



**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**ANTEPROJETO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**MATHEUS DUTRA DE OLIVEIRA**

**FUSÃO DE DADOS PARA O SISTEMA MOBILYSA**

MATHEUS DUTRA DE OLIVEIRA

## FUSÃO DE DADOS PARA O SISTEMA MOBILYSA

Parte manuscrita do anteprojeto do trabalho de conclusão de curso do aluno Matheus Dutra de Oliveira, apresentada à Coordenadoria do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Guarapari, como requisito parcial para aprovação na disciplina TCC I – Trabalho de Conclusão de Curso I.

---

Prof. da Disciplina: Prof. Dr. Alexandre Pereira do Carmo

---

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Pereira do Carmo Beltrano

---

Aluno: Matheus Dutra de Oliveira

Guarapari

2021

## RESUMO

No Brasil existem milhões de pessoas que são portadoras de deficiência visual, entretanto, existe uma quantidade muito pequena de cães guias no país, pelo fato do mesmo ter um custo muito alto de aquisição. O cão-guia robô Lysa é constituído por funções que se assemelham a de um cão guia, porém a Lysa não é capaz de se localizar e navegar de maneira autônoma em ambientes internos. Desse modo, com intuito de fazer a Lysa se tornar completamente autônoma, criou-se o Mobilysa, no qual é um sistema composto por vários micro serviços que usam a infraestrutura de um espaço inteligente para guiar a Lysa até o seu destino final. Atualmente, o Mobilysa contém apenas um método de localização que usa as câmeras do ambiente e técnicas de visão computacional para identificar um marcador do tipo ArUco em cima do robô e assim o localizá-lo. Embora localização por visão seja um método preciso e com erro não acumulativo, contar com apenas uma fonte sensorial para localizar o robô pode não ser satisfatório em diferentes tipos de ambiente. Portanto, este anteprojeto propõe a construção de um novo serviço computacional para o sistema Mobilysa, no qual o mesmo irá fazer a fusão de dados de diferentes fontes sensoriais de localização, fazendo com que o processo de navegação do robô no sistema Mobilysa seja muito mais robusto.

Palavras-chave: **Mobilysa, Lysa, localização, micro serviços, espaço inteligente, serviço computacional, fusão de dados, navegação.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização no sistema Mobilysa . . . . .	15
Figura 2 – Localização do robô no Sístena Moblilysa após a criação do fusor de dados. . . . .	21

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Cronograma de atividades . . . . .	24
---	----

## **LISTA DE SIGLAS**

EKF	Extended KalmanFilter
GPS	Global Positioning System
IFES	Instituto Federal do Espírito Santo
IMU	Unidade de Medição Inercial
RSS	Really Simple Syndication
RSSI	Received signal strength indication
SLAM	Simultaneous localization and mapping
UFES	Universidade Federal do Espirito Santo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS . . . . .</b>	<b>11</b>
3.1	OBJETIVOS GERAIS . . . . .	11
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS . . . . .	11
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .</b>	<b>12</b>
4.1	LOCALIZAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS EM AMBIENTES INTERNOS	12
4.1.1	Odometria . . . . .	13
4.1.2	Localização utilizando Wi-Fi . . . . .	13
4.1.3	localização utilizando visão computacional em espaços inteligentes	14
4.2	FUSÃO DE DADOS . . . . .	15
4.2.1	Média Ponderada e Seleção . . . . .	16
4.2.2	Filtro de Kalman . . . . .	17
4.2.3	Redes neurais artificiais . . . . .	18
4.3	TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .	18
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>VIABILIDADE TÉCNICA . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>CRONOGRAMA . . . . .</b>	<b>24</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Estima-se que no Brasil há mais de seis milhões e meio de pessoas que são portadoras de deficiência visual e que existem menos de duzentos cães guias no país (IBGE, 2010). Isso se deve ao fato que o treinamento de um cão-guia custa, em média, R\$50.000,00, pois o mesmo é diferenciado e realizado somente em alguns lugares do Brasil. Desse modo, o difícil acesso a locais de treinamento para cães-guias e a demora e custo elevado para treinar o mesmo reduzem as possibilidades de pessoas portadoras de deficiência visual terem esse recurso.

O cão-guia robô Lysa descrito em Cotta *et al.* (2019), é composto por funções que imitam um cão guia convencional como sensores que avisam aos deficientes visuais, por meio de mensagens de voz gravadas, a existência de buracos, obstáculos e riscos de colisões. Algoritmos de navegação que usam *GPS (Global Positioning System)* estão sendo desenvolvidos para que o usuário possa informar a sua rota para que a Lysa o conduza até seu destino. Contudo, como apresentado em Rodrigues *et al.* (2013), o *GPS* resolve razoavelmente o problema da localização em ambientes externos, porém, infelizmente o mesmo não tem potência suficiente para permitir que seja feita a localização em ambientes internos (escolas, museus, shoppings, por exemplo).

Um espaço pode ser considerado inteligente quando mesmo possuir um sistema capaz de observar o meio através de uma rede de sensores (câmeras, microfones, termômetros, por exemplo) e tomar decisões de acordo com as necessidades do usuário através de atuadores (robôs móveis, telas de informação, eletrodomésticos automatizados, entre outros) (CARMO *et al.*, 2020).

Com o intuito de resolver o problema da localização e navegação do robô Lysa em ambientes internos, criou-se o MobiLysa, onde o mesmo usa a infraestrutura de um espaço inteligente para guiar a Lysa até o seu destino final. A localização do robô nesse sistema é feita utilizando visão computacional através da rede de câmeras presentes no local e a mesma é enviada até o controlador do robô por meio de um barramento de mensagens onde todos os serviços podem se comunicar (COTTA *et al.*, 2019).

Embora Imagens possam fornecer uma riqueza de informações e com o devido pro-



cessamento podem gerar dados de localização bastante precisos, contar com apenas um método para localizar o robô pode ser não satisfatório nos diversos tipos de ambientes internos, pois os mesmos podem apresentar zonas mortas (lugares que não são visualizados por nenhuma das câmeras presentes na rede), gerando então, vários lugares no mapas onde o robô não irá conseguir se localizar e consequentemente não concluir seu processo de navegação com sucesso. Ademais, como apresentado em Ramos *et al.* (2012), um sistema que possui vários dados de localização fundidos apresenta robustez contra interferência, redução de ambiguidade e na incerteza e maior confiabilidade.

Desse modo, a proposta deste trabalho é introduzir ao MobiLysa um serviço para a fusão de dados de localização. O algoritmo de fusão sensorial será adicionado para que o controlador do robô receba localizações precisas que serão compostas pela união dos sensores embarcados no robô e a localização feita por visão computacional utilizando as câmeras do ambiente.

## 2 JUSTIFICATIVA

Com o aumento da tecnologia presente na vida das pessoas há uma crescente necessidade de propor soluções que façam indivíduos com algum tipo de deficiência levarem uma vida cada vez mais normal. Lysa, o cão guia robô, é um projeto desenvolvido pela startup capixaba Vixsystem e de responsabilidade social que tem como objetivo auxiliar pessoas com deficiência visual proporcionando-lhes uma melhor qualidade de vida. Contudo, a Lysa por si só, não é capaz de navegar de maneira autônoma em ambientes internos.

Com intuito de resolver esse problema, foi idealizado o MobiLysa, cujo o mesmo é um serviço que utiliza de uma infraestrutura de um espaço inteligente para fornecer a Localização e Navegação para o robô Lysa em Ambientes Internos. Atualmente, o sistema localiza o robô pelas imagens que são obtidas da rede de câmeras do espaço com uso de técnicas de visão computacional.

Porém, para que o robô consiga se localizar por todo o ambiente no qual o mesmo deseja navegar, faz-se necessário o estudo e implementação de um serviço que faça ele se localizar com os dados vindos de outras fontes, como por exemplo, sensores embarcados no próprio robô. Assim, mesmo se navegação se direcionar para uma área sem cobertura de câmeras o robô Lysa vai se manter o mais próximo possível do caminho planejado.

O objetivo inicial desse anteprojeto foi levantar trabalhos que tratam de localização de robôs baseada apenas em dados de odometria, sensores inerciais, odometria visual e até o uso de outras técnicas mais específicas como em Rodrigues *et al.* (2013), que propôs uma técnica de localização de robôs móveis em ambientes internos utilizando wi-fi.

A navegação em zonas mortas também será implementada como um novo recurso, o qual deverá interagir com o serviço de navegação já existente baseado em visão computacional. Sendo assim, um serviço de integração sensorial para fusão de dados de localização será implementado no sistema Mobilysa.

Portanto, o serviço de integração sensorial, irá utilizar técnicas probabilísticas como o filtro de Kalman para fundir as medições de localização do robô provinda das técnicas de visão computacional utilizando as câmeras do ambiente com os dados de sensores embarcados do robô (odometria, sensores inerciais, Wi-fi, entre outros).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVOS GERAIS**

Desenvolver um novo serviço para o sistema Mobilysa, no qual o mesmo visa realizar a fusão de dados de localização provinda de sensores preferencialmente embarcados no robô e técnicas de visão computacional que utilizam as câmeras do ambiente.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudar diferentes técnicas de localização de robôs móveis em ambientes internos, com o objetivo de aplicar técnicas que resolvam o problema da navegação da Lysa em zonas mortas e sejam financeiramente viáveis.
- Estudar diferentes técnicas probabilísticas de fusão de sensores, com o objetivo de aplicá-las a fusão de dados de localização de robôs móveis.
- Projetar, construir um serviço de fusão de dados para o sistema Mobilysa, onde o mesmo irá fundir os dados de localização de diferentes fontes sensoriais.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será abordado alguns métodos de localização de robôs em ambientes internos, onde serão detalhadas as técnicas de localização que possivelmente poderão ser utilizadas na fusão de dados. Em seguida, será apresentado um pouco da bibliografia de integração de sensores e trabalhos já realizados sobre fusão sensorial de dados de localização.

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS EM AMBIENTES INTERNOS

Localizar um robô móvel consiste no desafio de determinar sua postura (pose) em relação a um referencial específico (por exemplo, o mapa do ambiente em que o robô se encontra). Contudo, existe dificuldade de se obter resultados precisos, por consequência das fontes de incerteza, este problema é comumente chamado de estimação de postura (*pose estimation*). A estimação da postura é feita de forma estocástica por meio de um algoritmo probabilístico, o qual mantém hipóteses sobre possíveis locais do mapa em que o robô possa estar (RODRIGUES *et al.*, 2013).

Como descrito em Rodrigues *et al.* (2013), definir a postura precisa do robô não é tarefa fácil pois ela geralmente não pode ser determinada diretamente. O maior empecilho para essa determinação são os ruídos intrinsecamente ligados às características dos sensores. Como os sensores são a base para a percepção do ambiente pelo robô, a sua localização acaba sendo inferida através dos dados ruidosos oriundos destes sensores. A dificuldade chave disto decorre do fato de que um único tipo de sensor de medição é normalmente insuficiente para determinar a postura. desse modo, o robô deve integrar os dados provenientes de dois ou mais tipos de sensores, preferencialmente com características e naturezas distintas, para evitar que estejam sujeitos ao mesmo tipo de ruído.

Devido à ausência do sinal GPS em ambientes fechados, surge a necessidade de introduzir algumas técnicas de localização que são mais específicas para esse tipo de ambiente e que possivelmente serão utilizadas para a realização da fusão de dados. Dentre as técnicas comumente utilizadas destacam-se a localização por odometria, Wi-fi e visão computacional em espaços inteligentes.

#### 4.1.1 Odometria

Descrito em COTA *et al.* (2019), o conceito de odometria consiste em desenvolver um modelo matemático que descreve como os movimentos selecionados de juntas induzem movimento no veículo como um todo, e então integrar esses movimentos específicos ao longo do tempo com o intuito de criar um modelo da posição e orientação atual do veículo.

A arquitetura comumente utilizada em veículos com rodas é a diferencial, onde a mesma é composta por duas rodas paralelas montadas em um eixo comum, controladas por motores separados.

Contudo, para computar o movimento das rodas são utilizados *encoders* (sensores que computam a velocidade de giro de uma roda). Sendo assim, quando a roda escorrega, o movimento é computado; porém o robô não se desloca. Dessa forma, esse erro será computado e propagado por todo o cálculo de deslocamento, somando-se a outros erros e causando imprecisão. Ademais, como feito em Shen, Tick e Gans (2011) pode-se adicionar uma IMU (Unidade de Medição Inercial) para ajudar na detecção e correção rápida dos erros de postura do robô.

#### 4.1.2 Localização utilizando Wi-Fi

Os avanços na tecnologia dos aparelhos móveis já permitem uma localização precisa de utilizadores com recurso a dispositivos sem-fios. Uma forma prática e bastante utilizada é utilizar os sinais *Wi-Fi* recebidos pelo utilizador dos diferentes *access points*. Portanto, as técnicas mais utilizadas são:

- *RSS(Really Simple Syndication)* e lateração. Baseiam-se na combinação das medições de *RSS* de um cliente para vários *access points* com modelos de propagação, de forma a obter a distância aos *access points*. Utilizando técnicas de Trilateração, a posição estimada do cliente é calculada, relativamente à posição conhecida dos *access points* (TORRES, 2018).

- *Fingerprinting*. Utiliza-se apenas os dados de *RSS*. Numa primeira fase são medidos os dados de *RSSI* (*Received signal strength indication*) em relação a vários *access points*, assim como a posição do cliente durante essas medições. Estes dados são guardados numa base de dados. Na fase de localização os dados atuais de *RSSI* são comparados com a base de dados retornando a posição de maior proximidade encontrada. A maior limitação destes sistemas é a suscetibilidade a mudanças no ambiente, como a adição ou remoção de mobília (TORRES, 2018).

#### 4.1.3 localização utilizando visão computacional em espaços inteligentes

Na literatura, existem diferentes definições para espaços Inteligentes. Nesse trabalho, um espaço inteligente será definido como um espaço físico equipado com uma rede de sensores e atuadores, além de serviços de computação. Tais elementos devem ser gerenciados por uma infraestrutura de hardware e software responsável por coletar e analisar os dados, gerar as decisões e atuar quando necessário. (CARMO, 2021)

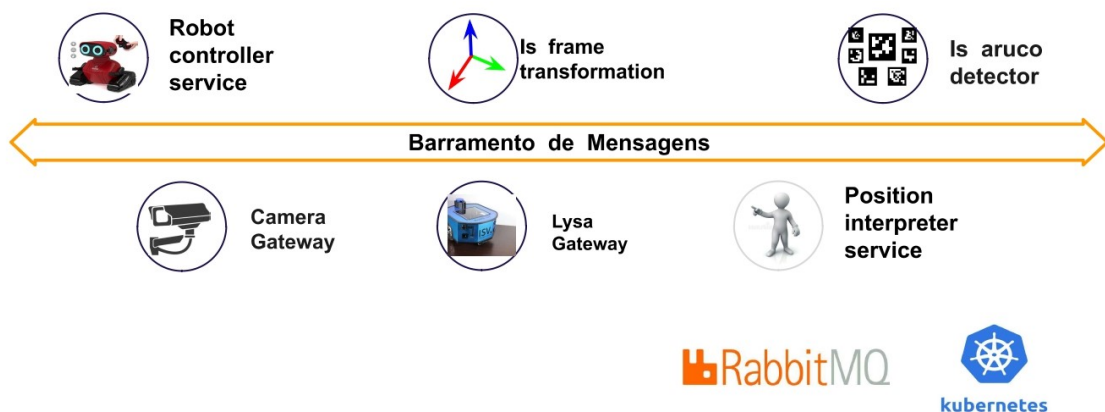
A definição acima complementa a definição de espaço inteligente de Carmo *et al.* (2020), onde espaços inteligentes podem ser descritos como ambientes interativos equipados com uma rede de sensores (câmeras, microfones, ultrassons) que são capazes de extrair informações do meio, e um conjunto de atuadores (robôs, dispositivos móveis, telas informativas), que podem ser controlados por diferentes serviços computacionais para agir e modificar o ambiente. Além de controlar os atuadores, os serviços computacionais podem se comunicar com outros serviços através de um barramento de mensagens e analisar as informações adquiridas para ajudar na execução de tarefas e tomada de decisões.

Conforme descrito na Figura 1, atualmente no sistema Mobylysa, a localização e navegação do robô Lysa é feita através de alguns serviços computacionais. O primeiro deles é chamado de "Camera Gateway", que é responsável por fazer a comunicação das câmeras do ambiente com o espaço inteligente, assim, o mesmo faz a publicação das imagens das câmeras para o barramento de mensagens. O serviço "is aruco detector" consome as imagens publicadas pelos *gateways* e publica a localização dos

marcadores de padrão ArUco presentes nas imagens. Contudo, a localização publicada pelo serviço não corresponde a localização do marcador no mundo (*world frame*), mas, sim, a localização em pixel. Desse modo, é de responsabilidade do serviço "is frame transformation" consumir a localização provinda do "is-aruco-detector" e fazer a mudança de referencial, fornecendo assim a localização desejada do marcador no mundo.

A realização do controle do robô é feita pelo "Robot controller service". Este serviço calcula sinais de controle (velocidade linear e angular) necessários para executar uma dada tarefa e envia esses sinais para o serviço "Lysa gateway" (módulo responsável pela comunicação do robô com o espaço). Tal tarefa pode corresponder ao posicionamento do robô em uma dada posição, ou no segmento de uma trajetória descrita por um conjunto de pontos e velocidades. Ademais, o "Position interpreter service" converte uma palavra vinda de um comando de voz em um lugar relacionado à ela. Assim, realiza a comunicação do usuário com o sistema.

Figura 1 – Localização no sistema Mobilysa



Fonte: O autor.

Como pode-se observar, esse método de localização usa sensores que não estão embarcados no robô o que difere dos métodos clássicos como a odometria.

## 4.2 FUSÃO DE DADOS

Os termos Fusão de Dados pode ser também mencionado como Fusão de Sensores, Integração de Múltiplos Sensores, Fusão de Múltiplos Sensores e Fusão da Informação.



Todos esses termos são utilizados para se referir a aplicações que visam à combinação de informações providas de múltiplas fontes de dados (RAMOS *et al.*, 2012).

Algumas das vantagens desse tipo de abordagem são:

- Melhor tolerância a falhas devido ao uso de múltiplos sensores, pois caso algum falhe, os outros fornecem a informação correta.
- Maior confiabilidade, pois a leitura de um sensor pode ser confirmada por outros sensores que efetuam a leitura do mesmo ambiente.
- Combinação de informações, pois pode haver sensores que meçam diferentes aspectos do ambiente, combinando para fornecer uma nova informação.
- Redução de ambiguidade e na incerteza, robustez contra interferência, pois pode haver diversos tipos de sensores diferentes que não são afetados pelo mesmo tipo de ruído.
- No caso específico do sistema Mobilysa, a fusão de dados resolvera o problema da navegação em zonas mortas, pois na falta da localização vinda das câmeras, o algorítmico de fusão entregará uma localização provinda somente dos sensores do robô.

As técnicas de fusão sensorial podem ser utilizadas em diversas aplicações. Na robótica, são utilizados para a determinação de trajetória, reconhecimento de alvos, mapeamento de ambiente, localização, entre outros.

Para a construção de um algoritmo robusto em termos de precisão, se faz necessário conhecer as principais técnicas para realização do mesmo. Desse modo, será descrito a seguir algumas das principais técnicas de fusão dados.

#### **4.2.1 Média Ponderada e Seleção**

São técnicas que se baseiam em procedimentos matemáticos básicos. A ponderação mostre-se um método simples que consiste no cálculo de pesos que ponderem os

dados redundantes de vários sensores. Nesse caso, os sensores podem ter o mesmo peso ou pesos diferentes.

Já no caso da seleção, as medições oriundas dos sensores são analisadas, pois dependendo da situação, um sensor pode não conseguir realizar uma medição ou adquirir um dado muito impreciso, nesses casos, tal medida seria descartada. Portanto, tal método consiste em uma escolha de qual medição será utilizada (ALVES, 2019).

#### **4.2.2 Filtro de Kalman**

O filtro de Kalman descrito em Rodrigues *et al.* (2013), surgiu na década de sessenta, sendo inicialmente aplicado na área da engenharia elétrica relacionada à teoria do controle de sistemas. Posteriormente, ele foi inserido em diversas áreas, como por exemplo inteligência artificial e robótica.

De maneira resumida, o filtro de Kalman é um conjunto de equações matemáticas que constitui um algoritmo recursivo e eficiente para estimação, uma vez que o erro quadrático é minimizado.

No filtro de Kalman podem ser estimados os estados passados, os estados presentes e mesmo previstos os estados futuros, dependendo da aplicação. Contudo, é um procedimento aplicável quando os modelos do sistema estão escritos sob a forma de espaço-estado.

As equações podem ser agrupadas em equações de predição e equações de atualização da medição ou de correção. Estes dois grupos de equações funcionam em conjunto, uma alimentando a outra com novas informações. As equações de predição são responsáveis pelo avanço das variáveis de estado e das covariâncias no tempo para se obter as estimativas a priori. As equações de atualização trazem informações das medições e as incorporam nas estimativas a priori para obter um ganho, que é utilizado para fazer a estimação posterior.

A princípio, o filtro de Kalman é feito apenas para sistemas lineares, porém existe o filtro de kalman estendido, que é uma técnica para ser aplicada a sistemas não

lineares. Para utilizar o filtro de Kalman em sistemas não lineares, é utilizado técnicas de linearização em torno de um ponto específico de operação.

#### 4.2.3 Redes neurais artificiais

As redes neurais fornecem uma nova abordagem para o problema da estimação de parâmetros de modelos não-lineares. Redes neurais são usadas em muitas áreas, como biologia e informática e engenharia. A ideia básica por trás de uma rede neural é a grande capacidade de processamento de dados do cérebro humano.

Uma grande vantagem das redes neurais é que, quando adequadamente treinadas, elas podem ser consideradas especialistas em relação ao projeto específico para o qual foram projetadas para examinar. Além disso, a capacidade de aprendizagem das redes neurais permite que elas se ajustem a ambientes dinâmicos e mutáveis e é uma ferramenta de previsão mais flexível do que os modelos estatísticos tradicionais. Além disso, os sistemas de redes neurais são capazes de detectar padrões e tendências em qualquer conjunto de dados que recebem, incluindo dados altamente desorganizados e variáveis (ALVES, 2019).

Portanto, as redes neurais são sistemas treinados para mapear dados de entrada em categorias de saída selecionadas. São formado por um conjunto de nós altamente interconectados de forma semelhante aos neurônios no cérebro.

### 4.3 TRABALHOS RELACIONADOS

Em Shen, Tick e Gans (2011), foi proposto uma técnica de localização baseado em visão de pose e velocidade baseado em *Homography matrices* contínuas e discretas, IMU e odometria. A odometria visual consiste em uma câmera em cima do robô onde a mudança de pose é determinada pela maneira discreta da *Homography matrices*, enquanto a forma contínua é utilizado para estimar a velocidade da câmera a todo o tempo. A IMU mede a velocidade angular e os *encoders* nas rodas mede a velocidade linear. Para realizar a fusão sensorial o sistema usa um filtro de Kalman que funde as informações da odometria visual, IMU e encoders e diminui erros devido a imperfeições dos sensores utilizados. Para fins de comparação, o sistema completo foi comparado

com um sistema simplificado contendo apenas os dados da IMU e dos *encoders*, onde mesmo sem a odometria visual o robô apresentou uma resposta satisfatória na realização da tarefa.

No trabalho de Ramos *et al.* (2012), foi proposto uma técnica de *SLAM* (*Simultaneous localization and mapping*) para robôs terrestres. O autor realizou uma fusão sensorial entre a odometria e o sistema de medição inercial utilizando o *EKF* (*Extended Kalman Filter*). A fusão de sensores trouxe uma grande vantagem, pois além de melhorar o resultado, podendo ser implementada em baixo nível, ou seja, próximo ao sensor. Isso possibilita uma redução considerável de processamento, pois o controle do robô se detém apenas com a questão de *SLAM*.

A fusão sensorial de câmera e IMU para localização de dispositivo móveis é apresentada também na implementação de Hesch *et al.* (2014). O sistema de odometria visual-inercial utiliza um *EKF* para fundir as medições das câmeras e IMU.

Para a fundir um sonar e *laser scanner*, ALVES (2019) utilizou redes neurais artificiais. Os resultados foram considerados satisfatórios, tendo em vista que, a técnica de fusão sensorial se mostrou mais precisa do que a média das medidas dos sensores.

Martins *et al.* (2011) realizou a fusão da odometria e GPS utilizando o *UKF* (*Unscented Kalman Filter*), afim de fazer uma comparação com a técnica do *UKF*. Os resultados obtidos na comparação foram muito similares, ou seja, ambos os filtros reduziram os efeitos de deriva da odometria e de saltos/dados aberrantes advindos do GPS.

Como pode-se concluir, na literatura existem algumas técnicas diferentes que se propõem a resolver o problema da fusão de dados. Para diminuir os erros nos sistemas lineares pode ser utilizada a fusão de dados através do filtro de Kalman, e para o caso não linear pode ser utilizado filtros como o Filtro de Kalman Estendido (*EKF*), contudo, técnicas como redes neurais artificiais também são abordadas para esse tipo de problema.

O presente trabalho propõe a realização de uma fusão de dados de localização, porém as medições que serão fundidas não serão oriundas somente de sensores embarcados

no robô. Para que a fusão sensorial funcione no sistema Mobilysa, será necessário adaptar o algoritmo, de modo que, o mesmo funcione com um serviço computacional no espaço inteligente.

## 5 METODOLOGIA

Inicialmente, pretende-se realizar testes nos sensores do robô (odometria, odometria com a IMU, por exemplo) para uma análise de precisão (erro de localização).

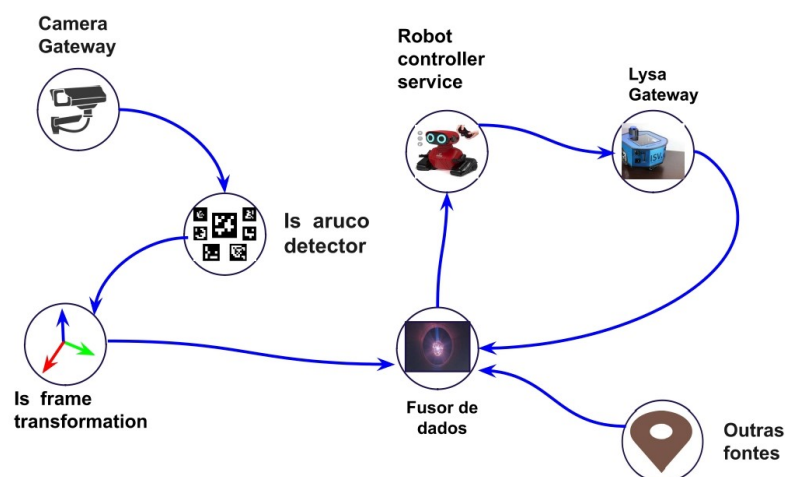
Em seguida, será analisada as técnicas de fusão de dados para definir a mais adequada a ser utilizada no algoritmo de fusão de sensores.

Depois de analisado a técnica a ser utilizada na integração dos sensores, será construído um algoritmo para a fusão de dados de localização do robô.

O algoritmo de fusão de dados será adaptado para ser um serviço computacional ("fusor de dados" na Figura 2) que se comunicará com os serviços já existentes de localização. A Figura 2 representa o que se espera do funcionamento do serviço no sistema Mobilysa.

De início, o fusor de dados será adaptado para funcionar no sistema Mobilysa, contudo, espera-se fazer adaptações, de modo que, o mesmo possa ser usado para diferentes fontes de dados de localização ou até mesmo para tipos diferentes de dados.

Figura 2 – Localização do robô no Sistema Mobilysa após a criação do fusor de dados.



Fonte: O autor.

Ademais, pretende-se realizar testes para a validação do serviço de fusão de dados. Os experimentos serão feitos com o serviço integrado ao MobiLysa em um cenário

onde há problemas hoje, como as zonas mortas em que o robô terá que realizar sua navegação sem o auxílio da localização por visão computacional.

## 6 VIABILIDADE TÉCNICA

Para a execução deste trabalho serão necessários:

- Um espaço inteligente com todos os serviços de localização existentes que envolvem o Mobilysa.
- Um robô com tração diferencial que tenha sensores que possam fornecer dados de localização para a realização da fusão sensorial
- Um ambiente de desenvolvimento para Python.

Atualmente, o IFES (instituto federal do espirito santo) possui um robô adaptado para funcionar em espaços inteligentes, portanto, o mesmo será utilizado para a realização do algoritmo e execução dos testes. O laboratório "Labsea", localizado no IFES de Guarapari, possui um espaço inteligente com os serviços que compõem o Mobilysa funcionando atualmente. Contudo, uma estrutura física similar existe na UFES (Universidade Federal do Espírito Santo) e no IFES campus Vitória. Desse modo, havendo falhas ou imprevistos no espaço de Guarapari, os teste poderão ser realizados em outras instituições. Ademais, todos os programas são de licença gratuita e disponíveis para uso nos computadores dos laboratórios do Ifes Guarapari.



## 7 CRONOGRAMA

A seguir é apresentada a lista de atividades e o cronograma dividido em quinzenas.

- Atividade 1: Realizar testes nos sensores do robô (odometria, odometria com a IMU, por exemplo) para uma análise de precisão (erro de localização);
- Atividade 2: Projetar o algoritmo de fusão de dados;
- Atividade 3: Transformar o algoritmo em um serviço computacional integrado ao Mobilysa;
- Atividade 4: Fazer testes para a validação do serviço com foco nos cenários problemas (zonas mortas);
- Atividade 5: Escrever o TCC;
- Atividade 6: Entregar a versão para banca, defender o TCC e entregar a versão final.

Tabela 1 – Cronograma de atividades

Atividades	Semanas																		
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	X	X	X	X															
2					X	X	X	X	X	X	X								
3												X	X						
4														X	X				
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
6															X	X	X	X	X

Fonte: O autor.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, P. V. R. Fusão sensorial de um sonar e de um laser scanner utilizando redes neurais artificiais. Universidade Federal do Maranhão, 2019.
- CARMO, A. P. do. **Uma Arquitetura de Microsserviços centrada na Observabilidade Multinível para Espaços Inteligentes baseados em Visão Computacional**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Espírito Santo, 2021.
- CARMO, A. P. do *et al.* Uso de um espaço inteligente baseado em visão computacional para o controle de formação de robôs móveis. In: SBC. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva**. [S.l.], 2020. p. 171–180.
- COTA, E. *et al.* Avaliação de técnicas de odometria aplicadas a um dispositivo robótico móvel. In: **Congresso Brasileiro de Automática-CBA**. [S.l.: s.n.], 2019. v. 1, n. 1.
- COTTA, W. A. A. *et al.* Mobilysa-sistema de localização e controle do cão-guia robô lyssa para ambientes internos baseado em visão computacional. In: SBC. **Anais Estendidos do XXV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web**. [S.l.], 2019. p. 159–162.
- HESCH, J. A. *et al.* Camera-imu-based localization: Observability analysis and consistency improvement. **The International Journal of Robotics Research**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 33, n. 1, p. 182–201, 2014.
- IBGE. **Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. [S.l.]: Ibge Rio de Janeiro, 2010.
- MARTINS, R. *et al.* Localização em robótica terrestre: Fusão entre odometria por múltiplos encoders e gps. **Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente-SBAI**, p. 1043–1048, 2011.
- RAMOS, D. C. *et al.* Aplicação de técnicas de fusão sensorial para mapeamento e localização simultâneos para robôs terrestres. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de PÓS-Graduação em Engenharia Elétrica., 2012.
- RODRIGUES, D. P. *et al.* Estudo comparativo de métodos de localização para robôs móveis baseados em mapa. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2013.
- SHEN, J.; TICK, D.; GANS, N. Localization through fusion of discrete and continuous epipolar geometry with wheel and imu odometry. In: IEEE. **Proceedings of the 2011 American Control Conference**. [S.l.], 2011. p. 1292–1298.
- TORRES, J. L. V. C. Sistema de localização indoor para o robô telemóvel"robobo". Faculdade de engenharia da universidade do Porto, 2018.