



// I&D

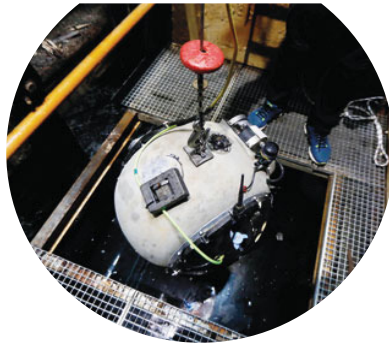
INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO



O EXPLORADOR DAS PROFUNDEZAS

Os submarinos robóticos do projeto Unexmin foram desenvolvidos para mapear minas na mais completa incomunicabilidade durante horas. Em abril, chegou a vez de desafiar o abismo negro das Minas da Urgeiriça

Texto: Hugo Séneca Fotos: Marcos Borge



C

Carlos Almeida está sobre um estrado metálico que o impede de cair no abismo de 600 metros de água escura que hoje cobre as galerias da mina da Urgeiriça, Nelas. Todos os movimentos são feitos num misto de cautela e respeito. No centro, um fosso quadrado dá acesso direto à água. É nesse ponto que se encontra a flutuar um dos submarinos robóticos desenvolvidos pelo consórcio europeu Unexmin, enquanto não inicia uma nova leva de testes. O investigador do INESC TEC é o operador principal do veículo robótico, mas desceu até à entrada da Mina desativada, a cinco metros de profundidade, com o odor de água podre a insidiar-se nas narinas, para acompanhar a submersão. «O robô só arranca com a missão depois de mostrar os sinais vitais, que confirmam que os vários sensores estão a funcionar. Só depois disso se pode mandar o robô lá para baixo. Pensando que não... temos aqui meio milhão de euros de submarino!», estima o investigador do INESC TEC.

A extração de urânio na Mina da Urgeiriça parou no início dos anos 1990. Hoje, a entrada na mina encontra-se fechada – e as várias galerias estão inundadas. O que cria um cenário especialmente complexo para o caso de a Empresa de Desenvolvimento Mineiro (EDM) alguma vez tentar reativar a extração ou sim-

Os robôs do Unexmin foram testados nas Minas da Urgeiriça no início de Abril. O recorde de profundidade está fixado nos 111 metros

plesmente tiver de proceder a ações de manutenção.

O caso está longe de ser único. De acordo com os números recolhidos pelo consórcio Unexmin há mais de 30 mil minas inundadas na Europa. Um número que levou os investigadores do Unexmin a puxarem pela ousadia. «Há dois anos, depois de explicar o projeto, houve um colega meu que me respondeu que é mais fácil mandar um robô explorar a Lua, que colocá-lo a operar dentro de numa mina alagada», lembra Norbert Zajzon, coordenador do projeto Unexmin e responsável pelo Departamento de Geologia da Universidade de Miskolc, da Hungria.

Depois de um primeiro teste numa mina de Katiaala, na Finlândia, que tinha uma entrada mais acessível, os robôs do Unexmin foram postos à prova no final do verão passado em Idrija, na Eslovénia, descendo a uma mina que implicou a descida de autómatos e humanos à penumbra total, a 230 metros de profundidade.

Na Urgeiriça, a água tomada pelo breu está a cinco metros da superfície, e esse detalhe facilitou a deslocação de Carlos Almeida entre o fosso onde o robô foi colocado para submersão e o local onde guia o autómato com um joystick e vê nos diferentes ecrãs imagens produzidas pelas câmaras óticas e pelos sonares e lasers que ajudam a identificar paredes e obstáculos em redor.

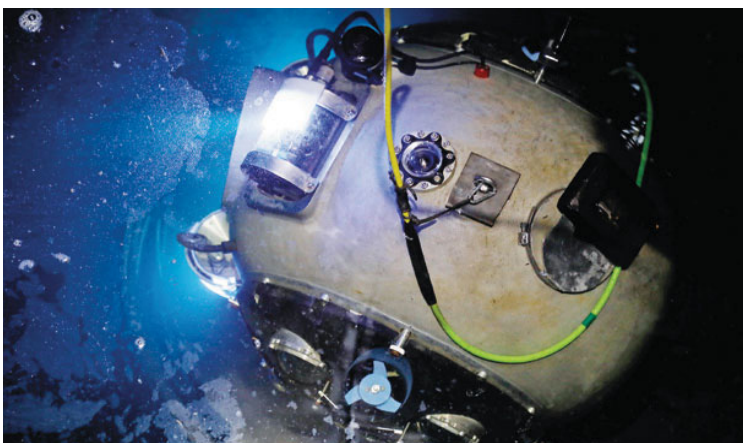
«O Carlos manda os controlos por joystick, mas o robô é que vê se pode ou não executar aquelas operações (tendo em conta os obstáculos em volta). Neste caso, o robô está a ser controlado em condução semi-assistida», explica Alfredo Martins, investigador do INESC



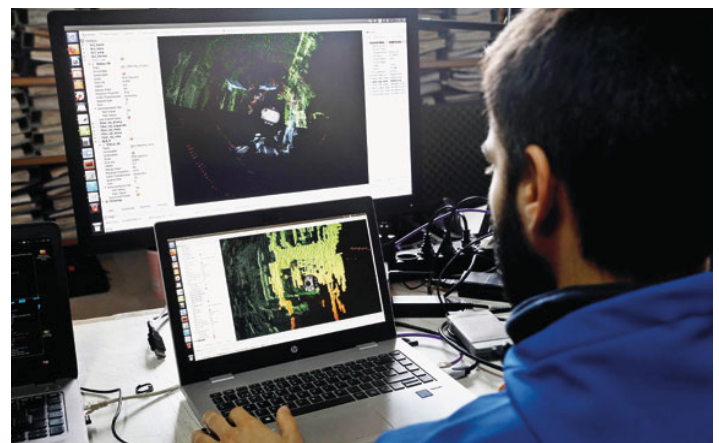
Alfredo Martins, investigador do INESC TEC: os robôs do Unexmin sabem evitar obstáculos e regressar ao ponto de partida

TEC e professor do Instituto Superior Politécnico do Porto (ISEP), enquanto colega vai mostrando as habilidades que o robô do Unexmin consegue executar.

Depois da Urgeiriça, já há mais dois testes agendados: em maio, os robôs Unexmin deverão viajar até Ecton, no Reino Unido, para levar a cabo mais um teste. E depois haverá um ensaio final que foi adicionado recentemente, com a ida a uma gruta alagada nos arredores de Budapeste. Apesar da complexidade dos testes, a expectativa mantém-se centrada numa prova de fogo em que o desempenho dos robôs submarinos pode fazer toda a diferença: na Ucrânia, há uma mina de sal nas imediações do rio Tisza em risco de colapsar – o que pode produzir efeitos catastróficos para o ecossistema. «Caso a mina de colapse, há o risco de água salgada alcançar o rio Tisza e afetar a fauna e flora na Ucrânia,



Além de sonares, o robô usa um sistema de luz estruturada que permite efetuar um mapeamento de Alta Resolução



Na Urgeiriça, o robô operou ligado por cabo, mas numa missão real terá de funcionar sem ligação a terra



//I&D / PORTUGAL FAZ BEM

UNEXMIN

UNDERWATER EXPLORER FOR FLOODED MINES
WWW.UNEXMIN.EU

Norbert Zajzon, coordenador do Unexmin: a primeira prova de fogo poderá ser feita numa mina em risco de colapso na Ucrânia

na Roménia, na Hungria, na Sérvia ou até chegar ao Danúbio. Já nos disseram que gostavam de contar com os nossos serviços. Possivelmente, será o nosso primeiro contrato», explica Norbert Zajzon.

Depois dos primeiros ensaios bem-sucedidos, e das várias mostras de interesse, o consórcio Unexmin decidiu avançar para a criação de uma empresa – a Unexmin Georobotics.

«A empresa criada durante o projeto Unexmin não tem por objetivo vender robôs, mas sim prestar serviços. Até porque pode não se justificar uma empresa comprar um robô destes... a menos que essa empresa tenha mesmo muitas minas alagadas para explorar», adianta Alfredo Martins.

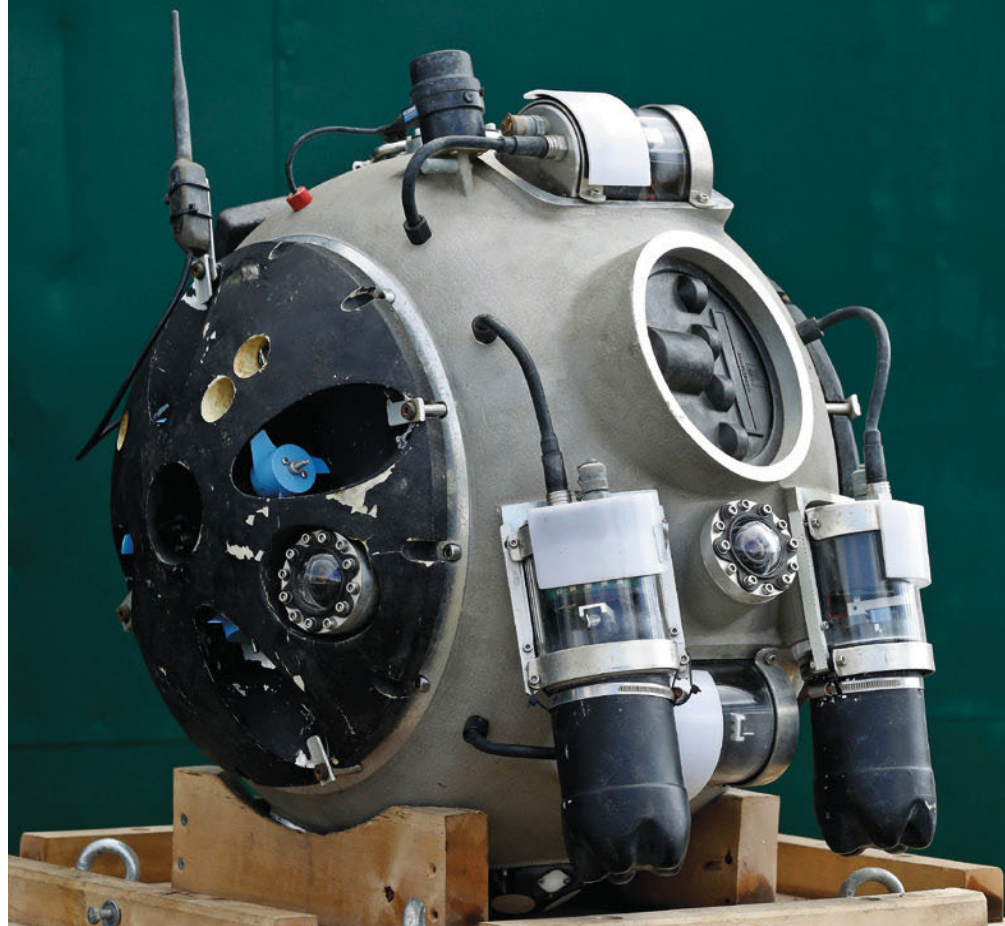
Entre os potenciais clientes dos submarinos robóticos, figuram empresas especializadas no setor mineiro na análise geológica de grutas e minas. Tanto Alfredo Martins como Norbert Zajzon são perentórios quanto ao estado da arte: não há nenhuma ferramenta no mundo que consiga fazer o mesmo que os robôs do projeto Unexmin prometem vir a fazer rotineiramente.

«Estes robôs só fazem a exploração, e não têm funções de extração de minérios. O que significa que estes robôs não dispensam as escavações que têm de ser feitas para se saber se é viável reativar uma mina... só que essas escavações podem custar cinco ou dez milhões de euros, sendo que talvez só uma em dez dessas escavações confirma que há mesmo condições para reativar uma mina. Com estes robôs, torna-se possível saber qual o estado das galerias e obter informação mineralógica que permite decidir se vale ou não a pena avançar com uma escavação e o

MUITO MAIS QUE APENAS ESFERAS

Os robôs exploradores do projeto Unexmin foram desenhados com configuração esférica para evitar obstáculos ou bloqueios. Pesam entre 112 e 113 quilos e, no interior, têm um pêndulo usado para executar movimentos no sentido descendente, sem ter de ativar os oito motores elétricos que o equipam. Os robôs estão preparados para viajar até aos 500 metros de profundidade (até à data o recorde foi fixado em 111 metros). E têm um arsenal de sensores: um sonar de multifeixe que permite fazer mapeamentos através de uma nuvem de pontos, um sonar de efeito de doppler para medições face ao fundo, um sonar de varrimento mecânico para detetar obstáculos, e quatro sensores de luz estruturada que combinam câmaras óticas e feixes de laser no mapeamento de Alta Resolução. Apesar de maior resolução, os sensores de luz estruturada têm uma limitação face ao sonar: em água límpida podem ter alcances de seis metros, mas perdem muito alcance quando a água está turva. A bordo do robô submarino segue um sensor geológico desenvolvido pela Universidade de Miskolc, que recolhe informação das rochas através de uma câmara multiespectral que capta

os reflexos emitidos por luzes em 14 bandas de frequências. Os robôs do Unexmin também dispõem de sensores que registam temperatura, acidez ou condutividade da água. Prevê-se que um dos protótipos possa atuar com um reservatório de amostras e sensores de radioatividade. Todos os equipamentos são controlados por software criado no INESC TEC que corre em três computadores de alto desempenho. Os robôs foram desenhados para operar em modo autónomo – e descarregar os dados por redes sem fios, apenas quando vêm à superfície. A velocidade máxima de referência está fixada em meio metro por segundo. A autonomia energética tem como referência as cinco horas de funcionamento. O Unexmin foi desenvolvido em parceria por: INESC TEC; Empresa de Desenvolvimento Mineiro (EDM); Universidade de Miskolc; Instituto de Investigação Geológica da Eslovénia; Universidade de Tecnologia de Tampere (Finlândia); Universidade Politécnica de Madrid; Centro de Investigação de La Palma (Espanha); consórcio 4dcoders; Fundo Educativo da Mina de Ecton; Federação Europeia de Geologistas; Geo-Montan; e o Centro de Gestão do Legado Histórico do Mercúrio de Idrija (Eslovénia).





Com os seus sensores, o robô EVA serviu de guia à barçaça e à máquina extratora do projeto VAMOS

respetivo investimento de 10 milhões», sublinha Norbert Zajzon.

SEM COMUNICAÇÕES

O pioneirismo do projeto tem implícito um elogio ao engenho do INESC TEC, que assumiu a responsabilidade de desenvolver o design, a incorporação de sensores, a navegação e todas as funcionalidades autónomas do robô. Nos testes levados a cabo na Urgeiriça, o robô do projeto Unexmin foi lançado à líquida escuridão com um cabo que lhe permite manter a comunicação com o exterior em tempo real, mas este é apenas um cenário típico de ensaios. Os robôs têm vindo a ser desenvolvidos para operarem sem comunicação com o exterior. O que os obriga a serem totalmente autónomos na exploração e mapeamento.

«Os submarinos que operam no mar são sempre um pouco mais leves que a água. É isso permite que, em caso de ficarem inoperacionais, estes submarinos venham à tona de água. Numa mina, este robô não pode vir à superfície. Se algo falhar, o robô tem de regressar ao ponto de onde saiu», explica Alfredo Martins.

O design reflete o elevado grau de complexidade dos ambientes em que os robôs do Unexmin operam: ao adotarem uma configuração esférica, os investigadores do INESC TEC pretendem reduzir as



ROBÔS MINEIROS

O Unexmin não é o único projeto de desenvolvimento de robôs "mineiros" em que o INESC TEC participa. Entre janeiro de 2015 e janeiro de 2019, os investigadores nortenhos colaboraram no desenvolvimento de uma solução conhecida por Viable Alternative Mine Operating System (VAMOS) que recorre a veículos robotizados com capacidade de extração de minerais. O projeto, desenhado para minas a céu aberto, contemplou a construção de três módulos: uma barçaça com guincho e gerador de combustível; uma máquina extratora com lagartas e dentes numa liga metálica que extraem materiais a partir do fundo e das margens alagadas; e um robô submarino que dispõe de vários sensores que recolhem informação das operações em tempo real. A máquina extratora recebe energia e troca dados por um cabo que a liga à barçaça. Esta máquina dispõe ainda de um tubo que envia para fora da zona alagada o material extraído, permitindo recuperar grande parte da água gasta no processo. Além de um motor

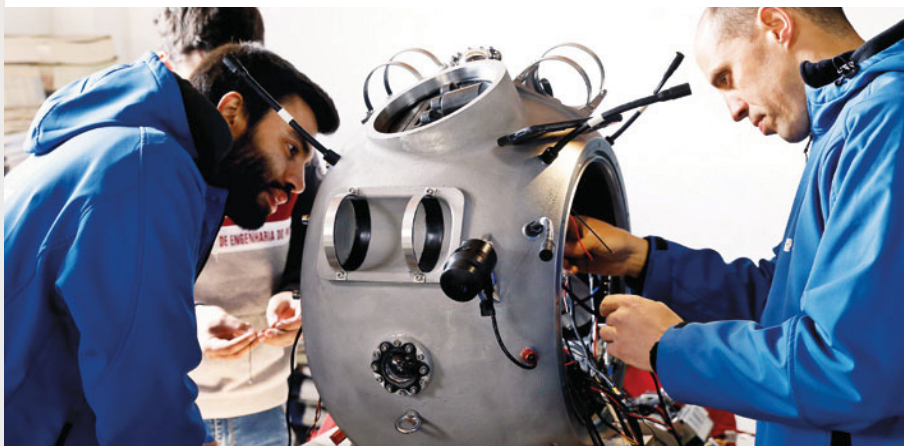


elétrico, o mineiro robotizado recorre a motores hidráulicos no processo de extração. Pesa cerca de 26 toneladas; com 25 metros de comprimento e 1,8 de largura. Dispõe de sonares multifeixe e de luz estruturada, mas grande parte do mapeamento é assegurado pelo robô submarino de nome EVA. O EVA pesa 160 quilos. Mede 1,6 metros de comprimento, por 70 centímetros de largura e 60 de espessura. Dispõe de um sonar de efeito de doppler, sistema inercial, GPS, e sistema acústico que obtém medidas de referência face a transdutores que se encontram na barçaça. Toda a informação é enviada para o centro de controlo a fim de produzir mapas virtuais atualizados. O sistema foi pensado para operar, pelo menos, oito horas sem interrupções. Numa versão comercial poderá ter o dobro do peso. O projeto foi testado com sucesso em minas da Irlanda e Reino Unido. INESC TEC, SMD, BMT, Damen e Sandvik são os principais membros do consórcio. Na atualidade, há 5000 minas a céu aberto na Europa.

probabilidades de o autómato ficar preso num qualquer obstáculo. A velocidade de meio metro por segundo também está longe de arregalar os olhos de um entendido em robótica, mas está em consonân-

cia com os requisitos técnicos exigidos a uma máquina que tem de analisar todos os riscos inerentes a cada movimento e pretende ter uma autonomia energética de cinco horas. «Os motores elétricos do robô executam cinco dos seis eixos de movimento. O movimento que leva o robô a ir para baixo é executado com recurso a um pêndulo. Esta solução tem a vantagem de consumir menos energia», refere Alfredo Martins.

Até outubro, vão ser desenvolvidos três protótipos de robôs submarinos. Nem todos serão iguais, recorda Alfredo Martins, dando como exemplo duas das máquinas que vão sendo afinadas e adaptadas: «vão ser produzidos três protótipos para efeitos de redundância e para a colocação de diferentes sensores. Por exemplo, um destes robôs já tem capacidade para recolher amostras de água e dispõe de um sensor de radioatividade».



O INESC TEC criou uma plataforma esférica que permite conectar sensores geológicos e de radioatividade, bem como coletores de amostras



//I&D

Na mina da Urgeiriça há um robô em ação