

P-210 – Veículo não Tripulado para Validação das Coordenadas de Localização de Novas Redes de Distribuição de Gás Natural Ciclo 2016/2017

João Roberto Costa Martins Silva Filho ¹, Eduardo Mobilon et al ².

1 Comgás
2 Fundação CPQD

Resumo – Este projeto constitui um esforço de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de uma solução robótica equipada com sensores inerciais (acelerômetro, giroscópio e magnetômetro), destinada ao mapeamento e extração de coordenadas de uma instalação de tubulação de gás de diâmetro DE-125, permitindo a reconstrução tridimensional do seu percurso. Desenvolvimentos de hardware, software/firmware, mecânica e métodos matemáticos de fusão sensorial são apresentados.

Palavras-chave: Algoritmo de Fusão Sensorial; GIS; IMU; Navegação; Robô; ROV; Sensor Inercial.

Introdução

Este resumo técnico apresenta as várias etapas de desenvolvimento realizadas ao longo desse projeto de P&D e os respectivos resultados alcançados.

Após um trabalho inicial de levantamento do estado da arte ([1], [2] e [3]) o desenvolvimento foi iniciado em várias frentes: hardware, software/firmware, mecânica, plataforma de informações geográficas e algoritmo de fusão sensorial. Essas frentes de trabalho avançaram e produziram resultados sólidos e alinhados aos objetivos do projeto, gerando um protótipo funcional de um ROV (*remotely operated vehicle*) equipado com os sensores necessários. O algoritmo de fusão sensorial, no entanto, não produziu resultados satisfatórios. Vários problemas impediram a reconstrução perfeita do percurso realizado pelo veículo de sensoriamento, o que motivou inclusive um esforço adicional do CPQD, já em uma extensão contratual de prazo com a Comgás (sem novos aportes financeiros), a desenvolver uma segunda solução sob a forma de uma Sonda de Sensoriamento.

Desenvolvimento

A partir do estudo realizado na fase de pesquisa do estado da arte de robôs de inspeção em tubulações de gás [1], uma solução robótica foi concebida tendo em vista necessidades como adaptabilidade a curvaturas, capacidade de tração motorizada autônoma, sistema de armazenamento de energia acoplado ao conjunto, entre outras. A Figura 1 mostra a

necessidade de adaptação às curvaturas da tubulação de gás enterrada, devido aos pontos de acesso para entrada e saída.

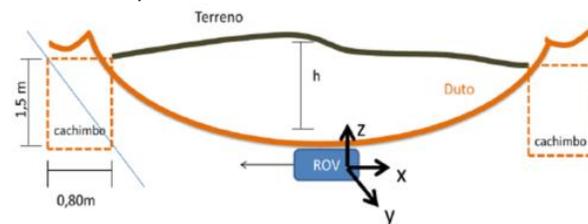


Figura 1 – Curvatura da tubulação de gás enterrada, devido aos pontos de acesso para entrada e saída.

Para atender a esse requisito de adaptabilidade às curvaturas da tubulação, o ROV foi concebido em uma estrutura modular formada por vários estágios conectados por juntas flexíveis, como ilustrado na Figura 2.

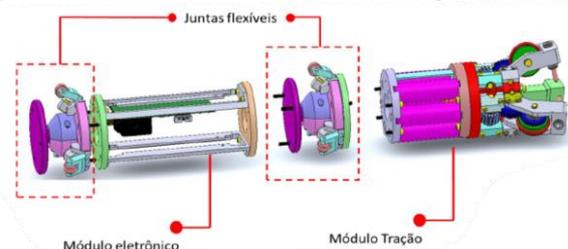


Figura 2 – Estrutura modular do ROV, formada por estágios conectados por juntas flexíveis.

A Figura 3 mostra o primeiro protótipo do ROV construído com peças impressas em 3D, com o objetivo de validar algumas soluções do conjunto mecânico como as juntas flexíveis, o módulo de tração e o compartimento que aloja o hardware eletrônico.

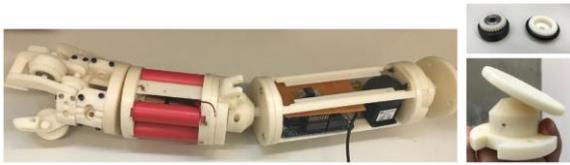


Figura 3 – Primeiro protótipo do ROV construído para validar algumas soluções do conjunto mecânico.

A Figura 4 mostra o modelo 3D da placa do módulo eletrônico de controle, responsável pela operação do ROV e aquisição dos dados dos diversos sensores que o equipam.

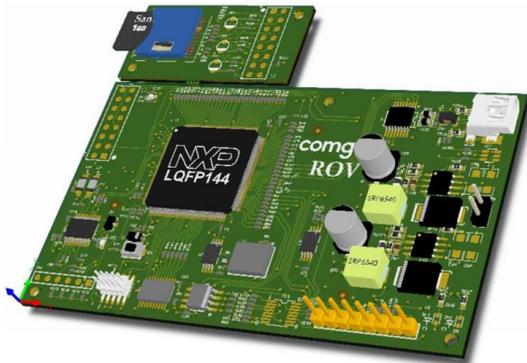


Figura 4 – Modelo 3D da placa de circuito impresso do módulo eletrônico de controle.

O desenvolvimento mecânico do ROV avançou e várias modificações foram implementadas, incluindo um redesenho do braço articulado que sustenta a roda de tração e um mecanismo que incorpora um cabo de aço para resgate em caso de falha, como mostrado na Figura 5.

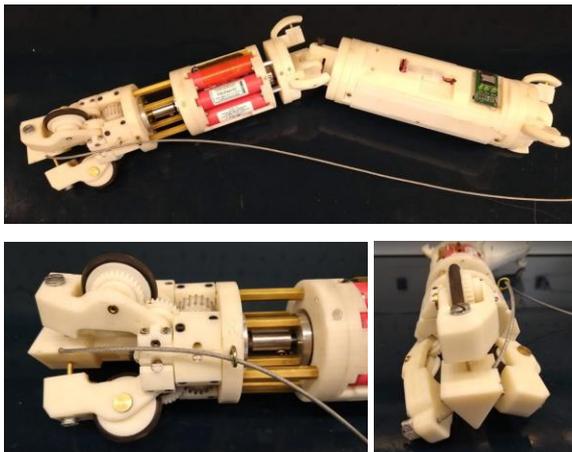


Figura 5 – Novo protótipo do ROV incorporando melhorias diversas.

A Figura 6 mostra um arranjo experimental construído no laboratório do CPQD para testes preliminares com o ROV e a aquisição de dados dos sensores para desenvolvimento do algoritmo de fusão sensorial.

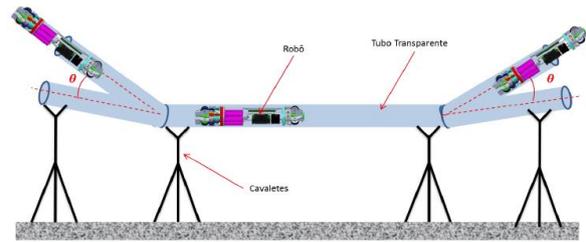


Figura 6 – Arranjo experimental para testes das primeiras versões do conjunto mecânico do ROV.

A Figura 7 mostra fotos do conjunto mecânico já em sua versão final com rodas de silicone.

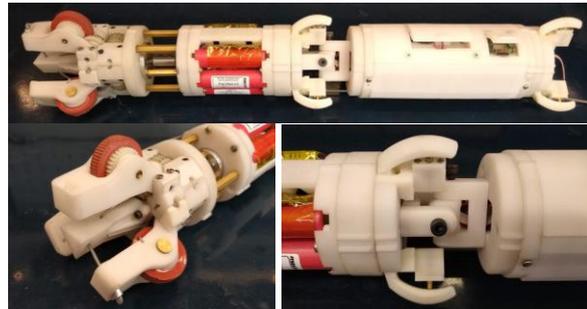


Figura 7 – Fotos do novo protótipo do ROV em sua versão final com rodas de silicone.

Em paralelo ao desenvolvimento do ROV, um portal com um sistema de informações geográficas (*geographic information system – GIS*) foi desenvolvido para exibir as instalações da tubulação de distribuição de gás sob a forma de mapas, com seus percursos reconstruídos pelo algoritmo de fusão sensorial. A Figura 8 mostra a tela principal após acesso ao sistema.

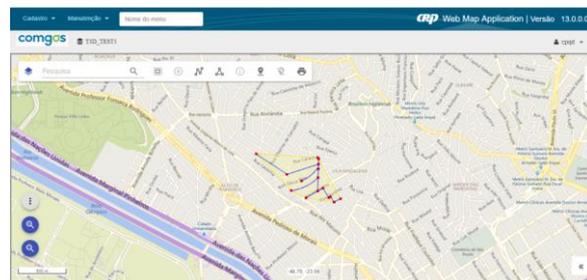


Figura 8 – Tela principal do portal GIS – ROV.

O algoritmo de fusão sensorial foi desenvolvido pelo CPQD na linguagem Python, com os módulos indicados no fluxograma da Figura 9.

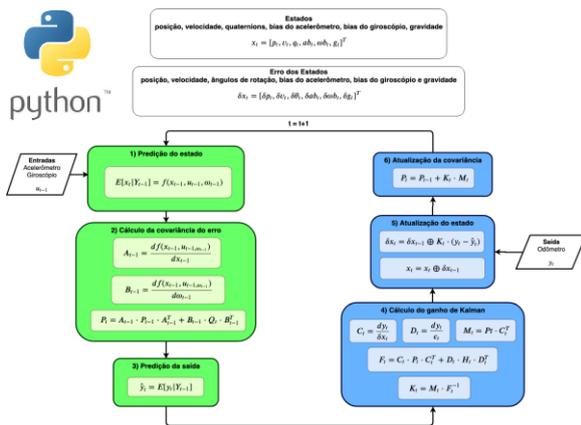


Figura 9 – Fluxograma do algoritmo de fusão sensorial desenvolvido pelo CPQD.

Resultados

Um teste de campo foi realizado na empreiteira Uniforte, em Campinas-SP, utilizando-se trechos de tubulação DE-125. Os dados coletados pelo ROV foram processados e os resultados mostraram falhas na reconstrução do percurso, conforme gráfico 3D da Figura 10.

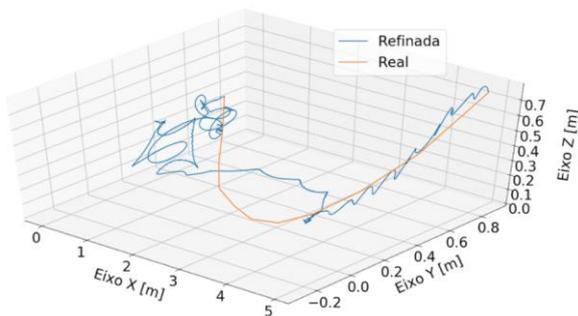


Figura 10 – Percurso real do trecho de tubo DE-125 e o reconstruído pelo algoritmo de fusão sensorial.

O ruído mecânico do motor foi apontado como uma provável causa do problema. Novos experimentos foram realizados movendo-se o ROV em “L” com o motor desligado e o algoritmo conseguiu reconstruir seu percurso, como mostra o gráfico da Figura 11.

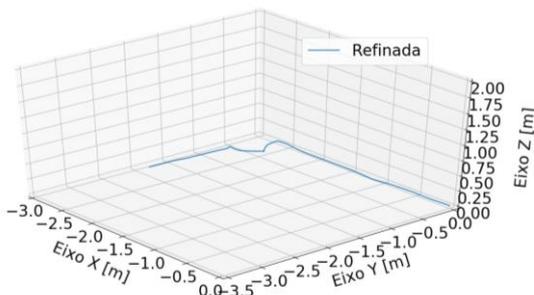


Figura 11 – Percurso em “L” do ROV reconstruído corretamente pelo algoritmo de fusão sensorial.

Como base nesse resultado promissor, uma Sonda de Sensoriamento foi desenvolvida para ser tracionada por cabos, utilizando uma nova plataforma de hardware para aquisição de dados, um novo sensor inercial e um *encoder* rotacional. A Figura 12 mostra uma foto do protótipo.



Figura 12 – Protótipo da Sonda de Sensoriamento.

Conclusões e Contribuições

O projeto P-210 gerou resultados consistentes sob a forma de um ROV robusto para uso nas tubulações de gás DE-125, uma Sonda de Sensoriamento e uma plataforma de informações geográficas (GIS).

Apesar dos problemas no algoritmo de fusão sensorial, com base em resultados promissores publicados em trabalhos recentes ([5] e [6]), o parecer técnico do CPQD aponta para a viabilidade técnica da solução, sendo necessário um trabalho futuro minucioso e dedicado ao desenvolvimento e aprimoramento matemático do algoritmo desenvolvido até que se alcance a reconstrução esperada do percurso da tubulação.

Referências

- [1] Sender Rocha dos Santos, *Pesquisa do Estado da Arte de Robôs de Inspeção em Tubulações de Gás*, relatório da etapa 1, DOT-3603-RT01-A, CPQD, 2018.
- [2] Sender Rocha dos Santos, *Pesquisa do Estado da Arte em Sensores Inerciais para Percepção em Robótica*, relatório da etapa 1, DOT-3603-RT02-A, CPQD, 2018.
- [3] Anderson Delcio Parreira, Rafael de Melo Cuba, Rudolfo Jordan Lemos, *Pesquisa do Estado da Arte em Sistemas de Informações Geográficas*, relatório da etapa 1, DOT-3603-RT03-A, CPQD, 2018.
- [4] Juliana Cintra M. de S. Aranha, Mateus Giesbrecht e Andre Luiz Nunes de Souza, *Algoritmo Estimador de Estados Para Mapeamento da Trajetória de Um Robô de Inspeção*, relatório, DOT-3603-RT04-A, CPQD, 2019.
- [5] Qijin Chen, Quan Zhang, Xiaojie Niu, and Yi Wang, *Positioning Accuracy of a Pipeline Surveying System Based on MEMS IMU and Odometer: Case Study*, IEEE Access, Vol. 7, 2019.
- [6] Penghe Zhang, Craig Hancock, Lawrence Lau, Gethin Roberts, Changhong Xu, *Integration of Low Cost IMU and Odometer for Underground 3D Pipeline Mapping*, China Satellite Navigation Conference, 2016.