



**Transferência de conhecimentos e
tecnologias sobre veículos aéreos e
aquáticos para o desenvolvimento
transfronteiriço das ciências marinhas e das
pescas**

(POCTEP 0622-KTTSEADRONES-5-E)

Relatório técnico

**Actividade 1. Estado del arte sobre vehículos aéreos y
marinos en ciencias marinas y pesqueras**

**Relatório introdutório sobre o desenvolvimento e avaliação
de sistemas fixos (boias), pequenos veículos marítimos
(ROVs) e análise de dados e imagens em estuários e
explorações aquícolas**

Produto final – Acção 1.3B | 30/12/2019



Nome de projeto: KTTSeaDrones - Transferência de conhecimentos e tecnologias sobre veículos aéreos e aquáticos para o desenvolvimento transfronteiriço das ciências marinhas e das pescas

Código do projeto: POCTEP 0622-KTTSEADRONES-5-E

Dados do projeto

Localização	Portugal e Espanha		
Data de início	01/10/2017		
Data de conclusão	31/12/2021	Prorrogação até	--
Orçamento total	€ 1.120.864,43		
Contribuição UE	€ 840.648,32		
Cofinanciamento UE (%)	75%		

Dados do beneficiário principal (BP)

Beneficiário principal	Universidad de Huelva
Pessoa de contacto	Vicerrector de Investigación y Transferencia
Endereço	C/ Cantero Cuadrado 6, 21004 Huelva
Telefone	+34 959 218013
E-mail	kttseadrones@gmail.com
Página de internet (projeto)	https://kttseadrones.wixsite.com/kttseadrones

Dados do documento

Nome	Relatório introdutório sobre o desenvolvimento e avaliação de sistemas fixos (boias), pequenos veículos marítimos (ROVs) e análise de dados e imagens em estuários e explorações aquícolas
Ação	Acción 1.3B. Desenvolvimento e avaliação de pequenos veículos sub-aquáticos operados remotamente (ROV), sistemas fixos (boias) y análise de imagens para o seguimento de espécies piscícolas em estuários e explorações piscícolas
Autoria	Jorge Filipe Leal Costa Semião (UALg)
Equipa Técnica	Paulo Jorge Maia dos Santos (UALg) Sérgio Manuel Machado Jesus (UALg) João Rodrigues (UALg) António João Silva (UALg)

	Cristiano Cabrita (UAlg) Ana Bela Santos (UAlg) Roberto Lam (UAlg)
Chefes das equipas de trabalho dos parceiros	Universidad de Huelva Juan Carlos Gutiérrez Estrada Fernando Gómez Bravo Antonio Peregrín Rubio Universidad de Cádiz Manuel Bethencourt Núñez Luis Barbero González Universidad del Algarve Jorge Semião Ayuntamiento de Isla Cristina Marta González Cabrera
Data	30/12/2019
Versão (nº)	1.0

Os pontos de vista apresentados neste relatório são vinculativos apenas para os beneficiários do projecto e, portanto, não representam de forma alguma a visão formal dos órgãos de gestão do POCTEP.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	5
2	TECNOLOGIAS EXISTENTES	7
2.1	SISTEMAS DE BOIAS.....	7
2.2	ACÚSTICA SUBMARINA	9
2.3	REDES DE SENSORES E SISTEMAS IOT	9
2.4	SISTEMAS COM SONARES E CÂMARAS	11
3	SISTEMAS PARA PISCICULTURA	12
4	CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS PARA O PROJECTO.....	14
	REFERÊNCIAS	14

RESUMO

Pretende-se com este relatório apresentar um resumo sobre as tecnologias existentes para monitorização de recursos marinhos, sobretudo com o recurso a sistemas fixos e boias, quer no oceano e zonas costeiras, quer em pisciculturas. Apresenta-se na introdução um enquadramento do projecto, para estabelecer os principais objectivos genéricos. Depois, apresentam-se as principais tecnologias de monitorização de recursos, nomeadamente sistemas com boias, tecnologias com acústica submarina, redes de sensores e sistemas IoT utilizados para monitorização marinha, e sistemas com sonares e câmaras, para aumentar a eficiência da monitorização. Por fim, apresentam-se alguns sistemas já usados em pisciculturas e sumarizam-se as conclusões.

1 INTRODUÇÃO

Vivemos atualmente na era da implementação da Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0 [1]. A Primeira Revolução Industrial é geralmente considerada com o aparecimento da máquina a vapor, que se traduziu com o início da indústria; a Segunda Revolução Industrial é geralmente vista como a aplicação de eletricidade para criar produção em massa, especialmente na então nova indústria automóvel; a Terceira Revolução Industrial está geralmente associada ao uso extensivo de eletrónica e tecnologia da informação para automatizar a produção. Por fim, a quarta revolução industrial, ou o conceito de Indústria 4.0, não se baseia numa revolução técnica associada a uma descoberta científica [2]. No entanto, as mudanças são grandes e evidentes, estando associadas a uma indústria mais inteligente. Este novo conceito de indústria inteligente recorre a pressupostos diferentes e variados, nomeadamente a utilização da internet, das tecnologias de informação, flexibilidade de produção, virtualização de processos, otimização de processos, eficiência, etc. Conceitos novos como IoT (Internet of Things, ou Internet das Coisas) e IIOT (Industrial Internet of Things, ou Internet das Coisas Industrial), associados às tecnologias de informação, comunicação e electrónica, estão a revolucionar a forma como se produz e até como se interage com os clientes, promovendo muitas trocas de informação e de dados entre todos os intervenientes, quer sejam máquinas ou pessoas, e fazendo com que as máquinas tenham “inteligência” para tomar algumas decisões sozinhas, pela análise da informação disponível (que é cada vez maior).

Até a pesca, uma atividade bem antiga de um sector primário, está a ser revolucionada pela utilização de tecnologia, alterando-se a forma como se pesca e como se gerem os recursos marinhos. Para as empresas da área, como em qualquer atividade comercial, o lucro e a rentabilidade são duas das principais prioridades. Não é nova a utilização de tecnologia para aumentar a rentabilidade na pesca. Por exemplo, como o atum é um alimento muito popular em todo o mundo e tem um preço e uma rentabilidade elevada, a utilização de helicópteros para ajudar na sua pesca é um negócio rentável para os atuneiros comerciais, que utilizam helicópteros tripulados para encontrar peixes rapidamente e reduzir o uso de combustível [3]. Os helicópteros são extremamente úteis para detetar o atum, pois estes peixes, por serem grandes e por se reunirem em grandes cardumes para caçar presas menores, são facilmente vistos pelo ar. O piloto e um observador aproveitam a velocidade e altitude do helicóptero para localizar sinais de cardumes de atum, usando vários métodos para encontrar pistas sobre a localização dos cardumes de atum. É de notar que 90% da captura mundial de atum é capturada por 2% da frota pesqueira do mundo, utilizando helicópteros [4].

Contudo, os helicópteros são caros, perigosos e são acessíveis apenas aos maiores navios e empresas de pesca no mar. Neste domínio, a utilização de drones com câmaras e a transmissão de informação para o barco, assim como redes de sensores e a IoT, podem ser uma oportunidade para reduzir custos e tornar a pesca mais rentável, eficiente e acessível. Na realidade, estas soluções também já estão a ser estudadas, como é referido em [4].

Porém, a pesca agressiva tem feito diminuir a quantidade de stock de muitas espécies, sendo que os governos têm tentado regular o sector pela introdução de legislação restritiva sobre a forma de pescar e sobre as quotas de pesca. Por exemplo, a *Indian Ocean Tuna Commission* (IOTC) estabeleceu na resolução 16/08 (*“On the prohibition of the use of aircrafts and unmanned aerial vehicles as fishing aids”*) que não devem ser utilizados helicópteros ou drones na captura de atum no índico. Outro exemplo é a redução constante das quotas da pesca de sardinha na península ibérica, para tentar reestabelecer o stock de sardinha na costa ibérica. Aliás, a nível da península Ibérica, várias são as espécies de peixes cujas quotas têm diminuído por imposição da união europeia.

Assim, a revolução tecnológica no sector da pesca que virá com a quarta revolução industrial não deverá focar-se num aumento da quantidade de peixe a pescar, mas sim na promoção de uma pesca mais sustentável, na melhoria da eficiência na pesca e na acessibilidade das actividades do sector a um maior número de empresas (e não apenas às grandes empresas do sector). De entre estes tópicos, o grande foco que pretendemos ter com este projecto é na promoção de uma pesca sustentável, pelo desenvolvimento de ferramentas que ajudem a promover um maior controlo e

monitorização dos stocks de peixe na costa. Por outro lado, estas tecnologias poderão também ser utilizadas em pisciculturas, para reduzir custos de produção e melhorar a qualidade do produto.

Neste relatório pretende-se abordar as tecnologias envolvidas em sistemas fixos para monitorização de recursos marinhos. De entre os sistemas fixos incluímos boias, sistemas ligados a boias e sistemas ligados a terra, com sensores e diferentes tipos de tecnologias que permitam recolher dados sobre os peixes e o seu habitat.

Relativamente às tecnologias envolvidas para monitorização dos recursos marinhos, muita investigação já tem sido feita sobre boias, sistemas com acústica submarina, sonares e sensores diversos. Neste relatório, e nas secções que se seguem, tentar-se-á resumir as principais tecnologias e sistemas para monitorização de recursos marinhos existentes na literatura.

2 Tecnologias existentes

2.1 Sistemas de boias

A utilização de boias para monitorização oceanográfica, uma abordagem típica da oceanografia física, tornou-se um objetivo importante nas últimas décadas. Quando comparada com os barcos oceanográficos, que oferecem alta resolução espacial na amostragem, esta metodologia oferece a possibilidade de adquirir séries temporais de alta resolução em um único local. Embora os ancoradouros subaquáticos tradicionais tenham o mesmo objetivo, os sistemas autónomos de boias de superfície com fontes de energia renováveis têm duas vantagens principais: a) a possibilidade de usar telemetria (e, portanto, monitorização de dados em tempo real) a um custo relativamente baixo; e b) a possibilidade de obtenção de medições em série por longos períodos de tempo.

Os sistemas de aquisição em tempo real permitem que variáveis importantes sejam monitorizadas nos locais onde a boia está atracada e, portanto, permitem a detecção em tempo real de falhas e eventos nos dados, assim como uma resposta imediata. Esta aplicação é altamente útil em áreas de recolha de mariscos ou culturas marinhas para detectar eventos em variáveis-chave como a salinidade e a temperatura. Um protocolo de ação de emergência pode também ser acionado em resposta a esses eventos, a fim de minimizar o seu impacto. Esses sistemas também são muito úteis em áreas de intenso tráfego marítimo, pois fornecem medições em tempo real das correntes e da

direção do vento, facilitando uma resposta rápida e eficaz em casos de derramamento, por exemplo. As Rias (Ria Formosa, Galiza, etc.) são um exemplo claro dessas duas situações, pois as culturas marinhas coexistem com as principais atividades portuárias, sendo muito importantes para a economia local. Além disso, a aquisição de dados por longos períodos temporais permite caracterizar a climatologia oceanográfica na área. Este, que é um aspecto importante em si, também é uma ferramenta fundamental para determinar o status ambiental das áreas costeiras. Por último, mas não menos importante, essas estruturas fornecem observações para o desenvolvimento e aprimoramento de modelos preditivos para a área.

Já foram publicados um grande número de estudos baseados em dados de bóias (por exemplo, [8], [9], [10][11]) e uma grande quantidade de trabalho já foi realizado no desenvolvimento desses sistemas. Inclusivamente, há até alguns trabalhos que descrevem o projeto completo de estação de monitorização para aquisição de dados oceanográficos em tempo real, incluindo a eletrónica e o software, apresentando exemplos de diferentes condições de ancoragem, como em [12].

Muita da tecnologia existente já é disponibilizada pelos principais construtores de boias. Um exemplo é a empresa OSIL (*Ocean Scientific International Ltd*) [13], que são especialistas em monitorização ambiental global e produzem soluções de monitorização para aplicações aquáticas. Os dados em tempo real destes sistemas de monitorização podem ser transmitidos via GSM, rádio UHF e satélite para uma estação base e podem ser exibidos on-line usando o serviço OSIL de dados para web, ou podem ainda ser integrados aos sistemas de computadores do próprio cliente, oferecendo aos usuários uma variedade de opções, incluindo alertas de e-mail e texto, alarmes sonoros ou indicadores visuais, como luzes piscando. Os sistemas também podem ser equipados com sensores adicionais, dependendo dos requisitos do cliente.

Assim, no estado actual da evolução técnica no desenvolvimento de boias, o problema já não está na impossibilidade de medir ou monitorizar algum parâmetro, mas na escolha certa da tecnologia para determinada aplicação, e na interpretação e utilização da informação e dos dados disponíveis. Por exemplo, a utilização de câmaras em conjunto com sonares nestes sistemas de boias fixas, poderá trazer muitos benefícios para uma monitorização prolongada no tempo, como apresentado em [14]. E se as imagens captadas pelo sonar e câmara forem tratadas com algoritmos de visão computacional que permitam identificar automaticamente os peixes, introduziremos alguma inteligência à tecnologia já disponível que facilitará muito a monitorização dos recursos marinhos.

2.2 Acústica submarina

Muitos biólogos que trabalham em pesca estão interessados em documentar o habitat dos peixes e seguir os movimentos e o comportamento dos peixes, usam etiquetas acústicas (*acoustic tags*). Este trabalho é de extrema importância para monitorizar os stocks de espécies presentes na costa. Como mais de 700 espécies de peixes produzem naturalmente sons específicos de baixa frequência, eles podem ser usados como etiquetas acústicas naturais.

As abordagens acústicas passivas (monitorizando os peixes produtores de som com hidrofones) mostram que existem grandes possibilidades para a recolha de dados de maneira não invasiva e contínua. Vários trabalhos já existentes como em [7], mostram estudos anteriores e contribuem com novas descobertas baseadas no conceito de acústica passiva, em que os sons produzidos pelos peixes são utilizados para identificar as espécies presentes e quantificar sua abundância relativa. Sabe-se que os peixes produzem sons de baixa frequência, especialmente os membros das famílias Sciaenidae, Gadidae, Ictaluridae, Cyprinidae, Batrachoididae, Haemulidae, Lutjanidae e Serranidae [7].

Os métodos acústicos passivos incluem o uso de hidrofones de baixa frequência, gravadores digitais, sonobóias de gravação autónoma e registradores de dados e conjuntos de hidrofones rebocados para gravar sons de peixes. Os sons dos peixes que foram gravados até agora foram descritos em monografias, trabalhos científicos e bibliotecas digitais on-line; na maioria dos casos, as gravações são específicas para algumas espécies e podem ser utilizadas para identificar peixes. O trabalho de Investigação nesta área está progredindo no sentido de se poder utilizar esta abordagem de acústica passiva, juntamente com os métodos tradicionais de amostragem da pesca, para identificar o uso de habitat, áreas de desova e abundância relativa de peixes.

2.3 Redes de sensores e sistemas IoT

Os trabalhos de investigação em redes de sensores sem fio (Wireless Sensor Networks - WSNs) têm sido bastante divulgados nos últimos anos devido aos muitos tipos de aplicações [15]. Os WSNs são compostos por sensores que detectam dados do ambiente e por nós agregadores que recebem os dados detectados e os processam. Devido à pouca memória e à bateria limitada [16], os nós não podem armazenar muitos dados, portanto devem enviá-los. Como as WSNs podem ser compostas por

centenas de nós agregadores, elas precisam de se auto-organizar com base em diferentes arquiteturas de rede e usar protocolos para comunicar. Esses protocolos devem levar em consideração vários aspectos, como restrições de energia [17], segurança na transmissão de dados e tolerância a falhas na rede [18], a fim de manter um desempenho correto da rede.

Os nós sensores são compostos principalmente por 4 módulos diferentes [19]. Primeiro, o módulo sensor, que realiza a aquisição de dados, pode ser composto por um ou mais sensores, que detectam um ou mais parâmetros ambientais, e o módulo de processamento do sensor. A unidade central de processamento executa as operações de processamento e armazenamento dos dados recebidos. O módulo do transceiver sem fios é responsável pelas comunicações sem fio e pode usar diferentes tecnologias sem fio, como frequência de rádio, Wi-Fi e ZigBee. Por fim, o módulo de fonte de alimentação, que deve fornecer energia contínua e estável aos restantes módulos, é composto por baterias e um sistema de gestão de energia. Recomenda-se a utilização de algum sistema de captação de energia (painéis solares, por exemplo) e implementar algumas estratégias de economia de energia [20].

Embora a maioria das WSNs seja desenvolvida para aplicações terrestres, as aplicações marítimas estão a tornar-se uma área importante. 3/4 do nosso planeta é coberto por água. O impacto humano nos oceanos está a tornar-se cada vez mais evidente. A necessidade de monitorização contínua de ambientes subaquáticos pode ser mais facilmente realizada usando WSNs, embora os WSNs terrestres e subaquáticos tenham algumas diferenças. O ambiente nas WSNs subaquáticas é mais agressivo do que nas terrestres; portanto, os dispositivos implantados exigirão maior proteção: isolamento da água para evitar a corrosão e a bio-incrustação. Como as ondas das marés e navios podem produzir movimentos nas WSNs, o sistema deve estar preparado para assumir esses movimentos e mudanças de locais desde sua implantação inicial.

Geralmente, as WSNs subaquáticas são usadas para cobrir grandes áreas, quando comparadas com as WSNs terrestres [21]; o consumo de energia será maior e os sinais serão atenuados nos ambientes subaquáticos. Portanto, é importante implementar técnicas de eficiência energética no processamento de dados [22][23] e soluções de captação de energia [24] para prolongar a vida útil da rede [25] e a estabilidade da rede. O preço dos dispositivos usados nas WSNs subaquáticas é geralmente mais alto do que nas WSNs terrestres. Além disso, os nós dos sensores nas WSNs subaquáticas são colocados em um local específico ao longo da coluna de água, portanto, são necessários dispositivos de flutuação (boias) e amarração [26]. Finalmente, a tecnologia de comunicação sem fio nas WSN terrestres usa diferentes frequências de rádio; no entanto, nas WSNs subaquáticas, a água produz uma atenuação considerável nas radiofrequências, logo, existem muitas implementações que utilizam outras tecnologias, como a acústica submarina ou até a luz [27].

Os sensores subaquáticos podem ser colocados na parte inferior, na superfície ou em diferentes pontos ao longo da coluna de água. Os parâmetros detectados podem mudar dependendo do ponto em que os sensores são colocados e do objetivo do WSN. Por exemplo, em ambientes sem luz, não há necessidade de medir a clorofila e, em ambientes longe do impacto humano, não há necessidade de medir a presença de hidrocarbonetos. Embora exista uma grande lista de parâmetros que podem ser medidos, os mais comuns são temperatura (T), pH, turvação e oxigênio dissolvido (DO) [26].

De acordo com [28], as WSNs subaquáticas são aplicadas principalmente na detecção de parâmetros e monitorização geral do oceano, monitorização da qualidade da água, monitorização de pisciculturas, monitorização de recifes de coral e monitorização de mariscos marinhos. No entanto, as aplicações teóricas são mais amplas [29][30]. Podemos destacar ainda as redes de amostragem oceânica, monitorização ambiental, prevenção de desastres, navegação assistida, reconhecimento de minas, fins militares ou explorações submarinas, mas há muito poucos trabalhos publicados mostrando implantações reais [31]. Combinando muitos destes parâmetros e várias tecnologias já existentes, as redes de sensores podem ser utilizadas para promover uma pesca mais sustentável e eficiente, pela monitorização dos stocks de peixes e das diferentes espécies existentes nas zonas costeiras (e não só), ou até em pisciculturas, para melhorar a eficiência e qualidade da produção (como apresentado em [32] e [33]).

2.4 Sistemas com Sonares e Câmaras

Tradicionalmente, os stocks de peixes nos oceanos são observados por amostragem aleatória com redes em navios de investigação [34]. Isso requer muito trabalho manual e tempo no navio, pois todos os peixes são separados por espécie e contados manualmente. Além disso, os cardumes frequentemente evitam o caminho dos barcos, como é referido em [35], que influencia claramente as estatísticas dos peixes capturados. Outra grande desvantagem dos navios de investigação é que apenas uma escala de tempo muito limitada pode ser observada. Além disso, esse método é invasivo, porque os peixes precisam ser removidos de seu habitat natural. Spampinato et al. [36] resolveram este problema com um sistema automático de classificação de peixes utilizando câmaras para rastrear e classificar peixes. Em [37] é fornecida uma visão geral sobre a utilização de sistemas de sonar na pesca e sua evolução nas últimas décadas.

Porém, em outros trabalhos mais recentes [14], são apresentadas soluções híbridas que utilizam sistemas com câmara e sonar de imagem, para detecção e classificação de

peixes. O foco está no componente acústico do sistema, que utiliza um sonar de feixe múltiplo [38] com uma frequência central de 900 kHz para detecção de peixes. Outro exemplo semelhante é apresentado em [39] e utilizado para experiências ex-situ para identificar peixes. Os autores mostram que em frequências de cerca de 1 MHz, as áreas de superfície dos peixes são melhores refletores do que a bexiga de natação, que é o refletor mais importante de peixes até aos 200 kHz. Portanto, também peixes sem bexiga de natação podem ser detectados com estes sistemas de sonar de alta frequência. Para além disso, nestes sistemas o sonar é montado numa sonda fixa e recolhe dados por longos períodos de tempo para o estudo do comportamento dos peixes. Também se destina a acionar as câmaras para análises mais detalhadas, quando peixes são detectados na faixa de visibilidade das câmaras.

A utilização de sistemas como os apresentados atrás, que incluem sonares e câmaras, se forem utilizados em conjunto com sistemas de redes de sensores com o recurso a boias, pode constituir um importante desenvolvimento e aplicação para promover uma monitorização mais eficiente dos stocks de peixes e promover uma pesca sustentável.

3 Sistemas para Piscicultura

Nos últimos anos, com o avanço das tecnologias de monitorização e automação, a investigação em pisciculturas tem resultado no desenvolvimento de tecnologias de produção que melhoraram a qualidade dos viveiros de piscicultura, levando a aumento da qualidade e da quantidade da produção de peixes. O viveiro de piscicultura é um ecossistema artificial criado pelo homem e qualquer alteração ambiental externa pode afetar negativamente a produção de peixe. Isso deve-se ao facto de os peixes serem animais de sangue frio que regulam sua temperatura diretamente pelo ambiente envolvente. Como consequência, a temperatura é um dos muitos parâmetros importantes que precisam ser monitorizados, combinado com outros fatores importantes, como por exemplo a intensidade da luz, turvamento, dióxido de carbono, pH, alcalinidade, sais, nitrito, nitrato, etc. Portanto, a monitorização desse ecossistema é um problema combinado de vários sub-problemas que estão interligados entre si e que estão em constante interação, sendo que a sua interação é um processo complexo que requer muito tempo, dedicação e conhecimento humano para ser controlado e mantido. Por tudo isto, a utilização de IoT e dos sistemas de informação e de comunicação actuais baseados na internet permite melhorar o conhecimento sobre muitos dos parâmetros que envolvem uma piscicultura, e até controlar alguns [5]. Não

obstante, ainda são poucos os peixes cultivados hoje em dia com equipamentos inteligentes e com capacidade de observação da água em tempo real [6].

Assim, muitas das soluções existentes de sistemas de monitorização para pisciculturas diferem entre si pelos parâmetros que monitorizam e pela frequência com que o fazem. Fowler et al. [4] propuseram o conceito de recirculação dos sistemas de aquicultura, utilizando a escala de temperatura, oxigénio dissolvido (OD) e o pH para serem monitorizados diretamente em uma base contínua, pois eles tendem a alterar-se rapidamente e têm um grande impacto no sistema. Merino et al. [5] examinaram a viabilidade de suportar as taxas de utilização de peixes per capita em 2050, dependentes de informações abrangentes como: expectativas de mudanças na atmosfera mundial e local, sistema biológico marinho e indicadores de criação de pescas, indicadores de população humana, estimativas de valor de farinha de peixe e óleo e projeções da inovações na aquicultura. No entanto, a utilização de mais recursos só é concebível se os recursos forem convenientemente supervisionados e monitorizados. Uma baixa qualidade da água também pode afetar o desenvolvimento dos peixes e adiar a sua captura [6]. Hoje, as estruturas de observação da água são exageradamente caras e sem flexibilidade. Assim, muitos pequenos produtores decidem não utilizá-la e preferem obter um rendimento menor. Han et. al [40] apresentaram um sistema para acesso em tempo real a parâmetros e informações sobre a piscicultura, quer através da internet, quer através dos telefones móveis. Shifeng et. al [41] analisaram e sugeriram um sistema com rádio frequência (RF) e GSM, para medir remotamente os parâmetros dos sensores. Outra tentativa foi feita por Sharudin [42], onde propôs um sistema para observar a qualidade da água remotamente por SMS.

Se considerarmos pisciculturas implementadas no oceano, existem também trabalhos já realizados onde se recorre à IoT para monitorizar diversos parâmetros (como por exemplo em [33]). A cultura de peixes offshore em de gaiolas está crescendo em popularidade na China. No entanto, é difícil observar a atividade dos peixes e o estado da gaiola a olho nu, porque a água do mar é turva. Assim, os piscicultores procuram formas de observar remotamente a atividade dos peixes e o estado da gaiola com regularidade, sem ter de visitar pessoalmente as gaiolas, de modo a emitir um sinal de alarme no momento em que os peixes começam a escapar. Assim, em [33] são apresentadas soluções para a utilização de tecnologia com acústica para monitorizar a atividade e distribuição de peixes nas gaiolas de aquacultura offshore, e posteriormente enviar os dados para terra. O monitor consiste em módulos funcionais: um sonar para varrimento dos peixes localizado no centro da gaiola offshore, um display para controlo e processamento dos dados localizado em terra e um sistema sem fios para comunicação dos dados.

Em pisciculturas mais desenvolvidas tecnologicamente, outros parâmetros mais específicos podem ainda ser investigados e monitorizados, como por exemplo o comportamento e nível de stress dos peixes na presença ou falta de comida. Estes sistemas podem ser desenvolvidos com o recurso a câmaras e a software de visão computacional, que pode ainda monitorizar o tamanho dos peixes e outro tipo de informações. Esse é um dos objectivos do presente projecto, ou seja, desenvolver tecnologia que permita melhorar e aumentar o número de parâmetros monitorizado nas produções piscícolas.

4 Conclusão e perspectivas para o projecto

Pela análise do estado da arte em tecnologias para monitorização dos recursos marinhos, verifica-se que já existe muita tecnologia que pode ser utilizada para monitorizar os recursos. Constata-se que a inovação neste âmbito pode ainda ser realizada pela utilização conjunta de diversa tecnologia já existente, de forma a melhorar a informação sobre todos os parâmetros que envolvem os recursos marinhos. Para além disso, uma importante inovação deve ser pelo desenvolvimento de software de tratamento e análise dos dados, incluindo algoritmos de inteligência artificial e *machine learning*, que permitam tratar muitos dados e durante largos períodos de tempo, de forma a reduzir a interacção humana nestes sistemas de monitorização, aumentando a sua eficiência.

Como comentário final, é importante realçar a necessidade de promovermos uma pesca sustentável na península ibérica.

Referências

- [1] Lorenzo Bassi, “Industry 4.0: Hope, hype or revolution?”, 2017 IEEE 3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI), Modena, Italy, 11-13 Sept. 2017, DOI: 10.1109/RTSI.2017.8065927
- [2] Bruno G. Rüttimann: Lean and Industry 4.0—Twins, Partners, or Contenders? - Journal of Service Science and Management, 2016, 9.
- [3] Página web, consultada em 3/12/2009:
<http://www.justhelicopters.com/ArticlesNews/CommunityArticles/tabid/433/Article/104699/Lets-Go-Fishing-Tuna-Boat-Ops.aspx>

- [4] Gaemus Collins ; David Twining ; Joshua Wells “Using vessel-based drones to aid commercial fishing operations”, OCEANS 2017 – Aberdeen, 19-22 June 2017, DOI: 10.1109/OCEANSE.2017.8085014.
- [5] S.M Samir and AM. Batran Evaluation of Water Quality Parameters in Two Different Fish Culture Regimes. 4th Conference of Central Laboratory for Aquaculture Research (2014), pp. 17-33.
- [6] J.Janet, S.Balakrishnan, S.Sheeba Rani, “IOT Based Fishery Management System”, International Journal of Oceans and Oceanography, ISSN 0973-2667 Volume 13, Number 1 (2019), pp. 147-152, Research India Publications
- [7] Joseph J. Luczkovich, David A. Mann, Rodney A. Rountree, “Passive Acoustics as a Tool in Fisheries Science”, Transactions of the American Fisheries Society, 137, pages 533–541, 2008, DOI: 10.1577/T06-258.1
- [8] Ishizaka J., Asanuma I., Ebuchi N., Fukushima H., Kawamura H., Kawasaki K., Kishino M., Kubota M., Masuko H., Matsumura S., Saitoh S., Senga Y., Shimanuki M., Tomii N., Utashima M. 1997. Time Series of Physical and Optical Parameters off Shimane, Japan, during Fall of 1993: First Observation by Moored Optical Buoy System for ADEOS Data Verification. J. Oceanogr. 53: 245-258.
- [9] Sengupta D., Kumar Ray P., Bhat G.S. 2002. Spring Warming of the Eastern Arabian Sea and Bay of Bengal from Buoy Data. Geophys. Res. Lett. 29: 24.
- [10] Ruti P.M., Marullo S., D’Ortenzio F., Tremant M. 2008. Comparison of analyzed and measured wind speeds in the perspective of oceanic simulations over the Mediterranean basin: Analyses, QuikSCAT and buoy data. J. Mar. Syst. 70: 33-48.
- [11] Hosoda S., Ohira T., Sato K., Suga T. 2010. Improved Description of Global Mixed-Layer Depth Using Argo Profiling Floats. J. Oceanogr. 66: 773-787.
- [12] Jose González, Juan Luis Herrera And Ramiro Alberto Varela, “A design proposal of real-time monitoring stations: implementation and performance in contrasting environmental conditions”, Scientia Marina 76S1, September 2012, 235-248, Barcelona (Spain), ISSN: 0214-8358, doi: 10.3989/scimar.03620.19J
- [13] Página web da empresa OSIL, consultada em 3/12/2019:
<https://osil.com/product-category/data-buoy-systems/data-buoys/>
- [14] Lars M. Wolff ; Sabah Badri-Hoeher, “Imaging sonar-based fish detection in shallow waters”, IEEE conference Oceans 2014 - St. John's, 14-19 Sept. 2014, ISSN: 0197-7385, DOI: 10.1109/OCEANS.2014.7003213
- [15] D. Bri, H. Coll, M. Garcia, and J. Lloret, “A wireless IPmultisensor deployment,” Journal on Advances in Networks and Services, vol. 3, no. 1-2, pp. 125–139, 2010.
- [16] A. H. Mohsin, K. Abu Bakar, A. Adekiigbe, and K. Z. Ghafoor, “A survey of energy-aware routing protocols in mobile Ad-hoc networks: trends and challenges,” Network Protocols and Algorithms, vol. 4, no. 2, pp. 82–107, 2012.
- [17] T. Wang, Y. Zhang, Y. Cui, and Y. Zhou, “A novel protocol of energy-constrained sensor network for emergency monitoring,” International Journal of Sensor Networks, vol. 15, no. 3, pp. 171–182, 2014.

- [18] K. Xing, W. Wu, L. Ding, L. Wu, and J. Willson, "An efficient routing protocol based on consecutive forwarding prediction in delay tolerant networks," *International Journal of Sensor Networks*, vol. 15, no. 2, pp. 73–82, 2014.
- [19] M. Fereydooni, M. Sabaei, and G. Babazadeh, "Energy efficient topology control in wireless sensor networks with considering interference and traffic load," *Ad Hoc & Sensor Wireless Networks*, vol. 25, no. 3-4, pp. 289–308, 2015.
- [20] G. Anastasi, M. Conti, M. Di Francesco, and A. Passarella, "Energy conservation in wireless sensor networks: a survey," *Ad Hoc Networks*, vol. 7, no. 3, pp. 537–568, 2009.
- [21] N. D. Nguyen, V. Zalyubovskiy, M. T. Ha, T. D. Le, and H. Choo, "Energy-efficient models for coverage problem in sensor networks with adjustable ranges," *Ad-Hoc & Sensor Wireless Networks*, vol. 16, no. 1–3, pp. 1–28, 2012.
- [22] Y. Liu, Q.-A. Zeng, and Y.-H. Wang, "Energy-efficient data fusion technique and applications in wireless sensor networks," *Journal of Sensors*, vol. 2015, Article ID 903981, 2 pages, 2015.
- [23] T. K. Jain, D. S. Saini, and S. V. Bhooshan, "Lifetime optimization of a multiple sink wireless sensor network through energy balancing," *Journal of Sensors*, vol. 2015, Article ID 921250, 6 pages, 2015.
- [24] G. Zhou, L. Huang, W. Li, and Z. Zhu, "Harvesting ambient environmental energy for wireless sensor networks: a survey," *Journal of Sensors*, vol. 2014, Article ID 815467, 20 pages, 2014.
- [25] H. Legakis, M. Mehmet-Ali, and J. F. Hayes, "Lifetime analysis for wireless sensor networks," *International Journal of Sensor Networks*, vol. 17, no. 1, pp. 1–16, 2015.
- [26] C. Albaladejo, P. Sa´nchez, A. Iborra, F. Soto, J. A. Lo´pez, and R. Torres, "Wireless sensor networks for oceanographic monitoring: a systematic review," *Sensors*, vol. 10, no. 7, pp. 6948–6968, 2010.
- [27] B. Dong, "A survey of underwater wireless sensor networks," in *Proceedings of the CAHSI Annual Meeting*, p. 52, Mountain View, Calif, USA, January 2009.
- [28] G. Xu, W. Shen, and X. Wang, "Applications of wireless sensor networks in marine environment monitoring: a survey," *Sensors*, vol. 14, no. 9, pp. 16932–16954, 2014.
- [29] A. Gkikopouli, G. Nikolakopoulos, and S. Manesis, "A survey on underwater wireless sensor networks and applications," in *Proceedings of the 20th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED '12)*, pp. 1147–1154, Barcelona, Spain, July 2012.
- [30] I. F. Akyildiz, D. Pompili, and T. Melodia, "Underwater acoustic sensor networks: research challenges," *Ad Hoc Networks*, vol. 3, no. 3, pp. 257–279, 2005.
- [31] Sandra Sendra, Lorena Parra, Jaime Lloret, and JoséMiguel Jiménez, "Oceanographic Multisensor Buoy Based on Low Cost Sensors for Posidonia Meadows Monitoring in Mediterranean Sea", *Journal of Sensors*, Volume 2015,

Article ID 920168, 23 pages, Hindawi Publishing Corporation,
<http://dx.doi.org/10.1155/2015/920168>

- [32] Sajal Saha, Rakibul Hasan Rajib, Sumaiya Kabir, "IoT Based Automated Fish Farm Aquaculture Monitoring System", 2nd Int. Conf. on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET), 27-28 October, 2018, Chittagong, Bangladesh
- [33] Xiaomei XuXiaokang Zhang "A remote acoustic monitoring system for offshore aquaculture fish cage", 14th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, 2007. January 2008, DOI: 10.1109/MMVIP.2007.4430721
- [34] L. A. Kerr, S. X. Cadrin, K. D. Friedland, S. Mariani, and J. R. Waldman, Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science, 2nd ed. Academic Press, 2013.
- [35] O. A. Misund and A. Aglen, "Swimming behaviour of fish schools in the North Sea during acoustic surveying and pelagic trawl sampling," ICES Journal of Marine Science, vol. 49, no. 3, pp. 325–334, 1992.
- [36] C. Spampinato, D. Giordano, R. Di Salvo, Y.-H. J. Chen-Burger, R. B. Fisher, and G. Nadarajan, "Automatic fish classification for underwater species behavior understanding," in Proceedings of the First ACM International Workshop on Analysis and Retrieval of Tracked Events and Motion in Imagery Streams, ser. ARTEMIS '10. New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 45–50.
- [37] D. Chu, "Technology evolution and advances in fisheries acoustics," Journal of Marine Science and Technology, vol. 19, no. 3, pp. 245–252, 2011.
- [38] R. J. Urick, Principles of Underwater Sound, 3rd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1983.
- [39] A. H. Pham, B. Lundgren, B. Stage, and J. Jensen, "Ultrasound backscatter from free-swimming fish at 1 MHz for fish identification," in Ultrasonics Symposium (IUS), 2012 IEEE International, Oct 2012, pp. 1477–1480.
- [40] S. Han, Y. Kang, K. Park, and M. Jang. "Design of environment monitoring system for aquaculture farms,". in Conf. Rec. 2007 IEEE Frontiers In The Convergence of Bioscience and Information Technologies (FBIT 2007), pp. 889-893.
- [41] Y. Shifeng, K. Jing, and Z. Jimin, "Wireless monitoring system for aquiculture environment," presented at the IEEE international workshop on RF Integration Technology, Singapore, December 9-11, 2007, pp. 274-277.
- [42] Sharudin, Mohd S., Intelligent Aquaculture System via SMS. Universiti Teknologi Petronas, Malaysia, 2007.



Interreg

España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA
UNIÃO EUROPEIA