

Luma: pequenas
modificações para
ser levado ao
mar da Antártida

Robôs aquáticos

Cinco veículos desenvolvidos no país exploram por operação remota o fundo do mar, rios, lagos e represas

MARCOS DE OLIVEIRA

Eles não falam e passam longe da imagem humana com um tronco, dois braços e duas pernas, mas servem para ir onde o homem nunca esteve ou tem muita dificuldade em chegar, como no fundo do mar ou em áreas alagadiças da Amazônia. Por essa capacidade de substituir o homem, cinco máquinas desenvolvidas por pesquisadores brasileiros, que vão atuar essencialmente na água, podem ser chamadas de robôs. Um deles foi concebido para inspecionar dutos na Floresta Amazônica, para onde segue neste mês de novembro, e se locomover por meio de rodas especiais em rios e lagoas. Outro serve para inspeção de represas e do ambiente marinho e deve ser levado, também neste mês, para a região polar Sul para colaborar no levantamento da fauna, das algas e dos microorganismos que vivem no mar da baía do Almirantado onde está localizada a estação de pesquisa brasileira na Antártida. Dois deles, quando estiverem totalmente finalizados, poderão ser guiados, de forma remota, por um sistema de *software* e sensores, para inspecionar dutos marinhos, explorar a topografia do fundo do mar e colaborar na prospecção de petróleo. O último passa pelos retoques finais para inspecionar, principalmente, o fundo de rios e visoriar a fundação de pontes. Os cinco são

os mais recentes representantes desse tipo de tecnologia que está em pleno crescimento no mundo. Poucas empresas, entre norueguesas, canadenses e japonesas, produzem tais robôs, mas várias universidades e centros de pesquisa mundo afora estão desenvolvendo esses artefatos aquáticos e robóticos.

O brasileiro que será levado para a Antártida foi concebido inicialmente para inspecionar túneis subaquáticos de usinas hidrelétricas que levam a água das barragens até as turbinas. O robô foi elaborado e construído na Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharias (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para a Ampla, empresa distribuidora de energia elétrica, antiga Companhia Elétrica do Estado do Rio de Janeiro (Cerj), usar na inspeção de suas hidrelétricas. Munido de câmeras fotográficas, o robô já foi usado em inspeção de barragens. Ele foi finalizado em 2006, depois de três anos de desenvolvimento. “Depois disso surgiu o interesse dos colegas da biologia marinha da UFRJ sobre minha sugestão de usar o robô para exploração do mar antártico durante o Ano Polar Internacional (API), de março de 2007 a março de 2009. Pedimos uma licença de uso para a Ampla e começamos a adaptar o Luma (o nome do robô) para o ambiente polar Sul”, diz o professor Liu Hsu, coordenador do

projeto. O nome Luma, de acordo com Hsu e outro pesquisador, Ramon Romankevicius Costa, se deve ao fato de só existirem homens na equipe. Eles contam que a referência a Luma de Oliveira, madrinha de bateria de várias escolas de samba do Rio de Janeiro, pode ter sentido, mas desconversam.

O principal desafio dos pesquisadores agora é adaptar o Luma para mergulhar na Antártida até a profundidade de 500 metros, porque o robô foi construído para operar, no máximo, a 50 metros. “Para isso trocamos a estrutura, que era de alumínio, para um material plástico, um polímero chamado de acetal, muito denso e resistente a deformações”, diz Costa. Outra adaptação é a substituição de um criativo sistema de flutuadores com garrafas PET, as garrafas plásticas usadas em refrigerantes e água mineral. Elas, por serem muito resistentes, fazem o papel de compensadores em relação ao motor que empurra o robô para o fundo do mar. “Qualquer problema de mau funcionamento do motor, o Luma volta à superfície e bóia”, diz Costa. “Elas são pressurizadas e recebem até 80 libras, algo como três vezes mais que os pneus de um carro de passeio.” Mas na Antártida, com pressões maiores no fundo do mar, as garrafas PET não vão agüentar. Em outubro, eles testavam garrafas de alumí-



CENPES/PETROBRAS

Chico Mendes:
testes na Amazônia e
detalhe do braço
mecânico no laboratório
do Rio de Janeiro



LEO RAMOS

nio e espumas sintéticas muito rígidas no lugar do plástico.

No mar antártico o Luma vai participar da identificação da diversidade de organismos marinhos. “Colaboramos com o Censo de Vida Marinha Antártica (CAML, na sigla em inglês), que inclui projetos de vários países, inclusive 30 da América do Sul, que possuem programas antárticos (Brasil, Argentina, Chile, Uruguai, Peru e Equador). O Brasil lidera quatro projetos do API para conhecer melhor a biodiversidade da Antártida, e, a longo prazo, averiguar se aqueles seres marinhos têm relação com os existentes na margem continental brasileira”, diz a professora Lúcia de Siqueira Campos, do Instituto de Biologia da UFRJ, que participa do comitê científico do CAML. “O robô vai nos ajudar a conhecer melhor o fundo do mar, por meio de coleta de amostras e do registro de organismos marinhos via câmera fotográfica e sensores capazes de medir características ambientais como temperatura e quantidade da luz solar que chega até o fundo, por exemplo”, diz Lúcia. No mar da baía do Almirantado, um mergulhador pode ir até, no máximo, a 30 metros de profundidade e consegue ficar na água, com roupas apropriadas, por 15 a 20 minutos.

Para os testes de adaptação do Luma à Antártida, foram usadas câmaras fri-

goríficas, principalmente para os componentes eletrônicos, sensores para navegação e câmeras fotográficas e de vídeo, que serão três. “Uma delas será capaz de tirar fotos e filmar em alta resolução”, diz Costa. Ele ressalta que toda a tecnologia de navegação e softwares de controle foram desenvolvidos na Coppe. Com 90 centímetros (cm) de comprimento, 60 cm de altura e 70 cm de largura –, ele carrega quatro propulsores, ou motores elétricos, que movem duas hélices –, o robô estará ligado a um barco por dois cabos. Um serve para levar a energia elétrica aos motores e o outro para a transmissão de dados de controle, de navegação e de imagens. Robôs aquáticos ligados a cabos nos barcos são chamados de ROVs, sigla em inglês para veículos remotamente operados.

O PROJETO

Desenvolvimento de tecnologia para inspeção de túnel de adução com robô subaquático

COORDENADOR

Liu Hsu - Coppe-UFRJ

INVESTIMENTO

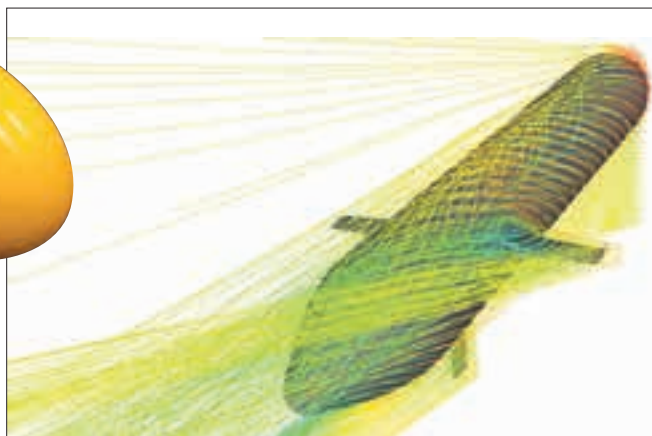
R\$ 380.000,00 (Ampla-Aneel)

Embora não mergulhe, outro veículo com controle remoto é o Chico Mendes, nome em homenagem ao líder seringueiro e ambientalista do Acre morto em 1988. Ele foi produzido pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobras (Cenpes), no Rio de Janeiro. “Ele vai flutuar sobre a água, na lama, andar sobre vegetação flutuante, terra e pedras e por isso é chamado de Robô Ambiental Híbrido”, diz o pesquisador e coordenador do projeto Ney Robinson Salvi dos Reis.

O projeto nasceu da necessidade da empresa quando da aprovação do gasoduto Coari–Manaus, com uma extensão de 420 quilômetros, em grande parte de mata nativa entrecortada por rios. O robô faz parte do projeto Piatam, sigla de Potenciais Impactos e Riscos Ambientais da Indústria do Petróleo e Gás no Amazonas, mantido pela Petrobras. “A pergunta que nos fizemos foi como chegar nos pontos de interesse dentro desse complexo ecológico sem provocar maiores danos. Precisávamos de um artefato que andasse sobre aqueles terrenos e nos mostrasse o que estava lá”, diz Reis. “Mas o principal objetivo do robô é rodar sobre um gasoduto e verificar possíveis problemas de vazamento.” A monitoração começa quando ele estiver pronto em 2008.



Pirajuba: protótipo para estudos e imagem de computação gráfica mostrando o comportamento do veículo na água



O Chico Mendes também tem potencial para colaborar em pesquisas ambientais e de saúde pública e até mesmo como transporte para os habitantes locais. Para se movimentar, o Chico Mendes possui rodas e suspensão que reconhecem o tipo de terreno. Um sistema computadorizado no próprio veículo processa as informações dos sensores de navegação e configura automaticamente o conjunto de tração. Ele é teleoperado a distância por um sistema de rádio e se move com energia elétrica fornecida por baterias de níquel e painéis solares.

A concepção e o desenvolvimento do Chico Mendes renderam três patentes, uma do *design* do veículo, outra da suspensão e, a terceira, do tipo da roda. “Reinventamos a roda”, brinca Reis. Para ele o sucesso do projeto está na multidisciplinaridade da equipe composta por vários alunos, da graduação ao doutorado, e técnicos de universidades e outros centros de pesquisa como UFRJ, Universidade Federal de Santa Catarina, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e Universidade Federal do Amazonas. Reis conta que os maiores desafios para adaptar o veículo ao ambiente amazônico são a umidade e o sinal de rádio que é atenuado pela floresta. Depois de levar o segundo protótipo teleguiado para a região do gaso-

duto Coari–Manaus, este mês, Reis pretende ampliar ainda mais o Chico Mendes, agora transformando-o numa unidade tripulada. “O que vai em novembro para a Amazônia, pela segunda vez, para teste de sensores e controle de navegação é o modelo M, de médio, o G, de grande, está em fase de desenho industrial.”

Um outro robô aquático brasileiro desenvolvido na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) não poderá levar tripulantes porque se tiver o tamanho para isso será um submarino. Foi planejado para ser um robô autônomo, que não precisa de cabos de energia e controle ligando-o ao barco.

Trata-se de um robô conhecido por AUV, sigla em inglês de veículo autônomo submerso, que cumpre missões nos oceanos no levantamento de atividades geológicas do fundo do mar e no auxílio à prospecção de petróleo, atividade que cresce em todo o mundo.

O veículo leva o nome de Pirajuba, do tupi “peixe amarelo” e já foi testado nos tanques de prova do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em São Paulo, em relação aos estudos hidrodinâmicos, que se referem a como a forma do veículo é afetada pelas forças de resistência da água e qual o comportamento das manobras. O coordenador do projeto é o professor Ettore Apolônio de Barros, do Laboratório de Veículos Não-Tripulados do Departamento de Mecatrônica da Poli. Ele explica que robôs desse tipo navegam sozinhos por meio de um computador de bordo que leva instruções em um software. É preciso programar o percurso, profundidade e outros parâmetros para ele ir a um determinado lugar e voltar. O sistema de navegação pode, inclusive, se basear em sinais de sonares, equipamentos que emitem ondas sonoras em ultra-som. Com o sonar, é possível fazer os cálculos da distância entre o emissor e o receptor. Os resultados nos estudos hidrodinâmicos também são úteis para dimi-

O PROJETO

Desenvolvimento de veículos autônomos submarinos de baixo custo. Parte A: manobrabilidade e sistema de propulsão

MODALIDADE

Linha Regular de Auxílio a Pesquisa

COORDENADOR

ETTORE APOLÔNIO DE BARROS - USP

INVESTIMENTO

R\$ 78.750,00 (FAPESP)



JUAN ÁVILA/POLI-USP



EDUARDO CÉSAR

Laurus: configuração para descer até 2 mil metros de profundidade, testada em piscina na USP

nuir o consumo de energia, que nesses robôs é suprido por baterias como as de lítio, similares às usadas em telefones celulares, e as de chumbo ácido, iguais às dos automóveis. “Estamos estudando uma combinação entre baterias de chumbo e de lítio.” As baterias fazem funcionar um propulsor dotado de hélices.

Barros trabalha em conjunto com o Instituto Superior Técnico, da Universidade Técnica de Lisboa, em Portugal, e o Instituto Oceanográfico de Goa, na Índia. “Os indianos têm o veículo e eu peguei o modelo, em que fazemos estudos sobre hidrodinâmica, e me baseei em sua geometria para um outro projeto e construção do nosso AUV”, diz ele. “Os experimentos com o AUV português acontecem normalmente no arquipélago dos Açores para verificação de vulcões, levantamento topográfico do fundo do mar e coleta de plâncton.” Barros explica que esses robôs marítimos têm um histórico militar, com desenvolvimentos na antiga União Soviética e nos Estados Unidos, com uso inclusive na Guerra do Golfo, em 1991. “Os AUVs atuais se beneficiam da experiência militar, além de os custos dos computadores terem caído. Mas é difícil obter no mercado os chamados sistemas inerciais de alto desempenho para navegação, baseados em sensores como acelerômetros e giroscópios (que fornecem parâmetros

de velocidade e inclinação do veículo) porque podem ser utilizados também em aplicações militares e ao conseqüente embargo a que o Brasil é submetido nesta área.” O jeito é combinar sensores baseados em outras tecnologias mais acessíveis como os sonares. Atualmente várias empresas estão com protótipos ou AUVs comerciais nos Estados Unidos, Noruega e Japão.

Os AUVs são uma opção aos ROVs mais difundidos comercialmente porque não têm a limitação de cabos que precisam ser longos, além de a operação ser prejudicada pela ondas e correntes marítimas mais próximas da superfície. Entretanto, a falta de cabos do AUV não permite que as imagens captadas no fundo do mar sejam imediatamente vistas pela equipe do barco – eles podem gravar as imagens para posterior análise.

se. No projeto de Barros está previsto que o robô navegue a uma velocidade máxima de 2 metros por segundo (m/s). Os valores dos AUVs em operação variam de 1 a 2,5 m/s. O casco do modelo é de fibra de vidro, mas pode ser feito de alumínio, aço ou titânio, desde que o material seja leve e resistente. O robô mede 1,8 metro de comprimento e tem diâmetro de 0,24 metro.

Em outro laboratório da engenharia mecatrônica da Poli, um grupo coordenado pelo professor Julio Cesar Adamowski realiza a integração e os testes em outro protótipo de robô submarino, projetado para atuar em águas profundas. É o Laurus, sigla do Laboratório de Ultra-som e Robótica Submarina da USP, que pode ser considerado um ROV porque possui um cabo fino para o controle remoto do veículo e sinais de vídeo. Ou ainda como um AUV, por levar baterias. “Com um cabo fino só para transmissão de dados, a movimentação do Laurus é mais simples que um ROV convencional”, diz Juan Pablo Julca Ávila, doutorando do grupo.

O Laurus foi pensado inicialmente para recuperar *transponders* em águas profundas, em torno de 2 mil metros de profundidade. Esses equipamentos fazem a sinalização acústica para o posicionamento de navios de perfuração de

O PROJETO

Robô subaquático Laurus

COORDENADOR

JULIO CÉZAR ADAMOWSKI - USP

INVESTIMENTO

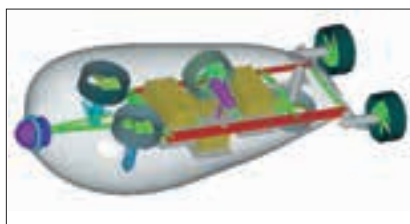
R\$ 300.000,00 (CTPetro-Finep)
R\$ 150.000,00 (CTPetro-CNPq)



FOTO E IMAGEM DE ANTÔNIO AMORIM/FATEC-JAÚ



EDUARDO CESAR



Jaú I e II: o primeiro, em barragem do rio Tietê, e o segundo, em protótipo e desenho esquemático

poços de petróleo. O projeto começou em 2000, a partir de uma iniciativa do Cenpes da Petrobras e uma equipe de pesquisadores do Departamento de Engenharia Mecatrônica da Poli-USP com apoio financeiro do Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural (CTPetro). Além da recuperação de *transponders*, o Laurs pode também ser adaptado para outras funções como coletar animais e plantas marinhas. Ele mede 1,2 metro (m) de largura, 0,8 m de altura e 1,4 m de comprimento. O veículo já passou por testes no tanque de provas do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Poli e na piscina do Centro de Práticas Esportivas da USP (Cepeusp) para identificação dos parâmetros hidrodinâmicos e teste do sistema de controle. Neste ano ainda serão instalados novos sensores para a navegação do robô e novos testes experimentais serão realizados antes de ser levado para o mar.

Entre tantos veículos avançados, provavelmente, o decano dos robôs aquáticos brasileiros é o Jaú, que já está na segunda versão em preparo na Faculdade de Tecnologia (Fatec) de Jaú. O Veículo Submersível Não-Tripulado (VSNT)-Jaú I foi desenvolvido entre 1995 e 1998, sob a coordenação dos professores Antônio Eduardo Amorim e Luís Alberto Sorani. A nova versão, o Jaú-II, já passou pelos primeiros testes

de análise hidrodinâmica nos tanques de prova do IPT. Desde o primeiro modelo, o objetivo dos Jaús é operar em atividades subaquáticas para análise e vistoria de obras como pontes, barragens, além de verificar o casco de embarcações, cabos submersos e condições do leito de rios. “O Jaú I foi feito com verba de cerca de R\$ 5 mil doada pelo Consórcio Intermunicipal do Vale dos Rios Tietê-Paraná e conta com dois alternadores de trator convertidos para motor elétrico. Não tinha computador de bordo, mas chegou, em 1998, a uma profundidade de 30 metros na eclusa do rio Tietê na cidade de Barra Bonita e obteve imagens com uma câmera de videocassete”, lembra. Ele tinha um cabo

de dados e outro para as imagens. “Agora o Jaú II terá apenas um cabo, para transmissão de imagens, via câmera digital, e para a transmissão de dados e comandos. Terá um computador de bordo para torná-lo autônomo, além de baterias a bordo”, diz Amorim. O Jaú II conta também com a colaboração do professor Hélio Morishita, do Departamento de Engenharia Naval da Poli-USP, e do professor Humberto Ferasoli Filho, da Ciência da Computação da Unesp de Bauru.

Nos sistemas eletrônicos que estão sendo integrados está incluso um sistema de sonar e outro de laser para ser acoplado às câmeras e determinar a distância de obstáculos durante a navegação. O veículo terá seis motores. “Utilizamos um tipo de motor elétrico, o de corrico, usado em pescaria, que faz deslizar o barco quando o motor principal é desligado ao se aproximar de um cardume. Nosso robô é feito com o maior número de peças adaptáveis e baratas disponíveis no mercado brasileiro.” O primeiro teste do VSNT-Jaú II deverá ser feito em algum rio da região central do estado no início de 2008. Os pesquisadores acreditam que quando estiver pronto uma empresa possa se interessar na transferência de tecnologia ou os próprios alunos possam montar uma empresa e prestar serviços com o robô. ■

O PROJETO

Veículo submersível VSNT-Jaú II

MODALIDADE

Programa de Apoio a Jovens Pesquisadores

COORDENADOR

ANTÔNIO EDUARDO ASSIS AMORIM - Fatec-Jaú

INVESTIMENTO

R\$ 55.560,00 (FAPESP)