



**SASIG 2015**

**SIG Open Source**  
de onde vimos e para  
onde vamos?

*Atas da 6<sup>a</sup> Conferência de Software Aberto para SIG  
SASIG 2015*

24 e 25 de Setembro de 2015  
ISCTE – IUL, Lisboa

Editado por  
Carlos Costa, Victor Ferreira, Hugo Santos,  
Pedro Pereira, Duarte Carreira e Artur Gil

SASIG 2015

SIG Open Source: de onde vimos e para onde vamos?

Ilustração da capa:

© Hugo Santos 2015

Título: Livro de Atas do SASIG 2015

Editores: Carlos Costa, Victor Ferreira, Hugo Santos, Pedro Pereira, Duarte Carreira e Artur Gil

*Copyright © 2015*

Publicado por: ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa e OSGEO-PT

As fontes utilizadas na composição deste livro são *Liberation Sans 2.00.1* e *Liberation Serif 2.00.1* com licença *SIL Open Font License*

ISBN: 978-989-732-664-6 (Suporte: Impresso)

ISBN: 978-989-732-663-9 (Suporte electrónico, formato PDF)



*This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#).*

*Para citar esta obra utilizar a seguinte referência:*

*Costa, C.; Ferreira, V.; Santos, H.; Pereira, P.; Carreira, D. & A. Gil (2015) - Livro de Atas do SASIG 2015; (N.º de Páginas) p.; ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa & OSGEO-PT; ISBN: 978-989-732-663-9*

# **SASIG 2015**

**SIG Open Source: de onde vimos e para onde vamos?**

*Atas da 6<sup>a</sup> Conferência de Software Aberto para SIG – SASIG 2015*

*24 e 25 de Setembro de 2015  
Lisboa, Portugal  
ISCTE – IUL*

<http://osgeopt.pt/sasig2015/>

*Editores  
Carlos Costa, Victor Ferreira, Hugo Santos, Pedro Pereira, Duarte Carreira e Artur Gil*



## Tabela de Conteúdos

Prefácio (OSGEO) .....	VII
Entidades que apoiaram a conferência.....	VIII
Nota de Abertura (ISCTE) .....	IX
Comissão Organizadora e Comissão Científica.....	XI
Oradores convidados.....	XIII
Painel de Discussão: Modelos de Negócio Open Source nos Sistemas de Informação Geográfica .....	XV
Artigos Científicos .....	1
GISWater – Uma solução integrada para gestão de redes de Abastecimento de água. Um Caso de estudo na Quinta do Lago .....	3
<i>Ivo Silvestre, João Caetano, Tiago Correia</i>	
Susceptibilidade à invasão por <i>Acacia dealbata</i> Mill na bacia do rio Mondego: proposta metodológica para avaliação da susceptibilidade em áreas extensas .....	9
<i>Jorge Pereira, Albano Figueiredo</i>	
MicMac: uma alternativa open source para fotogrametria com RPAS.....	19
<i>Óscar Moutinho; Ana Rodrigues; José Alberto Gonçalves, Joaquim João Sousa; Ricardo Bento</i>	
Workflow Open Source de fotogrametria aérea, desde a aquisição ao processamento de imagens provenientes de RPAS.....	25
<i>Ana Rodrigues; Óscar Moutinho; José Alberto Gonçalves, Joaquim João Sousa; Ricardo Bento</i>	
IPSentinel: Infraestrutura de armazenamento e disseminação de imagens de satélite Sentinel para Portugal.....	30
<i>José Santos, Paulo Crisólogo, Andreia Barbeiro, Mário Caetano, Paulo Patrício, Marisa Silva, Bruno Anjos</i>	
Geração de mapas dinâmicos para monitorizar a evolução temporal da temperatura de uma escombreira de carvão em auto-combustão.....	37
<i>Lia Duarte, José Alberto Gonçalves, Ana Cláudia Teodoro, Joana Ribeiro, Deolinda Flores</i>	
Modelos espacialmente explícitos de análise de dinâmicas locais: o caso da Vegetação Natural Potencial no apoio ao planeamento e ordenamento territorial .....	45
<i>Francisco Gutierrez, Eusébio Reis, Carlos Neto, José Carlos Costa</i>	

Vetorização do cadastro geométrico da propriedade rústica do concelho de Aljustrel.....	53
<i>Inês Guerreiro, Sara Santos</i>	
A administração local na Cloud: uma transição inevitável .....	59
<i>Miguel Tavares, Jorge Gustavo Rocha</i>	
Criação e Implementação do SGRR – Sistema de Gestão de Rede Rodoviária para o Município de Rio Maior.....	65
<i>António Pedro Rosa Simões, Hugo Daniel Bernardo Santos</i>	
Influência da estrutura da paisagem nas comunidades de passeriformes no centro de Portugal .....	71
<i>Luís Quinta-Nova, José Tomé, Suzete Cabaceira, Paulo Fernandez, Natália Roque</i>	
Vinhos que Pensam – Plataforma Tecnológica.....	79
<i>José Duarte, Filipe Vieira, Carlos Viegas Damásio, José Silva</i>	
Aplicação do modelo de simulação hidráulica EPANET integrado com sistemas de informação geográfica. Estudo de caso: Sub-bloco do aproveitamento hidroagrícola da Cova da Beira.....	85
<i>Luísa Vaz, Paulo Fernandez, Francisco Frazão</i>	
O Sistema de indicadores OTALEX C - SIO: laboratório de ideias na aplicação da tecnologia opensource à infraestrutura de dados espaciais .....	91
<i>Maria Teresa Fôlgoa Batista, Cristina Isabel Constantino Carriço, Marcos Soriano Covarsi, Carmen Caballero</i>	
Sistemas de informação geográfica na documentação de bens culturais: aplicabilidade a uma pintura do século XVI da coleção particular do Seminário Maior do Porto.....	97
<i>Frederico Henriques, Susana Mendes, Ana Bailão, António Candeias, Alexandre B. Gonçalves, Eduarda Vieira</i>	
Anexo: Programa da Conferência .....	103

## Prefácio

Em 2015, Portugal continua a lutar com uma dívida pública enorme, com desemprego, e falta de investimento para promover um crescimento económico sustentado. Neste panorama, faz mais sentido do que nunca em apostar em inovação interna, em empreendedorismo ligado às novas tecnologias e na atualização das valências profissionais para uma realidade em mutação constante e rápida, para nos permitir competir num mercado global, mas também dar resposta às necessidades internas do país.

Na áreas das tecnologias de informação, o cenário tem sido, ao longo dos anos, de desconfiança em relação a soluções de código aberto, em detrimento de soluções comerciais, que tantas vezes, nos amarram a licenças restritivas, com valores exorbitantes, e com dados em formatos proprietários, que põem em causa, a compatibilidade e acesso futuro aos dados produzidos tanto pela administração pública como pelos privados.

Felizmente, nos últimos anos, surgiu uma tendência de promoção de standards abertos para os dados a nível internacional, que aparentemente, terá influenciado o governo português a legislar no sentido da utilização de formatos de ficheiro de standard aberto, e ao mesmo tempo, a começar a tolerar (mesmo que com alguns retrocessos) que se façam concursos de aquisição de soluções de código aberto para a administração pública central e local. Mas o tempo dirá se esse caminho será seguido pelos futuros governos, e expandido, ou não.

Sem um mercado com algum volume, de aquisição de serviços na área do Open Source, nunca iremos garantir viabilidade para uma quantidade razoável de empregos e postos de trabalho qualificados nesta área. No cenário de dívida externa atual, parece cada vez mais importante apostar numa via que garanta que as mais valias ficam no nosso mercado interno (através de receitas de desenvolvimento e suporte técnico), em vez de servirem para pagar licenças comerciais a multinacionais, sangrando sistematicamente os nossos recursos.

A primeira conferência SASIG, onde se deu a criação oficial da nossa associação, serviu para nos mostrar e aos pessimistas que o negavam, que afinal a comunidade open source SIG existia no nosso país, e em número relevante. A conferência que já percorreu um pouco o país, promovendo a inclusividade, volta esta ano a Lisboa: em 2008, Águeda; em 2009, Évora; em 2010, Lisboa; em 2011, Guimarães; em 2012, Faro.

Tendo como pano de fundo a crise económica, interrompeu-se momentaneamente a SASIG em 2013 e 2014, mas com os pedidos sucessivos e ao sentir que já deveríamos ter passado o pior da crise, a associação arregaçou mangas, e com o esforço de um núcleo de membros pequeno mas determinado, voltamos a organizar a nossa SASIG.

Com a 6ª conferência SASIG com o tema "SIG Open Source: de onde vimos e para onde vamos?", a OSGeoPT retoma uma atividade importante para a comunidade open source SIG portuguesa: estreitar laços de comunidade, divulgar o SIG Open Source, e promover a criação e utilização de Dados Abertos em Portugal.

Todos os eventos foram sempre acolhidos por uma entidade anfitriã voluntária, sendo este ano o ISCTE - IUL, representado pelo Professor Carlos Costa, o nosso parceiro para acolher os cerca de 250 participantes. Alguns dos oradores convidados vieram trazer uma perspetiva internacional ao nosso evento nacional, contribuindo para um evento que esperamos ter sido estimulante e inspirador para todos os que participaram.

A associação OSGeoPT foi fundada por um grupo de cidadãos, inspirada na fundação internacional OSGeo, da qual herdou o nome. Sendo uma organização sem fins lucrativos, estamos abertos a todos os que queiram contribuir para os nossos objetivos, e que venham com um espírito aberto e positivo, de contribuição para a comunidade: vamos juntos contribuir para um futuro mais aberto e inclusivo! Descubra como participar e contribuir na página web da associação em [www.osgeopt.pt](http://www.osgeopt.pt).

Victor Manuel Mota Ferreira  
Presidente da OSGeoPT.

## Entidades que apoiam a conferência

### ORGANIZADO POR



**ISCTE IUL**  
Instituto Universitário de Lisboa

**ISTAR IUL**  
INSTITUTE FOR SCIENCES, TECHNOLOGIES  
AND HUMANITIES RESEARCH CENTER  
UNIVERSITY INSTITUTE OF LISBON

### PATROCINADORES



### APOIO INSTITUCIONAL



## Nota Editorial

Em 2015 a OSGeo-PT, Capítulo Local Português da OSGeo - Open Source Geospatial Foundation, em colaboração com o ISCTE-IUL, promoveu a 6ª edição da SASIG - conferência nacional de software aberto para sistemas de informação geográfica.

O SASIG é essencialmente um espaço de partilha de experiências onde todos os que querem conhecer e aprender mais sobre software aberto para Sistemas de Informação Geográfica são bem-vindos.

Este evento contou com um dia dedicado a workshops, no qual os participantes tiveram oportunidade de se iniciar nas diversas matérias ou aprofundar conhecimentos em matérias específicas. Contou ainda com a intervenção de um conjunto de oradores convidados de referência. O SASIG 2015 contou também com a apresentação de artigos científicos e técnicos da comunidade, incluindo não só académicos como profissionais.

Os workshops tiveram não só uma vertente informativa, como ainda a possibilidade de os participantes utilizarem tecnologias. No workshop *PostGIS* aprendeu-se a usar o PostgreSQL e as suas funções de bases de dados e o PostGIS que adiciona funcionalidades espaciais ao PostgreSQL. No Workshop *Serviços de dados geográficos INSPIRE (GEOSERVER)* foi feito o ponto da situação e analisadas as perspetivas futuras de implementação da diretiva INSPIRE. No workshop *QGIS Server (WMS, WFS, WCS) e Webmapping* aprendeu-se a usar o QGIS Server com os vários serviços OGC (WMS, WFS e WCS). No Workshop *Aquisição e Processamento de Dados com UAV* existiu a possibilidade de utilizar esta tecnologia e de fazer um voo de demonstração com um quadcoptero real.

No que diz respeito a oradores convidados, o SASIG 2015 foi enriquecido com as intervenções de Mário Caetano, Subdiretor-Geral da Direção Geral do Território; Jeroen Ticheler, inventor do GeoNetwork e Empresário Open Source; Suchith Anand, investigador na Universidade de Nottingham e fundador do GeoForAll, Joana Simões, Data Scientist no Centro Tecnológico da Catalunha - Big Data no contexto das Smart Cities; Pedro Henriques, Programador de SIG na Câmara Municipal de Ourém e Jorge Mendes de Jesus da ISRIC - World Soil Information.

O evento teve ainda um conjunto de 11 artigos científicos e técnicos, apresentados por investigadores e profissionais. De referir que estes artigos foram sujeitos a um escrutínio prévio por parte de uma comissão científica. Estes artigos englobaram temáticas como os recursos naturais, drones e deteção remota, Administração Central / Local e Estudos de Caso. Com efeito, o processo de seleção e revisão só foi possível graças à colaboração dos Membros da Comissão Científica, que fizeram correções, apresentaram sugestões e comentaram exaustivamente os artigos.

Com o SASIG 2015 procurou-se aumentar o conhecimento no contexto dos sistemas de informação geográfica open source. O SASIG contribuiu também para o aumento e fortalecimento da comunidade dos sistemas de informação geográfica portuguesa (OSGeoPT).

Carlos J. Costa

*Presidente da Comissão Científica do SASIG 2015*

X

## **Comissão Organizadora e Comissão Científica**

### **COMISSÃO ORGANIZADORA:**

Pelo ISTAR-IUL (ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa):

Carlos Costa

Pela OSGeo-PT - Associação de Software Aberto para Sistemas de Informação Geográfica:

Artur Gil

Duarte Carreira

Hugo Santos

Pedro Pereira

Victor Ferreira

### **COMISSÃO CIENTÍFICA:**

Carlos J. Costa, ISCTE-IUL (Presidente)

André Mano, ITC, Holanda

Artur Gil, Universidade dos Açores

Cristina Catita, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Francisco Gutierrez, IGOT – Universidade de Lisboa

Jorge Rocha, Universidade do Minho

José Alberto Gonçalves, Universidade do Porto

Marco Paíño, NOVAIMS – Universidade Nova de Lisboa

Paulo Fernandez, Instituto Politécnico de Castelo Branco

Rita Anastácio, Instituto Politécnico de Tomar

Teresa Batista, Universidade de Évora

Victor Ferreira, Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa



## Oradores Convidados

### **Mário Caetano PT**

*Subdiretor-Geral do Território*

Mário Caetano é investigador principal da Direção Geral do Território (DGT) e exerce atualmente o cargo de Subdiretor-Geral nesta entidade. O seu percurso profissional tem-se desenvolvido em três eixos estruturantes: (1) investigação e desenvolvimento (I&D), (2) docência universitária, e (3) definição, coordenação e monitorização da implementação de programas, estratégias e políticas. Estes três eixos estão interligados pela linha tecnológica e temática em que se tem focado ao longo do seu percurso profissional, i.e. gestão e produção de informação geográfica com base em novas tecnologias, nomeadamente processamento digital de imagens de satélite e análise espacial em Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Desde 2000 que a docência se tem centrado na NOVA Information and Management School (NOVA IMS) (Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação – ISEGI) mas também tem sido exercida em outras universidades nacionais e estrangeiras. Mário Caetano é autor de cerca de 150 publicações em livros, revistas e atas de conferências e já orientou mais de 50 teses e dissertações de doutoramento e mestrado

### **.Jeroen Ticheler NL**

*Inventor do GeoNetwork e Empresário Open Source*

Com um percurso notável, iniciando-se na FAO, criou o projecto *GeoNetwork*, provavelmente o software open source de catalogação de dados geográficos mais utilizado no mundo, e o *Bolsena Code Sprint*, uma semana dedicada à programação de software SIG open source num convento em Itália. Criou e gere uma empresa de sucesso com base em Open Source.

### **Suchith Anand UK**

*Investigador na Universidade de Nottingham e Fundador do GeoForAll*

Suchith Anand é um dos grandes impulsionadores do Ensino Aberto em SIG à escala global, sendo fundador do projecto *GeoForAll* e outras iniciativas para a Educação Aberta, como o *GIS Open Lab* de Nottingham.

### **Joana Simões PT**

*Data Scientist no Centro Tecnológico da Catalunya - Big Data no contexto das Smart Cities*

A Joana Simões tem tido uma trajetória profissional variada, passando pelo mundo académico, empresarial e também por uma organização intergovernamental. Passando por áreas tão diversas como a gestão de pescas, a modelação espacial de epidemias ou análise de dados de redes sociais. Mantendo sempre um enfoque na área do desenvolvimento de software, nomeadamente ligado aos sistemas de informação geográfica e tecnologias livres e de código aberto.

Depois de um doutoramento no CASA (onde ainda é colaboradora), passou por Roma a trabalhar como consultora para a FAO, onde se empenhou em implementar tecnologias open source dentro desta organização. Atualmente vive e trabalha em Barcelona, como *data scientist* no Centro Tecnológico da Catalunya, focando-se sobretudo em problemas de Big Data no contexto das Smart Cities.

### **Pedro Henriques PT**

*Programador de SIG na Câmara Municipal de Ourém*

Com a sua carreira iniciada no Município de Ourém em 2007, onde durante vários anos todo o trabalho se baseou na utilização de software proprietário, na implementação de portais geográficos e a consequente disponibilização de informação geográfica aos serviços e municípios.

Participou como orador em diversos eventos de SIG, como exemplo, EUE 2011 e 2014 e nas 7<sup>a</sup> Jornadas de GT – IPT.

Em 2013 foi necessário alterar o paradigma existente no município, assim encabeçou a migração das soluções proprietárias para OpenSource, nomeadamente a migração das BD de MSQ Server/ArcSDE para PostgreSQL/PostGIS, mantendo a interoperabilidade da BD face às soluções SIG, desenvolvendo a funcionalidade para a edição de dados em PostGIS nas soluções ESRI e foi o responsável pelo desenvolvimento da solução websig utilizada atualmente pelo município, recorrendo para isso ao stack “GeoServer + OpenLayers + GeoExt”, solução que foi disponibilizada aos municípios da CIMT.

### **Jorge Mendes de Jesus PT**

*Jorge Samuel Mendes de Jesus trabalha no ISRIC - World Soil Information (Wageningen, Holanda) como webdeveloper no apoio do backoffice do projecto soilgrids*

O seu percurso profissional começou na Universidade do Algarve onde se licenciou em Engenharia Agronómica. Posteriormente doutorou-se na Universidade de Ben Gurion of the Negev (Israel) com uma tese no campo da geoestatística e agricultura de precisão integrada desenvolvida no grupo de “Earth and Planetary Image Facility” do Departamento de Geografia e Desenvolvimento Sustentável. Em Israel obteve também formação em deteção remota (sensores ópticos e SAR), SIG open source, IT management e programação em C/C++, PHP. Durante a sua estadia no Joint Research Center (JRC) da Comissão Europeia, em Ispra (Itália), participou nos projectos NETMAR, EuroGEOSS e DOPA, tendo tido também a oportunidade de participar ativamente na implementação do standard WPS (Web Processing Service) e no seu processo de desenvolvimento em Python. O seu trabalho no campo do WPS e “web-service orchestration” continuou em Inglaterra no Plymouth Marine Laboratory, no projeto NETMAR. Em 2012 o seu percurso profissional levou-o à Holanda para trabalhar no ISRIC, inicialmente como PostGIS manager da base de dados de solos WOSIS e posteriormente como administrador IT e web service developer do projeto de mapeamento digital de solos soilgrids1km e soilgrids 250m

## Painel de Discussão

### **MODELOS DE NEGÓCIO OPEN SOURCE NOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

Carlos J. Costa, ISCTE-IUL, carlos.costa@iscte.pt

Jeroen Ticheler, Geocat, Jeroen.Ticheler@geocat.net

Manuela Aparicio, ISCTE-IUL, manuela.aparicio@iscte.pt

Marc Vloemans, Boundless, mvloemans@boundlessgeo.com

Nelson Mileu, Municipia, nmileu@municipia.pt

A SASIG 2015 foi uma oportunidade de discutir o Modelo de Negócio Open Source no contexto dos Sistemas de Informação Geográfica. Quais são os principais desafios enfrentados por uma empresa que se suporta num produto open source, em Portugal? Além disso, também é relevante analisar qual pode ser o papel da Academia no contexto do open source.

Nos parágrafos seguintes, apresentamos os assuntos e posições principais partilhados em geral pelos participantes no painel.

Os Modelos de Negócio Open Source colocam desafios às empresas e academia quando utilizam abordagens Open Source. Um dos maiores desafios e responsabilidades em desenvolver soluções para clientes utilizando FOSS é o gerir expectativas. O que pode fazer com FOSS e qual poderia ser uma forma inteligente de o utilizar? Se tiver a liberdade de alterar o código, será que vai realmente utilizar essa liberdade? Se o fizer, está consciente das possíveis consequências? Fazer alterações a um projeto existente pode não ser sustentável e será no mínimo oneroso. Mesmo as maiores empresas de TI têm principalmente pequenos grupos de peritos geoespaciais. Conhecimento de e envolvimento em FOSS4G é ainda mais raro. É um desafio para pequenas e médias empresas educarem os seus clientes, para que erros dispendiosos sejam evitados.

Um desafio relacionado são os contratos-quadro que as agências governamentais estabelecem com os grandes fornecedores de serviços de TI. A competição é frustrada ou tornada impossível para as empresas menores. As PME podem perder oportunidades de ganhar contratos de suporte, relativamente pequenos, mas importantes, devido a isto. Clientes podem deparar-se com apoio inferior ao ideal, providenciado por empresas maiores a que, na realidade, falta a experiência requerida. O desafio será incluir as PME nos consórcios existentes ou novos e premiá-las adequadamente pela sua competência específica.

O aparecimento de fornecedores profissionais de serviços para aplicações espaciais open source aumentou a aceitação em todo o mundo deste tipo de soluções. Fornecedores de serviços locais e internacionais providenciam vários tipos de apoio comercial: consultoria, formação, implementação e acordos de níveis de serviço. Os utilizadores finais podem ter a certeza de que o seu software terá futuro assegurado e ficar seguros de que estão livres de “bugs” e anomalias.

As empresas FOSS deveriam fazer um esforço para sair do seu autoproclamado ecossistema único e para for a da sua zona de conforto. Providenciar soluções no mercado que fazem aquilo que se espera delas é a coisa mais importante esperada pelos clientes, indiferentemente do código ser livre e aberto ou proprietário. O

aspecto do custo mais baixo deveria ser utilizado de forma a ser mais competitivo. O aspeto do “livre” deveria ser utilizado para fazer avançar o desenvolvimento de conhecimento comum e é um valor acrescido intrínseco da solução oferecida. Levar o desenvolvimento FOSS a sério dentro de uma empresa também se reflete na empresa a longo prazo, indiferentemente do comportamento da concorrência que não levem este aspecto a sério. Seja acerca da utilização de FOSS ou software proprietário em soluções de forma a criar confiança nos seus clientes.

A Municípia foi fundada em 1999, inspirada no desejo de um grande número de Municípios de constituir uma empresa capaz de dar resposta às suas necessidades constantes de dados espaciais e desenvolvimento de soluções SIG. Neste contexto, a Municípia desenvolveu várias aplicações websig construídas com componentes Open Source (framework munwebgis). A utilização de componentes Open Source é para a Municípia, uma estratégia de negócio uma vez que as ferramentas open source ajudam a desbloquear valor permitindo fornecer soluções competitivas e de confiança.

Sendo uma empresa privada são avaliados em termos de receitas e lucros, utilizando software Open Source nos modelos de negócio seguintes: providenciar integração e serviços de apoio; venda de componentes proprietários a segmentos de utilizadores; venda de plugins e aplicações especializadas e serviços de alojamento. No último ano, os resultados financeiros mostram que a integração e os serviços de apoio representam uma pequena parte do volume total mas estão a tornar-se o serviço mais solicitado e o desafio futuro nesta área.

Utilizando estes modelos de negócio, as principais oportunidades enfrentadas pela Municípia são: a crise económica está a gerar novas oportunidades de negócio; a extensão do projeto do cadastro predial português poderá expandir a utilização de tecnologias open source; as iniciativas do governo como a implementação da Plataforma para a Interoperabilidade na Administração Pública, programas de analíticas urbanas e cidades sustentáveis 2020 são catalisadores de negócio; a diretiva de implementação de dados abertos poderá melhorar o negócio sig; a integração com ferramentas de ERP (enterprise resource planning) municipais é uma necessidade geral e o paradigma móvel está a mudar a forma como os municípios irão trabalhar no futuro. Por outro lado, as maiores ameaças enfrentadas pela Municípia são: o pequeno mercado SIG português; dependência da administração local; dependência do financiamento de União Europeia; a necessidade de pessoal qualificado nos municípios e a ausência de estratégia do governo e dos municípios no domínio geoespacial.

A academia tem um papel fundamental no contexto do Free/Libre e Open Source Software (FLOSS). Esse papel é baseado em três áreas principais: educação, investigação e disseminação. Num nível educacional, a academia deveria apoiar o interesse dos estudantes no desenvolvimento do FLOSS, ensinando os estudantes a programar. A um nível académico, os sistemas FLOSS deveriam ser incluídos como uma ferramenta importante para a ser utilizada noutras áreas que não a de ciência computacional, i.e. programas de gestão, economia, uma vez que estas áreas estão também interessadas e precisam aprender a utilizar sistemas de informação. Estes estudantes são os futuros utilizadores finais e também os futuros decisores no mundo dos negócios.

A nível da investigação, a academia devia aumentar o uso de metodologias de investigação de design para promover o desenvolvimento de novos sistemas. Vários exemplos, provenientes do Mestrado de Open Source do ISCTE-IUL, podem ser mencionados. Vários estudantes de mestrado desenvolveram as suas teses de mestrado em várias áreas do FLOSS. Mencionando algumas delas, foi desenvolvido trabalho em desenvolvimento de uma plataforma de computação distribuída e desenvolvimento de programação visual educativa. Outra área desenvolvida foi novos algoritmos (métodos “Onset”, motores de pesquisa, entre outros). Alguns estudos foram feitos no desenvolvimento de aplicações móveis, i. e. remote monitoring parenting, aplicação para comunidades de prática, aplicação de deduplicação segura. Foram feitos estudos sobre adoção de FLOSS: em municípios e ao nível organizacional, a adoção de ERP. Alguns estudos foram conduzidos em sistemas ERP: o desenvolvimento de um sistema de ajuda e de uma framework de localização. Alguns

estudos em desenvolvimento de plataformas: i.e. plataformas colaborativas, plataforma MOOC, KMS para uma organização e um portal eHealth. Alguma pesquisa também foi conduzida em estudos forenses, por exemplo o uso de FLOSS contra crime económico e também deteção de fraude na segurança social. Recentemente foram feitos estudos em sistemas de bases de dados para gestão de dados de media sociais.



# Artigos Científicos



## GISWATER – UMA SOLUÇÃO INTEGRADA PARA GESTÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA. UM CASO DE ESTUDO NA QUINTA DO LAGO

Ivo Silvestre (1), João Caetano (1), Tiago Correia (1)

(1) Infraquinta, E.M., Avenida da Gondra, Quinta do Lago 8135-024 Almancil; e-mail:  
ivo.silvestre@infraquinta.pt; joao.caetano@infraquinta.pt; tiago.correia@infraquinta.pt

### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal a apresentação de uma solução integrada para a gestão da rede de abastecimento de água da Quinta do Lago, rede gerida pela empresa Infraquinta.

Para melhor entender o comportamento hidráulico da rede, a Infraquinta trabalha no sentido de desenvolver modelos matemáticos. A conceção destes modelos depende diretamente de um cadastro de infraestruturas atualizado e organizado num Sistema de Informação Geográfica (SIG) e do Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) existente, que nos fornece os dados de consumo de água com periodicidade horária.

Com o intuito de simplificar tarefas e organizar informação decidimos utilizar o *GISWater*, um software de código aberto que permite a comunicação entre o cadastro, os dados de consumo e o software de modelação hidráulica *EPANET*. O armazenamento e gestão de dados geográficos são garantidos pelo Sistema de Gestão de Bases de Dados (SGBD) *PostgreSQL*, juntamente com a sua extensão espacial *PostGIS*. A visualização e edição de dados geográficos são realizadas pelo software *QGIS*.

### 1. INTRODUÇÃO

A Quinta do Lago é um empreendimento turístico situado no concelho de Loulé que se distingue pela promoção da qualidade e boa gestão do espaço urbano e infraestruturas públicas. A Infraquinta é a entidade gestora das infraestruturas da Quinta do Lago, entre as quais, a rede de abastecimento de água. Uma das atuais prioridades da empresa consiste em produzir modelos matemáticos que simulam o comportamento hidráulico da rede para auxiliar na tomada de decisão, nomeadamente, apoiar as operações de manutenção e eventuais intervenções de reabilitação.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) aplicados à gestão de redes de abastecimento de água apresenta grandes vantagens para a entidade gestora, nomeadamente, a organização e partilha eficaz de informação entre diferentes departamentos e o apoio à tomada de decisão [1].

Para construção de modelos hidráulicos é necessário ter um cadastro atualizado com informação da geometria da rede e informação de consumos provenientes do Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) existente. O SCADA é um sistema de coleção de dados, constituído por sensores que enviam informação para um servidor central relacionada com os consumos de água na rede [1].

Neste artigo apresentamos uma solução integrada para a gestão da rede de abastecimento de água da Quinta do Lago baseado no *GISWater*, um software de código aberto que permite a integração do *PostgreSQL* (com extensão *PostGIS*) entre o *EPANET* e o *QGIS* [2].

Através desta solução integrada constituímos uma ferramenta de trabalho para registo de alterações a nível de cadastro que repercutem diretamente no modelo hidráulico e que nos proporciona a ambição de criar modelos hidráulicos em tempo real.

### 2. ENQUADRAMENTO

Situada no concelho de Loulé, a Quinta do Lago é um empreendimento com cerca de 1300 hectares, cuja criação remonta ao ano de 1972. A Infraquinta é uma empresa municipal de capitais maioritariamente públicos,

cuja principal atividade é a gestão das infraestruturas da Quinta do Lago, entre as quais, a rede de abastecimento de água, composta pela rede de distribuição, com cerca de 68,91 km de extensão, um reservatório e quatro estações elevatórias.

Uma rede de abastecimento de água é constituída pelos seguintes elementos: tubagens, ramais, reservatórios, válvulas e bombas, incluindo a referenciado de coordenadas  $x,y,z$  dos nós que os definem, bem como o traçado da rede daí resultante e respetiva topologia [3].

Um dos objetivos da Infraquinta consiste na realização de simulações ao comportamento da rede para suporte à tomada de decisão. O termo simulação refere-se ao processo de utilização de representações matemáticas aplicadas a sistemas reais de abastecimento de água, designadas por modelos hidráulicos [4]. Estes modelos têm múltiplas aplicações nos domínios do planeamento, projeto, operação, manutenção e reabilitação [3].

A informação cadastral da rede de abastecimento de água é essencial, quer para o conhecimento e gestão da própria rede, como para construção dos modelos hidráulicos. O cadastro deve constituir a principal fonte de informação geográfica e física para um modelo. Um cadastro correto deverá encontrar-se atualizado e incluir, entre outros elementos, informação sobre o diâmetro e material das tubagens e respetivos acessórios que compõem o esquema de ligações entre as mesmas [3].

Atualmente a Infraquinta possui um SIG com o cadastro da rede que se encontra em constante atualização. As atualizações no cadastro referem-se a alterações realizadas na rede, como por exemplo alterações nos pontos de consumo, operações de válvulas ou adição ou substituição de tubagens. As alterações devem ser consideradas na construção dos modelos hidráulicos, sendo necessário atualizar a geometria cada vez que existe uma nova alteração na rede. Outra questão a considerar é a associação dos consumos provenientes do SCADA aos pontos de consumo existentes na rede. Neste contexto decidimos utilizar o software GISWater para auxiliar em ambas as situações referidas anteriormente.

Ademais da resolução das questões enumeradas, o GISWater permite a comunicação entre os sistemas existentes, o SIG, o SCADA e os modelos hidráulicos, construídos e analisados em ambiente EPANET [2].

### 3. GISWATER

O GISWater<sup>1</sup> é um software livre que tem como objetivo estabelecer a comunicação entre softwares que realizem simulações hidráulicas (neste caso o EPANET) com bases de dados espaciais através de um SIG [2]. Deste modo pretende-se potenciar as capacidades de cada software. A conexão de softwares de modelação hidráulica com softwares SIG é claramente vantajosa, tirando partido da poderosa interface de visualização, consulta, edição e análise espacial. A conexão com um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) tira partido da capacidade de armazenamento, manipulação e análise de dados. No que refere à modelação hidráulica, o software EPANET permite executar simulações do comportamento hidráulico e de qualidade de água em sistemas de abastecimento de água em pressão [6]. Esta ferramenta foi concebida para servir de apoio à análise de sistemas de distribuição, melhorando o conhecimento sobre o transporte e o destino dos constituintes da água para consumo humano [6][7].

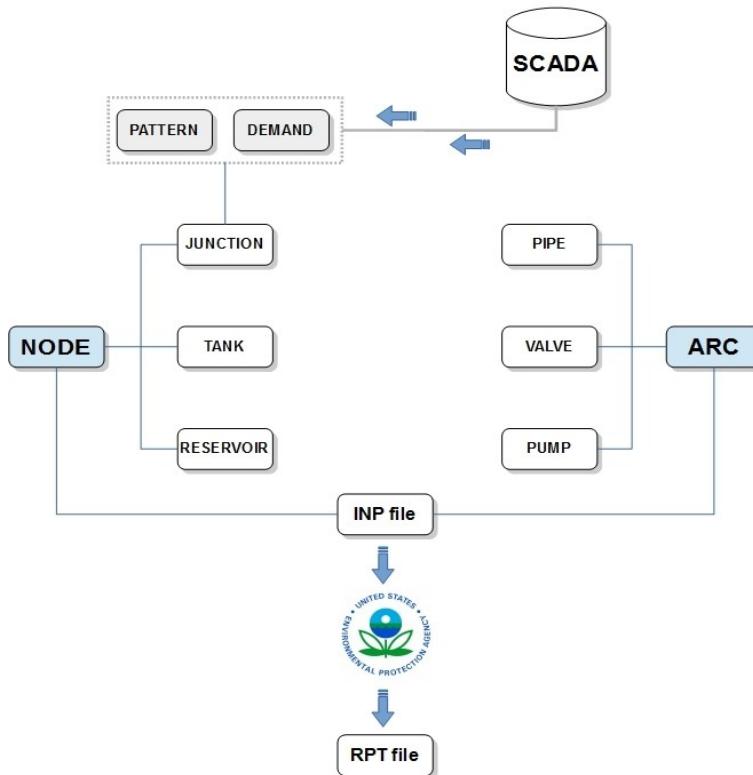
Atualmente o GISWater encontra-se configurado para funcionar com o PostgreSQL, um SGBD de código aberto totalmente compatível com a ISO SQL que pode ser executado em diferentes Sistemas Operativos e apresenta limites máximos de sistemas bastante impressionantes [9][10]. O PostgreSQL apresenta uma extensão para dados geográficos, o PostGIS, que permite o armazenamento, consulta e manipulação de objetos SIG. O PostGIS inclui suporte para índices espaciais e funções de análise e processamento de objetos SIG [11]. O PostgreSQL juntamente com o PostGIS oferece uma ferramenta consistente para armazenamento e gestão de informação relativa ao cadastro de redes de abastecimento de água. O QGIS, aconselhado e interligado ao GISWater, disponibiliza ferramentas para visualização, consulta, edição e análise espacial [12].

#### 3.1. Arquitetura de dados

O GISWater permite construir bases de dados cuja estrutura coincide com a arquitetura de dados do EPANET.

<sup>1</sup> Código fonte: <https://github.com/Giswater/giswater>

Para efeitos de modelação hidráulica o EPANET utiliza como dados de entrada ficheiros ASCII com extensão INP, formato padrão da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) [5]. Estes ficheiros representam as componentes físicas (redes geométricas com topologia arco-nó) e não-físicas (padrões de consumo, curvas de bombas, controlos, etc.) que constituem uma rede de abastecimento de água [6]. A Figura 1 ilustra a arquitetura de dados do EPANET.



**Figura 1 – Arquitetura de dados EPANET**

No que refere à geometria, os arcos representam tubagens, válvulas e bombas e os nós representam junções, tanques e reservatórios. Segundo o conceito de topologia, ou seja, um conjunto de regras e comportamentos que definem como pontos e linhas partilham geometrias coincidentes [13], os nós coincidem com vértices dos arcos.

No EPANET, as componentes físicas devem respeitar as seguintes regras [6][8]:

- Os nós, do tipo ponto, são os elementos principais;
- Os arcos, do tipo linha, unem os nós do ponto inicial *Node1* ao ponto final *Node2*;
- Todos os arcos têm um sentido definido que pode ou não diferir do sentido de escoamento.

O EPANET não representa as redes à escala e a geometria é meramente visual, pois características geométricas como o comprimento e altimetria, são associadas a valores alfanuméricos. A base de dados do GISWater é composta por tabelas alfanuméricas e com geometria. Para a geração do ficheiro INP a geometria apresenta uma enorme vantagem, dado que edições em ambiente QGIS repercutirem diretamente no ficheiro INP [5][6].

Posteriormente à execução da simulação pretendida o software EPANET irá criar um ficheiro com o relatório RPT que servirá para análise de resultados e respetivas conclusões

### 3.2. Comunicação com o EPANET

Uma das funcionalidades do GISWater é a comunicação bidirecional, ou seja, a capacidade de ler e escrever ficheiros ASCII, nomeadamente ficheiros em formato INP e RPT, através dos quais se estabelece a comunicação com o EPANET. Esta comunicação ocorre da seguinte forma [6][8]:

- a) Cada tipo de dados é armazenado em tabelas, otimizando o armazenamento dos mesmos. Neste sentido, há tabelas de armazenamento para todos os tipos de dados que geram o INP;
- b) Através da definição e posterior seleção de sectores, ou seja, áreas isoladas da rede que se pretendem estudar, é possível exportar apenas os elementos da rede contidos na secção selecionada;
- c) A exportação da rede é realizada em formato INP para que o EPANET possa ler a informação que lhe é dada;
- d) O EPANET é executado a partir da linha de comando sem recorrer à interface gráfica do Windows, através do qual é gerado o ficheiro de resultados RPT;
- e) A informação do ficheiro RPT é lida e armazenada em tabelas relacionadas diretamente com a geometria;
- f) A apresentação dos resultados pode ser realizada através do SIG, uma vez que os resultados estão ligados aos arcos e nós que compõem a rede de abastecimento de água.

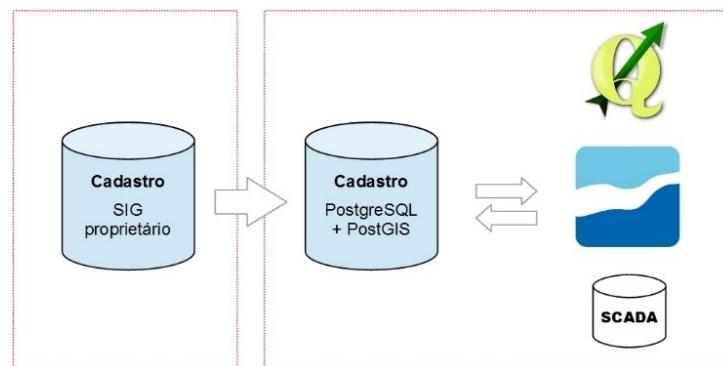
#### 4. CASO DE ESTUDO DA QUINTA DO LAGO

O cadastro da rede de abastecimento de água da Quinta do Lago, gerido pela Infraquinta, é constituído pelos elementos geométricos que compõem uma rede e por dados horários de consumo provenientes do SCADA. Os dados de consumo são associados à rede através de pontos de consumo referentes ao ponto físico de entrega de água. A área de intervenção da Infraquinta engloba cerca de 1430 pontos de consumo.

O facto dos dados de consumos serem horários diferencia a Infraquinta de outras entidades gestoras e permite obter um modelo hidráulico muito próximo da realidade pois as incertezas intrínsecas às estimativas de consumos são minoradas. Tal volume de informação requere ferramentas adequadas e que promovam uma boa metodologia de trabalho. A adoção do GISWater permitiu lidar com todas estas variáveis e ainda a inserção de ramais (ligações de abastecimento doméstico de pequeno diâmetro) no modelo da rede de abastecimento de água tornando o modelo hidráulico mais preciso.

Anteriormente o cadastro encontrava-se inserido num SIG proprietário, mais concretamente, em ArcGIS e bases de dados em *Microsoft SQL Server*. Durante um período a sua utilização prioritária era para apoio na manutenção da rede, ou seja, proceder à gestão das infraestruturas existentes de modo a garantir o seu bom funcionamento e a qualidade do serviço prestado. Com a necessidade de otimizar hidráulicamente a rede existente começámos a desenvolver modelos matemáticos em ambiente EPANET. O ficheiro INP era exportado a partir do ArcGIS, que para além de dificultar a inclusão de ramais no modelo não apresentava, no nosso entender, a melhor forma de associar os consumos horários existentes no SCADA aos pontos de consumo da rede. O ArcGIS realiza somatórios de consumos e o que pretendemos é associar os consumos nos respetivos pontos de consumo.

A Figura 2 ilustra o processo de migração do SIG proprietário para uma base de dados em PostgreSQL e por sua vez a utilização do software GISWater para interligação com o QGIS e com o SCADA existente.



**Figura 2 – Processo de migração**

Outra questão que veio reforçar a opção por esta migração deve-se à velocidade de acesso aos dados geográficos. O facto de possuirmos uma versão freeware do Microsoft SQL Server, a versão *Express*, limitava-nos não só pela capacidade de armazenamento das bases de dados, mas principalmente pelo facto de apenas se tirar partido de um único *core* do servidor.

O PostgreSQL permite beneficiar dos múltiplos *cores* do servidor, o que no nosso caso se traduziu em maior velocidade de consulta com todas as vantagens que daí advêm, nomeadamente velocidade de consulta e edição dos dados geográficos.

Relativamente à gestão do cadastro e utilização do mesmo para gerar ficheiros INP, o GISWater veio proporcionar uma ferramenta bastante útil pela sua capacidade e facilidade de integração do PostgreSQL com o QGIS e com o EPANET.

## 5. CONCLUSÃO

A gestão da informação é crucial no planeamento de redes de abastecimento de água. É assim bastante importante adquirir informação de um modo simples e rápido e conseguir cruzá-la sem grande dispêndio de tempo. De modo a ser alcançado este objetivo optou-se por utilizar o software GISWater devido à sua capacidade e facilidade de integração e também por permitir a comunicação entre as diferentes ferramentas utilizadas: bases de dados, EPANET, SIG e SCADA. A interligação permite potenciar as capacidades de cada uma destas ferramentas tirando partido do grande volume de dados que pode ser armazenado e manipulado pelo PostgreSQL, da visualização, edição e consulta espacial do QGIS e da modelação hidráulica que o EPANET realiza. A interligação permite também que qualquer alteração realizada a nível da base de dados reflita directamente no ficheiro INP, facilitando a sua criação e edição.

O facto de o GISWater ser de código aberto e acesso gratuito veio facilitar a exploração das suas potencialidades, quer a nível de integração, manipulação e gestão dos dados.

A utilização do GISWater exigiu um processo de migração do SIG existente para uma base de dados em PostgreSQL/PostGIS. Esta migração permitiu-nos usufruir de todo o potencial do servidor SIG aumentando a velocidade de acesso aos dados com todas as vantagens que daí advêm.

No futuro pretende-se atingir a capacidade de produzir modelos matemáticos que simulem o comportamento hidráulico da rede de abastecimento de água da Quinta do Lago em tempo real. Pretende-se também a configuração de um WebSIG que estabeleça o acesso ao cadastro e ao modelo hidráulico a todos os departamentos da empresa através de um simples navegador de internet.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Price R., Vojinovic, Z. (2011) Urban Hydroinformatics. Data, Models and Decision Support for integrated Urban Water Management. IWA publishing.
- [2] GISWater (Acedido em Maio de 2015) Site Oficial do GISWater. Acessível em: <https://www.giswater.org/>
- [3] Coelho S., Loureiro D. e Alegre H. (2006) Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água. 335p. Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- [4] Walski T.M., Haestad Methods, Inc (2003) Advanced water distribution modeling and management. 751p. Haestad Press, the University of Michigan, USA.
- [5] EPANET (Acedido em Maio de 2015) Site Oficial do EPANET. Acessível em: <http://www2.epa.gov/water-research/epanet>.
- [6] Rossman, Lewis A. (2000) EPANET 2 USERS MANUAL. Water Suply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory, Cincinatí, OH 45268.
- [7] Torret X., Sanguino J., Quintanilla C. (2012). Herramientas de código libre. Una realidad para la gestión municipal aplicada a los servicios urbanos. Magazine gvSIG Association.
- [8] Torret X., Medina V. (2014) PostgreSQL y PostGIS 2.0 aplicados al mundo de la ingeniería hidráulica y fluvial. In: Livro de Resumos do VIII Jornadas de SIG Libre, 26-28 Março de 2014, Girona.

- [9] PostgreSQL (Acedido em Maio de 2015) Site Oficial do PostgreSQL. Acessível em: <http://www.postgresql.org/>
- [10] Caldeira C. (2015) PostgreSQL – Guia Fundamental – 1<sup>a</sup> Edição. 260 p. Edições Sílabo, Lda., Lisboa.
- [11] PostGIS (Acedido em Maio de 2015) Site Oficial do PostGIS. Acessível em: <http://postgis.net/>
- [12] QGIS (Acedido em Maio de 2015) Site Oficial do QGIS. Acessível em: <http://www.qgis.org/>
- [13] Matos J. (2001) Fundamentos de Informação Geográfica. 344p. Lidel, Lisboa.

## SUSCEPTIBILIDADE À INVASÃO POR ACACIA DEALBATA MILL. NA BACIA DO RIO MONDEGO: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE EM ÁREAS EXTENSAS

Jorge Pereira (1), Albano Figueiredo (2)

- (1) Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica (MTIG – FLUC/FCTUC); Colégio de S. Jerónimo, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra; e-mail: Jormi93@gmail.com
- (2) Departamento de Geografia / Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT); Colégio de S. Jerónimo, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra; e-mail: geofiguc@gmail.com

### RESUMO

Os processos de invasão estão identificados como uma das ameaças mais importantes à escala global. Tendo em conta a importância desta ameaça, desenvolve-se um esforço dedicado à monitorização do estado de invasão e susceptibilidade territorial, informação necessária à definição de medidas que permitam mitigar os impactes associados a estes processos. Neste contexto, este artigo pretende apresentar os resultados preliminares relacionados com a preparação de uma proposta metodológica dirigida à avaliação da susceptibilidade à invasão por organismos exóticos em territórios extensos. Este ensaio baseia-se na estratégia de projecção espacial de um modelo que apresente bom desempenho para uma área reduzida do território. A criação deste modelo suporta-se na utilização de um método de modelação baseado no princípio da máxima entropia, um método identificado como um dos mais robustos no âmbito de modelação preditiva de base correlativa. A selecção do modelo para projecção baseia-se nos resultados de *Area Under the Curve* (AUC) obtidos para diferentes modelos produzidos, calibrados com base em diferentes parametrizações e validados com informação independente. Este ensaio tem por referência a espécie exótica *Acacia dealbata* Mill., considerada uma das espécies exóticas invasoras com maior área ocupada no território continental português.

A calibração tem por base o contexto da bacia do rio Ceira, e a projecção é feita para a bacia hidrográfica do rio Mondego. Em termos de resultados, apesar de os modelos apresentarem bom desempenho, a sua natureza correlativa limita a sua capacidade para produzir projecções precisas para áreas cujas condições ecológicas não estão presentes na área que serviu de base à calibração do modelo de referência. Para reduzir a influência deste problema nos resultados, propõe-se a realização de uma nova etapa de validação de resultados, que contemple não só áreas que apresentam condições fora do gradiente ecológico utilizado na calibração, mas também áreas com diferentes graus de probabilidade, no sentido de avaliar a robustez do modelo.

### 1. INTRODUÇÃO

A modelação geográfica e a análise espacial, bem como as respectivas tecnologias de suporte (SIG, Detecção Remota, etc.), desempenham actualmente um papel muito importante no apoio à decisão. Decisão que frequentemente está baseada em previsões que projectam temporal ou espacialmente dinâmicas ou processos. Este é o caso da modelação preditiva, que, fruto do aparecimento de ferramentas estatísticas com maiores potencialidades, desenvolvimento frenético de ferramentas SIG, e maior disponibilidade de bases de dados ou facilidade na sua obtenção, registou um aumento exponencial em termos de domínios de aplicação [1] [2]. Um dos campos em que a modelação preditiva tem sido aplicada é na avaliação da susceptibilidade dos territórios à invasão por organismos exóticos [3] [4], um tema que se tem imposto pelos efeitos negativos que os processos de invasão têm e poderão ter no futuro próximo [5], assumindo-se como uma das principais ameaças ao equilíbrio dos ecossistemas.

A introdução de organismos exóticos, um processo ligado às actividades humanas que pode assumir carácter voluntário ou involuntário, está actualmente favorecido pela intensificação das trocas comerciais à escala global, bem como pela mobilidade de pessoas a um ritmo sem precedentes [6] [7]. Ainda que o número de organismos exóticos introduzidos que assumem um comportamento invasor seja modesto [8], as suas consequências actuais e previstas são muito significativas [9].

Uma espécie invasora é “uma espécie naturalizada que produz descendentes férteis frequentemente em grande quantidade e os dispersa muito para além da planta mãe, com potencial para ocupar áreas extensas, em habitats naturais ou seminaturais” [10] [11], produzindo grandes alterações nos ecossistemas onde se inserem. Atributos como o rápido crescimento, elevada produção de propágulos viáveis, rápida reacção a agentes de perturbação (fogo), boas competidoras de recursos, são inerentes à definição do conceito de espécies invasoras. Dada a amplitude dos problemas decorrentes dos processos de invasão (economia, saúde pública, disponibilidade de água, biodiversidade, etc), é necessário derivar planos de acção, principalmente na área da prevenção. Estes passam necessariamente por uma avaliação da susceptibilidade dos territórios à invasão de determinados organismos exóticos já presentes, no sentido de permitir a definição de medidas que permitam implementar um sistema de bloqueio ao avanço da invasão.

No sentido de contribuir para esta proposta metodológica, este trabalho propõe-se avaliar a utilidade da avaliação da susceptibilidade territorial à invasão baseada em processos de projecção espacial, com o objectivo de afinar metodologias que permitam esta avaliação em áreas extensas.

## 1.1 Contextualização da temática

Os fenómenos da natureza e os processos com eles relacionados são demasiados complexos para que permitam a construção de modelos absolutamente rigorosos. Na natureza nada é linear. Desta forma, a incerteza é necessariamente inerente a qualquer processo de modelação espacial que procure duplicar o funcionamento dos sistemas naturais. Outros factores concorrem para a incerteza normalmente associada aos resultados de modelação. No caso da modelação preditiva, além da subjectividade inerente a algumas tomadas de decisão, como a utilização de limiares para o processo de binarização de resultados [12], a variabilidade de resultados associada à utilização de diferentes métodos de modelação é entendida como um factor de incerteza, embora seja possível controlar este problema através da combinação de resultados [13].

É então imperioso avaliar os resultados devolvidos pelo modelo que parece responder de uma forma mais eficaz aos objectivos e necessidades do problema, uma vez “Essencialmente, todos os modelos estão errados, mas alguns são úteis” [14].

## 1.2 Ecologia da espécie

A espécie *Acacia dealbata* Mill. (*Fabaceae*), é uma espécie exótica com ampla área de distribuição no território continental e arquipélago da Madeira. Trata-se de uma árvore que pode atingir os 15 metros, folhas perenes, recompostas (2-12 cm de comprimento), com flores de cor amarelo vivo, reunidas em capítulos (5-6mm), formando grandes panículas e vagens castanho-avermelhadas bastante compridas. As sementes têm um funículo curto e esbranquiçado. A sua área de distribuição nativa é referente ao Sudeste Australiano e Tasmânia. [10] [11]

Introduzida em Portugal com fins ornamentais, para fixação dos solos e como espécie florestal, a sua reconhecida capacidade colonizadora está assente na elevada produção de propágulos, que permanecem viáveis no solo (banco de sementes) durante muitos anos, e a sua germinação é estimulada pelo fogo (pirófita), rebentando vigorosamente da touça e da raiz. Forma povoamentos muito densos, impedindo o desenvolvimento da vegetação nativa, diminuindo o fluxo de linhas de água e aumentando a erosão dos solos. A decomposição das suas folhas nos solos (húmus) é rica em azoto, o que promove a alteração química dos solos. Tem efeitos aleopáticos (influência de um indivíduo sobre o outro, seja prejudicando ou favorecendo). Estes factores estão sempre associados a competitividade de espaço, impedindo o desenvolvimento de outras espécies [15].

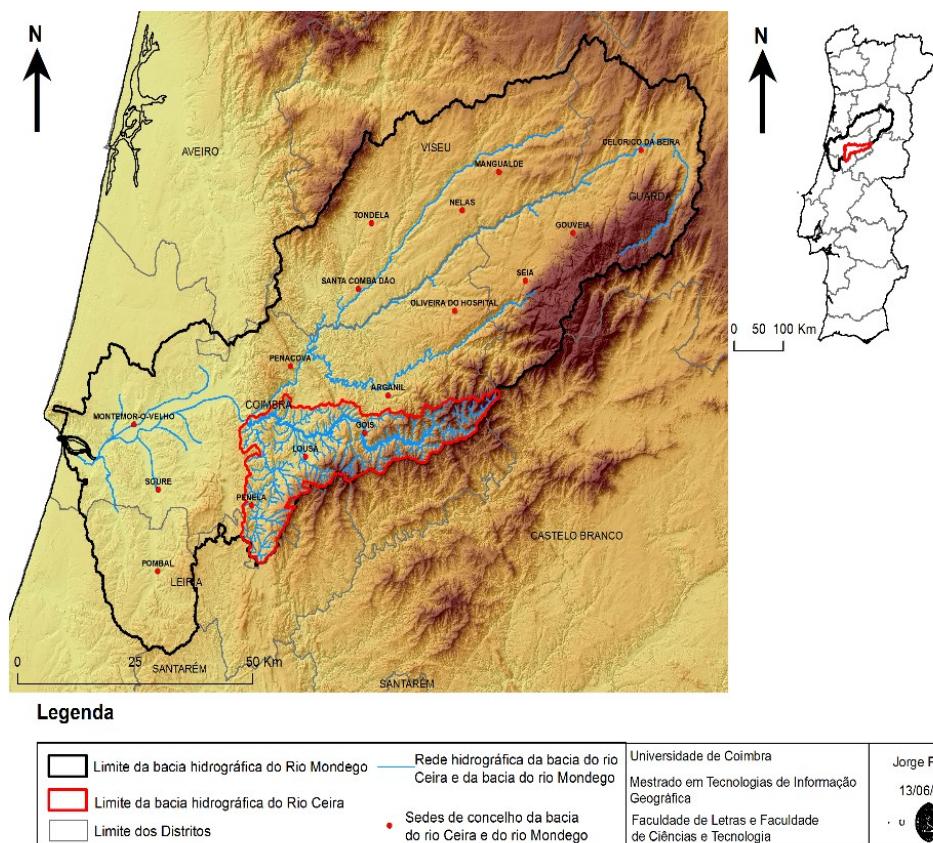
Em termos de condições ecológicas óptimas prefere terrenos frescos dos vales, zonas montanhosas e margens de cursos de água e de vias de comunicação. Invade principalmente depois da ocorrência de incêndios florestais ou outra qualquer perturbação do ecossistema (estímulo). [10] [11]

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Processo de modelação

A projecção afigura-se como uma estratégia metodológica alternativa face à necessidade de avaliar a adequação de novas condições ecológicas (projecção ecológica: cenários de mudança climática) ou das condições ecológicas vigentes noutro território (projecção espacial), permitindo assim avaliar a dinâmica de um organismo em áreas onde o mesmo ainda não se encontra, ou cuja ocorrência é desconhecida.

A utilização do processo de projecção espacial neste trabalho prende-se com a necessidade de se produzir modelos preditivos dedicados à avaliação da susceptibilidade à invasão por organismos invasores em áreas extensas. Neste sentido, numa primeira fase produz-se uma série de modelos para uma área geograficamente mais reduzida, sendo seleccionado o que apresenta melhor desempenho. Neste exercício tem-se por referência a bacia do rio Ceira, um dos principais afluentes do rio Mondego (Figura 1).



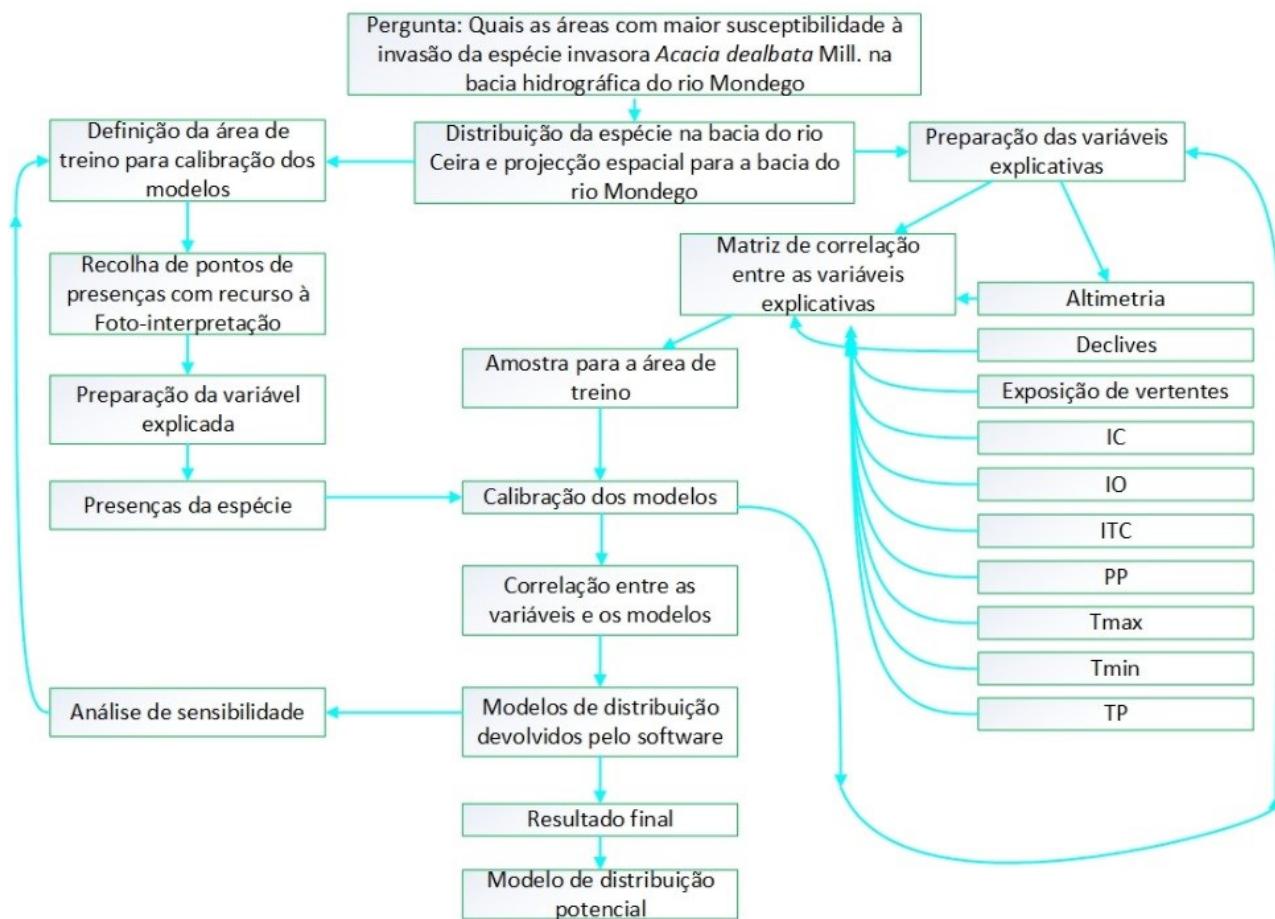
**Figura 1 – Posição geográfica da bacia do rio Ceira em relação à bacia do rio Mondego.**

As relações identificadas neste modelo, entre a distribuição dos organismos e as condições ecológicas presentes, são projectadas para uma área mais extensa, neste caso a bacia do rio Mondego (Figura 1), de forma a identificar as áreas de maior susceptibilidade de ocorrência da espécie.

A produção de resultados teve por base um método de modelação baseado no princípio de máxima entropia, método identificado como um dos mais robustos no âmbito da modelação preditiva baseada no conceito de nicho ecológico [16], e baseou-se na utilização do software *freeware MAXENT* (versão 3.3.3). As previsões

<sup>1</sup> Por motivos de legibilidade, descriminam-se em rodapé as legendas das figuras. **Figura 1** - Em temas de linhas e polígonos: a vermelho a delimitação da bacia hidrográfica do rio Ceira, a preto a delimitação da bacia do rio Mondego, a cinza o limite dos concelhos, a azul a rede hidrográfica da bacia do rio Ceira e da bacia do rio Mondego. Em temas de pontos: a vermelho as sedes de concelho da bacia do rio Ceira e do rio Mondego.

criadas por este método de modelação partem de uma correlação entre as presenças da espécie e as variáveis explicativas seleccionadas (Figura 2). Todas as tarefas associadas à preparação das variáveis e recolha de ocorrências (fotointerpretação) basearam-se em software livre e/ou de código aberto QGIS (SLCA QGIS). Como tal, todo o *background* e apoio, necessariamente fundamental e imperioso para a realização de processos de modelação foi realizado com recurso somente ao software SLCA, sendo que o processo de modelação em si, foi realizado no software MAXENT, como referido anteriormente.



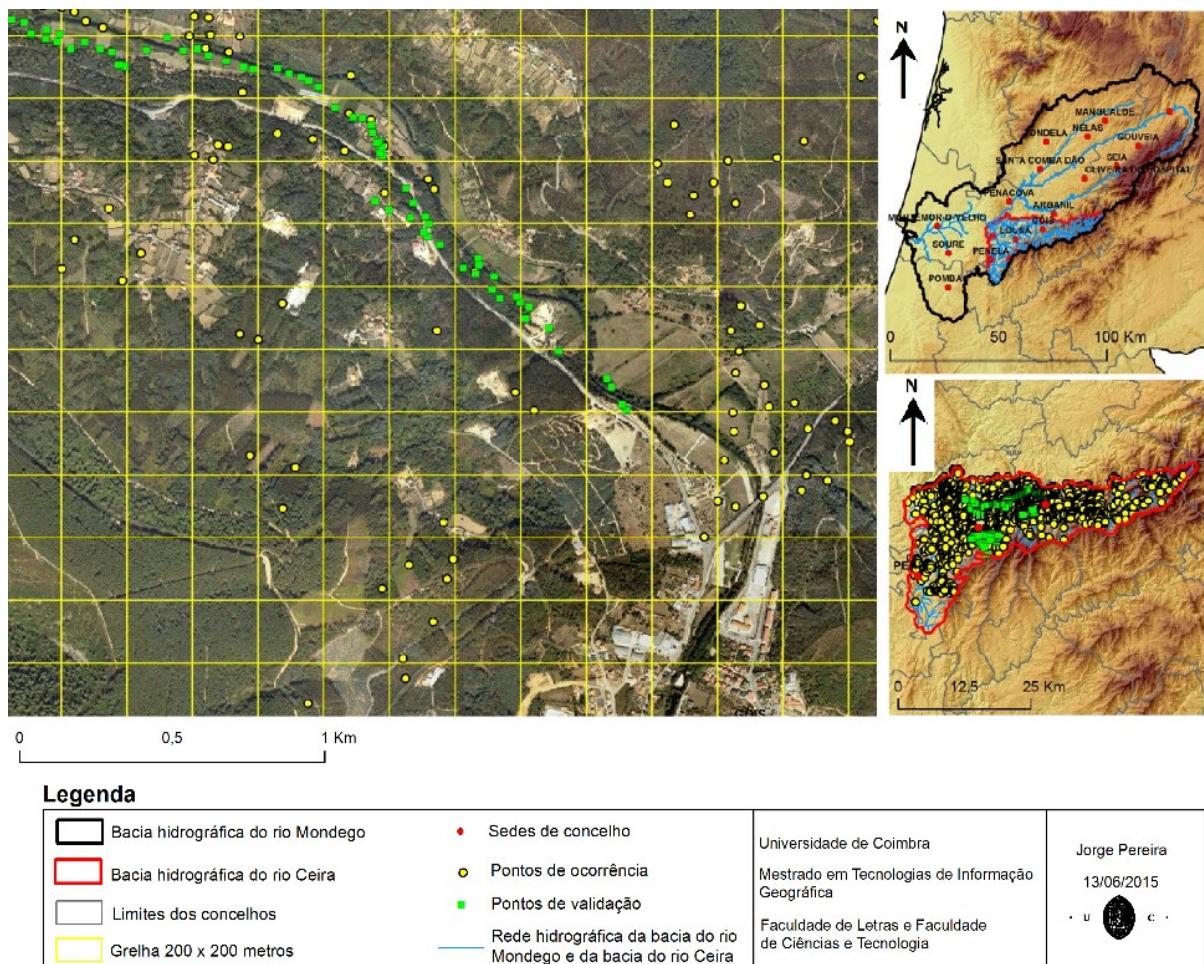
**Figura 2 – Operacionalização do processo de modelação em ambiente SIG**

## 2.2 Dados de calibração dos modelos

Os dados de ocorrência da espécie *Acacia dealbata* Mill. para a bacia do rio foram obtidas por meio de fotointerpretação (4131 pontos), tendo por base uma grelha de referência com resolução 200x200m para a bacia do rio Ceira (Figura 3). A validação das ocorrências recolhidas foi feita em campo para um total de 20% das células da grelha. Esta validação baseou-se na recolha de pontos em campo com recurso ao GPS diferencial (647 pontos).

Estes pontos recolhidos em campo foram posteriormente utilizados como amostra independente para validar os resultados de alguns modelos. Isto porque, como estratégia para se produzir modelos com a melhor performance, foram produzidos 30 modelos com diferentes parametrizações.

Além das diferentes combinações de variáveis, os modelos produzidos numa primeira fase distinguiam-se pelas seguintes opções de calibração: i) modelos calibrados com 70% das ocorrências conhecidas, sendo os restantes 30% seleccionados aleatoriamente para validar os resultados, ii) modelos calibrados com todas as ocorrências conhecidas e validado com uma amostra independente (pontos recolhidos em campo para validação das ocorrências recolhidas com base em ortos).



**Figura 3<sup>2</sup> – Localização dos pontos de ocorrências da espécie recolhidos por fotointerpretação e pontos de validação em campo.**

### 2.3 Variáveis preditivas

Para o processo de modelação foram seleccionadas as variáveis ambientais que apresentavam uma maior contribuição para a explicação da distribuição da espécie *Acacia dealbata* Mill. Numa primeira fase foi avaliada a correlação entre as variáveis, com base no coeficiente de correlação de Spearman. Com base nos resultados da correlação eliminaram-se todas as variáveis com correlação significativa. Com base na técnica de Jackknifeing, procedeu-se a uma nova selecção de variáveis, no sentido de seleccionar as que evidenciavam melhor potencial preditor.

As variáveis seleccionadas são IC (Índice de continentalidade simples), ITC (Índice de termicidade compensado), IO (Índice ombrotérmico anual), a TP (Temperatura positiva anual), a Tmax (Temperatura média do mês mais quente do ano), a Tmin (Temperatura média do mês mais frio do ano), a PP (Precipitação positiva anual), distância às linhas de água. Foram excluídas as variáveis altitude, declive e exposição por apresentarem uma forte correlação positiva entre si e entre as variáveis bioclimáticas, o que permite reduzir o enviesamento de resultados associados a problemas relacionados com a autocorrelação espacial das variáveis [17]. A resolução

<sup>2</sup> **Figura 3** - Em temas de linhas e polígonos: a preto a delimitação da bacia do rio Mondego, a vermelho a delimitação da bacia do rio Ceira, a cinza o limite dos concelhos, a amarelo a grelha regular de 200 x 200 metros e a azul a rede hidrográfica da bacia do rio Ceira e do rio Mondego. Em temas de pontos: a vermelho as sedes de concelho, a amarelo os pontos de ocorrência da espécie marcados por fotointerpretação e a verde os pontos de validação em campo da espécie.

espacial das variáveis foi de 200x200 metros, o que corresponde à mesma resolução espacial utilizada para recolha dos pontos de presença em ambiente digital ou em campo.

## 2.4 Avaliação dos modelos

A avaliação dos resultados dos modelos é uma das fases mais críticas na modelação preditiva, com alguma frequência se reduz a avaliação do desempenho dos modelos aos valores obtidos nalgumas medidas utilizadas na avaliação da capacidade dos modelos para discriminarem as condições adequadas/não adequadas à ocorrência de determinado organismo. Resultados esses, nem sempre convergentes com a análise de especialistas no organismo a modelar [18]. Neste exercício a avaliação do desempenho dos modelos produzidos baseia-se na utilização da medida AUC da curva ROC (Area Under the Curve of the Receiver Operating Characteristic), de forma a evitar a interferência com os limiares de corte utilizados no processo de binarização dos resultados. Apesar da sua robustez, não está, no entanto, imune a algum enviesamento em função das características do organismo a modelar [19].

## 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Em termos de desempenho, verificou-se alguma variabilidade dos valores de AUC entre os diferentes modelos em função das parametrizações utilizadas. O modelo com melhor desempenho (modelo 11) obtido durante o processo de calibração, e utilizado no processo de projecção espacial, obteve um valor de AUC de 0.868 (Tabela 1), tendo como diferença em termos de parametrizações a utilização de um ficheiro independente para validação dos resultados e a remoção da variável “distância às linhas de água”, variável que reduz normalmente a performance dos modelos.

**Tabela 1 – Resultados das medidas de precisão para os diferentes modelos.**

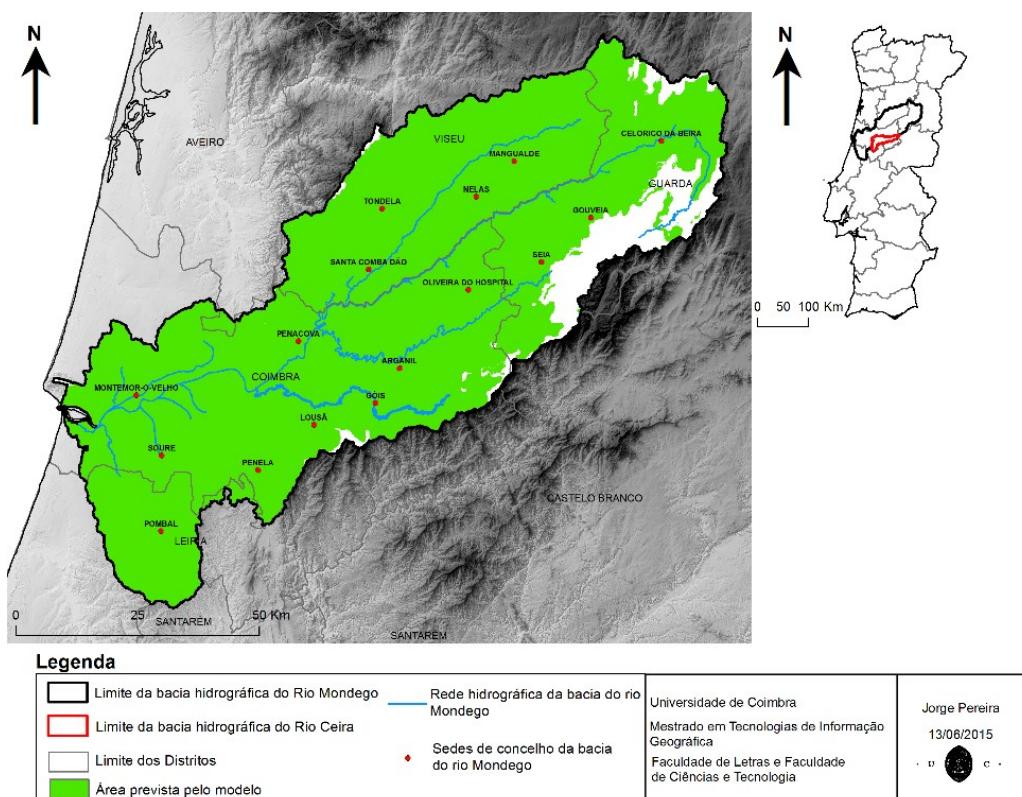
Modelos	AUC	Modelos	AUC
1	0,719	16*	0,562
2	0,719	17*	0,849
3	0,707	18*	0,794
4	0,718	19*	0,828
5	0,704	20*	0,858
6	0,696	21**	0,737
7	0,682	22**	0,736
8	0,672	23**	0,722
9	0,672	24**	0,735
10	0,718	25**	0,719
11*	0,868	26**	0,709
12*	0,858	27**	0,693
13*	0,858	28**	0,686
14*	0,858	29**	0,682
15*	0,841	30**	0,736

\* Modelo cujo processo de avaliação de resultados se baseou na utilização de um ficheiro independente.

\*\* Modelo cujo processo de avaliação de resultados se baseou na utilização de um ficheiro com todas as ocorrências, sendo que 30% serviram para validação do modelo.

Pelo contrário, o modelo que apresenta pior desempenho é o modelo 16 com valor de AUC de 0.562 (Tabela 1), valor explicado pela utilização de variáveis altamente correlacionadas (variáveis derivadas da hipsometria) e da utilização da variável “distância às linhas de água”. Já o modelo resultante do processo de projecção espacial, ainda que baseado no melhor modelo originado durante a calibração, apresenta um desempenho pouco satisfatório, com um valor de AUC de 0.702. Para este valor de AUC, apenas considerado como boa capacidade discriminatória contribuem vários factores: i) o facto de o gradiente ecológico da área de calibração ser mais reduzido que o da área utilizada na projecção, ii) pelo facto de se tratar de um organismo exótico, que não está em equilíbrio com as condições ambientais do nosso território sendo ela nativa do Sudeste Australiano e da Tasmânia, apresentando assim um comportamento invasor em Portugal.

Apesar das limitações deste modelo, é possível identificar quais as áreas com condições adequadas à ocorrência do organismo (Figura 4). Como as áreas que são identificadas como pouco adequadas à ocorrência (Figura 4) coincidem com as áreas onde o modelo apresenta maior incerteza nos resultados (Figura 5), como são o caso da região da Figueira da Foz, Maciço, marginal de Coimbra e principalmente do Parque Natural da Serra da Estrela, pode ser agora implementado um processo de validação em campo, o que reduz de forma substancial o tempo dedicado à recolha de informação de ocorrências para avaliação da susceptibilidade à invasão.

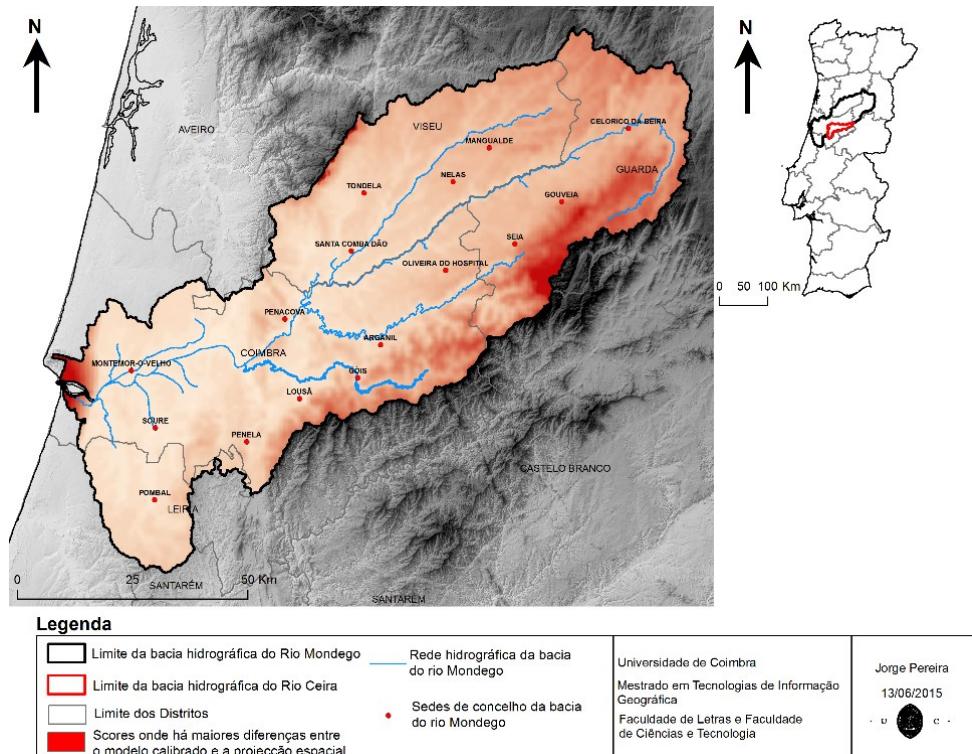


**Figura 4<sup>3</sup> – Proposta de um modelo da distribuição potencial da espécie invasora *Acacia dealbata* Mill. na bacia hidrográfica do rio Mondego**

Nota que nas áreas, referidas anteriormente, os scores onde o modelo apresenta maior incerteza são explicados por nessas áreas não existirem as mesmas condições ecológicas do modelo de calibração utilizado como referência (bacia do rio Ceira). A bacia hidrográfica do rio Ceira, não regista altitude tão baixas quanto aquelas que existem na Figueira da Foz, nem valores de altitude tão elevados quanto aqueles que são registados

<sup>3</sup> **Figura 4** – Em temas de linhas e polígonos: a preto a delimitação da bacia do rio Mondego, a vermelho a delimitação da bacia do rio Ceira, a cinza o limite dos distritos, a verde a área da distribuição potencial prevista pelo modelo, a azul a rede hidrográfica do rio Mondego. Em temas de pontos: a vermelho as sedes de concelho da bacia do rio Mondego.

no Parque Natural da Serra da Estrela. Essa diferença de gradiente ecológico entre a área de calibração e a área utilizada na projecção, reflecte-se naturalmente na amplitude ecológica das variáveis bioclimáticas e na sua capacidade de explicar a distribuição potencial da espécie.



**Figura 5<sup>4</sup> – Valores de incerteza do modelo de projecção espacial espacializados.**

A análise da projecção espacial (Figura 5) permite verificar isso mesmo, que as áreas identificadas como não adequadas à ocorrência correspondem às áreas de maior altitude da bacia hidrográfica do rio Mondego, que como referido anteriormente decalca quase na perfeição principalmente a região do Parque Natural da Estrela.

#### 4. CONCLUSÕES

Apenas são apresentadas algumas observações que garantem a adequabilidade da proposta metodológica apresentada e que nos propusemos realizar, e cuja discussão, por ser demasiado complexa, de análise exaustiva e necessariamente mais extensa, não se adequa à moldura algo restrita deste documento.

Como foi referido ao longo de todo o trabalho, esta proposta metodológica foi operada em ambiente SIG, utilizando SLCA. De acordo com os resultados apresentados e que resultam na apresentação de uma proposta metodológica, podemos verificar que o SLCA executa na perfeição, como era esperado, as tarefas que se exigem de um software SIG Desktop para a operacionalização de tarefas de geoprocessamento e de alguns processos de base ecológica, nomeadamente na preparação das variáveis para a realização do mesmo. Nota que não foi utilizada para este trabalho, mas para trabalhos futuros que seguramente nos comprometemos a realizar no campo da modelação ecológica, poderia ter sido utilizada e integrada em ambiente SIG a ferramenta *open source* *Marine Geospatial Ecology Tools* (MGET) para a operacionalização da modelação ecológica em ambiente SIG. Mas como foi referido, optou-se por utilizar o SLCA como apoio, dito desde já como muito robusto, à operacionalização do processo de modelação ecológica, realizado no software MAXENT.

<sup>4</sup> **Figura 5** – Em temas de linhas e polígonos: a preto a delimitação da bacia do rio Mondego, a cinza o limite dos distritos, a vermelho, primeiramente a delimitação da bacia do rio Ceira e por outro lado os valores ou *scores* onde os valores de incerteza do modelo são mais elevados e a azul a rede hidrográfica do rio Mondego. Em temas de pontos: a vermelho as sedes de concelho da bacia do rio Mondego.

Apesar de os modelos apresentarem um bom desempenho, a sua natureza correlativa limita a sua capacidade para produzir projecções precisas para áreas cujas condições ecológicas não estão presentes na área que serviu de base à calibração do modelo de referência. Apesar desta falha, os resultados, além de permitirem, num trabalho futuro, direcionar o processo de monitorização/validation para áreas em que o nível de incerteza é maior, permitem para já identificar áreas com condições adequadas à ocorrência do organismo em causa. Assim, os resultados permitem apresentar esta aproximação metodológica como válida para reduzir o esforço de recolha de ocorrências em áreas extensas, ainda que tenha que ser desenvolvido em várias etapas. Assim, numa fase posterior, proceder-se-á à validação em campo dos resultados do modelo de projecção espacial, com maior foco nas áreas sem condições adequadas para a ocorrência e com elevados valores de incerteza em termos de previsão. Com os novos dados recolhidos será produzido um novo modelo, cuja calibração integrará todas as ocorrências conhecidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Guisan A., Zimmermann, N. (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135 (2-3): 147-186.
- [2] Araújo M., Guisan, A. (2006) Five (o so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33 (10): 1677-1688.
- [3] Thuiller W., Richardson D., Pysek P., Midgley G., Hughes G., Rouget M. (2005) Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology*, 11 (12): 2234-2250.
- [4] Vicente J., Randin C., Gonçalves J., Metzger M., Lomba Â., Honrado J., Guisan A. (2011) Where will conflicts between alien and rare species occur after climate and land-use change? A test with a novel combined modelling approach. *Biological Invasions*, 13 (5): 1209-1227.
- [5] Pimentel D. (2002) Biological invasions. Economic and environmental costs of alien plant, animal and microbe species. 382 p. New York.
- [6] García-Berthou E., Ballestros E., Sanz-Elorza M. (2008) Múltiples orígenes y vías de introducción de las especies invasoras. In: Vilà M., Valladares F., Traveset A., Santamaría L., Castro P. (eds.), A test with a novel combined modelling approach. *Biological Invasions, Invasiones biológicas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid: 29-40.
- [7] Vilà M., Castro P., García-Berthou E. (2008) Qué son las invasiones biológicas. In: Vilà M., Valladares F., Traveset A., Santamaría L., Castro P. (eds.), *Invasiones Biológicas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid: 21-28.
- [8] Williamson M., Fitter A (1996) The characters of successful invaders. *Biological Conservation*, 78 (1-2): 163-170.
- [9] Sala O., Chapin F., Armesto J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L., Jackson R., Kinzig A., Leemans R., Lodge D., Mooney H., Oesterheld M., Poff N., Sykes M., Walker B., Walker M., Wall D. (1996) Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287 (5459): 1770-1774.
- [10] Marchante E., Freitas H., Marchante H. (2008) Guia prático para identificação de plantas invasoras em Portugal. 183p. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- [11] Marchante H., Morais M., Freitas H., Marchante E. (2014) Guia prático para identificação de plantas invasoras em Portugal. 207p. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- [12] Liu C., Berry P., Dawson T., Pearson R. (2005) Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28 (3): 385-393.
- [13] Araújo M., New M. (2007) Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution*, 22 (1): 42-47.
- [14] Rocha J. (2012) Sistemas complexos, modelação e geosimulação de evolução de padrões de uso e ocupação do solo. 987p. Dissertação de Doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa
- [15] Richardson D., Pysek P., Rejmánek M., Panetta D., Carol W. (2010) Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6: 93–102.

[16] Elith J., Graham C., Anderson R., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R., Huettmann F., Leathwick J., Lehmann., A., Li J., Lohmann G., Loiselle A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., Overton J., Peterson A., Phillips S., Richardson K., Scachetti-Pereira R., Schapire R., Soberon J., Williams S., Wisz M. and Zimmermann N. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29 (2): 129-151.

[17] Dormann C., Mcpherson J., Araújo M., Bivand R., Bollinger J., Carl G., Davies R., Hirzel A., Jetz W., Kissling D., Kuhn I., Ohlemüller R., Perez-Neto P., Reineking B., Schroder B., Schurr F and Wilson F. (2007) Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography, Diversity and Distributions*, 6: 93–102.

[18] Figueiredo A. (2008) Desempenho de um modelo de máxima entropia na previsão da distribuição do endemismo Euphorbia piscatoria na Ilha da Madeira. *Cadernos de Geografia*, 26/27: 351-359.

[19] Lobo J., Jimenez-Valverde A., Real R. (2008) AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 17 (2): 145-151.

## MICMAC: UMA ALTERNATIVA OPEN SOURCE PARA FOTOGRAFETRIA COM RPAS

Óscar Moutinho; Ana Rodrigues; José Alberto Gonçalves (1),  
Joaquim João Sousa; Ricardo Bento (2, 3)

(1) Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; Rua do Campo Alegre s/n, Departamento de Geociências Edifício FC-3 Porto, Portugal; e-mail: up200704231@fc.up.pt; up200805757@fc.up.pt; jagoncal@fc.up.pt

(2) Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal;  
e-mail: jjsousa@utad.pt; rbento@utad.pt

(3) INESC TEC - INESC Technology and Science (formerly INESC Porto)

### RESUMO

Os veículos aéreos não tripulados são cada vez mais usados para a aquisição de informação geográfica com óbvias vantagens, principalmente, em custos operacionais. Normalmente, recorre-se a soluções comerciais para realizar o processamento fotogramétrico das imagens, soluções, quase sempre, muito dispendiosas. Neste trabalho, apresenta-se uma alternativa *Open Source*, o MicMac. Os resultados obtidos permitem concluir que esta ferramenta é comparável às soluções comerciais mais utilizadas para os mesmos fins, permitindo, também, grande controlo e customização na produção de informação geográfica.

### 1. INTRODUÇÃO

No passado, a fotogrametria era puramente analógica e apenas acessível a um grupo de pessoas intimamente ligadas com essa técnica científica. Com as câmaras digitais os processos fotogramétricos foram simplificados e, com o aparecimento dos veículos aéreos não tripulados (VANT), a associação à produção de informação geográfica foi imediata, simplificando-a, “democratizando-a” e reduzindo, de forma substancial os custos de aquisição. Com o aparecimento, em 2009 [1], do *ArduPilot Mega*, plataforma controladora *Open Source*, o mercado de *drones* “feitos em casa” sofreu um grande impulso e começaram a surgir no mercado os *Remotely Piloted Aerial Systems (RPAS)*, denominação oficial da Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO) [2].

São cada vez mais as aplicações de *RPAS*, recorrendo a câmaras digitais de pequenas dimensões: criação de ortofotos, modelos digitais de superfície, digitalização de edifícios, agricultura de precisão, gestão florestal, vigilância, etc..

No entanto, as soluções comerciais para processar a informação adquirida são, normalmente, muito dispendiosas, pois são muito específicas e destinadas a aplicações quase sempre profissionais. Entre estas soluções, destacam-se o *PhotoScan* da *Agisoft* [3] e o *Pix4Dmapper* da *Pix4D* [4], que tem uma parceria com a *Sensefly* [5] para integrar a plataforma aérea desenvolvida por esta empresa, aquando da sua aquisição.

Pese embora o seu custo, estas soluções comerciais permitiram uma grande simplificação dos processos fotogramétricos e, em parte, eliminaram a necessidade de um grande conhecimento científico sobre essas técnicas, o que poderá levar à introdução de erros grosseiros na produção de informação geoespacial, no caso de operadores menos experientes e/ou condecorados.

Recentemente, e para fazer face aos elevados preços das soluções comerciais, começaram a surgir soluções *Open Source* que já permitem um grande controlo sobre a informação gerada e que estão a evoluir a uma velocidade vertiginosa, fruto do contributo da cada vez mais extensa comunidade de utilizadores deste tipo de veículos.

Neste trabalho, apresentamos um estudo comparativo entre as duas soluções comerciais dominantes e uma solução *Open Source*, no sentido de avaliar o comportamento destas diferentes soluções quando aplicadas a diferentes áreas de estudo.

## 2. AS SOLUÇÕES ESTUDADAS

Como foi explicado na secção anterior, são duas as soluções comerciais que dominam o mercado, pelo que foi óbvia a sua escolha para este estudo. Relativamente às soluções *Open Source*, embora sejam cada vez mais, a nossa escolha recaiu sobre o *MicMac* por ser aquela que, do nosso ponto de vista, e depois de alguns testes realizados, está no estado mais avançado de maturação e desenvolvimento.

### 2.1 PhotoScan

O *workflow* do *PhotoScan* da *Agisoft* desenvolve-se em 3 etapas principais. Na primeira etapa, é tratado o alinhamento das fotografias, sendo utilizados algoritmos de identificação de pontos comuns, que permitirão realizar a orientação relativa das imagens num sistema de coordenadas 3D arbitrário. Isto gera uma nuvem esparsa de pontos que permite fazer um controlo inicial sobre o conjunto de imagens. A calibração da câmara é também calculada nesta etapa, utilizando a distância focal e as dimensões da imagem. O tamanho do pixel, o centro de projeção e as distorções são calculadas nesta etapa.

Numa segunda etapa é construída uma nuvem de pontos densa baseada na posição relativa de cada câmara, o que possibilitará determinar informação de profundidade e completar a nuvem de pontos anterior. Normalmente, este processo gera milhões de pontos, semelhante ao obtido através do *LIDAR* [6] e podem ser classificados e editados para produzir Modelos de Elevação, eliminando edifícios e vegetação, se assim se entender.

A etapa final consiste na construção do modelo 3D onde os pontos da nuvem densa vão ser ligados, construindo uma malha de polígonos através de algoritmos de triangulação.

Este *workflow* é seguido independentemente dos dados utilizados, no entanto, para aplicações geográficas, existem ferramentas específicas para implementação de pontos de controlo e para exportação de ortomosaicos e de Modelos Digitais de Terreno.

### 2.2 Pix4Dmapper

O *Pix4Dmapper* é desenvolvido pela *Pix4D* e comercializado como um *software* para mapeamento específico por *RPAS*, sendo, o seu público-alvo, os proprietários desse tipo de veículos que pretendem fazer modelação de edifícios e produzir informação geográfica.

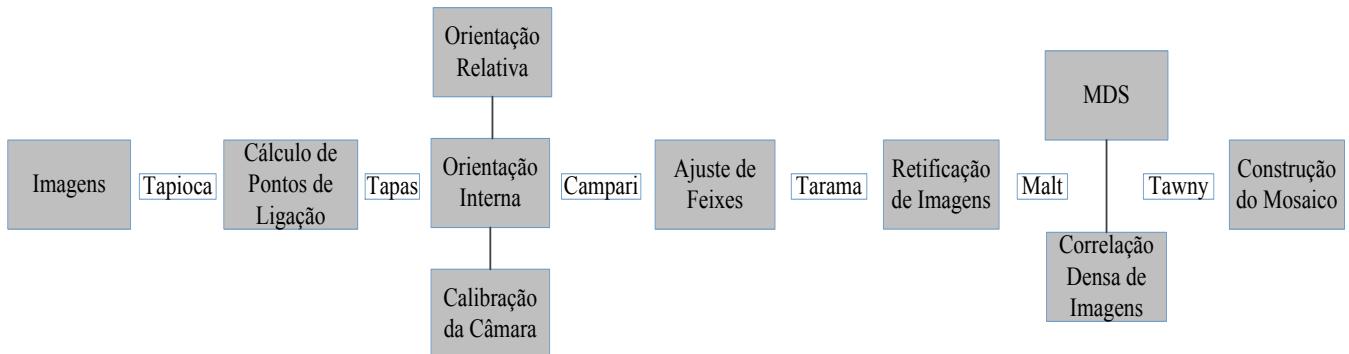
Cada solução aérea desenvolvida e comercializada pela *Sensefly* já vem equipada com uma versão modificada deste *software*, o *Postflight Terra 3D*. Depois de cada voo, recorre-se ao ficheiro *log* para georreferenciar as fotografias, cruzando a informação do disparo da câmara com a posição de veículo naquele momento. De seguida, o utilizador tem a possibilidade de escolher alguns parâmetros do processamento, no entanto, a sua intervenção no processo é reduzida, limitando-se à edição da nuvem de pontos obtida, área do mosaico, pontos de ligação e introdução de pontos de controlo.

### 2.3 MicMac

O *MicMac* [7] começou a ser desenvolvido, em 2005, por Pierrot-Deseilligny enquanto trabalhava no IGN (Institut National de l'Information Géographique et Forestière), no sentido de criar um *software* para vários propósitos, capaz de processar dados provenientes de diferentes sistemas, como imagens de satélite, fotografia aérea de *RPAS*, modelação de pequenos objetos, imagens multiespectrais, entre outros [8]. Isto permite estabelecer o *MicMac* como o *software* mais completo pelos seus desenvolvimentos no sentido de incorporar as mais diversas aplicações, sempre em constante desenvolvimento para trazer novas ferramentas. Os maiores obstáculos à utilização do *MicMac* são, sem dúvida, a falta de uma interface gráfica que permita visualizar, em tempo real, a informação processada, o que torna a curva de aprendizagem bastante elevada, pois o utilizador é obrigado a ter alguns conhecimentos de fotogrametria e tem de despender algum tempo para assimilar os

comandos do programa. Por outro lado, trata-se de um *software* desenvolvido por uma entidade pública reconhecida e com créditos firmados na área e que, desde recentemente, conta com o contributo do Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES). Em termos de funcionalidades o *MicMac*, não fica atrás das alternativas comerciais, falhando apenas nas medidas de áreas e volumes e na visualização gráfica dos processamentos, pois obriga à exportação dos resultados para serem visualizados por programas externos.

O *workflow* do *MicMac*, para processar imagens aéreas para fotogrametria, segue vários passos, como indicado na Figura 1.



**Figura 1 – Sumário do workflow do software *MicMac*, com respetivas funções e resultados**

Numa primeira fase são detetados vários pontos de ligação através do algoritmo *SIFT (Scale-Invariant Feature Transform)* [9], entre as várias fotografias.

Segue-se a calibração da câmara e a orientação inicial do bloco de feixes. Tipicamente usa-se esta orientação relativa recursivamente de modo a reduzir os erros e afinar a posição relativa. Nesta fase, o utilizador tem a possibilidade de introduzir pontos de controlo numa interface gráfica para corrigir deformações geométricas do modelo, ajustando os feixes do bloco, e fornecer um sistema de referência absoluto.

Posteriormente efetua-se a retificação de cada imagem individualmente e a correlação densa com várias resoluções resultando na construção do Modelo Digital de Superfície, MDS. É também criada a ortofoto de cada imagem, bastando, no final, fazer uma equalização radiométrica e montar o mosaico completo.

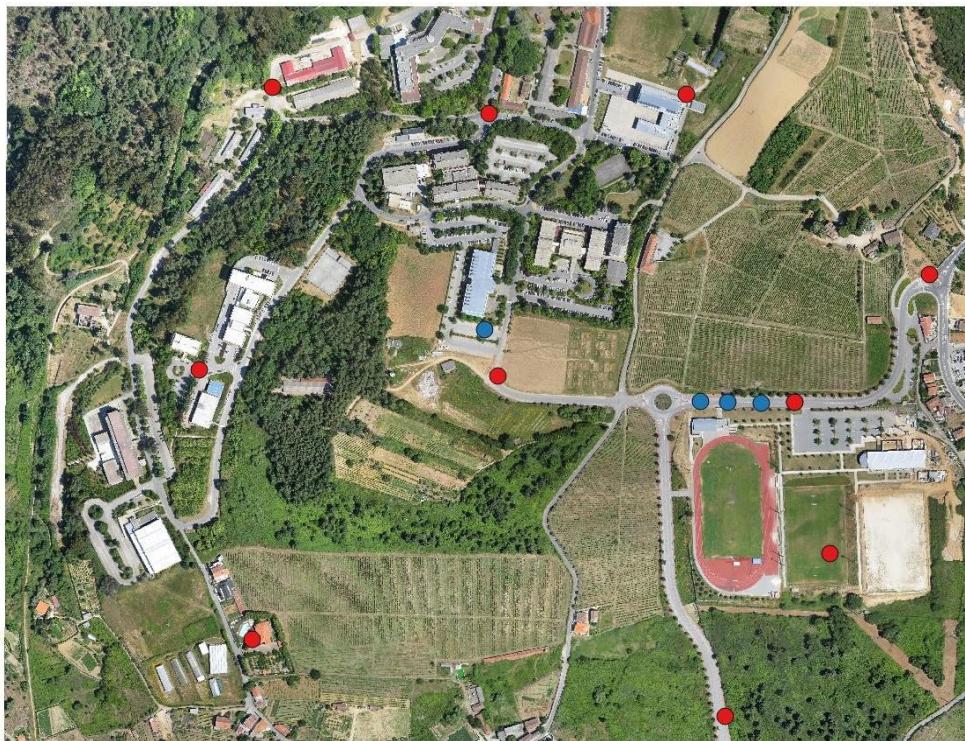
O resultado final é, então, o MDS e o Ortomosaico da zona de interesse. Outros produtos podem ser exportados como nuvens densas de pontos que podem ser editadas noutros programas como o *MeshLab*.

Esta interligação com outros programas *Open Source* também fortalecem o *MicMac* como uma grande alternativa, fazendo uso de *ExifTool* para análise dos parâmetros da câmara nas fotografias, *Proj.4* [10] para transformações de sistemas de coordenadas, *Meshlab* para visualização de nuvens de pontos e posições das câmaras, entre outros.

### 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Para avaliar o desempenho da solução *Open Source*, esta foi comparada, usando o mesmo conjunto de dados, com as duas soluções comerciais anteriormente apresentadas, utilizando um RPAS comercial: o eBee Sensefly, propriedade da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD).

Foram construídos ortomosaicos com tamanho de píxel de 10 centímetros do Campus da UTAD, a nossa zona de estudo, e com apoio de pontos de controlo, obtidos com receptor GNSS RTK de dupla frequência. O conjunto de dados é composto por 114 fotografias aéreas, obtidas pela câmara *Canon IXUS 127 HS* e georreferenciadas com posição 3D no cabeçalho de cada foto, num voo realizado dia 3 de Junho de 2015.



**Figura 2 – Ortomosaico da zona de estudo com pontos de verificação a azul e pontos de comparação a vermelho**

Para apoio da análise planimétrica, foram obtidos alguns pontos de verificação com o mesmo recetor que recolheu os pontos de controlo, de forma a efetuar uma análise de erro absoluta entre os vários *software*. Para uma análise de erro relativa foram escolhidos pontos aleatórios distribuídos por toda a zona de estudo representados a vermelho na figura 2. No caso dos pontos de verificação a azul a sua distribuição foi limitada devido à dificuldade de encontrar pontos bem definidos e visíveis na zona de estudo.

**Tabela 1 – Estatística comparativa entre software**

<b>Agisoft-Pix4D</b>		
<b>Média X</b>	<b>Desvio X</b>	<b>EMQ X</b>
0.036	0.058	0.066
<b>Média Y</b>		
<b>Desvio Y</b>	<b>EMQ Y</b>	
0.026	0.043	0.048
<b>Média XY</b>		
<b>Desvio XY</b>	<b>EMQ XY</b>	
0.059	0.037	0.068
<b>Agisoft-MicMac</b>		
<b>Média X</b>	<b>Desvio X</b>	<b>EMQ X</b>
0.02	0.043	0.045
<b>Média Y</b>	<b>Desvio Y</b>	<b>EMQ Y</b>
0.03	0.045	0.052
<b>Média XY</b>	<b>Desvio XY</b>	<b>EMQ XY</b>
0.041	0.027	0.048



**Figura 2 – Detalhe de ortomosaico de Agisoft Photoscan, Pix4dMapper e MicMac, por essa ordem**

**Tabela 2 – Estatística comparativa com pontos de verificação**

Agisoft			Pix4D			MicMac		
Média X	Desvio X	EMQ X	Média X	Desvio X	EMQ X	Média X	Desvio X	EMQ X
-0.019	0.037	0.038	-0.012	0.031	0.030	-0.018	0.017	0.023
Média Y	Desvio Y	EMQ Y	Média Y	Desvio Y	EMQ Y	Média Y	Desvio Y	EMQ Y
-0.066	0.039	0.074	-0.061	0.02	0.064	-0.022	0.031	0.035
Média XY	Desvio XY	EMQ XY	Média XY	Desvio XY	EMQ XY	Média XY	Desvio XY	EMQ XY
0.035	0.028	0.043	0.031	0.014	0.034	0.019	0.017	0.025

Na tabela 1 estão representados elementos estatísticos relativamente à precisão relativa dos ortomosaicos produzidos pelos diferentes programas, tomando como referência o *Agisoft PhotoScan*. Tendo em conta os resultados, é possível afirmar que todas as soluções dão origem a produtos com um rigor posicional semelhante e com diferenças abaixo do tamanho do pixel.

Por outro lado, na comparação absoluta de coordenadas no terreno com coordenadas no ortomosaico, avaliação estatística da tabela 2, verifica-se que, novamente, as diferenças estão abaixo do pixel e que o mais próximo da realidade do terreno é o *MicMac*.

Também ao nível de ortorrectificação, principalmente nos limites dos edifícios é possível detetar diferenças substanciais entre as três soluções apresentadas. Na figura 3 estão ilustradas essas variações, representadas através da digitalização de um edifício pelo seu limite. *Agisoft PhotoScan* e *MicMac* apresentam resultados bastante próximos do limite real do edifícios, enquanto que no caso do *Pix4Dmapper*, existe bastante ruído que terá origem na nuvem de pontos densa e que pode dificultar processos de vetorização automática.

#### 4. CONCLUSÕES

Este estudo teve por objetivo principal avaliar o desempenho de uma aplicação fotogramétrica *Open Source*, face às soluções comerciais mais utilizadas. Foi possível concluir que os desenvolvimentos verificados ao longo dos últimos anos colocam o *MicMac* num patamar muito próximo das soluções comerciais, com tendência para o nivelamento, estando previstos mais desenvolvimentos, nomeadamente, opções avançadas de correção às fotografias e novos módulos para integração de imagens de satélite.

As suas aplicações são as mais diversas, desde a fotogrametria terrestre com modelação de edifícios e objetos, até à produção de ortomosaicos e modelos digitais de superfície que têm bom rigor posicional e permitem a sua exploração por milhares de utilizadores de informação geográfica de modo a criar ligações entre vários ramos, desde as imagens de satélite, fotografia aérea e a modelação dos objetos neles contidos. As vantagens na sua utilização são também evidentes quando o utilizador quer ter o total controlo sobre o processamento e saber exatamente aquilo que está a acontecer de modo a minimizar os erros que possam ser cometidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] History of Ardupilot (Acedido em Maio de 2015) Site oficial do Ardupilot. Acessível em:  
<http://dev.ardupilot.com/wiki/history-of-ardupilot/>
- [2] ICAO (2011) – Circular 328 AN/190 Unmanned Aircraft Systems (UAS)
- [3] Agisoft (Acedido em Maio de 2015) Site oficial da empresa Agisoft. Acessível em:  
<http://www.agisoft.com/>
- [4] Pix4D (Acedido em Maio de 2015) Site oficial da empresa Pix4D. Acessível em:  
<https://pix4d.com/products/>
- [5] Sensefly (Acedido em Maio de 2015) Site oficial da empresa Sensefly. Acessível em:  
<https://www.sensefly.com/about/company-profile.html>
- [6] Agisoft PhotoScan User Manual (2014), Standart Edition, Version 1.1, pp. 11
- [7] IGN MicMac (Acedido em Maio de 2015) Site official da IGN para o programa MicMac. Acessível em:  
<http://logiciels.ign.fr/?-MicMac,3->
- [8] M Pierrot-Deseilligny (2015) MicMac, Apero, Pastis and Other Beverages in a Nutshell!
- [9] Lowe, David G. (1999) Object recognition from local scale-invariant features. Proceedings of the International Conference on Computer Vision 2. pp. 1150–1157
- [10] PROJ.4 (2015) - Cartographic Projections Library. <https://trac.osgeo.org/proj/> (acedido em maio de 2015)

## WORKFLOW OPEN SOURCE DE FOTOGRAFETRIA AÉREA, DESDE A AQUISIÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS PROVENIENTES DE RPAS

Ana Rodrigues; Óscar Moutinho; José Alberto Gonçalves (1)  
Joaquim João Sousa; Ricardo Bento (2, 3)

- (1) Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; Rua do Campo Alegre s/n, Departamento de Geociências Edifício FC-3; Porto, Portugal  
e-mail: up200805757@fc.up.pt; up200704231@fc.up.pt; jagoncal@fc.up.pt
- (2) Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal;  
jjsousa@utad.pt; rbento@utad.pt
- (3) INESC TEC - INESC Technology and Science (formerly INESC Porto)

### RESUMO

A fotogrametria aérea está atualmente em grande desenvolvimento e popularização em virtude do interesse gerado por aparelhos voadores não tripulados, cada vez mais acessíveis aos utilizadores, que permitem, de uma forma versátil e rápida, obter fotografias verticais do terreno. Esta curiosidade despoleou o aparecimento de comunidades *Open Source* e comerciais, tanto no desenvolvimento do *hardware*, como também no *software* para processamento de imagem, existindo atualmente vários tipos de soluções disponíveis. Neste estudo pretende-se apresentar uma alternativa de *workflow* completo *Open Source* de fotogrametria aérea, desde o *hardware* ao *software*.

### 1. INTRODUÇÃO

Um Sistema Aéreo não Tripulado (*Unmanned Aerial Systems - UAS*) consiste num tipo específico de aeronave, que não tem piloto nem passageiros a bordo. Pode ser controlado remotamente ou ser completamente autónomo. Apesar destes veículos terem começado pela vertente militar, os *RPAS*, (*Remotely Piloted Aircraft Systems* – designação atribuída pela Organização de Aviação Civil Internacional) estão atualmente acessíveis ao comprador comum, quer seja pela vertente comercial chave-na-mão, ou a versão de código aberto.

A versão *Open Source* dos *drones* proliferou graças ao aparecimento, em 2007, da controladora de voo mais utilizada, o *ArduPilot*. Foi criada pela comunidade *DIY (Do It Yourself) Drones*, e consiste numa placa eletrónica que se baseia na tecnologia *Open Source Arduino*, que permite controlar várias plataformas autonomamente, quer sejam multi-rotores, asas fixas, helicópteros convencionais e *rovers* [1]. Atualmente existem várias versões de *hardware*, sendo as mais conhecidas o *APM* e *Pixhawk*, e de *software*, o *Arducopter*, *Arduplane* e *ArduRover* [2].

A par desta tecnologia *Open Source* está a fotogrametria aérea, que evoluiu muito graças a estas plataformas aéreas, que juntam a versatilidade dum veículo pequeno, à possibilidade de serem equipados com os mais diversos sensores, desde câmaras *RGB (Red Green Blue)*, com sensores infra-vermelho, *LIDAR*, câmaras térmicas, entre outros. Os sensores a levar a bordo são usualmente câmaras compactas, frequentemente da marca *Canon*, que podem ser equipadas com o *Canon Hack Development Kit (CHDK)*, que consiste num *software* livre que permite melhorar as funcionalidades destas câmaras, de forma não-permanente nem destrutiva, permitindo programar todos os parâmetros e definições do sensor [3].

Este súbito interesse por esta vertente de deteção remota, fez catapultar o desenvolvimento de software de tratamento das imagens adquiridas, extinguindo atualmente vários software *Open Source* criados especificamente para imagens obtidas por RPAS. Além destes software, existem outros que partilham da vertente código aberto, mas que permitem a integração de imagens provenientes de aviões de grande porte convencionais e mesmo de satélites, sendo um dos mais completos o *MicMac*.

O *MicMac* foi desenvolvido por *Pierrot-Deseilligny*, enquanto fazia parte da equipa do *IGN* (*Institut National de l'Information Géographique et Forestière*), em 2005 [4]. O objetivo seria providenciar uma ferramenta mais precisa, bem como tornar-se muito abrangente nas áreas de aplicação, englobando modelos digitais de terreno rurais e urbanos provenientes de imagens de satélite, modelação 3D de objetos, deteção de movimentos de terra, entre outros.

Combinando a tecnologia dos RPAS, com os sensores e o pós-processamento, é possível ter um workflow de fotogrametria aérea completamente *Open Source*.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste trabalho consistem na placa controladora *Ardupilot Mega*, equipada com um recetor *GPS Ublox*, um *power module* (dispositivo que permite medir o valor de tensão das baterias), um recetor/transmissor radio telemetria de 433 Mhz (dispositivo que permite comunicar em tempo real com a estação onde se encontra o utilizador) e um transmissor rádio para controlo manual pelo comando. Todos estes dispositivos encontram-se alimentados por uma bateria de polímero de lítio. Além da eletrónica mencionada, faz parte da montagem uma câmara *Canon IXUS 140*, que se encontra a bordo de uma estrutura de *EPO* (*Expanded Polyolefin*) *Skywalker 1900*. A montagem final encontra-se na Figura 1 seguinte.



**Figura 1 - Componentes do hardware Open Source**

Na chamada “*ground station*”, encontra-se um computador com o software *Mission Planner* e que com o 2º recetor/transmissor de telemetria, permite enviar correções à rota do RPAS e receber informações quer do percurso, quer de bateria ou altitude etc., em tempo real. A placa controladora de voo, em conjunto com software de planeamento, permitem controlar o disparo da câmara, de modo a que seja garantida uma sobreposição das fotografias, um fator de extrema importância para a fotogrametria, que implica ter uma sobreposição elevada das fotografias do terreno ou edifício/objeto

para que seja possível atribuir-lhe a tridimensionalidade requerida. Além disso, permitem também inserir um *geotag* nas imagens, o que insere coordenadas, no sistema WGS84, a cada fotografia no momento do disparo.

Em gabinete irá ocorrer o processamento dos dados com o *MicMac*, que se resume às seguintes funções principais: calcular pontos homólogos nas fotografias, calibração da câmara e um ajuste de feixes que coloca cada fotografia numa posição relativa e corrige distorções. As coordenadas das fotografias são transformadas num sistema local e posteriormente todo o modelo é georreferenciado no sistema desejado. No final as imagens são ortoretificadas e juntas de forma a criar o mosaico final.

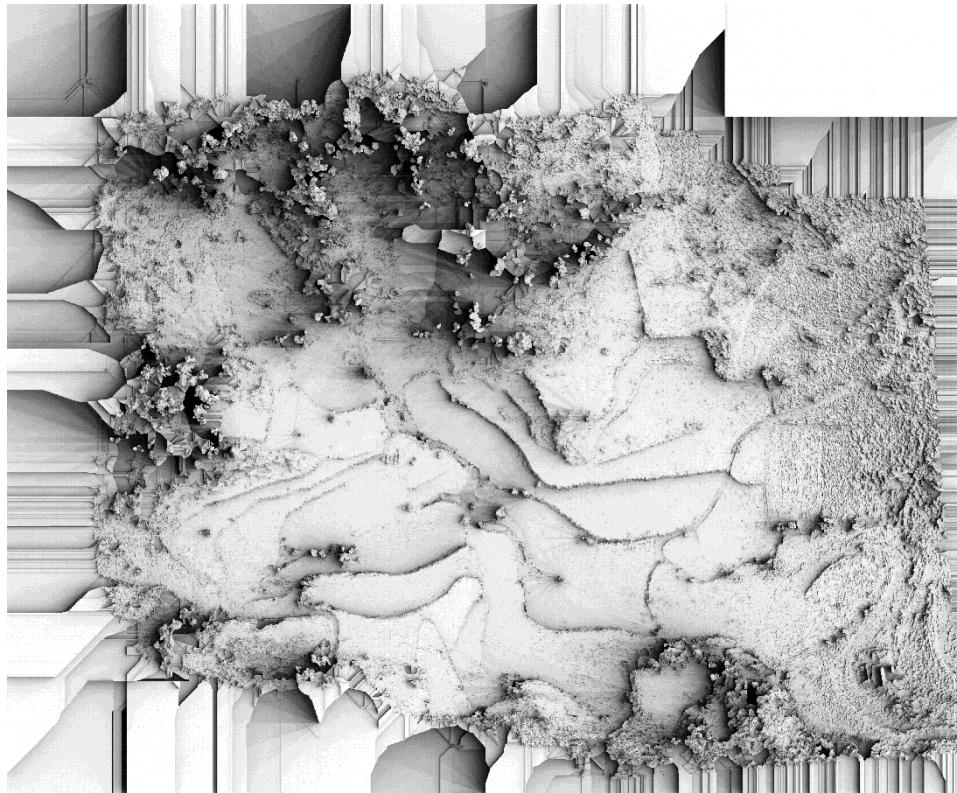
### **3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

Em termos de *hardware*, os *drones Open Source* têm algumas vantagens óbvias sobre qualquer aparelho comercial, como é o caso do seu custo reduzido e personalização quase total do aparelho. Mas o facto de ser montado pelo utilizador é mais suscetível a falhas e não possui apoio técnico nem garantia, o que para um indivíduo que não possua conhecimentos alargados sobre a eletrónica do veículo, constitui um grande problema. Em termos de desempenho em voo, a controladora em conjunto com a ground station permitem planear o caminho que o drone vai tomar automaticamente, desde a descolagem até aterrissar, passando também pelo controlo da câmara para assegurar a total cobertura do terreno que se pretende.

No caso do *software* de processamento, como foi referido anteriormente, usou-se o *MicMac*, que permitiu obter o resultado final de exemplo de uma ortofoto (Figura 2) e um modelo digital de superfície (Figura 3), sob a forma de imagem de relevo sombreado.



**Figura 2 - Ortofoto resultante do processamento em *MicMac***



**Figura 3 - Modelo Digital de Superfície resultante do processamento em *MicMac***

Não se pretendia neste trabalho fazer uma verificação do rigor posicional dos produtos obtidos, mas apenas uma avaliação qualitativa das suas principais características. Essa avaliação permitiu verificar uma boa continuidade no mosaico de ortofotos, quer em termos de ligação geométrica, quer de equilíbrio de tonalidades. O modelo tridimensional revela grande detalhe das zonas mais angulosas da superfície, como é o caso dos edifícios, dos socalcos e da vegetação.

Sendo baseado em linha de comandos e *Open Source*, permite um entendimento mais completo do *workflow* de processamento, e decidir que funções pretendemos usar. Mas por comparação com *software* comerciais, com visualizações mais *user friendly* e processos pré-definidos, o *MicMac* apresenta uma dificuldade inicial de habituação e percepção dos processos, isto porque não possui interface gráfica, permitindo apenas ir exportando alguns produtos durante o processo e recorrer a outros programas para os visualizar. E ao contrário de outros programas de código aberto, a comunidade do *MicMac* é muito reduzida, tornando mais difícil o acesso a apoio numa fase inicial de aprendizagem. É um *software* que requer que o utilizador tenha conhecimentos avançados de utilização do sistema operativo, bem como de fotogrametria.

Em termos de resultados, o *Micmac* é um *software* testado e documentado como uma boa alternativa de processamento fotogramétrico open source, com qualidade comparável às restantes soluções comerciais [4][5].

#### 4. CONCLUSÕES

Descreveu-se neste artigo a montagem de um veículo RPAS baseado em componentes open-source, tendo sido conseguido um sistema perfeitamente funcional, com custos reduzidos, e capaz de adquirir imagens de forma semelhante ao que se consegue com sistemas comerciais. Na componente do processamento fotogramétrico, o programa *MicMac* permitiu conduzir aos dois principais produtos

de informação geográfica (modelo de superfície e ortomosaico) com relativa facilidade, revelando, numa análise qualitativa uma excelente qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] History of Ardupilot (Acedido em Maio de 2015) Site oficial do Ardupilot. Acessível em:  
<http://dev.ardupilot.com/wiki/history-of-ardupilot/>
- [2] ArduPilot Autopilot Suite (Acedido em Maio de 2015) Site official do Ardupilot. Acessível em:  
<http://ardupilot.com/>
- [3] CHDK User Manual (Acedido em Mario de 2015) Site oficial do Canon Hack Development Kit. Acessível em:  
[http://chdk.wikia.com/wiki/CHDK\\_1.3.0\\_User\\_Manual](http://chdk.wikia.com/wiki/CHDK_1.3.0_User_Manual)
- [4] M Pierrot-Deseilligny (2015) Micmac, Apero, Pastis and Other Beverages in a Nutshell!
- [5] Remondino F., Pizzo S., Kersten T., Troisi S. (2012) Low-cost and open-source solutions for automated image orientation – a critical overview

## IPSENTINEL: INFRAESTRUTURA DE ARMAZENAMENTO E DISSEMINAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE SENTINEL PARA PORTUGAL

José Santos (1), Paulo Crisórgono (1), Andreia Barbeiro (1), Mário Caetano (1),  
Paulo Patrício (1), Marisa Silva (1), Bruno Anjos (2)

(1) Direção-Geral do Território; Rua Artilharia Um, 107, 1099-052 Lisboa; e-mail:  
jpsantos@dgterritorio.pt; pcrisogono@dgterritorio.pt; abarbeiro@dgterritorio.pt;  
mario.caetano@dgterritorio.pt; ppatricio@dgterritorio.pt; marisas@dgterritorio.pt

(2) Instituto Português do Mar e da Atmosfera; Rua C do Aeroporto 1749-077 Lisboa; e-mail:  
bruno.anjos@ipma.pt

### RESUMO

A Direção-Geral do Território (DGT), enquanto organismo público nacional com responsabilidades na prossecução das políticas nacionais de ordenamento do território bem como na manutenção das bases de dados geográficos de referência, e o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) com competências nos domínios do mar e atmosfera, iniciaram, através do programa *EEA Grants* [1] sob a coordenação da Direção-Geral de Política do Mar (DGPM) um projeto para a implementação e coordenação de uma infraestrutura tecnológica para armazenamento e disseminação de imagens dos satélites *Sentinel*, adquiridas ao abrigo do Programa Europeu Copernicus [2]. Esta plataforma nacional que funcionará como *National Mirror* para Portugal terá a designação de Infraestrutura Portuguesa para dados *Sentinel*, adiante designada por IPSentinel.

A IPSentinel enquadra-se na política do Segmento Colaborativo de Solo (CollGS) que corresponde à implementação da infraestrutura tecnológica a nível nacional e que será coordenada pela Agência Espacial Europeia (ESA) [3] e pela Comissão Europeia (CE). Permitirá o armazenamento de imagens obtidas pelos diferentes satélites *Sentinel* para a área geográfica de Portugal, criando um acesso privilegiado a um vasto conjunto de dados de Observação da Terra (OT).

O presente artigo descreve a estratégia preconizada pela DGT e pelo IPMA, enquanto gestores do projeto, para o desenvolvimento e implementação desta infraestrutura, assim como as subsequentes ações para a sua exploração e divulgação. Na componente espaço, o programa Copernicus [4], prevê uma constelação de vários satélites pelo que se antecipa um aumento significativo do volume de dados armazenados e processados, realidade que levará à adoção de medidas que permitam a escalabilidade da infraestrutura, concretamente no que diz respeito às especificações técnicas e melhores práticas no armazenamento, gestão e disseminação das imagens de satélite.

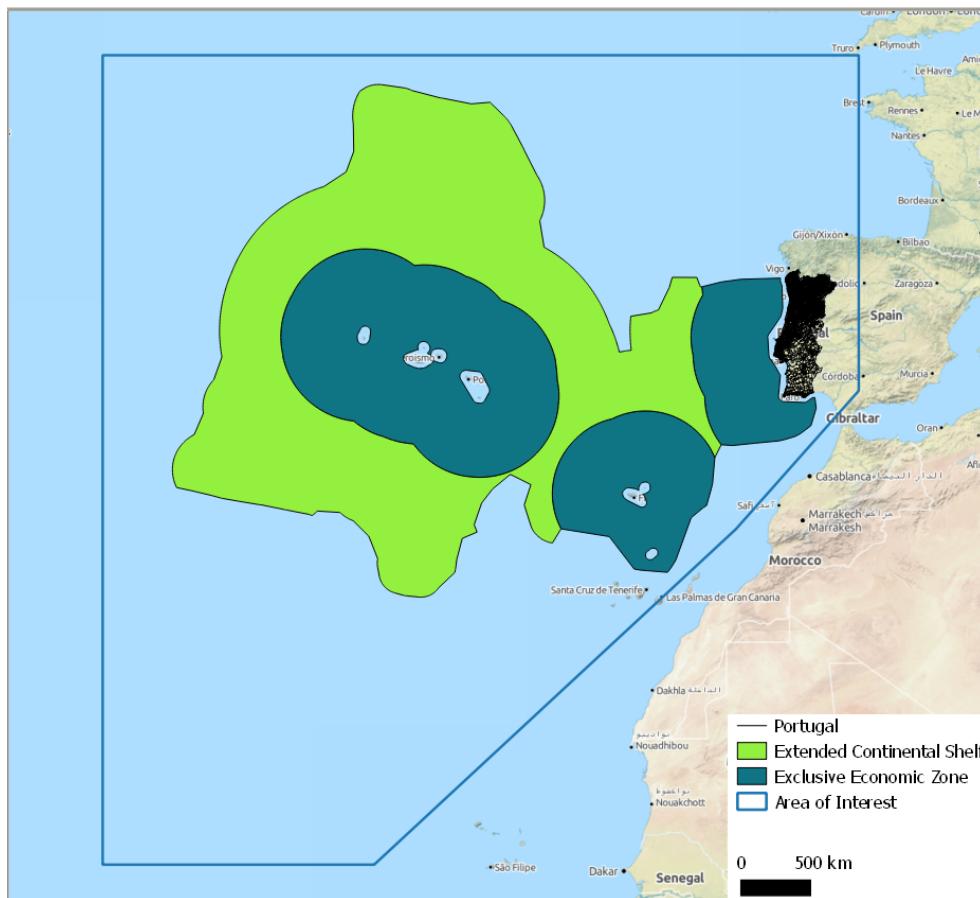
### 1. INTRODUÇÃO

A Agência Espacial Europeia (ESA) é responsável pela operacionalização da Componente Espaço do programa Europeu Copernicus, pela colaboração e coordenação com os diferentes Estados Membros (EM). Este programa Copernicus, criado pela União Europeia, tem como objetivo principal disponibilizar informação de referência atualizada, que permita uma monitorização sistemática da Terra nas áreas relacionadas com o meio oceânico, terrestre e atmosférico, alterações climáticas, segurança, desastres naturais e que assegure em simultâneo a disponibilização rápida de informação atualizada para situações de emergência.

A constelação de satélites do programa Copernicus – *Sentinel* – será constituída por 6 conjuntos de satélites, (alguns dos quais terão 2 ou 3 satélites do mesmo tipo para conseguir alcançar melhores resoluções temporais), equipados com diferentes tipos de instrumentos. Os dados adquiridos serão armazenados e geridos pela ESA. Considerando o imenso volume de dados envolvido, bem como a crescente procura desta informação por parte dos utilizadores, a ESA, no âmbito da política dos CollGS, promove, junto dos EM, a

criação de plataformas nacionais, que permitam o armazenamento e a disseminação destes dados [5], concretamente com o desenvolvimento de infraestruturas designadas por *National Mirrors*. É neste contexto que o projeto **IPSentinel** será desenvolvido.

A infraestrutura **IPSentinel** permitirá aos utilizadores o acesso a uma plataforma *Web*, onde poderão efetuar *download* de imagens *Sentinel* para uma dada área de interesse dentro de uma zona (Figura 1) que engloba Portugal Continental, as Regiões Autónomas, a Zona Económica Exclusiva (ZEE) e uma área definida como área de busca e salvamento na qual Portugal tem responsabilidades operacionais.



**Figura 1 – Área disponível na IP Sentinel**

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

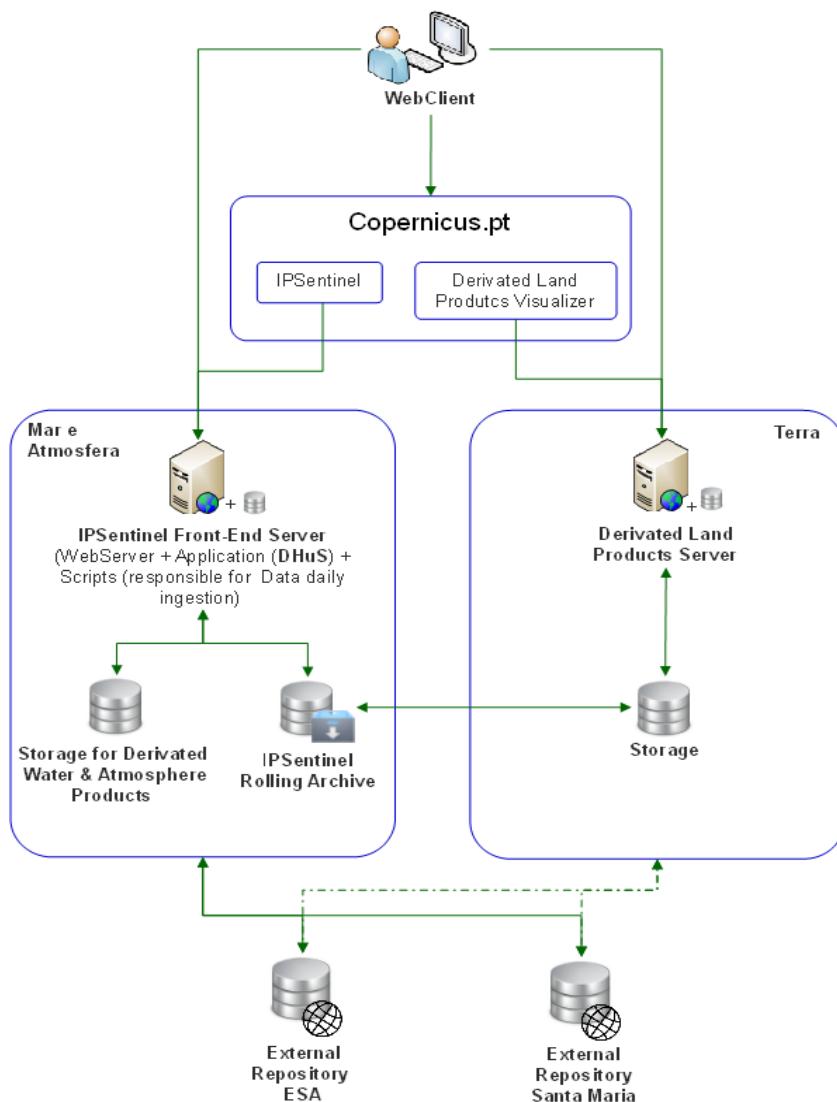
Esta primeira fase de desenvolvimento e implementação do projeto, com conclusão prevista em Abril de 2016, compreende 7 tarefas principais no seu plano de ação:

- Definição e desenvolvimento da infraestrutura a implementar;
- Aquisição de *hardware* para albergar a infraestrutura IP Sentinel;
- Desenvolvimento de um *website* – Copernicus.PT - para divulgação do projeto e de ações no âmbito do programa Copernicus (nacionais e internacionais), e como plataforma de trabalho do Grupo Interministerial de Observação da Terra (GIOT);
- Adaptação do Data Hub Software (DHuS) [6][7] de acordo com as especificidades do projeto;
- Disponibilização de imagens *Sentinel* ao público em geral;
- Ações de divulgação do IP Sentinel em Portugal;
- Estudo, desenvolvimento e criação de produtos e serviços com base em imagens *Sentinel*.

A infraestrutura será implementada numa lógica de partilha de recursos entre as duas instituições, DGT e IPMA. A arquitetura proposta pressupõe uma solução física para a infraestrutura orientada para as exigências do projeto, i.e., uma solução que passa pela aquisição de *hardware* pressupondo um conjunto de fatores relevantes dada a natureza do projeto, tais como: volume de dados e capacidade de armazenamento; velocidade de conectividade entre máquinas e na rede; número de utilizadores; e produtos derivados em linha com as necessidades nacionais.

A arquitetura prevista (Figura 2) é constituída por 3 visualizadores, 2 servidores e 3 *storages* divididos em dois blocos, um direcionado para produtos relacionados com o mar e a atmosfera (Temática Mar e Atmosfera) e outro direcionado para produtos relacionados com a terra (Temática Terra). Apresentam-se de seguida os resumos das principais funções das máquinas e portais:

- *Copernicus.pt* - portal com informação de OT variada, nomeadamente: o programa Copernicus em Portugal, os satélites *Sentinel*, produtos derivados, casos de estudos nas áreas da OT, documentação, relatórios, etc.; e plataforma de trabalho para o GIOT;
- *IPSentinel Front-End Server* (IPS-FE Server): tem a função de *webserver* e tem instalada a aplicação DHuS (*software* de gestão de armazenamento/disseminação de imagens *Sentinel*). É também responsável por fazer a transferência de dados provenientes do repositório da ESA e do repositório da Estação de Santa Maria (estação nacional recetora dos satélites *Sentinel*) no IPSentinel Rolling Archive;
- *IPSentinel Rolling Archive* (IPS-RA): repositório de imagens vindas dos repositórios da ESA e da Estação de Santa Maria
- *Storage for derived Water & Atmospheric Products* (SWAP): repositório de produtos derivados relacionados com o mar e a atmosfera;
- *Derived Land Products Server* (DLP Server): máquina responsável pelo processamento dos produtos derivados para meio terrestre;
- *Storage for Land Products* (SLP): repositório de produtos derivados relacionados com o meio terrestre.



**Figura 2 – Arquitetura IP Sentinel**

A gestão dos produtos *Sentinel* será operada pelo *Data Hub Software* (DHuS), promovido e desenvolvido pela ESA, com o intuito de gerir a consulta e disseminação de dados de OT, nomeadamente das imagens dos satélites *Sentinel*. Este *software* assenta numa filosofia *open-source*, e nesse sentido poder-se-à adaptar e/ou alterar na medida das necessidades específicas do projeto para melhor se enquadrar na realidade nacional.

A transferência de dados vindos dos repositórios da ESA e da Estação de Santa Maria será efetuada com uma periodicidade configurável, atendendo às solicitações nacionais, i.e. dependendo da procura de imagens por parte dos utilizadores e das exigências do objetivo da procura (e.g. suporte em situações de emergência, estudo temporal, mapa de alterações de linha de costa). Esta transferência será da responsabilidade da máquina *IPS-FE Server*, que terá permissões especiais para copiar dados dos repositórios da ESA e receber dados da Estação de Santa Maria.

No âmbito do projeto serão ainda desenvolvidos produtos derivados com base nas imagens *Sentinel* (e.g. mapas de risco de cheias, áreas ardidas, deteção de tempestades). Estes produtos, depois de processados, serão armazenados em duas *Storage*s, *SWAP* e *SLP*, para produtos relacionados com o mar e a atmosfera, e para produtos relacionados com o meio terrestre, respetivamente. A sua metainformação será registada no Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG), permitindo uma consulta rápida e eficaz a qualquer utilizador.

Para dar resposta a necessidades específicas, alguns produtos poderão ainda ser apresentados por via de serviços dedicados.

As imagens, produtos e serviços que irão ser disponibilizados estão direcionados para dois tipos de utilizadores finais: *Utilizador Básico* e *Utilizador Avançado*. O *Utilizador Básico* procurará tendencialmente produtos derivados e serviços (e.g. para apoio aos decisores na Administração Pública central e local). Por seu lado, o *Utilizador Avançado*, (nas quais se inserem as universidades, centros de investigação e empresas) terão um interesse maior em imagens apenas com pré-processamento (L0, L1 ou L2) para poderem derivar a sua própria informação.

### 3. PRODUTOS DERIVADOS

Uma das linhas de ação do IPSentinel passa inevitavelmente pela aplicação das normas vigentes, nomeadamente as definidas no âmbito da Diretiva INSPIRE, assegurando assim a aplicação das melhores práticas e garantindo a interoperabilidade de serviços e produtos derivados, que estarão também acessíveis em visualizadores próprios ou integrados noutros já existentes como, por exemplo, o SNIG<sup>1</sup> ou SNIMAR<sup>2</sup> (ainda em desenvolvimento). Esta via está perfeitamente enquadrada no propósito do projeto SNIG 2020.

### 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A adoção de uma arquitetura aberta e com recurso a *software FOSS (Free and Open Source)* faz parte da das linhas orientadoras da *task force* recém-criada pela CE em parceria com os EM, ESA e EUMETSAT [8]. Este projeto, ao adotar uma estrutura aberta, irá permitir uma maior cooperação e interoperabilidade entre os diversos EM. Importa ainda referir que a política adotada pela ESA no que respeita à disponibilização de dados de satélite de forma gratuita, é uma mais-valia para utilizadores e entidades públicas e privadas, permitindo um acesso contínuo a um conjunto de informação fundamental para o estudo da Terra. Assim, com o desenvolvimento desta infraestrutura no âmbito do programa Europeu Copernicus, Portugal garante canais de acesso imediato a informação de referência e atualizada de Observação da Terra. Pretende-se que este seja um contributo assinalável para o estímulo da eficiência e eficácia na boa administração dos recursos, na gestão de situações de emergência e de desastres, nas políticas de ordenamento do território e na monitorização dos meios terrestres e marinhos.

Apesar da génese da arquitetura assentar numa plataforma aberta para os produtos *Sentinel*, e num universo de utilizadores que se estima inicialmente não ser muito vasto, não foi descurada a importância de olhar para o projeto IPSentinel no seu todo, contemplando a visão de que o acesso livre e generalizado a este tipo de informação estimulará exponencialmente a sua procura e o consequente desenvolvimento de novos produtos e serviços. Este cenário irá exigir uma elasticidade constante da infraestrutura devido ao volume de dados disponível bem como ao crescente número de *downloads* por parte dos utilizadores. O cuidado presente no desenho e implementação desta arquitetura, de natureza escalável, salvaguardará o impacto provocado pelo cenário previsto.

### 5. CONCLUSÕES

A oportunidade criada pela DGPM através do programa de investimento *EEA Grants* dará um importante contributo para o desenvolvimento do segmento da OT em Portugal. Deste modo, o país não pode ficar afastado, sob pena de não tomar os lugares cimeiros, a par dos restantes países europeus, na área do espaço. Importa também referir que Portugal, como membro da ESA, toma parte dos seus interesses estratégicos e dos seus investimentos, devendo por isso capitalizar essa participação.

A implementação desta infraestrutura de acesso quase instantâneo a dados de satélite sistemáticos sobre o território nacional, mudará o paradigma de como os diversos agentes da Administração Pública, os investigadores, as entidades privadas, e os cidadãos em geral, se relacionam com a OT. Assim, o acesso a informação geográfica periódica e atualizada permitirá não só a criação de novos serviços de monitorização

<sup>1</sup> Sistema Nacional de Informação Geográfica

<sup>2</sup> Sistema Nacional de Informação Geográfica Integrada para a Gestão de Águas Marinhais e Costeiras

do ambiente marinho, terrestre, atmosférico e de alterações climáticas, mas também permitirá tornar significativamente mais célere e eficaz a resposta em situações de emergência e segurança a nível nacional (e.g. apoio às atividades da Proteção Civil).

De acordo com estudos feitos pela ESA [9], o programa Copernicus irá gerar um benefício económico de mais de 30 mil milhões de euros e um mínimo de 50.000 novos postos de trabalho até 2030, contribuindo, desta forma, para a dinamização da economia europeia e dos seus Estados Membros.

Em suma, para além dos benefícios económicos desencadeados pelo programa Copernicus, Portugal irá seguramente posicionar-se como um dos principais agentes do *Collaborative Ground Segment* [10] contribuindo para o desenvolvimento de produtos e serviços na área da Observação da Terra, concretamente na exploração das imagens de satélite *Sentinel*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Documentos Técnicos:

- [6] DHuS (2013) Data Hub Service (DhuS) Software Manual. 49p. Serco. Roma, Itália
- [7] DhUS I (2014) DhUS – Data Hub Service (DhuS) Architectural Design Document. 99p. Serco. Roma, Itália
- [8] Copernicus : Infrastructures (2015) Draft terms of reference for the new Copernicus Ground Segment Task Force – agreement of the Copernicus Committee by written. 5p. European Commission. Bruxelas, Bélgica
- [9] ESA (2014) Terms and Conditions for the Use and Distribution of Sentinel Data. 2p. European Commision. Bruxelas, Bélgica

Website:

- [1] EEA Grants (Acedido em Junho de 2015) Site Oficial do programa European Economic Area Grants. Acessível em: <http://www.eeagrants.gov.pt/>
- [2] Regulamento (UE) N. 377/2014 do Parlamento Europeu e do Conselho de 3 de abril de 2014 que cria o programa Copernicus e revoga o Regulamento (UE) n.o 911/2010
- [3] ESA (Acedido em Junho de 2015) Site Oficial da Agência Espacial Europeia. Acessível em: <http://www.esa.int/ESA>
- [4] Copernicus (Acedido em Junho de 2015) Site Oficial do programa Europeu Copernicus: <http://www.copernicus.eu/>
- [5] Sentinel Data Access (Acedido em Junho de 2015) Site Oficial de acesso à política de dados Sentinel. Acessível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access>
- [10] ESA Sentinel Ground Segment (Acedido em Junho de 2015) Site Oficial do Collaborative Ground Segment. Acessível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/ground-segment/collaborative>



## GERAÇÃO DE MAPAS DINÂMICOS PARA MONITORIZAR A EVOLUÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DE UMA ESCOMBREIRA DE CARVÃO EM AUTOCOMBUSTÃO

Lia Duarte (1), José Alberto Gonçalves (2), Ana Cláudia Teodoro (1), Joana Ribeiro (1),  
Deolinda Flores (1)

(1) Instituto Ciências da Terra (ICT); Polo FCUP, Rua Campo Alegre, 4169-007 Porto; e-mail:  
liaduarte@fc.up.pt; amteodor@fc.up.pt; joanaribeiro@fc.up.pt

(2) CIIMAR, Universidade do Porto, Rua dos Bragas 289, 4050-123 Porto; e-mail: jagoncal@fc.up.pt

### RESUMO

A monitorização e medição de temperaturas de materiais geológicos em autocombustão são fundamentais para estudo da evolução das áreas afetadas por este processo. A necessidade de monitorizar, de forma contínua, escombeiras de carvão em autocombustão de forma a determinar a dinâmica do processo e estabelecer prováveis cenários evolutivos. Várias etapas foram seguidas de forma a criar superfícies de interpolação dos dados de temperatura, utilizando o método Kriging. Foram criadas superfícies de interpolação com a mediana dos dados de temperatura obtidos para os dias 14, 15 e 16 de Maio. Os resultados obtidos permitem identificar as áreas em autocombustão, assim como as temperaturas associadas ao processo.

### 1. INTRODUÇÃO

Um SIG (Sistema de Informação Geográfica) fornece ferramentas de análise espacial que podem ser utilizadas no processo de manipulação de informação espacial para extrair novas análises e conclusões a partir de dados originais. Estes métodos são frequentemente utilizados em aplicações na área ambiental, assim como em estudos ecológicos [1,2].

O trabalho apresentado foi desenvolvido no âmbito do projeto ECOAL – MGT (Ecological **Management** of **Coal** Waste Piles in Combustion), Gestão ecológica de pilhas de resíduos de carvão, Programa de cooperação territorial, Espaço SUDOESTE Europeu 2007-2013. Este projeto tem como objetivo monitorizar, de forma contínua, escombeiras de carvão em autocombustão através da instalação de protótipos de sensores de fibra ótica para obtenção de dados espaciais e temporais, que permitem determinar a dinâmica do processo e estabelecer prováveis cenários evolutivos. O projeto está a ser testado na escombreira de São Pedro da Cova, Gondomar (Figura 1), que resultou da atividade mineira na região. O objetivo do trabalho foi definir as etapas de processamento dos dados de temperatura obtidos através de sensores de fibra ótica, utilizando software SIG open source, QGIS 2.8.2, e pequenos plugins/algoritmos desenvolvidos em **Python**, de forma a permitir a análise da dinâmica da evolução da temperatura na escombreira.



**Figura 1: Escombeira de São Pedro da Cova.**

A monitorização e medição de temperaturas de materiais geológicos em autocombustão são fundamentais para estudo da evolução das áreas afetadas por este processo. O processo de autocombustão é frequente em escombeiras resultantes da exploração mineira de carvão e, por isso, o controlo contínuo e identificação de possíveis cenários evolutivos do processo de autocombustão é fundamental para a identificação, na forma de medidas para minimizar o impacto associado.

## 1.1 Análise dos dados

A análise e interpretação das medições de temperatura obtidas podem ser efetuadas com recurso a um software SIG open source que dispõe de ferramentas e algoritmos que permitem gerar superfícies de interpolação. Este trabalho consistiu num conjunto de etapas, desde levantamento de coordenadas no local, até ao processamento dos dados no software QGIS 2.8.2. Foram utilizados algoritmos pertencentes ao *Processing Toolbox*, tais como o *Ordinary Kriging* da biblioteca SAGA [3]. Devido ao número elevado de dados (alta densidade de pontos) alguns plugins/algoritmos foram criados com recurso ao *Python* de forma a facilitar a leitura do formato dos mesmos. Neste trabalho são apresentados os resultados do processamento dos dados para os dias 13, 14 e 15 de Maio de 2015, assim como foram avaliadas relações entre as diferentes dinâmicas para a mesma hora em Fevereiro, Maio e Junho.

## 1.2 Kriging

O Kriging [4] é um interpolador espacial, e é um dos métodos mais utilizados para a modelação 3D da temperatura do subsolo [5]. O Kriging é uma técnica de geoestatística usada na interpolação espaciotemporal de dados geográficos [4,6], e lida com variáveis (variáveis regionalizadas) distribuídas no espaço e/ou tempo [7]. A variação espacial de uma variável regionalizada tem uma componente estrutural (medida da similaridade entre observações) e uma componente aleatória [8]. Estas duas componentes estão representadas no variograma, que representa uma descrição matemática da variabilidade espacial. O Kriging usa assim o variograma para atribuir pesos às observações (amostras) durante o processo de interpolação. Uma das principais vantagens deste método de interpolação está relacionada com a sua capacidade de incorporar informações sobre tendências regionais e locais. O primeiro passo é construir um semi-variograma experimental. Para tal, calcula-se a semi-variância:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x + h)]^2$$

Para amostras discretas, como é o caso, a função é estimada como:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

onde  $Z(x_i)$  é o valor da variável  $Z$  em  $x_i$ , e  $N(h)$  é o número de pares de pontos de amostragem separados pela distância  $h$ . Existem vários modelos teóricos de variograma, como por exemplo, o esférico, o exponencial, ou o Gaussiano. O modelo ajustado fornece informações sobre a estrutura espacial dos dados, bem como sobre os parâmetros de entrada para a execução do método. O Kriging é designado por BLUE (best linear unbiased estimator) e usa um processo teórico de determinação de médias móveis ponderadas, dado pela expressão seguinte:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

Onde  $\hat{Z}(x_0)$  é o valor a ser estimado em  $x_0$ ; e  $Z(x_i)$  é conhecido no local de amostragem  $x_i$ . Contrariamente a outros métodos de interpolação (como por exemplo o método de pesos pelo inverso da distância), a função de ponderação (ou peso)  $\lambda_i$  não é arbitrária e é calculada com base nos parâmetros do variograma. Para assegurar que esta estimativa é imparcial, é necessário que a soma dos pesos seja igual a um.

Sendo o semi-variograma uma função que depende da direção, é natural que este apresente valores diferentes conforme a direção, recebendo este fenômeno o nome de anisotropia. Caso o semi-variograma apresente uma forma semelhante em todas as direções do espaço, i.e., só dependendo de  $h$ , diz-se que a estrutura é isotrópica, ou seja, sem direções privilegiadas de variabilidade.

Tal como na estatística tradicional, é desejável ter uma distribuição normal [9]. No entanto, as variáveis ambientais apresentam com bastante frequência uma distribuição log-normal ou positivamente enviesada [10]. Deste modo, a transformação logarítmica é bastante aplicada, com o objetivo de normalizar os conjuntos de dados positivamente enviesados.

No Kriging ordinário, que é o método mais usado em problemas ambientais, assume-se que os dados são estacionários, ou seja, não apresentam tendências significativas no espaço [8]. As médias locais não são necessariamente próximas da média, usando-se apenas os pontos vizinhos para a estimativa. Neste caso é utilizada a média local dos pontos amostrados. Por conseguinte, deve-se normalizar a média dos pesos. Consequentemente, tem-se um resultado mais preciso do que o no Kriging simples, onde se usa a média de todos os dados.

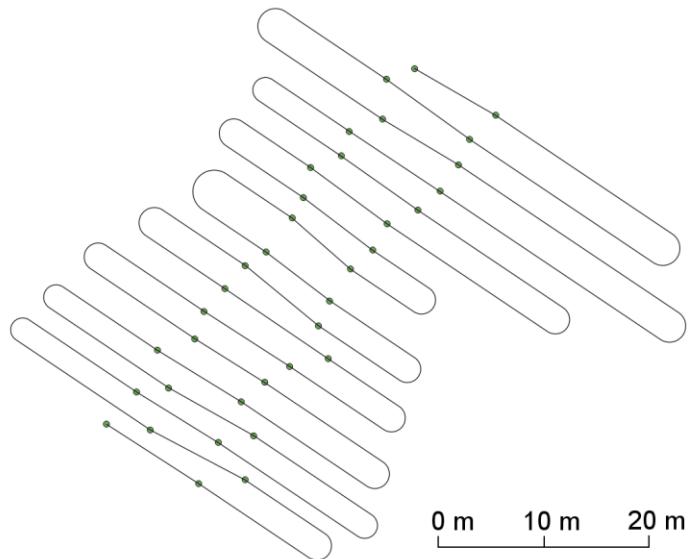
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia usada para análise dos dados consistiu nas seguintes etapas:

- 1) Levantamento de campo com recurso a um receptor GPS com o objetivo de obter localização rigorosa de 42 pontos de amostragem ao longo da fibra ótica;
- 2) Determinação das coordenadas de todos os sensores de amostragem, com espaçamento de 20 cm;
- 3) Recepção de dados com informação de temperatura assim como da posição dos pontos nos sensores de fibra ótica;
- 4) Junção dos dados de temperatura aos pontos criados;
- 5) Interpolação dos dados de temperatura, utilizando o método Kriging, de forma a gerar uma superfície de interpolação;
- 6) Criação de uma animação com as superfícies geradas.

## 2.1 Obtenção dos dados

A fibra foi colocada no terreno, como se mostra na figura 2, com o apoio de 42 estacas, representadas por pontos. Entre cada dois pontos consecutivos próximos a fibra foi estendida em reta. Entre os pontos consecutivos mais afastados a fita foi estendida em reta, fazendo no extremo uma curva correspondente aproximadamente a uma semicircunferência.



**Figura 2 – Representação da fibra (cerca de 700 metros) e das estacas usadas para guiar a localização da fibra.**

Foram registados os valores de temperatura a cada 20 cm ao longo da fibra, sendo cada uma referenciada espacialmente ao longo da fibra por um número e a correspondente distância à origem. As estacas foram localizadas de forma a coincidirem com sondas, tendo sido registadas as respetivas distâncias.

Foi feito um levantamento GPS com um receptor Trimble R6, com correções em tempo real obtidas a partir da rede ReNEP, mantida pela Direção Geral do Território. Este método garante uma precisão de 2 a 3 cm, que é adequada para o rigor espacial pretendido.

A determinação das posições das sondas foi feita assumindo a regra já descrita atrás; trajeto reto entre estacas consecutivas próximas e reto completado por semicircunferência entre estacas consecutivas afastadas. Assumiu-se que o azimute das retas neste caso era o azimute médio entre estacas consecutivas próximas. Uma vez calculadas as coordenadas de todas as sondas (3281, ao todo), no sistema ETRS89/PT-TM06, foi criada uma tabela em ficheiro de texto, contendo essas coordenadas, o número de sonda, a distância à origem e se a sonda corresponde a uma estaca levantada ou não. Essa tabela foi importada no software QGIS de forma a permitir a geração de uma shapefile que será usada ao longo do restante trabalho.

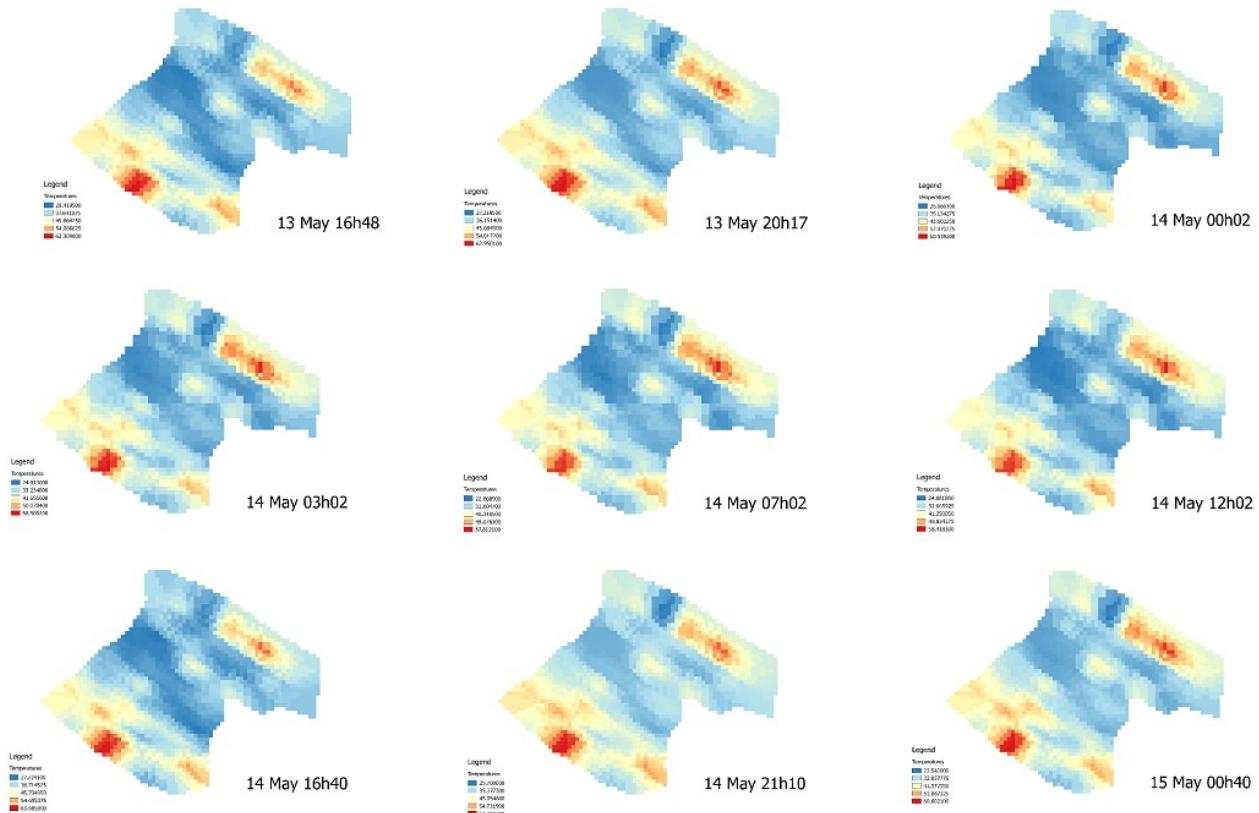
## 2.2 Processamento dos dados

Com a informação dos valores de temperatura fornecidos foi possível atribuir a cada ponto coordenado o respetivo valor de temperatura numa determinada hora e dia. Os valores da temperatura foram atribuídos através da junção das tabelas usando a distância à origem na fibra como campo em comum. A densidade de pontos criados (de 20 em 20 cm) foi reduzida de forma a obter com maior precisão uma superfície. Foram elaborados testes utilizando duas formas de análise: média ou mediana (dos valores da temperatura) de 10 pontos. Numa segunda fase, foi utilizado o software QGIS onde foram inseridos os pontos, através de um ficheiro de texto com coordenadas e respetivo valor da temperatura e foi gerada uma máscara de forma a delimitar a região envolvente dos pontos. De seguida, procedeu-se à geração de superfícies usando o método

de interpolação Kriging. A biblioteca SAGA presente no *Processing Toolbox* apresenta vários métodos baseados no Kriging. O método usado neste procedimento foi o *Ordinary Kriging*.

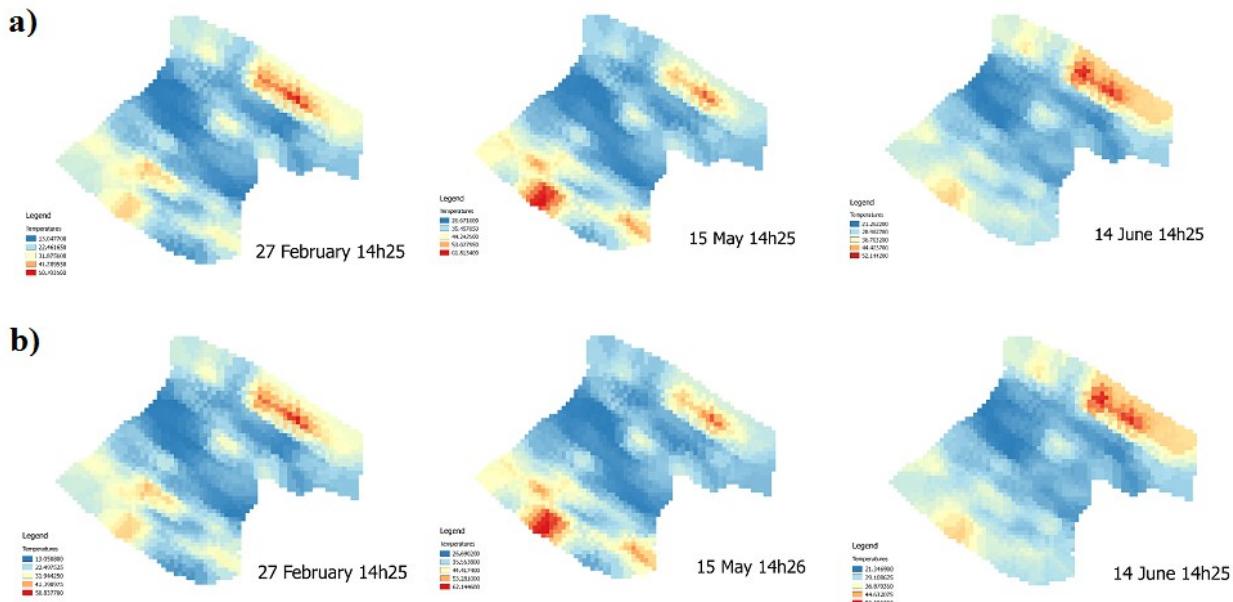
### 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Foram criadas superfícies de interpolação com a mediana dos dados de temperatura obtidos para os dias 14, 15 e 16 de Maio que se encontram na figura 3. Foram também criadas superfícies de interpolação usando a média dos dados de temperatura.



**Figura 3: Dinâmica da escombreira de carvão em autocombustão (Maio).**

Foram também geradas as superfícies para a mesma hora em diferentes meses (Fevereiro, Maio e Junho) de forma a comparar a dinâmica das temperaturas. Os resultados foram obtidos com a mediana dos valores das temperaturas (figura 4a) e com a média (figura 4b).



**Figura 4: Dinâmica da escombreira de carvão em auto-combustão em Fevereiro, Maio e Junho; a) Mediana das temperaturas; b) Média das temperaturas.**

As duas abordagens consideradas, média e mediana das temperaturas permitirá uma análise crítica acerca dos valores, tendo em conta que se existirem focos de temperatura elevada, através da média não será possível identificar esse mesmo foco enquanto que utilizando a mediana poderá ser detetado. Este estudo comparativo permitirá concluir que a utilização da mediana será mais adequada para este estudo, tendo em conta que não é afetada pelos *outliers* ou falhas de informação.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem identificar as áreas em autocombustão, assim como as temperaturas associadas ao processo. A análise das imagens obtidas permite ainda caracterizar a variação da temperatura ao longo do tempo (ao longo do dia e/ou ao longo do ano, por exemplo) e, desta forma, perceber a influência das condições meteorológicas no processo de autocombustão. A automatização permitirá a visualização contínua do processo de autocombustão na escombreira, que será fundamental na identificação de prováveis cenários evolutivos e na identificação das medidas de prevenção e de mitigação dos impactes ambientais que possam ser implementadas.

Está a ser desenvolvida uma ferramenta Open Source no âmbito do software QGIS, que permitirá automatizar o processo desenvolvido de forma a visualizar sob a forma de vídeo os resultados obtidos e assim fazer uma análise acerca da variação temporal da temperatura e assim avaliar a dinâmica da escombreira.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Segurado P, Jesus B (1999). Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica nas Diferentes Fases de um Estudo Ecológico. ESIG99, Lisboa. 10 pp.
- [2] Batista, M., Brito, G., Abreu, M., Sousa, J., Quental, L. e Vairinho, M. (2003). Avaliação por modelação em SIG da contaminação mineira por drenagem ácida: S. Domingos, Faixa Piritosa, Alentejo. Ciências da Terra (UNL), V, pp. M6-M10.
- [3] SAGA (Acedido em Junho de 2015), System for Automated Geoscientific Analyses. Acessível em: <http://www.saga-gis.org/>.

- [4] Krige, D.G. (1951) A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. *J. Chem. Metall. Min. Soc. S. Africa*, 52 (6):119–139.
- [5] Agemar, T., Schellschmidt, R., Schulz, R. (2012) Subsurface temperature distribution in Germany. *Geothermics*, 44: 65–77.
- [6] Webster, R., Oliver, M.A. (2001) Geostatistics for Environmental Scientists. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- [7] Matheron, G. (1963) Principles of geostatistics. *Econ. Geol.*, 58:1246–1266.
- [8] Journel A.G., Huijbregts C.J. (1978) Mining geostatistics. Academic Press, New York.
- [9] Clark, I., Harper, W.V. (2000) Practical Geostatistics 2000. Ecosse North America Llc, Columbus, Ohio, USA.
- [10] Zhang, C.S., Zhang, S., Zhang, L.C., Wang, L.J. (1995) Background contents of heavy metals in sediments of the Changjiang River system and their calculation methods. *Journal of Environmental Sciences*, 7(4):422–429.



## **MODELOS ESPACIALMENTE EXPLÍCITOS DE ANÁLISE DE DINÂMICAS LOCAIS: O CASO DA VEGETAÇÃO NATURAL POTENCIAL NO APOIO AO PLANEAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL**

*Francisco Gutierrez (1), Eusébio Reis (1), Carlos Neto (1), José Carlos Costa (2)*

(1) Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa; Edifício IGOT, Avenida Prof. Gama Pinto, 1649-003 Lisboa; e-mail: franciscogutierrez@campus.ul.pt; cneto@campus.ul.pt; eusebioreis@campus.ul.pt

(2) Instituto Superior de Agronomia - Universidade de Lisboa; Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa; e-mail: jccosta@isa.ulisboa.pt

### **RESUMO**

A definição da Vegetação Natural Potencial (VNP) reveste-se de grande utilidade no apoio aos processos de decisão no âmbito do ordenamento territorial. Em territórios classificados em que a vegetação apresenta elevada perturbação, como se verifica em algumas áreas dos Sítios da Rede Natura 2000 “Comporta/Galé” e “Estuário do Sado”, a expressão cartográfica da VNP tem a necessidade de se apoiar num conjunto de elementos que vão além das condições da vegetação atual. A modelação preditiva da distribuição das séries de vegetação possibilita a produção de mapas probabilísticos com base na extrapolação das relações entre as variáveis ambientais e as comunidades vegetais.

Os resultados obtidos permitiram aferir o modo como os gradientes ecológicos determinam a ocorrência de diversos tipos de séries de vegetação, tal como, a espacialização da VNP para o território em estudo. A expressão cartográfica da VNP a escalas de pormenor assume um papel importante no planeamento e ordenamento do território.

### **1. INTRODUÇÃO**

A Vegetação Natural Potencial (VNP) materializa o estádio de máximo desenvolvimento da vegetação num dado habitat que ocorreria num determinado território e suas envolventes se não existisse qualquer influência humana [1], [2]. A VNP define-se através de comunidades vegetais que atingiram o seu máximo ecológico estável, estando em equilíbrio com as condições do biótopo [1], [3], [4].

Durante a última década, a Europa tem vindo a assistir a uma crescente consciencialização sobre a importância da cartografia da VNP e sua utilidade como uma ferramenta para apoiar as atuais estratégias de Planeamento e Ordenamento do Território [2].

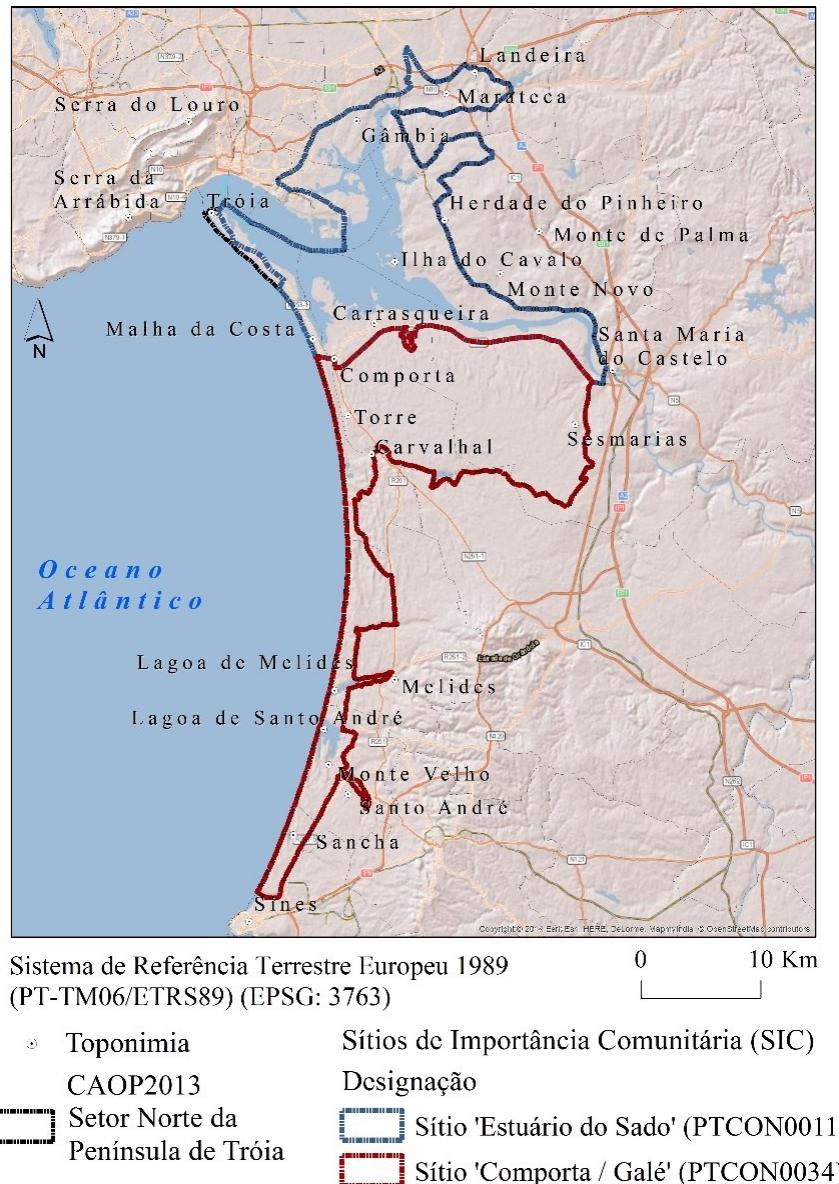
Recentemente, a modelação da VNP tem registado avanços significativos com o desenvolvimento de diversos modelos e software Open Source com grande capacidade de processamento. Com base no cariz relativamente determinístico do processo de sucessão ecológica e na sua relação com os principais fatores ambientais – climáticos, geomorfológicos e edáficos – é possível modelar e prever a vegetação potencial para uma determinada área, através da análise da comunidade vegetal atualmente presente e do conhecimento das séries de vegetação desse território.

Neste sentido, para além da produção da carta da VNP do território em estudo a escalas de grande detalhe, pretende-se aprofundar o conhecimento sobre os gradientes ecológicos associados às séries de vegetação, com recurso à aplicação de várias técnicas de modelação preditiva em ambiente SIG. Deste modo, pretende-se contribuir para a definição de modelos calibrados de adequabilidade das séries de vegetação baseados em regras de decisão,

comparar e testar diferentes alternativas metodológicas e fornecer orientações para a investigação da VNP a escalas de pormenor.

## 1.1 Área de Estudo

A área de estudo integra-se em dois Sítios de Importância Comunitária (SIC) pertencentes à Região Biogeográfica Mediterrânea, que fazem parte da rede europeia de SIC - Rede Natura 2000: 'Estuário do Sado' (PTCON0011) e 'Comporta / Galé' (PTCON0034) (Figura 1).



**Figura 1 – Localização Geográfica da Área de Estudo.**

Estes territórios classificados apresentam uma considerável diversidade litológica, pedológica e topográfica, o que determina a ocorrência de uma grande diversidade de séries de vegetação com comunidades vegetais importantes para proteção e conservação, incluídas no Anexo I da Diretiva Habitats. Tendo em consideração o desenvolvimento conceptual e metodológico (ao nível da seleção e conceção das múltiplas variáveis ambientais preditivas) da modelação preditiva, foi considerada a faixa de costa compreendida entre Sines e o limite norte da Península de Tróia e as respetivas áreas interiores do território dos Distritos Sadense e Costeiro Vicentino [2].

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A modelação espacial da distribuição da VNP baseou-se num conjunto de variáveis preditivas, consideradas representativas das características biofísicas presentes no território estudado e em dados de distribuição de comunidades vegetais. Sobre estes conjuntos de dados geográficos foi aplicado um conjunto de ferramentas de análise exploratória e de modelação, que possibilitaram a criação de ‘*Species Distribution Models (SDM)*’ ao nível da comunidade e, por sua vez, a determinação da VNP.

### 2.1 Amostragem

Os levantamentos das presenças das comunidades vegetais foram efetuados diretamente no terreno com recurso a um GPS com correção diferencial, com base na carta da vegetação atual, e ainda com recurso a fotointerpretação de ortofotomapas de 2007 (Direção-Geral do Território).

Os pontos de presença foram determinados segundo a amostragem baseada na alocação aleatória proporcional de amostras entre estratos (‘*Proportional random-stratified sampling*’) [2].

Os pontos de ausência foram igualmente determinados por uma amostragem aleatória estratificada. Na alocação das pseudo-ausências para cada série de vegetação foram consideradas as áreas onde se observam condições abióticas extremas entre os biogeossistemas em que se integram as respetivas séries de vegetação, como por exemplo, biótopos halofíticos versus biótopos psamófilos). Foi adotada uma prevalência com valor 1 (Tabela 1), por produzir um equilíbrio ideal entre erros de omissão e comissão no SDM [2].

### 2.2 Seleção das variáveis preditivas

As variáveis preditivas integradas no SDM geralmente incluem uma mistura de variáveis contínuas e categóricas, não sendo expectável que as relações entre estas e a variável resposta sejam lineares, sendo, deste modo, passível a ocorrência de interações entre variáveis [5]. A mesma autora adverte que estes fatores deverão ser considerados na formulação estatística do SDM.

**Tabela 1 – Dados amostrais.**

Séries de Vegetação	Presenças	Ausências
<i>Asparago aphylli-Querceto suberis sigmetum</i>	138	138
<i>Aro neglecti-Querceto suberis sigmetum</i>	939	939
<i>Daphno gnidi-Junipereto navicularis sigmetum</i>	744	744
<i>Osyrio quadripartitae-Junipereto turbinatae sigmetum</i>	221	221
Geossérie ripícola de <i>Salix atrocinerea</i>	521	521
Série edafohigrófila palustre de <i>Salix atrocinerea</i>	105	105
<i>Geopermasigmetum</i> psamófilo	187	187
<i>Geopermasigmetum</i> halófito	559	559
<i>Geopermasigmetum</i> turfófilo	200	200

Neste sentido, as variáveis preditivas selecionadas resultam do modelo conceptual da VNP e da disponibilidade de cartografia de base (curvas de nível extraídas da carta militar de Portugal, série M888, na escala 1:25 000 (Instituto Geográfico do Exército), da carta de solos na escala 1:25 000) (Instituto de Hidráulica Engenharia Rural e Ambiente) e da carta geológica na escala 1: 500 000 (Laboratório Nacional de Energia e Geologia). Em função da escala de análise adotada, que requer uma maior diferenciação territorial, é vista como fundamental a incorporação de variáveis morfométricas (e.g. Radiação Solar Potencial) para melhor aferição dos gradientes ecológicos (curvas de resposta) e da adequação ótima das séries de vegetação. Deste modo, os dados de base foram integrados em estrutura matricial (com uma resolução de 5m definida em função das mencionadas variáveis morfométricas) e modelados no *QuantumGIS* e *SAGAGIS*, tendo sido determinadas as variáveis preditivas consideradas explicativas e necessárias para a modelação da VNP: Altitude, Radiação Solar Potencial, Índice de Posição Topográfica (TPI), Índice Topográfico de Humidade (TWI), Índice Topográfico de Exposição/Abrigo ao vento, Solos e Geologia.

### 2.3 Modelação da VNP

Tendo por base o modelo conceitual da VNP, com a base de dados espaciais e com a possibilidade de integração de um vasto conhecimento empírico, aplicou-se a abordagem ‘*classification-then-modelling*’ desenvolvida por [2] (Figura 2).

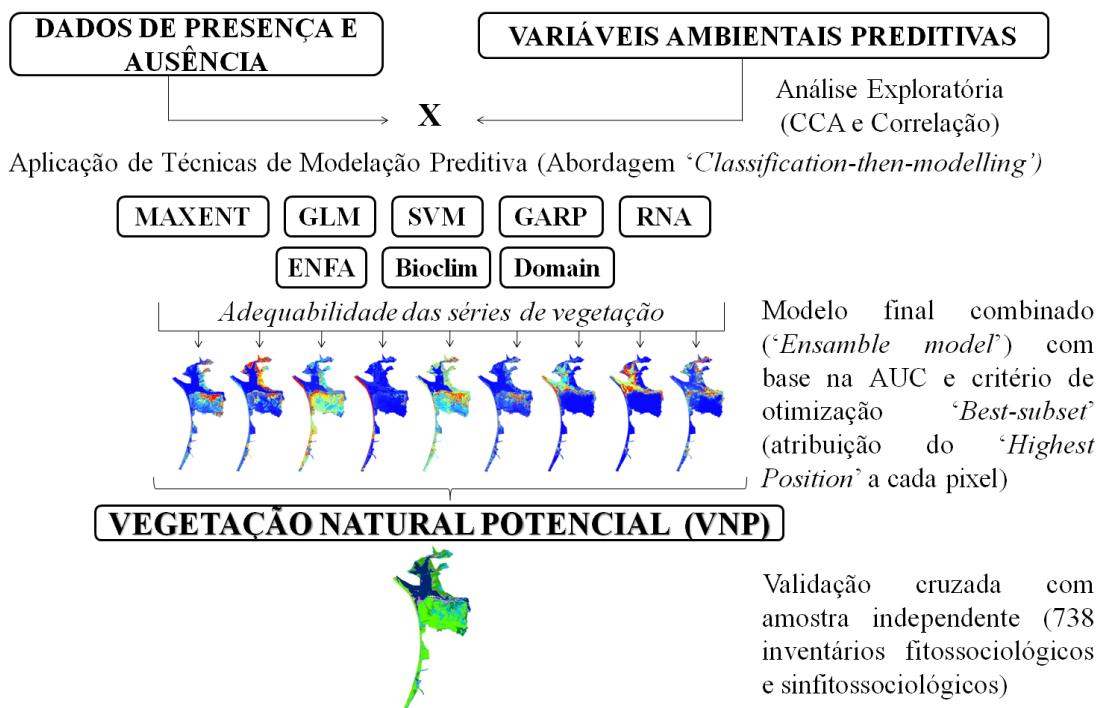


Figura 2 – Modelo conceitual para a determinação da VNP.

As etapas metodológicas desta estratégia de modelação consistem, numa primeira fase, na análise exploratória das variáveis preditivas e na ligação ou estabelecimento de relações entre os dados georreferenciados das comunidades com as variáveis preditivas, sendo necessário extrair para uma matriz de dados os valores das localizações das comunidades e das variáveis independentes. Posteriormente, foram aplicados métodos baseados em algoritmos estatísticos (Modelos Lineares Generalizados - GLM), de ‘*machine learning*’ e inteligência artificial (Máxima

Entropia - Maxent), Redes Neuronais Artificiais (ANN), Máquinas de Suporte Vetorial (SVM), ‘rule-based’ (Algoritmo Genético para Produção de um Conjunto de Regras - GARP), envelopes bioclimáticos (Bioclim), distâncias ambientais (Domain) e em análises multivariadas (ENFA), que descrevem/integram as relações entre as ocorrências e as variáveis preditivas [2], [5]. Foram utilizados os softwares de modelação preditiva Open Source *OpenModeller*, *ModEco* e *R*. Deste modo, foram utilizadas oito técnicas de modelação com o objetivo de determinar quais os modelos que produzem um melhor ajustamento entre a variável dependente e variáveis independentes e, deste modo, podem ser eficazmente utilizados para fazer a representação espacial contínua das séries de vegetação em estudo.

### 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

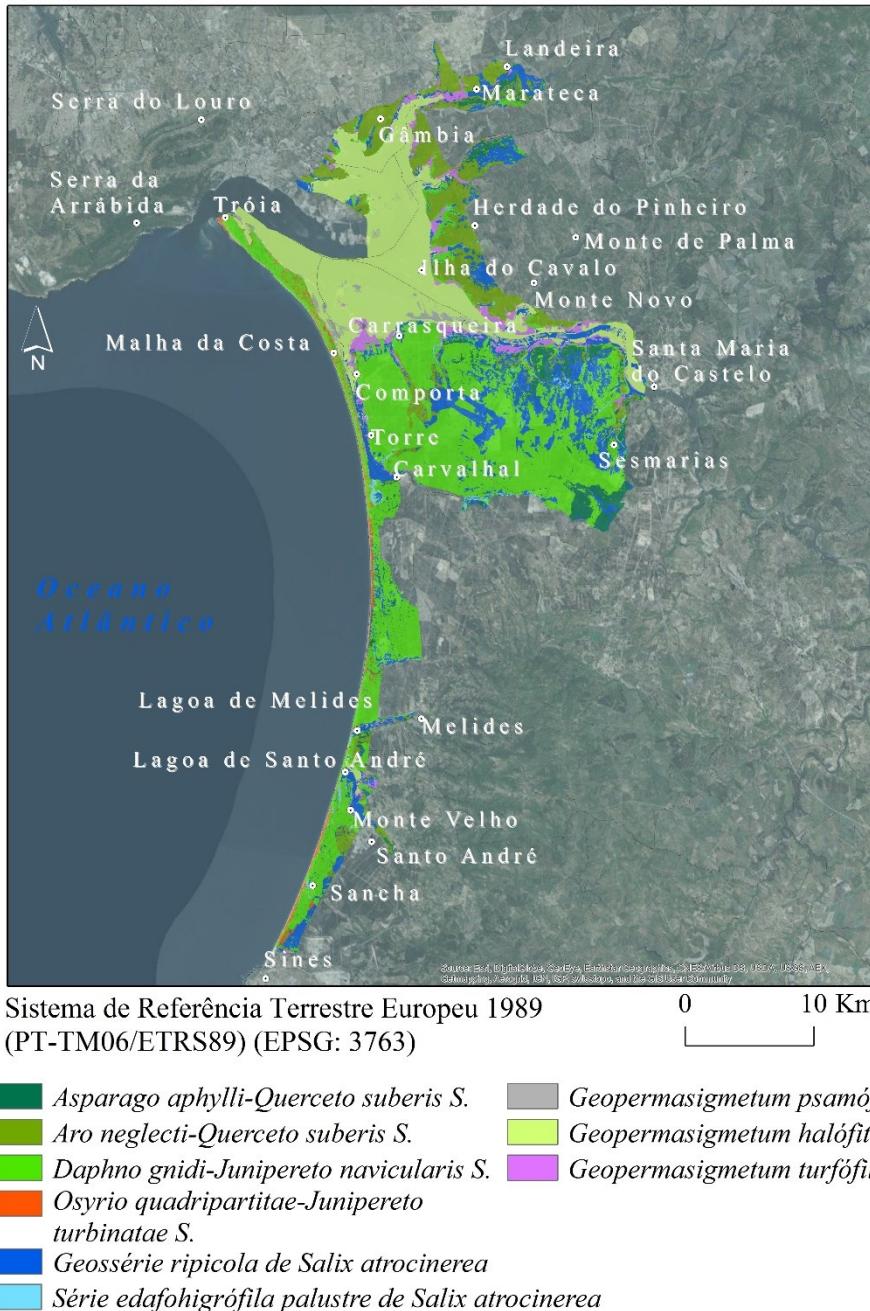
#### 3.1 Comparação dos modelos SDM da VNP

Todos os modelos foram comparados segundo o valor de ‘Area Under the Curve (AUC)’, quer entre as várias séries de vegetação, quer entre os modelos desenvolvidos pelas diferentes técnicas. Pela análise da Tabela 2 pode-se observar que para todas as séries de vegetação os modelos Maxent, ANN, SVM e distâncias ambientais (Domain) apresentam um melhor desempenho preditivo face aos restantes (valores médios de  $AUC \geq 0.85$ ). Deste modo, as omissões sobre as amostras de validação se ajustam bem à taxa de omissão prevista, o que significa um bom desempenho dos modelos, e que a AUC gerada foi maior do que o valor aleatório (0.5).

**Tabela 2 – Modelos preditivos da VNP com maior desempenho preditivo ( $AUC \geq 0.85$ ).**

Modelos	AUC média
Maxent (Mean 15 replicates)	0.96
Environmental Distance (Domain) type 1	0.85
Environmental Distance (Domain) type 3	0.86
SVM type 7	0.87
SVM type 8	0.86
ANN type BP (Mean 15 replicates)	0.95

Os modelos desenvolvidos por cada uma das oito técnicas de modelação (com diferentes parametrizações) foram regionalizados utilizando a cartografia temática de base de cada variável preditiva, de forma a espacializar a distribuição potencial das séries de vegetação. Através de processos de análise espacial em ambiente SIG, os mapas de localização adequada de cada série de vegetação foram combinados (‘Ensamble model’) com base na AUC e critério de otimização ‘Best-subset’ (atribuição do ‘Highest Position’ a cada pixel), resultando deste modo, o mapa da VNP da área de estudo (Figura 3). Finalmente, foi comparado o desempenho da cartografia preditiva produzida com inventários fitossociológicos e sinfitossociológicos. O mapa da VNP resultante do modelo Maxent apresenta uma EG de 86% e concordância substancial (*Kappa* igual a 0.79).



**Figura 3 – Carta da Vegetação Natural Potencial (VNP) da área de estudo.**

### 3.2 Distribuição local da VNP ao longo de gradientes ambientais

Os modelos da VNP produzidos possibilitaram uma melhor compreensão dos principais fatores biofísicos associados à distribuição das séries de vegetação no território estudado. O modelo Maxent, além de apresentar um elevado desempenho preditivo, possibilita uma análise integrada da adequabilidade ao longo de gradientes ambientais. Observam-se alguns aspectos interessantes relacionados com as curvas de resposta, nomeadamente a forma como cada variável per se afeta o modelo ('stepwise with backward elimination').

Os resultados dos modelos preditivos da VNP, a partir das curvas de resposta do modelo Maxent, estão de acordo com o conhecimento atual da ecologia das séries de vegetação estudadas [6]. Observou-se que em todas as séries de vegetação as variáveis Solos, Geologia e Altitude apresentam um elevado contributo para a sua distribuição no território estudado. Convém ainda destacar a importância da variável Radiação Solar Potencial na diferenciação das séries *Asparago aphylli*-*Querceto suberis sigmetum*, Geossérie ripícola de *Salix atrocinerea*, Série edafohigrófila palustre de *Salix atrocinerea*, *Osyrio quadripartitae*-*Junipereto turbinatae sigmetum* e *Geopermasigmetum psamófilo*. Tal facto, é igualmente reforçado pelo elevado contributo do Índice de Posição Topográfica para estas duas últimas séries de vegetação. Já o Índice Topográfico de Exposição/Abrigo ao vento apresenta um contributo considerável para as séries *Asparago aphylli*-*Querceto suberis sigmetum*, Geossérie ripícola de *Salix atrocinerea* e *Geopermasigmetum turfófilo*. Por sua vez, o Índice Topográfico de Humididade apresenta importância na distinção da Geossérie ripícola de *Salix atrocinerea*, Série edafohigrófila palustre de *Salix atrocinerea*, *Geopermasigmetum psamófilo* e *Geopermasigmetum halófito*.

#### 4. CONCLUSÕES

A estratégia de modelação preditiva ao nível da comunidade ('classification-then-modelling') permitiu a quantificação e avaliação da distribuição espacial da VNP na área de estudo. Assim sendo, para além do elevado desempenho preditivo do modelo Maxent, os resultados obtidos por este modelo permitiram aferir o modo como os gradientes ecológicos, expressos ao longo das curvas de resposta, determinam o nicho realizado para as diversas séries de vegetação.

Conclui-se que a expressão cartográfica da VNP no território assume um papel importante no Planeamento e Ordenamento do Território, nomeadamente, ao nível das políticas de proteção dos Solos e da Biodiversidade, assim como nos Planos de Ordenamento do Território em vigor. A sua aplicação na reconstituição da vegetação natural após ação antrópica apresenta igualmente enorme importância.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Neto C., Pereira E., Reis E., Costa J. C., Capelo J., Henriques C. (2008) Carta da Vegetação Natural Potencial de Caldas da Rainha. Finisterra, 43(86): 31–56.
- [2] Gutierres F., (2014) Estrutura e Dinâmica dos Habitats e da Paisagem dos Sítios Estuário do Sado e Comporta/Galé - Um contributo para a Gestão e Restauro Ecológico. 736p. Dissertação de doutoramento em Geografia Física, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL).
- [3] Ricotta C., Carranza M. L., Avena G., Blasi C. (2000) Quantitative comparison of the diversity of landscapes with actual vs. potential natural vegetation. Applied Vegetation Science, 3(2): 157–162.
- [4] Loidi J., Fernández-González F. (2012) Potential Natural Vegetation: reburying or reboring? Journal of Vegetation Science, 23(3): 596–604.
- [5] Franklin J. (2009) Mapping species distributions. Spatial Inference and Prediction. 320p. Cambridge University Press, London.
- [6] Costa J C., Neto C., Aguiar C., Capelo J., Espírito-Santo M., Honrado J., Pinto-Gomes C., Monteiro-Henriques T., Sequeira M., Lousã M. (2012) Vascular Plant Communities in Portugal (Continental, The Azores and Madeira). Global Geobotany, 2: 1–180.



## VETORIZAÇÃO DO CADASTRO GEOMÉTRICO DA PROPRIEDADE RÚSTICA DO CONCELHO DE ALJUSTREL

Inês Guerreiro (1), Sara Santos (1)

(1) Câmara Municipal de Aljustrel; Avenida 1º de Maio, 7600-010 Aljustrel; e-mail: ines.guerreiro@mun-aljustrel.pt; sara.santos@mun-aljustrel.pt

### RESUMO

Nos últimos anos, o cadastro tornou-se num instrumento fundamental para o planeamento regional e urbano, indispensável na localização dos prédios. Dada a sua importância, a vectorização do Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica (CGPR) assume-se como um trabalho imprescindível nos tempos que correm. A sua disponibilização numa plataforma de consulta *online* e a possibilidade de cruzar dados em formato vetorial facilitam em muito o trabalho diário numa Autarquia.

Este trabalho teve como objetivo converter para formato digital o CGPR, do concelho de Aljustrel. Durante o seu desenvolvimento foi necessário compreender e assimilar vários conceitos ligados ao cadastro que se tornaram fundamentais para a vectorização das secções cadastrais. Neste documento, é apresentada a metodologia que foi utilizada para a vectorização das secções cadastrais e as várias etapas percorridas até à sua conclusão.

Como produto final obteve-se a informação vetorial correspondente aos elementos constantes nas secções cadastrais do concelho de Aljustrel.

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1 Definição de Cadastro

De acordo com Gaspar [1] Cadastro é o ”inventário oficial da propriedade rural (cadastro rural) ou urbana (cadastro urbano) que inclui a informação sobre os seus limites.” Em Portugal, a elaboração e manutenção do cadastro, é da responsabilidade da Direção Geral do Território (DGT). O Cadastro Geométrico é a componente do cadastro que diz respeito à localização e limites geográficos dos prédios, representada nas plantas cadastrais. [1]

#### 1.2 Evolução do cadastro geométrico da propriedade rústica em Portugal

O cadastro é o principal meio para provar informações sobre direitos de propriedade, disponibilizando ao sector público e privado dados sobre as parcelas, tais como a sua localização, proprietário, área e valor. O levantamento cadastral é a operação de aquisição de dados destinada ao cadastro de uma região. Num levantamento cadastral, são determinados os limites e confrontações da propriedade, a sua área, a identificação dos proprietários e as construções existentes. [1]

Entre 1926 e 1994, os organismos que antecederam ao IGP (atual DGT) executaram somente o CGPR em cerca de 50% da área de Portugal.

No entanto, foi sobretudo a partir de 1944 que se verificou um aumento contínuo e rápido, da execução do CGPR na região do Alentejo e nos concelhos de Cascais, Oeiras, Loures, Vila Franca de Xira e Sintra.

Desde 1995 a atualização cadastral tem sido feita apenas em termos pontuais através da resolução de Processos de Reclamação Administrativa (PRA). [2]

Atualmente este cadastro vigora em 129 concelhos, 118 localizados no território continental e 11 nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira. [3] O número de municípios com cadastro geométrico da propriedade rustica não abrange 50 % do território.

### 1.3 A importância do Cadastro nas autarquias

Os municípios devem entender o cadastro como uma ferramenta para as atividades de gestão municipal. O cadastro é importante nas vertentes do urbanismo, economia, património, social e de investimento. No caso concreto do município de Aljustrel, essa importância foi entendida.

Para agilizar os processos de consulta ao cadastro procedeu-se a sua vectorização e disponibilização numa plataforma SIG, que se encontra, atualmente, *online*. O cadastro vetorizado tem sido bastante utilizado na localização de prédios cadastrais.

### 1.4 A necessidade do cadastro geométrico da propriedade rústica no caso concreto de Aljustrel

Aljustrel situa-se no coração do baixo Alentejo rodeado por uma vasta área de terrenos agrícolas.

Com o desenvolvimento do projeto do Alqueva, nomeadamente com a implementação de infraestruturas de rega, a agricultura nos últimos anos tem vindo a sofrer transformações. A chegada da água a terrenos onde se praticava essencialmente agricultura de sequeiro, tem vindo, aos poucos, a modificar as práticas agrícolas. Assim, o que antes eram campos de culturas de sequeiro começaram a dar lugar a outro tipo de culturas, nomeadamente, culturas de regadio e culturas hortofrutícolas. Com o aumento do regadio, cresce a produção e obviamente as necessidades de armazenamento. Face ao exposto, têm vindo a emergir nesta Autarquia variados processos de obras localizados em espaço rural, como por exemplo, a construção de casões agrícolas ou mesmo casas para os proprietários dos terrenos. O cadastro assume assim um papel de excelência para a localização de prédios rústicos. A facilidade com que se consegue cruzar, a localização de um prédio com a restante informação disponível na Autarquia, como o PDM em formato digital ou as cartas militares, permite dar uma resposta rápida ao requerente.

### 1.5 Objetivos do estudo

Este estudo tem como objetivos demonstrar a metodologia utilizada no município de Aljustrel para a vectorização do CGPR.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo diz respeito a todas as secções cadastrais do concelho de Aljustrel distribuídas pelas suas freguesias. Na vectorização do CGPR foram utilizadas as imagens *raster* correspondentes a cada uma das secções cadastrais do concelho de Aljustrel. Foram vetorizadas 70 secções cadastrais, distribuídas por 5 freguesias: 30 secções pertencentes à freguesia de Aljustrel, 5 secções da freguesia de Ervidel, 11 secções da freguesia de São João de Negrilhos, 16 secções da freguesia de Messejana e 8 secções da freguesia de Rio de Moinhos.

As imagens *raster* foram fornecidas pela DGT, ao abrigo de um protocolo existente entre a associação de municípios e a própria DGT. As imagens fornecidas já se encontravam georreferenciadas. Todo o trabalho desenvolvido durante a vectorização do CGPR foi elaborado de acordo com as Especificações Técnicas e Orientações fornecidas pela DGT, tendo sido integralmente realizado em *software Open Source*, nomeadamente o *Quantum Gis*.[4]

### 2.1 Vantagens da utilização do *Quantum Gis*

A realização deste trabalho decorreu em Qgis, principalmente por se tratar de um *software* gratuito e bastante intuitivo. O QGis é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)* [5], que se encontra orientado para o voluntariado e com uma filosofia de espírito aberto em termos de utilização e difusão. Trata-se de um *software* de código aberto que funciona em diversos sistemas operativos e suporta variados formatos de dados. Para além disso e por se encontrar em constante desenvolvimento, permite ter ao dispor dos utilizadores ferramentas cada vez mais aperfeiçoadas. Trata-se de uma plataforma que possibilita uma grande

adaptabilidade às necessidades dos seus utilizadores. A documentação existente, os vídeos disponibilizados, via internet, e o facto de possibilitar aos seus utilizadores a participação numa plataforma de suporte, possibilitam e facilitam uma rápida autoaprendizagem.

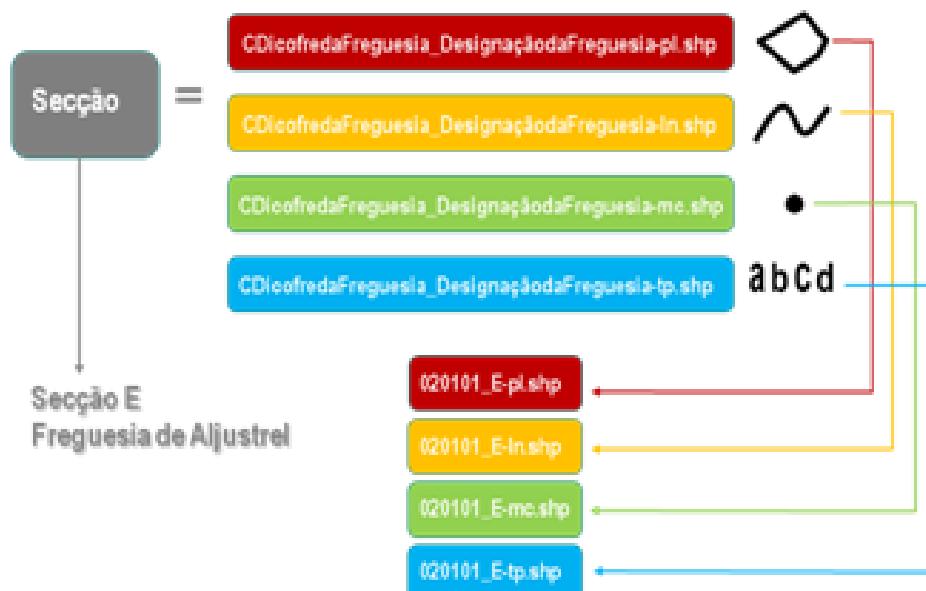
A utilização do QGis durante a realização de todo o trabalho foi uma experiência nova que decorreu sem problemas e que se pode afirmar ter sido um sucesso.

As ferramentas topológicas disponíveis no *software* facilitaram, sem dúvida, a vectorização das parcelas. A possibilidade de possuir um leque de ferramentas de análise espacial, que cresce de versão para versão, permitiu a partir das parcelas vettorizadas, construir automaticamente os restantes elementos cadastrais necessários.

## 2.2 Metodologia no *Quantum Gis*

A criação das *shapefiles* necessárias, para se proceder à vectorização do CGPR, foi realizada seguindo indicações descritas no anexo 2 (Catálogo de objetos do cadastro em formato *shapefile*) [6] das Especificações Técnicas para a Informatização do CGPR fornecidas pela DGT. [7]

Foram criadas quatro *shapefiles* para cada uma das secções cadastrais em estudo. Na figura 1 exemplificam-se, os tipos de elementos e as designações que devem ter.



**Figura 1 – Modelo de dados utilizados**

Durante a criação das *shapefiles* necessárias para o projeto, foi identificado o sistema de referência de coordenadas a utilizar, tendo sido escolhido, por indicações da DGT, o sistema *Hayford-Gauss Datum Lisboa*, com origem no ponto central, que tem como código EPSG o número 5018. Criadas as *shapefiles* necessárias para o trabalho, foram de seguida definidas as regras de digitalização, vettorizados os elementos cadastrais e por último foi realizado um controlo de qualidade.

## 2.3 Regras de digitalização

Antes de se iniciar a vectorização dos elementos que constituem o CGPR (indicados nas Especificação Técnicas) e de modo a evitar a presença de problemas topológicos, foram estipuladas algumas regras de digitalização, no próprio *software* utilizado. Durante a vectorização do CGPR as regras topológicas utilizadas foram: evitar a presença de intersecções, a não existência de sobreposição, a não existência de lacunas nos polígonos, o facto de as geometrias serem validas para o sistema e a ausência de polígonos multipartes.

## 2.4 Vectorização dos elementos cadastrais

A vectorização dos elementos iniciou-se com a delimitação de todos as parcelas, na *shapefile 020101\_E-pl*, *shapefile* de polígonos (elementos do tipo: parcelas, construções, áreas sociais e estremas de prédio).

Em paralelo marcaram-se os marcos de freguesia e os marcos de propriedade existentes, *shapefile 020103\_Secção\_mc*, evitando sempre a presença de erros posicionais.

De seguida, foram vetorizados todos os elementos que devem ser representados através de linhas, *shapefile 020101\_E-Ln*, tais como, limites administrativos (limite de Distrito, Concelho e Freguesia), elementos topográficos (leitos de curso de água, caminhos, taludes e outros). Os limites administrativos identificados, podem ou não coincidir com elementos topográficos. Caso coincidam e encontrando-se definidas e ativas as regras topológicas, automaticamente, ambos os temas ficam coincidentes, deixando concordantes os elementos vetorizados na *shapefile* de polígonos e na *shapefile* de linhas.

Continuamente foram vetorizados os restantes elementos existentes nas plantas cadastrais, nomeadamente os elementos que dizem e respeito a toda a toponímia. Para toda a vectorização cadastral foi sempre tido em conta, a quantidade de vértices utilizada, limitando-nos a utilizar apenas os vértices necessários de forma a não criar nós supérfluos [7]. Não foram realizadas tarefas ao nível das ligações entre secções ou ficheiros, pois todas as secções se encontravam fora de tolerância, ou seja, com erros posicionais maiores que os estipulados nas Especificações Técnicas para a Informatização do CGPR. [7], tendo este trabalho ficado a cargo da DGT.

## 2.5 Controlo de qualidade

Terminada a vectorização procedeu-se à realização de um controlo de qualidade de acordo com as Especificações Técnicas para a Informatização do CGPR. [7]. Inicialmente foi realizada a verificação dos dados gráficos, principalmente ao nível da estrutura e integridade dos ficheiros. Foi de seguida realizada, uma avaliação por amostragem, da precisão posicional dos elementos. Foram ainda validados todos os elementos do tipo polígono e linha, ao nível da topologia (regras topológicas anteriormente salientadas). Após esta validação, construíram-se os polígonos referentes a cada um dos prédios e secções cadastrais, utilizando ferramentas automáticas, disponibilizadas pelo QGis (*dissolve*). Em seguida, foi efetuada uma revisão ao nível da estrutura dos ficheiros, tendo sido realizada, por observação, uma verificação da forma como os elementos se apresentavam caracterizados na tabela de atributos. Finalmente foi necessário elaborar um relatório de acordo com o modelo fornecido pela DGT [7] por forma a contemplar todas as situações anormais presentes na vectorização do CGPR.

## 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Do trabalho realizado obteve-se CGPR vettorial para todo o concelho de Aljustrel.

### 3.1 Apresentação dos resultados

Da vectorização do CGPR realizada a 70 secções cadastrais distribuídas pelas 5 freguesias do concelho, resultaram cerca de 284 *shapefiles*. Analisando, somente, a *shapefile* de polígonos podemos concluir que existem, em todo o concelho, 2821 prédios rústicos. Dentro dos prédios podemos encontrar vetorizadas 5138 parcelas, sendo que na totalidade, entre prédios, parcelas, construções, áreas sociais de prédios, áreas sociais de folha e secções foram vetorizados 9317 elementos. Na tabela 1 é possível observar a distribuição dos dados citados por freguesia.

**Tabela 1 – Resultados distribuídos por freguesia**

Freguesias	Nº Secções	Nº Shp's	Na shp de polígonos		
			Nº Prédios	Nº Parcelas	Nº Elementos
Aljustrel	30	124	1057	1990	3634
Ervídel	5	20	529	687	1278
São João de Negrilhos	11	44	513	1136	1910
Messejana	16	64	464	828	1620
Rio de Moinhos	8	32	258	497	875
<b>Totais</b>	<b>70</b>	<b>284</b>	<b>2821</b>	<b>5138</b>	<b>9317</b>

### 3.2 Aceitação do projeto pela DGT

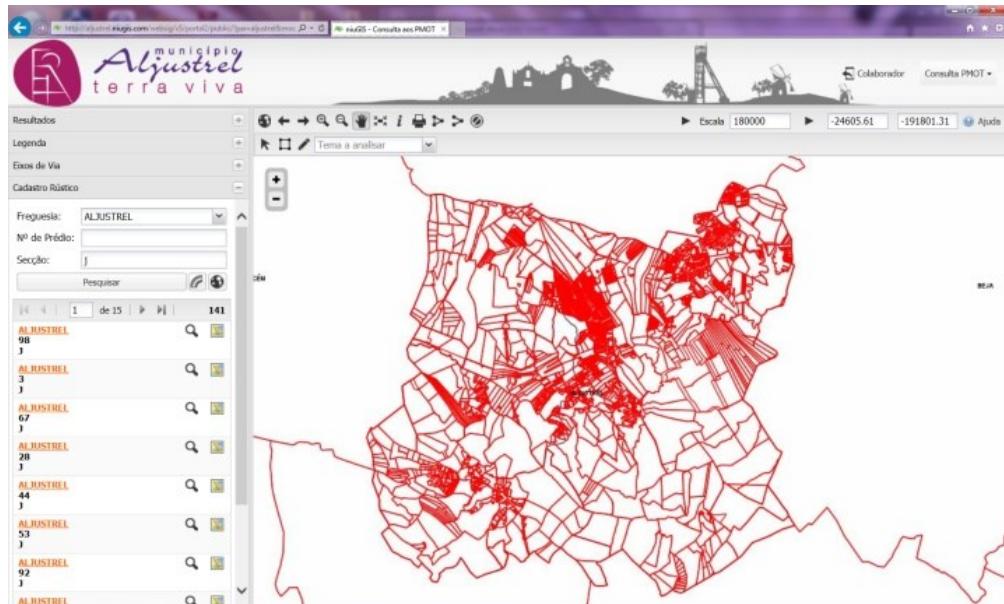
O processo de vectorização do CGPR, como já referido, foi elaborado, seguindo integralmente todos os passos descritos pela DGT, assim como tantos outros projetos semelhantes que têm sido realizados por outras autarquias e até por entidades privadas.

Podemos, no entanto, afirmar que neste projeto, as especificações da DGT, se encaixaram perfeitamente, isto porque, não se detetaram quaisquer contratemplos. A vectorização do cadastro iniciou-se no final de 2012, decorreu durante o ano 2013 e 2014 (pela falta de recursos disponíveis para realização da vectorização por parte da Autarquia). A versão final, corrigida dos poucos erros, assinalados pela DGT, foi entregue em Fevereiro de 2015, tendo-lhe sido atribuída a aceitação definitiva em Abril de 2015.

### 3.3 Disponibilização do CGPR nos SIG

A grande mais-valia que decorre da vectorização do CGPR consiste na possibilidade de se poder disponibilizar, numa qualquer plataforma SIG.

No caso concreto, do município de Aljustrel, o CGPR encontra-se disponível numa plataforma SIG *online*, apresentada na figura 2, na qual qualquer funcionário com *password* pode consultar, pesquisar e cruzar com a restante informação digital disponibilizada. Também, qualquer cidadão pode aceder e consultar o CGPR a partir da mesma plataforma, mas com algumas restrições ao nível das permissões. [8]



**Figura 2 – Disponibilização do CGPR do concelho de Aljustrel numa plataforma SIG**

## 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com este trabalho superaram as expectativas, principalmente por ter decorrido sem qualquer tipo de problemas merecedores de registo e por ter sido aceite pela DGT.

Fazendo uma análise a todo o trabalho realizado e perspetivando o futuro, vamos referir alguns pontos fracos e fortes referentes à realização do projeto, oportunidades e ameaças futuras. Como pontos fracos do trabalho podemos indicar que a fraca qualidade das imagens *raster* dificultaram a compreensão dos elementos cadastrais presentes na carta cadastral, a cor da imagem (*raster* a preto e branco) e o facto da equipa de trabalho ter sido bastante reduzida, provocou o arrastamento do trabalho durante algum tempo. Como pontos fortes à que salientar o *software* utilizado, a utilização de ferramentas topológicas, os poucos erros cometidos durante a vectorização e a pouca quantidade de secções. Ao nível das ameaças verificou-se a dificuldade na ligação

entre secções, que até então ainda não foi realizada, e o problema inerente à constante desatualização da informação. Já no que se refere às oportunidades destaca-se a possibilidade de se poder integrar e disponibilizar o CGPR em ambientes SIG e a rápida e intuitiva possibilidade de consulta das secções cadastrais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livro:

- [1] Gaspar J. A. Dicionário de Ciências Cartográficas. 2º edição. Sociedade de Geografia de Lisboa: LIDEL; 2008. 402 p.

Comunicação em conferência:

- [2] Machado V. Informatização do cadastro geométrico da propriedade rústica [Internet]. IGP presented at: GIS PLANET 2005 - II International Conference and Exhibition on Geographic Information; 2005 Jun; Estoril. Available from: [http://ftp.igeo.pt/eventos/comunicacoes/Estoril/ICGPR\\_GisPlanet05.pdf](http://ftp.igeo.pt/eventos/comunicacoes/Estoril/ICGPR_GisPlanet05.pdf)

Website:

- [3] DGTerritório - Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica [Internet]. [cited 2015 Jun 25]. Available from: [http://www.dgterritorio.pt/cadastro/cadastro\\_geometrico\\_da\\_propriedade\\_rustica\\_cgpr/](http://www.dgterritorio.pt/cadastro/cadastro_geometrico_da_propriedade_rustica_cgpr/)

- [4] QGIS. A Free and Open Source Geographic Information System [Internet]. [cited 2015 Jun 27]. Available from: <http://www.qgis.org/en/site/>

- [5] OSGeo.org | Your Open Source Compass [Internet]. [cited 2015 Jun 27]. Available from: <http://www.osgeo.org/>

Documento Técnico:

- [6] IGP. Catálogo de Objectos para a Informatização do Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica [Internet]. 2003. Available from: [http://www.dgterritorio.pt/ficheiros/cadastro/cgpr/catalogoobjectosdo\\_icgpr\\_pdf\\_3](http://www.dgterritorio.pt/ficheiros/cadastro/cgpr/catalogoobjectosdo_icgpr_pdf_3)

- [7] IGP - Direcção de Serviços de Informação Cadastral. (31 de Março de 2010). *Especificações Técnicas para a Informatização do Cadastro Geométrico da Propriedade 3.0*. Obtido em Dezembro de 2012, de [http://www.igeo.pt/servicos/CGPR/Especificacoes\\_InfCGPR\\_3.pdf](http://www.igeo.pt/servicos/CGPR/Especificacoes_InfCGPR_3.pdf)

Website:

- [8] Município de Aljustrel. niuGIS [Internet]. [cited 2015 Jun 27]. Available from: <http://aljustrel.niugis.com/websig/v5/portal2/public/?par=aljustrel>

## A ADMINISTRAÇÃO LOCAL NA CLOUD: UMA TRANSIÇÃO INEVITÁVEL

*Miguel Tavares (1), Jorge Gustavo Rocha (2)*

(1) Câmara Municipal de Águeda; e-mail: miguel.tavares@cm-agueda.pt

(2) Universidade do Minho, e-mail: jgr@di.uminho.pt

### **RESUMO**

O suporte digital, o software open source e a computação na cloud criaram um novo paradigma que pode suportar, mais do que nunca, uma nova forma de colaboração na administração local. Canalizando os investimentos para a colaboração, em vez de continuar a apostar em soluções próprias de software e de alojamento, os municípios poderão conseguir desenvolver mais e melhores aplicações. Este racional tem vindo a ser ensaiado num projeto internacional denominado STORM Clouds, que é apresentado e discutido nesta comunicação. Este projeto constitui um laboratório onde se desenvolve, testa e avalia o desenvolvimento e a partilha de aplicações open source e a sua exploração na cloud. Algumas das lições aprendidas neste projeto são aqui apresentadas. Apresenta-se também de uma forma breve uma aplicação open source de participação pública que a autarquia desenvolveu no âmbito deste projeto e que reverte para toda a comunidade.

### **1. INTRODUÇÃO**

O paradigma open source está cada vez mais presente na administração local. O exigente controlo de custos que é imposto à administração pública, a fidelização imposta pelos vendedores de soluções proprietárias e a opacidade dessas soluções são algumas das razões para a mudança.

Alterado o rumo para open source, os serviços internos de informação e tecnologia (onde incluímos a informática e o Sistema de Informação Geográfica – SIG) ganham autonomia e capacidade de decisão sobre o que fazer e como fazer.

No entanto, nem tudo são “rosas”. As vantagens do open source e os ganhos que daí advêm (mesmo materiais) dificilmente se traduzem em postos de trabalho adicionais para jovens com aptidão e vontade de inovar. Além da entrada de novos quadros ser mínima ou nenhuma, há cada vez mais informação e constantes solicitações que os serviços dificilmente conseguem dar resposta em tempo útil. Limitados em termos de pessoal e sobrecarregados de serviço, a solução tem que passar por mais e melhor colaboração com outras autarquias, com outras instituições, com a sociedade civil e com o cidadão. A solução tem que ser encontrada abrindo as portas ao exterior.

Os serviços prestados pela administração local têm muitos pontos em comum, decorrentes das suas competências. Faz então sentido que uma solução de software desenvolvida para determinada autarquia, modelada à sua imagem e necessidades, possa encontrar como interessados na sua utilização outras autarquias, de forma direta ou sujeitando esse software a modificações. Estas modificações são necessárias: têm muito a ver com a interação que uma autarquia tem para com o cidadão, o grau de formalidade no acesso, a imagem, a transparência, o tipo de resposta, a dimensão, a gestão, entre outras questões. É necessário dar um espaço (nas aplicações) que permitam cada autarquia manter a sua identidade, se assim o pretenderm.

Num contexto de software open source as aplicações podem ficar mais completas e mais versáteis atendendo às necessidades e visão de distintas autarquias. A interoperabilidade, propriedade mais típica das soluções open source do que das soluções proprietárias, é aqui um fator chave de forma a integrar soluções já existentes, e potencialmente provenientes de distintos fornecedores.

Em resumo, temos um cenário em que: o software open source traz mais autonomia aos municípios, mas estes dificilmente conseguem os recursos necessários para assumir essa liberdade; temos um sector que poderia partilhar aplicações tirando partido do paradigma open source, pois as funcionalidades base a fornecer ao

cidadão são muito semelhantes; temos necessidade de melhorar a interoperacionalidade das aplicações, para melhorar o serviço a prestar ao cidadão.

## 2. COMPUTAÇÃO NA NUVEM

A Computação na Nuvem (*Cloud computing*) é um modelo que permite, através da internet, de uma forma bastante conveniente, o acesso a um conjunto configurável de recursos computacionais (redes, servidores, armazenamento, aplicações, serviços, etc). Estes recursos podem ser tanto aprovisionados como libertados com um esforço mínimo de gestão e com uma interação mínima com o respetivo fornecedor [3]. O modelo de computação na nuvem tem cinco características essenciais, três modelos de serviço e quatro modelos de implementação.

### Características essenciais

- *On-demand self-service*: Um cliente pode unilateralmente aprovisionar recursos computacionais sempre que precisar, sem ser necessário a interação humana com o fornecedor.
- *Broad network access*: Os recursos estão disponíveis através da internet e são acedidos através de standards que promovem a sua utilização a partir de qualquer cliente (smartphones, tablets, portáteis, workstations ou servidores).
- *Resource pooling*: Os recursos computacionais do fornecedor são agregados de forma a servir os múltiplos clientes. Os recursos são dinamicamente atribuídos aos clientes de acordo com as necessidades. Não há uma associação concreta entre um dado cliente e um recurso computacional concreto.
- *Rapid elasticity*: Os recursos podem ser atribuídos e libertados de uma forma elástica e automática, de acordo com as necessidades do cliente. Do ponto de vista do cliente, os recursos que podem aprovisionar, apresentam-se ilimitados.
- *Measured service*: Os sistemas de cloud controlam e optimizam a utilização dos recursos através de uma capacidade detalhada de monitorização que permite reportar com bastante rigor e transparência a utilização dos mesmos.

### Modelos de serviços

Os modelos de serviços de computação na nuvem dividem-se em 3 níveis:

1. IaaS – *Infrastructure as a Service*;
2. PaaS – *Platform as a Service*;
3. SaaS – *Software as a Service*.

*Infrastructure as a Service* consiste no fornecimento de recursos computacionais como um serviço. Em vez de comprar hardware numa loja, podem-se adquirir os mesmos recursos a partir da nuvem. Na verdade, este modelo é parecido com a virtualização que já existe em muitos municípios. Num ambiente que suporte virtualização, os servidores oferecidos são na verdade máquinas virtuais. O mesmo hardware pode ser utilizado para oferecer diferentes máquinas virtuais. Por esta razão, este nível de serviços da nuvem é mais ou menos familiar. Quando se obtém um serviço IaaS, geralmente já se escolhe um sistema operativo. Quem adquire o serviço, garante todo o trabalho necessário para tornar o mesmo recurso produtivo: configurar a rede, instalar software adicional (Apache, Tomcat, etc), instalar e configurar base de dados (MySQL, PostgreSQL, MongoDB ou outra) instalar atualizações, aplicações e suas dependências.

*Platform as a Service* fornece serviços especialmente interessantes para quem desenvolve aplicações. Criar um ambiente de desenho, desenvolvimento, teste e publicação de aplicações exige bastante tempo. O serviço PaaS pretende fornecer todo o suporte que um programador precisa, sem perder tempo com isso. O programador deve-se focar no código e todo o tipo de tarefas repetitivas e que consomem tempo devem ser oferecidas pelo PaaS. Este serviço permite tornar um programador produtivo sem ter que instalar nenhum tipo de software de desenvolvimento no seu computador local.

*Software as a Service* é o nível de serviço mais interessante, pois permite a utilização de aplicações como um serviço. Deixa de ser preciso comprar, instalar e configurar aplicações no computador local. Basta escolher

a aplicação que se quer utilizar e passar a usá-la, segundo um modelo que cobra a utilização. Na verdade uma aplicação passa a ser conseguida pela composição de um ou mais serviços. A unidade passa a ser um serviço, que é uma unidade autónoma e reutilizável de software. Com este nível de serviço, as soluções passam a ser desenhadas a partir da composição de serviços disponíveis. Uma solução para uma unidade de SIG passa pela subscrição de vários pequenos serviços, que são necessários no dia-a-dia. Cada um dos serviços utilizados, será cobrado em função da sua utilização.

### Modelos de implementação

**Cloud privada.** A infraestrutura de cloud éposta à disposição de uma organização (por exemplo, uma autarquia) que depois são distribuídos pelas suas unidades internas. A gestão da cloud privada é da responsabilidade da organização, de um parceiro contratado para o efeito, ou uma combinação dos dois. Os recursos físicos podem estar ou não nas instalações da organização.

**Cloud comunitária.** A infraestrutura de cloud éposta à disposição de uma comunidade de utilizadores com interesses comuns (por exemplo, uma associação de municípios). A gestão da cloud privada é da responsabilidade dos membros da comunidade, de um parceiro contratado para o efeito, ou uma combinação dos dois. Os recursos físicos podem estar ou não nas instalações de um membro da comunidade.

**Cloud pública.** A infraestrutura de cloud está à disposição do público em geral, onde cada cliente aprovisiona e gera os recursos pretendidos. Toda a infraestrutura está do lado do provedor e não nos clientes.

**Cloud híbrida.** A infraestrutura de cloud pode ser constituída por uma duas ou mais infraestruturas distintas de cloud (privada, comunitária ou pública). Os recursos destas clouds aparecem integrados, como de uma só cloud se tratasse, graças a um conjunto de tecnologias que permitem a portabilidade de dados e aplicações entre clouds.

Convém lembrar que no cenário tradicional, os recursos são locais, quer o hardware, quer o software, e a utilização dos mesmos garante-se pela compra dos mesmos ou de licenças de utilização. Não há uma estratégia de monitorização detalhada, que permita medir quem usa o quê e quando. Nestes casos é difícil saber até que ponto se conseguiu ou não amortizar um determinado hardware/software.

No modelo de computação na nuvem, pagam-se os serviços, como se paga a água, a luz ou qualquer outro serviço. Cobra-se o que se usa, em vez de estar a comprar e a manter uma infraestrutura própria de recursos e de aplicações, quer se usem ou não esses mesmos recursos e as aplicações. Com uma oferta variada e em concorrência de computação na cloud, além de outras vantagens, este modelo torna-se muito interessante em termos económicos.

## 2.1. Vantagens

A computação na nuvem apresenta um conjunto de vantagens, das quais destacamos:

1. Gestão dinâmica de recursos
2. Administração e manutenção prestada por profissionais
3. Atualizações periódicas
4. Alta segurança
5. Desempenho
6. Passar os custos de investimento em custos de operação
7. Disseminar boas práticas

## 2.1. Dificuldades

Embora sejam evidentes as vantagens da computação na nuvem, a sua adoção tem sido lenta. Talvez porque a camada tecnológica de suporte a este modelo de negócio não estava suficientemente madura. Contudo, atualmente existem soluções muito interessantes e maduras que suportam este modelo de computação e já existe uma verdadeira concorrência entre fornecedores.

Além da existência de uma oferta alargada e competitiva de computação na nuvem, as empresas que desenvolvem software também têm que adaptar as aplicações para este modelo de serviço. A adaptação não é

trivial. Exige alterações na cadeia de produção de software. Por isso, vai demorar algum tempo até termos aplicações para a administração local adequadas à exploração em ambiente de computação na nuvem.

As questões relacionadas com a segurança e proteção de dados dificultam a adoção deste paradigma, em particular, na administração local ou central. Que garantias dão os provedores destes serviços em relação à proteção dos dados? Não são despejados os dados sobre questões sensíveis como impostos, infrações, propriedades, etc? A grande desvantagem está relacionada com a falta de legislação que garanta a confidencialidade destes serviços de computação na nuvem. A administração lida com dados do cidadão e é importante garantir que o fornecedor de computação na nuvem não subcontrata um fornecedor na Índia ou na China, onde os preços serão certamente melhores, mas onde certos direitos de confidencialidade não são consagrados. Do ponto de vista jurídico é preciso, eventualmente, ajudar as autarquias a redigir contratos que exijam da parte dos provedores o cumprimento escrupuloso de determinadas garantias.

A contrariar alguma demora na passagem para a computação na nuvem, existem já algumas iniciativas no espaço europeu, como na Polónia, em que toda a administração local e central está a passar para uma infraestrutura de cloud criada para o efeito [2] que salvaguarda as questões relacionadas com a segurança e proteção dos dados dos cidadãos.

### 3. STORM CLOUDS

O projeto internacional STORM Clouds<sup>1</sup> pretende estudar, preparar e acelerar a transição dos serviços públicos para a nuvem.

As cidades de Águeda, Valhadolid (SP) e Thessaloniki (GR) são pilotos, que para além de fornecerem aplicações que integrarão um futuro portfólio de serviços públicos, identificam e exploram métodos que podem ser utilizados pelos municípios para convergir os serviços públicos para a nuvem. As aplicações podem ser utilizadas pelas cidades piloto bem como por outras cidades que as queiram experimentar ou implementar, utilizando a documentação produzida pela equipa, que contém parceiros nas áreas do desenho e implementação da infraestrutura da nuvem, nebulização de aplicações e disponibilização dos serviços escolhidos, validação dos serviços, escalabilidade, exploração e sustentabilidade dos serviços, interoperabilidade, multilingüística e quadro metodológico.

Este projeto permite ultrapassar as limitações internas partilhando o pouco que se tem com uma comunidade também disposta a partilhar. O resultado é que cada cidade pode obter um conjunto de aplicações importantes considerando uma menor capacidade de produção individual.

Igualmente interessante é o processo de nebulização dos serviços que parte do conceito de inovação aberta, onde as partes interessadas e os utilizadores interagem nas fases de co-desenho e validação de cada serviço. É assim um processo colaborativo que responde às necessidades de quem efetivamente usa o serviço ou o vai usar.

Discussões internas sobre a alocação dos recursos ou mesmo problemas de agilidade na obtenção dos mesmos em tempo útil são anulados com a migração dos serviços para a nuvem. Todo este processo significa uma aprendizagem a vários níveis onde a transmissão de conhecimentos é um facto.

#### 3.1 Eu Participo/Have your say

No âmbito do projeto STORM Clouds, a autarquia de Águeda desenvolveu a aplicação open source “Eu participo”. É uma aplicação típica de Participação Pública sobre um contexto geográfico.

Existe uma noção de “plano” que é algo que se põe à discussão, entre duas datas. O plano pode ser muito variado. No contexto do plano em discussão, o cidadão pode participar com a sua opinião, com imagens associadas a uma localização, à qual outros podem adicionar os seus comentários. A ideia é ser uma aplicação simples do ponto de vista de utilização.

A aplicação está disponível para ser estudada, descarregada e instalada a partir da plataforma colaborativa *github*<sup>2</sup>. Por se tratar de uma aplicação disponível para utilização em qualquer outra autarquia, a aplicação é multilíngue. Tem duas componentes: um cliente que corre no *browser*, desenvolvido com tecnologia web

<sup>1</sup><http://stormclouds.eu/>

<sup>2</sup><https://github.com/jgrocha/geopublic>

(HTML, CSS, Javascript e várias bibliotecas Javascript); um servidor, escrito em Javascript (usando node.js) e recorrendo a um motor de base de dados PostgreSQL.

## 5. CONCLUSÕES

A computação na nuvem vem modificar a maneira como lidamos com o software. Vamos poder estar mais concentrados e investir mais no software. O software sendo open source pode ser partilhado, mantido e melhorado por uma comunidade maior, que garante a sua sustentabilidade.

No âmbito do projeto STORM Clouds as três cidades envolvidas já começaram o processo de passagem para a nuvem, utilizando uma solução de nuvem fornecida pela HP (o ramo europeu, sediado em Itália). Todos os municípios contribuíram com aplicações open source. Houve uma aprendizagem prática de todo este processo de transformações de aplicações desenvolvidas para resolver um problema local, numa aplicação mais genérica, utilizável por outra autarquia.

A autarquia de Águeda já contribuiu com uma aplicação, que serviu o propósito da primeira fase deste projeto. A mesma fica disponível para qualquer outra autarquia. Este é um exemplo do que a autarquia se orgulha de fazer: utilizar o mais possível software open source e, sempre que possível, contribuir também para o ecossistema quer com aplicações, quer com todo um conjunto de resultados colaterais de utilização de outros projetos open source.

Para a segunda fase, a autarquia tem em desenvolvimento uma outra aplicação que brevemente ficará disponível em open source. Nesta segunda fase as aplicações serão transformadas em serviços, disponíveis como SaaS. Para já, só o modelo de serviço IaaS tem sido explorado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Leavitt, N. (2009). Is cloud computing really ready for prime time? *Computer*, 42(1), 15–25.
- [2] Cellary, W., & Strykowski, S. (2009). E-Government Based on Cloud Computing and Service-Oriented Architecture. Proceedings of the 3rd International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance - ICEGOV '09, 5. <http://doi.org/10.1145/1693042.1693045>
- [3] Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. *Nist Special Publication*, 145, 7. Retrieved from <http://www.mendeley.com/research/the-nist-definition-about-cloud-computing/>
- [4] Michael Armbrust, Armando Fox, Rean Griffith, Anthony D. Joseph, Randy Katz, Andy Konwinski, Gunho Lee, David Patterson, Ariel Rabkin, Ion Stoica, and Matei Zaharia. 2010. A view of cloud computing. *Commun. ACM* 53, 4 (April 2010), 50–58
- [5] Cusumano, Michael. "Cloud computing and SaaS as new computing platforms." *Communications of the ACM* 53.4 (2010): 27–29.
- [6] Greengard, Samuel. "Cloud computing and developing nations." *Communications of the ACM* 53.5 (2010): 18–20.



## **CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SGRR – SISTEMA DE GESTÃO DE REDE RODOVIÁRIA PARA O MUNICÍPIO DE RIO MAIOR**

*António Pedro Rosa Simões (1), Hugo Daniel Bernardo Santos (1)*

(1) Câmara Municipal de Rio Maior; Edifício do Município, Praça da República, 2040-320 Rio Maior;  
e-mail: hugo.santos@cm-riomaior.pt; pedro.simoes@cm-riomaior.pt

### **RESUMO**

O presente artigo visa apresentar trabalho realizado no Município de Rio Maior, onde se procedeu a criação e implementação de um Sistema de Gestão da Rede Rodoviária (SGRR), a realização deste trabalho resultou de um conjunto de fatores, como a necessidade de avaliação da rede viária, as competências na gestão da rede viária municipal e as restrições financeiras das autarquias.

A concretização do SGRR, tem como objetivo principal, tornar-se num elemento técnico de apoio às decisões políticas relativamente aos investimentos a efetivar na rede viária, contribuindo assim para uma eficiente gestão dos recursos financeiros e gestão do património concretizado.

A criação do SGRR, permitiu adquirir e desenvolver um conhecimento mais profundo e uma melhor catalogação e consequente avaliação da rede viária municipal, para que em conjunto com um Sistema de Informação Geográfica (SIG), seja possível a implementação de sistema de avaliação de qualidade.

### **1. INTRODUÇÃO**

Tendo em consideração o desenvolvimento do país nos últimos 30 anos, ao nível demográfico e socioeconómico, o que resultou num aumento das necessidades de deslocações físicas, como resposta às necessidades resultantes do progresso que se observou. A democratização do recurso ao veículo privado, provocou um crescimento do número médio de viagens realizadas, bem como no papel fundamental que a rede rodoviária assumiu nas atividades económicas, originando maiores volumes de tráfego.

Refletindo sobre a atual situação económica/financeira onde também os municípios se deparam com grandes constrangimentos orçamentais relativamente à concretização dos investimentos a realizar a nível municipal. Torna necessário promover a maximização das infraestruturas existentes em detrimento de investimentos em novas infraestruturas, ou seja, promover o aumento de eficiência, em intervenções de ordem qualitativa, que visem minimizar a degradação e precariedade das infraestruturas existentes.

A materialização dessa eficiência implica o profundo conhecimento das infraestruturas existentes, das necessidades da população, dos seus fluxos diários, das entidades existentes e potenciais operadores interessados em concretizar investimento no concelho.

A implementação de um sistema de avaliação da qualidade associado à rede rodoviária, revela-se uma ferramenta fundamental no apoio à decisão, permitindo uma melhor definição do programa de conservação plurianual para a rede concelhia.

### **2. ENQUADRAMENTO E METODOLOGIA**

A metodologia aplicada, assentou em duas fases distintas, sendo a primeira fase caracterizada pelo levantamento físico das infraestruturas, realizado através de trabalho de campo, onde se procedeu à recolha de elementos relativos às características geométricas dos traçados, características dos pavimentos, elementos de drenagem e sinalização vertical e horizontal. Na fase seguinte procedeu-se à análise dos dados recolhidos e à reclassificação da rede viária municipal, bem como toda a informação aos investimentos realizados pelo Município ao longo dos últimos anos.

A tabela 1 exemplifica alguns dos dados recolhidos, relativamente ao estado de conservação do pavimento.

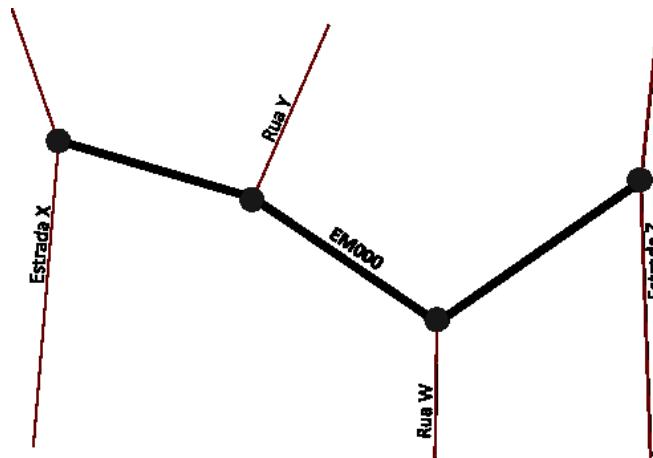
**Tabela 1 – Exemplo de dados referenciados**

Degradação	Nível	Descrição
Fendilhamento	1	Fenda isolada e fechada
Peladas	2	Anomalia com largura entre 30cm a 100cm
Covas (Ninhos)	3	Profundidade máxima da cavidade > 4cm, ou várias covas de qualquer largura na mesma secção transversal
Reparações	1	Reparações bem executadas
Rodeiras	2	Profundidade máx da rodeira entre 10mm e 30mm

Toda a informação foi recolhida com vista a sua georeferenciação, esta foi possibilitada com a implementação do *Linear Reference System* (LRS), ou seja, um sistema onde pontos e segmentos são localizados ao longo de uma linha através de medição. Desta forma foi possível identificar, demonstrar e analisar os dados recolhidos em campo, de forma dinâmica, simples e gráfica.

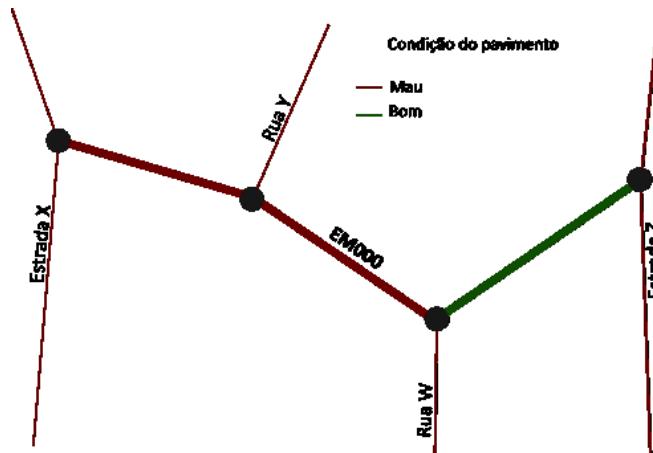
O exemplo mais comum da referenciação linear são os marcadores de quilómetros (km) ao longo das estradas geridas pelas Infraestruturas de Portugal (IP), diferindo tradicionalmente de coordenadas geográficas e sistemas de referência, ou seja, latitude e longitude, Transversal Universal de Mercator (UTM), planimétrica, entre outras.

Ao sistema de LRS, podemos ainda aplicar o processo de segmentação dinâmica, ou seja, através de software podemos dividir de uma forma simples e prática uma ou mais linhas em várias partes, sem necessidade de alterar os ficheiros da base de dados. As figuras seguintes exemplificam o funcionamento, por exemplo, a EM000 (mostrado em linha preta espessa) é representada por uma série de três segmentos com quatro cruzamentos, a EM000 começa na Estrada X e cruza a Rua Y e Rua W e antes de terminar com a Estrada Z.



**Figura 1 – Diagrama Exemplo de Aplicação de LRS**

Na figura abaixo, é exemplificado o estado/condição do pavimento, entre a Estrada X e a Estrada Z, conduto e dependente da informação existente, podemos representar dinamicamente: o número de faixas, tipo de pavimento, largura de via, existência de órgãos de drenagem, entre muitas outras características que possam ser inventariadas. Este tipo de visualização pode ser realizada *on-the-fly*, ou seja, sem a necessidade de alterações da informação da base de dados. Sendo que neste trabalho, estas relações de dados serão guardadas e mantidas na base de dados, assegurando assim também a integridade da informação recolhida e a estrutura das ligações viárias originais.



**Figura 2 – Diagrama Exemplo do Estado/condição do Pavimento**

A segmentação dinâmica também pode ser realizada, quando as ligações e os nós de redes múltiplas são sobrepostos e comparados. Este processo é necessário para responder a perguntas ou dúvidas que envolvem diferentes tipos de dados, atributo associado a mais de uma rede. Por exemplo para a EM000, com um conjunto de dados como o estado do pavimento, a largura do pavimento e o número de acidentes com veículos, podemos realizar uma consulta que usa sobreposição linear e os algoritmos de segmentação dinâmica para todos os três conjuntos de redes e atributos associados, e desta forma saber se o local onde a EM000 possuí mais que 5 acidentes no último ano coincide com a uma zona de mau estado do pavimento e de faixa de rodamagem mais estreita.

Semelhante à sobreposição dos elementos lineares, a segmentação dinâmica também pode ser realizada por sobreposição de áreas a linhas e sobreposição de pontos a linhas, podendo assim relacionar as linhas de uma rede viária a qualquer evento ou fenômeno que se sobreponha a esse rede, como acidentes rodoviários, estado do pavimento, reparações, sinais, pontes, iluminação, áreas com instabilidade de vertentes, entre outros.

### 3. MODELO DE DADOS E SOFTWARE

Para que, a informação cartográfica e temática existente, pudesse ser importada para um ambiente SIG foi necessário, conforme referido, proceder à sua preparação, como por exemplo, reorganização da informação por níveis nos ficheiros do tipo CAD (Computer-aided design) fornecidos. Para facilitar o manuseamento da informação cartográfica foi necessário criar um só ficheiro apenas com os níveis de informação para o estudo em causa. Relativamente à definição do sistema de georeferenciação espacial, mantiveram-se os parâmetros cartográficos do sistema de referência da cartografia da Câmara Municipal de Rio Maior (CMRM).

A definição da base de dados (BD) foi estabelecida tendo como objetivo, o de englobar a informação de suporte às análises e consequentes mapas temáticos necessários às várias fases do estudo. A base de dados envolveu assim um conjunto de tabelas, relações entre as diversas tabelas, assim como de vários *trigger's* específicos para o funcionamento do SGRR.. A estrutura do modelo é expansível a mais dados, consoante as necessidades futuras da classificação da rede viária.

A base de dados escolhida para albergar o SGRR, foi o *PostGIS*, sendo um software de código aberto, disponível gratuitamente, que permite adicionar à base de dados PostgreSQL, dados geográficos e torná-la numa base de dados espacial compatível com as normas *Open Geospatial Consortium* (OGC). Em poucas palavras ele adiciona funções espaciais, como distância, área, união, intersecção bem como tipos de geometria para a base de dados.

O carregamento dos dados para a BD, exigiu uma ferramenta de ETL (*Extract Transform and Load* – Extração, Transformação e Carregamento). Neste tipo de ferramentas os dados podem ser carregados para

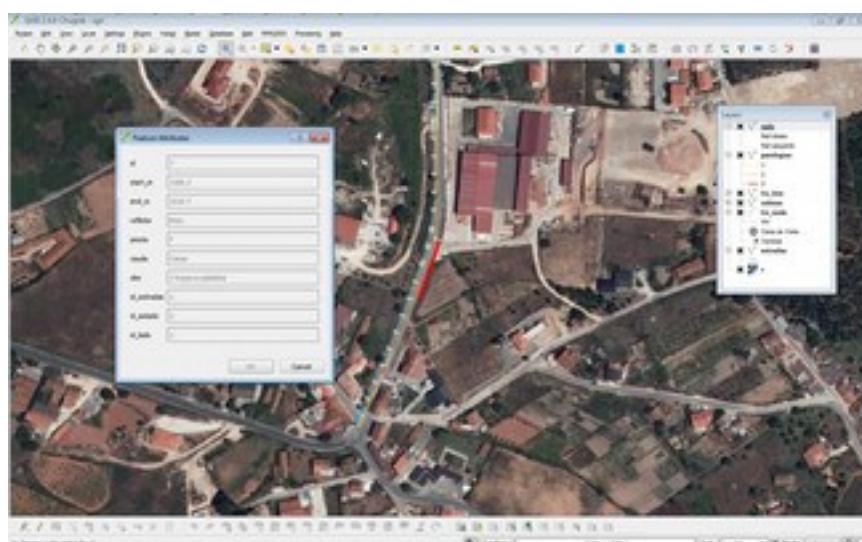
um ficheiro ou BD. A ferramenta de ETL escolhida, foi o *Geokettle*, esta é dedicada à integração de diferentes fontes de dados espaciais para a construção e atualização de *data warehouses* geoespaciais. O *GeoKettle* permite assim a extração de dados de várias fontes, a transformação destes, a correção eventuais erros, de ações “limpeza”, ou até à alteração da estrutura de dados, de modo, a torná-los compatíveis com os padrões definidos e carregar os dados transformados, para um sistema de destino, neste caso a base de dados espacial criada.

Neste projeto o *Geokettle* assume uma importância redobrada, permitindo de uma forma simples e eficaz realizar “tarefas” em lote, dos ficheiros em formato de folha de cálculo, preparados pelos serviços técnicos e carregados de forma automática e normalizada para o modelo de dados, bem como as “tarefas” de manutenção da base de dados e dos processos de LRS e de segmentação dinâmica.

O *QGIS*, funcionou no projeto como o *frontend* para os dados na BD do SGRR, software aberto de SIG licenciado sob a GNU (*General Public License*), o *QGIS* é um projecto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (*OSGeo*), que funciona em vários sistemas operativos, como suporte para inúmeros tipos de ficheiros vectoriais, raster e de base de dados, permitindo aos utilizadores a visualização e manipulação dos dados do SGRR, bem como a composição de *layouts* para impressão, de um forma simples e intuitiva.



**Figura 5 – Visualização Dos Dados Recolhidos do SGRR**



**Figura 6 – Visualização Dos Dados Recolhidos do SGRR**

### 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Ao longo da implementação do projeto, conseguimos enumerar diversas vantagens e desvantagens:

#### Vantagens:

- Trata-se de um sistema *low-cost*, ou seja, sem custos adicionais para o município, quer em termos de equipamento e/ou software;
- Permite organizar a rede viária, de uma maneira funcional, com objetivos claros e precisos;
- Permite categorizar a rede face às suas anomalias/patologias;
- A inventariação da rede, é realizada com recurso a ferramentas simples, odômetro e fita métrica;
- A implementação do sistema não necessita de um ajuste das metodologias de trabalho;
- O SGRR foi idealizado para se adaptar às necessidades dos serviços, ou seja, não necessita de um avançado conhecimento de SIG e/ou base de dados, já que a base de trabalho são folhas de cálculo e um visualizador de dados SIG;
- A base de dados do SGRR, possui um desenho simples e facilmente escalável;
- O SGRR permite-nos possuir dados, devidamente normalizados, facilidade na gestão dos mesmos e na sua atualização;
- Permite de um forma simples visualizar qualitativamente o estado da rede viária municipal;
- Permite optimizar as características das vias face às funções que desempenham;
- Permite inventariar não só as anomalias/patologias da rede viária, bem como as obras de arte e outros elementos nas vias de comunicação ou contíguos a estas, por exemplo as valetas e o seu estado de conservação;
- A idealização do SGRR e o desafio na sua implementação permitiu-nos adquirir novos conhecimentos, tanto da rede viária, como de SIG, de base de dados e *data warehouse*, conhecimentos estes que poderão ser replicados para outras áreas de intervenção municipal que não a rede viária.

#### Desvantagens

- O processo de inventariação é moroso, cansativo e necessita de duas pessoas para ser produtivo;
- A inventariação das patologias, apesar do esforço de uniformização, poderá ser subjetiva;
- A informação base da cartografia 1:10000 poderá influenciar a referência linear dos dados erradamente;

### 4. CONCLUSÕES

Com a aplicação deste projeto, SGRR – Sistema de Gestão da Rede Rodoviária, verifica-se que este possibilitará a realização de uma parametrização e classificação da rede viária do município, em relação à qualidade de circulação, permitindo igualmente a obtenção de dados e simultaneamente uma melhor visualização dos mesmos, resultando assim numa ferramenta essencial para o apoio à decisão, no que respeita a manutenção e beneficiação da rede viária sob a jurisdição do município e consequentemente priorizar o investimento municipal.

O projeto potencia uma boa gestão da rede viária, já que permite a consciencialização e sensibilização dos responsáveis, na definição de estratégias e planeamento com incidência na rede viária.

No final da realização do inventário das Estradas Municipais, será implementado na Base de Dados do SGRR, o cálculo dinâmico do Índice de Regularidade Longitudinal (IRL), que servirá como base de comparação qualitativa entre as várias estradas, independentemente das suas características ou hierarquia, em tudo semelhante aos sistemas utilizados da IP e/ou dos municípios de Lisboa ou Coimbra.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Seco, Álvaro Jorge da Maia, e outros (Dez 2008), “Princípios Básicos de Organização de Redes Viárias”, CCDRN;  
Da Costa, José Luis Cardoso (2008), “O Planeamento das Redes Viárias Municipais – Uma Abordagem Metodológica” – Dissertação de Mestrado, Vila Real;

- Instituto de Estradas de Portugal (2003), “Documentação Relativa a Hierarquização Viária”, Almada;
- Seco, Álvaro Jorge da Maia, e outros (2001), “Princípios Básicos de Organização de Redes Viárias- Textos Didácticos”, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra;
- REGULAMENTO GERAL DAS ESTRADAS E CAMINHOS MUNICIPAIS – Lei nº2110 de 19 de Agosto de 1961;
- Gabinete Gestão da Rede (2008) – Estradas de Portugal S.A., “Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários – Volume 1: Projecto de Reabilitação”, Lisboa, EP;
- Gabinete Gestão da Rede (2008) – Estradas de Portugal S.A., “Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários – Volume 2: Gestão da Conservação”, Lisboa, EP;
- Curtin, K.M. (2007) “Network analysis in geographic information science: Review, assessment, and projections”, Cartography and Geographic Information Systems, 34(2), 103-111.
- T.M. Adams et al., Guidelines for the Implementation of Multimodal Transportation Location Referencing Systems (link is external), NCHRP Report 460, Transportation Research Board, 2001.
- CML e ESTG (2004), “ I Revisão do Plano Director Municipal de Leiria – Organização da Rede Viária do Concelho de Leiria”, Leiria, CML;
- Site: <http://www.estradasdeportugal.pt/>;
- Site: <http://postgis.net/docs/reference.html>;
- Site: <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/lrs.html>

## INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM NAS COMUNIDADES DE PASSERIFORMES NO CENTRO DE PORTUGAL

Luís Quinta-Nova (1), José Tomé (2), Suzete Cabaceira (1), Paulo Fernandez (1),  
Natália Roque (1)

Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, Quinta da Senhora de Mércoles,  
Apartado 119, 6001-909 Castelo Branco; e-mail: lnova@ipcb.pt; suzete@ipcb.pt; palex@ipcb.pt;  
nroque@ipcb.pt

(1) Escola Secundária Amato Lusitano; Avenida Pedro Álvares Cabral, 6000-085 Castelo Branco;  
e-mail: josetome@aeamatolusitano.edu.pt

### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo identificar a relação existente entre as comunidades de passeriformes que nidificam na região Centro de Portugal e a composição e estrutura da paisagem desse território. Procurou-se, igualmente, verificar a importância da rugosidade do terreno na distribuição destas comunidades. Identificaram-se um conjunto de indicadores espaciais (métricas da paisagem e variáveis morfométricas) que, no seu conjunto, caracterizam a estrutura da paisagem, bem como as tipologias fisionómicas de habitat passíveis de determinar a distribuição das comunidades de passeriformes nidificantes. A informação referente ao uso e ocupação do solo foi processada no programa QGIS, com recurso ao plugin LecoS. Os dados produzidos, juntamente com a informação referente à presença/ausência das espécies de aves, foram posteriormente submetidos a uma análise estatística multivariada com o intuito de correlacionar a ocorrência das espécies com a estrutura da paisagem e topografia. O desenvolvimento deste trabalho permitiu verificar que, embora seja possível obter resultados para as métricas da paisagem por classes de uso, existem no entanto limitações na obtenção de valores referentes às métricas para a matriz de uso na sua totalidade.

### 1. INTRODUÇÃO

No âmbito da Ecologia da Paisagem estudam-se as interações existentes entre os padrões espaciais e os processos ecológicos, através da quantificação da heterogeneidade espacial, permitindo, por exemplo, entender as mudanças na distribuição das espécies [1]. Nesse sentido os padrões da paisagem podem ser caracterizados pela aplicação de métricas da paisagem [2] [3] [4], que permitem entender como o mosaico de uso condiciona as comunidades e a dinâmica do ecossistema.

A fragmentação, a degradação e a perda de habitats foram identificados como as razões fundamentais para a redução da biodiversidade [5]. As aves, por serem um grupo de vertebrados considerados como importantes indicadores de biodiversidade [6] têm sido alvo de vários estudos que tentam relacionar a sua riqueza e diversidade com a heterogeneidade da paisagem [7] [8] [9] [10] [11]. Em alguns destes estudos constatou-se que a riqueza avifaunística está positivamente relacionada com a heterogeneidade da paisagem [7] [8].

A necessidade de realização de estudos quantitativos e o seu desenvolvimento em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), complementados com métodos de estatística multivariada, são fundamentais para aprofundar o conhecimento das relações entre os padrões de uso na região Centro de Portugal e a composição das comunidades avifaunísticas. Neste sentido procurou-se definir *clusters* correspondentes a tipologias estruturais de uso, com base em métricas da paisagem, variáveis morfométricas e no mosaico dominante, determinantes para a composição e distribuição das comunidades de passeriformes.

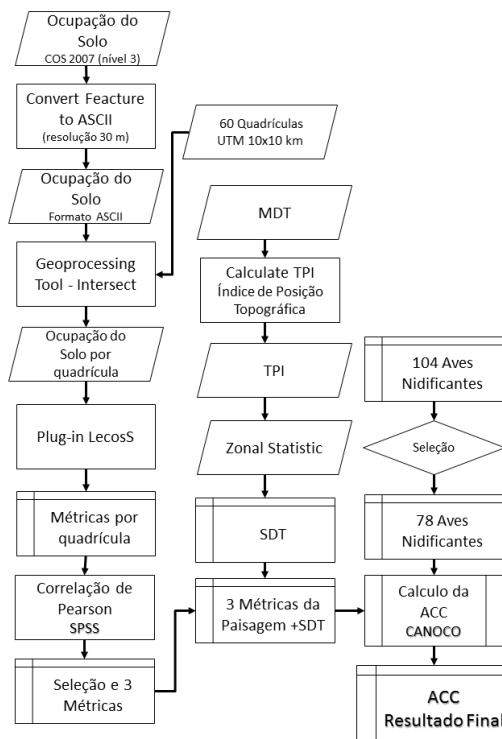
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada informação cartográfica referente ao Atlas das Aves Nidificantes em Portugal [12], adquirida ao Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF), com informação sobre a distribuição das espécies de aves nidificantes para o território da região Centro. Para a análise estatística foi selecionada uma amostra aleatória de 60 quadrículas de 10x10 km.

Procedeu-se, igualmente, à delimitação e classificação das manchas, de acordo com a nomenclatura da Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 - COS 2007 [13]. Este tema serviu de base ao cálculo das métricas da paisagem, obtidas com recurso ao plugin LecoS para QGIS.

Para realizar uma seleção das métricas espaciais calculadas, de modo a reduzir o número de variáveis e também para reduzir a colinearidade entre elas, adotou-se o procedimento referido em [8] e executou-se uma Matriz de Correlação de Pearson [14] com recurso ao SPSS 17.0.1, obtendo-se o índice de diversidade de Shannon, o número de manchas, a área artificializada e o Índice de Posição Topográfica (TPI).

De modo a definir tipologias fisionómicas de habitat foi realizada uma análise classificativa hierárquica de clusters. Foi adoptado o método aglomerativo UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages*), modo Q (agrupamento de amostras) e aplicado o coeficiente de Pearson para calcular as relações de similaridade com base nas métricas e medida de rugosidade.



**Figura 1 - Fluxograma de execução em QGIS**

De modo a relacionar a distribuição das espécies de passeriformes nidificantes com as diferentes varáveis independentes referentes às métricas da paisagem, índice de rugosidade do terreno e tipologias fisionómicas de uso, foi realizada uma Análise Canónica de Correspondências (ACC), pelo método de análise por gradiente direto e com a aplicação do teste de permutação de Monte Carlo, com recurso ao programa CANOCO for Windows 4.53.

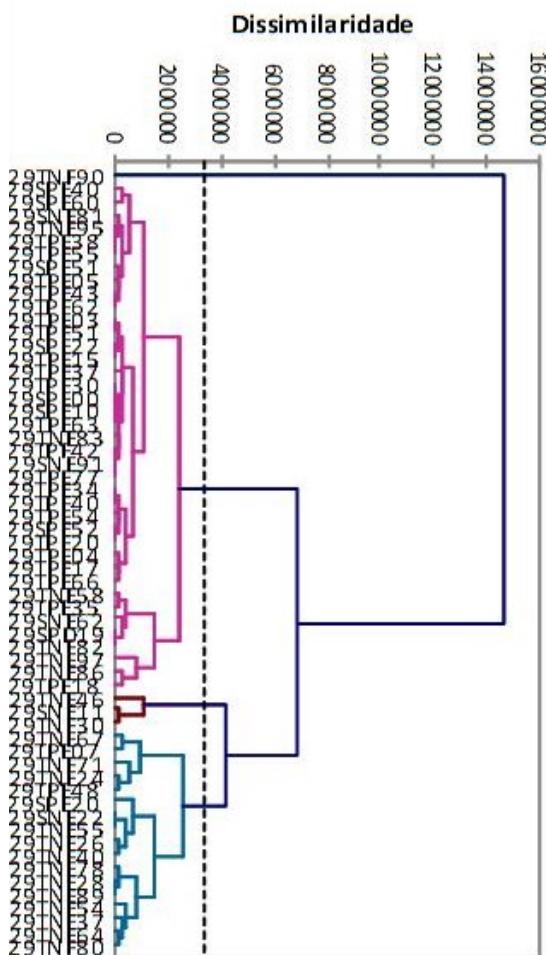
## 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Na tabela 1 apresenta-se a estatística descritiva referente aos valores obtidos para as variáveis independentes selecionadas.

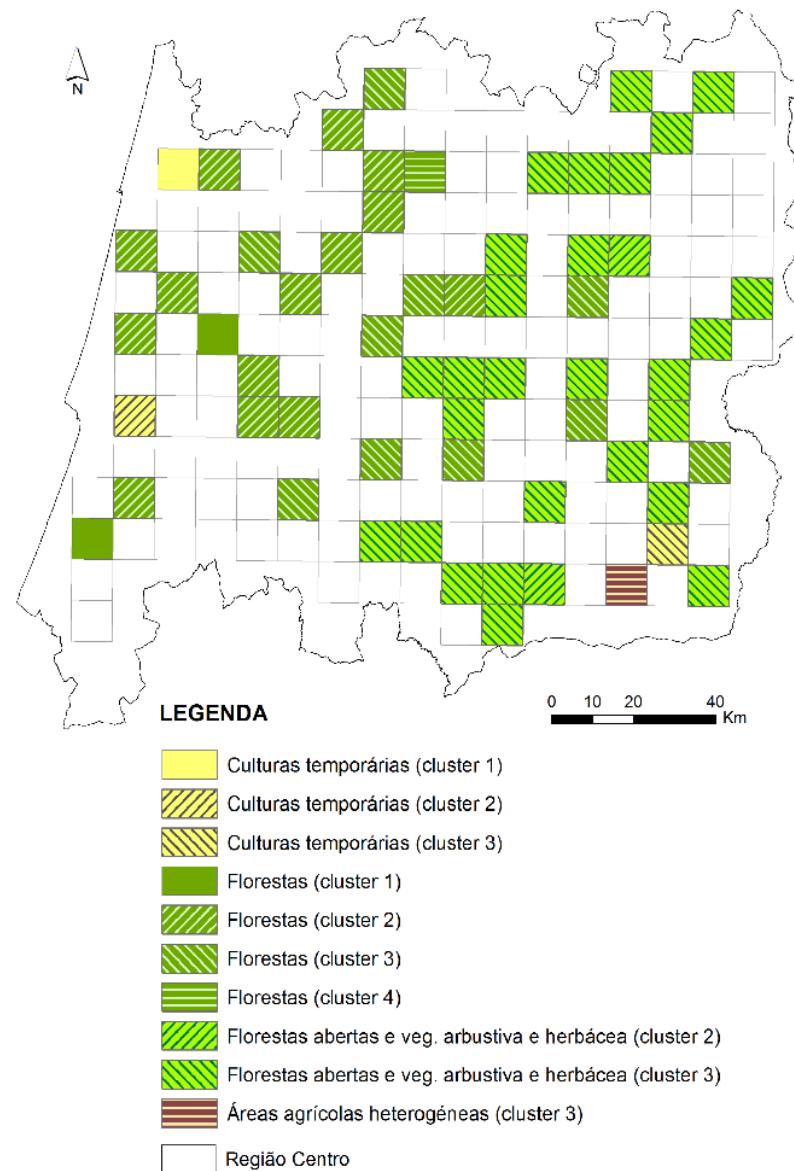
**Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis independentes**

	Índice de diversidade de Shannon	TPI	Número de manchas	Áreas artificializadas ( $m^2$ )
Valor máximo	2,620	0,070	1807	18657000
Valor mínimo	1,160	-0,060	338	6300
Média	2,109	0,000	1130	4265389
Mediana	2,175	0,000	1185	2248200
Desvio Padrão	0,306	0,021	381	4021154

Da análise do dendrograma correspondente à análise classificativa hierárquica de *clusters* obtida a partir dos dados apresentados na tabela 1 foi possível estabelecer uma separação em três agrupamentos (fig. 2). Aos *clusters* resultantes de variáveis estruturais da paisagem foram associadas as categorias de uso dominante, gerando tipologias fisionómicas de uso (fig. 3).

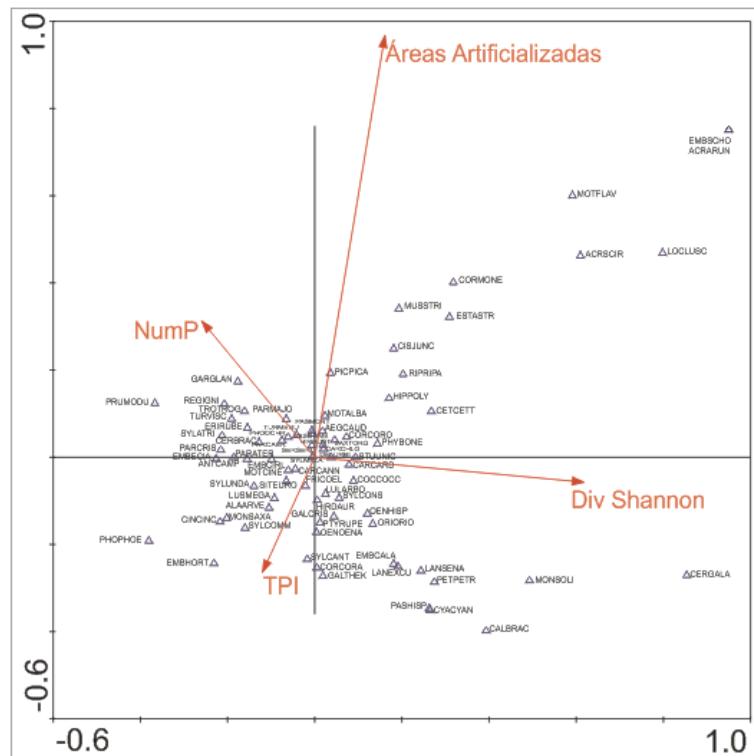

**Figura 2 - Análise aglomerativa (modo Q, UPGMA) dos valores de dissimilaridade (índice de Pearson)**

Na ACC efetuou-se a ordenação direta das comunidades de passeriformes organizadas numa matriz de ocorrência de nidificação face a uma matriz com cinco variáveis independentes, tendo-se obtido ordenação *biplot* que se apresenta na fig. 4.



**Figura 3 - Tipologias fisionómicas de uso**

Os dois primeiros eixos representam 63,6% da variância total. A quantidade de variação total que conseguimos explicar com este grupo de cinco variáveis, através do valor obtido no somatório dos valores próprios canónicos, é de 0,388, e que corresponde a 14,7%.



**Figura 4 - Ordenação Biplot do 1.º e 2.º eixo da ACC dos passeriformes face às variáveis ambientais. Eixo 1 (Valor Próprio): 0,136. Eixo 2 (Valor Próprio): 0,111. As métricas estão representadas por linhas e os seus acrónimos e as espécies por triângulos e respetivos acrónimos.**

**Tabela 2 - Sumário da Ordenação CCA com Seleção Passo-a-passo das variáveis**

Eixos	1	2	3	4	Inércia Total
Valores-próprios:	0,136	0,111	0,065	0,053	2,633
Correlações espécies-ambiente	0,827	0,774	0,720	0,751	
% cumulativa da variância explicada:					
das espécies	5,1	9,4	11,8	13,9	
da relação espécies ambiente	34,9	63,6	80,4	94,1	
Soma dos valores-próprios livres					2,633
Soma dos valores-próprios canónicos					0,388

Como se pode verificar pela análise do diagrama existem correlações entre as diferentes métricas e a ecologia da avifauna [15], designadamente entre as áreas artificializadas e as espécies como *Pica pica* e *Motacilla alba*, que está em conformidade com o seu padrão comportamental. Também se observou uma afinidade assinalável entre a métrica de rugosidade - TPI – positivamente com *Sylvia communis* e *Fringilla coelebs*, e negativamente com *Sylvia cantilans*. Como seria expectável, a diversidade de manchas de uso (NumP) favorece a presença de espécies como *Garrulus glandarius*, *Parus major* e *Turdus merula*.

#### 4. CONCLUSÕES

A utilização combinada das métricas da paisagem e de rugosidade revelam-se determinantes para o estudo da distribuição dos passeriformes nidificantes.

Complementarmente, a utilização da análise estatística multivariada, designadamente a análise classificativa hierárquica de *clusters* e a Análise Canónica de Correspondências, permitiu, por um lado agregar as métricas em *clusters*, definindo tipologias fisionómicas de uso. E, por outro lado, ordenar as espécies de passeriformes face às variáveis independentes.

Relativamente ao software não proprietário QGIS, permitiu atingir os objetivos definidos para este trabalho, no entanto há a destacar o facto do *plug-in* LecoS não permitir a obtenção de métricas ao nível da matriz de uso, embora o permita ao nível das classes, o que limitou o leque de opções em termos de métricas de paisagem.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do programa POCTEP. Projeto “Observatório Territorial e Ambiental Alentejo-Extremadura-Centro” (0345 OTALEX\_C\_4\_E).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Turner, M., 2005. Landscape Ecology: What is the state of the science? *Annual Reviews of Ecology Evolution, and Systematics*, 36, 319-344.
- [2] McGarigal, K.; Marks, B., 1995. FRAGSTATS: Spatial Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA Forest Service - General Technical Report PNW-GTR-351. USDA Forest Service, Washington DC.
- [3] Fernandes, J.P.; Neves, N.; Guiomar, N., 2002. Análise espacial na avaliação da qualidade e funcionalidade ecológica da paisagem. O caso do projecto LIFE-Setúbal. Livro de atas do Congresso ESIG 2002.
- [4] Batista, T., 2014. Modelação geográfica em processos de caracterização e avaliação da paisagem numa perspetiva transfronteiriça. Dissertação de doutoramento. Universidade de Évora, 264 pp.
- [5] Roy, P.; Tomar, S., 2000. Biodiversity characterization at landscape level using geospatial modeling technique. *Biological Conservation*, 95, 95-109.
- [6] BirdLife International, 2004. Birds in the European Union: a status assessment. Wageningen, Netherlands: BirdLife International.
- [7] Atauri, J.; Lucio, J., 2001. The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology*, 16, 147-159.
- [8] Santos, K.; Pino, J.; Rodà, F.; Guirado, M.; Ribas, J., 2008. Beyond the reserves: The role of non-protected rural areas for avifauna conservation in the area of Barcelona (NE of Spain). *Landscape and Urban Planning*, 84, 140-168.
- [9] Reino, L.; Beja, P.; Osborne, P.; Morgado, R.; Fabião, A.; Rotenberry, J., 2009. Distance to edges, edge contrast and landscape fragmentation: interactions affecting farmland birds around forest plantations. *Biological Conservation*, 142, 824-838.
- [10] Reino, L.; Porto, M.; Morgado, R.; Moreira, F.; Fabião, A.; Santana, J.; Delgado, A.; Gordinho, L.; Beja, P., 2010. Effects of changed grazing regimes and habitat fragmentation on Mediterranean grassland birds. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138, 27-34.
- [11] Dallimer, M.; Marini, L.; Skinner, A.; Hanley, N.; Armsworth, P.; Gaston, K., 2010. Agricultural land-use in the surrounding landscape affects moorland bird diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139, 578-583.
- [12] Equipa Atlas, 2008. Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (1999-2005). Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Parque Natural da Madeira e Secretaria Regional do Ambiente e do Mar, Assírio & Alvim, Lisboa.

- [13] Instituto Geográfico Português, 2010. Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS2007) [online]. Instituto Geográfico Português. Disponível em: [http://www.dgterritorio.pt/cartografia\\_e\\_geodesia/cartografia/cos/cos\\_2007/](http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/cos/cos_2007/).
- [14] Maroco, J., 2003. Análise Estatística - Com Utilização do SPSS. 2.<sup>a</sup> Edição, Edições Sílabo, Lisboa.
- [15] Catry, P., Costa, H., Elias, G., Matias, R., 2010. Aves de Portugal. Ornitologia do território continental. Assírio & Alvim, Lisboa.



## VINHOS QUE PENSAM - PLATAFORMA TECNOLÓGICA

José Duarte (1ab), Filipe Vieira (1ab), Carlos Viegas Damásio (2), José Silva (3ab)

- (1) Departamento de Informática, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal, Tel: (+351) 266745300, Fax: (+351) e-mail: jduarte@uevora.pt, sv.filipe@gmail.com
- (2) Departamento de Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e NOVA Laboratory for Computer Science and Informatics (NOVA LINCS) Quinta da Torre 2829-516 Caparica, Portugal. e-mail: cd@fct.unl.pt
- (3) Departamento de Engenharia Rural, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora. P. O. BOX. 94, 7002 – 554 Évora, Portugal, Tel: (+351) 266760823, Fax: (+351) 266711189. e-mail: jmsilva@uevora.pt
  - (a) ICAAM, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, (b) CITI, Centro de Inovação em Tecnologias de Informação, Évora, Portugal

### RESUMO

A utilização de sensores multiespectrais na agricultura tem despertado muito interesse pelo facto de que, a partir destes, se poder estimar variáveis biofísicas da vegetação, tais como o vigor, a forma, a área, a condição, etc..

Este artigo detalha uma plataforma webSIG, onde cada empresário agrícola pode consultar informação detalhada das suas parcelas. Relatórios gerados de forma automática, onde os dados são apresentados de uma forma organizada e simples, permitem apoiar a tomada de decisão e facilitar a definição de estratégias de tratamento diferenciado das parcelas e respetivas culturas.

Ao longo dos estudos realizados decidiu-se que a plataforma deveria assentar em quatro diretrizes bem definidas: acessibilidade, interoperabilidade, manutenção e flexibilidade.

A arquitetura da plataforma é constituída por cinco camadas de abstração. Cada uma é responsável por criar abstrações de alto nível com o intuito de esconder os detalhes de implementação das camadas inferiores.

O acesso fácil aos dados atuais, bem como ao histórico de cada parcela são identificados, pelos empresários vitivinícolas, como uma importante mais-valia no apoio à tomada de decisão. Facilitando assim a gestão de elementos como, a nutrição das plantas, rega, qualidade da uva e doença e pragas.

Antevê-se que o futuro da plataforma passe por dar a oportunidade ao consumidor de consultar alguns destes dados. Crê-se que esta informação possa influir na escolha dos consumidores mais exigentes.

### 1. INTRODUÇÃO

O projeto *Vinhos que pensam* nasceu de um aperto de mão entre a equipa de Agricultura de Precisão da Universidade de Évora e a Fundação Eugénio de Almeida, nasceu sem financiamento próprio mas com uma visão muito clara de criar valor social na área da vitivinicultura Alentejana. Passados seis anos, julgamos que o conhecimento produzido é relevante para a atividade e gestão vitivinícola Alentejana, no entanto, novas perguntas surgem todos os anos motivando a continuação e evolução deste projeto, ao qual, outras entidades e vontades se vão agora também associando.

A utilização de sensores multiespectrais na agricultura tem despertado muito interesse pelo facto de que a partir destes se poderá estimar variáveis biofísicas da vegetação, tais como o vigor, a forma, a área, a condição, etc.. Dobrowski [1] a partir de fotografias aéreas multiespectrais de videira mostrou que havia uma relação entre a densidade do copado e o Índice de Vegetação Perpendicular (PVI) ou o Índice de Vegetação Razão (RVI). Johnson [2], utilizando imagens IKONOS de alta resolução, também conseguiu relacionar em videiras, o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) com o Índice de Área Foliar (LAI) e, assim, foi

capaz de acompanhar o crescimento da planta e temporalmente a necessidades de água das mesmas. Outros estudos mostraram também grande potencial na caracterização do copado da videira, tentando descrever pela refletância o copado, a produção e consequentemente, as zonas homogéneas de tratamento de forma a otimizar a gestão [2-9].

Dados de sensores transportados por via aérea são normalmente limitados pelas condições meteorológicas, pelo tempo de revisita, pela resolução espacial e pela dinâmica das sombras na entrelinha da vinha, como tal, exigem passos adicionais ao nível do processamento das imagens para que se possa produzir mapas realistas das assinaturas espectrais das plantas. Devido a estas dificuldades, e de acordo com Bausch e Delgado [10], os sensores próximos terrestres são uma tecnologia emergente projetada para superar muitas das limitações associadas aos sensores transportados por satélite ou avião.

Sensores próximos terrestres também se podem dividir em passivos (os que normalmente usam a luz ambiente, neste caso do Sol) e os ativos (os que usam uma fonte de luz própria, normalmente modulada). Stamatiadis [11] comparou o potencial dos sensores ativos e passivos na previsão de produção de biomassa numa variedade de vinha Merlot e concluiu que ambos os sensores podem ser usados para melhorar as práticas de gestão diferenciada das vinhas. No entanto, os sensores passivos necessitam de ser calibrados com frequência, a fim de superar os problemas da cobertura de nuvens, da hora do dia, do nível de radiação e da limitação imposta pelas sombras das videiras. Os sensores ativos não necessitam de calibração frequente e podem funcionar igualmente bem em todas as condições de luz (inclusivamente de noite). Stamatiadis [11], também discutiu o facto de que os sensores passivos próximos são mais sensíveis ao efeito de saturação do índice de vegetação NDVI, não distinguindo diferenças no copado para níveis elevados de biomassa, resultando numa relação quadrática entre o índice de vegetação NDVI e a biomassa da videira. Com os sensores ativos esta relação é mais do tipo linear, devido ao facto de estes sensores não tenderem para a saturação em níveis elevados de biomassa.

Em virtude dos sensores multiespectrais ativos próximos poderem determinar a variabilidade do vigor vegetativo ao longo da campanha, ultrapassando as limitações apresentadas anteriormente, os objetivos do projeto que aqui se apresenta de seguida passaram: i) por durante três campanhas, estudar a variabilidade espacial e temporal do vigor da vegetação de uma vinha de 80 ha, com um sensor multiespectral ativo; ii) face aos resultados anteriores delimitar zonas de gestão para a mesma; e iii) desenvolver uma plataforma tecnológica que pudesse suportar toda a informação gerada, bem como, relatórios e informação relevante que pudesse ajudar o empresário agrícola na sua tomada de decisão.

Será no entanto sobre este último objetivo que este artigo se debruçará, ou seja, a criação de uma plataforma de simples utilização, onde cada empresário possa consultar informação detalhada dos seus terrenos, nomeadamente relatórios automáticos onde os dados são apresentados de uma forma organizada e simples por forma a apoiar a tomada de decisão e facilitar a definição de estratégias de tratamento diferenciado das parcelas. Definiu-se ainda que a plataforma deveria assentar em quatro diretrizes bem definidas: acessibilidade, interoperabilidade, manutenção e flexibilidade.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Decisões e conceções

A informação deveria ser simples, inteligível e de fácil acesso, optou-se pela criação de uma plataforma webSIG [12].

No projeto associado ao desenvolvimento desta plataforma o Sistema de Informação Geográfica (SIG) desempenha um papel importante. Grande parte da investigação, análise e processamento são realizados com o auxílio desse tipo de ferramentas. A comunicação entre as plataformas SIG e webSIG/Servidor tinha que estar acautelada.

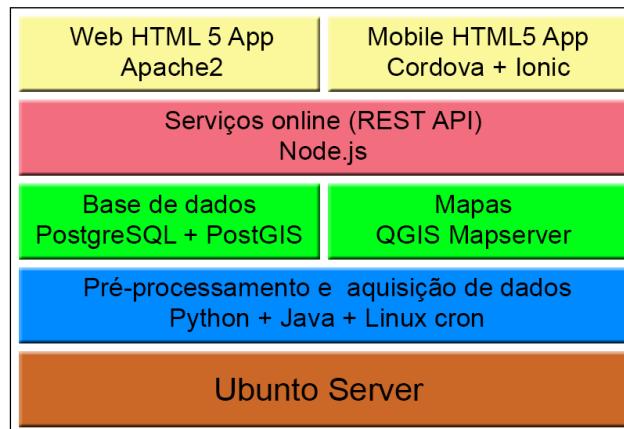
Manutenção e custos são sempre uma prioridade em qualquer projeto. Foi realizado um estudo sobre qual seria a melhor plataforma para suportar o sistema. Optou-se pelo *Ubuntu Server* por se ter revelado uma alternativa flexível, com repositórios atualizados e uma comunidade bastante ativa

Pretendia-se um sistema flexível. A capacidade de personalização e de automatização dos processos era um imperativo do projeto. A liberdade de experimentação na manipulação dos dados, assim como na

amostragem eram de extrema relevância. Pretendia-se ainda deixar em aberto a possibilidade da plataforma ser estendida a dispositivos móveis. Optou-se então pela utilização de tecnologias de código aberto.

## 2.2 Arquitetura

A arquitetura da plataforma é constituída por diversas camadas de abstração (Figura 1). Cada uma destas camadas é responsável por criar abstrações de alto nível tendo como objetivo esconder os detalhes de implementação das camadas inferiores.



**Figura 1 - Arquitetura da plataforma**

A primeira camada da plataforma, e assim mais perto da máquina, é o Ubuntu Server.

A segunda camada é responsável por automatizar tarefas de processamento. Estas tarefas são funções auxiliares desenvolvidas em Java e Python que podem ser executadas manualmente, quando necessário, ou periodicamente com a ajuda da função *cron* do linux. Esta camada é responsável por funções como, fazer cópias de segurança, processar dados, inserir dados na base de dados e criar ficheiros adicionais para outros serviços.

Na terceira camada encontra-se a base de dados relacional geográfica e o servidor de mapas. O sistema de gestão de base de dados (SGBD) escolhido foi o PostgreSQL com a extensão PostGIS. Trata-se de um SGBD bastante estável e de alta performance e esta extensão dota-o de várias ferramentas para pesquisa, manipulação e análise de dados geográficos. Escolheu--se o QGIS MapServer como servidor de mapas. É muito completo, disponibiliza serviços de *Web Map Service* de forma simples, e possui funções como, publicação de imagens em mosaico (*tilessets*), geração simplificada de legendas, entre outras. Os dados guardados são do tipo vetorial ajustados a uma grelha de pontos de forma a minimizar o volume de dados.

Diversos serviços são disponibilizados na quarta camada. Estes serviços estão disponíveis publicamente a partir de uma interface REST [14] em NodeJS. Entre os serviços fornecidos destacam-se: Entrar, Sair, Lista processos, Obter informações de projetos, Mapas, etc... Estes serviços estão condicionados à autenticação prévia do utilizador. Esta camada é a responsável por toda a lógica e segurança da plataforma.

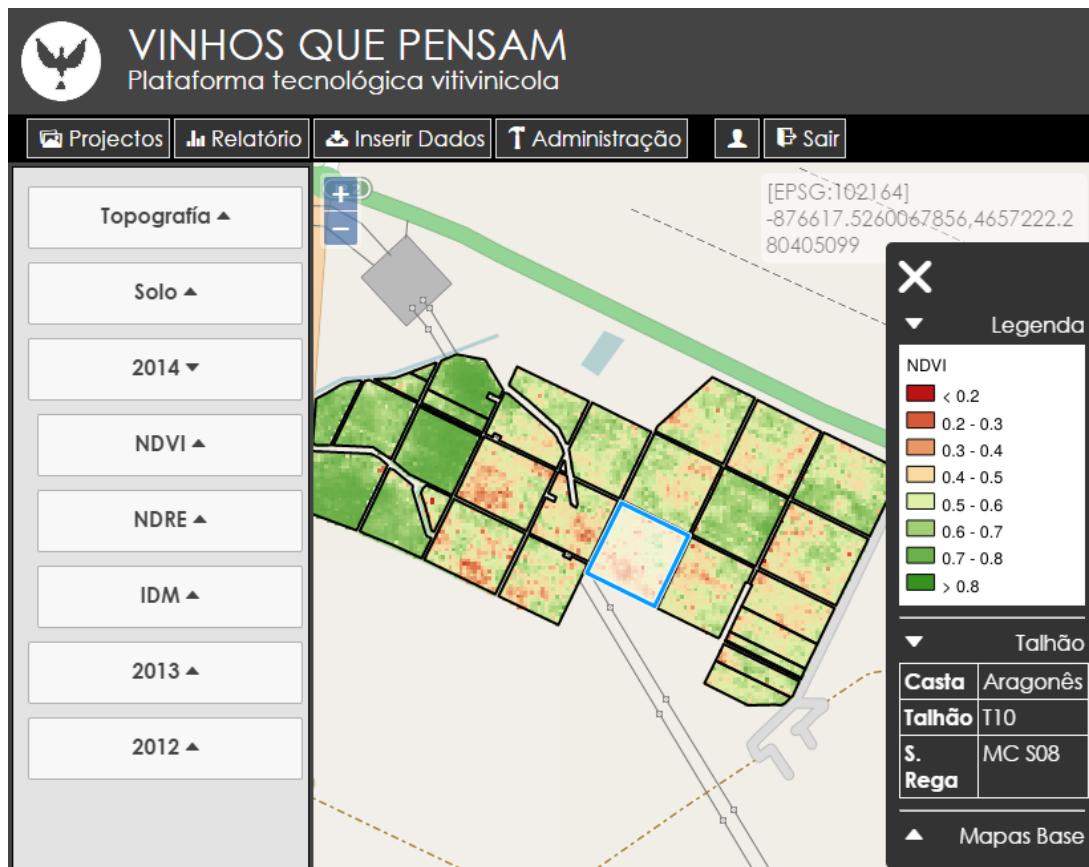
A última camada é a que se encontra mais perto do utilizador. Trata-se de uma interface gráfica (HTML5) que permite ao utilizador interagir com o sistema. Existem dois interfaces um para a web e outro para dispositivos móveis. O primeiro é servido por Apache2, o segundo por Cordova - Ionic.

## 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A plataforma integra, neste momento, três anos de dados de treze projetos diferentes. Estão disponíveis dados topográficos, como hipsometria, declive, orientação de encostas e dados do solo, como condutividade elétrica, concentrações de K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, valores de PH, que se mantêm relativamente constantes ao longo do tempo (Figura 2). Existem ainda dados que variam com o tempo, dados como NDVI, NDRE ou IDM são registados com regularidade, por exemplo semanalmente.

O processamento deste grande volume de informação é algo complexo. Na inserção, e devido à quantidade e diversidade de dados existentes, era necessário que o sistema fosse ágil e aceitasse dados em diversos formatos. Estes dados não seguiam um padrão de nomes ou formatos (Excel, geoTIFF, texto simples, vettorial, raster, etc...). A solução encontrada foi, sempre que são inseridos dados, estes passam por um pré-processamento. O objetivo passa por uniformizar nomes, estruturas de pastas e formatos dos ficheiros. Este pré-processamento automatizado permite ainda minimizar o erro humano, por exemplo, na definição de nomes dos ficheiros ou na estrutura de pastas.

Problemas na manutenção de sistemas de informação são sempre muito potenciados com o escalar do volume dos dados. Todo o sistema foi pensado e desenhado de forma a ser flexível e não necessitar de reprocessar todos os dados existentes sempre que se procede a uma atualização conceitual ou estrutural do sistema.



**Figura 2 - Interface de consulta de um dado terreno**

Por último, era necessário garantir uma boa experiência de utilização da plataforma. A visualização dos dados tinha que ser fluída e com tempos de resposta aceitáveis. Foi necessário implementar várias otimizações e pré-processamentos ao nível das bases de dados de forma a garantir rapidez na apresentação de resultados. Tendo como exemplo os relatórios, são gerados em espaços de tempo na ordem dos milissegundos.

#### 4. CONCLUSÕES

Da percepção que fomos obtendo ao longo das várias apresentações realizadas, no âmbito da plataforma tecnológica *Vinhos que Pensam*, demo-nos conta que os empresários a valorizavam pelos seguintes aspectos: i) pelo acesso imediato aos dados em ambientes multiplataforma; ii) pelo apoio que pode dar à tomada de decisão (gestão da nutrição das plantas, rega, risco de doenças e pragas e qualidade da uva); e iii) pelo histórico que não se perde e que facilmente se pode aceder.

A possibilidade de utilizar os dados da plataforma não só pelos aspectos técnicos, mas também, pelos aspectos comerciais é uma aposta para o futuro. Um identificador (pe. *QR code*) no rótulo da garrafa poderia direcionar o consumidor para uma área da plataforma onde lhe fosse apresentada informações do presente vinho. Dados sobre os diferentes talhões de onde provém, talhões esses com diferentes características de vegetação, de solos, de orientação de encostas, etc.. Acreditamos que desta forma se possa fidelizar o consumidor exigente e quem sabe no futuro, influenciar os seus pedidos de vinho a la carte, função das características das vinhas/talhões que os produzem.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Ciências e Tecnologia (PEst-C/AGR/UI0115/2011 e EXCL/AGR-TEC/0336/2012) e pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do COMPETE - Programa Operacional Temático Factores de Competitividade (POFC).

Foi cofinanciado por: i) QREN - PRODER 43106 e PRODER 57151; ii) INALENTEJO - ALENTE-07-0224-FEDER-00172; iii) RITECA - POCTEP 2007-2013.

Este trabalho teve o apoio da "Fundação Eugénio de Almeida". Uma palavra de apreço a todos os técnicos pelo apoio e cooperação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Dobrowski, S. Z., Ustin, S. L., Wolpert, J. A. (2002) Remote estimation of vine canopy density in vertically shoot-positioned vineyards: determining optimal vegetation indices. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8(2):117–125.
- [2] Johnson, L.F., Roczen, D.E., Youkhana, S.K., Nemani, R.R., Bosch, D.F. (2003) Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. *Computers and Electronics in Agriculture* 38:33-44.
- [4] Johnson, L. F., Bosch, D. F., Williams, D. C., Lobitz, B. M. (2001) Remote sensing of vineyard management zones: Implications for wine quality. *Applied Engineering in Agriculture*, 17(4):557–560.
- [3] Montero, F. J., Meliá, J., Brasa, A., Segarra, D., Cuesta, A., Lanjeri, S. (1999) Assessment of vine development according to available water resources by using remote sensing in La Mancha, Spain. *Agricultural Water Management*, 40:363– 375.
- [5] Hall, A., Lamb, D. W., Holzapfel, B., Louis, J. (2002) Optical remote sensing applications in viticulture-A review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8(1):36–47.
- [6] Hall, A., Louis, J., Lamb, D. (2003) Characterising and mapping vineyard canopy using high-spatial-resolution aerial multispectral images. *Computers and Geosciences*, 29:813– 822.
- [7] Dobrowski, S. Z., Ustin, S. L., Wolpert, J. A. (2003) Grapevine dormant pruning weight prediction using remotely sensed data. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 9:177–182.
- [8] Johnson, L. F. (2003) Temporal stability of an NDVI–LAI relationship in a Napa Valley vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 9(2):96– 101.
- [9] Pedroso, M., Taylor, J., Tisseyre, B., Charnomordic, B., Guillaume, S. (2010) Segmentation algorithm for the delineation of agricultural management zones. *Computers and Electronics in Agriculture* 70:199–208.
- [10] Bausch, W. C., Delgado, J. A. (2003) Ground-based sensing of plant nitrogen status in irrigated corn to improve nitrogen management. In T. VanToai et al. (Eds.), *Digital imaging and spectral techniques: Applications to precision agriculture and crop physiology* (pp. 145–157). ASA Special Publication 66. Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA.
- [11] Stamatiadis, S., Taskos, D., Tsadila, E., Christofides, C., Tsadilas, C., Schepers, J. S. (2010) Comparison of passive and active canopy sensors for the estimation of vine biomass production. *Precision Agriculture*, 11:306-315.
- [12] Bonnici, A. (2005). WebGIS Software Comparision Framework. Geomatics Dpt., Sir Sandford Fleming College.
- [13] Masse, M. (2011). REST API design rulebook. O'Reilly Media, Inc, USA.



## **APLICAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA EPANET INTEGRADO COM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA. ESTUDO DE CASO: SUB-BLOCO DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DA COVA DA BEIRA.**

*Luísa Vaz (1), Paulo Fernandez (1), Francisco Frazão (1)*

(1) Instituto Politécnico de Castelo Branco. Escola Superior Agrária; Quinta Sr.<sup>a</sup> de Mércules Apartado 119 6000-909 Castelo Branco; e-mail: luisa\_vaz@hotmail.com; palex@ipcb.pt; frazao@ipcb.pt

### **RESUMO**

O aumento da área de agricultura de regadio tem conduzido a novas preocupações, por parte das entidades gestoras, nomeadamente no que toca à gestão eficiente da água. Nesse sentido, estas entidades recorrem a modelos de simulação hidráulica para a tomada de decisão. A utilização destes modelos beneficia da sua integração em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), aumentando as potencialidades e funcionalidades da análise efetuada pelo modelo.

Neste trabalho pretendeu-se integrar o modelo de simulação hidráulica EPANET no SIG QGIS para a simulação hidráulica de um sub-bloco de regadio do Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira. Foram realizadas análises em dois cenários distintos, com consumos fixos e com regulação hidráulica nos hidrantes. No cenário com consumos fixos realizou-se a análise de alguns parâmetros hidráulicos, através da apresentação de mapas temáticos de fácil interpretação. No cenário com regulação hidráulica fez-se uma análise mais detalhada da simulação hidráulica dos componentes das bocas de rega, verificando-se, para o exemplo exposto, que o sistema funciona sem limitações de pressão nem de caudal.

A simulação hidráulica de um sistema de distribuição de água integrada num SIG constitui uma ferramenta muito útil para quem tem responsabilidade no domínio da gestão da água.

### **1. INTRODUÇÃO**

Um dos fatores limitantes para a agricultura em Portugal é a fraca disponibilidade de água. A disponibilidade hídrica caracteriza-se por uma distribuição pluviométrica desajustada, coincidindo a estação seca com o período de maiores temperaturas e maior desenvolvimento vegetativo das culturas.

Esta situação só pode ser ultrapassada ou minimizada, através da regularização dos caudais necessários para satisfazer as necessidades hídricas das culturas, na qual o regadio tem um papel crucial. Contudo, as disponibilidades hídricas para o regadio são limitadas, e torna-se essencial controlar e gerir as aplicações do recurso natural água, durante a condução das culturas. Face a esta situação, é necessário um melhor e mais eficaz planeamento da gestão da água para a agricultura.

Neste sentido, estão bem vincadas as necessidades de introdução de formas de inovação tecnológica orientadas para a organização, estruturação, gestão e controlo dos Aproveitamentos Hidroagrícolas, facilitando a tomada de decisões.

As necessidades específicas da agricultura têm vindo a exigir a utilização de meios que envolvem os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que as entidades gestoras, começam a utilizar. Com efeito, estas baseiam a tomada de decisão e o planeamento nestas ferramentas devido à sua rapidez, facilidade de visualização, fiabilidade e precisão [1].

Aos técnicos destas entidades gestoras são colocados desafios que vão evoluindo para uma procura de maior racionalidade da água. A modelação de sistemas de abastecimento de água, inicialmente utilizado apenas por investigadores, tem acompanhado a progressiva organização dos serviços especializados no sentido da procura de uma maior eficiência.

A utilização dos modelos de simulação hidráulica potencia melhorias na qualidade geral da informação disponível sobre os sistemas, no conhecimento da infraestrutura e na articulação dos diversos sectores técnicos da entidade gestora [2].

### 1.1 Modelos de simulação hidráulica

Um sistema de distribuição de água sob pressão é uma infraestrutura geralmente enterrada, em que apenas alguns dos componentes estão à superfície e aos quais é possível realizar inspeções para a deteção e verificação de falhas. Para colmatar os gastos associados à deteção das falhas, as entidades gestoras recorrem a modelos de simulação hidráulica.

Os modelos de simulação de um sistema de distribuição de água podem ser utilizados em fase de projeto ou em pleno funcionamento. Estes são instrumentos que permitem analisar e prever o comportamento hidráulico e os parâmetros da qualidade da água, partindo da informação das características dos componentes do sistema, da sua forma e dos consumos solicitados, com margem de erro estimável [2].

São diversos os programas informáticos que permitem a modelação de sistemas de distribuição de água que estão disponíveis. A generalidade dos programas são semelhantes em termos de cálculo dos principais parâmetros hidráulicos e de qualidade da água e estão adequados às necessidades dos utilizadores. As principais diferenças destes modelos estão nalguns acessórios de cálculo, na interface gráfica e nas capacidades de pré e pós-processamento dos dados de entrada e resultados.

A capacidade de ligação automatizada a um SIG permitindo utilizar a informação geográfica existente e a georreferenciação da rede, assim como o reflexo das atualizações no modelo, evitando assim duplicar a informação é um dos aspetos mais importantes na escolha do modelo a utilizar na modelação.

Um dos programas que reflete de forma eficaz os aspetos a ter em conta na seleção do modelo é o EPANET desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency* que foi adaptado para português pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) [2].

### 1.2 Objectivo

Este trabalho foi desenvolvido com o objectivo de realizar a simulação hidráulica da distribuição de água numa rede ramificada de rega sob pressão através da integração do modelo EPANET no QGIS.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caraterização do Sub-bloco C.4.2 do AHCB

O Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira (AHCB) está localizado na parte setentrional da Beira Baixa, numa zona depressionária entre a Serra da Estrela, a Serra da Gardunha e a Serra da Malcata com altitudes entre os 400 e os 500 m. O sistema hidrográfico desta depressão é composto pelo Rio Zêzere e os seus principais afluentes.

O AHCB tem vários fins, destinando-se a beneficiar 12360 ha através de rega em pressão, assegurar o abastecimento público de água a 80000 habitantes e a produção de energia hidroelétrica para 6000 pessoas [3]. É constituído por duas infraestruturas de armazenamento, as barragens da Meimoa e do Sabugal, pela rede de rega primária, o Canal Condutor Geral com a extensão de cerca de 55 km e diversos reservatórios de compensação, e pela rede de rega secundária, constituída por redes ramificadas de distribuição de água independentes, cada uma delas com origem no canal condutor geral e organizadas em sub-blocos e blocos.

O sub-bloco C.4.2 beneficia as freguesias da Benquerença, Escarigo e Salgueiro. A rede de distribuição de água deste sub-bloco tem origem no canal do Escarigo, ramificação do canal condutor geral, situada à cota 536 m e tem na sua constituição 50 hidrantes com uma, duas ou três bocas de rega, 76 troços de conduta, completando 13654 metros de comprimento, 26 derivações e 87 bocas de rega, beneficiando uma área de 381 ha [4]. O valor de dimensionamento das necessidades de água no mês de ponta na tomada de água do perímetro de rega é de 1887 m<sup>3</sup>/ha [5].

A informação geográfica e alfanumérica necessária para a simulação hidráulica foi retirada da aplicação GestRegaSIG desenvolvida para a gestão do AHCB, tendo sido selecionados os dados essenciais para a

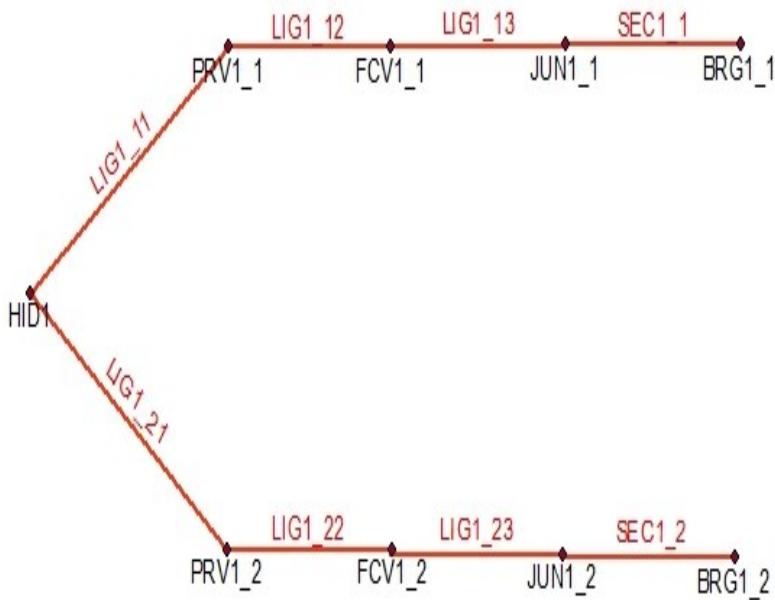
simulação como os dados dos hidrantes, dos troços de conduta, das derivações e da origem da água. Esta informação foi separada por camadas, cuja tabela de atributos contém a informação necessária para realizar a simulação hidráulica.

O GHydraulics [6] é um módulo do QGIS programado em linguagem Python, que permite a simulação hidráulica de uma rede de distribuição de água utilizando o EPANET. Também contém uma função de cálculo do diâmetro económico das condutas para um determinado caudal e permite escrever ficheiros EPANET do tipo .INP.

## 2.2 Metodologia

A simulação hidráulica foi realizada no QGIS com recurso ao módulo GHydraulics que permite a aplicação do modelo de simulação hidráulica EPANET em ambiente SIG.

Foram realizadas duas simulações distintas para o sub-bloco C.4.2. O cenário 1 com consumo fixo nos hidrantes e o cenário 2 com regulação hidráulica nos hidrantes. No cenário 1 os hidrantes são representados por pontos, em que o caudal de saída da rede é definido pela soma dos caudais nas várias bocas de rega, e no cenário 2 os hidrantes são representados com todas as suas bocas de rega e cada uma destas constituída pelos elementos, válvula redutora de pressão (PRV), válvula reguladora de caudal (FCV), válvula de seccionamento (SEC) e secção de saída (BRG) conforme é ilustrado na figura 1.



**Figura 1 – Representação gráfica do hidrante com duas bocas de rega**

Para ambos os cenários, partindo da rede desenhada no QGIS, com camadas para cada componente da rede como condutas, nós e reservatório e para cada componente dos hidrantes (cenário 2) como válvulas e secção de saída, configura-se o GHydraulics associando cada camada a cada um dos componentes físicos necessários para a simulação hidráulica, junções, tubagens, reservatórios de nível fixo, válvulas e reservatórios de nível variável. Depois de configurada a rede, aplica-se o modelo EPANET para a modelação. Neste momento é necessário editar as tabelas de atributos das diferentes camadas de forma a inserir todos os valores necessários nas colunas criadas automaticamente pelo GHydraulics. Finalmente, faz-se correr o modelo, em ambiente SIG, sendo apresentado um relatório do resultado. Os resultados da modelação são apresentados, nas tabelas de atributos das diferentes camadas, em novas colunas criadas automaticamente pelo GHydraulics.

### 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

#### 3.1 Cenário 1 – Consumo fixo nos hidrantes

Após a concretização da simulação hidráulica do sub-bloco C.4.2. no QGIS, é possível realizar uma análise detalhada dos resultados, em ambiente SIG, aproveitando todas as suas potencialidades. Interessa nesta análise verificar os parâmetros pressão, caudal, velocidade média e perda de carga.

Apresentam-se os resultados, da simulação, relativamente à pressão nos hidrantes e ao caudal nos troços de conduta.

##### 3.1.1 Pressão

No sub-bloco C.4.2, a rede de distribuição de água foi dimensionada para garantir uma pressão mínima, nas bocas de rega, de 35 m.c.a. De forma a verificar o cumprimento da pressão exigida, foi efetuada a análise da pressão nos hidrantes, em vários intervalos de valores, que variam entre o valor mínimo e máximo observados. No mapa das pressões (Figura 2) estão identificados, com cores diferentes, os hidrantes cuja pressão se encontra nos intervalos de valores definidos para a análise.

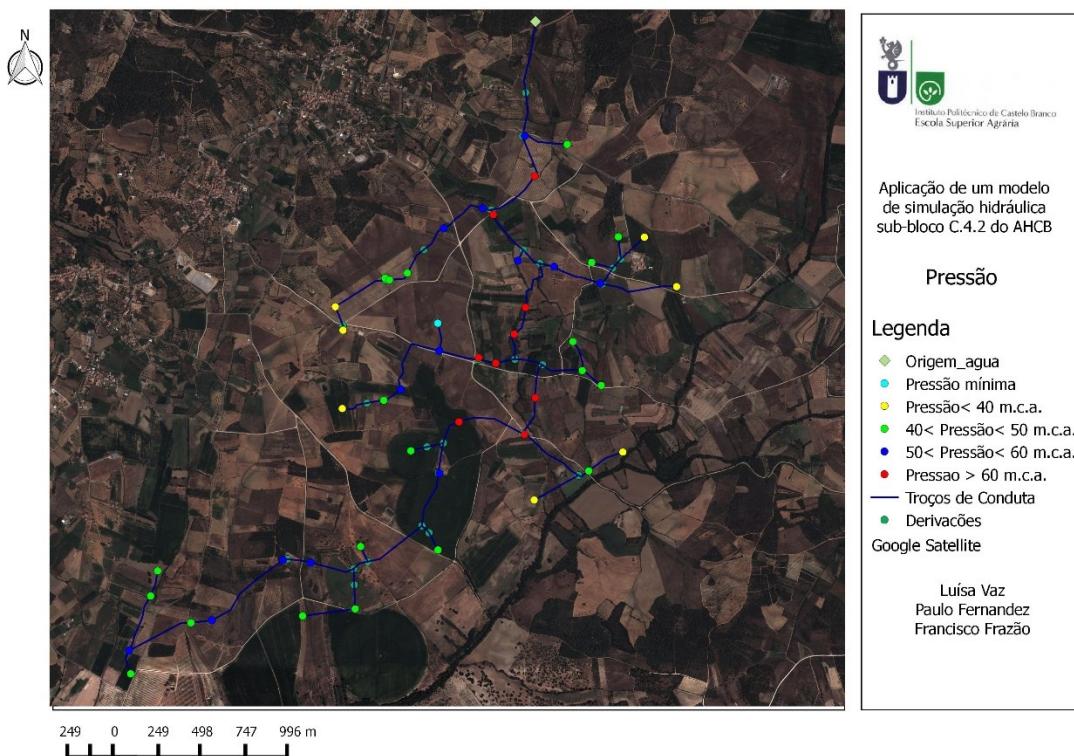
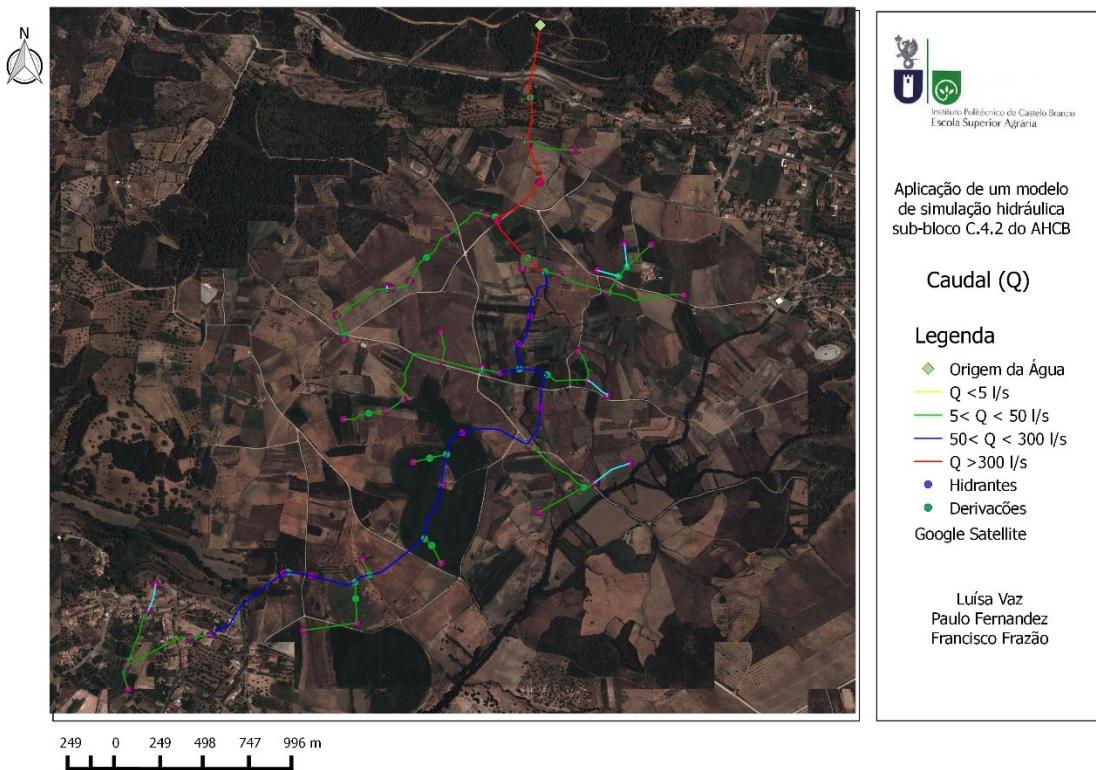


Figura 2 – Mapa das pressões nos hidrantes

##### 3.1.2 Caudal

No dimensionamento da rede de distribuição de água do sub-bloco C.4.2, os consumos de água foram definidos segundo as exigências definidas para cada parcela de rega. Numa análise semelhante à da pressão, é possível verificar o caudal nos troços de conduta e identificá-los segundo os valores do caudal, como é apresentado na Figura 3.



**Figura 3 – Mapa do caudal nos troços de conduta**

Da análise do mapa dos caudais, verifica-se, como acontece numa rede ramificada, que os troços de conduta com maior caudal são os de ligação ao canal do Escarigo (origem da água) e os de menor caudal são os das extremidades da rede.

### 3.2 Cenário 2 – Regulação hidráulica nos hidrantes

Realizou-se a simulação hidráulica da rede, com regulação nas bocas de rega, definindo nas válvulas redutoras de pressão (PRV) e nas válvulas reguladoras de caudal (FCV) a pressão (P) mínima a garantir e o caudal (Q) máximo a debitar, com todas a bocas de rega abertas. Na secção de saída da boca de rega considerou-se o artifício de um reservatório de nível variável (BRG) de grandes dimensões, por forma a permitir simular diferentes necessidades de pressão da rede terciária de rega (sistema de rega do agricultor). Verifica-se que a rede funciona em pleno e não existem falhas em caudal e pressão. Com a integração do EPANET no SIG este estudo executa-se de forma simples e rápida, uma vez que os dados são apresentados numa tabela de atributos editável e de fácil leitura e análise. Os resultados desta análise para hidrantes com uma, duas e três bocas de rega são apresentados na tabela 1.

Como o dimensionamento da rede não apresenta limitações face às exigências de caudal e pressão, a válvula PRV limita a pressão do hidrante a 35 m.c.a (valor máximo permitido). Este valor é verificado pela perda de carga singular que a válvula PRV provoca ( $\Delta H_s$ ), sendo dado pela diferença entre o valor da pressão no hidrante e o valor fixado de 35 m.c.a. que chega à válvula FCV. Nesta válvula o caudal é limitado ao valor máximo para ela definido, e verifica-se que a pressão decresce ligeiramente em resultado de perdas de carga. Finalmente na secção de saída verifica-se o mesmo caudal de passagem anterior e a pressão definida para o sistema de rega, que neste exemplo foi de 34,5 m.c.a.

**Tabela 1 – Resultados da simulação com regulação hidráulica nos hidrantes**

Hidrante		Válvula PRV		Válvula FCV		Seção Saída sob pressão	
ID	P (m.c.a.)	ID	$\Delta H_s$ (m)	Q (l / s)	P (m.c.a.)	Q (l / s)	P (m.c.a.)
155	43,7	BRG 155_1	8,7	3	34,99	3	34,5
173	39,3	BRG 173_1	4,3	2	35,00	2	34,5
		BRG 173_2	4,3	6	34,98	6	34,5
192	53,0	BRG 192_1	18	2	35,00	2	34,5
		BRG 192_2	18	3	34,99	3	34,5
		BRG 192_3	18	7,5	34,96	7,5	34,5

#### 4. CONCLUSÕES

A gestão da água é um tema atual e de extrema importância, existindo um esforço em encontrar ferramentas que auxiliem a gestão da água para serem utilizadas pelas entidades gestoras dos Aproveitamentos Hidroagrícolas. Os modelos de simulação hidráulica e o SIG são exemplos dessas ferramentas, permitindo efetuar o dimensionamento de um sistema de distribuição de água de forma eficiente, projetar alterações às redes existentes e corrigir possíveis erros.

A integração do EPANET no QGIS tem a vantagem de simplificar a simulação hidráulica de um sistema de distribuição de água, permitindo aplicar o EPANET na rede georreferenciada, facilitando a análise dos resultados, permitindo introduzir os dados de entrada do modelo nas tabelas de atributos de forma célere e simples e permitindo a visualização dos resultados em mapas temáticos.

O exercício de simulação hidráulica apresentado reflete a aplicação a uma rede de distribuição de água ramificada que corresponde às situações usuais em perímetros de rega. A aplicação a redes malhadas realça as potencialidades destes modelos.

Contudo, a integração do EPANET no QGIS apresentou algumas limitações que não permitem a realização da simulação hidráulica em todas as condições permitidas no EPANET, nomeadamente a escolha das unidades de cálculo dos diferentes parâmetros hidráulicos, a escolha da fórmula de cálculo das perdas de carga e a simulação de dispositivos emissores (agulhetas). Porém, estas limitações não condicionam de forma impeditiva a simulação hidráulica.

Portanto, demonstrou-se que a modelação desenvolvida possibilita a gestão hidráulica de redes de distribuição de água sob pressão e pode ser facilmente implementada, podendo assim, este tipo de aplicações constituir uma ferramenta muito útil para quem tem responsabilidades neste domínio científico.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Perdigão A. (2003) SIG na gestão da água para a Agricultura. Finisterra, XXXVIII, 76: 121-131.
- [2] Coelho S., Loureiro D., Alegre H. (2006) Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água. Instituto Regulador de Água e Resíduos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.
- [3] Santos, A. e Matos, M. (2007) Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira. Processos construtivos do Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa e Canal Condutor Geral da Cova da Beira. II Congresso Nacional de Rega e Drenagem. Fundão.
- [4] Fernandez, P. et al. (2005) Concepção de um SIG para a gestão do Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira – Fase I – Relatório Técnico I. Instituto Politécnico de Castelo Branco. Escola Superior Agrária.
- [5] Mota, A. e Santos, A. (2011). Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira. Eficiência como garantia de futuro. Engenharia dos Aproveitamentos Hidroagrícolas: actualidade e desafios futuros. APRH - Jornadas Técnicas. Lisboa.
- [6] Macke, S. (2014) GHydraulics - Hydraulic analysis of water supply networks (using EPANET). Acessível em <http://epanet.de/ghydraulics/>.

## O SISTEMA DE INDICADORES OTALEX C - SIO: LABORATÓRIO DE IDEIAS NA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA OPEN SOURCE À INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS

Maria Teresa Fôlgoa Batista (1), Cristina Isabel Constantino Carrizo (1),  
Marcos Soriano Covarsi (2), Carmen Caballero (2)

(1) Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central; R. 24 de Julho, 1. 7000-673 Évora, Portugal;  
e-mail: tbatista@cimac.pt; cristina.carrizo@cimac.pt

(2) Gobierno de Extremadura; Av. de las Comunidades, s/n, 06800 Mérida, Espanha; e-mail:  
marcos.soriano@gisvesa.com; carmen.caballeroc@gobex.es

### RESUMO

O sistema de indicadores OTALEX C (SIO) é uma das componentes da Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) OTALEX C ([www.ideotalex.eu](http://www.ideotalex.eu)). Foi criado a partir da conceção de um sistema de indicadores, territoriais, ambientais, sociais e económicos para as regiões do Alentejo, Extremadura e Centro, permite a caracterização e monitorização do desenvolvimento destas regiões transfronteiriças, e encontra-se incorporado na IDE-OTALEX ([www.ideotalex.eu](http://www.ideotalex.eu)), integrando algumas funcionalidades não muito usuais nas IDE's, tais como a componente temporal, com visualização de alterações ao longo do tempo, a criação de relatórios por área geográfica e espaço temporal, a filosofia do *open data*, entre outros.

A sua complexidade e dinâmica oferecem um laboratório experimental das ideias e filosofia *open source/open data*.

### 1. INTRODUÇÃO

Desde o ano de 2004, em que se iniciou o projeto transfronteiriço GEOALEX (Modelo Geográfico e Ambiental Alentejo Extremadura) [2], que um grupo de investigadores e técnicos de entidades de ambos os lados da fronteira hispano-lusa, tem vindo a trabalhar na criação de um sistema de indicadores comuns entre as regiões Alentejo, Extremadura e, mais recentemente, Centro de Portugal. No âmbito do atual projeto, Observatório Territorial e Ambiental Alentejo Extremadura e Centro - OTALEX C, o resultado dos trabalhos de indicadores com a compatibilização de informação geográfica foi incorporado sob a forma de mapas temáticos na infraestrutura de dados espaciais OTALEX C ([www.ideotalex.eu](http://www.ideotalex.eu)). O Sistema de Indicadores OTALEX C (SIO) tem como objetivo a integração de indicadores acrescentando-lhe valor através de ferramentas de exploração e gestão dos mesmos. Este é um sistema determinado por indicadores de diversas origens e tipologias, que lhe servem de base, e da IDE-OTALEX, que possui as ferramentas necessárias ao seu armazenamento, gestão exploração e difusão. Como mais-valia, oferece ao utilizador um conjunto de gráficos estatísticos e mapas temáticos que, apresentados sobre a cartografia, complementam as capacidades da plataforma existente.

O SIO tem como objetivos:

- O suporte à tomada de decisões, uma vez que se baseia em informação oficial, compilada e compatibilizada em ambos os lados da fronteira;
- O armazenamento de dados e informação temporal dos indicadores, seguindo um modelo de *Data warehouse*;
- Contribuir para uma melhor compreensão da realidade territorial, ambiental e socioeconómica contínua entre as três regiões transfronteiriças (Alentejo, Centro e Extremadura);

- Permitir a exploração dos indicadores através da utilização de gráficos evolutivos, da análise espacial temporal, e de geração de relatórios;
- Permitir a integração de novos indicadores, a sua edição, a integração de novos valores em indicadores já existentes ou de novas áreas geográficas [2].
- Ser a base de observação das alterações no território.

O SIO está acessível a partir da página de entrada do portal da IDE-OTALEX (figura 1) ([www.ideotalex.eu](http://www.ideotalex.eu)).



**Figura 1 – Página de entrada no SIO (IDE-OTALEX)**

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O SIO é atualmente constituído por duas partes claramente diferenciadas. A Área de Administração, que contem as ferramentas que permitem o carregamento e manutenção da informação, e a Área de Exploração, composta por um visualizador de dados geográficos e ferramentas de exploração dos indicadores.

As ferramentas utilizadas na implementação do SIO são as descritas abaixo:

- Apache Tomcat, como servidor de aplicações web;
- GeoKettle: aplicação orientada à gestão de metadados ETL (*Extract, Transform and Load*) para extração, transformação e carregamento de dados de diferentes origens para a construção e atualização de bases de dados espaciais;
- GeoMondrian: aplicação OLAP (*On-line Analytical Processing*) para análise de forma interativa de grandes quantidades de dados, que permite consultar os dados com diferentes níveis de agregação, através de tabelas e/ou gráficos (ver ponto 3.2);
- Geoserver: aplicação para criação de serviços web de informação geográfica;
- PostgreSQL (PostGis): base de dados com funções geoespaciais.

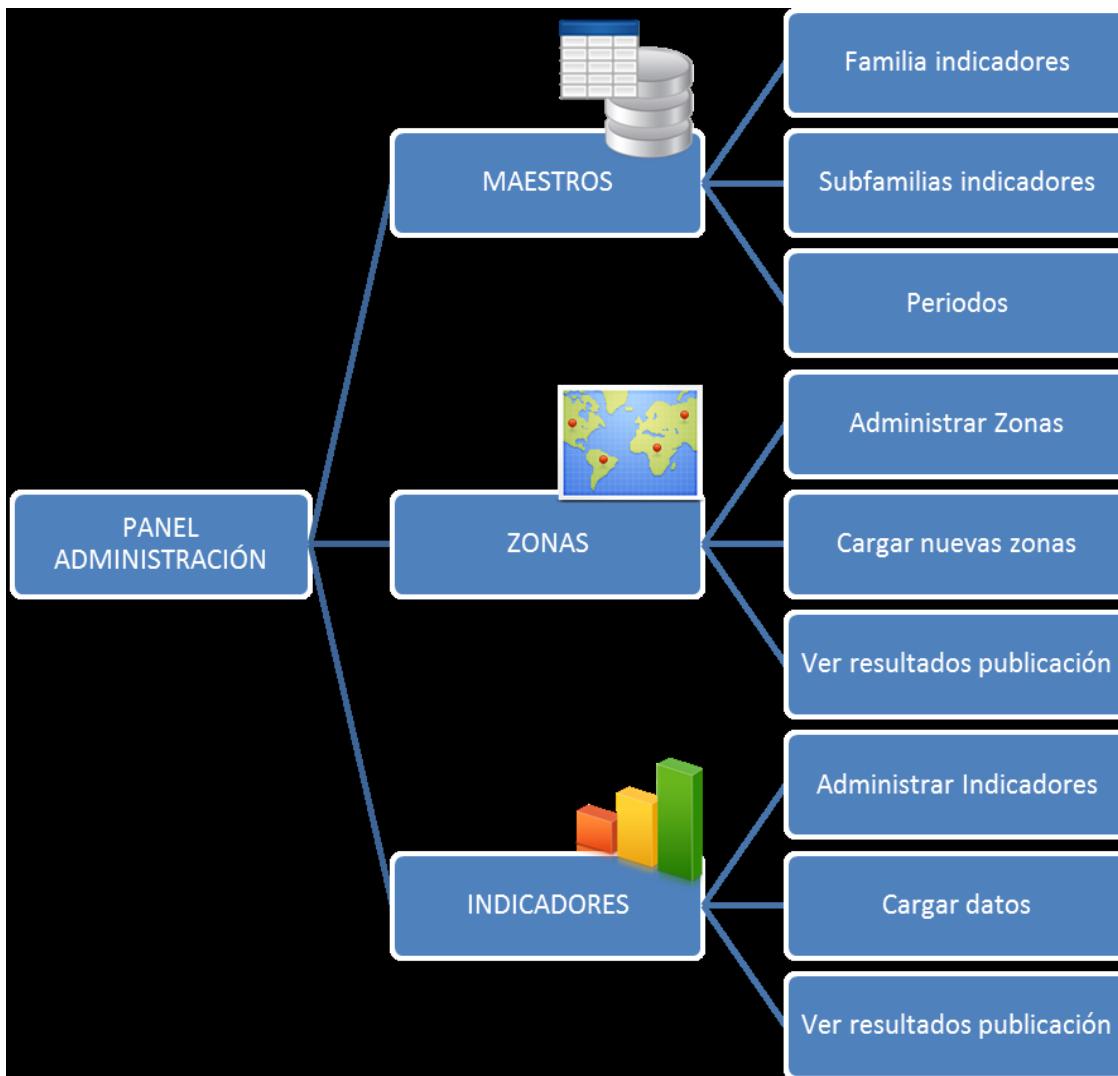
### 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

#### 3.1 Área de Administração (Estrutura interna)

A Área de Administração tem todas as ferramentas para suportar a informação dos indicadores gerados pelo projeto OTALEX C dentro da Infraestrutura de Dados Espaciais. Sendo a parte pública uma das formas de consultar informação na IDE do projeto.

Com objetivo de oferecer a máxima flexibilidade no armazenamento dos dados, e uma maior potencialidade na sua exploração, estabeleceu-se uma estrutura interna dividida em três blocos (figura 2):

- Maestros: definem as famílias e subfamílias que agrupam os diferentes indicadores assim como os períodos de aplicação dos mesmos.
- Zonas: área para administrar a parte gráfica dos indicadores, nomeadamente os diferentes níveis dos limites administrativos ou áreas geográficas criadas para integrar informação sobre indicadores.
- Indicadores: área onde se gerem as fichas dos diferentes indicadores (metadados) e os dados em si.



**Figura 2 – Esquema da Estrutura interna do SIO (IDE-OTALEX)**

Esta estrutura permite a modificação ou o carregamento de novos âmbitos geográficos e adicionar ou modificar informação alfanumérica de forma independente e assíncrona, através de GeoKettle, que nos dá

flexibilidade para importar informação em formato *shapefile* e informação em formato dbf, transformá-la e relacioná-la em base de dados PostgreSQL.

As ferramentas disponíveis na zona de administração são:

- Gestão de Famílias de Indicadores: criação, edição e eliminação;
- Gestão de Subfamílias de Indicadores: criação, edição e eliminação;
- Gestão de Períodos Temporais - Tipo de Período: criação, edição e eliminação de anos ou período de anos;
- Consulta e publicação de *shapefiles*: mostra uma lista com o resultado da publicação das zonas geográficas;
- Gestão de Zonas Geográficas: criação, edição, associação de indicadores, visualização, descarga de zona e eliminação de zonas geográficas. Existem cinco níveis de limites administrativos e zonas ambientais;
- Gestão de Indicadores: pesquisa, criação, edição e eliminação de informação (metadados) dos indicadores;
- Carregamento de dados dos indicadores: carregamento dos dados dos indicadores através de arquivos em formato *DataBase File (dbf)*;
- Consulta e publicação de *dbf*: consulta da lista de processos de carregamento dos ficheiros em formato *dbf* e o estado em que se encontram.

A zona de administração obriga a que o operador, de cada vez que realize uma nova entrada de um indicador, ou a modificação de um já existente, tenha de relacioná-lo com o âmbito administrativo que lhe diz respeito e com um período de tempo.

### 3.2 Área de Exploração (Funcionalidades)

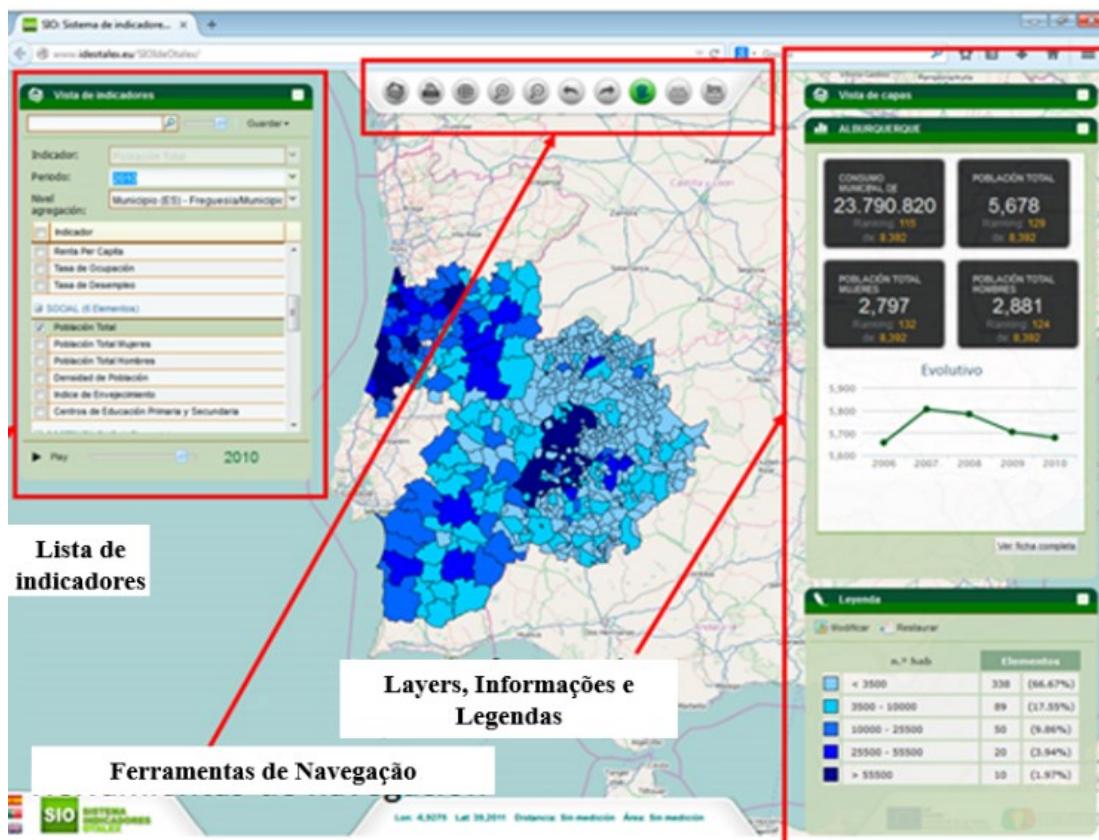
De forma a facilitar o uso do portal, o Sistema de Indicadores OTALEX mantém o mesmo *layout* que o Visualizador da IDE. Na janela principal encontram-se três blocos que dão acesso às seguintes funcionalidades:

**Lista de Indicadores.** permite aceder a todos os indicadores disponíveis, que se encontram agrupados por Temas, na parte superior esquerda do visualizador. Pode-se indicar um padrão de busca que servirá de filtro sobre a lista de indicadores a que se pretende aceder. Marcando as possibilidades correspondentes, visualizam-se os indicadores desejados e, uma vez selecionados, no menu pendente de “Período” aparecerá a lista de anos disponíveis para o indicador em causa, assim como os diferentes níveis de agregação (a eleger entre município, NUT III, região, país ou toda a área OTALEX C). Uma vez visualizado o indicador, é possível aplicar transparência a esse *layer*, permitindo desta forma o contraste com a informação de base.

A aplicação permite exportar a informação em qualquer dos formatos disponíveis, *GeoJson*, *GML* ou *shapefile*, através do botão “Guardar” e sem necessidade de qualquer tipo de licença.

Por último, o botão “Play” permite à aplicação demonstrar a evolução de um indicador ao longo dos anos disponíveis.

**Ferramentas de Navegação.** Para aceder a esta ferramenta, podem encontrar-se os ícones respetivos diretamente na parte superior do visualizador e, através deles, conseguem-se realizar as operações usuais de *zoom*, *pan*, vista anterior e posterior, mas também a medição de distância e de superfície nos mapas, assim como a impressão do trabalho final. Nesta área, um dos botões mais importantes é aquele que permite o acesso à vista de *layers*, desde onde é possível carregar informação externa, aplicar transparências e/ou fazer a sua ordenação (figura 3).



**Figura 3 – Visualizador do SIO (IDE-OTALEX)**

**Layers, Informações e Legendas.** Na parte superior direita do visualizador encontram-se três janelas desdobráveis. A primeira permite adicionar nova informação de base através de serviços WMS. Estes poderão ser quer do catálogo de serviços disponíveis do projeto OTALEX C, quer de serviços externos. À informação mostrada poderá também ser aplicada transparência.

Na janela de Informação são mostrados alguns dados de interesse que se encontram disponíveis sobre a área geográfica escolhida pelo utilizador. A partir deste quadro existe a possibilidade de acesso à ficha resumo da respectiva área administrativa e à ficha completa dos indicadores da área em questão. Todas as fichas podem ser exportadas para formato PDF, y como en el caso de la información gráfica, sin necesidad de aceptación de licencia.

Também se pode ver a janela da “Legenda” que mostra as cores e padrões com os quais se desenha o indicador selecionado. Todas estas configurações têm a possibilidade de serem alteradas pelo utilizador; quer as cores, quer os padrões, assim como podem ser restaurados para a configuração original.

#### 4. CONCLUSÕES

O projeto OTALEX C assumiu, desde o seu início, um compromisso com a tecnologia *open source*. Através de uma constante experimentação e aprendizagem, têm sido conseguidos avanços quer na estrutura interna, quer nas funcionalidades que compõem a Infraestrutura de Dados Espaciais IDE-OTALEX. O uso dos indicadores desenvolvidos pelo grupo de trabalho constitui a fonte que sustenta o SIO com informações e dados que desde o início da sua formulação estão orientados a fim de contribuírem para o verdadeiro espirito aberto com a posterior partilha e divulgação ao utilizador que, de um modo muito fácil e simples acede a esta ferramenta que no seu todo tem por base diretrizes colaborativas como são a Directiva PSI<sup>1</sup> (Directiva 2003/98/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Novembro, sobre a reutilização da informação

<sup>1</sup> PSI – Public Sector Information

no setor público), o Movimento *Open Access* e tantas outras que consideram a informação como algo que deve ser partilhado e acessível a todos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Álvarez, R., Rojas, M.·Hernández; F. Gamero, U., Caballero, C., Soriano, M., López, J.;Lagar, D.·Guerrero, M.,·Carriço, C., Batista, T., Mateus, J.,·Dimas, A.,·Patrício, J.,·Vivas, P., ·Reis, S.,·P. Fernandez, ·J.M.M. Monteiro (2012) Otalex C: por una estructura de datos más participativa. In Encontro de Sistemas de Informação Geográfica, 3, Castelo Branco - Aplicações SIG em recursos agro-florestais e ambientais: livro de resumos. Castelo Branco: Instituto Politécnico de Castelo Branco. p. 7-8.
- [2] Batista, T. e Ceballos-Zúñiga, F. (dir.) (2006). GEOALEX – Modelo de Gestão ambiental e territorial para a área transfronteiriça Alentejo-Extremadura. 310p. Agencia Extremeña de la Vivienda, el Urbanismo e el Territorio (Junta de Extremadura) e Associação de Municípios do Distrito de Évora (eds.), Badajoz, España.
- [3] Batista, T. e Ramos, R.. (2009). O contributo do Software livre na implementação da IDE-OTALEX. ESLAP 2009. Encontro de Software Livre na Administração Pública. LNEC. Lisboa, Portugal. 28 de Janeiro.
- [4] Batista, T.; Mateus, J.; Ceballos, F.; Ramos, R.; Soriano, M., Caballero, C.; Vivas, P.; Reis, S.; Luna, J.; Serra, L.; Carreira, D. (2009). OTALEX II – a solução OpenLayers aplicada à IDEOTALEX. II Jornadas SASIG. Universidade de Évora. Évora.
- [5] Batista, T. (2009). Spatial Data Infrastructure – key issue for territorial cooperation in Europe: SDI-OTALEX - Alentejo and Extremadura Territorial and Environmental Observatory. Parliament Magazine's, Regional Review Open Days. 14: 135. October.
- [6] Batista, T., Caballero, C., Ceballos, F., Carriço, C. (2013). IDE-OTALEX. The first crossborder SDI between Portugal and Spain in GI\_Forum 2013 – Creating the GISociety.GI\_Forum 2013. Salzburg Austria. 10.1553/giscience2013s6.
- [7] Batista, T., Caballero, C., Ceballos, F., Carriço, C., Vivas, P., Cabezas, J., Fernández, L., Pinto-Gomes, C. (2014). IDE-OTALEX C. The big challenge of the first Crossborder SDI between Spain and Portugal. In 17th AGILE International Conference on Geographic Information Science. ISBN: 978-3-319-03611-3.
- [8] Marcos, S., Caballero, C., Álvarez, R., Mateus, J., Vivas, P., Hernández, J., Reis, S., Roque, N., Dámazo, L. (2013). Gestión y Explotación de Indicadores: SIO/ Gestão e Exploração de Indicadores: SIO. In Dirección General de Transportes, Ordenación del Territorio y Urbanismo, Junta de Extremadura (eds.) OTALEX C, Resultados del Proyecto, pp. 215-219. ISBN: 978-84-695-9132-1.

## SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA DOCUMENTAÇÃO DE BENS CULTURAIS: APLICABILIDADE A UMA PINTURA DO SÉCULO XVI DA COLEÇÃO PARTICULAR DO SEMINÁRIO MAIOR DO PORTO

*Frederico Henriques (1,2), Susana Mendes (1), Ana Bailão (1), António Candeias (2),  
Alexandre B. Gonçalves (3), Eduarda Vieira (1)*

- (1) Universidade Católica Portuguesa (UCP); Escola das Artes; Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes (CITAR); Rua Diogo Botelho, 1327, 4169-055, Porto, Portugal;  
e-mail: [frederico.painting.conservator@gmail.com](mailto:frederico.painting.conservator@gmail.com); [susmendes@gmail.com](mailto:susmendes@gmail.com); [ana.bailao@gmail.com](mailto:ana.bailao@gmail.com); [evieira@porto.ucp.pt](mailto:evieira@porto.ucp.pt)
- (2) Universidade de Évora; Laboratório HERCULES; Palácio do Vimioso; Largo Marquês de Marialva, 8, 7000-809 Évora; e-mail: [candeias@uevora.pt](mailto:candeias@uevora.pt)
- (3) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa / CEris; Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa;  
e-mail: [alexandre.goncalves@tecnico.ulisboa.pt](mailto:alexandre.goncalves@tecnico.ulisboa.pt)

### RESUMO

De um modo geral, a aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG) em Património Cultural tem sido maioritária em estudos arqueológicos. Todavia, o conjunto de funcionalidades dos sistemas é bem conhecido em outras áreas do Património Cultural, como a documentação de superfícies pictóricas dos mais variados materiais, formatos e épocas.

A informação digital obtida durante as intervenções de conservação e restauro coloca diversos desafios. E, se bem que os diferentes modos de documentação possam evoluir, desde a década de 1990 que se tem vindo a reconhecer a importância dos sistemas computorizados como uma mais-valia na elaboração de bases de dados. Nesse sentido, os SIG têm a particularidade de ter na sua matriz computacional a capacidade de conjugar a visualização da informação gráfica, a operação de bases de dados com informação alfanumérica, e outras funcionalidades (algoritmos) passíveis de utilizar na caracterização das superfícies pictóricas. Na realidade, a quantidade de informação produzida num estudo técnico, ou nas próprias ações de conservação, é de significativa dimensão. Como tal, no presente artigo, apresenta-se uma estratégia com diversos mapas temáticos, que informam, por exemplo, a localização de amostras dos cortes estratigráficos do estudo de uma pintura, a distribuição das lacunas e a documentação de outros fenómenos de superfície. Na prática, através do uso do programa *open-source QGIS®*, elaboraram-se registos importantes para a história documental do objeto. Importa também realçar que, no presente trabalho, se produziram mapas de superfície “georreferenciados”, que deram origem a cartas com informação matricial e vetorial, úteis no âmbito da documentação de Bens Culturais.

### 1. INTRODUÇÃO

Sobre o enquadramento teórico da aplicabilidade dos SIG em Património Cultural, é de salientar que as diferentes Cartas de Património (desde a Carta de Veneza de 1964) atestam a importância da documentação. E, como reflexo disso, convém destacar a importância de um evento, o *GraDoc*, organizado em 1999 em Roma, com o patrocínio do ICCROM e da UNESCO, e que parece ter sido a primeira iniciativa deliberada de relevo do uso dos SIG no estudo dos Bens Culturais [1].

O objetivo particular deste trabalho visou desenvolver uma documentação precisa de uma intervenção de conservação e restauro com um SIG de código aberto. A intervenção foi efetuada pela mestrande Susana Mendes, do curso de Conservação e Restauro de Bens Culturais – Especialização em Pintura, da Escola das

Artes, da Universidade Católica Portuguesa, no Porto. A escolha do SIG recaiu no programa QGIS® pelo fato de ser uma ferramenta computacional gratuita, suficientemente robusta para o tipo de projeto, que na atualidade está extremamente difundida em comunidades virtuais e nas suas respetivas redes sociais.

### 1.1 A Documentação de Bens Culturais

No panorama internacional, têm sido desenvolvidos diversos estudos com SIG, sobretudo em Arqueologia [2][3]. As Atas do evento *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology - CAA* que, em 2015, contava a 43ª edição, atestam esse interesse. No panorama nacional fizeram-se múltiplas aplicações de geomática em arqueologia [4][5][6] e, pontualmente, em superfícies pictóricas, sendo conhecidos alguns trabalhos em pinturas do século XVI [7][8].

Com a edição vetorial em SIG, numa linha de raciocínio meramente documental, semelhante ao trabalho efetuado com o programa de licença proprietária AutoCad®, idêntico ao que se apresenta, sem operações de natureza espacial, está documentada a aplicabilidade em fachadas de igrejas barrocas [9]. Em bens móveis, por exemplo, em pinturas de cavalete, sobre tela, estão também referenciados outros trabalhos mais recentes onde se demonstra como um SIG pode ter um impacto apreciável na documentação [10].

Numa vertente que deu primazia principalmente ao processamento matricial, ainda que com programa informático de licença proprietária (ArcGIS®), outros trabalhos foram desenvolvidos em obras de arte [11][12][13][14]. No entanto, a aplicabilidade de técnicas em bens culturais, pode ser, inclusive, desenvolvida por meio de técnicas vindas da área de deteção remota, exclusivamente no modelo matricial, e que trazem outras vantagens, demonstrando-se bastante robustas na documentação, usando por exemplo algoritmos de segmentação de regiões (lacunas, faltas, fissuras) [15][16]. Tais funcionalidades podem também ser encontradas nas bibliotecas de funções dos SIG de código aberto.

### 1.2. Contexto do estudo de caso

Como estudo de caso, utilizou-se uma pintura sobre madeira de castanho, proto-maneirista, denominada “Circuncisão do Menino Jesus” (Fig. 1). Trata-se de uma obra de oficina desconhecida, dada como proveniente da Igreja de Rossas, em Arouca [17], e que incorpora na atualidade a coleção particular do Seminário Maior de Nossa Senhora, no Porto.



**Figura 1 – Pintura sobre madeira com uma representação da “Circuncisão do Menino Jesus”.**

A pintura, com as dimensões de 207,6 cm x 165,5 cm (medidas máximas com moldura), foi objeto de intervenção e serviu de tema de dissertação de mestrado em Conservação e Restauro, na Escola das Artes, Universidade Católica Portuguesa. Tratou-se duma intervenção tecnicamente complexa, que envolveu um exaustivo levantamento documental histórico-artístico, um registo fotográfico pormenorizado, a observação de amostras ao microscópio ótico, a realização de análises químicas laboratoriais (espectroscopias de infravermelho por transformada de Fourier, ou  $\mu$ -FTIR), radiografias, e um elevado número de horas de contacto, em contexto de trabalho *in situ*, numa dependência do Seminário transformada em atelier provisório, na qual decorreu o tratamento do suporte e da camada cromática.

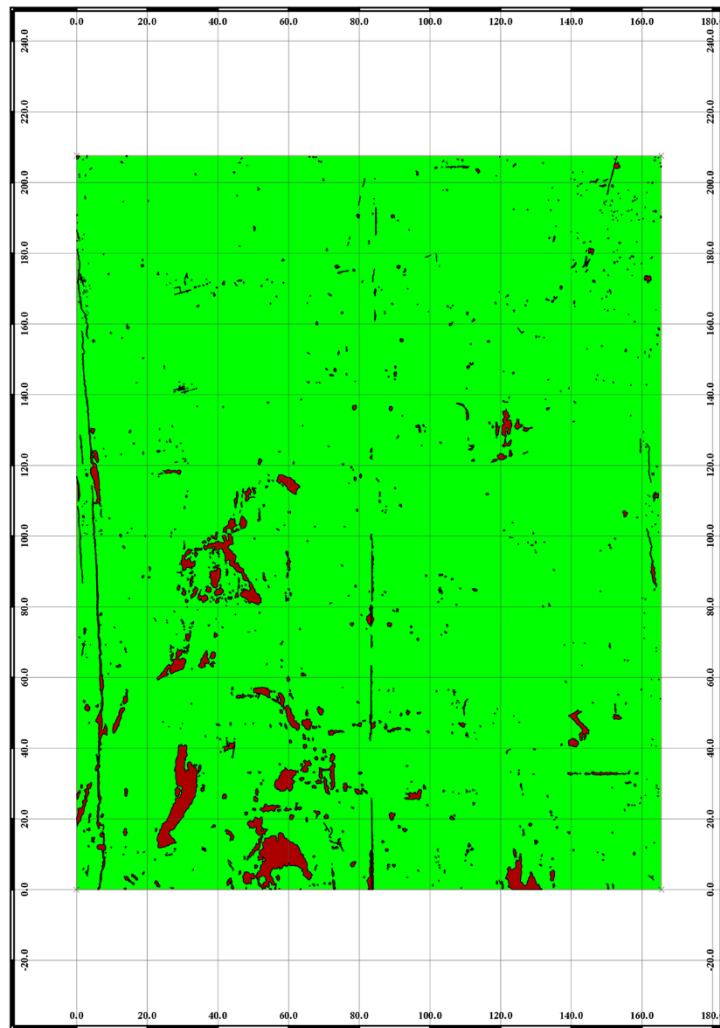
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A edição vetorial manual de delimitação de regiões sobre um conjunto de dados em formato matricial num SIG é uma operação simples. No trabalho apresentado, através do programa de código aberto QGIS® [18], aplicou-se o seguinte fluxo de procedimentos: adição da imagem da obra (.jpg) com uma resolução de 2362 x 2947 pixéis, capturada com uma câmara Canon EOS 550D® (F/4; 1/10 seg.; ISO 200; distância focal de 29 mm; sem flash), com um pré-processamento Photoshop® de ajuste e níveis e filtro de nitidez (sharpen), obtida num ponto central, perfazendo uma perpendicular em relação ao eixo da superfície da obra; georreferenciação da imagem no SIG com as informações métricas conhecidas da obra, em centímetros, sem sistema de projeção, com os valores cartesianos (x, y); e, por último, a edição dos vários polígonos (Fig. 2).



**Figura 2 – Vista em pormenor de regiões de faltas da camada cromática vetorizadas com classe “lacuna”.**

Para definir os polígonos fez-se uso do conjunto de ferramentas básicas de edição vetorial e, à medida que se definiam áreas (associadas à cor, regiões da limpeza química, de lacunas, de zonas de fixação da camada cromática com “faceamentos” pontuais, que são pequenos fragmentos de papel japonês aderidos à superfície com um adesivo estável e reversível, e que servem para fixar e impedir a perda da camada cromática da pintura), foi sendo adicionada na tabela de atributos a informação textual específica da intervenção. Uma vez terminada a edição dos polígonos, no compositor de impressão foi possível produzir mapas/cartas temáticas com indicações de escala e em função dos atributos associados aos polígonos (Fig. 3).



**Figura 3 – Mapeamento das lacunas em carta temática escalada com grelha ortogonal e respetivos quadrantes.**

Além da quantificação de elementos e da determinação precisa das áreas, também se pode marcar com precisão os pontos específicos de amostragem (zonas de recolha de amostras de pintura, a fim de posterior análise laboratorial, de modo a efetuar, ao microscópio, observações morfológicas dos cortes estratigráficos, e análise de materiais constituintes, do tipo de pigmentos, cargas ou aglutinantes.

### 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Quanto a resultados, obtiveram-se quatro mapas temáticos, que caracterizaram, de modo inédito, em Portugal, múltiplos fenómenos de superfície no decurso de uma intervenção de conservação e restauro.

No mapa de identificação de lacunas, contabilizaram-se 1091 lacunas, com uma distribuição espacial predominante nos lados esquerdo e direito do painel, a todo o comprimento, e também em algumas zonas de um panejamento castanho de uma figura de primeiro plano. Além disso, obteve-se também informação da área de 3% que as lacunas ocupam na pintura. No mapa de faceamentos (*facings*) identificaram-se 148 elementos. Em relação às regiões pictóricas da limpeza química do verniz e das sujidades do tipo de poeiras, foram definidas 187 áreas. E, nos registos de ponto, onde se anotaram coordenadas específicas das zonas de amostragem, identificaram-se 17 pontos.

Embora os SIG não permitam resolver todos os problemas relacionados com a documentação dos bens culturais, quando conjugados com outras técnicas, eventualmente de modelação tridimensional, podem ser, aparentemente, a melhor plataforma de gestão e análise de dados que congrega de forma

integrada toda a informação que resulta de um estudo técnico de uma obra de arte. De outro modo, até à data, não são conhecidos outros sistemas suficientemente robustos, que não passem pelo uso de programas tradicionais de edição de imagem, do tipo do *Photoshop®*, *GIMP*, *Inkscape*, etc. Contudo, estes programas são limitados porque não permitem trabalhar a informação espacial, de natureza métrica e, principalmente, com as bases de dados relacionais incorporadas nos projetos de conservação e restauro.

#### 4. CONCLUSÕES

No presente artigo foram apresentadas e discutidas algumas perspetivas elementares da aplicação de um SIG de código aberto na análise espacial de uma pintura antiga. Os trabalhos demonstram que a representação e a análise de imagens das pinturas podem ser efetuadas com modelos e métodos utilizados geralmente na caracterização da superfície terrestre, salvaguardando-se, como é óbvio, as questões de escala. Nesse sentido, esta extensão do domínio tradicional dos SIG permitiu quantificar algumas áreas das superfícies analisadas e confirmar que, pelo menos, para operações simples o *QGIS®* é bastante expediente para trabalhos de documentação em Património Cultural.

Para desenvolvimentos futuros pretende-se completar um pouco mais este trabalho através da análise de imagens multiespectrais. Para tal, serão utilizadas imagens na banda do espectro da radiação ultravioleta e infravermelha, frequentemente usadas em Património Cultural. Estas imagens, que já foram adquiridas, assim como as imagens radiográficas, integram a primeira parte da intervenção de conservação e restauro: documentação e diagnóstico. Não menos importante será a elaboração posterior de um sistema de gestão de base de dados, em versão *web-based*, onde seja agregada toda a informação produzida, a que é conhecida, a associada à própria pintura e a de todo o projeto de conservação e restauro.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Schmid, Werner, ed. (2000) GRADOC: Graphic Documentation Systems in Mural Painting Conservation. Research Seminar Rome 16-20 November 1999. ICCROM, Roma.
- [2] Conolly, James; Lake, Mark (2006) Geographical Information Systems in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge.
- [3] Barton; Michael; Bezzi, Alessandro; Bezzi, Luca; Francisci, Denis; Gietl, Rupert; Neteler, Markus (2006) GRASS, Un potente GIS per archeologi. In Bagnara, Roberto; Jánica, Giancarlo Macchi, ed. In Open Source, Free Software e Open Format nei Processi di Ricerca Archeologici. Atti del I Workshop (Grosseto, 8 Maggio 2006), Università degli Studi di Siena, Siena: 1-7.
- [4] Rua, Maria Helena (2004) Os Sistemas de Informação Geográfica na Detecção de Villae em Meio Rural no Portugal Romano. Instituto Superior Técnico, Lisboa. Tese de Doutoramento.
- [5] Santos, Pedro José Leitão da Silva (2006) Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Arqueologia. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova, Lisboa. Dissertação de Mestrado
- [6] Osório, Marcos; Salgado, Telmo (2007) Um Sistema de Informação Geográfica aplicado na Arqueologia no Município do Sabugal. Praxis Archaeologica. Revista Electrónica de Teoria, Metodología e Política na Arqueología, vol. 2: 9-22
- [7] Henriques, Frederico; Gonçalves, Alexandre; Calvo, Ana (2010) Caracterização da densidade das lacunas em superfícies pictóricas com recurso a Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Conservar Património, 11: 3 – 11.
- [8] Pires, Hugo; Marques, Patrícia; Henriques, Frederico; Oliveira, Ricardo (2007) Integrating laser scanning, multispectral imagery and GIS in C&R documentation practices: A first approach using two XVIth century wood paintings from Convento de Cristo in Tomar. In XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2007, CIPA, Atenas, Grécia.
- [9] França, Marina Lamounier (2004) Sistemas de informações geográficas: uma ferramenta para diagnóstico e monitoramento do estado de conservação de bens culturais. Estudo de caso: Portada da Igreja São Francisco de Assis. Universidade Federal de Minas Gerais, Ouro Preto. Dissertação de Mestrado.
- [10] Fuentes Porto, Alba (2010) Los Sistemas de Información Geográfica aplicados al estudio de las superficies pictóricas. Universidad Politécnica de Valencia, Valência. Dissertação de Mestrado.

- [11] Henriques, Frederico; Gonçalves, Alexandre (2010) Identificação de regiões de lacunas numa pintura retabular: análise comparativa de métodos de classificação em ambiente SIG. *Estudos de Conservação e Restauro*, 2: 72-81.
- [12] Henriques, Frederico; Gonçalves, Alexandre (2010) Analysis of Lacunae and Retouching Areas in Panel Paintings Using Landscape Metrics. In *EuroMed 2010, Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, 6436: 99–109.
- [13] Henriques, Frederico; Gonçalves, Alexandre; Calvo, Ana; Bailão, Ana (2011) Identificazione di lacune di un dipinto dopo la stuccature e prima del ritocco pittorico. In *V Congresso Internazionale “Colore e Conservazione”, Le fasi finali nel restauro delle opere policrome mobili. Cesmar7; Il Prato, Saonara*, 234-236.
- [14] Henriques, Frederico (2012) Metodologias de Documentação e Análise Espacial em Conservação de Pintura. Escola das Artes, Universidade Católica Portuguesa, Porto. Doutoramento em Conservação de Pintura.
- [15] Roque, Dora; Fonseca, Ana; Mimoso, João Manuel (2013) Mapeamento Digital e Classificação de Anomalias em Paramentos Murais: Processamento Digital de Imagem e Classificação Orientada por Objetos". In Proceedings "Segundo Encontro Luso-Brasileiro de Conservação e Restauro". Universidade Federal de São João Del Rey, São João Del Rei, Brazil.
- [16] Fonseca, Ana; Roque, Dora; Pereira, Silvia; Mendes, Marta; Mimoso, João Manuel (2015) Digital Image Processing: application to automatic classification of tile panel pathology. In *International Conference Glazed Ceramics in Architectural Heritage (GlazeArch 2015)*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 154-159.
- [17] Brandão, Domingos Pinho de (1984) Obra de Talha Dourada, Ensamblagem e Pintura na cidade e na Diocese do Porto. Documentação I - Séculos XV a XVII. Diocese do Porto, Porto, pp. 168-169.
- [18] QGIS (Acedido em julho de 2015) Site oficial do programa de código aberto ("A Free and Open Source Geographic Information System"). Acessível em: <http://www.qgis.org/en/site/> Projecto elaborado com o apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT): SFRH/BPD/99163/2013.





**ISCTE IUL**  
Instituto Universitário de Lisboa

**ISTAR IUL**  
INSTITUTE OF LISBON TECHNOLOGICAL AND ARCHITECTURAL CENTER  
UNIVERSITY INSTITUTE OF LISBON

Em 2015 a OSGeo-PT, Capítulo Local Português da OSGeo - Open Source Geospatial Foundation, em colaboração com o ISCTE-IUL, promoveu a 6ª edição da SASIG - conferência nacional de software aberto para sistemas de informação geográfica.

O SASIG é essencialmente um espaço de partilha de experiências onde todos os que querem conhecer e aprender mais sobre software aberto para Sistemas de Informação Geográfica são bem-vindos.

O SASIG 2015 foi enriquecido com as intervenções de Mário Caetano, subdiretor-geral da Direção Geral do Território; Jeroen Ticheler, inventor do GeoNetwork e empresário open source; Suchith Anand, investigador na Universidade de Nottingham e fundador do GeoForAll; Joana Simões, data scientist no Centro Tecnológico da Catalunha - Big Data no contexto das Smart Cities; Pedro Henriques, programador de SIG na Câmara Municipal de Ourém e Jorge Mendes de Jesus da ISRIC - World Soil Information.

O evento teve ainda a apresentação de um conjunto de 11 artigos científicos e técnicos, apresentados por investigadores e profissionais. De referir que estes artigos foram sujeitos a um escrutínio prévio por parte de uma comissão científica. Estes artigos englobaram temáticas como os recursos naturais, drones e deteção remota, Administração Central / Local e Estudos de Caso.

Com o SASIG 2015 procurou-se aumentar o conhecimento no contexto dos sistemas de informação geográfica open source. O SASIG contribuiu também para o aumento e fortalecimento da comunidade dos sistemas de informação geográfica portuguesa (OSGeoPT).

ISBN Versão Impressa

ISBN Versão PDF

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#).

