

Plataforma GeoEspacial para Integração e Gestão de Processos Portuários

Lino Oliveira ¹

lino.oliveira@inesctec.pt

¹ INESC TEC

Campus da FEUP, R. Dr. Roberto Frias,
4200-465 Porto, Portugal

Jorge Santos ², Leonel Dias ²

jorgesantos@triedeti.pt, leoneldias@triedeti.pt

² TRIEDE TI

Rua Virgílio Monteiro, 2, 2º I, Pousos
2410-408 Leiria, Portugal

Resumo — As autoridades portuárias têm a necessidade de gerir diversa informação, dentro da área portuária, sob sua responsabilidade relativa às suas infraestruturas marítimas e terrestres. A interligação das áreas estratégicas, com fornecimento e partilha de dados estruturados, num contexto georreferenciado, introduz valor acrescentado para o porto e para sua atividade. O trabalho aqui apresentado permite agregar num só sistema as necessidades de gestão e negócio das autoridades portuárias através da georreferenciação da informação. Este artigo apresenta uma plataforma inovadora, assente em vários módulos e que permite o controlo eficaz e gestão eficiente das operações, processos e requisitos, associadas a qualquer porto marítimo. Os módulos desenvolvidos têm como objetivo suportar as atividades dos processos de negócio nas seguintes vertentes da administração portuária: Cadastro e Património, Hidrografia (dragagens e áreas navegáveis), Tráfego Portuário, Dominial (licenças e concessões), Estudos e Obras, Segurança e Ambiente. A maior parte destes módulos foram pioneiros na integração e Gestão de Processos de Negócio Portuários dos Portos portugueses de Leixões e Viana do Castelo.

Palavras Chave – Sistema de Informação Geográfica; IDE; INSPIRE; Gestão de Processos de negócio Portuários; Autoridades Portuárias; Interoperabilidade;

I. INTRODUÇÃO E OBSERVAÇÕES DO ESTADO DA ARTE

Considerado ao longo da história da humanidade como o mais importante meio de difusão cultural e comercial, o transporte marítimo contribuiu inquestionavelmente para o desenvolvimento da sociedade. No entanto, a gestão de um porto marítimo, ou fluvial, é uma atividade complexa que abrange uma grande diversidade de áreas que necessitam de estar em perfeita sintonia. Nos dias de hoje, as autoridades portuárias necessitam de identificar e conjugar informação de fontes heterogéneas para desenvolver eficientemente a gestão portuária sobre a sua égide, à qual se alia a crescente competitividade na sua área de negócio [1].

Qualquer processo de negócio portuário tem de responder a três requisitos básicos: ocorrer no menor tempo possível, maximizar a eficiência e controlo de custos, e promover a segurança de todos os procedimentos efetuados. Sendo estes requisitos pilares fundamentais na gestão eficiente de um porto, impõe-se a necessidade de uma solução de base tecnológica que dê a resposta adequada aos requisitos, dimensões e cultura dos mais variados portos.

Existem atualmente no mercado algumas soluções SIG para a gestão portuária. No entanto, grande parte dos sistemas que compõem a oferta do mercado pecam pela limitação da sua aplicação no contexto portuário e pela falta de alinhamento com os processos de negócio portuários. A generalidade das soluções existentes têm como principal função o cadastro das operações do porto, restringindo o seu leque de funcionalidades ao registo de dados relativos a algumas atividades dos processos de negócio portuários. A título de exemplo, soluções como o *ArcGIS* [2] da *ESRI*, o *MapInfo* [3] da *PitneyBowes* e o *GeoMedia* [4] da *Hexagon* (ex-*Intergraph*), constituem soluções para a gestão portuária permitindo a operacionalização básica dos portos, de uma forma muito pouco integrada, eficiente, sistematizada e não alinhada com o negócio. Acresce ainda o problema de que estas aplicações nem sempre abrangem todas as áreas afetas à gestão portuária, o que resulta na dependência de aplicações externas e serviços complementares. Mais ainda, estas soluções muitas vezes não integram nem interagem com as ferramentas e sistemas existentes, dificultando a articulação e correto funcionamento dos processos portuários, colocando desta forma entraves na adoção destas soluções por parte dos utilizadores. Outro facto verificado é que estas soluções tipicamente são o resultado de desenvolvimentos feitos à medida, em resposta a requisitos isolados e necessidades concretas num determinado instante no tempo, dos respetivos portos. Como consequência deste tipo de abordagem, moldado apenas às necessidades imediatas e não aos processos de negócio portuários, obtêm-se soluções complexas e focadas em questões concretas mas que raramente são replicáveis em outras administrações portuárias.

A interligação e interoperabilidade entre soluções, a orientação dos sistemas aos processos de negócio implementados no porto e a sua facilidade de replicação e extensão a outros domínios é com toda a certeza uma mais-valia no âmbito da gestão dos processos portuários, onde a crescente competitividade e avanços tecnológicos, sociopolíticos e culturais forçam a rápida adaptação do porto e dos seus processos à revolução tecnológica do mundo exterior.

II. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A gestão de um porto marítimo ou fluvial é uma atividade complexa que abrange uma grande diversidade de áreas que

necessitam de estar perfeitamente coordenadas. A monitorização e controlo do tráfego portuário, dos locais de atracação, das áreas concessionadas, das infraestruturas portuárias ou a necessidade de avaliar as condições de navegação, são alguns dos muitos pontos que os responsáveis pela gestão portuária necessitam de gerir com eficiência. Assim sendo, as autoridades portuárias sentem necessidade de integrar e centralizar a informação georreferenciada referente às suas áreas de negócio, de forma interoperável, com a restante informação que é gerida nos sistemas de informação já utilizados no contexto portuário, bem como com outros sistemas de apoio à tramitação administrativa e logística, dando-lhe um contexto espacial. Feito de uma forma harmoniosa mas acima de tudo completamente alinhado com os processos de negócio portuários.

É neste sentido que surge a necessidade de existir uma plataforma integradora dos sistemas e informação existente nos vários domínios da atividade portuária e de apoio à decisão, tendo por base informação georreferenciada, de qualidade, atualizada e de acesso expedito aos utilizadores. Desta forma, passa a existir um ponto de acesso à informação de cariz espacial, mantida e gerida pelas autoridades portuárias, complementada, de forma interoperável, com a informação existente nos restantes sistemas que, em conjunto, suportam as atividades dos processos de negócio do porto.

III. SOLUÇÃO

A Plataforma GeoEspacial proposta para a integração e gestão de processos portuários, tem por base um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que, através da informação espacial de qualidade que suporta, interligue as várias áreas estratégicas das autoridades portuárias, nomeadamente:

- Cadastro e Património;
- Hidrografia (dragagens e áreas navegáveis);
- Tráfego Portuário;
- Dominial (licenças e concessões);
- Estudos e Obras;
- Prevenção e Segurança;
- Ambiente;

Numa primeira fase deste trabalho foi feita a identificação e caracterização dos processos de negócio das áreas estratégicas, onde para além da definição formal das atividades e fluxos dos processos, foram também identificados e definidos os requisitos funcionais e não funcionais, de suporte às atividades. Ainda nesta fase inicial foi desenhado o modelo conceptual e o respetivo modelo relacional de acesso e manutenção dos dados, baseados em informação geográfica interoperável e seguindo as diretivas internacionais que estabelecem uma Infraestrutura de Informação Espacial na Europa (Diretiva INSPIRE [5]), bem como os *standards* de informação geoespacial e de serviços baseados na localização, fomentados pela *Open Geospatial Consortium* (OGC [6]).

A segunda etapa do trabalho consistiu no desenvolvimento da solução, independente do sistema de coordenadas,

interoperável e de acesso expedito a qualquer utilizador com credenciais no domínio portuário (através do protocolo LDAP - *Lightweight Directory Access Protocol*) e baseada no modelo conceptual criado e que permite a gestão e interligação das várias áreas estratégicas de atuação.

A. Arquitetura Física da Solução

A Figura 1 ilustra a Arquitetura Física desenvolvida neste trabalho, onde estão representadas as principais entidades e componentes, bem como os serviços externos que integram a solução. Nesta arquitetura distinguem-se quatro blocos principais: **Dados, Serviços, Aplicações e Clientes**.

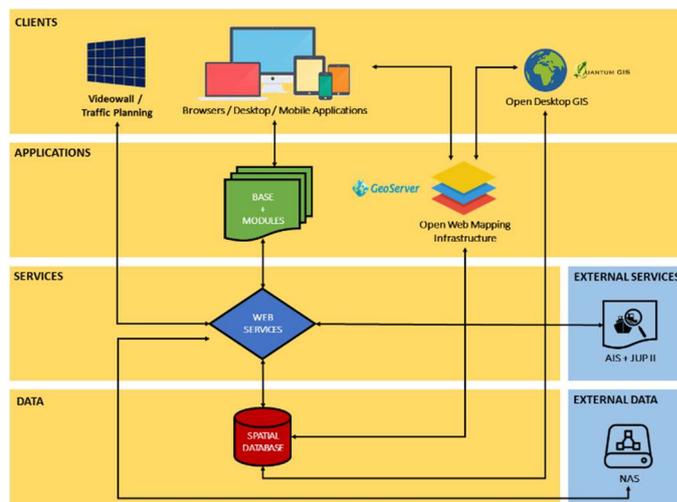


Figura 1 - Visão Geral da Arquitetura Física da Solução

A componente de Dados (Data) é composta pelo *Sistema Gestor de Bases de Dados* (SGDB) com extensão espacial e por um *Network-Attached Storage* (NAS). Estes são responsáveis por armazenamento da informação que é mantida e gerida na solução, servindo também como repositório interoperável de informação geográfica e multimédia. O NAS pode ainda funcionar como repositório externo de armazenamento de dados essenciais para a plataforma, e com isso enriquecer a arquitetura proposta através das suas características intrínsecas para gestão de grandes volumes de dados, pela sua excelente performance em largura de banda e eficiente metodologia de *backup*. Com a adoção desta arquitetura, exemplos como grandes volumes de informação, como é o caso dos *Ortofotomapas (Fotografia Aérea)* podem ser mantidos num NAS, que posteriormente a solução é capaz de aceder e gerir.

A componente de Serviços (Services) é composta pelos vários serviços *Web* que permite às aplicações cliente interagirem com a componente de dados e com os serviços externos, como por exemplo, os serviços de tráfego de embarcações, gestão documental, planeamento de recursos empresariais - ERP (*Enterprise Resource Planning*), ou a JUP (Janela Única Portuária), através da troca de mensagens utilizando protocolos de comunicação *standard*.

Da componente de Aplicações (Applications) fazem parte: a solução *Web-based* e os respetivos módulos aplicativos, a aplicação *desktop* que alimenta um *Videowall*, a aplicação

móvel para fiscalização dominial, no terreno, e um *Open Web Mapping* como, por exemplo, o *GeoServer* [7] (em alternativa podia ser utilizado o *MapServer* [8]), que formam a interface visível da solução completa para o utilizador, quando este acede a partir dos diferentes clientes aplicativos.

Na última componente, denominada Clientes (*Clients*), reside um *Videowall*, sistema avançado de monitorização de manobras, tráfego e operações, geralmente instalado no Centro de Coordenação de Navios e onde é representado e monitorizado, em larga escala, a situação real do tráfego portuário. Nesta componente, além do denominado *Videowall* a arquitetura física da solução integra ainda computadores com navegadores *Web* para aceder aos diversos módulos da solução e dispositivos móveis para utilização de funcionalidades específicas.

B. Arquitetura Lógica da Solução

A Arquitetura Lógica da solução desenvolvida neste trabalho foi construída segundo o modelo *Three-Tier Architecture* [9] proposto por John J. Donovan e que se baseia em três camadas (*tiers*): **Dados**, **Lógica** e **Interface**.

Assim e com base neste modelo de implementação, na Figura 2 esquematizam-se as três camadas que constituem a arquitetura lógica da solução, representando para cada camada as principais entidades e componentes que integram a proposta desenvolvida:

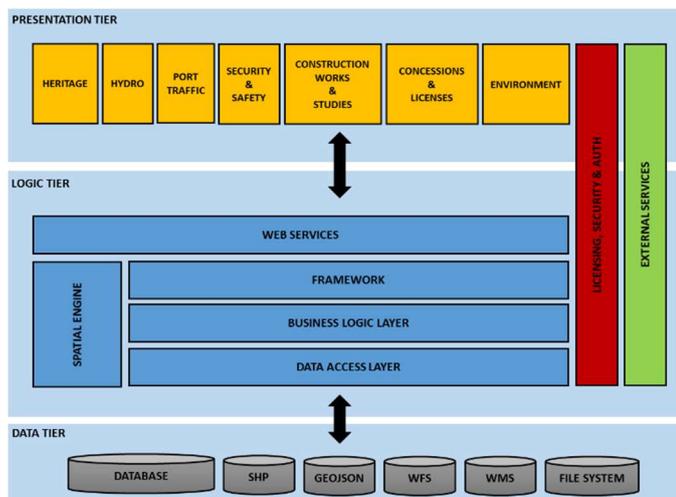


Figura 2 - Visão Geral da Arquitetura Lógica da Solução

Em síntese, a camada de Dados (*Data Tier*) é composta pelo Sistema Gestor de Bases de Dados com extensão espacial e por vasto conjunto de fontes heterogêneas de informação espacial (a título de exemplo, WMS [10], WFS [11], Shapes Files [12], GeoJson [13], entre outros).

A camada Aplicacional (*Logic Tier*) apresenta-se dividida nas seguintes componentes lógicas:

- DAL (Data Access Layer):

- BLL (Business Logic Layer):
- Framework:
- Spatial Engine:
- Web Services:

As componentes *DAL* e *BLL* encarregam-se, respetivamente, de fornecer um mecanismo de abstração de todas as fontes de dados heterogêneas utilizadas, e implementar regras de negócio específicas que permitem extrair informação útil para o sistema. A componente *Framework* para além de ser o motor de toda a solução, é onde é concretizada a ligação a outras entidades e serviços externos, como por exemplo, os Serviços de Tráfego de Embarcações (AIS [14] e JUP [15]), bem como aos serviços de Gestão Documental e/ou outros relevantes para o sistema e com os quais este necessita de interagir. Na componente *Spatial Engine*, de acesso transversal pelos restantes componentes da camada lógica, estão descritas todas as operações espaciais necessárias à operacionalização da solução. Por último, a componente *Web Services* é responsável pela disponibilização da informação tanto para os módulos constituintes da solução como para sistemas externos, seguindo protocolos estabelecidos por normas ISO.

A Camada de Interface com o utilizador (*Presentation Tier*), também denominada camada de apresentação, é composta pelos módulos agregadores das funcionalidades que compõem a plataforma e com os quais os utilizadores da solução interagem, e que serão sumariamente descritos na secção seguinte.

C. Funcionalidades

Fazendo uso de uma base geográfica normalizada num sistema de coordenadas parametrizável, a solução resultante permite às diferentes equipas responsáveis pela administração portuária, a fácil e completa visualização, manipulação e processamento, em tempo real, de todos os dados relacionados com as atividades daí decorrentes.

A banalização do acesso à internet e a crescente familiarização e facilidade no uso de plataformas *Web* pela maioria dos utilizadores, reúne as condições ideais para construir um ambiente de trabalho colaborativo, potenciando a interação com o sistema em simultâneo e em qualquer local, numa vasta gama de dispositivos e com o mínimo de recursos possível. Esta situação permite a partilha instantânea de informação de cariz espacial relevante para a gestão portuária, fomentando o trabalho de equipa entre todos os colaboradores da instituição, englobando departamentos de todas as áreas de atividade do porto.

A solução possui uma estrutura flexível, de forma a ser facilmente configurada e parametrizada. Além disso, de forma a otimizar ainda mais esta estrutura foi definido um conjunto de módulos base, que têm como objetivo agregar as várias vertentes funcionais similares e derivadas de um grupo específico de processos de negócio portuários e que a solução irá abranger na sua totalidade.

Assim sendo, fazem parte da solução os seguintes módulos:

1) Cadastro e Património

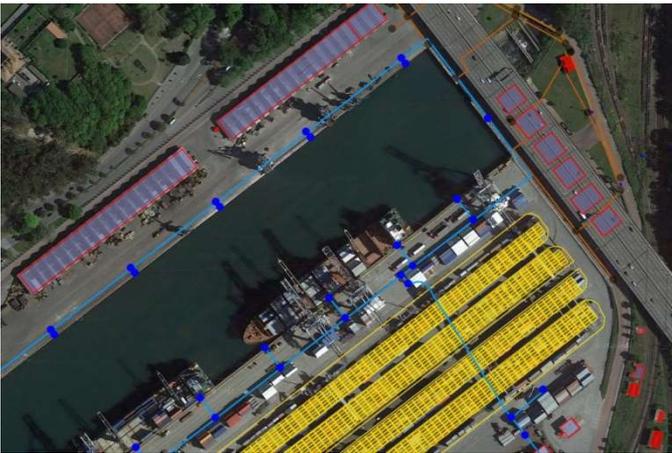


Figura 3 – Exemplo da visualização de património cadastrado

Com o estudo e caracterização dos processos de negócio, concluiu-se que são necessárias as seguintes funcionalidades:

- Cadastrar o Património Portuário;
- Gerir o Património Portuário;
- Representar Geograficamente os Bens Patrimoniais;
- Consultar o Património Portuário;
- Exportar Informação e Interoperabilidade;

2) Hidrografia (dragagens e áreas navegáveis)

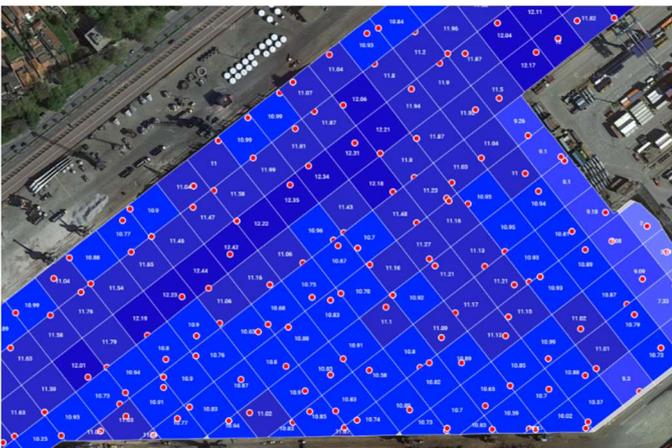


Figura 4 – Exemplo da visualização de um levantamento hidrográfico

Nesta área temática, a caracterização dos processos de negócio permitiram concluir que a solução deve disponibilizar o seguinte conjunto de funcionalidades:

- Registrar Locais de Dragagem;
- Importar e visualizar Análises de Sedimentos;
- Visualizar Levantamentos Hidrográficos;
- Calcular Volumes Dragados;
- Calcular Taxas de Assoreamento;

3) Tráfego Portuário



Figura 5 – Exemplo do módulo de Tráfego Portuário instalado num Centro de Coordenação de Navios

Na temática referente à monitorização e planeamento do Tráfego Portuário, a solução suporta as seguintes atividades dos processos de negócio:

- Simulação e Planeamento de Manobras de Navios;
- Representação da Situação Portuária;
- Integração de Sistemas de Posicionamento de Navios;

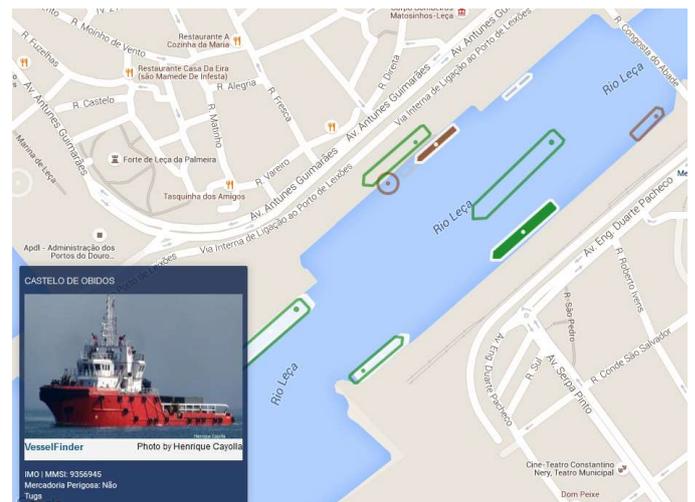


Figura 6 – Exemplo da representação web-based do tráfego portuário a partir de dados provenientes do AIS e da JUP

De destacar, que este módulo monitoriza o tráfego portuário em tempo real através da aquisição de dados provenientes de sistemas como o AIS e JUP, representando graficamente os navios e embarcações à escala real. Para além da vertente *Web-Based*, este módulo está presente na componente desktop denominada *Videowall*, disponibilizando este conjunto de funcionalidades num ambiente controlado, tolerante a falhas e de alto desempenho, de acesso restrito a um pequeno grupo de utilizadores. Além disso, a ferramenta para controlo de tráfego portuário permite ainda o planeamento de manobras de navios, com a criação de cenários possíveis de

atracação no porto, a exportação dos cenários criados e o envio de alertas sobre cenários com configurações inválidas.

4) *Dominial (licenças e concessões)*

Na área da gestão *Dominial*, a caracterização dos processos de negócio permitiram concluir que a solução deve disponibilizar um conjunto de funcionalidades de suporte às seguintes atividades:

- Representação Geográfica dos Bens Dominiais;
- Criação e Emissão de Títulos de Utilização;
- Representação Geográfica dos Bens Patrimoniais;
- Fiscalização de Domínios Públicos e Privados;

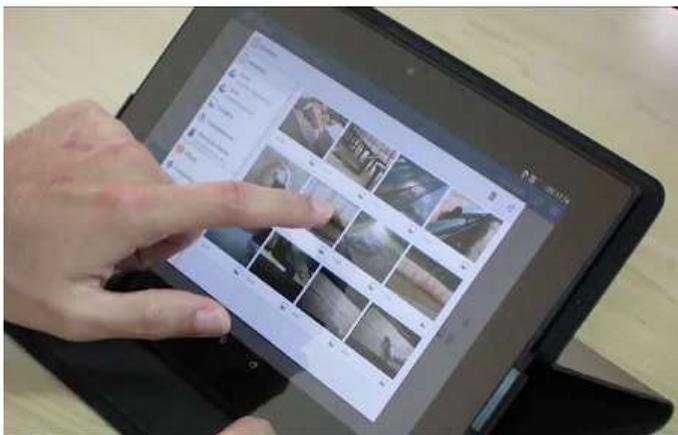


Figura 7 – Exemplo de utilização da aplicação móvel para gestão dominial através Tablet

De realçar ainda que, de forma a maximizar a eficiência e versatilidade deste módulo também é possível, através de uma aplicação desenvolvida especificamente para dispositivos móveis, suportar atividades de fiscalização no terreno.

5) *Estudos e Obras*



Figura 8 – Exemplo de visualização de um estudo associado a uma obra portuária

De uma forma global, o módulo *Estudos e Obras* permite à autoridade portuária responder de forma eficiente nas seguintes atividades:

- Gestão de Processos de Obras;
- Monitorização de Obras Marítimas e Portuárias;
- Estudos para Viabilização de Obras;
- Representação de Análises Geológicas;

6) *Prevenção e Segurança*

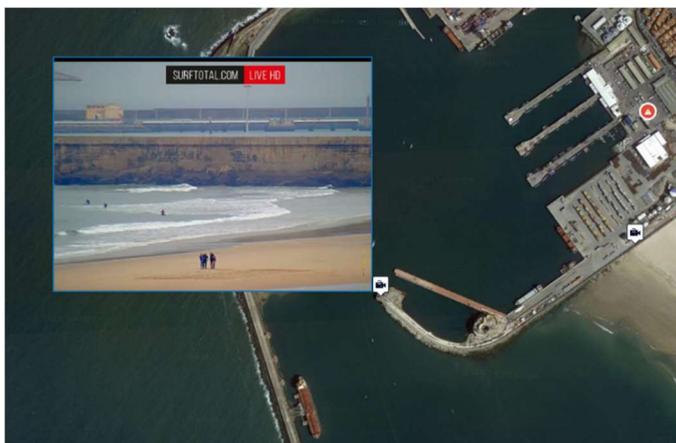


Figura 9 – Exemplo de visualização de CCTV

Esta componente reflete as funcionalidades necessárias para suporte às atividades segurança portuária:

- Integração dos Planos de Segurança Interna;
- Gestão e mitigação de Incidentes Portuários;
- Visualização de CCTV (*Closed Circuit Television*);

Este módulo destaca-se pela capacidade de integrar o Plano Global de Segurança de uma autoridade portuária.

7) *Ambiente*



Figura 10 - Exemplo de Monitorização Ambiental e Alarmística

Por último, o módulo de *Gestão Ambiental* permite suportar as seguintes atividades:

- Caracterização Ecológica da Zona de Jurisdição;
- Integração de Dados de Estações;
- Monitorização Ambiental e Alarmística;
- Produção de Relatórios Ambientais;

Todos estes módulos estão ligados entre si e estão devidamente alinhados com os processos de negócio. Em complemento a estes módulos, foram desenvolvidas ferramentas para interoperar com outros sistemas e serviços

externos, como por exemplo: os Sistemas de Gestão Documental, ERP (*Enterprise Resource Planning*), JUP (*Janela Única Portuária*), tecnologias Google (*Earth ou Street View*), ou com dados hidrográficos, meteorológicos e oceanográficos de acesso público.

IV. CASO DE ESTUDO

O alvo desta implementação foram os portos de Leixões e Viana do Castelo, geridos pela Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo (APDL). Esta autoridade portuária, num trabalho anterior foi objeto da implementação de uma solução especializada para Gestão Ambiental e Portuária e que tem vindo a desempenhar um papel ativo no que diz respeito à inovação, operacionalização e gestão dos principais processos de negócio portuários. A APDL (tomadora da solução e identificadora dos requisitos) é um dos vértices do triângulo de inovação e transferência de tecnologia composto também pela entidade do sistema científico e tecnológico português INESC TEC (o produtor de inovação), e pela empresa TRIEDETI (o tomador da inovação e produtor da solução). O sucesso na cooperação das entidades envolvidas posicionam estes portos portugueses na vanguarda de soluções I&D de base tecnológica.

Este projeto é portanto o *early adopter* da solução aqui apresentada, e visou a implementação desta plataforma a fim de possibilitar o controlo e gestão das operações, processos e requisitos ambientais, dos portos marítimos sob a jurisdição da APDL. Desta forma, como previsto a solução disponibiliza um conjunto alargado de módulos que dá suporte às atividades dos diferentes processos de negócio identificados e que permitem uma gestão integrada e centralizada de toda a informação, dando o efetivo suporte à decisão, como por exemplo, a localização e disponibilidade de equipamentos, a concessão de infraestruturas, a execução de obras, a gestão de incidentes de segurança, a verificação da profundidade navegável, além da monitorização e planeamento em tempo real, de todo o tráfego portuário.

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O caso de estudo aqui apresentado foi essencial para validar o posicionamento da solução. Ficou provado a existência de um vazio, no setor portuário, ao nível do suporte de atividades dos processos de negócio de uma forma integrada num contexto georreferenciado. A solução mostrou-se capaz de dar uma resposta efetiva às necessidades e cuja adaptação da proposta genérica ao caso de estudo foi bem conseguida, acredita-se de que esta será uma solução única, de fácil aplicação, a qualquer porto independente da sua dimensão, e que irá proporcionar à respetiva administração portuária o suporte eficiente na execução das atividades decorrentes dos processos de negócio portuários.

A metodologia utilizada assente num triângulo de inovação e transferência de tecnologia, constituído por: entidade tomadora da solução e identificadora dos requisitos, entidade produtora da ciência e inovação, e entidade tomadora da inovação e produtor da solução. Este triângulo virtuoso foi fundamental na articulação e alinhamento da estratégia.

Em termos de trabalhos futuros, pretende-se estender a solução para suportar os processos de gestão do tráfego, segurança e transporte em vias navegáveis interiores (rios). Com isto pretende-se no futuro evoluir a solução para suportar funcionalidades de um *River Information Services* (RIS) [16].

VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização – COMPETE 2020 no âmbito do projeto «POCI-01-0145-FEDER-006961» e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia através do projeto «UID/EEA/50014/2013».

VII. REFERÊNCIAS

- [1] E. M. R. Moutinho, “SIIG-Sistemas de Identificação e Informação Geográfica: proposta de sistema de gestão portuária para o Porto de Sines,” PhD Thesis, 2010.
- [2] “ArcGIS,” ESRI, [Online]. Available: <https://www.arcgis.com>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [3] “MapInfo Pro™,” Pitney Bowes Inc, [Online]. Available: <http://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence/geographic-information-systems/mapinfo-pro.html>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [4] “GeoMedia,” Hexagon, [Online]. Available: <http://www.hexagongeospatial.com/products/producer-suite/geomedia>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [5] I. Directive, “Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE),” 2007.
- [6] 22 03 2015. [Online]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/is>.
- [7] GeoServer, Maio 2015. [Online]. Available: <http://geoserver.org/>.
- [8] O. S. G. Foundation, “MapServer,” [Online]. Available: <http://mapserver.org/>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [9] Microsoft, “Using a Three-Tier Architecture Model,” [Online]. Available: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms685068\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms685068(v=vs.85).aspx). [Acedido em 2016 Fevereiro 1].
- [10] OGC, “Web Map Service,” 2004.
- [11] OGC, “Web Feature Service,” 2005. [Online]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>.
- [12] B. Stabler, “Shapefiles: read and write ESRI shapefiles,” *R package version 0.6*, 2006.
- [13] I. G. J. W. Group, “GeoJson,” [Online]. Available: <http://geojson.org/>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [14] M. Greene e W. Hurley, “Radio frequency automatic identification system”. Patente 5,581,257, 1996.
- [15] APDL, “JUP - Janela Única Portuária,” [Online]. Available: <http://www.apdl.pt/documents/10180/21055/Conceitos+Gerais+JUPEI/15be8722-07f5-4faf-ae3c-e8cf6edae4f2>.
- [16] “Directive 2005/44/EC,” Official Journal of the European Union, [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:25:0152:0159:EN:PDF>. [Acedido em Fevereiro 2016].