



# 5<sup>as</sup> JORNADAS

DE HIDRÁULICA, RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE



Universidade do Porto  
**FEUP** Faculdade de Engenharia

**SHRHA**  
SECÇÃO DE HIDRÁULICA  
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE



OUTUBRO [ 2010 ]

# SISTEMA PARA A MEDIÇÃO DOS MOVIMENTOS DE UM NAVIO AMARRADO NO POSTO "A" DO PORTO DE LEIXÕES BASEADO EM VISÃO ESTEREOSCÓPICA System for Measuring the Motions of a Moored Ship at the Berth "A" of the Leixões Oil Terminal Based on Stereoscopic Vision

PAULO MALHEIROS <sup>(1)</sup>, PAULO ROSA-SANTOS <sup>(2)</sup>, PAULO COSTA <sup>(3)</sup>, ANTÓNIO PAULO MOREIRA <sup>(3)</sup>,  
FERNANDO VELOSO-GOMES <sup>(4)</sup> e FRANCISCO TAVEIRA-PINTO <sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de Doutoramento, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, paulo.malheiros@fe.up.pt

<sup>(2)</sup> Assistente Convidado, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, pjrsantos@fe.up.pt

<sup>(3)</sup> Prof. Auxiliar, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, paco@fe.up.pt, amoreira@fe.up.pt

<sup>(4)</sup> Prof. Catedrático, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, vgommes@fe.up.pt

<sup>(5)</sup> Prof. Catedrático, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, fpinto@fe.up.pt

## Resumo

O comportamento de navios amarrados é um factor importante para as condições de operacionalidade e de segurança do Terminal de Petroleiros do Porto de Leixões. Para aumentar a eficiência das operações de carga/descarga é essencial a redução da amplitude dos movimentos do navio amarrado, assim como para a minimização dos riscos de segurança e ambientais.

Este trabalho consistiu no desenvolvimento de um sistema de visão estereoscópica para a medição do movimento de corpos rígidos em tempo-real. Os dados adquiridos com este sistema são essenciais para prever e prevenir situações potencialmente perigosas no Posto "A" do Porto de Leixões. Este sistema foi testado em laboratório antes da sua instalação no terminal. Para o efeito foi utilizado um modelo físico da área portuária em estudo, construído à escala geométrica 1/100.

Um filtro digital linear foi implementado para garantir a robustez e a confiança nas medidas. Os resultados obtidos pelo sistema desenvolvido foram comparados com os resultados de um sistema comercial desenvolvido para aplicações laboratoriais.

**Palavras-chave:** Modelação física; comportamento de navios amarrados; terminais portuários; medições em protótipo; filtro digital.

## Abstract

The behavior of moored ships is an important factor in the security and working conditions of the Oil Terminal in the Port of Leixões. The reduction of the amplitude of the moored ship motions is crucial to increase the on and off-loading operations efficiency as well as to reduce security and environmental risks.

This paper presents a stereoscopic vision system developed to measure the motion of rigid bodies in real-time. The data acquired with this system is essential to predict and prevent dangerous situations at Berth "A" of the Port of Leixões. Prior to installation on site the system was tested in laboratory in a physical model (scale 1/100).

To ensure the robustness and reliability of the obtained measurements a linear digital filter was implemented. The results obtained with the developed system were compared with a commercial motion capture system built for "in house" applications.

**Keywords:** Physical modeling; behavior of moored ships; port terminal; prototype measurements; digital filter.

## 1. Introdução

Na conjuntura actual, a competitividade e a eficiência das infra-estruturas portuárias são factores decisivos. É por isso essencial que os terminais portuários estejam operacionais durante praticamente todos os dias do ano e que o tempo de permanência do navio no porto seja minimizado. Por outro lado, a segurança do navio e do terminal não podem nem devem ser comprometidas.

Os problemas operacionais dos terminais portuários estão, com alguma frequência, associados à acção das ondas.

A redução da amplitude dos movimentos do navio amarrado é essencial para o aumento da eficiência das operações de carga/descarga, assim como para a redução dos riscos de segurança e ambientais, especialmente nos casos em que são movimentadas cargas potencialmente perigosas.

O estudo do comportamento de navios amarrados justifica-se na fase inicial de desenvolvimento de um novo porto ou terminal, determinando assim os efeitos de intervenções em postos de acostagem específicos. Este tipo de estudos pode também ser realizado com o objectivo de melhorar as condições de segurança e de operacionalidade de postos já existentes. Podem ser enumeradas três tipos de ferramentas para lidar com esta problemática: a experiência adquirida anteriormente em projectos relacionados; a modelação numérica; e a modelação física (Taveira Pinto *et al.*, 2008). As medições em protótipo dos movimentos de navios e das forças aplicadas nos cabos de amarração e nas defensas são escassas, apesar da sua importância para a investigação que é realizada no domínio da engenharia portuária. Por outro lado, os dados por vezes disponíveis nem sempre têm a qualidade desejada.

Este trabalho apresenta um sistema desenvolvido para a captura de movimento baseado em dados de visão estereoscópica e dados de um modelo físico, fundindo a informação recorrendo a um filtro de Kalman. Este filtro é tipicamente aplicado em casos onde existem medidas de grandezas afectadas por ruído, produzindo estimativas dos valores reais recorrendo a um modelo físico (Thrum *et al.*, 2005; Ribeiro, 2004). O filtro possui dois passos comuns a todos os algoritmos de localização probabilística: previsão e correcção (Rekleitis, 2004). Inicialmente é calculada a actualização do estado baseado num modelo do navio (medidas relativas) e a propagação da covariância do estado, sendo posteriormente incluída a informação do sistema de visão estereoscópica desenvolvido (medidas absolutas), sendo finalmente actualizada a covariância.

Os resultados obtidos são parte dos objectivos propostos pelo projecto DOLPHIN, que procura estudar o comportamento de navios amarrados em terminais de petroleiros (Figura 1). Os resultados apresentados neste trabalho foram obtidos num estudo experimental em que foi testado um modelo físico simplificado de um terminal portuário e da sua área circundante, construído com o intuito de analisar a influência do aumento da pré-tensão aplicada nos cabos de amarração nos movimentos de um navio amarrado.



Figura 1. Terminal de petroleiros do porto de Leixões.

## 2. Projecto DOLPHIN

O projecto de investigação e desenvolvimento DOLPHIN é financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) - PTDC/ECM/72835/2006 e pretende estudar o comportamento de navios amarrados em portos, em particular no Posto "A" do Terminal de Petroleiros do Porto de Leixões, procurando resolver alguns dos problemas operacionais identificados.

O Porto de Leixões situa-se na costa Noroeste de Portugal e possui um terminal petrolífero com três postos, Figura 1. O Posto "A" encontra-se localizado na entrada do porto e não garante as condições operacionais e de segurança durante 20% do tempo (em média), apesar da protecção oferecida pelo Quebramar Norte de Leixões (IHRH-FEUP/IST, 2005). Actualmente as condições existentes são melhores do que no passado, embora continue a existir margem para uma possível e desejável melhoria das mesmas. Neste posto de acostagem podem ocorrer quebras de cabos de amarração quando os navios amarrados apresentam movimentos de amplitude elevada. O Posto "A" possui fundos de serviço sensivelmente à cota -16 m ZHL, permitindo receber navios do tipo petrolífero até cerca de 105 000 dwt.

Na vizinhança do Porto de Leixões, as marés são do tipo semi-diurno e apresentam amplitudes entre os 2 e os 4 m. As condições de agitação marítima são muito energéticas. De facto, durante a ocorrência de tempestades, a altura de onda significativa (ao largo) pode atingir e ultrapassar os 8 m e os períodos de onda de pico podem ser da ordem de 16 a 18 s.

O projecto DOLPHIN procura clarificar a contribuição de alguns fenómenos físicos, já identificados anteriormente, nas situações de inoperacionalidade do Posto "A", assim como analisar a eficiência de algumas intervenções propostas em estudos anteriores tendo em vista a melhoria das condições de operacionalidade e de segurança existentes nesse posto de acostagem. Este projecto inclui a realização de testes em modelo físico, simulações numéricas e medições no protótipo (i.e., no Posto "A"). Os resultados apresentados neste trabalho foram obtidos com um modelo físico simplificado do Posto "A" e da sua área envolvente, construído com o intuito de analisar a influência do aumento das forças de pré-tensão aplicadas nos cabos de amarração no movimento do navio amarrado.

## 3. Estudo Experimental

O estudo em modelo físico foi realizado no tanque de ondas do Laboratório de Hidráulica da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto à escala geométrica de 1/100. O tanque existente possui 28 m de comprimento, 12 m de largura e 1,2 m de profundidade. A Figura 2 apresenta o modelo físico instalado no tanque de ondas.

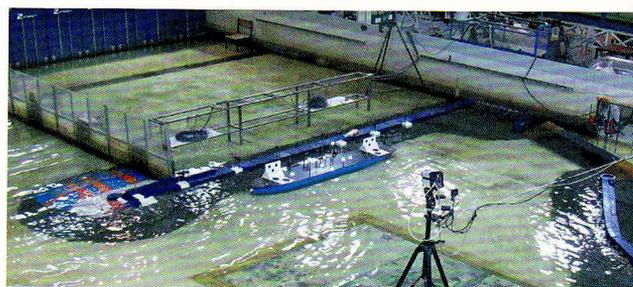


Figura 2. Modelo físico no tanque de ondas do Laboratório de Hidráulica da FEUP.

O navio seleccionado para o estudo procura representar a classe dos maiores navios petrolíferos que normalmente utilizam o Posto "A" e corresponde a um navio de 105 000 dwt, com 245 m de comprimento total.

Foram utilizadas molas helicoidais de precisão para reproduzir, no modelo físico, a elasticidade dos cabos de amarração do navio, e transdutores de força para medir com precisão as forças aplicadas nesses mesmos cabos.

Os movimentos do navio petrolífero amarrado, segundo os seis graus de liberdade existentes (avanço, deriva, arfagem, balanço, cabeceio e guinada), foram medidos em laboratório recorrendo ao sistema Qualisys – Motion Capture System, composto por três câmaras de infravermelhos.

Foram colocadas quatro sondas de níveis hidrodinâmicos, paralelas à direcção de propagação das ondas geradas, para registar a elevação instantânea da superfície livre da água, de forma a possibilitar uma análise posterior da reflexão da agitação.

Na extremidade do tanque de ondas oposta à do sistema de geração, foi instalada uma praia de dissipação com o objectivo de reduzir a reflexão da agitação marítima nessa fronteira do domínio de ensaio.

### 3.1. Sistema de visão estereoscópica

O sistema de visão apresentado foi desenvolvido para fornecer a posição absoluta de navios amarrados. Efectuar medições (em protótipo) com condições meteorológicas adversas pode ser difícil, sendo mesmo impossível em certos casos. Idealmente, as medições em protótipo deveriam também incluir informação relativa às condições de agitação (ondas de curto e longo períodos) em alguns locais seleccionados, as forças aplicadas nos cabos de amarração e nas defensas, assim como informação sobre o vento e as correntes marítimas (Taveira Pinto *et al.*, 2008).

Uma vez que existem várias condicionantes de segurança impostas num local tão volátil foi necessário recorrer a um sistema de medição passivo. Uma possível solução foi então recorrer a um sistema de visão artificial para determinar a posição do navio no Posto "A" (Figura 1) baseada em estereoscopia, usando duas ou mais câmaras. É possível adquirir imagens do navio de vários locais a uma distância de segurança, recorrendo a câmaras sincronizadas.

Após um processo de calibração é possível mapear pontos específicos do navio, que são observáveis de (pelo menos) duas câmaras, no espaço tridimensional. O último passo consiste apenas em determinar a posição e orientação do navio a partir de um conjunto de pontos no navio.

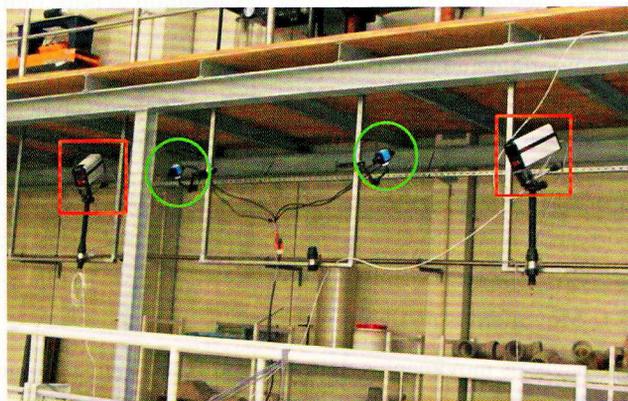


Figura 3. Câmaras instaladas no Laboratório de Hidráulica da FEUP. Câmaras Qualisys indicadas por quadrados (apenas duas apresentadas), câmaras de sistema desenvolvido indicadas por círculos.

Um sistema de captura Qualisys, composto por três câmaras, foi colocado no tanque de ondas para medir os movimentos do navio no estudo experimental, tendo as novas câmaras (do sistema desenvolvido neste trabalho) sido instaladas próximo das câmaras existentes (Figura 3), de forma a que as condições de filmagem fossem semelhantes.

As câmaras foram colocadas a cerca de 5 m de distância, com um ângulo aproximado de 45°. As câmaras do sistema Qualisys têm incluído um emissor de luz infravermelha. Essa luz é reflectida pelos marcadores esféricos colocados no navio, sendo estes registados pelo sistema de visão. Um computador pessoal (PC) processa os dados recebidos das três câmaras do sistema Qualisys e apresenta graficamente os marcadores em espaço 3D e gráficos com a posição do navio ao longo do tempo (Figura 4).

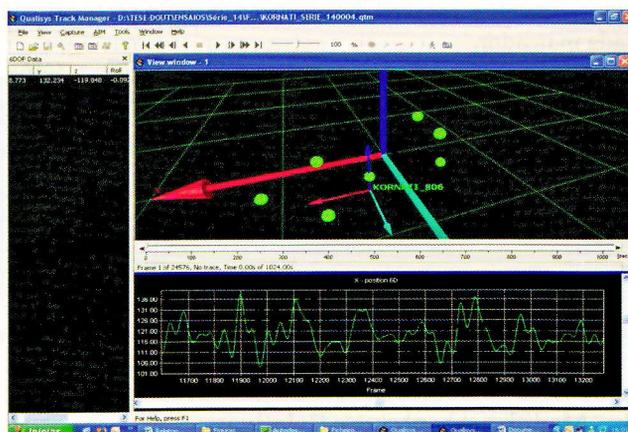


Figura 4. Layout do software do sistema Qualisys.

O sistema estereoscópico desenvolvido e montado em laboratório consistia em duas câmaras, identificadas por círculos na Figura 3, apontadas para o navio. A identificação da estrutura da cena vista pelas duas câmaras é a principal incógnita a determinar. O algoritmo utilizado para determinar uma primeira estimativa que caracterizasse esta estrutura foi o Normalized Eight-Point Algorithm (Hartley, 1997). Para uma correcta reconstrução métrica utilizou-se o algoritmo de minimização Levenberg-Marquardt.

Hartley e Zisserman (2004) indicam o algoritmo Eight Point como sendo o método mais simples de determinar a matriz fundamental, necessitando apenas de construir e resolver (mínimos quadrados) um conjunto de equações lineares. Tendo um ponto  $x$  numa imagem o seu correspondente ponto  $x'$  noutra imagem (Figura 5), a matriz fundamental  $F$  tem de satisfazer a seguinte condição:

$$x'Fx = 0 \quad [1]$$

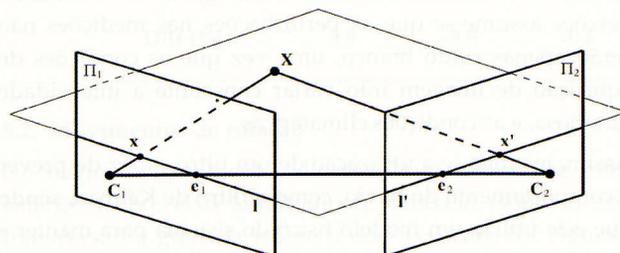


Figura 5. Esquema estereoscópico - geometria epipolar.

O processo de calibração conclui-se determinando a geometria das câmaras após a computação da matriz  $F$ . Os parâmetros intrínsecos das câmaras são representados pelas matrizes  $A$  e  $A'$ , estas têm informação sobre a distância focal e geometria do CCD. Assumindo que o pixel na primeira imagem é  $x=A[I0]X$ , em que  $[I0]$  representa uma matriz identidade de dimensão  $3 \times 4$ . Uma estimativa da matriz de rotação  $R$  e da matriz de translação  $T$  pode ser extraída a partir da segunda imagem, visto que  $x'=A'[RT]X$ . A reconstrução métrica é alcançada através de uma função de minimização sobre os valores de rotação e translação.

Foram desenhados marcadores específicos para colocar no modelo físico do navio, que consistiam em círculos pretos em fundo branco colocados em dois planos perpendiculares (Figura 6). Esses marcadores foram colocados na proa e na popa do navio. Após a implementação do sistema descrito anteriormente é possível determinar a posição no espaço de cada marcador.

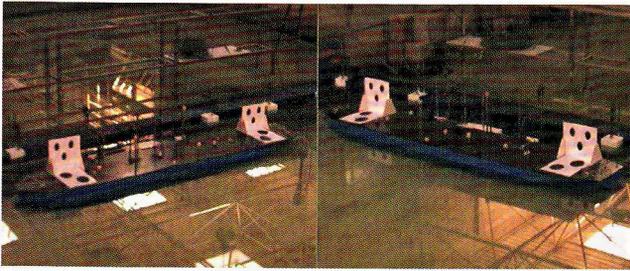


Figura 6. Imagens do navio obtidas com o sistema desenvolvido.

#### 4. Medidas Absolutas e Relativas

A posição do navio nos seus seis graus de liberdade tem de ser descrita a partir da posição individual de cada marcador. Esta posição refere-se ao centro de massa do navio que se situa, aproximadamente, 100 mm abaixo do convés, medindo a partir do centro deste.

A determinação da equação do plano

$$ax + by + cz + d = 0 \quad [2]$$

composto pelos marcadores situados no convés, através de mínimos quadrados, permite definir o vector  $(a,b,c)$  normal a esse mesmo plano. Encontrando-se o centro de massa do navio a 100 mm na direcção do vector para o interior do navio, seguindo esse ponto pode-se extrair os três graus de liberdade para a translação. Os restantes três graus de liberdade da rotação são determinados usando o vector que une os marcadores da popa com os marcadores da proa.

Tal como foi referido na introdução, os dados da posição do navio estarão afectados por ruído o que justifica a utilização de um filtro para a minimização desse mesmo ruído. Estando este sistema destinado a ser utilizado no Porto de Leixões assume-se que as perturbações nas medições não serão apenas ruído branco, uma vez que as condições de aquisição de imagem irão variar consoante a intensidade luminosa, e as condições climatéricas.

Assim, justifica-se a utilização de um filtro capaz de prever o comportamento do navio, como o filtro de Kalman, sendo que este utiliza um modelo físico do sistema para manter e actualizar uma variável de estado do modelo.

Os movimentos de translação do navio amarrado podem ser descritos como um sistema massa-mola, onde o navio é representado por um cubóide rectangular e os cabos de amarração por molas. A cada um dos graus de liberdade pode-se associar uma mola, tendo assim seis sistemas massa-mola independentes.

O modelo linear clássico de um corpo com movimento unidimensional e ligado a uma parede através de uma mola é dado pela expressão,

$$ma = -k_s x \quad [3]$$

em que  $m$  representa a massa do corpo,  $a$  a aceleração,  $k_s$  a constante da mola e  $x$  a posição do objecto. Consequentemente, tem-se a seguinte equação de estado

$$\begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{t}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k_s}{m} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ t(t) \end{bmatrix} \quad [4]$$

em que  $a(t) = \ddot{v}(t)$  representa a aceleração e  $v(t) = \dot{x}(t)$  a velocidade. A equação às diferenças na forma discreta da Eq. 4 será

$$x[k] = \frac{2}{1 + \frac{k_s \Delta t^2}{m}} x[k-1] - \frac{1}{1 + \frac{k_s \Delta t^2}{m}} x[k-2] \quad [5]$$

A solução obtida, através dos mínimos quadrados da Eq. 5 escrita sob a forma  $x[k] = a_1 x[k-1] - a_2 x[k-2]$  deverá resultar em  $a_1 \approx 2a_2$  para que este sistema possa ser aproximado a um sistema massa-mola.

Utilizando uma amostra temporal de um movimento unidireccional obtido pelo sistema Qualisys obteve-se o resultado desejado,  $a_1 = 1.89$  e  $a_2 = 0.89$ . O filtro de Kalman pode então ser implementado usando a matriz do modelo de estado

$$e^{At} = \begin{bmatrix} \cos\left(\sqrt{\frac{k_s}{m}}t\right) & \frac{\sin\left(\sqrt{\frac{k_s}{m}}t\right)}{\sqrt{\frac{k_s}{m}}} \\ -\sqrt{\frac{k_s}{m}}\sin\left(\sqrt{\frac{k_s}{m}}t\right) & \cos\left(\sqrt{\frac{k_s}{m}}t\right) \end{bmatrix} \quad [6]$$

Através desta equação verifica-se que o filtro de Kalman permite a compensação em tempo-real da massa do navio  $m$  e da tensão aplicada nos cabos de amarração  $k_s$ .

#### 5. Aplicação do Filtro de Kalman

Os resultados apresentados nesta secção foram obtidos num teste experimental escolhido aleatoriamente e visam ilustrar o comportamento do mesmo.

Nas Figuras 7 e 8 estão representadas as formas de onda do movimento do navio, estando o sinal do Sistema de Visão Estereoscópica (SVE) deslocado verticalmente para facilitar a análise comparativa, em que a série inferior do gráfico corresponde ao SVE e a série superior aos dados do Qualisys - Motion capture System (QS).

##### 5.1. Movimentos de translação

No navio os movimentos de translação classificam-se como avanço (frente/trás), deriva (movimentos laterais) e arfagem (cima/baixo). Na Figura 7 está representada uma amostra temporal do teste no intervalo [470; 500] s.

Da análise da Figura 7 verifica-se que os três graus de liberdade de translação têm orientação e amplitude semelhantes em ambos os sistemas. O Quadro 2 apresenta a amplitude de onda máxima (Max) e significativa (Sign) para a translação do sistema SVE e QS, assim como a diferença (Dif) entre os dois sistemas em percentagem. São apresentados os resultados do SVE sem filtragem (Raw) e com o filtro de Kalman (Filt), verificando uma melhoria, nomeadamente uma redução na diferença entre os sistemas, principalmente na altura de onda significativa, que corresponde à altura média das 33% ondas com maior altura registadas durante o teste.

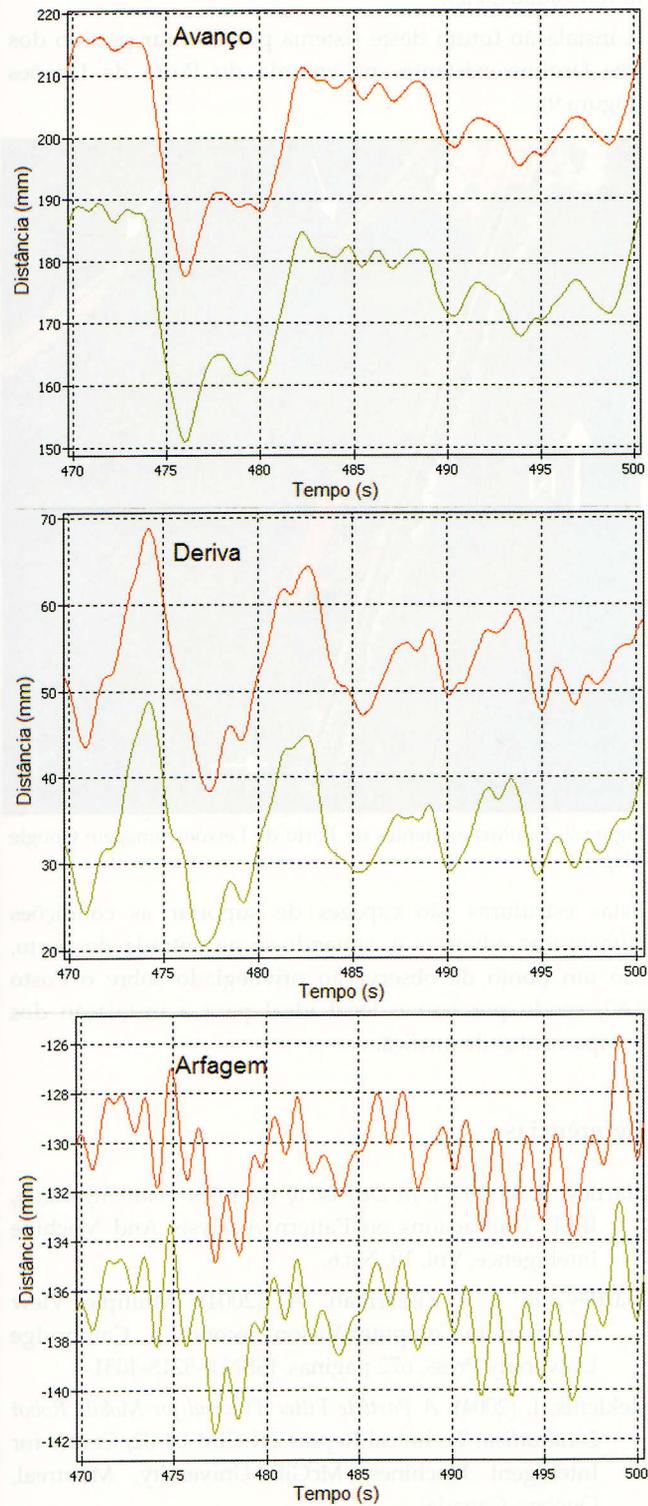


Figura 7. Amostra temporal dos movimentos de translação do navio num teste. Linha superior com QS e linha inferior com SVE.

Quadro 1. Medidas de translação.

CATEGORIA DE MOVIMENTO	MOVIMENTOS DO NAVIO		
	AVANÇO	DERIVA	ARFAGEM
MAX QS (m)	9,74	4,11	0,95
SVE Raw (m)	9,73	4,10	1,00
Diff (%)	-0,1	0,0	5,5
SIGN QS (m)	2,65	1,92	0,47
SVE Raw (m)	2,53	1,87	0,47
Diff (%)	-4,7	-2,7	-0,9
MAX QS (m)	9,74	4,11	0,95
SVE Filt (m)	9,74	4,11	1,00
Diff (%)	0,0	0,1	5,6
SIGN QS (m)	2,65	1,92	0,47
SVE Filt (m)	2,66	1,91	0,48
Diff (%)	0,2	-0,5	0,6

Quadro 2. Medidas de rotação.

CATEGORIA DE MOVIMENTO	MOVIMENTOS DO NAVIO		
	BALANÇO	CABECEIO	GUINADA
MAX QS (grau)	0,24	0,07	0,20
SVE Raw (grau)	0,24	0,07	0,20
Diff (%)	1,6	-5,6	2,2
SIGN QS (grau)	0,11	0,04	0,09
SVE Raw (grau)	0,11	0,03	0,08
Diff (%)	0,9	-4,7	-2,3
MAX QS (grau)	0,24	0,07	0,20
SVE Filt (grau)	0,24	0,07	0,20
Diff (%)	-2,2	-6,6	1,7
SIGN QS (grau)	0,11	0,04	0,09
SVE Filt (grau)	0,11	0,03	0,08
Diff (%)	0,9	-3,8	-0,6

5.2. Movimentos de rotação

No navio os movimentos de rotação classificam-se como balanço (sobre eixo longitudinal), cabeceio (sobre o eixo transversal) e guinada (sobre o eixo vertical). Na Figura 8 estão representados os movimentos de translação para o mesmo intervalo utilizado ([470; 500] s).

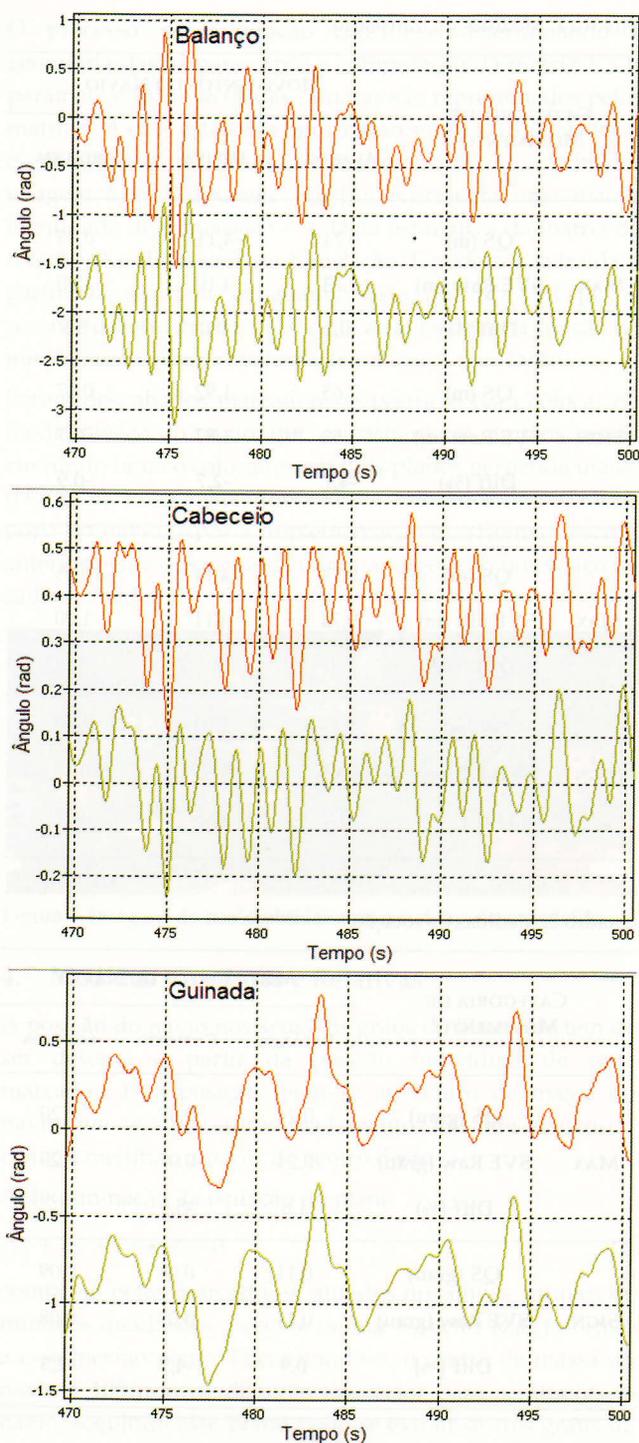


Figura 8. Amostra temporal dos movimentos de rotação do navio num teste. Linha superior com QS e linha inferior com SVE.

Tal como sucedido com os movimentos de translação, o SVE foi capaz de registar as rotações do navio de forma semelhante ao sistema QS. Houve uma aproximação significativa dos resultados recorrendo ao filtro de Kalman.

## 6. Conclusões e Trabalhos Futuros

O sistema de visão estereoscópica desenvolvido neste trabalho foi capaz de medir com grande precisão a amplitude dos movimentos do navio amarrado segundo todos os graus de liberdade existentes. Os resultados mostraram grande concordância com o sistema comercial Qualisys, sendo que o sistema desenvolvido apresenta uma escalabilidade elevada.

Este sistema desenvolvido de raiz permite a escolha óptima de câmaras e objectivas para a aplicação em causa, assim como apresenta poucas restrições ao nível de processamento e oferece total controlo nas questões de processamento.

O objectivo principal desta aplicação é a sua utilização no acompanhamento dos movimentos de navios no Posto "A" do Porto de Leixões.

O Filtro de Kalman provou ser capaz de acompanhar o estado do navio compensando perturbações que deverão aparecer frequentemente no local (climáticas, luminosidade, etc).

A instalação futura deste sistema poderá tirar partido dos três farolins existentes na entrada do Porto de Leixões (Figura 9).



Figura 9. Farolins existentes no Porto de Leixões (imagem Google Maps).

Estas estruturas são capazes de suportar as condições climáticas adversas e, situando-se na entrada do porto, são um ponto de observação privilegiado sobre o Posto "A", sendo por isso o local ideal para a instalação dos equipamentos de medição.

## Referências

- Hartley, R. I. (1997). *In Defense of the Eight-Point Algorithm*, IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 19, No.6.
- Hartley, R. I. e Zisserman, A. (2004). *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Second Ed., Cambridge University Press, 672 páginas. ISBN 0-5215-4051-8
- Rekleitis, I. (2004). *A Particle Filter Tutorial for Mobile Robot Localization*, Technical Report TR-CIM-04-02, Centre for Intelligent Machines, McGill University, Montreal, Quebec, Canada.



# 5<sup>as</sup> JORNADAS

DE HIDRÁULICA, RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE

## Editorial

<b>Contributos para a Revisão do Plano de Ordenamento da Orla Costeira na Região Norte.</b> <i>Fernando Veloso-Gomes</i> .....	1
<b>Dimensionamento Optimizado de Quebramares de Taludes. Aplicação ao Manto Resistente do Quebramar Norte do Porto de Leixões.</b> <i>Paulo Cunha e Francisco Taveira-Pinto</i> .....	5
<b>Contributos para a Revisão do Plano de Ordenamento da Orla Costeira na Região Centro.</b> <i>Fernando Veloso-Gomes</i> .....	15
<b>Análise do Comportamento Hidromorfológico do Quebramar da Aguda.</b> <i>Rui Pimenta Freire e Francisco Taveira-Pinto</i> .....	23
<b>Técnicas de Processamento de Imagem Vídeo para a Análise da Interação Onda-Estrutura entre Quebramares Destacados e Estruturas Portuárias.</b> <i>Hugo Guedes-Lopes, Francisco Taveira-Pinto, Fernando Veloso-Gomes e Rafael Molina Sánchez</i> .....	33
<b>Sistema para a Medição dos Movimentos de um Navio Amarrado no Posto "A" do Porto de Leixões Baseado em Visão Estereoscópica.</b> <i>Paulo Malheiros, Paulo Rosa-Santos, Paulo Costa, António Paulo Moreira, Fernando Veloso-Gomes e Francisco Taveira-Pinto</i> .....	41
<b>Contributos para o Plano de Ordenamento do Estuário do Douro.</b> <i>Fernando Veloso-Gomes</i> .....	49
<b>Modelação Hidráulica e Calibração do "Subsistema Lever - Sector norte" da Empresa Águas do Douro e Paiva, SA.</b> <i>Sérgio Duarte, Mário Valente-Neves e Rui Boaventura</i> .....	57
<b>Problemática e Análise da Erosão das Margens de um Curso de Água. Exemplo de Aplicação ao Rio Neiva.</b> <i>Hélder Magalhães e Rodrigo Maia</i> .....	67
<b>Análise da Evolução Morfológica da restinga do Rio Douro.</b> <i>Inês Santos, Ana Cláudia Teodoro e Francisco Taveira-Pinto</i> .....	75
<b>Especificações Técnicas para o Aproveitamento da Água das Chuvas e das Águas Cinzentas nos Edifícios.</b> <i>Mário Valente-Neves e Armando da Silva Afonso</i> .....	89
<b>Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor. Projecção e Construção.</b> <i>Luís Lopes dos Santos e António Pinho de Miranda</i> .....	99
<b>Estudos em Modelo Reduzido de Percolação em Barragens de Aterro.</b> <i>José Couto Marques e Mário Unas</i> .....	109
<b>Análise Experimental de um Escoamento de Ruptura de Barragem</b> <i>Rui Aleixo</i> .....	117
<b>Problemática e Soluções para a Descarga de Caudais Ecológicos em Aproveitamentos Hidráulicos Existentes. Exemplos.</b> <i>Ana Ferreira e Rodrigo Maia</i> .....	127
<b>Dissipação de Energia a Jusante de um Descarregador Não-Convencional.</b> <i>Nuno Figueiredo e Maria Fernanda Proença</i> .....	139
<b>Metodologia Prática para a Delimitação de Leitões de Cheia em Zonas Estuarinas. Exemplo de Aplicação ao Rio Neiva.</b> <i>Juliana Mendes e Rodrigo Maia</i> .....	147

Nota: Os textos e a qualidade das imagens são da responsabilidade dos autores.