

Título

MOBILYSA - Sistema de localização e navegação do cão-guia robô Lysa para ambientes internos baseado em visão computacional.

Descrição da Inovação Tecnológica

Lysa é um cão-guia robô cujo objetivo é auxiliar pessoas com deficiência visual, dando-lhes maior autonomia na tarefa de desviar de obstáculos que se encontrem à frente, ao redor ou acima da sua plataforma. Ele ainda é capaz de avisar quando há um buraco ou qualquer declive brusco, como degraus. Entretanto, o robô Lysa não é capaz de guiar uma pessoa até um local desejado. Para isso o usuário ainda depende de ajuda de terceiros ou de um navegador como o celular. Por isso, foi idealizado o Sistema MobiLysa, um serviço de Localização e Navegação para o robô Lysa em ambientes internos. Com esse sistema o usuário poderá solicitar ao robô que ele o leve até um determinado local, usando uma interface de voz ou outra forma, como um teclado tátil. A seguir, a Lysa o guiará até o destino desejado avisando e desviando de obstáculos sempre que necessário.

Em termos de inovação, até o momento, não foi encontrada nenhuma solução ou serviço semelhante ao MobiLysa, tanto no mercado nacional quanto internacional. Atualmente, apenas poucos produtos buscam melhorar a mobilidade de pessoas com deficiência visual, sendo normalmente dispositivos para auxiliar o seu movimento apenas na região a sua volta. Não há soluções mais abrangentes, como o MobiLysa, que buscam além de garantir sua movimentação segura, através do cão-guia robô Lysa, interagir com o usuário e guiá-lo até locais desejados. Uma discussão mais detalhada sobre isso será feita mais adiante nesse projeto.

O MobiLysa é um serviço que pode ser adquirido por ambientes públicos como, shoppings, hospitais, museus, escolas, prédios públicos, entre outros, com o propósito de oferecer maior acessibilidade e mobilidade para seus usuários portadores de deficiência visual, sinalizando para toda a sociedade o seu compromisso e promovendo um ambiente com maior igualdade social. Desta forma, quando uma pessoa com deficiência visual chegar a um local que possua o MobiLysa, um robô Lysa poderá ser disponibilizado para guiá-la pelo ambiente. A pessoa então poderá usar o robô para chegar a qualquer lugar que queira ir, de forma autônoma e independente, sem precisar da ajuda de terceiros.

Desta forma, acreditamos que o MobiLysa poderá potencializar os ambientes que pretendem incorporar e contribuir para a acessibilidade e mobilidade de pessoas com deficiência visual, assumindo um papel inovador e diferenciado perante a sociedade. É uma oportunidade de oferecer a esses usuários a liberdade de se movimentar e chegar a destinos de forma autônoma, de vivenciar mais oportunidades e se sentir mais à vontade quando presentes nesses ambientes.

Resumo da Proposta do Projeto (1200 palavras)

No Brasil, estima-se que mais de seis milhões e meio de pessoas sejam portadoras de deficiência visual [1]. Normalmente pessoas com perda total ou parcial da visão têm menos oportunidades de ter uma vida ativa para trabalhar, estudar ou se divertir devido à sua limitação visual, mesmo que não seja por falta de vontade da sua parte, mas por falta de infraestrutura ou acessibilidade. Por causa, disso muitos dependem de terceiros para os auxiliar em tarefas como ir ou localizar um determinado lugar.

Atualmente um dos recursos utilizados para dar maior autonomia e mobilidade a essas pessoas é o cão-guia. Entretanto, estima-se que existam menos de duzentos cães-guias no Brasil [2]. Além disso, o treinamento de um cão-guia é diferenciado e custa, em média, R\$ 50.000,00, sendo realizado somente em alguns lugares do Brasil. O longo tempo de espera e o alto custo reduzem significativamente as possibilidades de pessoas com deficiência visual terem esse recurso.

Em 2015, a startup capixaba Vixsystem criou o cão-guia robô Lysa [3], mostrado na Figura 1. Lysa é equipada com motores e sensores que avisam aos seus usuários, por meio de mensagens de voz, quando há buracos, degraus, obstáculos e riscos de colisões em altura, buscando assim uma forma mais segura para que as pessoas com deficiência possam se locomover.



Modelo 2016



Modelo 2017



Modelo 2019

Figura 1: Evolução do Cão-guia Robô Lysa [1]

Entretanto, como mencionado anteriormente, o robô Lysa não é capaz de guiar uma pessoa até um local desejado. Em ambientes externos, isso pode ser normalmente resolvido com o uso do GPS do celular. Porém, em ambientes internos, sensores de GPS costumam não funcionar ou, quando funcionam, não apresentam boa precisão.

Com intuito de resolver esse problema, foi idealizado o MobiLysa: um Serviço de Localização e Navegação para o robô Lysa em Ambientes Internos [4]. Assim, uma pessoa

que estiver usando o robô Lysa em algum local que possua o Serviço MobiLysa, poderá solicitar ao robô que a leve até um determinado lugar e, a seguir, será guiada em segurança até o destino desejado, conforme ilustrado na Figura 2.

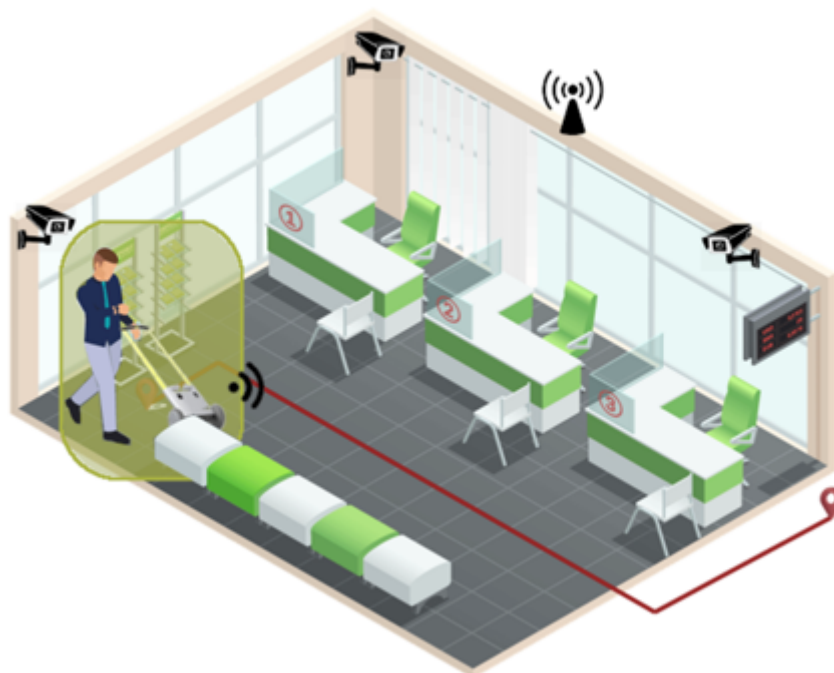


Figura 2 – Ilustração do funcionamento do MobiLysa

O Serviço MobiLysa foi projetado para funcionar em espaços internos como shoppings, museus, escolas, casas, ambientes públicos, etc. O serviço usa uma rede de câmeras e uma arquitetura baseada em serviços que dá suporte à detecção, localização e navegação do robô Lysa em tempo real. Esta arquitetura que combina sensores e serviços em um sistema inteligente pode ser considerado o que se chama de espaço inteligente [5][6]. Assim, quando um usuário solicita ao robô que o leve a um determinado lugar, a partir da sua localização inicial e do destino desejado, o sistema MobiLysa traça um plano de navegação para que a Lysa guie o usuário até o local.

O Serviço MobiLysa já vem sendo desenvolvido, há um ano, em parceria com uma equipe de pesquisadores da UFES e do IFES - Guarapari, com experiência em robótica, redes, visão computacional e espaços inteligentes [5][7][8]. Em 2019, a Vixsystem junto com esse grupo de pesquisa, coordenado pela Profa. Raquel Frizera Vassallo, aprovaram um projeto na RNP, que permitiu o desenvolvimento inicial do MobiLysa entre julho de 2019 a junho de 2020.

Ao final desse primeiro ano de projeto, o MobiLysa possui hoje um MVP inicial que inclui os elementos básicos para o seu funcionamento. A Figura 3 ilustra quais elementos foram desenvolvidos e implementados até o momento. O sistema é composto por uma arquitetura de espaço inteligente que suporta os diversos serviços em nuvem para o funcionamento do MobiLysa; um ou mais robôs Lysas; uma rede de câmeras e uma rede WiFi que permite a cobertura da região onde funcionará o MobiLysa. Na figura, os círculos representam os

serviços implementados para o funcionamento do sistema ou gateways desenvolvidos para interação com os elementos físicos (câmeras e robôs), enquanto as setas representam a cadeia de comunicação e interação entre estes elementos.

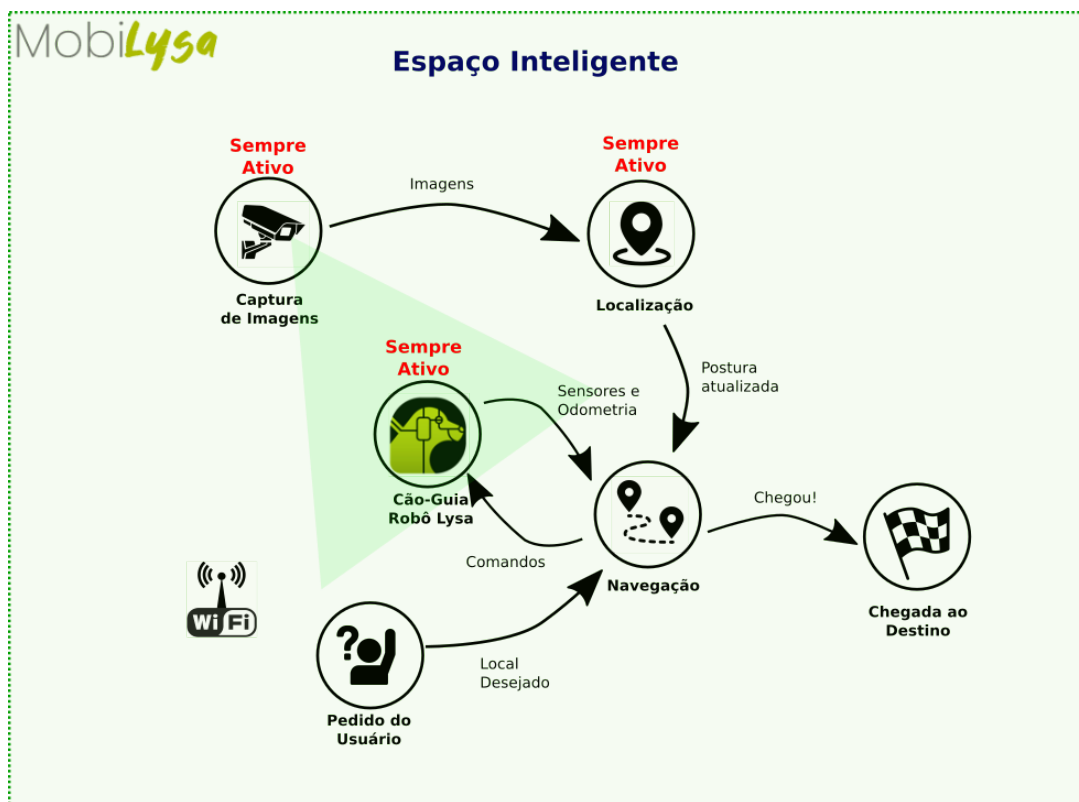


Figura 3 – Esquema do funcionamento básico do MobiLysa.

Pela Figura 3, quando um usuário solicita ao robô que o guie até um determinado lugar (Pedido do Usuário), esse pedido é repassado ao espaço inteligente. Este aciona o serviço de Navegação que, a partir da localização atual do robô no ambiente e do destino desejado, planeja um caminho para que o robô guie seu usuário até lá. Enquanto o robô se move, as leituras dos seus sensores locais e a sua posição e orientação, fornecidas pelos serviços de Captura de Imagens e Localização, são continuamente passadas ao serviço de Navegação, para que seu planejamento seja atualizado e alterado caso seja necessário. Esse ciclo de realimentação se repete até que o robô e seu usuário cheguem ao destino final.

A descrição acima representa o estado atual do MVP do Serviço MobiLysa, o qual será em breve instalado como teste piloto em uma Escola Municipal da Serra. Entretanto, para se chegar à qualidade e robustez que se pretende alcançar para esse produto e serviço, algumas melhorias ainda devem ser realizadas. Tais melhorias incluem aprimoramento do hardware do robô com inclusão de uma IMU (*Inertial Measurement Unit*, em português, Unidade de Sensor Inercial), tratamento de regiões de zona morta (regiões sem cobertura da câmera em que o robô usará apenas seus sensores próprios para navegar) e alteração da forma de detecção e localização do robô (atualmente feito com marcadores visuais). Essas melhorias incluindo testes, avaliações e validações serão o objeto de estudo e desenvolvimento deste projeto proposto à FAPES.

Palavras-chave

Cão-guia robô, Deficiência Visual, Localização, Navegação, Espaço Inteligente, Visão Computacional, Reconhecimento de Objetos

Síntese do projeto (250 palavras)

Este projeto visa aprimorar o Serviço MobiLysa, desenvolvido para permitir que ambientes internos ofereçam a usuários com deficiência visual um serviço de locomoção através do robô Lysa para que eles se movimentem de forma autônoma e sem a ajuda de terceiros.

O MobiLysa usa uma rede de câmeras para localizar e controlar o robô Lysa, através de uma arquitetura baseada em serviços. Através de imagens, o robô é localizado em tempo real, enquanto que um plano de navegação é traçado e ajustado a todo momento durante a sua movimentação, sempre considerando os obstáculos encontrados no caminho e o próprio desejo do usuário. Assim, o usuário poderá indicar o destino desejado, seja por voz ou outra forma de interação, e ser guiado até o local de maneira independente e segura. Não há atualmente no mercado nenhum produto ou serviço que ofereça a mesma funcionalidade do MobiLysa.

Atualmente o MobiLysa já inclui serviços de comunicação e controle do robô, mapeamento do ambiente, planejamento de trajetórias, detecção e localização, assim como navegação. Apesar de já poder ser instalado e utilizado em ambientes internos, o MobiLysa pode ser aprimorado para se tornar mais robusto e flexível. É disso que se trata esse projeto, que busca pesquisar, desenvolver e adicionar novas funcionalidades ao MobiLysa, assim como realizar melhorias no robô Lysa. Resumidamente, este projeto visa adicionar uma IMU ao robô, desenvolver a navegação em zonas mortas e um método de detecção e localização do robô que não dependa de marcadores visuais.

Informações relevantes para avaliação da proposta (1200 palavras)

A partir de pesquisas realizadas para a maturidade da ideia do produto e serviço, identificamos a existência de propostas com objetivo semelhante de auxiliar a locomoção de pessoas com deficiência visual, porém nenhuma com a amplitude que o MobiLysa se propõe e com a capacidade de guiarem de seus usuários.

Entre as opções encontradas, a empresa japonesa NSK Motion e Control possui um produto para auxiliar a locomoção de pessoas com deficiência visual [9], conforme mostrado na Figura 4. Entretanto, seu protótipo não apresenta facilidade no manuseio e transporte devido ao tamanho e peso, sendo portanto inviável a sua utilização em metrô, ônibus ou qualquer meio de transporte público. A plataforma também é cara por usar sensores

sofisticados como a tecnologia Kinect para detectar e analisar obstáculos. Além disso, essa tecnologia não funciona adequadamente em ambientes externos, podendo apenas ser usada em ambientes internos. Assim como a maioria, este produto é capaz apenas de avisar sobre os perigos próximos ao usuário, mas não é capaz de guiá-lo em um ambiente permitindo sua locomoção de forma mais autônoma.



Figura 4: Equipamento da empresa NSK

Em contrapartida, o robô Lysa é leve e simples, e quando associado ao MobiLysa, estende o seu alcance para além do usuário individual, se tornando um produto e serviço interessante para gerentes ou donos de ambientes públicos interessados em propiciar mais igualdade de condições para todos os seus frequentadores.

Há também no mercado a câmera OrCam MyEye® [10], mostrada na Figura 5. Este é um dispositivo portátil com uma câmera projetada para auxiliar pessoas com deficiência visual a terem mais independência. Porém, é indicado para leitura, e não locomoção, uma vez que não auxilia na visualização de um trajeto. Além disso, o seu alto custo, cerca de R\$ 19.900,00, inviabiliza a sua disseminação entre o público alvo.



Figura 5: Equipamento Câmera MyEye

Já em relação ao cão-guia, este exige um tempo de treinamento que pode durar em torno de dois anos para adestramento. No tocante ao custo, o treinamento de um cão-guia é de aproximadamente R\$ 50.000,00, sem considerar as demais despesas com alimentação, veterinário, medicamentos etc. Importante ainda considerar que o tempo de trabalho útil do animal como guia varia de 4 a 5 anos. Depois disso, ele deve ser aposentado devido à carga excessiva de trabalho a que já foi submetido.

Outro detalhe no uso do cão-guia está associado à capacidade de reconhecimento de rotas ou cores pelo animal. Por esse motivo, este precisa ser treinado para fazer um determinado percurso e, caso o usuário troque de endereço, é necessário que uma pessoa o treine novamente.

Há ainda outros produtos desenvolvidos como óculos, bengalas e bonés inteligentes que infelizmente não trazem a segurança necessária ao usuário, visto que são objetos acoplados ao corpo das pessoas. Nesse caso, se houver algum tipo de falha, o primeiro impacto será no próprio indivíduo, causando-lhe, muitas vezes, danos irreparáveis.

Entre todas as opções citadas anteriormente, nenhuma delas é realmente capaz de guiar um deficiente visual em um local novo e não visitado anteriormente. Com o Serviço MobiLysa, os usuários da Lysa poderão transitar de forma independente nos locais que tiverem esse serviço disponível. Assim, mesmo ao adentrar um lugar completamente novo, a pessoa poderá, por conta própria, solicitar à Lysa que a leve até um determinado local e, com isso, se dirigir até lá sem a necessidade da ajuda de terceiros.

Especificamente, no que se refere ao robô Lysa, sua patente foi pleiteada ao órgão competente no Brasil no dia 23/02/2015, sob o registro de número BR 10 2015 003790 2 A2. Em sua composição, design e projeto de produto, bem como, no hardware e na sua programação (software) de operação, a Vixsystem detém a propriedade intelectual, havendo autonomia irrestrita de produção em escala. O robô Lysa terá um custo para o usuário bem menor que um cão-guia (em torno de 4 a 5 vezes menos) e poderá ter uma vida útil bem maior que a do cão também.

Diante do exposto, o desenvolvimento do MobiLysa agrega grande potencial ao cão-guia robô Lysa. Enquanto cão-guia robô, a Lysa cumpre com seu objetivo de auxiliar o seu

usuário a se movimentar em segurança, detectando e desviando de obstáculos, seja em ambientes internos ou externos. Mas quando associado ao Serviço MobiLysa, seus usuários ganham uma autonomia que nenhum outro produto pode lhes oferecer em ambientes internos, ou seja, a capacidade de se dirigir a qualquer lugar que desejam de forma independente. Assim, os locais que contratarem o Serviço MobiLysa poderão oferecer aos seus usuários, portadores de deficiência visual, não só um cão-guia robô, mas um atendimento diferenciado e inovador, mostrando que promover a acessibilidade a todas as pessoas deveria ser um compromisso diário de todos.

É comum ainda surgir a dúvida sobre porque o Serviço MobiLysa deve ser oferecido pelo ambiente e não estar embarcado no próprio robô Lysa? Primeiramente, como a localização do robô é realizada por imagem, embarcar no robô todo o hardware necessário para suportar o custo computacional envolvido no processamento para localização, navegação e comunicação, garantindo o funcionamento em tempo real, tornaria o produto extremamente caro. Além disso, para o funcionamento do sistema, cada robô Lysa presente no ambiente deveria ter acesso às imagens das câmeras do ambiente, o que representa um grande problema de segurança de informação. Por fim, ter esse serviço oferecido pelo ambiente através de uma infraestrutura de computação em nuvem, torna o sistema mais leve, escalável, replicável, sem implicar em adicional de custo para o robô. Inclusive, caso um usuário já possua uma Lysa como um produto pessoal, ele poderá usá-la sem maiores problemas quando chegar a um local que oferece o MobiLysa. Seu robô irá automaticamente se conectar à infraestrutura existente e fazer uso do sistema normalmente.

Com o intuito de ressaltar a diferença entre o produto “cão-guia robô Lysa”, o qual pode ser adquirido individualmente por clientes interessados, e o “Serviço MobiLysa”, o qual representa o produto que se espera obter com esta proposta de projeto encaminhada à FAPES e deverá ser preferencialmente oferecido a clientes que representam locais com circulação pública, já foi idealizado um modelo básico de negócio para sua comercialização.

Para adquirir o MobiLysa, será firmado um contrato de prestação de serviço por um tempo mínimo determinado, havendo a possibilidade de extensão e renovação do contrato caso seja de interesse do cliente. Assim, para fornecimento e implementação do Serviço MobiLysa no ambiente do cliente, definiram-se 3 etapas básicas.

- Setup inicial:
 - Análise de cobertura do sistema de câmeras e WiFi existente no local, com aumento de cobertura caso seja necessário;
 - Acesso às câmeras para que suas imagens possam ser usadas pelo sistema;
 - Calibração das câmeras;
 - Mapeamento do ambiente;
 - Configuração do serviço em nuvem com os dados do cliente;
 - Disponibilização do número de Lysas contratadas para prestação do serviço.
- Operação do serviço durante o tempo contratado:

- Serviço de manutenção e substituição de Lysas em caso de defeito ou mal funcionamento;
 - Suporte técnico para o MobiLysa;
 - Atualizações remotas dos dados do ambiente do cliente;
 - Monitoramento remoto do serviço.
- Descomissionamento:
 - Interrupção do acesso às imagens do cliente;
 - Suspensão do serviço de navegação;
 - Recolhimento das Lysas previstas no contrato.

Objetivo Geral (1200 palavras)

O objetivo geral desse projeto é aprimorar o Serviço MobiLysa, desenvolvido até o momento, tornando-o mais flexível e robusto, assim como o seu amadurecimento como produto e modelo de negócios. As ações pretendidas que descrevem esse objetivo geral são: (i) melhorar o hardware do robô Lysa com a inclusão de IMU (unidade de movimento inercial) e o software com “fine tuning” do controlador local; (ii) tornar o funcionamento do MobiLysa mais robusto, garantindo a navegação do robô Lysa mesmo nas regiões de zona morta (sem cobertura de câmeras), (iii) realizar testes piloto de validação do serviço com clientes parceiros e usuários para amadurecimento do serviço, assim como validação do modelo de negócio; e (iv) substituir o método de detecção e localização dos robôs por marcadores visuais (atualmente usa-se ArUco [11]), por métodos de reconhecimento baseados em aprendizagem de máquina [12][13][14][15], com o intuito de se localizar os robôs sem a utilização de marcadores acoplados às plataformas dos mesmos.

Apesar do MobiLysa já funcionar com a configuração de hardware e software atual do robô Lysa, ainda há espaço para alguns aperfeiçoamentos importantes, os quais farão que o funcionamento do sistema se torne mais robusto e o movimento do robô seja mais contínuo e suave. Em termos de hardware, a inclusão de uma IMU à plataforma irá contribuir para uma estimativa mais precisa da posição e orientação do robô em tempo real. Em termos de software, espera-se aprimorar o controlador local, a bordo do robô, incluindo as leituras da IMU para refinar os ganhos do controlador de velocidades. Isso irá melhorar a resposta do robô aos comandos vindos do navegador de alto nível e também irá contribuir significativamente para sua navegação nas zonas mortas, onde o movimento do robô deverá se basear apenas nos seus sensores próprios.

O MobiLysa preferencialmente funciona em locais onde há cobertura total pelas câmeras do ambiente. Entretanto, pode haver algumas regiões fora da cobertura da rede de câmeras, exatamente entre uma câmera e outra, as chamadas zonas mortas. Nesses casos, a navegação do robô Lysa se baseia no seu controlador local, que utiliza os sensores a bordo da sua plataforma para estimar a sua posição e orientação, e então definir seu movimento para continuar guiando seu usuário. Esse comportamento deverá ser mantido até que a

Lysa seja novamente visualizada por uma das câmeras do ambiente. Nesse momento, a partir da sua localização visual e das leituras dos sensores a bordo do robô, sua posição e orientação são corrigidas. Isso se faz necessário porque quando a navegação se baseia apenas nos sensores a bordo do robô, a sua localização apresenta um erro acumulativo que só pode ser eliminado quando o robô é novamente visto por uma câmera. Toda forma de localização apresenta erro, mas a vantagem de se usar localização visual para atualizar e corrigir a pose do robô se deve ao fato de esta apresentar erro fixo e normalmente pequeno, que não se acumula com o tempo como no caso da odometria.

Desta forma, neste projeto será feito um estudo mais aprofundado para se obter quais são os limites de distância e área, de acordo com a resolução das imagens, que se pode considerar de zona morta para que o funcionamento do sistema não seja prejudicado. O intuito é conhecer os limites e restrições para garantir uma maior robustez do Serviço MobiLysa.

Outra meta importante é a realização de testes para validação do serviço. Em Abril desse ano, foram instaladas 8 câmeras e um access point de WiFi em um hall de entrada e corredores de um prédio do Departamento de Engenharia Elétrica, da UFES. Este será o ambiente de teste inicial para o MobiLysa na universidade, incluindo usuários com deficiência visual (a documentação para o Comitê de Ética já foi encaminhada). Tais testes estavam previstos para serem realizados em Maio, mas devido à situação atual por conta do Covid-19, serão inicializados quando houver possibilidade de retorno parcial das atividades presenciais, quando então a equipe de pesquisa poderá circular livremente nos prédios da universidade. No momento, os testes estão sendo realizados no laboratório de pesquisa da UFES, que apesar de possuir um espaço inteligente menor do que o ambiente inicialmente previsto, poderá fornecer um ambiente para os testes preliminares.

Além disso, atualmente já há um cliente parceiro, representado por uma escola municipal da cidade da Serra – ES, que se dispôs a instalar e testar o MobiLysa. A previsão é que a instalação ocorra no segundo semestre do ano de 2020 e será considerada como teste piloto do sistema. Esta escola possui pelo menos 10 alunos com deficiência visual e acredita que o MobiLysa poderá agregar qualidade à vivência desses alunos em suas dependências. Para isso será realizada a instalação do MobiLysa a um custo mais baixo e pelo menos 3 Lysas serão disponibilizadas para uso na escola em todos os seus turnos de funcionamento. A utilização do sistema pelos alunos e a avaliação advinda das suas experiências será de grande importância para o amadurecimento do serviço.

Finalmente, como última ação técnica prevista neste projeto, espera-se fazer um estudo aprofundado e análise de métodos de reconhecimento de objetos, baseados em aprendizagem de máquina [12][13][14][15]. O objetivo é avaliar a possibilidade de eliminar o marcador visual físico que atualmente é utilizado no robô Lysa para sua localização. Caso isso seja possível, não será mais necessário que um marcador esteja acoplado à plataforma, permitindo que se tenha uma estética mais bonita ou que o espaço, antes usado pelo marcador, possa ser utilizado com outro intuito, como inclusão de mais sensores ou dispositivos eletrônicos, ou até mesmo, publicidade.

Objetivo Específico (1200 palavras)

Dado o objetivo geral do projeto, os objetivos específicos podem ser definidos como:

- **Inclusão IMU ao hardware do robô**
Conforme mencionado anteriormente, a inclusão da IMU ao hardware do robô Lysa será muito importante para o aprimoramento do robô em termos da sua navegação. Isso permitirá que o robô se mova de forma mais suave no momento de guiar seus usuários, além de lidar com as regiões de zona morta com maior precisão na sua navegação.
- **Ajuste de software do robô e criação da interface dos dados da IMU para o Espaço Inteligente**
Depois que a IMU for adicionada ao robô, o controlador de velocidades a bordo da sua plataforma deverá ser aprimorado, assim como a sua interface para funcionamento no espaço inteligente deverá ser atualizada. Assim, durante a movimentação do robô, o serviço de navegação, que funciona no espaço inteligente, poderá também receber as leituras da IMU para realizar uma estimativa mais precisa da localização do robô, usando tanto as imagens das câmeras, quanto as leituras dos sensores a bordo do robô.
- **Testes de validação na UFES**
Espera-se que após essas etapas e abrandamento da situação de pandemia, devido ao Covid-19, testes possam ser realizados nas instalações da UFES.
Conforme comentado anteriormente, já se encontram instaladas na UFES 8 câmeras, distribuídas em um hall de entrada, de um dos prédios da Engenharia Elétrica, e dois corredores com salas de aula. Não há sobreposição entre todas as áreas cobertas pelas câmeras, mas há continuidade na cobertura. Isso permitirá a navegação do robô e seus usuários pelo hall e corredores, permitindo a realização de testes de navegação em um prédio público. Depois da calibração das câmeras, o sistema poderá ser testado usando-se, inicialmente, somente o robô e, posteriormente, com a participação de pessoas com deficiência visual. Tais testes servirão para coletas de sugestões dos usuários, assim como avaliação e validação técnica do MobiLysa em um espaço público.
- **Melhoria no serviço de navegação com inclusão do tratamento de zonas mortas**
Atualmente o MobiLysa já funciona bem em áreas com cobertura completa por câmeras. Para que esse serviço seja mais robusto e extensível para os mais diversos lugares e situações, é necessário que o MobiLysa funcione mesmo em ambientes que possuam algumas zonas mortas, ou seja, intervalos de regiões que não contam com cobertura de nenhuma câmera.

Nessas zonas, o robô poderá continuar navegando de acordo com a rota inicialmente programada, desde que possua a bordo da sua plataforma sensores capazes de indicar o seu deslocamento e sua velocidade. Isso normalmente é feito com o uso de encoders, que geram a sua odometria, os quais podem ser ainda combinados com sensores inerciais (IMU) para aumentar a sua precisão.

É nessa direção que esse projeto procura garantir a navegação do robô Lysa em zonas mortas. O serviço de navegação atual usa a última posição e orientação do robô, capturada pelas imagens das câmeras, para corrigir e atualizar o planejamento de navegação. Agora, será adicionado a esse serviço a funcionalidade de usar a última posição e orientação, corrigida por imagem, para nortear a navegação do robô na zona morta, usando apenas a sua odometria, resultante das leituras do encoder e IMU. Essa navegação, sem realimentação visual, irá se manter até que o robô saia da zona morta e seja novamente visualizado por uma câmera do espaço inteligente.

- Testes de validação através do Projeto Piloto na escola da Serra

Uma atividade importante prevista neste projeto é a realização de testes de validação não só na UFES, mas também em uma escola municipal da Serra, a qual representa um cliente interessado em servir de teste piloto.

A implantação do MobiLysa nessa escola é desejável ainda para o ano de 2020, mas devido à situação da pandemia, não há como garantir que este objetivo possa ser cumprido ainda nesse ano, podendo ser reprogramado para o início de 2021.

Entretanto, os testes na UFES, cuja infraestrutura já se encontra instalada, deverão ocorrer no segundo semestre de 2020. De qualquer forma, tanto o ambiente de teste da UFES quanto o da escola da Serra serão utilizados em todos os processos de teste e validação dos desenvolvimentos técnicos previstos nesse projeto.

- Estudo e análise de nova forma de detecção e localização baseada em aprendizado de máquina

Na versão atual do MobiLysa, a detecção e localização do cão-guia robô Lysa é feita usando-se um marcador visual do tipo Aruco [11]. Entretanto, por ser um produto comercial, é interessante que o robô não possua acoplado a sua plataforma marcadores que possam prejudicar a sua estética.

Desta forma, neste projeto, um dos objetivos específicos é realizar um estudo para avaliar o uso de diferentes marcadores visuais, que possam ser considerados mais adequados, ou mesmo avaliar a retirada do marcador visual e utilização de novas formas de detecção e localização do robô.

Uma das hipóteses a serem consideradas é a utilização de métodos de reconhecimento baseados em aprendizado de máquinas [12][13][14][15], os quais poderão talvez detectar os robôs Lysas presentes no ambiente, usando apenas as imagens das câmeras do espaço, sem a necessidade do uso de marcadores visuais.

Metodologia (1200 palavras)

O Serviço MobiLysa funciona sobre uma arquitetura de espaço inteligente baseado em visão computacional. Até o momento, já foram desenvolvidos os serviços básicos para a captura de imagens por meio de uma rede de câmeras, localização do robô no ambiente, definição do destino final pelo usuário, planejamento e navegação por realimentação visual.

Conforme já exposto nas seções anteriores, este projeto visa aprimorar o MobiLysa com a inclusão de novos serviços e ajustes essenciais para melhorar e completar o seu sistema. A seguir será descrita a metodologia que será aplicada para se alcançar cada um dos objetivos planejados para este projeto.

O robô Lysa já possui, embarcados na sua plataforma, encoders que permitem a estimativa de velocidade das suas rodas e da distância percorrida durante seu movimento. A esse processo dá-se o nome de odometria. Entretanto, devido a deslizamentos das rodas e irregularidades da superfície pela qual o robô se desloca, essas medidas acumulam erros no decorrer de qualquer percurso. Para garantir uma navegação segura e suave, uma vez que a Lysa deverá guiar uma pessoa com deficiência visual, sua odometria precisa ser melhorada. Uma das formas é utilizar uma Unidade de Medida Inercial (IMU), que faz uso de giroscópios, acelerômetros e magnetômetros, sensores mais precisos, para realizar uma fusão de dados com a odometria clássica e obter melhores estimativas.

Assim, será realizada uma revisão bibliográfica de métodos de tratamento de dados inerciais [16] e sua fusão com odometria [17][18][19]. Além disso, serão levantados que sensores IMU estão disponíveis no mercado e qual deles se mostrará mais adequado para inclusão na plataforma de hardware do robô Lysa. Escolhido o modelo, será feita a adaptação eletrônica do sensor ao robô, seguida do desenvolvimento dos algoritmos para tratamento dos dados, fusão com a odometria, melhoria no controle de velocidade e disponibilização dos dados para o espaço inteligente. Esta última funcionalidade será implementada como novo serviço para que os dados possam ser usados, juntamente com as imagens, pelo serviço de navegação para atualização e correção da localização do robô no ambiente.

O próximo passo será, então, implementar a navegação em zonas mortas. Zonas mortas correspondem a regiões do ambiente que não são visualizadas por nenhuma câmera, mas que se encontram entre duas ou mais regiões que possuem cobertura visual. Logo, é preciso garantir que, ao guiar uma pessoa em uma zona morta, o robô Lysa vá se manter o mais próximo possível do caminho planejado. Desvios devido ao acúmulo de erros de odometria devem ser mínimos e, mesmo no caso de desvios para se evitar obstáculos, o robô deve ser capaz de retornar ao caminho correto.

Para isso, serão levantados trabalhos que tratam de navegação de robôs baseada apenas em dados de odometria e sensores inerciais [17][18][19], assim como desvio de obstáculos

com retorno à trajetória original [20][21]. Fica claro aqui a importância da etapa anterior que deve garantir o bom funcionamento da IMU e melhoria da estimativa da odometria do robô.

Enquanto estiver em uma zona morta, o robô Lysa usará apenas os seus sensores próprios para se movimentar e guiar seu usuário. Assim que adentrar novamente uma região com cobertura das câmeras, a sua posição e orientação poderão ser corrigidas e os erros acumulados de odometria poderão ser eliminados, restringindo-se mais uma vez ao erro intrínseco da localização por imagem.

A navegação em zonas mortas também será implementada como um novo serviço, o qual deverá interagir com o serviço de navegação anterior, baseado na realimentação visual. Assim, a movimentação do robô e seu usuário de forma efetiva e segura será possível em todo o ambiente.

Atualmente, para se localizar o robô Lysa, emprega-se um marcador visual do tipo ArUco [11]. Sob o ponto de vista de um produto comercial, seria interessante que o robô não possuísse nada extra acoplado a sua plataforma que possa prejudicar a sua estética ou utilização pelo usuário.

Com isso, será feito um estudo bibliográfico de métodos de reconhecimento de objetos e identificação por meio de técnicas clássicas [22][23] e técnicas baseadas em aprendizado de máquina. Atualmente as técnicas mais promissoras de detecção e reconhecimento de objetos fazem uso das chamadas redes neurais convolucionais (CNN - Convolutional Neural Network) [12]. O algoritmo para detecção de objetos mais amplamente utilizado é o YOLO (You Only Look Once)[13]. Esse algoritmo (já em sua terceira versão) é capaz de realizar detecção de objetos em tempo real, de forma rápida e precisa. Técnicas como transfer learning [24] podem ainda ser aplicadas para adaptar reconhecedores de objetos como YOLO para um problema mais específico como a detecção do robô Lysa.

Para isso, será gerado um banco de imagens do robô Lysa, onde o robô deverá aparecer em diferentes posições e sob diferentes pontos de vista, tanto isoladamente quanto sendo utilizado por usuários. Essas imagens serão utilizadas para adaptação e treinamento da rede neural, a fim de que a detecção e reconhecimento da plataforma possa acontecer satisfatoriamente.

Feitos testes, avaliações e análises, o método escolhido será implementado como outro novo serviço a ser incorporado ao MobiLysa. Isso permitirá não só eliminar o marcador visual, mas escolher qual método de localização deverá ser usado em cada tipo de ambiente que implantar o Serviço MobiLysa. Caso as condições de iluminação ou resolução das câmeras instaladas no ambiente não permitam uma localização sem marcadores, o MobiLysa ainda poderá ser utilizado mantendo-se o uso destes. Em resumo, o Serviço MobiLysa poderá ser oferecido com ou sem o uso de marcadores visuais para localização dos robôs Lysas, de acordo com as condições de cada local.

Importante dizer que, em todas as etapas, experimentos serão realizados no laboratório para validar e avaliar os trabalhos desenvolvidos. Para avaliação das melhorias e métodos implementados serão definidas métricas que possam quantificar o desempenho do sistema.

Vale ressaltar ainda que, assim que a situação de estado de emergência em saúde pública permitir a utilização do espaço de testes, instalado no hall e corredores da UFES, novos testes e experimentos serão realizados para a validação em um ambiente maior e menos controlado que o laboratório.

Paralelo a isso, assim que a prefeitura da Serra permitir, serão iniciadas as instalações das câmeras e cabos na escola municipal que será o teste piloto do MobiLysa, em uma escala real e mais próxima dos futuros clientes do produto. Os resultados advindos deste teste piloto serão importantíssimos para a validação do serviço como um produto comercial, coleta de dados para análises qualitativas e quantitativas, além de sugestões para melhorias e adição de novas funcionalidades de acordo com a demanda dos usuários e dos contratantes do serviço.

Como comentário final, os pesquisadores envolvidos neste projeto já tem trabalhado em cooperação com a Vixsystem, há mais de um ano, na idealização e projeto do Serviço MobiLysa. O seu potencial inovador foi reconhecido pela RNP, que financiou o projeto como um de seus GTs de P&D, por um ano entre 2019 e 2020. O desenvolvimento e os resultados obtidos são promissores e mostram a qualidade do trabalho realizado até o momento. Agora, a metodologia e atividades planejadas para esse novo projeto permitirão o amadurecimento do MobiLysa, sua consolidação e preparação efetiva para sua entrada no mercado e comercialização.

Resultados esperados (1200 palavras)

Resumidamente, ao final deste projeto, espera-se obter uma solução tecnicamente robusta e economicamente viável para o produto/serviço MobiLysa: um serviço de localização e navegação para o robô Lysa em ambiente internos. O MobiLysa deverá permitir que o robô Lysa seja usado por usuários com deficiência visual para chegarem a um local desejado, sem depender da ajuda de terceiros, de forma autônoma e segura, quando estiverem em locais que ofereçam tal serviço.

Em termos específicos, um dos resultados desse projeto será a apresentação de uma plataforma robótica que terá sido aprimorada com a inclusão de uma IMU para a obtenção de uma odometria e estimativa de velocidade mais precisas. Todo o código para integração da IMU e ajustes nos controles de velocidade também terá sido feito. Além disso, será revisto todo o código a bordo do robô, para garantir que a interação entre os novos sensores e aqueles já existentes possa acontecer, sem prejuízo para as funcionalidades de detecção e desvio de obstáculos que a plataforma já possui.

Outro resultado esperado será a adição ao sistema atual de um novo serviço que realiza a navegação em zonas mortas, ampliando assim a abrangência para a utilização do MobiLysa. Com essa melhoria, o Serviço MobiLysa terá ganho maior robustez no seu funcionamento e não será necessário que toda a região de interesse para implantação do sistema tenha cobertura completa por câmeras. Isso trará maior flexibilidade ao sistema para ser instalado em ambientes que já possuem câmeras de vigilância, sem a necessidade de instalação de mais sensores para garantir cobertura completa.

Como terceiro resultado técnico está o desenvolvimento de um serviço de detecção de robôs Lysas sem marcadores visuais. Este também será um novo serviço a ser adicionado na plataforma do MobiLysa, o qual contribuirá mais uma vez para a flexibilização do sistema. Com este novo serviço e o antigo ainda em funcionamento, o MobiLysa poderá detectar robôs Lysas através do uso de marcadores visuais ou não, podendo optar por um modo ou outro de acordo com as condições de iluminação, qualidade de imagem e local de utilização do sistema.

Uma vez que este projeto prevê o envolvimento de pelo menos um aluno de mestrado e um grupo de pesquisa de uma ou mais ICTs, pode-se considerar que ainda há resultados acadêmicos que se espera obter. Nesse sentido, espera-se, com as pesquisas e desenvolvimentos realizados nesse projeto, submeter ao menos 2 artigos para congresso e, se possível, ao menos 1 artigo para revista. É também de suma importância a finalização da dissertação de mestrado do aluno envolvido e a formação de recursos humanos que resultará não só do envolvimento do aluno de mestrado, mas também de um bolsista de extensão e, indiretamente, de alunos de IC, todos os quais estarão aprimorando sua formação acadêmica, profissional e pessoal. Não menos importante, será o envolvimento da equipe da empresa que também poderá adquirir mais conhecimentos científicos, assim como contribuir com seus conhecimentos técnicos e profissionais para o fortalecimento e experiência do grupo de pesquisa das ICTs.

Sob o aspecto econômico e de negócios, as melhorias almejadas para o Serviço MobiLysa, trarão como resultado o fortalecimento do produto, aumentando o seu potencial de mercado. O amadurecimento do MVP inicial e fortalecimento do Plano de Negócios, acompanhados da visibilidade que se espera obter com os testes pilotos e participação em demonstrações públicas, também são resultados que se espera alcançar para abertura de mais oportunidades de negócio dentro e fora do estado do Espírito Santo.

Impactos esperados (1200 palavras)

Conforme já mencionado nesse projeto, no Brasil, estima-se que mais de seis milhões e meio de pessoas sejam portadoras de deficiência visual, seja parcial ou total. A grande maioria dessas pessoas não possui condições de adquirir cães-guia ou mesmo outros dispositivos para lhes auxiliar na locomoção, seja pela escassez na oferta de produtos ou pelo alto preço dos poucos que existem.

O principal impacto que se espera alcançar com esse projeto é promover e melhorar a acessibilidade e mobilidade das pessoas com deficiência visual em espaços públicos internos, permitindo que estas possam se movimentar e chegar a destinos de forma autônoma.

Outro impacto não menos importante, é conseguir, depois das primeiras demonstrações e implementações do Serviço MobiLysa nos primeiros clientes, mostrar e conscientizar o maior número de espaços públicos da importância e compromisso de promover a igualdade social, se não fornecendo igualdade de condições ao menos diminuindo as diferenças entre os usuários e frequentadores do local. Além de estar exercendo um papel transformador na sociedade, os ambientes que contratarem o Serviço MobiLysa provavelmente poderão usufruir de um impacto positivo na sua imagem perante a sociedade, nesse sentido talvez até contribuindo para sua maior aceitação e preferência junto aos seus frequentadores.

Assim, espera-se que o MobiLysa se torne um produto interessante para muitos clientes, tanto privados quanto governamentais, não só como forma melhorar a acessibilidade de seus ambientes, mas também mostrar à sociedade o seu compromisso social. Acreditamos que o MobiLysa poderá, juntamente com o cão-guia robô Lysa, trazer um diferencial e aspecto inovador para esses ambientes. É uma oportunidade de oferecer a seus usuários com deficiência visual uma maior liberdade de se movimentar, de viver uma experiência nova e se sentir mais à vontade quando presentes nesses ambientes diferenciados.

Para que o MobiLysa se torne um produto interessante para aquisição por parte dos clientes, há também uma preocupação com a sua precificação adequada. Este processo ainda não está concluído, mas alguns aspectos já têm sido trabalhados.

O robô Lysa, por exemplo, tem sido desenvolvido como um produto de custo reduzido, para se apresentar com um preço mais acessível no mercado, de forma a atingir um maior número de usuários e assim impactar positivamente na vida dessas pessoas. Isso facilitará a sua aquisição por usuários individuais, mas também contribuirá para a oferta do MobiLysa a preços mais interessantes para os locais que resolverem adquirir o serviço.

Apesar do principal impacto do MobiLysa ser na acessibilidade e mobilidade de pessoas com deficiência visual, existe um grande potencial na arquitetura de software que suporta o seu funcionamento. A arquitetura de espaço inteligente, que possibilita a interação e funcionamento de todos os microsistemas que constituem o MobiLysa, serve de suporte para uma enorme gama de outros serviços que podem futuramente ser oferecidos aos espaços públicos e seus usuários, sejam esses portadores de alguma deficiência ou não. Serviços como contagem de clientes, segurança e informação são alguns exemplos de serviços que podem ser adicionados à estrutura de espaço inteligente que suporta o MobiLysa.

Desta forma, desenvolver o MobiLysa também representa desenvolver uma série de outras oportunidades de pesquisa e inovação tanto para a Vixsystem, quanto para as ICTs envolvidas. Assim, outro impacto proveniente desse projeto é o fortalecimento desse knowhow e expertise nas ICTs e na empresa capixaba, fortalecendo as suas posições como

centros de inovação no estado e no país, uma vez que não há nada semelhante sendo desenvolvido em outros lugares.

Referências

[1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. 2011. CENSO DEMOGRÁFICO 2010 - Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Caracteristicas_Gerais_Religiao_Deficiencia/caracteristicas_religiao_deficiencia.pdf.

[2] de Assis L.C. 2019. Cão-Guia treinado no Brasil já é uma realidade. Estadão. <https://emails.estadao.com.br/blogs/comportamento-animal/cao-guia-treinado-no-brasil-ja-e-uma-realidade/>.

[3] VixSystem. 2016. Quem é Lysa? VixSystem. <http://www.caoguiarobo.com.br/>.

[4] Cotta, W. A. A.; Machado, F.; Carmo, A. P. ; Garcia, A. S. ; Vassallo, R. F. MobiLysa: Sistema de localização e controle do cão-guia robô Lysa para ambientes internos baseado em visão computacional. Workshop “O Futuro da Videocolaboração”. XXV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WEBMEDIA), 2019, Rio de Janeiro.

[5] Rampinelli M, Covre V.B., de Queiroz F.M., Vassallo R.F., Bastos-Filho T.F., and Mazo M. 2014. An intelligent space for mobile robot localization using a multicamera system. *Sensors*. 2014, 14 (8), 15039-15064; <https://doi.org/10.3390/s140815039>

[6] D. Čurová, R. Haluška, T. Húgec, M. Puheim, J. Vaščák and P. Sinčák, "Intelligent space at center for intelligent technologies — system proposal," 2017 IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), Herl'any, 2017, pp. 000191-000196.

[7] Almonfrey, D., do Carmo, A. P., de Queiroz, F. M., Picoreti, R., Vassallo, R. F., & Salles, E. O. T. (2018). A flexible human detection service suitable for Intelligent Spaces based on a multi-camera network. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. <https://doi.org/10.1177/1550147718763550>

[8] do Carmo A.P., Vassallo R.F, de Queiroz F.M., and et al. 2019. Programmable intelligent spaces for Industry 4.0: Indoor visual localization driving attocell networks. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. <https://doi.org/10.1002/ett.3610>.

[9] NSK Reforms LIGHBOT™ (Guide Robot with Indoor Navigation and Obstacle Avoidance). <https://www.nsk.com/company/news/2015/press0416a.html>

[10] OrCam MyEye 2. <https://www.orcam.com/pt/myeye2/>

- [11] Garrido-Jurado S., Muñoz-Salinas R.M., Madrid-Cuevas F.J., and Marín-Jiménez M.J. 2014. Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion. *Pattern Recognition*. 47(6):2280–2292, 2014.
- [12] Goodfellow I., Bengio Y., and Courville A. 2016. *Deep Learning*. MIT Press.
- [13] Redmon J. and Farhadi A. 2018. Yolo V3: An incremental improvement. *ArXiv*.
- [14] Kaiming He, Georgia Gkioxari, Piotr Dollár, and Ross Girshick. 2017. Mask R-CNN. In *Proceedings of the International Conference on Computer Vision (ICCV)*.
- [15] Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, and Jian Sun. 2015. Faster R-CNN: Towards Real-time Object Detection with Region Proposal Networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(6). 2015.
- [16] B. N. Vu, K. N. Nguyen and M. H. Vu, "Practical Considerations of IMU Data Generator," 2019 3rd International Conference on Recent Advances in Signal Processing, Telecommunications & Computing (SigTelCom), Hanoi, Vietnam, 2019, pp. 63-68, doi: 10.1109/SIGTELCOM.2019.8696196.
- [17] J. Shen, D. Tick and N. Gans, "Localization through fusion of discrete and continuous epipolar geometry with wheel and IMU odometry," *Proceedings of the 2011 American Control Conference*, San Francisco, CA, 2011, pp. 1292-1298, doi: 10.1109/ACC.2011.5990946.
- [18] Brossard, Martin & Bonnabel, Silvère. (2019). Learning Wheel Odometry and IMU Errors for Localization. 291-297. 10.1109/ICRA.2019.8794237.
- [19] Martin Brossard, Silvere Bonnabel. Learning Wheel Odometry and IMU Errors for Localization. *International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, May 2019, Montreal, Canada. Ffhal01874593v2f
- [20] Borenstein J., Koren Y. (1989) Real-Time Obstacle Avoidance for Fast Mobile Robots. In: Prasad B. (eds) *CAD/CAM Robotics and Factories of the Future*. Springer, Berlin, Heidelberg
- [21] Antonio Sgorbissa, Renato Zaccaria. Planning and obstacle avoidance in mobile robotics, *Robotics and Autonomous Systems*, Volume 60, Issue 4, 2012, Pages 628-638, ISSN 0921-8890, <https://doi.org/10.1016/j.robot.2011.12.009>.
- [22] Singh H. *Practical Machine Learning and Image Processing: For Facial Recognition, Object Detection, and Pattern Recognition Using Python*. ISBN-13: 978-1484241486. Apress. 1st ed., 2019.

[23] Yilmaz, Alper; Javed, Omar; Shah, Mubarak. Object tracking: A survey. *Acm computing surveys (CSUR)*, v. 38, n. 4, p. 13-es, 2006.

[24] Shanmugamani R. 2018. *Deep Learning for Computer Vision: Expert techniques to train advanced neural networks using TensorFlow and Keras*. Packt Publishing.