

PRODUÇÃO TÉCNICA ITV MI

**DISPOSITIVO ROBÓTICO PARA INSPEÇÃO DE
AMBIENTES RESTRITOS E CONFINADOS**

Relatório Parcial do Projeto Dispositivo Robótico para Inspeção de
Ambientes Confinados

Autores UFMG:

Gustavo Medeiros Freitas
Adriano Martins da Costa Rezende
Victor Ricardo Fernandes Miranda
Gilmar Pereira da Cruz Júnior
Rafael Fernandes Gonçalves da Silva
Álvaro Rodrigues Araújo
Carolina Fany
David Simon Marques
Douglas Viana Coutinho
Lucas Vinicius do Carmo Matos
Lucca Garcia Leão

Autores ITV:

Héctor Azpúrua
Jacó Dias Domingues
Luiz Guilherme Dias de Barros
André Luiz Maciel Cid
Frederico Luiz Martins de Sousa
Mário César Delunardo Torres
Mateus Nazário Coelho
Maurício Souza Sathler
Paulo Henrique Alves
Rodrigo de Oliveira Teotônio
Gustavo Pessin

Belo Horizonte
Minas Gerais, Brasil

Janeiro/2021

Título: Dispositivo robótico para inspeção de ambientes restritos e confinados	
PROD. TEC. ITV MI – N001/2021	Revisão
Classificação: () Confidencial (X) Restrita () Uso Interno () Pública	01

Informações Confidenciais - Informações estratégicas para o Instituto e sua Mantenedora. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da Informação.

Informações Restritas - Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de empregados que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

Informações de Uso Interno - São informações destinadas à utilização interna por empregados e prestadores de serviço

Informações Públicas - Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais corporativos apropriados

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F866d
Freitas, Gustavo Medeiros Dispositivo robótico para inspeção de ambientes restritos e confinados. Gustavo Medeiros Freitas...[et al.] - Ouro Preto, MG: ITV, 2021.
132 p.: il.
1. Robôs Móveis. 2. Navegação Autônoma. 3. Inspeção Remota. 4. Ambientes Confinados. I. Título.
CDD.23. ed. 629.8932

Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves – CRB 2 - 525

RESUMO EXECUTIVO

Este documento corresponde ao quarto relatório técnico de acompanhamento do projeto intitulado “Dispositivo Robótico para Inspeção de Ambientes Restritos e Confinados”, atualmente realizado pelo Instituto Tecnológico Vale (ITV) em parceria com o Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O objetivo do projeto consiste em investigar e iniciar desenvolvimentos visando a operação autônoma do dispositivo robótico, com foco na localização, mapeamento, planejamento de caminhos e controle de navegação do equipamento. Este relatório técnico descreve o funcionamento e verificação dos algoritmos que estão sendo adaptados e desenvolvidos buscando aumentar o grau de autonomia embarcada no EspeleoRobô. As estratégias implementadas tem como foco a detecção de colisão e capotamento, perda de sinal de rádio, estratégias de planejamento de caminhos e exploração, técnicas de localização e mapeamento simultâneos, implementação de filtros probabilísticos, além do desenvolvimento de diferentes estratégias de controle de navegação. Os algoritmos implementados em pacotes do *Robot Operating System* (ROS) estão disponibilizados no github do Laboratório de Robótica e Controle do Instituto Tecnológico Vale. A verificação dos pacotes foi realizada por meio de simulações em cenários realistas e também de experimentos executados com o próprio EspeleoRobô, demonstrando as capacidades de operação autônoma do dispositivo robótico para a inspeção de ambientes confinados. Por fim, um artigo em anexo aprovado para publicação em periódico resume os principais resultados obtidos durante o projeto.

RESUMO

A exploração e realização de tarefas em ambientes confinados representam riscos aos operadores envolvidos. Muitas estruturas de difícil acesso, incluindo sistemas de tubulações, galerias de drenos e barragens, moinhos e silos requerem manutenção constante, aumentando a exposição destes operadores a condições adversas. Outro exemplo são as cavernas naturais, comumente encontradas em regiões de formação de ferro e áreas de mineração, que devem ser investigadas antes de realizar qualquer atividade de exploração nas proximidades. Cavidades naturais podem apresentar vários riscos, como a presença de animais peçonhentos, gases nocivos, excrementos de morcegos e o risco de colapso estrutural. Uma possível solução consiste na utilização de um dispositivo robótico móvel capaz de investigar estes ambientes de forma remota, evitando a exposição dos operadores a riscos. Entretanto, do ponto de vista da robótica, cavernas naturais apresentam uma série de dificuldades, incluindo terrenos acidentados e escorregadios, ausência de sinal de GPS, interferências em leituras de magnetômetros, baixa luminosidade e atenuação de sinais para comunicação. As condições de operação são tão desafiadoras que o atual desafio de robótica proposto pela agência de defesa americana - DARPA SubT Challenge – consiste na utilização de robôs para a exploração de túneis, metrô e cavernas. Nesse contexto, o Instituto Tecnológico Vale, em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais, vem desenvolvendo um dispositivo robótico para a inspeção de ambientes confinados. Este robô possui um sistema intercambiável de locomoção, capaz de se adaptar a diferentes tipos de terrenos, mais um conjunto de sensores embarcados incluindo encoders, GPS, IMU, câmeras de alta resolução, sistema de iluminação e laser tridimensional para mapear o ambiente através de uma nuvem de pontos 3D coloridos. As operações de inspeção de campo já realizadas com o dispositivo ocorreram de maneira teleoperada, com o robô recebendo comandos de uma base de controle via rádio. Falhas de comunicação podem causar acidentes e danos na estrutura do robô, ou até mesmo a perda do equipamento caso esse entre em uma área que impossibilite o resgate. Uma solução para o problema seria dar autonomia ao dispositivo. As atividades de pesquisa realizadas na UFMG têm como objetivo o estudo, implementação e validação de técnicas de localização, mapeamento, planejamento de caminhos e controle de navegação. Além disso, serão desenvolvidas durante o projeto algumas funcionalidades para a operação assistida do robô, de forma a possibilitar no futuro a operação autônoma do dispositivo robótico, sem a necessidade de comunicação com uma base de controle.

Palavras-chave: Robôs Móveis. Navegação Autônoma. Inspeção Remota. Ambientes Confinados.

ABSTRACT

Exploration and accomplishment of tasks in confined environments represent risks to the operators involved. Many difficult access structures, including piping systems, drain and dam galleries and mills require constant maintenance, increasing the exposure of these operators to adverse conditions. Other examples are the natural caves commonly found in iron-forming regions and mining areas, which should be investigated before undertaking any exploration activity nearby. Natural cavities can present numerous risks, such as the presence of venomous animals, harmful gases, bat excrements and the risk of structural collapse. One possible solution is to use a mobile robotic device that can remotely investigate these environments, avoiding operator exposure to hazards. However, from a robotics point of view, natural caves present several difficulties, including rugged and slippery terrain, no GPS signal, interference with magnetometer readings, low light and attenuation of communication signals. The operating conditions are so challenging that the current robotics challenge proposed by the US Defense Agency - DARPA SubT Challenge - proposes the use of robots to explore tunnels, subways and caves. In this context, the Instituto Tecnológico Vale in partnership with the Universidade Federal de Minas Gerais have been developing a robotic device for the inspection of confined environments. This robot features an interchangeable locomotion system, capable of adapting to different terrains, and a set of embedded sensors including encoders, GPS, IMU, high resolution cameras, lighting system and three-dimensional laser to map the environment through a colored 3D point cloud. Field inspection operations with the device were performed through teleoperation, with the robot receiving commands from a radio control base. Communication failures can cause accidents and damage to the robot's structure, or even loss of equipment if it enters in an area where rescue is not possible. One solution to the problem would be to develop autonomous capabilities for the device. The research activities carried out at UFMG aim to study, implement and validate location, mapping, path planning and navigation control techniques. In addition, some functionalities for assisted operation will be developed during the project in order to enable the autonomous operation of the robotic device in the future, without the need for communication with a control base.

Keywords: Mobile Robots. Autonomous Navigation. Remote Inspection. Confined Environments.