado no cumprimento das suas obrigações, não lhe retirando, no entanto, essa responsabilidade. Espera-se colaboração/cooperação entre o PCA e o Estado recetor de apoio, em ações como o auxílio no cumprimento das obrigações SOLAS, no fornecimento de produtos e/ou serviços/auxílio relativos à Cartografia náutica, LHs e Informação de Segurança Marítima (MSI no seu acrónimo em Inglês); na prestação de assistência técnica e aconselhamento nomeadamente nos assuntos da OHI; na Capacitação, incluindo Formação, entre outros. A relação entre os Estados deve ser suportada por Acordos Bilaterais e pelo relacionamento entre os elementos de contacto identificados, entre outros. Os autores deste artigo têm estado envolvidos no papel desempenhado pelo IH como PCA, no âmbito das obrigações mencionadas, nos espaços marítimos dos PALOP, reportando à OHI a sua evolução.

Nos últimos anos os navios hidrográficos oceânicos da Marinha Portuguesa têm realizado missões no âmbito da Iniciativa Mar Aberto, cujas campanhas hidrográficas têm contribuído para o crescimento significativo da existência de dados batimétricos e, consequentemente, de novas ENC e CN, contribuindo também para o conhecimento do Oceano e para a Economia Azul. As missões de Portugal em África, desconhecidas pela maioria dos portugueses, são caracterizadas pelo envolvimento das entidades locais dos PALOP, com responsabilidade na segurança marítima e constituem um esforço de capacitação muito significativo por parte do IH e da Marinha Portuguesa. Importa ainda mencionar que só ao longo dos últimos 20 anos, estas ações têm tido um carácter mais regular, tendo-se dado passos consideráveis, tanto na execução de LHs e produção de nova cartografia náutica como no apoio ao desenvolvimento de capacidades em ciências e técnicas marinhas constituindo atualmente um dos programas mais relevantes e de notável esforço do IH. É por tudo isto que Portugal é reconhecido internacionalmente como PCA para os territórios de Cabo Verde, Guiné-Bissau, São Tomé e Príncipe, Angola e Moçambique, cabendo-lhe a responsabilidade das ações mencionadas nos parágrafos anteriores entre outras atividades no âmbito da Hidrografia, Navegação e Oceanografia.

Tudo o que foi mencionado não se faz sem pessoas, sem técnicos especializados, entre os quais se encontram vários Engenheiros Hidrografos e Engenheiros Geógrafos que com competência, os seus conhecimentos e empenho têm contribuído com profissionalismos para o sucesso deste relevante programa com reconhecimento Internacional.

Face ao que antecede, é objetivo desta comunicação divulgar a cooperação portuguesa em África, no domínio da Hidrografia, em particular, nos Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (PALOP).



Multiplicação e reutilização de dados marinhos

Telmo DIAS*¹, Gustavo SOUSA¹, Paulo NUNES¹, Rui CÂNDIDO¹, Paulo CARVALHO¹ e Rui PINHEIRO¹

¹Instituto Hidrográfico, Lisboa

(geraldes.dias@hidrografico.pt)

Palavras-chave: conjuntos de dados de elevado valor, gestão de dados, infraestruturas de dados espaciais, levantamentos hidrográficos, oceanografia

Resumo: Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela Organização das Nações Unidas baseiam-se em três pilares: sustentabilidade ambiental, económica e social. A importância da informação geoespacial para a sua consolidação tem sido largamente demonstrada através do desenvolvimento de ferramentas de análise espacial, com o intuito de apoiar de forma analítica e científica a definição de políticas de gestão. O reconhecimento desta relevância concretizou-se na definição do conceito de “conjuntos de dados de elevado valor” (Diretiva (UE) 2019/1024 relativa aos dados abertos e à reutilização de informações do setor público), nomeadamente, nas categorias de dados geoespaciais e de observação da Terra e do meio ambiente.

Os dados marinhos são essenciais para o desenvolvimento sustentável: os oceanos cobrem cerca de 71% da superfície da Terra, são o maior produtor de oxigénio (cerca de 50%) e sorvedouro de dióxido de carbono (cerca de 30%), 40% da população mundial vive junto a costa (a menos de 100 km de distância), cerca de 80% do volume de comércio de bens é transportado através do mar e cerca de 99% das comunicações globais são garantidas através de cabos submarinos. Apesar desta importância, os oceanos enfrentam diversas ameaças e desafios como a poluição, a sobrepesca e a perda de biodiversidade, o branqueamento de corais, a eflorescência de algas, a perda de oxigénio e acidificação, e o ruído, que afeta a vida marinha.

Os levantamentos hidrográficos (LH), para modelação da morfologia do fundo marinho e produção de cartas náuticas, são uma das principais atividades do Instituto Hidrográfico (IH). A determinação da profundidade através de sonares multifeixe requer a medição e integração de múltiplas variáveis (maré, velocidade de propagação do som na água, posição e atitude da embarcação de sondagem), que até então apenas serviam o propósito dos LH. Assim, esta comunicação tem como objetivo apresentar o trabalho em curso no IH no âmbito da multiplicação e reutilização de dados marinhos dos LH, na sequência do princípio “adquirir uma vez e utilizar várias vezes, com múltiplas finalidades”.

São apresentados os desenvolvimentos na digitalização dos processos, na aquisição e gestão de dados, na sua disponibilização e eventuais exemplos de aplicação para produção e aperfeiçoamento da ciência oceânica. Os dados de velocidade de propagação do som à superfície e ao longo da coluna de água podem ser correlacionados com outras variáveis oceânicas, como a temperatura e a salinidade. Com base em estudos recentes, estes dados podem também ser utilizados para monitorização das alterações climáticas, nomeadamente do aquecimento da água do mar, uma vez que o aumento da temperatura faz com que o som se propague a maior velocidade e distância, afetando, por exemplo, os mamíferos marinhos. Os dados de maré em localizações diferentes dos marégrafos principais podem ser usados para modelar, de forma mais abrangente, a distribuição espacial da onda de maré. Os dados de atitude das embarcações de sondagem podem ser empregues para caracterizar o efeito da agitação marítima nas embarcações e, inversamente, correlacionar a atitude com o estado do mar, transformando a embarcação num observatório do oceano.

Estes desenvolvimentos encontram-se alinhados com a Estratégia de dados e informação da Década dos Oceanos, nomeadamente, no que respeita à descoberta, usabilidade e interligação dos dados marinhos.



X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia
Informação Geoespacial para os objetivos do desenvolvimento sustentável
02-03 Nov. 2023 Instituto Politécnico da Guarda

Do zero ao plano: desenvolvimento de um sistema de gestão de dados geográficos para planos municipais em Timor-Leste

Carla REBELO*¹, Tiago MARTINS¹, Mário ALVES², David VALE³, Joana LIMA³, Vasco LEÓNIDAS¹, Cristina D. HENRIQUES³

¹ NLA - Nuno Leónidas Arquitectos, Lisboa

² Espaço e desenvolvimento, Lisboa

³ CIAUD, Centro de Investigação em Arquitetura, Urbanismo e Design, Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa

(carlarebelo@nla.pt; tiagomartins@nla.pt; mario.alves@eed.pt; dvale@fa.ulisboa.pt; j.lima@campus.ul.pt; vasco@nla.pt; cdhenriques@campus.ul.pt)

Palavras-chave: Ordenamento do Território, Centralização de Dados, Cartografia Temática, PostgreSQL, PostGIS

Resumo: Os instrumentos de planeamento e gestão territorial são considerados fundamentais para o desenvolvimento sustentável de Timor-Leste (TL) e, neste contexto, o Ministério do Plano e Ordenamento do Território da Administração Estatal de TL determinou, no início de 2022, a elaboração de Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) em cinco municípios: Bobonaro, Ermera, Baucau, Lautém e Viqueque, correspondendo a cerca de 50% do território (aprox. 7300 km²). A elaboração de planos, segundo a legislação em vigor (Decreto-Lei N.º 35 /2021 de 29 de dezembro, VIII Governo Constitucional de TL), pressupõe, entre vários aspetos, a definição da expressão territorial da estratégia de desenvolvimento municipal, através do modelo de ordenamento do território municipal e do regime de ocupação, uso e transformação do solo e a definição de um quadro programático das intervenções a realizar, nomeadamente em termos de infraestruturas e equipamentos coletivos. Para levar a cabo esta missão, neste jovem país sem informação de base atualizada sobre o território, uma das prioridades que se estabeleceu como fundamental considerar foi a conceção e implementação de um sistema de gestão de dados que fosse robusto, eficiente e centralizado, para dar respostas eficazes ao conteúdo documental cartográfico exigido nas diferentes fases da elaboração dos planos: Caracterização e Diagnóstico; Modelo de Organização Territorial; Relatório Ambiental; e Plano.

Neste quadro, para a produção da cartografia temática dos PMOT implementou-se uma infraestrutura tecnológica que assegura a gestão e centralização de dados e informação num sistema de base de dados PostgreSQL+ PostGIS, e alimenta todos os projetos de cartografia temática dos planos, em ambiente Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Este sistema permite armazenar, consultar e analisar dados geográficos, com elevado desempenho. A biblioteca PostGIS inclui funções espaciais avançadas a nível da manipulação e validação das geometrias, e análise espacial que permitem numa forma robusta gerar novos dados geográficos. A implementação deste sistema de gestão orientado para os planos, implicou o desenvolvimento de instruções/scripts para a importação e estruturação de dados, e para a automatização de processos como a estruturação de dados para as cartas de ordenamento e condicionantes do plano. Considerou também a utilização de funções para a automatização de ações no sistema, na sequência de tarefas executadas no projeto cartográfico PMOT, como a atualização automática do valor da área de uma categoria de espaço após a sua edição/alteração na plataforma de visualização dos dados. Esta solução garantiu robustez no armazenamento, edição e validação topológica de um grande volume de dados, de natureza muito diversa, nomeadamente: plataformas de dados abertos; campanhas de campo para recolha de informação; informação proveniente de várias entidades governamentais públicas e privadas, e trabalhos desenvolvidos pela equipa nas suas diferentes especialidades. Este sistema assegurou também a automatização de geoprocessamentos de dados orientados para a análise e obtenção de informação relevante para a caracterização do território, definição de modelos de ocupação do solo e extração de indicadores.

Dos resultados obtidos pela criação desta infraestrutura destacam-se, pela relevância que a assumiram no conteúdo documental e estratégico, as peças gráficas dos planos, a estruturação da informação dos censos de 2015 associando-a aos limites administrativos de TL para a extração de indicadores socio-económicos localizados, e a estimativa da distribuição da população nos povoamentos rurais existentes, não delimitados administrativamente.

Uma vez estabelecida uma estrutura de dados centralizada baseada em software livre e de código aberto, fica lançada a possibilidade de uma gestão contínua e independente, facilitando a monitorização dos planos baseada em indicadores. Produziu-se assim um modelo útil para estes 5 planos, replicável para os que se vierem a elaborar e que dá suporte ao desenvolvimento sustentável do território de TL preconizado nestes planos.



X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia
Informação Geoespacial para os objetivos do desenvolvimento sustentável
02-03 Nov. 2023 Instituto Politécnico da Guarda

Projeto – RAEGE – Rede Atlântica de Estações Geodinâmicas Espaciais

João Salmim FERREIRA¹, Luísa MAGALHÃES*¹ e José Antonio López FERNÁNDEZ²

¹ Associação RAEGE Açores,

² IGN- Instituto Geográfico Nacional de Espanha

(joao.as.ferreira@a-raege-az.pt; luisa.magalhaes@a-raege-az.pt; jalfernandez@mitma.es)

Palavras-chave: RAEGE, VLBI, GNSS, GGOS, Gravimetria, Geodesia.

Resumo: O projeto RAEGE – Rede Atlântica de Estações Geodinâmicas e Espaciais, resulta de um Memorando de Entendimento estabelecido entre o Governo Regional dos Açores (GRA) e o Governo de Espanha representado pelo IGN (Instituto Geográfico Nacional de Espanha), assinado a 29 de abril de 2010, visando o estabelecimento de uma rede de 4 Estações Geodésicas Fundamentais (EGF), sendo 2 em Espanha (Yebe e Gran Canaria), e 2 nos Açores (Santa Maria e Flores).

Atualmente já se encontram concluídas 2 EGF, uma em Yebe e a outra em Santa Maria, cada uma delas equipadas com um radiotelescópio para VLBI (Very Long Baseline Interferometry) geodésico, maser de hidrogénio, estação GNSS, gravímetro supercondutor, sismógrafo absoluto e um acelerómetro, e respetivas infraestruturas de controlo e operação:

O projeto RAEGE tem como meta a promoção do desenvolvimento de conhecimento e tecnologia que sirva de base a estas técnicas, estando os dados destas EGF a contribuir para a definição dos sistemas de referência internacionais (ITRF).

A EGF de Santa Maria encontra-se operacional desde 2017, enquanto que a das Flores aguarda decisão sobre fontes de financiamento, tendo o GRA já adquirido os terrenos na Fajã de Lopo Vaz, e instalado as estações meteorológicas e GNSS, no mesmo.

Em 2017 foi constituída a Associação RAEGE Açores (RAEGE-Az), associação de direito privado sem fins lucrativos e de natureza científica, tecnológica e de formação, criada em parceria pelo Governo Regional dos Açores e a SATA Air Açores, para gerir as atividades científicas e técnicas associadas às Estações Geodésicas Fundamentais de Santa Maria e das Flores.

Como forma de potenciar a colaboração e representação geodésica de Portugal e Espanha a nível internacional, está a ser preparada a criação do GGOS (Global Geodetic Observation System) IberoAtlântico, que poderá futuramente vir a integrar outras regiões, nomeadamente Cabo Verde.

SESSÃO 1B

MONITORIZAÇÃO / MAPEAMENTO DE ESTRUTURAS



X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia
Informação Geoespacial para os objetivos do desenvolvimento sustentável
02-03 Nov. 2023 Instituto Politécnico da Guarda

***Persistent Scatterers Interferometry – uma abordagem geodésica na
medição da deformação***

João CATALÃO^{*1}, Daniel PIMENTEL², Filipe CERQUEIRA², João HENRIQUES³, Isabel GONZALEZ⁴ e Miguel CRUZ⁴

¹Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa

²EDP - Gestão da Produção de Energia, S.A., Porto

³Geoide GeoSystems SA, Leiria

⁴Brisa, SA, São Domingos de Rana

(jcfernandes@ciencias.ulisboa.pt; filipe.cerqueira@edp.com; daniel.pimentel@edp.com; joao.henriques@geoide.pt;
isabel.gonzalez@brisa.pt; miguel.cruz@brisa.pt)

Palavras-chave: Interferometria SAR, Deformação, Monitorização Geodésica

Resumo: A interferometria RADAR de abertura sintética (InSAR em inglês) é uma técnica geodésica recente usada na monitorização de vastas áreas da superfície terrestre e estruturas artificiais. A interferometria SAR explora a diferença de fase entre pares de imagens SAR adquiridas em diferentes instantes, com uma geometria de aquisição semelhante, para criar uma imagem da deformação da superfície de elevada resolução espacial e exatidão. Como resultado, a interferometria SAR providencia uma visão sinóptica sobre a estabilidade e deformação de infraestruturas bem como da avaliação da suscetibilidade para a ocorrência de movimentos do terreno, como vertentes, taludes ou socacos.

Nesta comunicação é apresentada uma visão abrangente dos últimos avanços e aplicações da interferometria SAR no contexto de infraestruturas e monitorização de encostas íngremes. São apresentados os princípios fundamentais da interferometria SAR, com identificação das suas vantagens e limitações que conduziram ao surgimento de mais técnicas avançadas baseadas em dispersores persistentes (PS-InSAR) e abordagens baseadas em interferogramas de intervalo temporal mínimo (PS-SBAS), que têm merecido considerável atenção na comunidade geodésica e das geociências.

São apresentados três exemplos de aplicação da técnica InSAR: na monitorização de infraestruturas rodoviárias, na monitorização da estabilidade de vertentes e na monitorização de crises vulcânicas. No primeiro caso, serão apresentados dois estudos: a monitorização de um troço de 30 km de autoestrada no qual foi cartografado o deslocamento médio anual ao longo do eixo da estrada e envolvente durante o ano de 2017 e um segundo estudo retrospectivo de cartografia do deslocamento vertical da praça da portagem da A40 em Odivelas entre 2010 e 2012. No primeiro estudo, foram usadas imagens do satélite Sentinel-1 e no segundo estudo imagens do satélite TerraSAR-X (DLR, agência espacial alemã). No segundo caso, é apresentado um estudo de monitorização de estabilidade das vertentes na envolvente à albufeira da barragem do Aproveitamento Hidroelétrico de Foz-Tua, entre o ano de 2016 e 2022. Este estudo foi realizado com imagens do satélite Sentinel-1 e teve como resultado a elaboração de cartografia de deslocamentos verticais e horizontais na totalidade do perímetro da albufeira com uma regularidade anual, complementando as técnicas tradicionais de monitorização da estabilidade das encostas da albufeira. No terceiro caso, serão apresentados dois estudos de monitorização das crises vulcânicas na ilha de La Palma, Espanha, em 2021 e na ilha de S. Jorge, Portugal, em 2022. Nestes dois estudos, serão apresentados mapas de deformação vertical com resolução temporal de 12 dias de elevada abrangência espacial, a totalidade das ilhas, essenciais no acompanhamento da deformação da superfície e tomada de decisão informada na gestão de riscos pelas autoridades da Proteção Civil.



Monitorização com InSAR de encostas na vizinhança de uma albufeira durante o primeiro enchimento

Dora ROQUE*¹ e Ana Paula FALCÃO²

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa

² CERIS e Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa (IST-UL), Lisboa

(droque@lneec.pt; ana.p.falcao@tecnico.ulisboa.pt)

Palavras-chave: Monitorização, InSAR, análise de *clusters*, encostas

Resumo: O primeiro enchimento da albufeira é uma fase crítica para a segurança de uma barragem e das encostas vizinhas, uma vez que a acumulação de um grande volume de água e a sua interação com o maciço rochoso poderá alterar as propriedades deste e conduzir à ocorrência de deslizamentos de terra.

As barragens de betão são monitorizadas através de métodos geodésicos e de equipamentos instalados na estrutura, com incidência crescente em técnicas que permitem monitorização em tempo real, como estações totais robotizadas ou GNSS. Contudo, devido à sua extensão, as encostas na vizinhança da albufeira não são monitorizadas com frequência e, por vezes, são-no apenas em zonas onde já ocorreu algum acidente. Torna-se, portanto, difícil identificar sinais precursores de instabilidade nas encostas, que permitam tomar medidas preventivas de forma atempada.

Neste estudo, foi utilizada a interferometria com radar de abertura sintética (InSAR) para monitorizar as encostas na vizinhança da albufeira de uma barragem durante os dois primeiros anos após o início do primeiro enchimento. Foi utilizado um conjunto de imagens do satélite Sentinel-1A, disponibilizadas através do programa Copernicus, adquiridas entre 2016 e 2018, a cada 12 dias, numa passagem descendente do satélite. O algoritmo utilizado para o processamento InSAR foi o *persistent scatterer interferometry* (PSI) implementado no programa SARPROZ®. Apesar das lacunas de pontos em zonas com vegetação ou de declive acentuado, foram obtidos milhares de pontos na área de estudo, com várias dezenas de épocas de observação ao longo dos dois anos da análise.

Os resultados obtidos através do processamento InSAR permitiram identificar pontos com deslocamento de magnitude elevada. No entanto, há outras informações sobre a estabilidade da encosta que se podem obter a partir das séries temporais de deslocamento InSAR. Dado o grande volume de dados disponíveis, foi aplicado um método de análise de *clusters*, desenvolvido no LNEC, às séries temporais de deslocamento. O método utilizado permitiu agregar pontos em *clusters* de acordo com a semelhança entre as suas séries temporais. Esta estratégia diminuiu a dimensão da análise de vários milhares de pontos para poucas dezenas de *clusters*, o que facilitou a identificação de pontos com comportamentos distintos. A análise dos *clusters* obtidos mostrou que cerca de metade dos pontos observados apresentaram comportamento tendencialmente estável durante todo o intervalo de tempo considerado. Contudo, vários *clusters* continham pontos com movimento. Em alguns casos, *clusters* com movimento nos primeiros meses da análise acabaram por estabilizar, enquanto outros inicialmente estáveis passaram a apresentar movimento. Foram, ainda, identificados alguns *clusters* que apresentaram deslocamentos com tendência linear ao longo de todo o intervalo de tempo considerado.

Os resultados obtidos podem ser utilizados para constituir um alerta sobre a estabilidade da encosta. Especial atenção deverá ser dada aos pontos pertencentes a *clusters* que apresentavam deslocamentos com tendência linear ou que ainda tinham movimento no final do intervalo de tempo da análise. Os objetos que deram origem aos pontos em questão deverão ser identificados no campo e, caso se verifique que os deslocamentos medidos por InSAR estão relacionados com movimentos da encosta, estas zonas deverão ser monitorizadas através de outros métodos ainda mais precisos.



Desenvolvimento de uma solução GNSS miniaturizada para Monitorização de Estruturas de Engenharia Civil

André PINHAL*¹, José Alberto GONÇALVES¹, Américo MAGALHÃES¹ e José Nuno LIMA²

¹ Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto

² Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

(apinhal@edu.fc.up.pt, jagoncal@fc.up.pt, josenunolima@gmail.com)

Palavras-chave: GNSS, Baixo Custo, Monitorização, Estruturas de Engenharia Civil

Resumo: A monitorização com GNSS quer seja de uma plataforma móvel terrestre, ou aérea, ou marítima, quer seja de uma estrutura de engenharia civil está tão difundida no mundo inteiro que já não é qualquer novidade abordar este tema. De facto, há um número muito grande de aplicações com o GNSS e com uma taxa de sucesso elevadíssima. Para isso contribui a enorme oferta de hardware e software que existe no mercado que permite inúmeras soluções para aplicações com GNSS. No entanto, certas monitorizações, como por exemplo, em estruturas de engenharia civil, onde o grau de exigência é significativamente alto (precisão elevada e, por vezes, também com frequência elevada), requerem soluções GNSS do tipo “chave na mão” bastante onerosas. Todavia, no mercado há soluções que podem tornar a monitorização com GNSS bastante acessível, usando recetores GNSS de baixo custo, sistemas de comunicação igualmente de baixo custo e minicomputadores onde poderá correr software de código aberto.

Nesta comunicação serão apresentados dois exemplos de sistemas de monitorização com GNSS, o primeiro com um recetor baseado no chip mosaic-X5, da Septentrio. Integrando este microcontrolador com um pequeno router que alimenta o chip e estabelece as comunicações, consegue-se uma solução de monitorização GNSS com um consumo total de 4 W. Para completar o sistema utilizou-se uma antena de baixo custo da marca ArduSimple de múltipla frequência, calibrada, isto é, com ficheiro Antex associado. Este sistema está montado no Observatório Astronómico da Universidade do Porto, desde outubro de 2022, recolhendo dados à cadência de um segundo das quatro constelações, GPS, Glonass, Galileo e Beidou. O sistema regista ficheiros horários no formato SBF (Septentrio Binary Format), e paralelamente ficheiros diários a 30 segundos no formato Rinex. Os ficheiros são gravados num armazenamento local (cartão microSD) e posteriormente descarregados, de forma automática, para um servidor, mantendo assim redundância de dados. Em tempo real é recebida uma correção RTCM a partir de uma estação próxima, permitindo o posicionamento RTK à cadência de 1 segundo. Este posicionamento RTK é registado num log file em formato NMEA. Durante grande parte do período em que a estação esteve montada, foi feita a ligação RTK à estação de Gaia, da ReNEP, que se encontra à distância de 110 metros. Fizeram-se alguns testes de cálculo de posição média RTK diária, com todas as observações com fixação de ambiguidades. Para um total de 79 dias obtiveram-se desvios padrão de 0.7 mm e 0.6 mm nas coordenadas longitude e latitude e de 1.4 mm em altitude. Fez-se também uma validação em pós-processamento dos ficheiros diários a 30 s, tendo-se obtido desvios padrão ligeiramente melhores na planimetria (0.5 mm) e semelhantes na altimetria. Estes dados apresentam condições para a deteção de pequenos deslocamentos de estruturas de betão, que ocorram lentamente, como é o caso de uma barragem.

Este primeiro estudo serve de preparação para o segundo trabalho, a desenvolver com recetores GNSS de qualidade geodésica (Topcon GB-1000), já com quase 20 anos, mas com alguma limitação no acesso aos dados via internet. Cada um destes recetores foi integrado com um pequeno modem/router e um pequeno computador SBC (single-board computer), neste caso um Raspberry Pi. Esta integração tem por objetivo o armazenamento e disponibilização das observações num servidor web alojado num Raspberry Pi, com pegada energética total abaixo dos 20 watts. O servidor é acedido diretamente por via de um domínio, fazendo uso de um serviço proxy que reencaminha o tráfego e por isso não necessita de IP público exclusivo. Este sistema está funcional e irá acompanhar o primeiro enchimento de uma barragem de betão portuguesa, recuperando para este estudo um par de recetores praticamente inativos.



Aplicação de sistemas automáticos de monitorização – Exemplos de aplicação na Europa

Bruno FILENO*¹ e António CALVETE²

¹ Topcon Europe Positioning, Zoetermeer (Netherlands)

² Topcon Portugal, Figueira da Foz

(bfileno@topcon.com; antonio.calvete@topcon.com)

Palavras-chave: Monitorização, Estação Total, GNSS, IoT, Análise de risco

Resumo: A aplicação de sistemas automáticos com diferentes tipos de sensores, geodésicos ou não geodésicos, para detetar e medir movimentos esperados e inesperados no solo, superfície, bem como em estruturas naturais e artificiais, tornou-se obrigatória – não apenas em grandes projetos de infraestruturas, mas também em todos aqueles nos quais a análise de risco assim o obriga. Em obra, os sensores geodésicos instalados são geralmente estações totais robotizadas e recetores GNSS, que permitem após ajustamento das medições, a determinação de variações no espaço tridimensional. Não obstante, nos últimos anos, os chamados "sensores IoT" (Internet das coisas) – principalmente sensores de temperatura e inclinação – tornaram-se muito populares em aplicações de monitorização. Em contraste com a informação georreferenciada, resultante de abordagens geodésicas, os sistemas IoT são cada vez mais utilizados como uma espécie de "mass-data", sem qualquer controlo estatístico de qualidade, como ajustes de mínimos quadrados.

Este artigo discute os benefícios da monitorização geodésica em exemplos práticos que aplicam o ajustamento combinado da rede de medições GNSS e estações totais bem como a necessidade de partilhar essa informação com diferentes tipologias de utilizadores com evidentes economias de tempo e recursos.



Validação da modelação de levantamentos com um sensor RGB-D

Maria João HENRIQUES^{*1}, Raul SEQUEIRA², Rute LEMOS³ e Conceição FORTES⁴

^{1,3,4} Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

² SETOPO, Amadora

(mjoao@lnec.pt; rauljss@gmail.com; rlemos@lnec.pt; jfortes@lnec.pt)

Palavras-chave: Sensor RGB, Laser scanner, Validação, Modelo de quebra-mar

Resumo: Os desenvolvimentos matemáticos que têm ocorrido na área da engenharia têm permitido que muitos dos ensaios que eram realizados com modelos físicos passassem a ser realizados por modelos matemáticos, tendo-se já provado o rigor destes últimos. Tal acontece com a modelação de barragens de betão e pontes (na engenharia de estruturas) ou com correntes marítimas (no caso da hidráulica). Há, no entanto, uma área em que, comprovadamente, os modelos matemáticos não modelam corretamente o comportamento dos agentes, que é a da modelação da estabilidade hidráulica das estruturas marítimas, como por exemplo os quebra-mares de taludes. Tal leva a que continue a ser necessário construir modelos físicos das estruturas para verificar quais os efeitos do impacto da agitação, o que contribui de forma decisiva para o projeto destas estruturas. Estes modelos são construídos em tanques ou em canais de ondas irregulares, à escala, reproduzindo-se não só a estrutura, mas também a batimetria da zona. No caso dos modelos de quebra-mares, os blocos em betão utilizados reproduzem, também à escala, não só a forma, mas também a massa dos blocos reais.

Durante os ensaios, o equipamento existente nos tanques ou nos canais gera automaticamente as ondas de forma a simular efeitos, muitos destes complexos, de que se ressalta a interação onda-estrutura. A amplitude e frequência das ondas é pré-estabelecida e são incluídos, nos ensaios, situações extremas de ondulação. Após um período de geração de ondas segue-se um outro, sem qualquer ondulação, destinado a verificar a ocorrência de alterações para avaliação dos danos. Um dos equipamentos utilizados pelo Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) para obter informação de caráter geométrico (forma) do modelo tem sido o sensor RGB-D Microsoft Kinect, que recolhe dados que permitem reconstruir digitalmente a superfície da estrutura através de nuvens de pontos ou de malhas (*mesh*).

Quando, há muitos anos, o LNEC iniciou a utilização deste sensor, realizou uma série de testes para avaliar a sua qualidade e operacionalidade. No que respeita às superfícies utilizadas para teste, nunca tinham sido usadas modelos de quebra-mares completos, com extensão de vários metros. No estudo a realizar era particularmente importante evidenciar a capacidade de detetar alterações decorrente de movimentos dos blocos do manto exterior (o de proteção). No decurso do acolhimento de um membro da Ordem dos Engenheiros no Núcleo de Geodesia Aplicada do LNEC, para realizar o estágio necessário para ser admitido como membro efetivo desta Ordem, houve a possibilidade de utilizar um *laser scanner* Leica BLK 360 e o software Leica Cyclone Register 360 (BLK Edition) da empresa SETOPO. Este scanner mostrou ser particularmente adequado para o levantamento do modelo físico, o que é natural, já que foi desenvolvido para levantamentos de zonas pouco extensas, especialmente para interiores de edifícios.

Para efeitos de comparação dos modelos, foram realizados levantamentos completos, com os dois equipamentos, de um modelo de um quebra-mar de taludes de um porto nacional que está em fase de expansão. Para georreferenciar os levantamentos foi estabelecido um referencial local, materializado por alvos colocados nas paredes interiores do pavilhão do Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas, os quais foram coordenados pela SETOPO. Cada levantamento do *laser scanner* foi georreferenciada automaticamente pelo sistema, já que em cada estacionamento era incluído o levantamento de referências. Para apoio dos levantamentos com o sensor RGB-D foram colocados alvos circulares sobre o coroamento do modelo e no pavimento, os quais foram coordenados relativamente às mesmas referências. Cada levantamento do modelo (este ocupando uma área 7x2,5m²) exigiu três estacionamentos do *laser scanner* e 18 do sensor RGB-D.

Todos os levantamentos detetaram corretamente alterações, sendo que as diferenças entre o levantamento *laser scanner* e o do RGB-D não ultrapassam 5 mm. Devido ao posicionamento dos sensores relativamente ao modelo - *laser scanner* lateralmente; RGB-D na vertical, sobre o modelo - percebeu-se que este último modelou de forma mais correta os blocos do modelo.



Um Sistema de Informação de Património baseado em nuvens de pontos aplicado ao Mosteiro dos Jerónimos em Lisboa

Paula REDWEIK^{*1,2}, Manuel SANCHEZ-FERNANDEZ³, Maria José MARÍN³ e José Juan de SANJOSÉ³

¹ Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

² Instituto Dom Luís, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

³ INTERRA Research Institute for Sustainable Territorial Development, University of Extremadura, Espanha

(pmredweik@fc.ul.pt; msf@unex.es; mjmarin@unex.es; jjblasco@unex.es)

Palavras-chave: Fotogrametria, TLS, Património, App

Resumo: Os edifícios do património arquitetónico podem hoje em dia ser levantados com elevados níveis de detalhe por técnicas geoespaciais, como a fotogrametria e o TLS (terrestrial laser scanner), dando origem a nuvens de pontos 3D e, eventualmente, a modelos 3D sólidos. Para pesquisas históricas e mesmo para análises de risco, são relevantes os dados sobre intervenções ocorridas e outros dados semânticos do edifício que estão geralmente contidos em diversas fontes, nem sempre organizadas. Aliar dados semânticos a nuvens de pontos requer a elaboração de uma ontologia e a classificação das nuvens de pontos de acordo com a ontologia. O presente trabalho é uma abordagem para tornar nuvens de pontos classificadas e filtradas acessíveis a investigadores, gestores de património e ao público que pretenda explorar os dados 3D de maneira fácil, sem ter de dominar software de nuvens de pontos ou software BIM (Building Information Modeling). O aplicativo HISTERIA (Heritage Information System Tool to Enable Research and Intervention Analysis), foi desenvolvido pelos autores no MATLAB 2017 App Designer e é apresentado aqui. O HISTERIA dispõe de uma interface onde o utilizador pode escolher quais as partes do edifício patrimonial que pretende ver de acordo com vários critérios apresentados em consultas pré-definidas (por ex. por época de construção, por arquiteto, por material, por função, etc.). O resultado das consultas é uma nuvem de pontos filtrada pelos critérios escolhidos e é mostrado numa janela de um visualizador de nuvem de pontos dentro da aplicação. O HISTERIA pode ser adaptado a vários tipos de edifícios patrimoniais (religiosos, residenciais, etc) e a várias classes de informação semântica.

HISTERIA foi desenvolvido e testado para a parte mais antiga do edifício do Mosteiro dos Jerónimos em Lisboa, composta pela igreja e pelos claustros. A metodologia seguida consistiu nos seguintes passos:

- 1- Aquisição dos dados geométricos: levantamento a TLS do interior da igreja; levantamento a fotogrametria terrestre do exterior da igreja e claustros; levantamento dos telhados por fotogrametria sobre voo virtual.
- 2- Análise dos dados semânticos: levantamento da informação textual existente no SIPA (Sistema de Informação do Património Arquitetónico); criação de ontologia; atribuição de códigos aos atributos de acordo com o formato LAS 1.3.
- 3- Filtragem e classificação das nuvens de pontos de acordo com a ontologia estabelecida.
- 4- Criação de consultas estáticas: pré-definição das consultas mais comuns que o utilizador pode fazer perante os dados.
- 5- Implementação de HISTERIA.

Embora o interface do aplicativo tenha sido desenvolvido em MATLAB App Designer no sistema operativo Windows 10, as operações sobre nuvens de pontos são realizadas em *background* no software aberto CloudCompare_v2.13.alpha_bin_x64 e a visualização das nuvens resultantes é feita em ccViewer_v1.41.alpha_bin_x64. O utilizador apenas necessitará de instalar estes softwares a partir da web não necessitando de voltar a interagir com eles. O executável da aplicação HISTERIA interage autonomamente com os dois software referidos. A codificação dos pontos das nuvens segundo o previsto no formato standard LAS 1.3 para o campo 'Classification' de cada ponto, permite que as nuvens classificadas possam ser analisadas em qualquer outro software de nuvens de pontos e que levem associada informação semântica interpretável de acordo com a chave da ontologia. As consultas estáticas apresentadas ao utilizador, por ex. 'Mostra o que foi construído no séc. XVII' ou 'Que parte foi construída por João de Castilho?' ou 'Onde está o túmulo de D. Manuel I?', facilitam a consulta da informação sem exigir qualquer conhecimento de Bases de Dados, fazendo com que HISTERIA possa ser usada também pelo público interessado.

SESSÃO 2A

ALTIMETRIA SATÉLITE / NÍVEL DO MAR / HIDROGRAFIA



Impacto do Aquecimento Global em técnicas de Detecção Remota: o caso da Altimetria por Satélite

Telmo VIEIRA*^{1,2}, Pedro AGUIAR^{1,2}, Clara LÁZARO^{1,2} e M. Joana FERNANDES^{1,2}

¹ Faculdade de Ciências, Universidade do Porto (Portugal)

² Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Matosinhos

(telmo.vieira@fc.up.pt; pedro.aguiar@fc.up.pt; clazaro@fc.up.pt; mjfernan@fc.up.pt)

Palavras-chave: Aquecimento Global, Temperatura Atmosférica, Vapor de Água, Detecção Remota, Altimetria por Satélite

Resumo: Trinta anos (1993-2022) de altimetria radar por satélite permitem monitorizar, global e regionalmente, a variação do nível do mar. A determinação precisa do nível do mar depende diretamente do atraso nas medidas do altímetro causado pela componente húmida da troposfera (*wet path delay*, WPD), principalmente devido à existência de vapor de água na atmosfera. Sabe-se que o vapor de água na atmosfera aumenta a uma taxa média de 7% por 1°C de aquecimento do ar. Com base nesta relação, o objetivo deste estudo é avaliar o impacto do aquecimento global na WPD, durante o período da altimetria por satélite.

Para este trabalho foram analisados dados de temperatura do ar próxima da superfície (*2-meter temperature*, T2m) e vapor de água (*Total Column Water Vapor*, TCWV) fornecidos pelo modelo atmosférico do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*, ECMWF) ReAnalysis 5 (ERA5), bem como a correspondente WPD calculada com os mesmos dados do ERA5. Os resultados revelam que a temperatura global aumentou a uma taxa média de 0.23°C/década e, por consequência de temperaturas mais elevadas, a TCWV aumentou a uma taxa de 0.37 mm/década. Considerando apenas a atmosfera sobre os oceanos, estas tendências são de 0.18°C e 0.43 mm por década, respetivamente. Isto mostra que, por 1°C de aquecimento, a TCWV aumenta a uma taxa média de 7% globalmente (como descrito na literatura) e 9% sobre os oceanos. Este aquecimento global ao longo dos 30 anos analisados foi responsável por um aumento médio da TCWV de 1.3 mm sobre os oceanos, o que representa um aumento da WPD de 8 mm (0.26 mm/ano), equivalente a 1.4 cm (9%) por 1°C de aquecimento.

Este estudo mostra que, sendo a altimetria radar por satélite uma técnica de deteção remota usada para monitorizar o planeta, as próprias alterações climáticas colocam desafios adicionais ao modo de operação desta técnica. No contexto da altimetria por satélite, tal pode causar uma incapacidade de distinção entre sinais puramente físicos e, por exemplo, derivas instrumentais, exigindo uma monitorização regular e possivelmente atualizações periódicas nas metodologias de determinação da WPD.



Impacto do uso de diferentes modelos atmosféricos no estudo da variação do nível do mar com medidas de altimetria por satélite

M. Joana FERNANDES*^{1,2}, Telmo VIEIRA^{1,2}, Pedro AGUIAR^{1,2} e Clara LÁZARO^{1,2}

¹ DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto (Portugal)

² Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Matosinhos

(mjfernan@fc.up.pt, telmo.vieira@fc.up.pt; pedro.aguiar@fc.up.pt; clazaro@fc.up.pt)

Palavras-chave: Altimetria por Satélite Modelos atmosféricos, Correção devida à componente húmida da troposfera, Variação do nível do mar

Resumo: A correta exploração das medidas de altimetria por satélite requer a modelação das várias correções ambientais que afetam as medidas de distância (*range*), tal como o atraso devido à componente húmida da troposfera (*wet path delay*, WPD), que modela o efeito devido ao vapor de água atmosférico. Em regiões como zonas costeiras e de águas interiores, onde os WPD determinados a partir de observações não estão disponíveis, os modelos atmosféricos podem ser a melhor fonte de informação. Este estudo analisa vários modelos do *European Centre for Medium Range Weather Forecasts* (ECMWF), avaliando a sua precisão e estabilidade para efeitos de estimativa do WPD das medidas de altimetria por satélite, com foco no seu impacto no estudo da variação do nível do mar.

O modelo operacional (ECMWF Op.) e o modelo de reanálise mais recente (ERA5) são avaliados primeiro relativamente ao conjunto de radiómetros de imagem SSM/I (*Special Sensor Microwave Imager*) e SSM/IS (*Special Sensor Microwave Imager/Sounder*), reconhecidos como sendo uma referência radiométrica estável para estudos climáticos. Em seguida, os dois modelos são comparados entre si, tanto à escala global como regional.

Resultados anteriores indicaram que, no período anterior a 2004, o modelo ECMWF Op. é inadequado para uso em altimetria por satélite, devido à sua falta de homogeneidade, com erros aumentando quase linearmente à medida que recuamos no tempo, chegando a quase 3 cm no início da década de 90. Depois de 2004, devido a atualizações frequentes do modelo, o ECMWF Op. possui descontinuidades significativas que induzem erros nas tendências do nível do mar derivadas a partir de altimetria radar que, em algumas regiões, podem exceder 1 mm/ano em valor absoluto, para períodos de 7 a 8 anos. Os maiores impactos ocorrem durante os períodos em que as missões altimétricas Jason-2 e Jason-3 estão na órbita de referência (fase A).

Além disso, apesar da resolução espacial mais fina do ECMWF Op. ($0.125^\circ \times 0.125^\circ$) quando comparado com o ERA5 ($0.25^\circ \times 0.25^\circ$), o ERA5 é o modelo mais preciso antes de 2017 e apenas um pouco pior após essa data. O desvio padrão das diferenças diárias globais de WPD entre o ERA5 e o conjunto de dados SSM/I e SSM/IS está entre 1.0 e 1.2 cm, respetivamente, para toda a era altimétrica (1992-2023).

Para fins de completude, o modelo de reanálise ERA Interim é também avaliado. Relativamente a este modelo, o resultado mais relevante é a degradação observada no seu desempenho durante a última década de disponibilidade, de 2012 a 2019, ano em que foi descontinuado. Uma vez que o ECMWF Op. é o único modelo fornecido na maioria dos produtos de altimetria radar, a inclusão do modelo de reanálise mais recente (atualmente ERA5) é fortemente aconselhável. No geral, o ERA5 apresenta o melhor compromisso entre precisão e estabilidade, para estudos do nível do mar/água e, em geral, todas as aplicações climáticas, em regiões onde o WPD baseado em observações não está disponível, como nas regiões costeiras, rios e lagos.



Modernização da Rede Maregráfica da DGT

Ana MEDEIRO¹, Ana BERNARDES¹, Helena RIBEIRO*¹ e Paulo PATRÍCIO¹

¹Direção-Geral do Território, Lisboa

(amedeiro@dgterritorio.pt; abernades@dgterritorio.pt; hribeiro@dgterritorio.pt; ppatricio@dgterritorio.pt)

Palavras-chave: Cascais, Datum Altimétrico, Geodesia, Lagos, Marégrafos, Maregramas, Nível Médio do Mar

Resumo: A rede maregráfica da Direção-Geral do Território (DGT) é constituída por dois marégrafos, instalados em Cascais e Lagos. O marégrafo analógico de Borrel, instalado na baía de Cascais e a funcionar desde 1882 até à atualidade, tem especial relevância, porque os seus registos de 1882 a 1938 permitiram a definição do Datum Altimétrico de Portugal Continental.

A DGT é também responsável pelo marégrafo de Lagos, a funcionar desde 1908, cuja principal função é a medição das variações do nível médio do mar na costa sul de Portugal continental.

Ao abrigo de um programa de modernização de equipamento, em 2003, foram adquiridos dois sistemas digitais acústicos para substituição dos marégrafos analógicos, mais precisos, com capacidade de gestão remota, permitindo obter dados em tempo real. Além dos sensores de nível, foram também adquiridos sensores meteorológicos.

Em consequência dos avanços tecnológicos e de forma a poder prestar um melhor serviço à comunidade, em 2018 foram instalados novos sistemas maregráficos de tecnologia Radar, substituindo os marégrafos acústicos e instalados novos sensores de pressão atmosférica, temperatura da água e do ar. Durante cerca de 2 anos, entre 2018 e 2020, os marégrafos acústicos e de Radar estiveram a registar dados simultaneamente, permitindo a aferição das medidas dos novos sensores e a ligação das séries temporais.

Em junho de 2022 procedeu-se a uma nova atualização dos equipamentos e do software dos sensores de tecnologia Radar, tendo sido adquiridos novos sensores de leitura digital, melhorando a precisão e exatidão dos registos. Para permitir a aferição dos valores medidos e a continuidade dos registos, os equipamentos de Radar analógico e digital registaram dados simultaneamente durante 6 meses.

De forma a preservar a informação contida nos maregramas resultantes dos registos dos marégrafos analógicos de Borrel para o período de 1882 até à atualidade, procedeu-se à sua digitalização, estando esta informação disponível para download em formato digital. Com base nestes documentos digitais é possível determinar de forma regular a altura do nível médio do mar em Cascais e Lagos. A recolha de informação pelo marégrafo analógico de Cascais, ao longo de 140 anos, permite fazer a análise do comportamento do nível médio do mar ao longo dos anos, verificando-se uma tendência regular de subida.

Os marégrafos de Cascais e Lagos pertencem às redes internacionais de marégrafos, sendo os seus dados disponibilizados em tempo-real a vários organismos nacionais e internacionais. As suas longas séries temporais permitem a monitorização contínua da variação do nível do mar, sendo alvo de muitos estudos e análises. Entre outros, salienta-se o estudo da vulnerabilidade da linha de costa de Portugal continental devido à subida do nível médio das águas do mar, como consequência das alterações climáticas. Os estudos do nível do mar possibilitam a definição de estratégias e a tomada de medidas no âmbito do desenvolvimento sustentável, por parte da comunidade científica e civil, que minimizem os efeitos provocados pela ocorrência de fenómenos geofísicos e geodinâmicos relacionados, por exemplo, com o aquecimento global, bem como a previsão e deteção de catástrofes naturais.

Os registos dos marégrafos são também disponibilizados na página de internet da DGT (<ftp://ftp.dgterritorio.pt/Maregrafos/>), em regime de dados abertos, em ficheiros horários (com uma cadência de 5 segundos) e diários (com uma cadência de 3 minutos).



Projeto SIMShore – Batimetria costeira com métodos de baixo custo

José PINTO*¹ e Carlos MARQUES¹

¹ Instituto Hidrográfico

(paulo.pinto@hidrografico.pt, videira.marques@hidrografico.pt)

Palavras-chave: Batimetria, Batimetria por Satélite, Batimetria por Drone, Cartografia Náutica, Projetos Internacionais

Resumo: As zonas costeiras são em geral zonas de grande dinamismo, afetadas pela ondulação forte, erosão costeira, a subida do nível do mar e impacto humano e urbano, fazendo com que a morfologia do fundo esteja em constante mudança e assim o conhecimento da batimetria em tempo útil seja de grande importância económica. A informação geoespacial sistemática é cada vez mais premente para todas as atividades relacionadas com o mar, a economia azul e para um desenvolvimento sustentável quer local quer no país. A aquisição de dados sistemática destes locais é de extrema dificuldade, quer devido à constante mudança a que estão sujeitos, quer devido às dificuldades e perigo inerentes à navegação nestes locais. Acresce que o rigor da hidrografia tradicional para efeitos de segurança da navegação e cartografia náutica não se coadunam com as necessidades e exigências da informação em tempo quase real para apoio a várias atividades relacionadas com o mar, sendo necessária uma aposta em dados mais expeditos disponibilizados convenientemente em cartografia hidrográfica.

Em 2020 um consórcio de 6 parceiros, incluindo o Instituto Hidrográfico (Deimos Engenharia, Pixair, Instituto Hidrográfico, FCT-Universidade Nova de Lisboa, e NORCE) financiado pelo EEA Grants, sob o programa “*Blue Growth Innovation and SMEs (Blue Growth)*”, iniciou o projeto SIMShore - *Nearshore bathymetry Based on low-cost approaches*, pretendendo desenvolver um serviço que permita a atualização operacional da batimetria litoral, utilizando metodologias de baixo custo baseadas em sensores remotos. Neste projeto foram selecionados 3 métodos para uso, a batimetria por satélite, a batimetria utilizando um drone, recorrendo a 2 métodos distintos, a derivação de imagens multiespectrais, e o cálculo da batimetria através da inversão do campo de ondas. A batimetria por derivação de imagens espectrais, utiliza a cor do oceano para calcular a profundidade, usando as bandas do costeira, azul, verde e infra vermelho. O método da inversão do campo de ondas usa as características da frequência e altura da ondulação local, naturalmente influenciada pela morfologia do fundo, para calcular a profundidade.

O projeto é focado no utilizador e como tal foram criados vários casos de uso, pretendendo-se verificar o valor dos dados obtidos nos vários casos de uso. O Instituto Hidrográfico esteve envolvido na aquisição de dados e desenvolvimento dos algoritmos de processamento de dados, assim como na validação final dos dados.

Pretende-se apresentar o Projeto SIMShore, o trabalho já desenvolvido, a limitações encontradas e os resultados obtidos. Estes servem de suporte para a definição do uso destes dados nos vários casos de uso.



Capacidade de determinação da profundidade na região costeira através de modelo de Machine Learning e de série temporal de imagens PlanetScope

Rúben SANTOS*^{1,2} e Rui QUARTAU^{1,2}

¹ Instituto Hidrográfico – Marinha

² Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Instituto Dom Luiz

(ruben.santos@hidrografico.pt; rui.quartau@hidrografico.pt)

Palavras-chave: Random Forest, Batimetria, Morfologia, Satélite, PlanetScope, Tavira.

Resumo: Neste estudo, realizado em Tavira, pretende-se divulgar a capacidade de determinar a profundidade sem recorrer a dados *in-situ*. Para atingir este objetivo foi usado um modelo treinado previamente com dados de profundidade e imagens multiespectrais referentes ao ano de 2018. Este modelo permite determinar a profundidade para qualquer época, desde que existam imagens multiespectrais (e.g. ano de 2019).

Para este estudo foram utilizadas imagens de satélite com 3.0 m de resolução espacial e 4 bandas espectrais (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo) adquiridas por satélites da constelação PlanetScope. Os satélites desta constelação têm uma dimensão reduzida (0,1 x 0,1 x 0,3 m) e os seus sensores óticos apresentam uma resolução radiométrica baixa, comparativamente com os sensores dos satélites *Sentinel-2*, tornando a sua utilização desafiante na determinação da profundidade. A incerteza dos resultados, provocada por esta limitação, pode ser ultrapassada com a elevada resolução temporal, sendo possível adquirir imagens diárias e assim, tirar partido de séries temporais, removendo/suavizando o ruído, *outliers* e outros fatores que variam ao longo do tempo e que influenciam o cálculo do valor da profundidade (e.g. turbidez, concentração da matéria em suspensão e da clorofila ao longo da coluna de água). As correções devido à altura de maré foram obtidas através dos dados modelados e disponibilizados pelo Instituto Hidrográfico para o marégrafo de Faro – Olhão e as profundidades “*in-situ*” foram obtidas através do Modelo Digital de Elevação de Referência (MDER) do Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental da Agência Portuguesa do Ambiente.

O modelo utilizado para determinar a profundidade foi obtido previamente através do algoritmo *Random Forest* (RF), treinado com um conjunto de reflectâncias de 15 imagens adquiridas entre agosto e outubro de 2018 pela constelação da *PlanetScope*, e com as profundidades do MDER, referente a outubro de 2018.

Este modelo RF permitiu determinar as profundidades para um conjunto de 7 imagens da mesma constelação, adquiridas entre agosto e outubro de 2019. As profundidades obtidas foram corrigidas da altura de maré, de forma a obtermos todos os valores em relação à referência altimétrica Zero Hidrográfico. O filtro *Savitzky-Golay* foi aplicado para suavizar os resultados e, em seguida, para eliminar os *outliers* foi aplicado o algoritmo DBSCAN (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*). Por fim, o valor da profundidade mediana foi determinado, obtendo uma superfície batimétrica, morfologicamente, semelhante ao MDER (2019).

Esta superfície final foi comparada com o MDER de 2019 através das diferenças entre as duas superfícies (resíduos) e respetivas estatísticas (média, mediana, desvio padrão e histograma). Também foi gerado um perfil vertical, entre os 0,0 e 10,0 m de profundidade. Os resultados estatísticos das diferenças revelam uma mediana de 0.5 m, média de 0.7 m e desvio padrão de 1.3 m. O histograma das diferenças entre as duas superfícies segue uma distribuição normal e o seu centro está localizado no valor da mediana, ou seja, desviado do zero.

Os resultados obtidos neste estudo são promissores na obtenção da profundidade na região costeira, através de imagens multiespectrais sem recurso a dados *in-situ*. No entanto, entendemos que seja importante melhorar o atual modelo para reduzir o valor da mediana e o desvio padrão das diferenças entre a profundidade determinada e a referência. A melhoria do modelo permitirá obter resultados mais precisos e assim, conseguir determinar as variações sazonais e alterações causadas por eventos extremos ou alterações climáticas.



Avaliação da Vulnerabilidade dos Ecossistemas Intermareais e Avifauna do Estuário do Tejo devido à Subida do Nível Médio do Mar

Vanessa FERREIRA*¹, Carlos ANTUNES² e Cristina CATITA²

¹ Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal

² Instituto Dom Luiz, Portugal

(vacferreira.23@gmail.com; cmantunes@ciencias.ulisboa.pt; cmcatita@ciencias.ulisboa.pt)

Palavras-chave: Vulnerabilidade, Ecossistemas Intermareais, Avifauna, Subida do Nível Médio do Mar, Modelo Topo-Batimétrico

Resumo: Atualmente, não existem dúvidas sobre a subida do Nível Médio do Mar (SNMM), provocada pelo aquecimento global do nosso planeta. A questão será determinar a escala desta subida e os impactos dela decorrentes. Este estudo, visa avaliar a vulnerabilidade dos Ecossistemas Intermareais (EI) e Avifauna do Estuário do Tejo para quatro cenários de SNMM: 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m e 2.0 m em relação ao NMM de 2000. Analisa-se ainda a influência da preservação de áreas agrícolas e artificializadas e a implementação de um regime de sedimentação na vulnerabilidade destes ecossistemas. A metodologia proposta consiste na determinação de um Modelo Topo-Batimétrico (MTB) a partir do qual são determinados os EI, tendo como referência valores pré-estabelecidos de corte do nível da maré no Estuário do Tejo. A criação do MTB comporta duas partes distintas: a elaboração do Modelo Digital do Terreno (MDT) e a criação de um Modelo Batimétrico (MB) do Estuário do Tejo. No caso do MDT os dados usados foram disponibilizados pela Direção Geral do Território (DGT) e consistem em pontos cotados usados então num processo de interpolação espacial com a qual se produziu um MDT do Estuário do Tejo, com 4 m de resolução espacial. O processo de obtenção da batimetria da área de estudo incluiu duas etapas e fontes de dados distintas. Neste caso, foram utilizados dados batimétricos, disponibilizados pelo Instituto Hidrográfico (IH) e dados obtidos por deteção remota, os quais foram processados conjuntamente com dados de maré para poderem constituir informação útil para a produção do MB. No caso dos dados de deteção remota, usaram-se as imagens do satélite Sentinel-2 e o indicador *Normalized Difference Water Index* (NDWI) para identificar a separação entre as zonas de emersão e imersão (limite do raso de maré). A conjugação dos dois conjuntos de dados (e.g. batimetria até à altitude -2 m e os pontos cotados no raso de maré por deteção remota), seguida de uma interpolação com resolução espacial de 10 m permitiu criar então o MB do Estuário do Tejo. Por fim, procedeu-se à combinação do MDT, com altitudes acima dos 0 m, com o MB até aos 0 m de modo a gerar o MTB, com resolução espacial de 10 m, da área de estudo. Para determinar o impacto das áreas artificializadas na capacidade de migração das áreas intermareais em estudo, optou-se por utilizar dois cenários distintos, um com a preservação dessas áreas, considerando a adoção de medidas de proteção, e outro em que existe realocação das áreas urbanas, permitindo o avanço natural dos extremos de maré. Por fim, e para averiguar o impacto de um MTB dinâmico, ou seja, com dinâmica sedimentar ao longo do tempo, utilizou-se uma taxa de assoreamento dinâmica para o raso de maré e sapais de modo a atenuar os efeitos da SNMM, através do processo natural de assoreamento dessas áreas. Esta taxa teve como valor base 1.4 mm/ano, de acordo com medições realizadas por colegas de geologia, e sofria variações percentuais de forma proporcionalmente inversa à cota do terreno. Na totalidade, foram gerados 16 cenários de SNMM no Estuário do Tejo. A classificação dos EI, mais concretamente raso de maré, baixo sapal e alto sapal, foi efetuada com base na relação existente entre os limites destes ecossistemas e as elevações de maré quer de preias-mar quer de baixa-mar. A interseção espacial do MTB com as distintas superfícies de maré dos vários limites, inferiores e superiores, produziu as superfícies do período de referência temporal dos três ecossistemas. O processo de classificação destas zonas foi repetido para os diferentes cenários existindo apenas alterações na determinação das superfícies de maré que passaram a ter em conta a subida, em elevação, dos limites dos ecossistemas. No caso da Avifauna, após obtenção das áreas de distribuição espacial (*core area* e *home range*), de três espécies de aves limícolas intersetaram-se espacialmente essas regiões com a cartografia dos EI. Assim, para cada espécie e cada área foram analisados os vários cenários de SNMM (sem assoreamento), bem como o período de referência. A informação gerada e os modelos considerados foram integradas numa base de dados geoespaciais, de modo a serem produzidos mapas temáticos de vulnerabilidade dos EI e a avifauna para cada cenário de SNMM. Os resultados obtidos evidenciam a vulnerabilidade dos EI à SNMM, traduzida na perda percentual de área de raso de maré, baixo sapal e alto sapal. No caso da avifauna é notório que a SNMM provocará grandes alterações aos habitats localizados em áreas intermareais.



S-100 - Modelo Universal de Dados Hidrográficos

Paula SANCHES¹, Carlos MARQUES¹, Ana MOURA¹, Ricardo MIRA¹, Antunes NUNES¹, Isabel BUÉ¹, Leonor VEIGA¹ e Cristina MONTEIRO¹

¹ Instituto Hidrográfico, Lisboa

(paula.sanches@hidrografico.pt, videira.marques@hidrografico.pt, ana.moura@hidrografico.pt, ricardo.mira@hidrografico.pt, antunes.nunes@hidrografico.pt, isabel.bue@hidrografico.pt, leonor.veiga@hidrografico.pt, cristina.monteiro@hidrografico.pt)

Palavras-chave: Cartografia Náutica, Navegação, Normas Técnicas, Batimetria

Resumo: A hidrografia tem atualmente um carácter abrangente ao conhecimento do meio marinho, considerado como suporte às diversas atividades relacionadas com o mar, a economia azul e o desenvolvimento sustentável. Os dados, produtos e serviços produzidos no âmbito da hidrografia e cartografia náutica, são baseados em referenciais normativos e especificações estabelecidas pela Organização Hidrográfica Internacional (OHI), com o objetivo de suportar a segurança e eficiência da navegação, assim como a proteção do meio marinho.

Remete à década de 90 a implementação, do standard para transferência de dados hidrográficos digitais “S-57 Transfer Standard for Digital Hydrographic Data” baseado no qual surgem as especificações (ENC Product Specification) para construção da Carta Eletrónica de Navegação (ENC no seu acrónimo em Inglês) que constituiu, naquela época, um ponto de viragem inovador na forma de conduzir a navegação. Aproveitando a constante evolução tecnológica, e por forma a colmatar as limitações nos standards existentes, a OHI tem vindo a desenvolver, em alinhamento com as normas para a Informação Geográfica ISO 19100, um modelo para dados hidrográficos geoespaciais, criando a estrutura a partir da qual as especificações de produtos e serviços podem ser desenvolvidas, para uso em navegação, infraestruturas de dados marinhos (MSDI) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O desenvolvimento e implementação deste modelo - “S-100 IHO Universal Hydrographic Data Model” - constitui uma das prioridades da OHI, com limite temporal até 2030. O modelo S-100, é desenvolvido para diversos tipos de dados marinhos, agrupados em domínios temáticos, utilizando catálogos legíveis pelos ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) garantindo a harmonização e interoperabilidade, e permitindo uma mais fácil atualização dos dados.

Os dados, produtos e serviços, podem assim ser disponibilizados numa grande variedade de formatos, pretendendo-se a compatibilidade com outros meios/plataformas de utilização, para além dos ECDIS. De entre as especificações de produtos e serviços salientam-se o “S-101 ENC” onde se define a Carta Eletrónica de Navegação, o “S-102 Bathymetric surface” definindo um modelo batimétrico, o “S-104 Water Level Information for Surface Navigation” para as marés, o “S-124 Navigational Warnings” com os avisos à navegação, entre outros. Estas especificações estão ainda agrupadas em séries distribuídas por vários domínios, por exemplo a balizagem (S-2xx), a meteorologia (S-4xx), etc. Esta estrutura, e todos os normativos e especificações nela baseados, vêm ainda servir e apoiar a navegação autónoma e o conceito do E-navigation, garantindo formatos inteligíveis quer ao ser humano quer ao processamento informático e à inteligência artificial aplicada.

Pretende-se disponibilizar os primeiros produtos S-100 já a partir de 2025 com o S-101 (ENC), sendo este o produto de base. Os grandes desafios que se colocam aos Serviços Hidrográficos (SH) para atingir a regular produção das S-101 ENC, são agora estabelecer um plano de implementação, a formação do pessoal, a aquisição de software e hardware, a conversão de dados e a construção e distribuição do S-101. No entanto, será a fase de transição das ENC S-57 para as ENC S-101, na qual os SH devem garantir a disponibilização de S-57 ENC e S-101 ENC em paralelo, o período mais crítico deste processo.

Dos benefícios apontados para a implementação do S-100, contam-se: a interoperabilidade; as viagens marítimas mais seguras, rápidas e económicas, aproveitando as tecnologias digitais para aprimorar as capacidades de navegação; a Navegação autónoma; o desenvolvimento e manutenção mais facilitada; as novas capacidades e funcionalidades; o suporte a mais formatos dados; entre outros. No contexto do MSDI, a harmonização de dados e o desenvolvimento de serviços web baseados em S-100 serão com certeza um desafio no futuro (Sanches, 2022).

O Instituto Hidrográfico tem participado no desenvolvimento do S-100, tendo esta comunicação por objetivo dar a conhecer este modelo, a sua utilidade, a situação atual e os desafios futuros que se colocam.

SESSÃO 2B

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO / INFORMAÇÃO GEOESPACIAL VOLUNTÁRIA



Influência do Tipo de Amostragem na Validação de Mapas de Alterações de Uso e Ocupação de Solo

Ismael JESUS^{*1,2}, Cidália FONTE^{2,3}, Jacinto ESTIMA¹ e Alberto CARDOSO¹

¹ Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Informática, CISUC, Coimbra, Portugal

² Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC Coimbra), Coimbra, Portugal

³ Universidade de Coimbra, Departamento de Matemática, Coimbra, Portugal

(ijjesus@dei.uc.pt; cfonte@mat.uc.pt; estima@dei.uc.pt; alberto@dei.uc.pt)

Palavras-chave: Uso e Ocupação do Solo, Detecção de Alterações, Amostragem, Validação de Mapas Temáticos, Validação de Alterações

Resumo: Mapas de uso e ocupação de solo (MUOS) atribuem a cada ponto do espaço da superfície terrestre uma classe de uso e/ou ocupação, representando, respetivamente, as características físicas e biológicas e/ou as finalidades que lhe são dadas pelo ser humano. Com a diminuição dos tempos de revisita dos satélites aumenta a ambição de produzir MUOS com frequência semelhante à obtenção de novas imagens. Ao mesmo tempo, os processos de deteção de alterações tornam-se cada vez mais importantes para a produção de mapas de alterações de uso e ocupação do solo (MAUOS), uma vez que permitem substituir o processo de classificação de uma grande área de interesse pelo processo de atualização de MUOS com a classificação apenas das áreas onde ocorrem alterações. Acompanhando a produção massiva de MUOS e MAUOS, o processo da avaliação da qualidade temática destes produtos começa a ter cada vez mais importância.

Tal como os MUOS, os MAUOS são mapas temáticos, cujas classes podem ser, por exemplo, de transição (indicando as classes entre as quais acontece mudança) ou binárias (“Área Alterada” e “Área Não Alterada”). No entanto, ao contrário do que acontece nos MUOS, as áreas das classes relativas às alterações dos MAUOS tendem a ser muito menores, apresentando assim algumas preocupações no tipo de amostragem que se deve usar para a criação da base de dados de referência para o processo de validação destes produtos. Como consequência, dada a grande extensão da classe relativa à não existência de alterações, dependendo do processo de amostragem usado, os erros de comissão desta classe e os erros de omissão das classes de alterações poderão ser difíceis de detetar e as suas estimativas de baixa precisão.

A amostragem aleatória simples e a amostragem aleatória estratificada representam alguns dos tipos de amostragem mais utilizados. Na amostragem aleatória simples, é selecionado um número fixo de unidades amostrais de forma aleatória em toda a área de interesse (área ocupada pelo mapa), enquanto que na amostragem aleatória estratificada é selecionado um número fixo de unidades amostrais por estrato, i.e., áreas que formam uma partição da região de interesse. Neste último caso, os estratos podem ser as classes de interesse do mapa a validar ou uma outra qualquer partição do espaço construída com recurso a outras variáveis de interesse obtidas, por exemplo, a partir de dados auxiliares de confiabilidade da produção do mapa a validar.

Quando a amostragem é estratificada e se fixa a dimensão da amostra, esta pode ser repartida de várias formas, por exemplo: (i) equitativa, sendo selecionado um número de unidades amostrais fixo e igual por estrato; (ii) proporcional, sendo o número de unidades amostrais finais repartido de forma proporcional à área de cada estrato; (iii) potência, sendo o número de unidades amostrais calculado tendo em conta a variância dos estimadores, o tamanho de cada estrato e um coeficiente pré-definido; ou de (iv) Neyman/ótima, onde o número de unidades amostrais é calculado com base no tamanho de cada estrato e na variância dos estimadores.

Dado os vários tipos de amostragem apresentados e as diferentes formas de alocação da amostra, pretende-se apresentar a influência destas escolhas no processo de validação de MAUOS, mostrando aos utilizadores exemplos práticos de classificação de séries temporais de imagens do Sentinel 2. As imagens serão classificadas e identificadas as potenciais alterações entre épocas diferentes. A validação das potenciais alterações será depois feita usando métodos de amostragem diferentes, o que permite ilustrar e alertar para a influência que estes podem ter sobre os resultados da exatidão dos MAUOS e em particular sobre a precisão das estimativas da exatidão.



Atualização de metodologia para produção automática de dados de treino para classificação do uso e ocupação do solo a partir dos dados do OpenStreetMap

Joaquim PATRIARCA*¹², Cidália FONTE¹³, Francisco SILVA³ e José Paulo ALMEIDA¹³

¹ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores – Coimbra (INESC-C), Coimbra, Portugal

² Departamento de Engenharia Informática, Faculdade de Ciências e Tecnologia, CISUC – Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

³ Departamento de Matemática, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

(jpatriarca2124@gmail.com; cfonte@mat.uc.pt; uc2018288904@student.uc.pt, zepaulo@mat.uc.pt)

Palavras-chave: uso/ocupação do solo, dados de treino, OSM, Sentinel-2, classificação automática, índices radiométricos

Resumo: Neste trabalho apresenta-se um procedimento para melhorar uma metodologia previamente desenvolvida que tem como objetivo produzir automaticamente dados de treino a partir dos dados do projeto colaborativo OpenStreetMap (OSM) para produção de mapas de ocupação do solo (MOS) a partir da classificação automática de séries temporais de imagens Sentinel-2. A abordagem previamente desenvolvida prevê a execução dos seguintes passos: 1) geração de MOS vetoriais com o software OSM2LULC, desenvolvido para converter os dados do OSM em classes de ocupação/uso do solo; 2) associação de cada pixel das imagens Sentinel-2 a uma ou mais classes de ocupação através da sua sobreposição com os MOS gerados em 1); 3) identificação e remoção de pixels mistos; 4) com base em índices radiométricos (IR) calculados a partir das imagens Sentinel-2 (e.g. NDBI, NDVI e NDWI) aplicação de um processo de filtragem que tem como objetivo remover dos dados de treino de algumas classes pixels em que os valores obtidos para os vários IR não sejam compatíveis com a classe que lhes está associada (e.g. na classe “Florestas”, o valor do NDVI deve ser superior a 0,3 e o valor de NDWI inferior a 0 em todas as imagens). Em trabalhos anteriores, esta metodologia foi testada em duas áreas de estudo, constatando-se que a abordagem contribuiu para a remoção de erros nos dados de treino com origem no OSM e para a melhoria dos resultados da classificação. No entanto, identificaram-se limitações neste processo, nomeadamente: uma percentagem considerável dos pixels removidos dos dados de treino com a aplicação dos filtros não eram problemáticos, logo a dimensão e heterogeneidade dos dados de treino estava a ser reduzida sem necessidade.

Assim, no âmbito deste trabalho procura-se contribuir para melhorar o processo de filtragem usando os IR. Um dos aspetos a alterar será a utilização de mais índices radiométricos, e outro será a redefinição das regras subjacentes à sua aplicação para excluir pixels dos dados de treino. Para que as metodologias de filtragem sejam aplicáveis a todas as zonas de Portugal, a redefinição das regras foi realizada usando regiões de estudo com diferentes características (Lisboa, Coimbra e Serra da Estrela). Com base numa revisão da literatura, identificaram-se outros IR a considerar no processo de filtragem (e.g. SAVI). O processo de desenvolvimento da nova metodologia de filtragem inclui os seguintes passos: 1) aplicação de técnicas de segmentação às imagens Sentinel-2 de uma série temporal para identificar objetos (polígonos) homogéneos em termos de resposta espectral nas regiões de estudo acima referidas; 2) associação de cada objeto a uma classe de ocupação do solo através da comparação com cartografia de referência; 3) validação das classes associadas aos polígonos no passo anterior com recurso a fotointerpretação e seleção de objetos puros (com uma única classe); 4) análise da variabilidade dos valores dos IR nos objetos puros de cada região e classe, tendo em vista a identificação dos IR que devem ser incluídos no processo de filtragem, bem como as regras e valores a utilizar nos filtros, que podem depois ser usados para obter dados de treino para classificar outras imagens, noutras áreas de estudo.

A metodologia original e a sua nova versão foram de seguida aplicadas a várias regiões de Portugal (incluindo as zonas de testes acima referidas e outras, nomeadamente uma parte do Alentejo, Porto e Algarve). Foram gerados os dados de treino, que posteriormente serviram para classificar uma série temporal de imagens Sentinel-2 com o classificador *Random Forest*. Os resultados foram comparados entre si e com cartografia de referência. Com isto, foi possível identificar qual a metodologia que permitiu obter melhores dados de treino para cada uma das classes.



Conversão automática de dados do OpenStreetMap para mapas de uso e ocupação do solo: metodologia para distinguir espaços verdes urbanos e florestas

Joaquim PATRIARCA*¹², Cidália FONTE¹³ e Gabriel MIRANDA³

¹ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores – Coimbra (INESC-C), Coimbra, Portugal

² Departamento de Engenharia Informática, Faculdade de Ciências e Tecnologia, CISUC – Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

³ Departamento de Matemática, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

(jpatriarca2124@gmail.com; cfonte@mat.uc.pt; mirandagabi2000@gmail.com)

Palavras-chave: OpenStreetMap, OSM2LULC, uso/ocupação do solo, floresta, espaço verde urbano

Resumo: O OpenStreetMap (OSM) é um projeto colaborativo que disponibiliza dados geoespaciais de acesso e utilização livre. A base de dados geoespacial e global do OSM é a maior, mais diversa, mais completa e atualizada do mundo, apresentando elevado potencial para a produção de mapas de uso e ocupação do solo (MUOS). Tal facto motivou o desenvolvimento do OSM2LULC, um software que converte automaticamente dados OSM em MUOS com recurso à integração de outros *software* livres. Este programa associa cada OSM *Feature* a uma ou mais classes de uso/ocupação, tendo por base uma associação entre as várias OSM *Tags* e a(s) classe(s) correspondentes realizada *a priori*, e executa uma série de operações de análise geoespacial quando: 1) a associação entre a OSM *Tag* e uma determinada classe depende de propriedades geométricas ou da relação topológica entre diferentes entidades representadas no OSM; 2) é necessário transformar linhas em polígonos (caso da rede viária e da rede hidrográfica, entidades poligonais representadas no OSM como linhas); 3) polígonos associados a classes diferentes se sobrepõem (tipicamente, nos MUOS, cada porção do território está apenas associada a uma classe).

O OSM2LULC já foi aplicado em diferentes estudos de caso. A análise dos resultados produzidos ao longo de vários anos permitiram a identificação dos seus principais problemas: 1) baixa qualidade dos dados OSM; 2) inexistência de regras e procedimentos adicionais, baseados no estudo das relações topológicas entre OSM *Features*, para determinar a que classe uma determinada OSM *Tag* deve ser realmente associada.

O problema relacionado com a falta de procedimentos traduz-se em erros de exatidão temática. A comparação de vários mapas gerados pelo OSM2LULC com a Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de 2018 permitiu identificar os problemas de exatidão temática mais expressivos, entre os quais se destaca a confusão entre Florestas e Espaços Verdes Urbanos (EVU). O OSM2LULC possui um procedimento específico que procura distinguir estas duas classes. Foram identificadas várias OSM *Tags* que podem representar tanto Florestas como EVU. O procedimento associa os polígonos com estas *Tags* a EVU se a sua área for inferior a 1 hectare, se for maior que 1 hectare, o polígono será classificado como Floresta. Embora seja verdade que maior parte dos EVU tem menos de 1 hectare de área, há um número considerável de exceções.

Com o objetivo de dotar do OSM2LULC de um procedimento mais sofisticado, capaz de distinguir melhor estas duas classes, desenvolveu-se uma metodologia para classificar os polígonos com OSM *Tags* de interesse com base noutras variáveis para além da área, nomeadamente: 1) densidade populacional; 2) densidade de cobertura de árvores; 3) relações topológicas e de proximidade com outras OSM *Features*; 4) acessibilidade geográfica; 5) área com tecido edificado em torno do polígono. Em termos operacionais, a implementação desta abordagem envolveu as seguintes tarefas: 1) cálculo de todas as variáveis listadas anteriormente; 2) estudo das variáveis com recurso a cartografia de referência (COS, *Urban Atlas* e *CLC+ Backbone*) – para cada variável e mapa de referência, tentou-se perceber que intervalos de valores aparecem mais vezes associados a cada uma das classes em estudo, bem como organizar as variáveis de modo hierárquico, o que indica a importância/relevância/capacidade de cada variável para distinguir as classes; 3) aplicação de uma sequência hierárquica de condições lógicas tendo em vista a classificação dos polígonos com OSM *Tags* de interesse.

Esta metodologia foi aplicada considerando os dados OSM com *Tags* de interesse disponíveis em Portugal Continental. Os resultados permitiram identificar os pontos fortes e fracos em relação à abordagem anterior, bem como quais devem ser as experiências a realizar em trabalho futuro.



COSvgi: plataforma participativa para melhorar a cartografia de uso e ocupação do solo da Direção-Geral do Território

Hugo COSTA*^{1,2}, Pedro BENEVIDES¹, Alexandra FONSECA¹ e Mário CAETANO^{1,2}

¹ Direção-Geral do Território

² NOVA Information Management School (NOVA IMS), Universidade Nova de Lisboa

(hcosta; pbenevides; afonseca; mario.caetano@dgterritorio.pt)

Palavras-chave: Informação Geográfica Voluntária, *web SIG*, aplicações mobile, aplicações em código aberto, SMOS

Resumo: A cartografia de uso e ocupação do solo da Direção-Geral do Território (DGT) é produzida e disponibilizada no âmbito do Sistema de Monitorização da Ocupação do Solo (SMOS), incluindo a Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) e a Carta de Ocupação do Solo Conjuntural (COSc). A COS e COSc são produzidas por técnicos especializados a partir de dados de deteção remota obtidos por avião e satélite. Contudo, o SMOS, constituído em 2022 como um sistema colaborativo e aberto à sociedade, oferece uma forma de participação ativa aos seus utilizadores com o objetivo de recolher informação geográfica voluntária útil ao melhoramento temático da cartografia. Esta plataforma chama-se COSvgi e integra o conjunto de visualizadores do SMOS.

O visualizador COSvgi é uma plataforma informática desenvolvida em código aberto, acessível em smos.dgterritorio.gov.pt/cosvgi, e funciona tanto em computadores de secretária como em plataformas móveis, dando assim a possibilidade aos utilizadores de participarem com trabalho de gabinete e com trabalho de campo. Para usar o COSvgi, os utilizadores têm de criar uma conta que pode ter um perfil pessoal, em que o utilizador participa como cidadão, ou um perfil profissional, em que o utilizador se regista como técnico especializado. No segundo caso, é necessário identificar a instituição que o profissional representa. Embora haja dois perfis de registo, o funcionamento do COSvgi é igual para todos os utilizadores.

A interface gráfica do COSvgi é simples e disponibiliza um conjunto de ferramentas que permitem localizar e desenhar a informação geográfica que o utilizador pretende transmitir à DGT. A cada elemento geográfico, o utilizador deve associar uma descrição do uso e ocupação do solo e pode anexar fotografias ou outros ficheiros. Também é possível carregar ficheiros ESRI Shapefile previamente desenhados num Sistema de Informação Geográfica (SIG), assim como descarregar em formato ESRI Shapefile e Microsoft Excel a informação criada no COSvgi. Estas ferramentas de edição tornam possível combinar trabalho de campo (levantamento dos dados) e trabalho de gabinete em SIG (correção e melhoramento dos dados levantados).

Os utilizadores podem contribuir com participações de duas formas distintas. Por um lado, podem assinalar erros temáticos da cartografia já publicada, nomeadamente a COS e COSc, propondo uma correção que se enquadre nas especificações técnicas das cartas. Por outro lado, podem assinalar alterações recentes de uso ou ocupação do solo que acreditem ser relevantes para a atualização das próximas edições da cartografia.

A informação que o utilizador cria ao longo do tempo fica guardada na sua conta e a qualquer momento pode ser submetida (no momento da criação ou mais tarde). As participações submetidas são guardadas pela DGT e posteriormente analisadas por técnicos especializados durante a atualização e produção de uma nova edição regular da cartografia. As participações consideradas válidas e em conformidade com as especificações técnicas da cartografia são usadas como dados auxiliares durante a produção das cartas, sendo da responsabilidade dos técnicos integrarem e adaptarem as participações em termos geométricos e temáticos de acordo com as ditas especificações técnicas da cartografia.



Geolocalização de incêndios florestais com dados disponibilizados pelos cidadãos (o projeto FireLoc)

Cidália FONTE^{1,2}, Alberto CARDOSO³, Joaquim PATRIARCA^{2,3}, Ismael JESUS^{2,3}, Jacinto ESTIMA³ e José Paulo ALMEIDA^{1,2}

¹ Universidade de Coimbra, Departamento de Matemática, Coimbra, Portugal

² Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC Coimbra), Coimbra, Portugal

³ Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Informática, CISUC, Coimbra, Portugal

(cfonte@mat.uc.pt; alberto@dei.uc.pt; jpatriarca@mat.uc.pt; ijjesus@dei.uc.pt; estima@dei.uc.pt; zepaulo@mat.uc.pt)

Palavras-chave: Informação Geográfica Voluntária, Incêndios florestais, Aplicações móveis, Sistemas de Informação

Resumo: O projeto FireLoc, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (PCIF/MPG/0128/2017), teve por finalidade desenvolver um sistema que permita aos cidadãos enviarem informação georreferenciada sobre os incêndios florestais que observem. O sistema inclui três componentes: 1) uma componente de recolha de dados através de uma aplicação para dispositivos móveis; 2) uma componente de integração e processamento de dados, responsável por processar os dados recolhidos e avaliar a localização mais provável do evento observado, considerando a fiabilidade dos dados recebidos; e 3) uma componente de disponibilização de informação às instituições relevantes e ao público em geral, desenvolvida para plataformas móveis e desktop e que permite detetar atempadamente ocorrências e monitorizar a evolução dos eventos reportados.

A componente de recolha de dados permite recolher dados de vários tipos, incluindo a geolocalização do observador, uma fotografia, o azimute magnético do observador quando se encontra orientado para o evento que observa, assim como dados (alguns obrigatórios, outros facultativos) que permitem avaliar a qualidade dos dados recebidos.

A componente de integração e processamento dos dados está organizada em módulos, com objetivos distintos. Um dos módulos desenvolvidos tem como objetivo avaliar a fiabilidade dos dados recolhidos e identificar a localização mais provável do evento observado, usando uma abordagem *fuzzy* e informação adicional sobre o território, como cartografia de ocupação e uso do solo, modelos digitais do terreno e mapas de visibilidade. Foi também desenvolvido um módulo de classificação das fotografias recebidas, que usa ferramentas de *Deep Learning* e permite identificar se as fotografias mostram fogo e/ou fumo. Outro dos módulos desenvolvidos tem como objetivo fazer a análise de curtas mensagens de texto que podem ser enviadas pelos voluntários, no sentido de identificar fatores de risco acrescido ou informação adicional sobre o evento.

A componente de disponibilização das informações permite visualizar os dados enviados e a geolocalização aproximada dos eventos, bem como a sua progressão ao longo do tempo. Tendo em consideração o impacto que a disponibilização deste tipo de informação pode ter sobre o cidadão comum quando disponibilizada em tempo real, foram definidas capacidades de visualização distintas para diferentes perfis de utilizadores.

O primeiro protótipo do sistema foi implementado usando software *open source* e foram feitos testes iniciais para avaliar a qualidade dos dados recolhidos e a qualidade da informação disponibilizada.

Nesta comunicação será apresentado o sistema FireLoc e apresentadas algumas das estratégias usadas para minimizar os erros associados aos dados recolhidos com a aplicação móvel a usar pelos cidadãos, bem como as estratégias para determinar a geolocalização mais provável dos eventos observados. Serão também apresentados alguns resultados obtidos com o uso destas estratégias e as perspetivas de futuro deste sistema.



Análise das áreas e severidade dos incêndios rurais ocorridos em 2022 no distrito da Guarda com base em técnicas de Detecção Remota

Luís BRANCO¹ e Elisabete SOARES*¹

¹Instituto Politécnico da Guarda, Escola Superior de Tecnologia e Gestão

(brancoexe@gmail.com; esoares@ipg.pt)

Palavras-chave: Imagens de satélite, classificação da ocupação do solo, índices espectrais, mapeamento das áreas ardidas, níveis de severidade dos incêndios

Resumo: Os incêndios rurais causam alterações significativas no território, com consequências para a sociedade, para o ambiente e para a economia, pelo que a sua prevenção deve ser uma prioridade dos governos a nível local, regional e central, incluindo dos cidadãos. O ano de 2022 foi particularmente marcante devido ao grande incêndio que fustigou o distrito da Guarda, nomeadamente o Parque Natural da Serra da Estrela (PNSE), devastando parte do seu ecossistema. De forma a definirem-se estratégias, quer sejam para mitigar os efeitos dos incêndios, para a reflorestação das áreas ardidas ou mesmo para a prevenção, é fundamental a análise dos eventos passados. Também o grau de severidade dos incêndios é um fator diferenciador dos impactos no meio ambiente e na ocupação do solo, os quais serão tanto maiores quanto maior o nível de severidade. O mapeamento das “cicatrices” dos incêndios rurais, de forma a identificar e a inventariar as áreas ardidas e as respetivas consequências, auxilia na estimativa dos prejuízos ecológicos e económicos, na criação de planos de recuperação das áreas afetadas e no estabelecimento de apoios às populações. O trabalho apresentado nesta comunicação suporta-se na análise do território do distrito da Guarda, direcionada para as áreas ardidas aquando dos incêndios rurais ocorridos em 2022, e baseia-se em técnicas de Detecção Remota e de Sistemas de Informação Geográfica para obter informação geoespacial, qualitativa e quantitativa, das áreas ardidas e correspondente ocupação do solo, bem como avaliar os níveis de severidade dos incêndios e consequentes alterações da ocupação. Para tal, usaram-se imagens multiespectrais do satélite Sentinel-2, a Carta Administrativa Oficial de Portugal de 2021 e a Carta de Uso e Ocupação do Solo conjetural (COSc) de 2021. Para além destes dados, foi ainda criado um mapa de ocupação do solo atualizado ao ano de 2022, posterior aos incêndios, que identifica as áreas ardidas como uma das classes. A criação deste mapa baseou-se no método de classificação supervisionada, através do classificador *Support Vector Machine*. As áreas de treino das várias classes de ocupação do solo foram identificadas e registadas com visitas ao campo e georreferenciadas por meio de equipamento topográfico Global Navigation Satellite System, Não havendo outro mapa de referência, foram feitas algumas comparações com a COSc 2021, pois, apesar de ser um produto experimental e alguns dos seus dados remontarem a 2018, não deixa de ser um produto oficial de referência. O cálculo dos índices espectrais e das diferenças entre índices permitiu estimar as áreas ardidas e classificar o respetivo nível de severidade. Foram analisados pares de imagens multiespectrais relativos às épocas anterior (pre-fire) e posterior (post-fire) ao incêndio. O cálculo da diferença entre índices espectrais das duas épocas permitiu isolar o acontecimento (áreas ardidas). A determinação das áreas ardidas e do nível de severidade dos incêndios baseou-se no índice Normalized Burn Ratio (NBR) e respetiva diferença entre épocas (dNBR), embora outros índices espectrais e diferenças tenham sido usados como suporte a esta operação. As diferenças entre índices espectrais permitiu diferenciar entre áreas ardidas e não ardidas e o uso dos índices permitiu melhorar a classificação de algumas classes, como por exemplo a água, cuja classificação gera confusão com zonas ardidas ou outras. Os resultados apuraram que: no período de 2 a 22 de agosto de 2022 a área ardida no distrito da Guarda foi superior a 20 000ha; a classe “matos” foi a que registou maior área ardida, com cerca de 50% da área total; para as áreas classificadas com nível de severidade alto as classes de ocupações mais afetadas foram “matos”, “outras folhosas” e “pinheiro bravo”, sendo a menos afetada a classe “vegetação herbácea espontânea”; para o nível de severidade médio, as classes com maior área ardida foram “matos”, “pinheiro bravo” e “outras folhosas”; para o nível de severidade baixo, as classes de ocupação com maior área ardida foram “vegetação herbácea espontânea”, “matos”, “pinheiro bravo” e “eucalipto”. Conclui-se que a metodologia usada para extrair as áreas ardidas e classificar os respetivos níveis de severidade foi eficaz, tendo sido atingidos os objetivos propostos. Deste modo, os resultados obtidos podem servir como elementos auxiliares ao reconhecimento de áreas suscetíveis a incêndios rurais e consequentemente apoiar na identificação e definição de estratégias de prevenção.



Criação de mapas de vulnerabilidade de incêndios rurais a partir de análise SIG – Aplicação ao distrito da Guarda

Rita SIEIRO¹ e Elisabete SOARES*¹

¹Instituto Politécnico da Guarda, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Guarda, Portugal

(rita_sieiro@sapo.pt; esoares@ipg.pt)

Palavras-chave: Sistemas de Informação Geográfica, ocupação do solo, variáveis de vulnerabilidade, incêndios rurais, modelo de análise espacial

Resumo: Os incêndios rurais devastam o território e colocam em risco as populações e os seus bens. Nas últimas décadas o distrito da Guarda foi afetado por incêndios de uma forma avassaladora, tendo sido desgastados milhares de hectares da sua área. A necessidade de serem tomadas medidas preventivas é por isso premente. As Ciências Geográficas têm um papel fundamental no auxílio para a prevenção destes eventos e também na mitigação dos seus impactes. Nesse papel, destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a Detecção Remota (DR) por serem tecnologias que permitem a identificação espacial e descritiva dos locais que carecem de atenção ou intervenção, através das quais é possível desenvolver a cartografia temática que poderá servir como ferramenta de apoio à decisão, com vista à fiscalização, prevenção e recuperação das zonas afetadas pelos incêndios. É fundamental desenvolver soluções que identifiquem as zonas de maior propensão à ocorrência de incêndios rurais e classifiquem a vulnerabilidade do território, de forma a definir medidas de prevenção. A vulnerabilidade constitui uma base teórica que estima os potenciais efeitos de um incêndio. A aplicação de um modelo de análise espacial que combine os fatores e as variáveis de vulnerabilidade, selecionadas de acordo com as especificidades do território, permite criar mapas que hierarquizam a vulnerabilidade e identificam as zonas com maior potencial para a ocorrência de incêndios, de acordo com os critérios definidos e introduzidos no modelo. Nesse sentido, foi criado um modelo de análise espacial cujo principal objetivo é criar mapas de vulnerabilidade de incêndios rurais para o distrito da Guarda, atendendo às especificidades desta região, que classificam a vulnerabilidade e constituem assim, elementos de apoio à prevenção e definição de estratégias de mitigação. Para tal, criou-se uma metodologia suportada em técnicas de DR e análise em SIG, que integra as seguintes etapas: i) criação de um mapa de ocupação do solo; ii) identificação e definição dos fatores e variáveis a incluir no modelo, atendendo às especificidades da região em estudo; iii) recolha e tratamento dos dados; iv) definição das ponderações a atribuir às variáveis do modelo para classificar a respetiva vulnerabilidade; v) combinação das variáveis pelo método de combinação linear pesada. Para a criação do mapa de ocupação do solo para o distrito da Guarda, relativo ao ano de 2022, usaram-se imagens multiespectrais do satélite Sentinel-2, com recurso ao método de classificação supervisionada. As áreas de treino das várias classes de ocupação do solo foram identificadas e registadas com visitas ao campo e georreferenciadas por meio de equipamento topográfico *Global Navigation Satellite System*. Este foi um processo que exigiu várias idas ao campo e vários ensaios até se obter um resultado válido. Esta etapa do trabalho foi importante, no sentido em que permitiu obter uma caracterização atual da cobertura do solo. Os critérios que compõem o modelo de análise consistem em fatores, os quais integram variáveis e cada variável desagrega-se em classes. Para cada classe definiu-se o respetivo nível de vulnerabilidade. Assim, o modelo integra nove variáveis (ocupação do solo, declive, exposição das vertentes, distância aos cursos de água, temperatura, precipitação média, proximidade à rede viária, densidade populacional e distância às áreas artificializadas), pertencentes a três grupos de fatores, físicos, climatéricos e humanos. A reclassificação das variáveis, de acordo com os correspondentes níveis de vulnerabilidade das respetivas classes, permitiu obter os mapas de vulnerabilidade para cada uma das nove variáveis consideradas na análise. Por combinação ponderada das variáveis, pelo método de combinação linear pesada, e após a normalização dos respetivos valores para uma escala com seis níveis de vulnerabilidade, obtiveram-se os mapas de vulnerabilidade de incêndios rurais para o distrito da Guarda. Tendo em conta os fatores climatéricos da região, foram calculados quatro mapas de vulnerabilidade de incêndios, um por cada trimestre do ano. Os mapas finais classificam a vulnerabilidade desde muito baixa a extrema e identificam as áreas de maior vulnerabilidade de incêndios rurais no distrito da Guarda, podendo servir como elemento auxiliar no apoio à implementação de estratégias de prevenção.

SESSÃO 3A

OBSERVAÇÃO DA TERRA / FOTOGRAMETRIA



A Tomografia GNSS no apoio à Previsão Meteorológica

André SÁ^{*1,3}, Witold ROHM² e Machiel BOS³

^{1,3}Politécnico da Guarda, Portugal

²Wroclaw University, Polónia

³TeroMovigo – Earth Innovation, Portugal

(andre_sa@ipg.pt)

Palavras-chave: GNSS, Vapor de Água, Tomografia, Meteorologia, Tempo-real (now-casting)

Resumo: Os Sistemas Globais de Navegação por Satélite (em inglês, *Global Navigation Satellite System – GNSS*) revolucionaram o posicionamento, a navegação e a medição do tempo, tornando-se uma infraestrutura fundamental na vida quotidiana. A sua importância tem vindo a aumentar devido ao crescente mercado relacionado com o uso de GNSS (smartphones, drones, diversos dispositivos de navegação pessoal, robôs autónomos, carros autónomos, entre outros). Além das conhecidas aplicações civis e comerciais, o GNSS provou nos últimos anos ter capacidade para monitorizar o vapor de água atmosférico (Troposfera), que é um dos principais parâmetros meteorológicos, com precisão comparável aos sensores meteorológicos convencionais (radiossonda, radiómetro, LiDAR, etc.).

O vapor de água desempenha um papel crucial na maioria dos processos atmosféricos, porém, atualmente, ainda não é observado pelos sensores meteorológicos com a resolução espacial e temporal desejada. A alta variabilidade (pode ser superior a 50% em poucas horas) do conteúdo de vapor de água afeta a evolução dos fenômenos climáticos em várias escalas. Em escalas globais esta característica influencia o nível dos processos climatológicos de médio e longo prazo (a energia da evaporação é responsável por mais de 30% no balanço da energia térmica da Terra), enquanto em escalas locais ou de mesoescala tem um efeito mais direto sobre os padrões climáticos locais. Essa variabilidade cria um problema fundamental na modelação climática e atmosférica, isso significa que esforços devem ser desenvolvidos para monitorizar o vapor de água atmosférico. A monitorização do vapor de água é um pré-requisito para a validação de modelos e uma importante contribuição para o entendimento do comportamento da atmosfera e uma melhoria nas simulações.

De acordo com o Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT), o número médio de eventos meteorológicos extremos por ano, por década, tem aumentado continuamente e a monitorização do vapor de água pode ser um dos principais contribuintes para explicar e prever tais eventos. Esta lacuna de conhecimento é uma fonte importante de erro nos modelos numéricos de previsão do tempo, particularmente em fenômenos meteorológicos severos e de rápida evolução. Nesse aspeto, o GNSS apresenta algumas vantagens em relação aos sensores meteorológicos convencionais: baixo custo de manutenção, sistema operacional contínuo, alta amostragem, observação em tempo quase real e cobertura espacial continuamente crescente.

Por estes motivos, a implementação e operacionalização do GNSS meteorológico como técnica de sondagem atmosférica tem sido o foco de uma série de projetos de investigação e as observações GNSS são atualmente utilizadas por vários institutos meteorológicos (por exemplo, MetOffice, Meteo France) para monitorizar eventos meteorológicos e melhorar a qualidade das suas previsões. No entanto, a análise de uma rede de estações GNSS para estimar um modelo tridimensional do conteúdo de vapor de água é ainda uma tarefa desafiadora e computacionalmente exigente. Para tanto, foi desenvolvido um sistema tomográfico GNSS Water Vapor Reconstruction Image Software (SWART) e testado. O novo método faz uso de técnicas de reconstrução algébrica paralelizadas (ARTs) e destaca-se de outras implementações tomográficas em termos de velocidade de processamento. Foram analisados dados de 26 estações GNSS na Polónia de um período de 56 dias. Foi obtida uma boa concordância na estimativa de vapor de água entre as soluções SWART e radiossondas, com um RMS médio de 1,5 g/m³ para as camadas inferiores, e uma melhoria global de 5% até a camada 6750 m quando comparado com o modelo atmosférico (WRF). Como resultado, o SWART permite estimar o vapor d'água para redes GNSS de grande dimensão e pode ser usado para previsões meteorológicas em tempo quase real. Além disso, variações rápidas e acentuadas observadas por radiossondas não foram modeladas pelo WRF, mas foram detetadas por tomografia GNSS.



Avaliação da qualidade geométrica e radiométrica de produtos derivados de imagens multiespectrais capturadas por UAS de baixo custo

Tiago VAN DER WORP DA SILVA*¹, Luísa GOMES PEREIRA^{2,3} e Bruna R. F. OLIVEIRA¹

¹ Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro

² Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda, Universidade de Aveiro

³ Centro de Investigação em Ciências Geo-Espaciais, Universidade do Porto

(tworp@ua.pt; luisapereira@ua.pt; bruna.oliveira@ua.pt)

Palavras-chave: Detecção Remota, DJI P4 Multispectral RTK, Ecologia Florestal, Qualidade Geométrica e Radiométrica

Resumo: O uso de sistemas aéreos não-tripulados (UAS) na recolha de informação geoespacial em ecossistemas florestais tem aumentado ao longo da última década devido à maior acessibilidade e ao desenvolvimento tecnológico. Soluções como o UAS DJI P4 Multispectral RTK (DJI P4 MS) vão de encontro a esta premissa, conjugando no mesmo sistema sensores multiespectrais e um recetor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) de alta precisão com RTK (Posicionamento Cinemático em Tempo-Real), permitindo produzir, através da aquisição de imagens aéreas e software dedicado, diversos produtos como Modelos Digitais de Superfície (MDS), ortofotomapas e mapas de índices de vegetação (MIV), como, p. ex., o NDVI (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada). Contudo, a qualidade em termos geométricos e radiométricos dos produtos não se encontra devidamente estudada, sendo ambas fundamentais em estudos que envolvam a monitorização e análise ao longo do tempo.

Assim, o presente estudo avaliou a qualidade geométrica usando MDS e ortofotomapas produzidos com imagens adquiridas pelo DJI P4 MS e pontos de verificação, e a qualidade radiométrica comparando MVI produzidos com imagens adquiridas em dias consecutivos assim como produzidos com imagens de um outro sensor, o Micasense Altum AL0, instalado num DJI Matrice 300 RTK. Para tal, foram realizados 2 voos com os dois UAS sobre uma área de aproximadamente 21 ha localizada em Vila de Rei, Castelo Branco, em 2 dias consecutivos com condições climáticas muito similares. Foram também distribuídos, por toda a área, 17 pontos de controle (PC) cujo posicionamento foi determinado com um aparelho GNSS. Para a calibração radiométrica foram colocados 2 tipos de painéis de refletância calibrados.

As imagens adquiridas, com um pixel de 4 cm, foram processadas com o software Agisoft Metashape Professional que permite calcular os parâmetros das orientações interna e externa das imagens, com ou sem PC, assim como levar a cabo a sua calibração radiométrica através de painéis de refletância e/ou informação da radiação solar fornecida pelo sensor solar acoplado ao UAS. Os produtos derivados da nuvem de pontos assim produzida foram MDS, ortofotomapas e NDVI. Estes produtos foram depois avaliados e comparados com a ajuda do ArcGIS Pro e Excel.

Durante o processo de avaliação dos MDS e ortofotomapas concluiu-se que para voos com RTK, e para a produção da nuvem de pontos, é apenas necessário a utilização de um PC uma vez que se obteve um valor para a exatidão geométrica, em termos do Erro Quadrático Médio em X, Y, e Z, inferior a 5 cm. Para voos sem RTK, valores semelhantes foram obtidos, mas com uso de, no mínimo, 5 PC distribuídos, 4 pela periferia da área de estudo e 1 no seu centro. Foi também possível avaliar que o uso de painéis de refletância no processo de calibração radiométrica foi a metodologia mais adequada. As alternativas, i.e., o uso da informação fornecida pelos sensores solares juntamente com os painéis e sem eles, originaram ortofotomapas nos quais são visíveis faixas de diferentes tonalidades paralelas às linhas de voo.

A comparação dos mapas de NDVI produzidos com imagens de um sensor adquiridas em 2 dias consecutivos permitiu aferir da precisão radiométrica de cada sensor, enquanto que a comparação dos mapas de NDVI produzidos com as imagens adquiridas no mesmo dia pelos dois sensores mostrou que a sua qualidade radiométrica é comparável.

Como conclusão, o UAS DJI P4 MS provou ser uma ferramenta fiável para trabalhos que envolvam a monitorização e análise de áreas com vegetação.

Reconhecimentos: Reconhecemos o suporte financeiro do CESAM (UIDP/50017/2020 + UIDB/50017/2020 + LA/P/0094/2020) e do projeto ModelEco (PTDC/ASP-SIL/3504/2020), ambos financiados por fundos nacionais através da FCT/MCTES. Bruna R. F. Oliveira foi financiada por fundos nacionais através da FCT, I.P. e pela FEDER e COMPETE 2020, através do estímulo para o emprego científico (2021.00785.CEECIND). Tiago vd Worp da Silva foi financiado por fundos nacionais através da FCT, I.P. (2023.01767.BDANA), na forma de uma bolsa de doutoramento em ambiente não-académico.



Estudo da aplicação de drones para elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana

Maria CARVALHO*^{1,2}, Alexandrina MENESES² e José Alberto GONÇALVES¹

¹ Faculdade de Ciências da Universidade de Porto (Portugal)

² Câmara Municipal de Santa Maria da Feira (Portugal)

(up201709217@edu.fc.up.pt, Alexandrina.Meneses@cm-feira.pt, jagoncal@fc.up.pt)

Palavras-chave: Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), Fotogrametria, Cartografia, Ortofoto, Modelo Digital do Terreno (MDT) e Modelo Digital de Superfície (MDS)

Resumo: Este trabalho pretende demonstrar que a aplicação de drones para a elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana pode trazer uma série de benefícios para uma Câmara Municipal. Esta abordagem inovadora permite uma recolha eficiente e precisa de dados geográficos, através de uma análise detalhada das áreas urbanas a serem reabilitadas permitindo tomar decisões baseadas em informações concretas, reduzindo o tempo despendido na recolha e processamento de dados.

As Câmaras Municipais são instituições de extrema importância para o desenvolvimento e crescimento das regiões onde se inserem. Estas desempenham um papel fundamental na gestão e planeamento do município, promovendo o bem-estar da população e impulsionando o seu desenvolvimento socioeconómico. Assim, um dos elementos essenciais para uma gestão municipal eficiente é o conhecimento detalhado do território, que é possível através de uma cartografia rigorosa e atualizada. Através de mapas e representações gráficas precisas, a autarquia consegue visualizar a distribuição de recursos, identificar áreas de vulnerabilidade, planear a expansão urbana, estabelecer normas de ordenamento do território e administrar os espaços públicos de forma eficiente.

Assim, é estudada a componente prática de levantamento de Veículos Aéreos não Tripulados (VANT), desde o planeamento da aquisição fotogramétrica, os planos de voo, os processamentos das imagens, o controlo da qualidade posicional, o controlo da qualidade dos Ortofotos, análises dos efeitos das fotos oblíquas, classificação de pontos do terreno e a criação do Modelo Digital do Terreno (MDT) e do Modelo Digital de Superfície (MDS) assim como, a componente prática do desenho topográfico, desde a análise (SIG) até à elaboração da cartografia.

Foi efetuado um voo com um VANT equipado com recetor GNSS RTK, cobrindo uma área de 30 ha, com resolução de 2.5 cm. O planeamento de voo incluiu uma fiada oblíqua com o objetivo melhorar o rigor altimétrico. Fez-se o processamento fotogramétrico sem pontos de apoio, e em duas formas: considerando as imagens oblíquas e excluindo essas imagens. Verificou-se o rigor posicional do ortomosaico e do MDS resultantes. No caso da inclusão das imagens oblíquas verificou-se, utilizando pontos de verificação levantados com GNSS, que os erros médios quadráticos foram semelhantes à resolução da imagem (2.5 cm). A não inclusão das imagens oblíquas resultou em erros altimétricos muito superiores, de cerca de 40 cm. Posteriormente fez-se uma análise da geração de informação altimétrica tradicional da cartografia (curvas de nível), que resultam excessivamente detalhadas. Verificou-se que uma abordagem intermédia, em que o utilizador seleciona pontos em locais do terreno, como se de um levantamento de campo se tratasse, extrai cotas do MDS e gera um MDT pelos processos tradicionais, produz os resultados mais adequados. Finalmente fez-se uma análise da informação que pode ser obtida por operadores, como tampas de saneamento, postes de iluminação e outros, avaliando erros de classificação e de completude, por comparação com dados de campo recolhidos em trabalhos anteriores.

Deste modo, reconhecendo a importância da cartografia como uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento do município, os drones são utilizáveis como ferramentas de recolha de informação para atualização da mesma. Apresentam assim um papel importante, integrados com as técnicas tradicionais, permitindo uma importante redução de tempo na execução de trabalhos de levantamento para os planos de reabilitação urbana.



Digitalização do património cultural: reconstrução 3D e comparação dos modelos de duas estátuas d'e/ Rei D. Dinis

Jorge SIMÕES*¹ e Gil Rito GONÇALVES¹

¹Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra
Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra

(uc2009012235@student.uc.pt; gil@mat.uc.pt)

Palavras-chave: drone, fotogrametria digital, structure from motion, nuvens de pontos densas, comparação dimensional, património cultural

Resumo: Na temática da preservação e perpetuação do património cultural, as diferentes tecnologias de aquisição de dados de muito alta resolução são uma mais-valia na digitalização tridimensional (3D) de objetos de elevado interesse patrimonial. Estas tecnologias permitem armazenar em suporte digital modelos 3D de obras de arte com alta resolução e elevado detalhe foto-realístico, preservando um legado do passado e servindo de base para que, em momento futuro, seja possível proceder a eventuais restauros ou inclusivamente à sua completa reconstituição 3D, devido à ação de fatores naturais ou antrópicos.

Este estudo descreve o trabalho realizado na estátua bem conhecida da comunidade académica na Alta Universitária de Coimbra, a estátua d'e/ Rei D. Dinis, a qual foi comparada com o seu arquétipo em exposição no Museu José Malhoa, na cidade das Caldas da Rainha. A metodologia utilizada na digitalização 3D da estátua de Coimbra e do seu arquétipo consistiu em *workflows* fotogramétricos de *structure from motion* e *multiview-stereo* (SfM-MVS), utilizando um drone em Coimbra e fotogrametria terrestre com bastão, usando uma câmara *digital single-lens reflex* (DSLR), no museu das Caldas das Rainha.

Utilizando as nuvens de pontos densas geradas em cada *workflow* fotogramétrico, foi feita a comparação de ambas em 2D, 2.5D e em 3D. Para fazer a comparação 3D selecionaram-se pontos homólogos nas duas nuvens densas, testando dois métodos: o primeiro sem usar um fator de escala e o segundo aplicando diferentes escalas aos eixos XYZ. O último resultou numa matriz de transformação 4x4, o que permitiu chegar aos resultados que mostram as maiores diferenças posicionais e de escala da réplica para o seu arquétipo. Para os casos 2D e 2.5D foram criados ortofotos das duas estátuas em diferentes perspetivas, aplicando-lhes matrizes de rotação para as situar nas várias perspetivas, e daí lhes extrair os contornos e permitir uma comparação dimensional; no caso particular da comparação 2.5D fez-se a análise usando curvas de nível que permitiu extrair as características dimensionais a partir de uma perspetiva superior.

Por fim, fazendo uso dos pontos homólogos, ambas foram escaladas e sobrepostas, permitindo obter um mapa de distâncias absolutas entre uma e outra, resultando numa demonstração visual das diferenças e omissões da réplica para com o seu arquétipo, mostrando que a estátua de Coimbra é uma cópia quase exata da estátua em gesso no museu, não deixando de ser uma obra de maestria do seu escultor que conseguiu quase total igualdade nas suas facetas esculpidas em rocha branda, vítima dos elementos e de algum vandalismo. Por tais ataques é de todo importante a preservação e perpetuação deste legado para as gerações futuras.



O efeito da resolução de imagem na monitorização da espécie invasora *Carpobrotus edulis* em dunas

Manuel MEYER*¹, José Alberto GONÇALVES^{1,2} e Ana BIO¹

¹ Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR/CIMAR), Universidade do Porto, Portugal

² Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal

(mmeyer@ciimar.up.pt, jagoncal@fc.up.pt, anabio@ciimar.up.pt)

Palavras-chave: fotografia aérea, UAV, imagens multiespectrais, classificação de imagem, índices de vegetação, QGIS

Resumo: As dunas desempenham uma função importante na proteção costeira contra a agitação marítima, o galgamento e danos nas áreas costeiras, frequentemente urbanizadas e dotadas de infraestruturas. A vegetação dunar, que contribui para a estabilização das dunas, está sujeita ao impacto da agitação marítima e do vento, a secas e a ameaças antropogénicas, tais como o pisoteio, a perda de habitats devido a intervenções costeiras e a introdução de espécies invasoras.

O presente estudo focou-se na avaliação da aplicabilidade de imagens de deteção remota para o mapeamento de *Carpobrotus edulis*, uma espécie invasora comum em muitos dos sistemas dunares portugueses. Comparou-se o desempenho de três conjuntos de imagens multiespectrais: (i) imagens obtidas com um veículo aéreo não-tripulado, ou drone, equipado com câmara multiespectral, com as bandas Azul, Verde, Vermelho, RedEdge e Próximo do Infravermelho, com resolução no terreno (GSD) de 2.5 cm; imagens obtidas a partir de um avião equipado com câmara fotogramétrica, com as bandas Azul, Verde, Vermelho e próximo do Infravermelho, com resolução de 5 cm; e (iii) imagens obtidas com o mesmo sistema, mas com resolução de 10 cm.

As imagens foram ortoretificadas com a ajuda dos pontos de amostragem e de pontos de controlo, todos eles previamente e precisamente posicionados no terreno com recurso a um recetor GNSS em modo RTK, com correções fornecidas pela Rede Nacional de Estações permanentes (ReNEP). Precedeu-se de seguida à classificação das imagens, de forma supervisionada, utilizando o algoritmo Random Forest em QGIS. As áreas de treino, para cada tipo de cobertura, foram definidas com base em informação *in situ* e, visualmente, a partir do ortomosaico RGB do levantamento de maior resolução. Finalmente as classificações obtidas foram melhoradas por filtragem e validadas para pixéis aleatórios.

Os resultados mostram que as três resoluções de imagem testadas permitem construir mapas fiáveis de cobertura de *C. edulis*, com valores de precisão (*Overall Accuracy*) entre 86% para a classificação das imagens de 2.5 cm de resolução e 87% para as imagens de 5 e 10 cm de resolução. Para a cobertura de *C. edulis*, especificamente, a precisão (F1 score) atingiu valores de 84.5, 80.5 e 81.1 para as resoluções de 2.5, 5 e 10 cm respetivamente. Contudo, e assumindo que a classificação obtida com as imagens de maior resolução representa melhor a realidade, a diminuição da resolução das imagens resulta numa redução da área classificada como *C. edulis*. Uma das causas prováveis para essa diferença é o facto de um pixel com maior cobertura de terreno ter mais probabilidade de ter cobertura mista. A análise de mapas de diferenças corrobora essa avaliação, visto que muitos dos pixéis que deixaram de ser classificados como *C. edulis*, nas classificações de menor resolução, se encontram nos limites entre essa espécie e outras espécies vegetais. Outra razão provável é uma menor discriminação das assinaturas espectrais em imagens de menor resolução e com menos bandas (a fotografia aérea obtida com o avião não apresenta a banda RedEdge). Este facto explicaria porque as classificações erradas são geralmente atribuídas a outra vegetação (com assinatura espectral relativamente parecida), podendo ocorrer mesmo no interior de manchas de *C. edulis*.

Conclui-se que com as resoluções testadas é possível obter mapas fiáveis da espécie alvo para fins de monitorização, embora a resolução da imagem tenha afetado a estimativa da área coberta com *C. edulis*. Este é um exemplo do potencial da fotografia aérea multiespectral como método eficiente e expedito na monitorização da cobertura do solo, e em particular da vegetação costeira.



Sistema fotogramétrico de aquisição de nuvens de pontos em ambiente florestal com câmaras de ação

André PINHAL*¹ e José Alberto GONÇALVES^{1,2}

¹ DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 4169-007 Porto

² CIIMAR, Universidade do Porto, 4450-208 Matosinhos

(apinhal@fc.up.pt; jagoncal@fc.up.pt)

Palavras-chave: Câmara de ação, GNSS, orientação externa, “Structure from Motion”, nuvem de pontos

Resumo: A aquisição de nuvens de pontos em levantamentos terrestres gera dados com interesse para aplicação em muitas áreas de atividade, nomeadamente para inventário florestal. Os sistemas mais utilizados para esse fim combinam varrimento laser e imagem e, no caso de sistemas móveis, poderão envolver sistemas de navegação inercial que facilitam o posicionamento de precisão no ambiente florestal. Devido ao elevado custo destes equipamentos, a sua utilização não é possível para muitos utilizadores interessados nesse tipo de levantamento florestal. O desenvolvimento de sistemas mais simples, eventualmente baseados apenas em fotogrametria, que permitam a obtenção de nuvens de pontos georreferenciadas onde possam ser feitas medições florestais, são de potencial interesse para esses utilizadores.

Este artigo apresenta um sistema de aquisição de nuvens baseado em uma câmara de ação, que faz aquisição de vídeo, e no processamento fotogramétrico de imagens extraídas do vídeo. As câmaras designadas como “câmaras de ação” são utilizadas em atividades desportivas de ar livre, são muito robustas para operação em condições ambientais adversas, geram dados de vídeo de grande qualidade e alguns modelos atuais incluem posicionamento GNSS. No caso presente, foi utilizada uma câmara da marca GoPro, modelo Hero 8, que possui um recetor GNSS de códigos.

A câmara é montada num capacete, que é utilizado pelo operador para adquirir vídeo no interior de uma área arborizada. O operador move-se, tanto quanto possível, em linhas paralelas de forma a fazer um varrimento com sobreposições que possa ser utilizado para um processamento fotogramétrico cobrindo toda a área de interesse. Normalmente o operador olhará para a frente, mas poderá apontar para outras direções de forma a melhorar a cobertura. O vídeo é adquirido na resolução 4K (3840x2160 pixels), em 60 frames por segundo, no modo designado por “linear”, que corrige o essencial de distorção radial, típica destas câmaras.

Para preparar o processamento fotogramétrico, são extraídas várias frames do vídeo, a uma cadência de acordo com a velocidade de deslocação do operador. Normalmente, 2 a 4 imagens por segundo mostraram-se suficientes. O vídeo no formato MP4 inclui informação posicional que pode ser extraída, etiquetando todas as frames com uma posição. A qualidade posicional não é excessivamente degradada sob as árvores devido a uma integração que a câmara faz com outros sensores de que dispõe. As imagens sequenciais são processadas fotogrametricamente utilizando ferramentas automáticas de “structure from motion” (SfM). Daí resulta uma orientação relativa que corrige a trajetória. A nuvem de pontos resultante apresenta os erros de localização aceitáveis para um recetor de códigos, normalmente inferiores a 10 metros, mas pode ainda sofrer de erro de escala. Para o efeito de medição de dimensões de objetos como árvores, um erro desses é importante, e pode ser significativamente reduzido utilizando uma barra/régua de dimensão conhecida colocada num local visível no vídeo.

O sistema foi testado em diversas situações de cobertura florestal. Nos pinhais testados, permitiu a geração de nuvens de pontos densas da superfície das árvores. Sem barra de calibração encontraram-se erros de escala normalmente inferiores a 10%, mas que puderam ser corrigidas com uma pequena tábua/régua de 1 metro de comprimento colocada previamente no local. As medições de diâmetro à altura do peito (DAP) puderam ser feitas na nuvem de pontos com erros de muito poucos centímetros. Desenvolveu-se também uma metodologia de seccionamento da nuvem à altura de 1.3 metros acima do solo, de forma a permitir uma identificação automática de troncos e à realização da medida do DAP. O sistema é de utilização muito simples e rápida, de custo muito inferior a sistemas de levantamento baseados em varrimento laser, e apresenta um grande potencial para aplicação em medições de inventário florestal.

O presente trabalho enquadra-se no projeto CHIST-ERA/0006/2019, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.



Utilização de drones e fotogrametria Structure-from-Motion na identificação das unidades da armadura de estruturas costeiras

Diogo GONÇALVES*^{1,2}, Gil GONÇALVES^{2,3}, Juan PÉREZ-ALVÁREZ⁴ e Umberto ANDRIOLO¹

¹ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra, Coimbra

² Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra

³ Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra, Coimbra

⁴ Departamento de Expressão Gráfica, Universidade da Extremadura, Mérida (Espanha)

(diogo.goncalves@mat.uc.pt; gil@mat.uc.pt; japerez@unex.es; uandriolo@mat.uc.pt)

Palavras-chave: Engenharia costeira, Esporão, Reconstrução 3D, Ortofoto, Monitorização

Resumo: Em ambientes costeiros existe um variado leque de estruturas de engenharia pesada que protegem as populações e atividades da ação combinada das mares e ondas. Entre elas, os esporões são construídos perpendiculares à linha de costa para mitigar a erosão costeira e interetar os sedimentos à deriva. A monitorização tradicional destas estruturas costeiras baseia-se em inspeções visuais onde técnicos qualificados fazem levantamentos a pé para identificar as possíveis alterações das unidades da armadura. No entanto, este método é logisticamente restrito e, uma vez que a sua implementação é exigente em termos do esforço humano, e as suas avaliações são limitadas no espaço e tempo.

Os Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT, doravante drones) combinados com Fotogrametria Structure-from-Motion (SfM) tem demonstrado ser uma ferramenta adequada para a reconstrução 3D de entidades costeiras. As imagens de alta resolução recolhidas com drones são processadas através da técnica SfM resultando em modelos 3D detalhados da superfície necessários para detetar alterações geomorfológicas que ocorrem nos ambientes costeiros altamente dinâmicos.

Este estudo analisa a utilização combinada de drones e fotogrametria SfM para detetar as unidades da armadura de estruturas costeiras. Foi realizado um levantamento com drone para reconstruir a geometria do esporão da praia da Leirosa. As imagens aéreas do drone foram processadas através da Fotogrametria SfM resultando numa nuvem densa de pontos 3D e num ortofoto de alta resolução (3 cm/pixel). Simultaneamente foi realizado um levantamento com Laser terrestre do esporão de modo a analisar a exatidão 3D do drone. De seguida, foi feita uma classificação orientada a objetos para identificar as unidades da armadura no ortofoto considerando: 1) o operador de Canny para realçar os contornos dos blocos; 2) a segmentação multirresolução para individualizar os objetos; 3) classificação dos objetos para obter a forma e geolocalização das unidades da armadura. Este método foi comparado com o método manual de digitalização das unidades da armadura.

Os resultados obtidos mostram que os levantamentos de estruturas costeiras com drones têm uma exatidão adequada à tarefa de inspeção e permitem a identificação das unidades da armadura. Além disso, também sugerem que esta técnica de deteção remota pode ser utilizada como uma tecnologia de observação e quantificação do dano em estruturas costeiras, colmatando as limitações dos métodos de inspeção tradicionais.

SESSÃO 3B

INFORMAÇÃO CADASTRAL / ORDENAMENTO E GESTÃO DO TERRITÓRIO



X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia
Informação Geoespacial para os objetivos do desenvolvimento sustentável
02-03 Nov. 2023 Instituto Politécnico da Guarda

Disponibilização da Informação Cadastral

Patrícia ALVES¹, Francisco CARDOSO*¹, Júlia CARDOSO¹, Gonçalo CRISÓSTOMO¹, Teresa JACINTO¹, Paula JANUÁRIO¹, Alexandre PALMA¹, Joana PEREIRA¹, Gabriela ROCHA¹, Paulo TORRINHA¹ e Manuel VALÉRIO¹

¹ Direção-Geral do Território, Lisboa

(palves@dgterritorio.pt; fcardoso@dgterritorio.pt; jcardoso@dgterritorio.pt; gcrisostomo@dgterritorio.pt; tjacinto@dgterritorio.pt; pjanuario@dgterritorio.pt; apalma@dgterritorio.pt; joana.pereira@dgterritorio.pt; grocha@dgterritorio.pt; paulo.torrinha@dgterritorio.pt; mvalerio@dgterritorio.pt)

Palavras-chave: Cadastro predial, SNIC, Interoperabilidade, Carta cadastral, CGPR, *Software* livre

Resumo: O cadastro predial é um instrumento indispensável para o conhecimento do território, para o desenvolvimento de políticas públicas de valorização territorial e para a tomada de decisão sobre o uso, ocupação e utilização do solo por parte de entidades públicas e privadas, pessoas coletivas, empresas e cidadãos. O conhecimento da geometria e da titularidade da propriedade é um requisito essencial para assegurar o cumprimento da lei, o exercício legítimo dos direitos e deveres dos cidadãos, das pessoas coletivas e das empresas e a boa comunicação entre a administração e os administrados.

O novo regime jurídico, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 72/2023, de 23 de agosto, consolida o papel da Direção-Geral do Território (DGT) enquanto Autoridade Nacional de Cadastro Predial, responsável pela elaboração, gestão e disponibilização da carta cadastral e assumindo funções de regulação, supervisão e fiscalização da atividade de cadastro predial.

Ao Sistema Nacional de Informação Cadastral (SNIC) compete assegurar a integração de toda a informação relativa à propriedade fundiária com base no cadastro predial, permitindo a disponibilização dos dados de identificação e de caracterização dos prédios inscritos na carta cadastral, em articulação com o registo predial e com a inscrição matricial.

Neste âmbito a DGT desenvolveu e implementou novos modelos de dados que permitiram a criação de serviços de informação geográfica interoperáveis, baseados nas normas OGC (*Open Geospatial Consortium*) – *Web Map Service* (WMS) e *Web Feature Service* (WFS) que integram a plataforma de exploração da informação cadastral disponível na sua página da internet. Em paralelo, estes serviços são também disponibilizados a múltiplas entidades da administração pública para utilização no exercício das suas competências e integração em sistemas de informação próprios.

Estes desenvolvimentos permitem otimizar recursos, reduzir custos de gestão e traduzem-se numa efetiva melhoria do serviço público prestado e na valorização da informação cadastral disponível.

Todos os componentes foram desenvolvidos em *software* livre e de código aberto.



Desenvolvimento de aplicação para a classificação automática das unidades prediais e suporte à decisão sobre fracionamento da propriedade

Francisco CARDOSO¹, Júlia CARDOSO¹, Gonçalo CRISÓSTOMO¹, Teresa JACINTO¹, Paula JANUÁRIO¹, Alexandre PALMA¹, Joana PEREIRA¹, Gabriela ROCHA¹, Paulo TORRINHA^{*1} e Manuel VALÉRIO¹

¹ Direção-Geral do Território, Lisboa

(fcardoso@dgterritorio.pt; jcardoso@dgterritorio.pt; gcrisostomo@dgterritorio.pt; tjacinto@dgterritorio.pt; pjanuario@dgterritorio.pt; apalma@dgterritorio.pt; joana.pereira@dgterritorio.pt; grocha@dgterritorio.pt; paulo.torrinha@dgterritorio.pt; mvalerio@dgterritorio.pt;))

Palavras-chave: DGT, Cadastro, Prédio, Unidade Predial, Culturas, SMOS, COS, RAN, CRUS, *Software* livre

Resumo: O regime jurídico da estruturação fundiária, previsto na Lei n.º 111/2015, de 27 de agosto, tem como objetivo criar melhores condições para o desenvolvimento das atividades agrícolas e florestais, de modo compatível com a sua gestão sustentável nos domínios económico, social e ambiental, através da intervenção na configuração, dimensão, qualificação e utilização produtiva das parcelas e prédios rústicos, nomeadamente prevendo unidades de cultura. A Portaria n.º 219/2016, de 9 de agosto, alterada pela Portaria n.º 19/2019, de 15 de janeiro, fixa a superfície máxima resultante do redimensionamento de explorações agrícolas com vista à melhoria da estruturação fundiária da exploração e fixa, ainda, a unidade de cultura para terrenos de regadio, de sequeiro e de floresta, com vista a controlar o fracionamento dos prédios rústicos.

No âmbito da operação Sistema de Monitorização de Ocupação do Solo (SMOS), cofinanciada pelo Sistema de Apoio à Modernização e Capacitação da Administração Pública, a Direção-Geral do Território (DGT) desenvolveu uma aplicação para a classificação automática das unidades prediais e de suporte à decisão sobre fracionamento da propriedade.

Esta aplicação tem como objetivos melhorar a prestação de serviços de informação e de conhecimento sobre o uso e a ocupação do solo às instituições públicas e privadas e aos cidadãos, alinhadas com as diretivas da disponibilização e acesso público à informação geográfica, de digitalização da sociedade e da economia e de desmaterialização, simplificação de procedimentos e modernização administrativa.

De âmbito nacional, a aplicação combina na análise da viabilidade do fracionamento, a informação cadastral, a informação da Carta de Ocupação do Solo (COS), a informação da Reserva agrícola Nacional (RAN) e a informação da Carta do Regime do Uso do Solo (CRUS) e produz um relatório do pedido de acordo com as disposições legais.

Tendo por base a implementação de um conjunto de regras definidas para o fracionamento e a análise e cruzamento espacial do prédio a fracionar com os temas disponíveis na plataforma, bem como a informação sobre a unidade de cultura aplicável na área de localização do prédio, é disponibilizada informação de apoio sobre essa análise e viabilidade do fracionamento, cabendo ao utilizador a consulta de informação adicional e a decisão final.

Todos os componentes que constituem a referida aplicação foram desenvolvidos em software livre e de código aberto e a mesma estará disponível, na internet, integrada no Sistema Nacional de Informação Cadastral (SNIC).



Balcão Único do Prédio - Desafios e oportunidades

Virgínia MANTA*¹, Rodrigo DOURADO², Luís DIAS³, Alexandra MAIA⁴ e Marco CARVALHO⁵

¹ Município de Coimbra, Coimbra

² Estrutura de Missão para a Expansão do Sistema de Informação Cadastral Simplificado, Lisboa

³ Comunidade Intermunicipal da Região de Coimbra, Coimbra

⁴ Municipia, E.M., S.A., Porto Salvo

⁵ GaiUrb – Urbanismo e Habitação, E.M., Vila Nova de Gaia

(virginia.manta@cm-coimbra.pt; rodrigo.dourado@ebupi.mj.gov.pt; luisnogueiradias@gmail.com; amaia@municipia.pt; marcoc@gaiurb.pt)

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo, Ordenamento e gestão do território, Cadastro predial, Aplicações mobile

Resumo: A [Lei n.º 65/2019](#) estendeu o regime do sistema de informação cadastral simplificado a todo o território nacional, e promoveu a universalização do Balcão Único do Prédio (BUPi), enquanto plataforma nacional de registo e cadastro do território, abrangendo os prédios urbanos, rústicos e mistos de todo o território nacional. Nessa sequência, 144 Municípios das Regiões Norte (RN) e Centro (RC) de Portugal, que não dispõem de cadastro predial, aderiram ao BUPi e ao sistema de informação cadastral simplificado (SICS), tendo, sozinhos ou integrados em entidades intermunicipais, desenvolvido Projetos para proporcionarem aos cidadãos a possibilidade de registarem os seus prédios no BUPi.

Tendo terminado o prazo de execução dos Projetos, pretende-se explorar algumas iniciativas e os resultados alcançados, sob várias perspetivas e os desafios para o desenvolvimento do BUPi e do cadastro simplificado.

Sob o ponto de vista de alguns dos Municípios que aderiram ao BUPi, como Vila Nova de Gaia (RN) e Coimbra (RC), este Projeto traduziu-se numa mais-valia significativa e uma continuidade natural do trabalho que vinha a ser executado, dado que, à semelhança de outros municípios, há anos que procediam a uma recolha sistemática de informação cadastral de natureza rústica e urbana, decorrente dos processos de obras particulares, levantamentos cadastrais e dos prédios dos respetivos Municípios. Com o acesso ao BUPi, que aloja o SICS, consideram que se consegue uma gestão mais eficiente do território, com acesso a dados atualizados, o que ajuda na gestão de recursos e no planeamento urbano. É também uma mais-valia no que concerne à transparência, propiciando uma cobrança mais justa de impostos sobre as propriedades e combatendo a evasão fiscal. Ao fomentar a transparência, o planeamento e a gestão, vai ao encontro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 1, 11 e 16.

Para as empresas produtoras de cadastro predial, o BUPi passou a ser uma ferramenta essencial, dado que promove a padronização de dados cadastrais, o que simplifica os processos de produção e atualização do cadastro, tornando-os mais eficientes e proporcionando-lhes o acesso a informações de qualidade e confiáveis, melhorando a precisão e a integridade dos registos prediais. Para as empresas projetistas, poderem usufruir de dados cadastrais atualizados acarreta-lhes muitos benefícios, como a redução do tempo de execução, dos custos e agilização de processos que normalmente são complicados.

Para a Estrutura de Missão para a Expansão do Sistema de Informação Cadastral Simplificado (eBUPi), o BUPi e o cadastro simplificado são uma oportunidade para o conhecimento efetivo da estrutura do prédio rústico, dado que para além das vantagens óbvias do conhecimento dos proprietários, se tem o registo interligado da localização dos prédios, juntamente com o sistema informático da Autoridade Tributária e do Instituto de Registos e Notariado, que é o garante da titularidade do património.

No final desta nova fase em que o projeto de cadastro simplificado foi alargado, já é possível obter indicadores quantitativos, por via da configuração geométrica dos limites de propriedade, que serão determinantes para o apoio à decisão das políticas territoriais. Com cerca de 1,7 milhões de propriedades registadas, e em acentuado crescimento, a área rústica já cadastrada no BUPi corresponde a cerca de 25% da área dos municípios aderentes (900 mil hectares). Com estes dados já é possível obter, para a RC e a RN, a caracterização geométrica do prédio rústico padrão, que possui uma área média de 0,7 ha, uma configuração retangular de 70m x 100m e não tem uma orientação predominante. Um dos maiores desafios que o BUPi enfrenta centra-se no desconhecimento por grande parte dos titulares dos limites dos seus prédios, o que pode originar lacunas e sobreposições. No entanto, o valor das sobreposições entre os prédios registados até ao momento, não atinge os 2% da área registada e aproximadamente 25% destas ocorrências ocupam áreas inferiores a 0,5 m². Outro dos desafios que o BUPi enfrenta, é o seu desenvolvimento sustentável dado que necessita da continuação da adesão dos municípios e titulares. Para fomentar esta adesão e melhorar a qualidade dos dados geográficos, a eBUPi pretende continuar a disponibilizar ferramentas, como a App BUPi e mais camadas de informação geográfica, que poderão ajudar a aperfeiçoar o desenho das estremas dos prédios.



O potencial dos dados LiDAR na delimitação de objetos da Reserva Ecológica Nacional

Rui PEREIRA REIS^{*1} e António ALVES DA SILVA¹

¹ Direção Geral do Território, Lisboa

(rui.reis@dgterritorio.pt;aalves@dgterritorio.pt)

Palavras-chave: LiDAR – Light Detection And Ranging, planeamento espacial, ordenamento e gestão do território, Reserva Ecológica Nacional, Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo

Resumo: Neste trabalho pretende-se abordar a otimização de elementos cartográficos usados na delimitação da Reserva Ecológica Nacional (REN) por meio da exploração do potencial da informação obtida através de levantamentos usando a tecnologia LiDAR (“Light Detection And Ranging”).

Entre os principais instrumentos operativos e regulatórios do planeamento e ordenamento do território em Portugal estão os Planos Diretores Municipais (PDM) e a Reserva Ecológica Nacional (REN). A REN integra três tipos de domínios: áreas de proteção do litoral, áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre e áreas de prevenção de riscos naturais. Estes instrumentos operativos e regulatórios impõem restrições à ocupação do solo (por ex. de loteamento, de urbanização, de construção e ampliação, vias de comunicação, escavações e aterros, entre outras), existindo condicionamentos que, em primeira análise, dependem da cartografia da REN e da informação de base que a determina. A materialização da REN no terreno é efetuada pela delimitação, a nível municipal, das áreas correspondentes aos domínios acima referidos.

A nuvem de pontos obtida por meio de sensores LiDAR, após processos de georreferenciação, é classificada por forma a associar uma classe a cada ponto, aumentando-se e potenciando-se, deste modo, a sua utilidade nos mais diversos campos de aplicação. São especialmente relevantes os produtos derivados MDS (Modelo Digital de Superfície) e MDT (Modelo Digital do Terreno) dado que são úteis em diferentes campos de aplicação. A utilização de dados obtidos por LiDAR permite tirar partido de informação tridimensional muito detalhada e enriquecida com informação que permite modelar em detalhe o relevo (usando, por exemplo, linhas de quebra/“breaklines” na criação do MDT). A informação assim obtida possibilita a caracterização e delimitação de áreas respeitando as características morfológicas do terreno e, em particular, a delimitação mais detalhada e precisa dos objetos cartográficos usados na REN, permitindo, deste modo, análises mais precisas e possibilitando uma melhor aderência dos instrumentos regulatórios usados no Ordenamento do Território às realidades efetivas no terreno. Deste modo, consegue-se uma diminuição substancial das imprecisões nos Instrumentos de Gestão Territorial, que por vezes redundam em situações conflituosas, quando a cartografia oficial é confrontada com determinadas realidades do terreno que são obscurecidas pelo grau de generalização dos Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) usados normalmente.

Os testes até agora efetuados permitem-nos concluir que o processamento baseado na exploração de dados LiDAR contribui para uma melhoria substancial da delimitação dos objetos usados na REN, nomeadamente no caso das Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo (AEREHS), entre outras. Este tipo de informação permite a utilização de escalas de análise mais detalhadas, uma melhor consistência global da informação derivada e, portanto, contribui para a melhoria da qualidade global dos instrumentos operativos e regulatórios usados no planeamento e ordenamento do território e, em particular, dos objetos cartográficos usados nas delimitações de áreas da REN.



Medições diretas vs LiDAR vs Fotogrametria: Comparação na criação de modelos 3D de árvores e no cálculo de biomassa

Rafael FRANCISCO*¹, Miguel TAVARES¹, Ana Maria PAUSEIRO¹, Inês LANCASTRE¹, Ana Paula FALCÃO², João Gomes FERREIRA² e Rita MACHETE²

¹Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

²CERIS – Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

(rafael.francisco@tecnico.ulisboa.pt; miguelsousatavares@tecnico.ulisboa.pt; anamariapauseiro@tecnico.ulisboa.pt; ines.lancastre@tecnico.ulisboa.pt; ana.p.falcao@tecnico.ulisboa.pt; joao.gomes.ferreira@tecnico.ulisboa.pt; rita.f.machete@tecnico.ulisboa.pt)

Palavras-chave: medição direta, LiDAR, TLS, fotogrametria, UAV, diâmetro à altura do peito, altura, biomassa

Resumo: De acordo com a Agência Internacional da Energia, as emissões de CO₂ (dióxido de carbono) aumentaram 0.9% em 2022, relativamente ao ano anterior, alcançando um novo recorde de 36.8 giga toneladas. De acordo com a diretiva 2018/2001, publicada pelo Parlamento Europeu e do Conselho, que se foca na promoção da utilização de fontes de energia renovável, a biomassa surge como um composto biodegradável derivado de resíduos da agricultura, florestais e outros produtos industriais e resíduos, permitindo a redução destas emissões. A estimativa da biomassa é fulcral na determinação da quantidade máxima de armazenamento de carbono nas árvores, durante o seu período de vida, e na gestão das florestas. As equações alométricas surgem como forma alternativa de recolha dos níveis de biomassa, face aos métodos tradicionais de natureza intrusiva e destrutiva. Estas equações apresentam como variáveis de entrada os valores de determinadas características das árvores como o diâmetro do tronco e a altura da árvore. A densidade da copa também apresenta influência na quantidade de biomassa produzida. O objetivo deste estudo é comparar a recolha destas grandezas através de medições diretas, da tecnologia LiDAR (*Light Detection and Ranging*), mais especificamente TLS (*Terrestrial Laser Scanning*), utilizando o equipamento FARO Focus S70, e da fotogrametria com recurso a um UAV (*Unmanned Aerial Vehicle* ou drone) DJI Mini 3 para recolher as imagens.

A zona de estudo engloba uma seleção de três árvores (A, B e C) no Jardim do Pavilhão de Química do Instituto Superior Técnico, na Universidade de Lisboa, numa área com cerca de 10x10 m². As árvores A e C pertencem à espécie *Prunus cerasifera* e árvore B à espécie *Ligustrum lucidum*. A árvore A apresenta uma copa relevante. As restantes apresentam copas sem grande relevância para o estudo (praticamente ou mesmo inexistentes). Primeiramente, foram realizadas medições com fita métrica (com uma incerteza de leitura associada de ± 0.05 m) do perímetro do tronco a uma altura igual a 1.30 m, de acordo com a literatura e depois convertidas para diâmetro, assumindo uma forma perfeitamente circular do tronco. Nas árvores B e C, devido às ramificações dos respetivos troncos antes de 1.30 m de altura, medi-se imediatamente antes das bifurcações. A altura foi obtida recorrendo ao método clássico com uma estação total. De seguida, com o *laser scanner* foram recolhidos quatro scans a cobrir a zona de estudo, com o auxílio de três alvos esféricos. A resolução escolhida para cada foi 7.7 mm a 10 m (1/5) e selecionou-se que seriam emitidos três pulsos, demorando cerca de seis minutos cada *scan*. As nuvens de pontos foram fundidas numa, no software *Recap Photo* da *Autodesk*. Finalmente, com o drone, foram capturadas 115 fotografias e transferidas para o software *Meshroom*, da qual resultou uma nuvem de pontos.

Após serem efetuadas as medições, foram analisados os resultados obtidos em termos de precisão, qualidade e densidade, para cada uma das três árvores. Na árvore A, os resultados da fotogrametria revelaram-se ineficazes, uma vez que apresentavam baixa precisão, devido à densidade da folhagem das árvores e à impossibilidade de obter uma nuvem de pontos aceitável, privilegiando a tecnologia LiDAR. Nas árvores B e C, as nuvens de pontos geradas pela fotogrametria e pelo LiDAR foram bem-sucedidas, no entanto, o segundo método revelou-se novamente mais satisfatório nos parâmetros. Relativamente à altura da árvore, o LiDAR foi aquele que apresentou melhores resultados, também como se esperava.

No cálculo da biomassa, a tecnologia LiDAR, foi aquela que permitiu obter medidas mais próximas dos valores calculados tendo como base a literatura, devido ao elevado nível de detalhe oferecido. Como expectável, a árvore A com maior copa e altura apresentou o maior valor de biomassa, tendo em conta que os diâmetros dos troncos eram semelhantes. Por outro lado, devido à menor precisão na reprodução das copas, a fotogrametria revelou-se um método fiável apenas na biomassa proveniente dos troncos.



Sistema de monitorização para a gestão e controlo das ajudas diretas aos agricultores no contexto da Política Agrícola Comum (PAC) com base em imagens Sentinel-2: o caso de Portugal Continental

Ana NAVARRO*¹, Inês SILVA², João CATALÃO¹ e João FALCÃO³

¹ Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Instituto Dom Luiz, Lisboa, Portugal

² Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Lisboa, Portugal

³ Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas (IFAP), 1649-034 Lisboa, Portugal

(acferreira@ciencias.ulisboa.pt; inescrv@gmail.com; jcfernandes@ciencias.ulisboa.pt; Joao.Falcao@ifap.pt)

Palavras-chave: Política Agrícola Comum (PAC), Sentinel-2, Aprendizagem Automática, Sistema de Monitorização Automática

Resumo: Os Estados Membros da União Europeia foram incentivados a desenvolver novos procedimentos, baseados na análise automática de dados de Observação da Terra (OT), para a gestão e controlo das ajudas diretas aos agricultores, como parte da reforma da Política Agrícola Comum (PAC) ocorrida em 2020. Lançada em 1962, a PAC tem cumprido com sucesso os seus objetivos originais de apoiar o rendimento dos agricultores e ainda de apoiar o dinamismo e a viabilidade económica das comunidades rurais através de medidas de desenvolvimento rural. Uma grande parte do orçamento da PAC, correspondendo a aproximadamente 40 mil milhões de euros, é gerida e controlada pelo Sistema Integrado de Gestão e Controlo (SIGC). Este sistema, implementado a nível nacional através dos Institutos de Financiamento de cada Estado Membro, permite a gestão e o controlo dos pagamentos diretos das ajudas aos agricultores, assegurando uma correta atribuição dos subsídios por hectare de área com ocupação elegível, a prevenção e identificação de irregularidades, a recuperação de pagamentos indevidos e o apoio aos agricultores na submissão de candidaturas. Com esta reforma é pretendido que os dados de OT assumam um papel relevante no melhoramento da relação custo-benefício dos SIGC, destacando a mais-valia da utilização dos dados dos satélites Sentinel na modernização e simplificação da PAC no horizonte pós-2020. Como tal, é proposto um sistema de monitorização ao nível da parcela agrícola, baseado em dados dos satélites Sentinel-2 e em algoritmos de aprendizagem automática, que permita substituir a atual tarefa de verificação no terreno (*on-the-spot checks*) de 5% dos dados declarados pelos agricultores, a qual constitui um processo complexo, dispendioso e moroso, requerendo a deslocações ao local de técnicos qualificados. O sistema consiste numa abordagem hierárquica assente num sistema de “semáforos”, devolvendo um alerta com 3 cores possíveis: verde quando o tipo de cultura está em conformidade com a declaração do agricultor, vermelho quando a conformidade não é verificada e amarelo em casos inconclusivos. Estes alertas são gerados à medida que os dados de OT vão alimentando o sistema permitindo, no decorrer do ano agrícola, não só informar proativamente os agricultores no caso de eventuais problemas no desenvolvimento da cultura, mas também prevenir falsas declarações. Numa primeira etapa, são utilizados índices de vegetação e métricas temporais, derivados de uma série anual de imagens Sentinel-2 interpoladas a cada 5 dias, para detetar parcelas com atividade agrícola ao longo do ano com base numa função distribuição cumulativa, sendo estas consideradas como parcelas “conformes”. Estas parcelas são de seguida utilizadas para treino de um algoritmo de aprendizagem automática (*Random Forest*) para produzir um mapa de culturas preliminar, em que todas as parcelas cuja predição de cultura coincida com a que consta na declaração do agricultor, são sinalizadas como “conformes”. É ainda adotada uma etapa de refinamento com o objetivo de melhorar a discriminação entre culturas temporárias e permanentes, recorrendo ainda a dados de textura e a um algoritmo de vetores de suporte (*Support Vector Machine*), usando de novo apenas parcelas previamente identificadas como “conformes”. Por fim, através de um sistema de regras de decisão, são produzidos alertas coloridos para cada parcela agrícola com base na predição obtida na etapa anterior. O sistema foi testado numa área significativa de Portugal Continental, utilizando os dados do Sistema de Identificação Parcelar (SIP) referentes ao ano agrícola de 2019. As regiões agrícolas de Montemor-o-Velho, Ribatejo e Alentejo Litoral foram escolhidas por apresentarem uma maior diversidade de culturas e características climáticas distintas. Com a utilização deste sistema para controlo das culturas declaradas em 2019 foram identificadas 96.5% de parcelas “conformes”, tendo sido as restantes identificadas como “não-conformes” (1%) e “inconclusivas” (2.5%). A validação da predição efetuada com base em inspeções no terreno revelou que apenas 1.1% das declarações corretas foram erradamente classificadas pelo sistema como “não-conformes” (5.5% como valor máximo admissível), e que menos de 5% das falsas declarações não foram detetadas pelo sistema (10-20% valores máximos admitidos).



O uso de imagens Sentinel-2 no mapeamento e monitorização de coberturas verdes: O Caso de Estudo de Lisboa

Joana Marta PERNES*¹, Ana Paula FALCÃO², Vasco MIRANDA³ e Cristina Matos SILVA²

¹ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa (Portugal)

² CERIS - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa (Portugal)

³ CERENA - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa (Portugal)

(joana.pernes@tecnico.ulisboa.pt; ana.p.falcao@tecnico.ulisboa.pt; vasco.miranda@tecnico.ulisboa.pt;
cristina.matos.silva@tecnico.ulisboa.pt)

Palavras-chave: Coberturas Verdes, Sentinel-2, WorldView-2 Índices de vegetação, Machine Learning, Integração de dados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica, Município de Lisboa.

Resumo: A tendência de intensificação de construção em áreas urbanas potencia o desenvolvimento do fenómeno das ilhas de calor urbanas, traduzindo-se este no aumento da temperatura do ar entre 2 a 5%. Das várias estratégias identificadas para mitigar este efeito, o recurso à construção de coberturas verdes têm sido apontada como muito promissora por permitir alterar o microclima local de forma a contrariar o aumento da temperatura do ar.

As coberturas verdes, mais comumente instaladas no topo de edifícios, mas também ao nível do solo se a infraestrutura se prolonga para o subsolo, definem-se como um conjunto de três estratos (estrato de vegetação, substrato e estrato de drenagem), que facilitam e promovem o crescimento de vegetação. Entre as vantagens das coberturas verdes incluem-se a retenção de água das chuvas, ajudando na prevenção de cheias na cidade, e o papel de isolamento térmico e sonoro. Ao nível do planeamento urbanístico dispor do mapeamento atualizado das coberturas verdes é da máxima importância, porém esta tarefa é bastante dificultada pela inexistência de informação geográfica atualizada: a falta de informação relativa aos limites do edificado no subsolo (por exemplo a identificação inequívoca dos limites das garagens em cave ou dos parques subterrâneos), a ausência de informação relativa à época de construção dos edifícios e tipo de cobertura e ainda a heterogeneidade dos metadados e das infraestruturas de dados espaciais.

O presente estudo concentra-se no mapeamento das coberturas verdes em Lisboa, utilizando imagens multiespectrais Sentinel-2 e WorldView-2 disponibilizadas pela Agência Espacial Europeia em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica. Este estudo surge como etapa do projeto de investigação GRAVITY, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (2022.02093.PTDC), cujo objetivo é explorar de que forma os telhados/coberturas verdes e paredes verdes permitem suportar a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas nos centros urbanos em prol dos objetivos climáticos.

A metodologia desenvolvida visou primeiramente agregar as coberturas verdes em tipologias, geométricas e não-geométricas, e de acordo com essa classificação mapear as respetivas coberturas por: i) combinação de índices de vegetação com operações de análise espacial; ii) aplicação de algoritmos de classificação por machine learning. De um total de 61 917 edifícios para o município de Lisboa foram identificados 175 recorrendo à primeira abordagem e estão em validação os resultados da segunda abordagem.

SESSÃO 4A

GNSS / ANÁLISE, PROCESSAMENTO E APLICAÇÕES



Modernização da Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS

Ana BERNARDES¹, Helena RIBEIRO*¹, Ana MEDEIRO¹, e Paulo PATRÍCIO¹

¹ Direção-Geral do Território, Lisboa

(abernardes@dgterritorio.pt; hribeiro@dgterritorio.pt; amedeiro@dgterritorio.pt; ppatricio@dgterritorio.pt)

Palavras-chave: ReNEP, GNSS, DGT, RTK, Geodesia, Coordenadas, ETRS89

Resumo: A Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS (*Global Navigation Satellite System*) – ReNEP, é um serviço público de geoposicionamento prestado pela Direção-Geral do Território (DGT). A ReNEP conta com 47 Estações Permanentes (EP), que garantem uma cobertura eficaz do território para trabalhos de posicionamento em tempo real (RTK) e para a definição do Referencial Geodésico Nacional.

Os dados de 6 destas EP contribuem para a definição dos sistemas de referência regionais, pertencendo à rede EPN (*EUREF Permanent Network*), e 3 destas pertencem também à rede IGS (*International GNSS Service*) contribuindo para a definição do referencial global.

No esforço contínuo de modernização e prestação de um serviço de qualidade, no final de 2022 a DGT adquiriu 28 novas estações (recetor e antena) GNSS que permitem a receção dos sinais das constelações GPS, GLONASS, GALILEO e BEIDOU, e procedeu também à atualização do programa de gestão da rede, que permite o processamento e difusão de correções diferenciais destas 4 constelações, aumentando deste modo a precisão do posicionamento em tempo-real (RTK) e em pós-processamento.

Atualmente já estão instaladas 24 estações, sendo que está previsto que as restantes 4 sejam instaladas até ao final do presente ano.

A instalação das novas estações implicou, também, a manutenção dos suportes das antenas e a mudança do respetivo cabo de antena. Em algumas das estações a fixação destas estruturas não garantia a estabilidade necessária e espectável, assim houve a necessidade de proceder à sua substituição e/ou realocização. Em todos os casos em que a posição foi alterada, optou-se pela criação de uma nova estação (novo ID e novo *Mount Point*).

Assim, até ao final deste ano todas as estações da ReNEP, da responsabilidade da DGT, vão rececionar e disponibilizar as correções diferenciais das constelações GPS, GLONASS e GALILEO, com 28 destas EP a disponibilizarem ainda o sinal da constelação BEIDOU.

Além das correções diferenciais para trabalhos em RTK, a DGT disponibiliza, também em regime de dados abertos, os ficheiros RINEX horários a 5 segundos para pós-processamento no seu fto (<ftp://ftp.dgterritorio.pt/ReNEP/>), bem como, os serviços WMS e WFS (<https://www.dgterritorio.gov.pt/dados-abertos>).



Processamento de séries de dados GNSS das estações permanentes localizadas no Observatório Astronómico da Universidade do Porto

José Alberto GONÇALVES*^{1,2}, André PINHAL¹, Américo MAGALHÃES¹, Clara LÁZARO^{1,2} e Luísa BASTOS^{1,2}

¹ DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 4169-007 Porto

² CIIMAR, Universidade do Porto, 4450-208 Matosinhos

(jagoncal@fc.up.pt, apinhal@fc.up.pt, americo.magalhaes@fc.up.pt, clazaro@fc.up.pt, lcbastos@fc.up.pt)

Palavras-chave: GNSS, séries temporais, PPP, variações sazonais

Resumo: Está em funcionamento no Observatório Astronómico da Universidade do Porto (OAUP), desde fevereiro de 2010, uma estação GNSS permanente, integrada na rede mundial RTX da Trimble. Adquire dados das quatro constelações: GPS, Glonass, Galileo e Beidou, à cadência de um segundo. É também nas instalações do OAUP que se encontra a estação permanente GAIA, da Rede Nacional de Estações Permanentes (ReNEP), mantida pela Direção Geral do Território (DGT). A informação adquirida pelas duas estações possui uma extensão temporal significativa, no caso da estação GAIA desde 1999, o que permite avaliar a evolução das suas posições ao longo do tempo.

Este artigo apresenta o resultado do processamento de dados destas duas estações, entre 2010 e 2022. Foi utilizado o serviço de processamento canadiano CSRS PPP (*Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning*), que faz posicionamento absoluto PPP de ficheiros RINEX à cadência de 30 segundos. Foram processados ficheiros de observação de 24 horas, o que permite atenuar efeitos cíclicos ao longo do dia. Os ficheiros de 24 horas foram obtidos agrupando ficheiros de uma hora, reamostrados para 30 segundos, não tendo sido considerados os dias em que havia falta de um ou mais ficheiros de uma hora. No caso da estação GAIA foram utilizados ficheiros de 24 horas a 30 segundos fornecidos pela DGT. No caso das duas estações foram consideradas apenas observações da constelação GPS, uma vez que o CSRS PPP não permite ainda processar dados Galileo ou BeiDou.

Os ficheiros RINEX foram submetidos ao serviço CSRS-PPP em arquivos comprimidos com tamanho até 300 Mbytes, o que permitiu submeter, em média, ficheiros de cerca de 200 dias de cada vez. Foi processado um total de 3608 dias no caso da estação Trimble (79% dos dias do período analisado) e 4348 dias no caso da estação GAIA (95%). O serviço utiliza efemérides precisas e informação corrigida dos relógios dos satélites, processa cada ficheiro e retorna um relatório de processamento com as coordenadas e desvios padrão obtidos. Observaram-se, em geral, desvios padrão de aproximadamente 5 mm nas coordenadas geográficas e 10 mm na altitude.

As coordenadas resultantes, latitude, longitude e altitude, referem-se à época de observação e a variação temporal das coordenadas planimétricas é evidente na análise das suas séries temporais. Fizeram-se análises de regressão linear das séries temporais, para ambas as estações, das quais resultaram valores aproximados de 25 mm/ano na direção nordeste, como esperado. Analisaram-se os erros médios quadráticos das regressões, que foram próximos de 2 mm, nas duas coordenadas e nas duas estações, mas um pouco maiores no caso da estação GAIA. Esta estação teve duas mudanças de antena, que podem ser detetadas nas séries temporais através de descontinuidades de poucos milímetros, que têm de ser ajustadas para se fazer uma análise global da série.

Na análise da altitude não se observaram tendências sistemáticas de crescimento ou decrescimento. Para a estação Trimble obteve-se, para os 3608 dias processados, um desvio padrão de 4.3 mm e uma amplitude de valores de 30.4 mm. No caso da estação GAIA obtiveram-se valores superiores, com um desvio padrão global de 6.8 mm. As menores variações na estação Trimble poderão dever-se a não ter havido mudança de antena durante o período analisado, mas também ao facto de estar montada diretamente num pilar, ao contrário da estação GAIA cuja antena está montada numa estrutura elevada. Nas altitudes observaram-se também variações sazonais, com período de um ano e amplitude de cerca de 4 mm.

Os resultados confirmam o potencial da técnica PPP, assim como a fiabilidade do serviço CSRS-PPP.



Uma investigação do ruído e da estabilidade das estações GNSS da ReNEP

Machiel BOS*¹ e André SÁ^{1,2}

¹TeroMovigo – Earth Innovation, Portugal

²Politécnico da Guarda, Portugal

(machiel.bos@teromovigo.com)

Palavras-chave: GNSS, sistemas de referência, aplicações em código aberto

Resumo: Em Portugal continental, a Direção-Geral do Território (DGT) mantém uma rede de mais de 50 estações GNSS permanentes (CORS), denominada ReNEP. As suas posições calculadas definem o sistema de referência PT-TM06/ETRS89 para Portugal. O sistema de referência é fixado à placa tectónica euro-asiática, da qual Portugal continental faz parte, e assume-se que não existem deformações internas. Esta rede é utilizada por muitos topógrafos nas suas campanhas para fixar as coordenadas dos seus pontos. Se os dados forem analisados em modo de pós-processamento diferencial estático, é possível obter precisões ao nível do mm. Assim, é importante que a estabilidade da rede seja garantida a este nível de precisão. Em 2017, foram analisadas séries temporais de coordenadas da ReNEP para investigar este aspeto, mas como já passaram seis anos desde o estudo, é necessária uma atualização.

Nesta investigação, selecionámos todas as estações que estão em funcionamento há pelo menos 3 anos, o que resultou num subconjunto de 34 estações. As soluções GNSS diárias foram obtidas a partir do serviço do Laboratório Geodésico do Nevada, que processa os dados RINEX com o software GipsyX, utilizando modelos e padrões consistentes com o IGS14. Utilizando o nosso software HectorP (código aberto), ajustámos um modelo geral, constituído por uma tendência linear, um sinal anual e saltos, às séries temporais de coordenadas. A época dos saltos foi retirada dos ficheiros de registo no M3G (<https://gnss-metadata.eu/>). A vantagem do HectorP é que utiliza o método de Estimativa de Máxima Verosimilhança (MLE) para estimar tanto o modelo padrão como as propriedades do ruído dentro da série temporal. Desta forma, podemos verificar se o ruído na série temporal não apresenta quaisquer anomalias.

Para além de um estudo das propriedades do ruído, detetámos saltos adicionais que não estavam listados nos ficheiros de registo, mas que podem afetar a posição das estações ao nível do cm. Em algumas estações, encontramos grandes sinais anuais que podem indicar alguns problemas térmicos do monumento, uma vez que a carga atmosférica produz um sinal demasiado pequeno para explicar este fenómeno.

Finalmente, apresentaremos a estabilidade a longo prazo das estações, apresentando a taxa de subsidência em todas as estações. Subtraímos o modelo de placa tectónica ITRF2014 das observações para investigar se a hipótese de não haver deformação interna da rede ainda se mantém.



Tomografia GNSS do Vapor de Água Atmosférico: Sem Restrições e Utilizando Estações de Baixo Custo

Pedro MATEUS*¹, Pedro MIRANDA¹ e João CATALÃO¹

¹ Instituto Dom Luiz (IDL), Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal

(pjmateus@ciencias.ulisboa.pt; pmmiranda@ciencias.ulisboa.pt; jcfernandes@ciencias.ulisboa.pt)

Palavras-chave: GNSS, vapor de água, inversão tomográfica

Resumo: O conhecimento da distribuição tridimensional do vapor de água é um objetivo crucial na observação atmosférica, mas tem sido desafiador, dada a sua variabilidade espacial e temporal. É proposto um novo método de tomografia do vapor de água, baseado exclusivamente em observações do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), que fornecem uma capacidade de monitorização contínua, de baixo custo, e com boa precisão do perfil do vapor de água [1,2]. O algoritmo tomográfico desenvolvido foi testado com base em observações *in situ* (radiossondas). O método não requer uma primeira estimativa, não contém restrições específicas sobre a variabilidade da densidade do vapor de água no domínio tomográfico, e é capaz de produzir resultados razoáveis a uma resolução horizontal de 3-6 km e vertical de 250-500 m a partir de uma janela de observações de 5-30 min, dependendo da interdistância entre estações GNSS. O método foi testado na região da grande Lisboa durante um episódio de intrusões de ar seco acima da camada limite (≈ 2 km), e na região de Manaus, Brasil, região pouco observada por sistemas *in situ* e conhecida pela elevada variabilidade do vapor de água em diferentes escalas de tempo, que em parte é controlado pela dinâmica de um jato permanente de baixo nível que transporta vapor de água do Oceano Atlântico tropical para a bacia do Amazonas e, a partir daí, para os extratropicais até à bacia da Prata [3]. Em paralelo, aplicamos o algoritmo desenvolvido à rede GNSS da região da grande Lisboa, que integra, pela primeira vez, estações permanentes e estações de baixo custo que observam as quatro constelações (GPS, GLONASS, Beidou e GALILEO). Esta rede foi implementada no âmbito do projeto Meteorologia GNSS e InSAR: melhorando a previsão de convecção húmida (STORM), que visa desenvolver e aplicar técnicas de tomografia GNSS multi-constelação (usando estações de baixo custo) para uma melhor compreensão e previsão de processos convectivos húmidos, em particular, os extremos de precipitação severa que tem vindo a aumentar na última década.

[1] Miranda, P. M. A., & Mateus, P. (2021). A new unconstrained approach to GNSS atmospheric water vapor tomography. *Geophysical Research Letters*, 48, e2021GL094852. <https://doi.org/10.1029/2021GL094852>

[2] Miranda, P. M. A., & Mateus, P. (2022). Improved GNSS water vapor tomography with modified mapping functions. *Geophysical Research Letters*, 49, e2022GL100140. <https://doi.org/10.1029/2022GL100140>

[3] Mateus, P., & Miranda, P. M. A. (2022). Using InSAR data to improve the water vapor distribution downstream of the core of the South American Low-Level Jet. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2021JD036111. <https://doi.org/10.1029/2021JD036111>

Este estudo foi financiado pela FCT-Instituto Dom Luiz no âmbito dos Projetos UIDB/50019/2020- IDL e EXPL/ CTA-MET/0671/2021.



X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia

Informação Geoespacial para os objetivos do desenvolvimento sustentável

02-03 Nov. 2023 Instituto Politécnico da Guarda

Posicionamento GNSS com smartphone em linhas de bases longas

Américo MAGALHÃES^{*1}, José Alberto GONÇALVES^{2,3}, André PINHAL², Dalmiro MAIA¹ e Luísa BASTOS^{2,3}

¹ CIGGE, DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 4430-146 Vila Nova de Gaia

² DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 4169-007 Porto

³ CIIMAR, Universidade do Porto, 4450-208 Matosinhos

(americo.magalhaes@fc.up.pt; jagoncal@fc.up.pt; apinhal@fc.up.pt; dmaia@fc.up.pt; lcbastos@fc.up.pt)

Palavras-chave: Smartphone, GNSS, Posicionamento relativo, Zonas remotas, Atualização de cartografia

Resumo: A evolução dos smartphones nos últimos anos tornou este tipo de equipamento um dos mais indispensáveis na utilização do dia a dia. O acesso a um vasto número de funcionalidades, entre as quais o posicionamento, contribui para maior eficiência nos serviços e no bem-estar do utilizador, devido ao fácil manuseamento e disponibilidade a um custo competitivo.

É com base numa funcionalidade introduzida em alguns smartphones com o sistema operativo Android 7 (2016), que se tornou possível realizar este trabalho, devido à capacidade de aquisição de medidas de código e fase brutas de sinais GNSS (Global Navigation Satellite Systems), o que até então só era possível com recetores GNSS dedicados ao posicionamento de precisão. Desta forma, a exatidão que este tipo de equipamento apresenta com base num posicionamento em modo absoluto, na ordem do metro, pode ser melhorada para um rigor decimétrico recorrendo ao posicionamento em modo relativo.

Posteriormente, surgiu em 2018 uma outra funcionalidade, que foi a introdução em alguns smartphones do chip (Broadcom BCM47755) que permite a observação dos sinais GNSS de dupla-frequência nas constelações do Galileo (E1, E5a) e do GPS (L1, L5). É assim possível a minimização significativa dos erros ionosféricos, o que não acontece utilizando apenas uma frequência. A utilização da banda L5 traz ainda mais vantagens: por se tratar de um sinal forte e robusto, diminui o risco de interferências e aumenta a supressão dos sinais refletidos, para além de permitir uma melhor resolução da ambiguidade da fase em bases longas (ESA (2018)).

Este artigo apresenta os resultados da avaliação do posicionamento estático com um smartphone com as características acima referidas, em modo relativo com linhas de bases longas. O trabalho foi distribuído por 5 levantamentos dos pilares da base calibração existente no Observatório Astronómico “Prof. Manuel de Barros” em diferentes datas e com diferentes períodos de observação, com um smartphone Xiaomi Mi8, totalizando um acumulado de 12 horas observações à cadência de 1 segundo. O facto deste equipamento permitir apenas o acesso a uma frequência nas constelações do BeiDou e do GLONASS levou a que estes dados fossem descartados da avaliação.

Depois de obtidas posições em pós-processamento com o programa RTKLib, utilizando as estações de referência de Gaia (0.2 km), Vigo (121 km), Cascais (277 km) e Ceuta (645 km), os resultados foram comparados com as coordenadas conhecidas dos pilares, obtendo-se os erros médios quadráticos inferiores ao decímetro nas linhas de base mais pequenas e com valor máximo de 30 cm para a base mais longa (Ceuta).

Se juntarmos a este rigor posicional com bases longas, as outras características como a facilidade de transporte e manuseamento, a disponibilidade de câmaras de alta resolução e o fator do custo, podemos afirmar que este equipamento poderá ser uma mais valia como ferramenta de georreferenciação em alguns contextos. São exemplo disso os levantamentos de redes de apoio topográfico, levantamentos cadastrais ou verificação de cartografia em locais remotos, onde as redes de estações GNSS permanentes são um recurso escasso ou até inexistente, como em África. Estes equipamentos podem assim para contribuir para um desenvolvimento dessas comunidades.



Qual a precisão conseguida no posicionamento GNSS com processamento online?

Dora ROQUE¹ e José Nuno LIMA*¹

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa

(droque@lnec.pt; jnplima@lnec.pt)

Palavras-chave: GNSS, Geodesia, online, software, monitorização, precisão

Resumo: Nos últimos anos têm aparecido na internet várias aplicações para o processamento automático das observações GNSS (*online GNSS software processing*). São serviços disponibilizados por instituições e empresas com larga experiência no desenvolvimento de *software* e *hardware* para o GNSS. Sendo, por isso, serviços de grande credibilidade e, sobretudo, de muita utilidade com precisão geodésica. Para esta apresentação, foi escolhido o serviço do *Canadian Space Reference System* (CSRS-PPP) que utiliza o processamento do tipo *Precise Point Positioning* (PPP). Os resultados obtidos através deste serviço foram analisados através da sua comparação com resultados obtidos para os mesmos dados com um *software* comercial.

No *Campus* do LNEC estiveram durante três anos duas estações GNSS, em observação contínua, distanciadas uma da outra cerca de 40 m. A estação de referência estava instalada num varão metálico localizado no topo do edifício Gulbenkian, enquanto a segunda estação estava sobre um suporte metálico cravado numa sapata de betão no relvado adjacente ao edifício. Foram utilizados dois recetores Topcon GB-1000, com antenas *choke ring*. As observações foram efetuadas em modo estático, a cada 30 segundos, tendo sido utilizados dados das constelações GPS e GLONASS.

Para a comparação entre diferentes soluções de processamento, foi considerado o intervalo de tempo entre outubro e dezembro de 2017. O processamento de referência foi efetuado com o *software* Pinnacle da Topcon. As observações foram tratadas para obter soluções diárias. Foram determinados os deslocamentos da antena no relvado em relação à antena no edifício, através do método de posicionamento relativo.

No caso do CSRS-PPP, este serviço aceita observações GNSS em formato RINEX (*Receiver INdependent Exchange*). Os ficheiros foram submetidos numa plataforma *online* para processamento através deste método. Os resultados foram disponibilizados por e-mail, poucos minutos após a sua submissão, e contêm diversos ficheiros de texto com informação sobre a posição, correção troposférica e relógio, para cada estação. Este método foi utilizado para obter as coordenadas tridimensionais de cada uma das estações GNSS através de posicionamento absoluto. Os deslocamentos da estação no relvado em relação à estação no edifício foram determinados posteriormente, a partir das coordenadas, para serem comparados com os deslocamentos obtidos com o Pinnacle.

Comparando os resultados obtidos pelos dois métodos, verificou-se que a incerteza associada aos resultados do CSRS-PPP foi uma ordem de grandeza superior à do Pinnacle. No Pinnacle, a incerteza média em M e P foi de 0,4 mm, enquanto no CSRS-PPP foi de 4,8 mm em M e 2,7 mm em P. Na componente vertical, no Pinnacle foi obtido o valor 1,0 mm, enquanto no CSRS-PPP atingiu-se o valor 10,9 mm.

PPP é um processamento muito rápido e eficiente para se obter coordenadas com precisão centimétrica. No entanto, com este tipo de processamento não é possível obter a qualidade do posicionamento relativo em pós-processamento. Isto deve-se, essencialmente, a duas razões: a impossibilidade de se resolver as ambiguidades da fase portadora e desprezar a correlação entre as estações e as correções dos relógios dos recetores.

Dado que os dados analisados são anteriores a 2018, o estudo não beneficiou das melhorias introduzidas no serviço CSRS-PPP a partir de janeiro desse ano.



Algoritmo de seleção de satélites GNSS para otimizar uma solução para aplicações de condução autónoma

Tiago GONÇALVES*^{1,2}, Gianmarco FEDELI¹, Clara LÁZARO^{2,3}, Hélder SILVA⁴ e Telmo VIEIRA^{2,3}

¹ Bosch Car Multimedia, 4701-970, Braga (Portugal)

² DGAOT, Faculty of Sciences, University of Porto, Porto (Portugal)

³ Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research (CIIMAR), Matosinhos (Portugal)

⁴ Algoritmi Research Centre, University of Minho, Braga (Portugal)

(Tiago.Goncalves4@pt.bosch.com; Gianmarco.Fedeli@pt.bosch.com; clazaro@fc.up.pt; hdsilva@dei.uminho.pt; telmo.vieira@fc.up.pt)

Palavras-chave: Seleção de Satélites; GNSS; WPDOP; Complexidade Computacional; Condução Autónoma

Resumo: Nos últimos anos, a quantidade de satélites dos sistemas globais de navegação por satélite (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) aumentou de forma significativa. Uma elevada disponibilidade de satélites pode ter impactos positivos em diferentes aplicações como a aviação e a condução autónoma, melhorando substancialmente a precisão do posicionamento e otimizando a eficiência do serviço. No entanto, a abundância de satélites tem consequências indesejáveis nas aplicações referidas, nomeadamente o aumento inevitável da complexidade computacional e maior consumo energético para o recetor. Um algoritmo de seleção de satélites pode enfrentar esses desafios selecionando um subconjunto com um menor número de satélites, comparado com o número total de satélites visíveis, com precisão posicional comparável ou superior. Este estudo apresenta um algoritmo de seleção de satélites GNSS em aplicações de condução autónoma, que incorpora vários fatores, incluindo a elevação dos satélites e a força do sinal. O algoritmo identifica o subconjunto ideal de satélites aplicando um método designado por Sequential Updating Method (SUM) para gerar vários subconjuntos e, posteriormente, comparar o valor do Weighted Dilution of Precision (WPDOP) destes subconjuntos. O que possuir o menor valor de WPDOP é selecionado para a obtenção de uma solução de posicionamento. O algoritmo é comparado com outros algoritmos já existentes e descritos na literatura, sendo o seu desempenho avaliado em um cenário dinâmico, sob condições desafiadoras que ocorrem tipicamente no contexto da condução autónoma. Os resultados mostram que a metodologia introduzida é adequada para a aplicação-alvo, devido à sua capacidade de selecionar o conjunto de satélites que permite alcançar uma solução de posicionamento mais precisa e uso de diversos fatores para selecionar esse mesmo subconjunto, reduzindo simultaneamente o tempo de computação.

SESSÃO 4B

GNSS / ANÁLISE, PROCESSAMENTO E APLICAÇÕES



Impacto da parametrização do algoritmo Random Forest na determinação da profundidade na região costeira através de imagens PlanetScope

Rúben SANTOS^{*1,2} e Rui QUARTAU^{1,2}

¹ Instituto Hidrográfico – Marinha

² Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Instituto Dom Luiz

(ruben.santos@hidrografico.pt; rui.quartau@hidrografico.pt)

Palavras-chave: Machine Learning, Random Forest, Batimetria, Satélite, PlanetScope

Resumo: Este estudo foi realizado numa região onde a aquisição e atualização da batimetria é bastante dispendiosa por meio de métodos convencionais, levando ao desconhecimento de mais de 50% da morfologia do fundo marinho nas áreas costeiras. Nas últimas décadas, a comunidade científica tem desenvolvido algoritmos capazes de determinar a profundidade através de imagens adquiridas por satélite, a fim de obter informação atualizada na região costeira. O Instituto Hidrográfico (IH) tem vindo a desenvolver metodologias para melhorar a informação nesta região, empregando algoritmos empíricos, físicos e estatísticos. Os modelos empíricos são de aplicação simples e produzem resultados com resíduos entre 1.5 e 2.0 m, quando comparados com dados acústicos. Por outro lado, a implementação de modelos físicos é uma tarefa complexa, exigindo recursos computacionais substanciais e de um conjunto abrangente de parâmetros sobre a coluna de água. No entanto, estes modelos permitem obter resultados mais precisos, com resíduos entre os 0.7 e 1.2 m. No que diz respeito aos modelos estatísticos, incluindo algoritmos de *Machine Learning*, eles também requerem recursos computacionais significativos, mas permitem obter resultados com resíduos na ordem de 0.4 e 1.0 m, sendo estes resultados interessantes para a determinação da profundidade. O presente estudo tem como objetivo analisar a influência da parametrização do algoritmo de *Machine Learning*, o *Random Forest* (RF), na determinação da profundidade na região costeira de Tavira. Para isso, foram selecionadas 15 imagens da constelação da *PlanetScope*, com uma resolução espacial de 3.0 m e com 4 bandas espectrais: azul (B1), verde (B2), vermelho (B3) e infravermelho próximo (B4), adquiridas entre agosto e outubro de 2018, de forma a cobrir o levantamento topo-hidrográfico (LTH) decorrido em setembro de 2018. Os dados adquiridos pelo LTH deram origem ao Modelo Digital de Elevação de Referência (MDER) com uma resolução espacial de 0.30 m e com referência vertical ao Zero Hidrográfico. O MDER foi disponibilizado pelo Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental da Agência Portuguesa do Ambiente. A altura da maré, no momento de aquisição das imagens, foi determinada através de dados modelados para o marégrafo de Faro – Olhão e fornecidos pelo IH. Após a correção do efeito da atmosfera nas imagens, as profundidades do MDER foram corrigidas da altura de maré existente no momento de aquisição de cada imagem. Esta informação corrigida permitiu gerar um conjunto de dados de entrada para o algoritmo RF, composto pelas profundidades, reflectâncias das bandas B1, B2, B3, B4, e pelo rácio $\log(B3)/\log(B2)$. Cada linha deste conjunto de dados representa a informação correspondente à localização de um pixel do MDER. Esta informação permitiu estudar o impacto da parametrização na determinação da profundidade, através da variação do número de árvores de decisão (50, 100, 200) e da percentagem de dados utilizada no treino do modelo (50, 70, 80, 90, 95). Foi aplicado o modelo a cada uma das imagens de satélite e assim obteve-se 15 superfícies batimétricas. Os resultados desses modelos apresentam uma morfologia semelhante ao MDER, com variações altimétricas inferiores a 1.0 m. Para reduzir essas variações, aplicamos o algoritmo DBSCAN (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*), para agrupar as profundidades correspondentes à mesma localização, com base na densidade espacial, identificando as áreas densas como *clusters* e considerando os pontos isolados como ruído. Aos resultados obtidos pelo DBSCAN foi determinado o valor mediano da profundidade, resultando numa superfície batimétrica onde o desvio padrão das diferenças com o MDER variou entre 0.33 e 0.40 m. Os melhores resultados foram obtidos para modelos obtidos com mais amostras de treino. O número de árvores de decisão revelou-se sem impacto nestes resultados. O *score test* (R^2) aos modelos permitiu observar uma eficiência elevada do ajustamento do modelo aos dados teste. Todos os valores do teste variaram entre 0.89 e 0.90, concluindo que a parametrização dos modelos não tem qualquer impacto nestes resultados.

Estes resultados são promissores pois sugerem que seja possível a aplicação destes modelos (previamente treinados) a imagens de outros anos, sem que se tenha de ter uma superfície com profundidades de referência concomitante.



Mapeamento de afloramentos de pegmatitos NYF através de imagens de alta resolução do satélite Worldview-3

Douglas SANTOS^{*1,2}, Ariane MENDES², António AZZALINI, Joana CARDOSO-FERNANDES^{1,2}, Alexandre LIMA^{1,2} e Ana TEODORO^{1,2}

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal;

² Institute of Earth Sciences, FCUP pole, Porto, Portugal.

(douglas.santos@fc.up.pt)

Palavras-chave: Ocorrência de Subpixel, Critical raw materials, GREENPEG, Detecção Remota.

Resumo: Num mundo que procura cada vez mais descarbonizar os seus sectores, reduzir as emissões de carbono para a atmosfera e diminuir o impacto da atividade humana na natureza, existe uma necessidade crescente de novas tecnologias que respondam a esta procura "verde" e que permitam aos países desenvolverem-se sem negligenciar os seus objetivos ambientais e sociais. Com o aumento da procura destas tecnologias "verdes" surge também a procura de elementos necessários à produção e manutenção dessas tecnologias. Entre estes elementos, encontram-se os minerais designados por critical raw minerals (CRM) e os elementos de terras raras (rare earth elements – REE), cuja procura está a aumentar drasticamente a necessidade de localizar novos depósitos destes minerais. Os pegmatitos graníticos são uma importante fonte de metais raros como o lítio, tântalo, nióbio, berílio, cério, urânio, REE, entre outros. Este estudo enquadra-se nos objetivos do projeto H2020 GREENPEG, um projeto financiado pela eu, que tem 13 parceiros, entre instituições académicas e do sector privado, em mais de 6 países da União Europeia (<https://www.greenpeg.eu/>). Este projeto tem como objetivo desenvolver ferramentas de exploração inovadoras, competitivas e mais amigas do ambiente para localizar e expandir as reservas de pegmatitos das famílias Lithium-Caesium-Tantalum (LCT) e Niobium-Yttrium-Fluorine (NYF) a nível europeu. A deteção remota enquadra-se na fase de prospeção, desenvolvendo técnicas para a identificação de novos possíveis depósitos de pegmatitos. Este estudo aplica um método baseado em spectral unmixing, usando o Spectral Hourglass Wizard Workflow (SHW), para extrair e selecionar endmembers de pegmatitos das imagens WorldView-3. Posteriormente, esses endmembers foram utilizados para realizar uma classificação de subpixel por meio do algoritmo Mixture Tuned Matched Filtering (MTMF), para mapear possíveis afloramentos de pegmatitos no campo pegmatítico de Tysfjord na Noruega. Este trabalho mostra o potencial das imagens de satélite de alta resolução espacial (neste caso específico do Worldview-3) processadas com um método baseado em spectral unmixing para a exploração mineral numa área de ocorrência de subpixel. Os resultados são encorajadores e permitiram identificar 17 pontos e quatro áreas de interesse para prospeção de pegmatitos em Tysfjord. Esses resultados demonstram um grande valor para o campo científico da prospeção de pegmatitos.



Combinação de diferentes técnicas de deteção remota para a análise do efeito de Ilha de Calor Urbana em Bragança, Portugal

Cátia Rodrigues de ALMEIDA^{*1,2,3}, Artur GONÇALVES^{3,4} e Ana Cláudia Moreira TEODORO^{1,2}

¹Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Universidade do Porto (Portugal)

²Instituto de Ciências da Terra (ICT), Pólo da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Universidade do Porto (Portugal)

³Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Campus de Santa Apolónia, Bragança (Portugal)

⁴Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Campus de Santa Apolónia, Bragança (Portugal)

(up201600831@fc.up.pt; ajg@ipb.pt; amteodor@fc.up.pt)

Palavras-chave: Google Earth Engine; Temperatura de Superfície Terrestre; Zona Climática Local; Deteção Remota.

Resumo: Para viabilizar a vida dos habitantes em contexto urbano, são necessárias diversas alterações no uso e cobertura do solo, incluindo a construção de moradias, estradas e ferrovias, indústrias, comércios, etc. Essas adaptações podem culminar na supressão da vegetação, no aumento de áreas com materiais antropogénicos pouco permeáveis (como o asfalto) e na alteração do albedo local - que se refere à taxa de reflexão da energia eletromagnética pelas superfícies constituintes. Há estudos que avaliam como as alterações antrópicas influenciam o microclima local e, para minimizar a subjetividade tanto quanto possível e tornar os resultados comparáveis com outras áreas de estudos, aplicam a metodologia proposta por Oke (1984) e atualizada por Oke e Stewart (2012), que considera critérios como o uso e cobertura do solo, a altura das estruturas construídas e o objetivo da sua utilização (residencial, industrial, comercial, etc.) e classifica o local em uma Zona Climática Local (ZCL), a partir de uma lista de classificações/subclassificações com tipologias universais de paisagem urbana. A partir da classificação das ZCLs, é possível analisar o comportamento térmico superficial e, ao se constatar que as áreas classificadas como urbanas apresentam temperaturas mais elevadas do que as áreas vegetadas existentes no entorno, pode ocorrer um efeito denominado Ilha de Calor Urbano (*Urban Heat Island* - UHI). O UHI causa diversos impactos à vida humana e ao bioma local, como a alteração no movimento das massas de ar, influência na precipitação local, desconforto térmico, impacto no sono dos habitantes, depressão e até mortes associadas a doenças cardiovasculares. A análise do UHI pode ser realizada usando dados de Deteção Remota (DR) - que permite a obtenção de informações sem que haja contato físico direto entre o alvo e o sensor de aquisição dos dados. Entre os vários produtos que podem ser gerados a partir de dados de DR para estudos de UHI, a Temperatura de Superfície Terrestre (*Land Surface Temperature* - LST) é uma das mais importantes, pois está ligada aos fluxos de calor sensível, latente e radiativo na superfície da Terra e constitui uma variável na física dos processos locais e globais da superfície, ou seja, representa a temperatura radiométrica do conjunto de componentes no campo de visão do sensor e seu valor é recuperado pela estimativa da radiância emitida à superfície (obtida por uma correção atmosférica no sensor de radiância), e pela aplicação inversa da função de Planck, tendo em conta os efeitos da variação da emissividade. Este trabalho propõe-se a analisar o efeito de UHI em Bragança (Portugal), que, por ser uma região montanhosa, torna a identificação das causas do UHI mais desafiadora. Os trabalhos estão a ser desenvolvidos com o apoio do Instituto Politécnico de Bragança (IPB) e irão combinar dados provenientes de: i) sensores de DR (sensores *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer* (ASTER), Sentinel-3 e Landsat 8 e 9, entre 2012 e 2025); ii) sensores fixos *in situ*, que aferem a temperatura e humidade relativa do ar, também entre 2012 e 2025; iii) recolha de dados *in situ* com câmaras térmicas e equipamentos de monitorização portáteis (para obtenção de parâmetros de temperatura, humidade do vento e pressão atmosférica), nos períodos de inverno e verão (para avaliar a influência da sazonalidade), entre 2020 e 2025; iv) dois voos de drone em quatro pontos com diferentes ZCL, incluindo uma área rural e outra com característica urbana, para avaliar o efeito de UHI, sendo pelo menos um no verão e um no inverno entre 2024 e 2025. Os dados dos satélites serão processados na plataforma Google Earth Engine (GEE) e no software ArcGIS e, os dos drones, no software Agisoft. Serão aplicados algoritmos de Regressão Geográfica e de Inteligência Artificial, resultando em um modelo espacial capaz de associar o efeito da UHI em relação aos parâmetros de uso e cobertura do solo. Pretende-se que este trabalho contribua para a literatura devido à ausência de estudos que combinem os dados e os métodos propostos.



Inovação Agrícola Através da Detecção Remota

Jorge PEREIRA*¹, Ana MARGARIDA², Álvaro PINHEIRO¹, Tiago AFONSO¹, Machiel BOS¹, João NEVES² e André SÁ^{1,3}

¹ TeroMovigo – Earth Innovation, Portugal

² Universidade da Beira Interior, Portugal

³ Politécnico da Guarda, Portugal

(machiel.bos@teromovigo.com; ana.margarida.dias@ubi.pt; andre_sa@ipg.pt)

Palavras-chave: Detecção Remota, Agricultura de precisão, Inteligência Artificial, Deep Learning, Super Resolução, Viticultura

Resumo: De acordo com o Instituto da Vinha e do Vinho (IVV), Portugal é o 11º produtor mundial de vinho, com uma produção anual de 6.8 milhões de hectolitros em 2022, representando 3% da produção mundial de vinho.

A produção de vinhos de elevada qualidade produzidos de forma sustentável levou ao aumento da procura de estratégias baseadas em inovação digital para melhorar a gestão agrícola e resiliência às alterações climáticas. Neste âmbito, a deteção remota, através de sensores acoplados a Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) e Satélites tem ganho destaque devido à capacidade de avaliarem, embora a diferentes resoluções espaciais e espectrais, o estado nutricional das plantas, medir o stress hídrico entre outras informações relevantes e essenciais para a correta monitorização e avaliação das culturas. No entanto, ainda existem várias limitações associadas a estas tecnologias. Os VANT, incluindo os sensores e software de processamento apresentam elevados custos de aquisição, além da necessidade de operadores técnicos capacitados e dos custos fixos associados às especificidades de cada campanha. Em contraste, os dados de satélite (e.g., Sentinel-1 e Sentinel-2) são fornecidos gratuitamente e com revisitações periódicas a cada 5 dias pelas principais agências espaciais (e.g., ESA, NASA). No entanto, a baixa resolução espacial (10 m/px) destes dados tem restringido a sua aplicação em amplas áreas de cultivo (e.g., criação de mapas de distribuição de terrenos agrícolas), sendo raramente utilizados para tarefas de agricultura de precisão. O desafio é ainda mais pronunciado em culturas em linha, como as vinhas, devido à presença de entrelinhas (espaços entre as fileiras de vinha cultivada). Apesar desta limitação, além da possível captura deficiente devido a barreiras atmosféricas (nuvens), o uso de dados de satélite apresenta vantagens em termos de custo e escalabilidade, sendo possivelmente a solução tecnológica mais democrática no que refere ao acesso e uso deste tipo de soluções.

Este artigo apresenta uma estratégia para resolver esta limitação através do uso de métodos de super-resolução que permitem aumentar a resolução de imagens de muito baixa resolução. Assim, as imagens de alta resolução (3-5cm/px) obtidas por VANT e em combinação com as imagens obtidas por satélite (Sentinel-2) são usadas para treinar métodos que representam o estado-da-arte de super-resolução com vista a melhorar a resolução espacial de imagens de satélite e por sua vez a estimativa de parâmetros de fitossanidade das plantações agrícolas. Esta técnica está a ser implementada com dados obtidos numa vinha de 5,5ha pertencente a um dos associados da Adega Cooperativa de Pinhel, localizada na cidade de Pinhel (distrito da Guarda), onde 7 voos já foram realizados, acompanhando as diferentes fases da vinha. Os resultados apresentados mostram que o desempenho atual das abordagens de super-resolução permitem obter uma melhoria considerável na resolução das imagens de satélite.



Contributo da Engenharia Geoespacial na elaboração de um Regulamento de Toponímia e de Numeração de Polícia para o concelho de Coimbra

Jorge SIMÕES^{*1}, José-Paulo ALMEIDA^{1 2} e Virgínia MANTA³

¹ Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra

² Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC-C)

³ Município de Coimbra

(uc2009012235@student.uc.pt¹; zepaulo@mat.uc.pt²; virginia.manta@cm-coimbra.pt³)

Palavras-chave: Toponímia e Numeração de Polícia, Transportes e Navegação, Planeamento Espacial, Cidades Inteligentes, Tecnologias de Informação

Resumo: A definição de uma correta toponímia e numeração de polícia é um problema que as Administrações Locais continuam a enfrentar quando a omissão de um guião técnico ao nível nacional é ainda uma realidade. Os Municípios estabelecem as suas próprias regras tendo por base a liberdade que as competências constantes no regime jurídico das autarquias locais lhes concede, o que cria, por vezes, contradições face à metodologia utilizada noutros concelhos, ainda que vizinhos, o que tem vindo a causar vários transtornos pela falta de uniformização de critérios, sobretudo numa sociedade que cada vez depende mais de sistemas de navegação como, por exemplo, para os serviços de emergência ou de entrega de encomendas ao domicílio.

O Regulamento de Toponímia e Numeração de Polícia (RTNP) em vigor em Coimbra, por reinstauração, data de 1960. Tal deve-se a que o Regulamento posterior, apenas tinha sido definido para uma Comissão de Toponímia, atualmente inexistente. Assim, o atual Regulamento enferma de várias debilidades que se pretendem corrigir. Preconiza-se um Regulamento moderno, assente numa base de dados interoperável, que minimize a necessidade de alteração de endereços no futuro, com a missão de causar o mínimo de incómodo aos cidadãos e empresas. Assim, de modo a minimizar o impacto que possa decorrer de uma eventual alteração dos endereços devido a este novo Regulamento, tentou-se manter o máximo da numeração policial consolidada e, ainda que estabelecida em desacordo com novas regras a definir (por exemplo o sentido de crescimento da numeração), não cause também conflitos nos sistemas de navegação, apostando numa uniformização de endereços para quando da criação de uma base nacional de endereços, como já acontece em alguns países.

Para as regras a prever no novo Regulamento, levaram-se em consideração as constantes nos RTNP de outros concelhos, não se tendo deixado, no entanto, de fazer uma abordagem comparativa com os sistemas de numeração policial de outros países, com provas suficientes de eficácia e aplicabilidade. Para além destes elementos, como materiais de base recorreu-se à informação geográfica já existente no Município (ficheiros vetoriais das vias e da numeração de polícia) e ao modelo de dados constante nas normas e especificações técnicas para a produção de cartografia topográfica vetorial e de imagem, emanadas pela Direção-Geral do Território. Estas regras não levam em consideração a necessidade de recolha por parte dos Municípios de informações históricas, socioculturais ou de outros elementos que são a razão e a maneira de ser dos territórios, que levaram ao atual desenvolvimento e traçados urbanos, nos quais se aplica a toponímia e a numeração de polícia nos atuais moldes.

Para atribuição da numeração de polícia, a metodologia criada passou pelo desenvolvimento de um programa informático em Python que recebe os dados vetoriais e propõe uma numeração de acordo com as premissas definidas, requerendo pré-processamento dos dados em *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O programa foi estruturado de modo a minimizar a intervenção manual no processamento dos dados, sendo o utilizador guiado passo a passo sobre os procedimentos a ser realizados e disparando alertas quando é requerida intervenção manual antes de avançar no programa. Caso a informação geográfica não cumpra com o estabelecido, são apresentados “erros” na consola do programa. Os resultados são um novo ficheiro vetorial de numeração de polícia, usando como base o ficheiro pré-existente, que atribui uma proposta de alteração de numeração de polícia cumprindo com as regras que o Município estabeleceu. Está prevista a possibilidade de acrescentar exceções caso algumas alterações propostas pelo programa possam comprometer a premissa máxima do Município de alterar o mínimo da numeração de polícia e toponímia, de modo a minimizar o impacto decorrente das alterações de endereços aos cidadãos e empresas, casos que carecem de prévia análise individualizada.



X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia
Informação Geoespacial para os objetivos do desenvolvimento sustentável
02-03 Nov. 2023 Instituto Politécnico da Guarda

Mic: monitorização de informação e conhecimento geográfico, alicerçada em tecnologias de software livre

António Manuel RODRIGUES*¹, Carla REBELO² e José António TENEDÓRIO³

¹ Vale de Ceras, Ceras, Alviobeira, Tomar

² Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais (CICS.NOVA), Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (NOVA FCSH), Universidade NOVA de Lisboa

³ História, Territórios e Comunidades, Pólo na NOVA FCSH do Centro de Ecologia Funcional – Ciência para as Pessoas e o Planeta, Laboratório Associado TERRA, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (NOVA FCSH), Universidade NOVA de Lisboa

(antoniomrodrigues@gmx.com; crrebelo@gmail.com; ja.tenedorio@fcs.unl.pt)

Palavras-chave: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Gestão de Informação Geoespacial, PostgreSQL, PostGIS, R

Resumo: A par do anúncio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em 2015, pela Assembleia Geral das Nações Unidas, tem vindo a avolumar-se a preocupação da administração pública dos Estados em produzir indicadores que traduzam a convergência dos países na prossecução desses objetivos, ou, pelo contrário, a sua divergência num contexto do plano de ação com horizonte em 2030. Assim tem sido no que respeita ao ambiente, à urbanização, ao aquecimento global, à água, à energia, à educação, etc.. A vontade explícita dos Estados em monitorizar os ODS fez com que, em 2016, a Comissão da Estatística das Nações Unidas, acordasse 241 indicadores. É verdade que esses indicadores têm uma comparabilidade bastante limitada pela qualidade da informação, métodos de aquisição de dados e, sobretudo, pela unidade espacial mínima de levantamento muito diferenciada de país para país. Alguns Estados recorrem a levantamentos de muito alta resolução para criar indicadores locais que informem sobre o nível de progresso dos ODS. Com estas iniciativas, nasce a necessidade de criar plataformas capazes de gerir e monitorizar dados e informação que garantam a reutilização desses dados para a comparabilidade de fenómenos em tempo contínuo. Estamos a defender a necessidade de desenvolvimento de aplicações que registem de forma sistemática os parâmetros de planeamento, levantamento, processamento e arquivo digital de dados; únicas formas de eliminar a ambiguidade na análise e na interpretação territorial com base em informação geoespacial, com escalas e temporalidades muito variáveis.

Pretendemos com este trabalho apresentar uma solução que permite o registo (adição) de informação geográfica, a sua visualização (exploração) e edição, utilizando soluções tecnológicas robustas e de código aberto. O foco é, para além de garantir uma documentação correta dos dados, fazer escolhas que facilitem a reutilização dos mesmos, alicerçados na ideia que qualquer informação, se não estiver disponível, deixa de ser informação.

No backend confiamos numa solução PostgreSQL + PostGIS que garante robustez no armazenamento de todos os conteúdos. Se por um lado, um sistema de Gestão de Bases de Dados PostgreSQL permite um armazenamento e disponibilização flexível da informação para análise futura, a biblioteca PostGIS incluiu funções avançadas ao nível (geralmente superiores) de qualquer software SIG existente. São muitas as soluções tecnológicas que incluem ferramentas para interagir com o Postgres. É uma vantagem clara da opção por uma solução de código aberto. A estrutura modular da aplicação (frontend) permite a sua adaptação a diferentes contextos/formatos. É construído em R, usando a biblioteca Shiny, que permite a construção de WebApps multiplataforma. O R, ao conter um conjunto vasto de bibliotecas para análise estatística, permite a adição de ferramentas de análise à medida das necessidades dos utilizadores.

A aplicação Mic-Vant (Desktop e móvel) que desenvolvemos está consolidada e demonstra todas as funcionalidades apresentadas. Neste caso a aplicação possibilita a gestão, registo e visualização de dados relativos à informação de voos aéreos realizados na orla costeira por Veículos Aéreos não Tripulados, assim como informação topográfica de cada uma das áreas sobrevoadas que eventualmente possibilite o controlo de qualidade dos dados adquiridos por cada um desses voos. Um utilizador de informação geográfica pode facilmente identificar os voos que registaram dados de um determinado local em diferentes momentos temporais e, deste modo, garantir a monitorização eficiente das dinâmicas territoriais com ritmos muito fortes, como é o caso, por exemplo, dos processos erosivos que ocorrem nas zonas costeiras.



Recurso a Plataformas Livres de Dados Geoespaciais, na Elaboração de Cartas Temáticas de Âmbito Geotécnico, Carta de Perigosidade – Cidade da Guarda

António MONTEIRO*¹, Luís PAIS², Carlos RODRIGUES³ e André SÁ⁴

^{1,3,4} Instituto Politécnico da Guarda. Unidade Técnico-Científica de Engenharia e Tecnologia - Guarda

² Universidade da Beira Interior, Depart. Eng^a Civil e Arquitetura - Covilhã, Geobiotec

(amonteiro@ipg.pt; ljp@ubi.pt; crodr@ipg.pt; andre_sa@ipg.pt)

Palavras-chave: Decisão, Sistemas de Informação Geográfica; Cartografia Geotécnica

Resumo: Ao longo dos últimos tempos, em especial da última década, têm surgido várias plataformas de dados geoespaciais com livre acesso aos dados, sendo algumas de âmbito colaborativo, permitindo ao cidadão a participação na adição de primitivas gráficas na cartografia de regiões que lhe são mais familiares. A par do desenvolvimento destas plataformas têm também surgido programas informáticos livres de código aberto que permitem a fácil interatividade com estes dados, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) "open source", em particular o QGIS.

O artigo propõe expor o desenvolvimento de metodologias para a utilização de dados das plataformas anteriormente referidas, em particular: Google maps, Bing maps e OpenStreetMap. Estes dados, devidamente tratados em software livre de código aberto (QGIS), poderão contribuir para a elaboração de cartografia de índole geotécnica. O trabalho propõe a demonstração da ferramenta para simular várias temáticas, nomeadamente o mapa de perigosidade que resulta da interação e interpolação de várias temáticas geotécnicas.

Efetou-se a integração dos dados gráficos e descritivos em ambiente SIG, permitindo descrever a informação geológica e geotécnica da área correspondente ao perímetro urbano da cidade da Guarda, usada como simulação. A ferramenta foi aplicada, a título experimental a este perímetro urbano, mas pretende ser de aplicação universal por aplicação simples a outros locais públicos ou privados de modo corporativo.

Delimitou-se a área urbana da cidade da Guarda, importou-se a informação geoespacial de plataformas abertas, construiu-se o mapa de polígonos que representam o grau de alteração do maciço rochoso, sendo posteriormente validados *in situ*, com observações de campo. Construiu-se o Modelo Digital de Terreno (MDT), com as curvas de nível pertencentes à cartografia à escala 1:2000 de 2005. Criaram-se mapas temáticos, exemplificando a aplicação do modelo, em formato vetorial e matricial.

Como simulação gerou-se um mapa de perigosidade, como resultado da conjugação do mapa de declives e do grau de alteração do maciço rochoso. Por último criaram-se perspetivas tridimensionais com sobreposição de imagens e mapas temáticos sobre o MDT.

A utilização da plataforma Street View mostrou ser um método auxiliar eficiente, fiável para recolha de dados para a classificação do grau de alteração do granito com elaboração da respetiva carta geotécnica, sem diferenças significativas relativamente ao método tradicional. Desta forma, pode-se obter um modelo com informação útil e atual para a tomada de decisões em estudos de engenharia. Criou-se o MDT da área usada para simulação do estudo, conseguindo-se uma resolução de 1x1 m para o tamanho do pixel. A partir deste modelo criou-se o mapa temático de perigosidade, conjugação de outros mapas temáticos, pretendendo determinar áreas mais vulneráveis, ao nível da instabilidade das vertentes na zona urbana da cidade da Guarda.

Torna-se cada vez mais evidente, na atividade humana de transformação do ambiente urbano, a necessidade destes estudos para a avaliação dos riscos naturais, mitigação do efeito das catástrofes naturais e adoção de medidas para um desenvolvimento sustentável da humanidade.

POSTERS



Estudo preliminar sobre o desenvolvimento de um sistema 3D de informação territorial multifinalitário baseado na LADM com enfoque na propriedade rústica

Yuri Raphael MOREIRA*¹, José-Paulo de ALMEIDA² e Alberto CARDOSO³

¹ Instituto de Investigação Interdisciplinar, Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra, Universidade de Coimbra

² Departamento de Matemática, Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra, Universidade de Coimbra

³ Departamento de Engenharia Informática, Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra

(yurimoreiratkd@gmail.com; zepaulo@mat.uc.pt; alberto@dei.uc.pt)

Palavras-chave: Cadastro 3D; Sistemas 3D de Informação; LADM; Cadastro Territorial Multifinalitário; Avaliação Imobiliária.

Resumo: Nas últimas duas décadas, observa-se um notável crescimento no desenvolvimento e investigação em Sistemas de Gestão Territorial para fins económicos, sociais e ambientais, sistemas e modelos conceptuais que vão além da representação bidimensional (2D), expandindo-se para abranger uma perspetiva tridimensional (3D) do ambiente geoespacial. Neste contexto, visando uma padronização internacional, surgiu a Land Administration Domain Model (LADM) em 2012, estabelecida através da norma ISO 19152. A LADM enfatiza a importância do registo de informações sobre as propriedades imobiliárias, tanto públicas como privadas, incluindo devidamente não somente os aspetos visíveis à superfície terrestre, mas também as componentes abaixo e acima dela, vinculando aspetos legais como: os direitos, as responsabilidades e as restrições do proprietário.

Portugal, embora ainda não tenha alcançado a implementação de um cadastro 2D abrangente que cubra todo o seu território, vem procurando há muitos anos cadastrar todas as propriedades rústicas do país. Em 2017, um avanço significativo foi alcançado com a criação do Balcão Único do Prédio (BUPi), um sistema de cadastro simplificado que não impõe rigorosas exigências quanto à exatidão dos limites geoespaciais, concentrando-se fundamentalmente na identificação tanto da geometria da propriedade, embora aproximada, quanto nos dados respeitantes ao(s) proprietário(s). No entanto, é importante observar que este sistema não tem em vista a avaliação imobiliária – mesmo para fins fiscais, que atualmente se baseia no Valor Patrimonial Tributário, enfrentando desafios devido à baixa tributação das propriedades rurais. Deste modo, surgiu a ideia, no âmbito do Programa Doutoral em Desenvolvimento Sustentável da Floresta, da criação dum Sistema 3D de Informação que possa suportar tanto os aspetos geométricos, legais, como os fiscais, com a vista a um Cadastro Territorial Multifinalitário.

Em face do acima descrito, propõe-se o desenvolvimento de um modelo 3D de dados e a sua implementação num sistema 3D de informação territorial que sirva de suporte ao cadastro imobiliário, que permita armazenar e manipular dados geométricos 3D para o aperfeiçoamento do sistema simplificado do cadastro predial em Portugal, além de proporcionar uma resposta à avaliação de imóveis, tanto para fins públicos quanto, possivelmente, para fins privados. Colocam-se, contudo, à partida as seguintes questões: será possível criar um sistema baseado em modelos de dados 3D para armazenar e gerir informações geoespaciais e alfanuméricas relacionadas com as propriedades rústicas, criando-se, assim, aquilo a que se poderá chamar resumidamente como “gestão territorial 3D”? Será possível que um sistema com tais características seja capaz de dar resposta a uma avaliação imobiliária, mormente para fins públicos? Será ainda possível implementá-lo através dum sistema WebSIG, com a componente de visualização e disseminação da informação para os mais distintos utilizadores?

Este é um trabalho de investigação que se encontra ainda numa fase inicial tendo incluído já uma revisão bibliográfica aprofundada abordando tópicos como: o cadastro 3D/LADM, a avaliação imobiliária e a respetiva área geográfica (mormente, em zonas rurais). Foram já identificados os principais métodos a serem adotados durante o desenvolvimento de um tal sistema de informação, incluindo a criação do modelo conceptual utilizando a Linguagem de Esquema Conceptual INTERLIS, a construção de um modelo físico por meio de uma base de dados relacional, e a escolha de um formato adequado para o armazenamento e a transferência de dados, propondo o CityGML (que utiliza o formato Extensible Markup Language - XML) ou CityJSON (que utiliza o formato JavaScript Object Notation - JSON), algo que ainda requer investigações adicionais para se tomar uma decisão mais acertada, e por fim a disponibilização e visualização da informação 3D num sistema WebSIG. Espera-se, como resultado das futuras investigações, a implementação de um protótipo dum sistema de Cadastro Territorial Multifinalitário com as características acima descritas. Pretende-se ainda demonstrar a viabilidade de um tal modelo 3D de dados geoespaciais e, comprovar a sua contribuição para o progresso e aprimoramento do sistema cadastral atual e de avaliação imobiliária dos prédios rústicos do território português.



S34I – Detecção Remota Aplicada à Otimização de Processos na Indústria Mineira

Ana Cláudia TEODORO¹, Alexandre LIMA¹, Clara VASCONCELOS², Joana CARDOSO-FERNANDES*¹, Patrícia SANTOS¹, Antonio AZZALINI¹, Morgana CARVALHO¹, Giulia RESTA¹

¹ Instituto de Ciências da Terra, Polo da Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

² Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto, Terminal de Cruzeiros de Leixões & Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

amteodor@fc.up.pt, allima@fc.up.pt, svascon@fc.up.pt, joana.fernandes@fc.up.pt, patricia.santos@fc.up.pt, antonio.azzalini@fc.up.pt, morgana.carvalho@fc.up.pt, giulia.resta@fc.up.pt

Palavras-chave: Matérias-Primas Críticas, Programa Copernicus, Hiperespectral, Multiespectral, Detecção remota

Resumo: O Projeto S34I¹ tem como principal objetivo desenvolver novos métodos a partir de dados de observação da Terra, aplicando-os a todas as etapas da indústria mineira extrativa contribuindo assim para uma maior eficiência na prospeção, extração e monitorização ambiental da indústria de matérias-primas críticas essenciais para a transição energética. O Projeto conta com 19 parceiros de 12 países da União Europeia e é financiado pelo programa europeu Horizon Europe. O S34I está a utilizar dados de satélite do Programa de Observação da Terra da União Europeia (Copernicus) e das suas missões contributivas, além de informações recolhidas em plataformas aéreas e subaquáticas. Para validação dos dados estão a ser realizados trabalhos de amostragem paralelos à aquisição de dados remotos.

As áreas piloto destinadas à prospeção mineral dividem-se em dois locais, sendo o primeiro focado na deteção de alterações hidrotermais relacionadas com um depósito de cobalto, cobre e níquel localizado no norte da Espanha (Astúrias). O segundo local, localizado na região da Ria de Vigo (Galícia, Espanha), permite analisar *placers* marinhos que podem ter associação a depósitos minerais sedimentares. Estão a ser utilizados satélites com sensores multiespectrais (Worldview-3, Sentinel-2) e hiperespectrais (PRISMA- ASI, EnMAP), além de sensores hiperespectrais acoplados a um Veículo Subaquático Operado Remotamente - ROV (Ria de Vigo) - e a um avião bimotor (Astúrias). Para efeitos de validação estão a ser realizadas campanhas de campo para recolha de amostras e construção de uma biblioteca espectral dos materiais.

A etapa de extração, que tem como objeto de estudo uma mina localizada em Gummern, na Áustria, tem como foco o cálculo de volume de escombrelas e a monitorização de deslocamento de maciços rochosos e solos. Para a estimativa de volumes são usadas técnicas de fotogrametria a diferentes escalas, utilizando o método Structure-from-Motion (SfM) com o uso de um sensor multiespectral acoplado a um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e imagens de satélite (Pleiades-NEO). Para monitorização de deslocamento/subsidência são utilizados dados Synthetic Aperture Radar – SAR (Sentinel-1 e COSMO-SkyMED) - para a geração de mapas de instabilidade de solos e métodos de Interferometria SAR (InSAR). Para validação dos dados foram instaladas estações do Sistema Global de Navegação por Satélite (Global Navigation satellite System - GNSS) de baixo custo (low cost) na zona da mina para a deteção de movimentação de solos/macios rochosos.

Este Projeto inclui ainda uma etapa de monitorização de complexos mineiros após o seu encerramento que tem como objetivo criar mapas de deformação de solos (subsidiência) e detetar anomalias resultantes da Drenagem Ácida de Mina (DAM). Para a análise de deslocamentos a área piloto é a mina desativada em Aijala (Finlândia), onde é utilizada a Interferometria Diferencial SAR (DinSAR) com a técnica Small BAseline Subset (SBAS), em dados dos satélites Sentinel-1 e COSMO-SkyMED, para gerar mapas de velocidade média de deformação com precisão milimétrica, validados por estações GNSS low cost instaladas no local. A monitorização da DAM ocorre em dois locais distintos na Finlândia (Outokumpu-Keretii) e Alemanha (Lausitz), onde estão a ser gerados mapas de contribuintes de DAM usando algoritmos de inteligência artificial. Para tal, estão a ser usados VANTs com um sensor multiespectral acoplado, satélites com sensores multiespectrais (Sentinel-2, Worldview-3) e hiperespectrais (EnMAP). A validação está a ser realizada a partir da recolha de amostras nas barragens paralelamente à aquisição dos dados remotos.

¹ - Secure and sustainable supply of raw materials for EU industry – Funded by European Union under S34I-: 101091616 - S34I - HORIZON-CL4-2022-RESILIENCE-01



Divulgação do Código EPSG do Zero Hidrográfico Português **ZH Portugal depth (Vertical CRS) – EPSG Code:10349**

Cristina MONTEIRO*¹, Leonor VEIGA¹ e Carlos MARQUES¹

¹Instituto Hidrográfico

(cristina.monteiro@hidrografico.pt; leonor.veiga@hidrografico.pt; videira.marques@hidrografico.pt)

Palavras-chave: Zero Hidrográfico, Vertical CRS; EPSG, Hidrografia, Batimetria, Cartografia Náutica

Resumo: O European Petroleum Survey Group (EPSG) Dataset reúne as definições dos sistemas de referência (horizontais e verticais) definidos local, regional ou globalmente pelas mais diversas entidades nacionais ou internacionais competentes. É gerido e mantido pelo Geodesy Subcommittee of the International Association of Oil & Gas Producers (IOGP) Geomatics Committee, o qual atribui um código EPSG único a cada sistema de referência, datum, operação de transformação e/ou conversão, mediante proposta para tal. O EPSG Dataset encontra-se atualmente disponível online e está implementado na generalidade dos softwares (livres ou registados), sendo reconhecido e utilizado pela grande maioria dos profissionais e/ou utilizadores de dados geoespaciais, quer para identificar os sistemas de referência dos respetivos dados, como para efetuar transformações e conversões entre sistemas.

A nível nacional, e seguindo as tendências internacionais, tem-se verificado uma crescente procura e utilização de dados hidrográficos, quer pela indústria e comunidade científica em geral, quer por entidades públicas ou privadas com competências específicas para os mais diversos fins (e.g. gestão portuária, aquacultura, turismo, monitorização da erosão costeira, mapeamento de habitats, energias renováveis, entre outras).

O Zero Hidrográfico (ZH) é um plano de referência convencionado, situado abaixo do Nível da Maré Astronómica Mais Baixa (BMmin), ao qual estão referidas as sondas e as linhas isobatimétricas representadas nas cartas náuticas, bem como as previsões de altura de maré publicadas nas Tabelas de Marés do Instituto Hidrográfico (<https://www.hidrografico.pt/info/47>). É igualmente o nível de referência a que estão referidos os dados resultantes dos levantamentos hidrográficos executados não só pelas entidades públicas, mas também pelo setor privado.

Até à data não existia um código EPSG atribuído ao ZH, o que, face à utilização generalizada de dados hidrográficos por uma grande variedade de utilizadores, estava a induzir a utilização indevida de outros códigos. Assim, e neste contexto, o Instituto Hidrográfico submeteu um pedido de atribuição de um código EPSG para o ZH português, enquanto Vertical Coordinate Reference System (Vertical CRS). O uso deste código permite agora uma utilização mais profícua no manuseamento dos dados, nomeadamente com a correta identificação do nível de referência vertical a que estão referidos, facilitando a sua classificação, conversão e/ou transformação entre sistemas de referência verticais.

Tendo em conta a definição de ZH acima referida, optou-se por propor um código único para Portugal, muito embora a relação entre ZH Portugal depth e o Vertical CRS height varie em função da localização e do respetivo nível da maré astronómica mais baixa, apresentando valores diferentes no continente e nas duas regiões autónomas.

O EPSG Code:10349 atribuído ao ZH Portugal depth enquanto Vertical CRS, está definido por um sistema de coordenadas unidimensional cujo eixo é a profundidade (depth) do campo gravitacional da Terra, com orientação definida para baixo e unidade de medida em metros. Este Vertical CRS está associado ao Chart Datum Portugal que por definição corresponde ao ZH enquanto Datum, ao qual foi atribuído o datum code:1361. Foram ainda adicionados pelo IOGP, os códigos de 12 operações concatenadas 10392 a 10400 e 10409 a 10411 para alteração de alturas referenciadas aos Vertical CRS height nacionais para o ZH.

A utilização deste código ZH Portugal depth (Vertical CRS) - EPSG Code:10349 é recomendada pelo Instituto Hidrográfico, para todos os dados hidrográficos portugueses que estejam referidos ao ZH, em Portugal Continental e nos arquipélagos dos Açores e da Madeira.



Análise geoespacial da dinâmica histórica da vegetação costeira e potenciais efeitos da subida do nível do mar na costa da Guiné-Bissau

Madalena MATIAS¹, Luís CATARINO^{1,3}, Carlos ANTUNES^{1,2}, Ana CABRAL⁴, Joana SOUSA⁵, Cristina CATITA^{*1,2}, Paula REDWEIK^{1,2}

¹ Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Lisboa, Portugal

² Instituto Dom Luiz, Lisboa, Portugal

³ Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais, Lisboa, Portugal

⁴ Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa, Portugal

⁵ Universidade de Coimbra, Centro de Estudos Sociais, Coimbra, Portugal

(fc52633@alunos.ciencias.ulisboa.pt; lmcatarino@ciencias.ulisboa.pt; cmantunes@ciencias.ulisboa.pt; anaicabral70@gmail.com; joanasousa@ces.uc.pt; cmcatita@ciencias.ulisboa.pt; pmredweik@ciencias.ulisboa.pt)

Palavras-chave: África Ocidental, alterações climáticas, classificação de uso e coberto do solo, deteção remota

Resumo: A Guiné-Bissau possui uma extensa área costeira, de baixa altitude, composta principalmente por florestas de mangal, savanas herbáceas e campos de arroz. Esta região é modelada pela intervenção humana e influenciada por fatores climáticos. É nestas áreas que as populações encontram os principais meios de subsistência e de renda, como a produção de arroz, extração de sal e a pesca. São zonas muito influenciadas por fatores socioeconómicos, políticos e ambientais, com dinâmicas complexas, ao longo do tempo, particularmente no uso e coberto do solo. Por outro lado, elas apresentam uma elevada exposição à subida do nível do mar (SNM) e a fenómenos meteorológicos extremos, tornando-as altamente vulneráveis.

Este estudo insere-se no projeto *MARGINS* (FCT, PTDC/SOC-ANT/0741/2021) que investiga a inter-relação de arrozais e mangais como parte de uma unidade afetada pelo aquecimento global e pelos paradigmas do desenvolvimento. Assim, pretende-se compreender as dinâmicas históricas das alterações de coberto do solo, ao longo do tempo, em três zonas costeiras - Susana no norte, Ondame no centro e Mato Faroba no sul, com condições socioeconómicas e ambientais distintas – e modelar o efeito da SNM na zona costeira, analisando as potenciais consequências ambientais e sociais e possíveis medidas de mitigação ou adaptação adequadas a cada local.

Numa primeira fase, selecionaram-se cinco datas com dados disponíveis (mapas analógicos, fotografia aérea e imagem de satélite): no início dos anos 1950 (antes da independência), em 1976 após a independência, e três nas décadas subsequentes até ao presente, a partir dos quais se extraiu informação sobre as dinâmicas espaciotemporais da ocupação do solo. Este processo foi realizado por fotointerpretação e posterior vetorização manual, com *software* SIG (Sistemas de Informação Geográfica), das classes de ocupação do solo nos mapas topográficos do início dos anos 1950, nas fotografias aéreas de 1976 e 1989 e nas imagens de satélite de 2004 e 2022. A recolha de dados no campo, em janeiro de 2023, validou a classificação efetuada em pontos de controle. A análise espaciotemporal mostra diferentes tendências nas três zonas de estudo. Em Susana, apesar dos efeitos do aumento do nível do mar ao longo dos anos, a população persistiu na produção de arroz de mangal. Em Ondame existe uma redução significativa na área de arrozais e um aumento correspondente na extensão do mangal, o que é confirmado pelos habitantes locais que afirmam não ter meios para resistir ao aumento do nível do mar. Em Mato Faroba, por outro lado, aumentou a extensão dos arrozais nos últimos anos. Estas dinâmicas estão relacionadas tanto com variáveis ambientais, como com variáveis socioeconómicas (e.g., preço do arroz, expansão da cultura do cajueiro, mão-de-obra disponível para a plantação de arroz e manutenção dos diques dos arrozais, que são muito vulneráveis a fenómenos climáticos).

Numa segunda fase do estudo, em curso, pretende-se modelar a SNM para diferentes cenários climáticos futuros. Para o efeito, compilaram-se dados topográficos e maregráficos e adquiriram-se imagens aéreas obtidas por Drone, dados de posicionamento topográfico e dados de maré com transdutor de pressão. O apoio topográfico foi realizado por GPS (*Global Positioning System*) em modo RTK (*Real Time Kinematic*) via rádio, a partir de uma estação fixa montada para o efeito. Com estes dados produziu-se um modelo digital do terreno, com resolução compatível com as necessidades da modelação de SNM, calibrou-se o modelo de maré para a zona costeira de Ondame e definiu-se o *datum* vertical. Estes produtos serão usados para elaborar uma cartografia probabilística de inundação, em diferentes amplitudes e recorrências de altura de marés, para os diferentes cenários climáticos até 2100. Os resultados esperados são cruciais para avaliar as medidas de mitigação/adaptação necessárias, como a realocação ou reforço de infraestruturas, nomeadamente os diques de contenção de maré para proteção das áreas agrícolas.



Mapeamento de *Zostera noltei* a partir de imagens multiespectrais

Ana BIO¹, Manuel MEYER*¹, Marina DOLBETH¹, Dimitri Araújo COSTA^{1,2}, José Alberto GONÇALVES^{1,3}

¹ Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR/CIMAR), Universidade do Porto, Portugal

² Aquamuseu do Rio Minho, Vila Nova de Cerveira, Portugal

³ DGAOT, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal

(anabio@ciimar.up.pt, mmeyer@ciimar.up.pt, mdolbeth@ciimar.up.pt, dimitri.costa@ciimar.up.pt, jagoncal@fc.up.pt)

Palavras-chave: UAV, fotografia aérea, imagens multiespectrais, classificação de imagem, índices de vegetação, QGIS

Resumo: Pradarias marinhas constituem ecossistemas de elevado valor ecológico e económico, pelos numerosos serviços de ecossistema que providenciam. Para além de servirem de abrigo e fornecerem alimento a numerosas espécies marinhas e estuarinas, essas pradarias, atenuam a energia das ondas protegendo a costa, estabilizam os sedimentos, produzem oxigénio, removem nutrientes e poluentes da água e têm a capacidade de captar e armazenar carbono da atmosfera. Não admira, portanto, que o interesse nesses ecossistemas, anteriormente bastante negligenciados, tenha vindo a aumentar, com vista a proteger e recuperar as pradarias marinhas ou até a regenerar e implementar novas pradarias em locais propícios.

A gestão desses ecossistemas requer a sua monitorização e mapeamento. Contudo, uma monitorização baseada apenas em observação *in situ* é pouco eficiente para estes ecossistemas, particularmente porque eles ocorrem na zona intertidal de costas e, sobretudo, estuários, onde o período disponível para a observação (a baixa-mar) limita o trabalho de levantamento. A aplicação de métodos de deteção remota na monitorização costeira tem, consequentemente, ganhado terreno, permitindo a observação de áreas maiores de forma expedita e cada vez mais precisa, tanto em termos de resolução como em termos de posicionamento e qualidade dos dados recolhidos.

O presente trabalho descreve a observação e mapeamento de uma pradaria da erva marinha *Zostera noltei* no estuário do rio Minho, cuja ocorrência e expansão foi detetada apenas recentemente. A monitorização da zona de estudo foi feita por fotografia aérea, com recurso a um veículo aéreo não-tripulado (drone) equipado com câmara multiespectral, com 5 bandas: Azul, Verde, Vermelho, RedEdge e Próximo do Infravermelho. As imagens de alta resolução (com um pixel no terreno de 5.6 cm) foram ortoretificadas, com a ajuda de pontos de controlo e de amostragem, previamente e precisamente posicionados no terreno com recurso a um recetor GNSS em modo RTK, com correções fornecidas pela Rede Nacional de Estações permanentes (ReNEP). As imagens foram classificadas, de forma supervisionada através do algoritmo Random Forest, usando para a classificação áreas de treino de cobertura conhecida, com base nas 5 bandas espectrais e de um índice de vegetação (NDVI). A precisão da classificação foi seguidamente avaliada para pixels aleatórios de cobertura conhecida.

Apesar da ocorrência de zonas de mistura de *Z. noltei* e da alga *Ulva* sp. na área de estudo, a metodologia aplicada permitiu uma boa distinção das espécies e a determinação da área coberta com *Z. noltei* com bastante confiança. A precisão da classificação foi de ca. 90% com um erro de ca. 5% para estimativa da área coberta de *Z. noltei*. Em parte, esse bom resultado deve-se à inclusão de um índice de vegetação no processo de classificação, que permitiu realçar pequenas diferenças na assinatura espectral das diferentes espécies de vegetação. A deteção remota multiespectral revelou-se uma boa opção para a monitorização expedita de habitats e ecossistemas costeiros, quando apoiada de dados *in situ* que permitam calibrar os resultados.



Mapeamento automático de áreas edificadas não residenciais recorrendo a modelos de aprendizagem profunda treinados com a Carta de Áreas Edificadas, censos nacionais e imagens Sentinel-2

Diogo DUARTE¹ e Cidália FONTE^{1,2}

¹ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra, INESC Coimbra

² Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Matemática

(diogovad@inescc.pt, cfonte@mat.uc.pt)

Palavras-chave: dados de treino, uso do solo, segmentação

Resumo: A distinção entre áreas edificadas residenciais e não residenciais é central em vários contextos, como a gestão de catástrofes, o planeamento regional e urbano, entre outros. Atualmente, esta informação pode ser obtida para a maioria da Europa, através da utilização de mapas de uso/cobertura do solo como o CORINE Land Cover (CLC) e o Urban Atlas (UA), harmonizando a nomenclatura das classes para uma que distinga áreas residenciais de áreas não residenciais. No entanto, estes mapas têm ciclos de atualização de vários anos, dado que a sua produção é normalmente dispendiosa e demorada, recorrendo-se habitualmente à interpretação visual de conjuntos de dados auxiliares. Em Portugal, a componente do uso das áreas edificadas também está disponível através da Carta de Ocupação do Solo (COS) (Direção Geral do Território, DGT) com a última versão de 2018.

Dadas estas limitações, foram propostos vários métodos para tanto aumentar a frequência da obtenção de informação acerca do uso do edificado, como para aumentar o pormenor temático do edificado, especialmente em ambiente urbano. Mais recentemente, estes métodos baseiam-se frequentemente em conjuntos de dados auxiliares, como, por exemplo, metadados das redes sociais e de operadores de telecomunicações. No entanto, estes podem não estar facilmente disponíveis em muitas áreas (áreas mais rurais) ou a sua obtenção pode ser difícil devido a questões contratuais e de privacidade.

Neste artigo, propomos uma abordagem para mapear as áreas edificadas não residenciais, treinando um modelo de aprendizagem profunda (AP) de segmentação de imagens Sentinel-2 recorrendo a censos nacionais e à carta de áreas edificadas. Para tal, recorreu-se a três conjuntos de dados: 1) A Base Geográfica de Referenciação da Informação 2021 (BGRI) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Estatística em formato vetorial, contém a delimitação administrativa ao nível de secções e subsecções estatísticas (parte de freguesias). A BGRI contém para cada uma dessas subsecções estatísticas várias variáveis tais como número de indivíduos residentes e número de edifícios residenciais, entre outros; 2) Carta de Áreas Edificadas 2018 (CAE) apresenta, por meio de um ficheiro vetorial, as áreas edificadas para Portugal continental e é fornecida pela DGT e 3) Imagens satélite Sentinel2 (S2), Sentinel-2 é uma das missões de observação da terra, do programa Copernicus, que captura sistematicamente imagens do planeta e com resolução de até 10 m/ pixel. De modo geral, o BGRI foi utilizado para identificar as áreas da CAE que apenas contêm edifícios não residenciais. Para tal, foram extraídas as subsecções estatísticas que não continham edifícios residenciais no BGRI. Estas foram interseccionadas espacialmente com a CAE, obtendo assim as áreas da CAE não residenciais. Assumimos que estas áreas edificadas não residenciais da CAE ocorrem em número suficiente de modo a ser possível a um modelo de aprendizagem profunda distinguir estas áreas de áreas puramente residenciais em imagens Sentinel-2.

A abordagem foi testada no centro de Portugal numa área relativa a 4 imagens Sentinel-2, abrangendo a cidade de Coimbra. Para avaliar a qualidade do mapa gerado, este foi comparado com um mapa público pan-europeu (CLC) e a qualidade de ambos foi avaliada em relação ao UA 2018 (disponível para Coimbra), com maior detalhe temático e espacial que o CLC. Os resultados mostram que a abordagem proposta melhora a distinção entre as áreas edificadas residenciais e as não residenciais em imagens Sentinel-2, comparativamente com mapa pan-europeu CLC. No entanto a abordagem proposta apresenta apenas um *f1-score* de 0,42 (CLC apresentou de 0,12), na avaliação da deteção de áreas edificadas não residenciais no UA18 para a cidade de Coimbra. Logo, a qualidade e detalhe dos censos nacionais e a resolução das imagens Sentinel-2 tornam possível o seu uso na produção automática de áreas de treino, relativas a áreas edificadas não residenciais, para algoritmos de AP.



Parques e Jardins do Município de Lisboa: atratividade ecológica e social

Sofia FREIRE¹, Cristina CATITA*², Margarida SANTOS-REIS³, Raquel MENDES¹

¹ Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal

² Faculdade de Ciências, Instituto Dom Luiz, Universidade Lisboa, Portugal

³ Faculdade de Ciências, Centro de Biologia Ambiental, Universidade de Lisboa, Portugal

(fc53373@alunos.fc.ul.pt; cmcatita@ciencias.ulisboa.pt; mmreis@fc.ul.pt; rdmendes@ciencias.ulisboa.pt)

Palavras-chave: Espaços Verdes Urbanos, Atratividade, Município de Lisboa, WebSIG, Dados abertos

Resumo: Há várias evidências que os espaços verdes em contexto urbano são importantes ao nível ecológico, social e económico. Nos últimos anos, diversos estudos têm revelado que o contacto com estes locais tem vários benefícios nomeadamente no desenvolvimento cognitivo e comportamental das crianças, mas também na saúde e bem-estar das populações em geral. A atratividade dos espaços verdes tem sido documentada na literatura científica demonstrando que, entre outros fatores, a proximidade e a acessibilidade a estes locais podem influenciar a sua utilização.

No âmbito desta temática, e para avaliar a atratividade dos espaços verdes urbanos, foi desenvolvida uma metodologia para definir indicadores de atratividade social e ecológica destes espaços. Os indicadores selecionados correspondem a um conjunto de 22 variáveis de caracterização física e 8 variáveis de caracterização ecológica, passíveis de apresentarem a possibilidade de serem espacializadas de modo a possibilitar a produção de uma cartografia temática adequada à utilização por diversos utilizadores, nomeadamente a comunidade civil com interesse na utilização dos espaços verdes para diversos fins (lazer, desporto, etc.) ou professores dos diversos graus de ensino com interesse na utilização dos espaços verdes para fins didáticos, entre outros. Para o efeito, usou-se o município de Lisboa como caso de estudo, e analisaram-se 214 jardins de acesso gratuito sem limitação de área. Para cada um destes jardins, procedeu-se à recolha de dados geográficos de acesso aberto, em plataformas governamentais, municipais e de participação pública. Complementarmente, realizaram-se também 125 questionários à população em geral, de forma a compreender a importância relativa de cada uma das variáveis selecionadas na escolha de um determinado parque urbano para a realização de uma visita a um determinado parque urbano.

Com base nos resultados obtidos e em análises estatísticas multivariadas, determinou-se a importância de cada variável para o cálculo dos indicadores. Para o indicador de atratividade ecológica a Biodiversidade, definida como o número de elementos avistados em cada parque/jardim de fauna e flora, foi a variável com maior contribuição. Para o indicador de atratividade social, a presença de Estruturas de apoio, e as condições de Higiene e bem-estar foram os fatores que contribuíram com maior peso.

Por fim, procedeu-se à elaboração de uma cartografia temática com a respetiva espacialização dos indicadores de atratividade social e ecológica, sendo produzidas três classes de importância relativa (reduzida, intermédia e elevada), criadas através da técnica de intervalos iguais. Como forma de disseminar esta informação, para os diferentes potenciais utilizadores, construiu-se também uma plataforma WebSIG, com a tecnologia ESRI®.

Os resultados mostram que o Parque Florestal de Monsanto é o espaço verde urbano de Lisboa com maior atratividade social e ecológica. Relativamente à variável Tipo de vegetação, a maioria dos parques e jardins possui uma cobertura variada (árvores, arbustos e relva), permitindo um usufruto diversificado dos mesmos. Pelo contrário, a grande maioria dos jardins urbanos foi incluída na classe de importância 'reduzida' devido à inexistência de instalações sanitárias públicas e bebedouros. O mesmo se verifica relativamente ao Lazer, em que locais para piqueniques e equipamentos de fitness são escassos.

Este estudo permitiu caracterizar a atratividade dos parques e jardins do município de Lisboa, sendo possível avaliar os fatores positivos, mas também realçar eventuais necessidades de melhoria, sendo por isso um contributo para a tomada de decisão na gestão destes espaços ao nível do município.



Modelo 3D em ambiente SIG na integração de dados geofísicos e topográficos na avaliação do sistema radicular de espécies exóticas do Jardim Botânico de Lisboa

Nuno AFONSO*¹, Maria Paula MENDES¹, Maria Catarina PAZ² e Ana Paula FALCÃO¹

¹ CERIS – Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

² Instituto Politécnico de Setúbal, ESTBarreiro

(nunofafonso@tecnico.ulisboa.pt; mpaulamendes@tecnico.ulisboa.pt; catarina.paz@estbarreiro.ips.pt; ana.p.falcao@tecnico.ulisboa.pt)

Palavras-chave: Jardim Botânico; Árvores; Raízes; Tomografia de Resistividade Elétrica (ERT); Modelo 3D; Krigagem Bayesiana

Resumo: A preservação e salvaguarda dos jardins botânicos históricos é de extrema importância já que estes são arquivos vivos e repositório de práticas botânicas. No entanto, garantir o equilíbrio destes espaços e a sua adaptação aos constantes desafios dos ambientes urbanos é particularmente complexo. O histórico Jardim Botânico de Lisboa (JBL), criado em meados do século XIX, alberga cerca de 18.000 espécies de plantas de várias regiões do mundo, ocupando uma área total de cerca de 4 hectares. Situado em plena zona central da cidade de Lisboa, e classificado desde o ano de 2010 como monumento nacional, encontra-se naturalmente sujeito a uma forte pressão urbanística.

No âmbito do projeto “Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos do Jardim Botânico de Lisboa, e determinação da sua importância no bom estado da vegetação” foram usadas técnicas de geofísica aplicada, como a Tomografia de Resistividade Elétrica (ERT) para avaliar os sistemas radiculares das árvores. Neste trabalho, um dos objetivos, e através do apoio de ferramentas de geoprocessamento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na recolha de dados altimétricos desses mesmos perfis, foi o desenvolvimento de um modelo de análise e visualização tridimensional (3D), de cariz inovador, por intermédio de um método geostatístico de interpolação empírica (a krigagem bayesiana), das diferentes camadas dos perfis de ERT, com recurso à tecnologia SIG. No decorrer deste procedimento automatizou-se a recolha e visualização dos dados dos perfis e integração dos dados topográficos e da localização das árvores, permitindo a elaboração de um modelo 3D que permite a visualização da zona radicular das árvores.

Assim, este trabalho apresenta uma diferente abordagem, através da qual se pode visualizar o sistema estudado em ambiente SIG. Os resultados obtidos ajudam a uma maior compreensão dos impactos a que estas árvores podem estar sujeitas, tais como, intervenções em profundidade na sua proximidade ou a alteração dos padrões de drenagem.

Agradecimentos: Este trabalho insere-se na atividade de investigação desenvolvida no Centro de Investigação e Inovação em Engenharia Civil para a Sustentabilidade (CERIS), tendo sido financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) no âmbito do projeto UIDB/04625/2020.



X Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia

Informação Geoespacial para os objetivos do desenvolvimento sustentável

02-03 Nov. 2023 Instituto Politécnico da Guarda

Bases de dados geográficas para apoio à gestão florestal sustentável

Isabel PÔÇAS^{*1}, José P NETO², Susana BRÍGIDO³, Ana QUINTELA⁴, João GASPAR⁵, Célia FERNANDES⁴, Rosário ALVES⁶, Miguel GONÇALVES⁶, Rodrigo LOPES⁷, Beatriz LOURENÇO⁷, Guilherme CAPELA⁸, José CORREIA⁸ e José L CARVALHO⁵

¹ Laboratório Colaborativo para a Gestão Integrada da Floresta e do Fogo – CoLAB ForestWISE, Vila Real

² Direção Geral do Território, Lisboa

³ 2B-Forest, Lisboa

⁴ RAIZ – Instituto de Investigação da Floresta e Papel, Aveiro

⁵ The Navigator Company, Mitrena, Setúbal

⁶ Forestis - Associação Florestal de Portugal, Porto

⁷ Altri Florestal S.A., Óbidos

⁸ INESC TEC., Porto

(isabel.pocas@forestwise.pt; jneto@dgterritorio.pt; sbrigido@2bforest.pt; ana.quintela@thenavigatorcompany.com; joao.filipe.gaspar@thenavigatorcompany.com; r.alves@forestis.pt; sig@forestis.pt; rodrigo.lopes@altri.pt; beatriz.lourenco@altri.pt; guilherme.a.capela@inesctec.pt; jose.correia@inesctec.pt; jose.luis.carvalho@thenavigatorcompany.com)

Palavras-chave: Floresta, Portal de informação territorial, Gestão sustentável, Grupos de certificação, Organizações de produtores florestais

Resumo: A promoção da gestão sustentável de todos os tipos de floresta está definida como uma das prioridades e aspirações do desenvolvimento sustentável global para 2030. Em Portugal, 98% da propriedade florestal é privada e fragmentada, sendo esta uma situação única na Europa, onde a média da propriedade florestal privada é de 39,7%. Esta característica da floresta portuguesa, torna particularmente desafiante a sua gestão. Pela sua capacidade de caracterizar diferentes dimensões do território, os dados geoespaciais assumem um papel de grande relevo no apoio à gestão florestal, respondendo a necessidades de produtores florestais, técnicos florestais, organizações de produtores florestais, entre outros. Contudo, os dados sobre o território estão atualmente dispersos em diferentes sistemas, alguns de difícil acesso e de difícil harmonização.

No âmbito da Agenda transForm, financiada pelo plano de recuperação e resiliência (PRR) através de Fundos Europeus e Next Generation EU, está em curso um projeto que visa contribuir para o avanço qualitativo e quantitativo na produção e disponibilização de dados geoespaciais de base para apoio à gestão florestal. Este projeto atua ao nível da informação geoespacial de base, que será disponibilizada através de uma infraestrutura inovadora de informação geoespacial, designada por Portal de Informação Territorial (PoInT), sob responsabilidade e gestão da Direção Geral do Território. O PoInT procede à fusão de serviços e sistemas de disponibilização de dados (onde se incluem dados do Sistema Nacional de Informação Territorial – SNIT, Sistema Nacional de Informação Geográfica – SNIG e Sistema de Monitorização de Ocupação do Solo – SMOS), permitindo o conhecimento analítico do território e dos direitos e restrições que sobre ele impendem. Exemplos de dados e de informação a disponibilizar através deste Portal de Informação Territorial incluem instrumentos de Gestão Territorial, como plantas e regulamentos dos planos territoriais (e.g., planos diretores municipais), servidões e restrições de utilidade pública, sistema de indicadores territoriais do Observatório do Ordenamento do Território e Urbanismo, cartografia topográfica (unidades administrativas, toponímia, altimetria, hidrografia, transportes, construções, infraestruturas e serviços de interesse público, mobiliário urbano e sinalização), informação LiDAR, ortofotos, fotografia aérea antiga e cartografia temática (e.g. cartografia de uso e ocupação do solo, Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais - SGIFR, Planos Regionais de Ordenamento Florestal - PROF, Programa de Reordenamento e Gestão da Paisagem - PRGP, zonas aridas e cartografia de áreas protegidas).

Pela forma como será desenhado e arquitetado, o PoInT possibilitará a integração com outras plataformas e aplicativos já existentes e a desenvolver, nomeadamente plataformas de apoio à gestão florestal sustentável e à operação de organizações de produtores florestais, como a plataforma informática de apoio à Gestão Florestal Certificada - ForestSIM®, a plataforma de recomendações técnicas silvícolas customizadas – e-globulus e o Sistema de Gestão Florestal Integrado (SGIF). Através da informação que irá disponibilizar, o PoInT irá dotar os utilizadores e operadores do setor florestal de uma ferramenta nova, que facilita e simplifica o acesso aos dados do território, agrega, integra e disponibiliza informação atual e consistente e, conseqüentemente, constitui uma base de apoio à tomada de decisão sustentada para as atividades de gestão florestal.