

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GUILHERME PIRES SILVA**

**LETÍCIA RODRIGUES PINTO**

**RAPHAEL FELIX**

**PROPOSTA DE PROJETO - *SIR GALAHAD***

**CURITIBA**

**2023**

**GUILHERME PIRES SILVA**

**LETÍCIA RODRIGUES PINTO**

**RAPHAEL FELIX**

## **PROPOSTA DE PROJETO - *SIR GALAHAD***

### **Project proposal - Sir Galahad**

Proposta de projeto apresentado como requisito para aprovação na disciplina Oficina De Integração 2, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Daniel Rossato de Oliveira

**CURITIBA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## RESUMO

Neste trabalho, apresentamos o projeto *Sir Galahad*, um robô equilibrista de duas rodas que incorpora conceitos avançados de robótica e controle de sistemas dinâmicos. O objetivo central deste projeto é desenvolver um robô capaz de manter seu equilíbrio enquanto se movimenta em diferentes ambientes e atinge alvos predefinidos com precisão.

A busca por soluções autônomas e versáteis na robótica tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas que podem interagir de maneira sofisticada com o mundo ao seu redor. O *Sir Galahad* é um exemplo de como a integração de tecnologias complexas pode resultar em um sistema que se assemelha ao equilíbrio de um pêndulo invertido

Ao longo deste trabalho apresentaremos os requisitos funcionais e não funcionais do projeto, além de indicar como esperamos desenvolver este robô no decorrer deste semestre, exibindo materiais e métodos esperados, além de possíveis riscos e seus respectivos planos de ação.

**Palavras-chaves:** robótica; sistemas de controle; robô equilibrista; integração de sistemas; pêndulo invertido; sensores.

## ABSTRACT

In this work, we present the *Sir Galahad* project, a two-wheeled balancing robot that incorporates advanced concepts in robotics and dynamic systems control. The central objective of this project is to develop a robot capable of maintaining its balance while navigating diverse environments and accurately targeting predefined objectives.

The pursuit of autonomous and versatile solutions in robotics has driven the development of systems that can interact intricately with their surroundings. The *Sir Galahad* project serves as an illustration of how the integration of complex technologies can yield a system akin to the balance of an inverted pendulum.

Throughout this work, we will introduce the project's functional and non-functional requirements, along with our approach to developing this robot over the course of the semester. We will outline expected materials and methods, as well as potential risks and corresponding action plans.

**Keywords:** robotics; control systems; balancing robot; systems integration; inverted pendulum; sensors.

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Materiais utilizados no desenvolvimento do sistema . . . . .	9
Quadro 2 – Análise de Riscos . . . . .	13

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações iniciais . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>6</b>
1.2.1	Objetivo geral . . . . .	7
<b>1.3</b>	<b>Justificativa . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>1.4</b>	<b>Integração . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>1.5</b>	<b>Declaração do escopo de alto nível . . . . .</b>	<b>8</b>
1.5.1	Requisitos funcionais . . . . .	8
1.5.2	Requisitos não-funcionais . . . . .	8
<b>1.6</b>	<b>Materiais e métodos . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>1.7</b>	<b>Análise de riscos . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>1.8</b>	<b>Cronograma . . . . .</b>	<b>12</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nesta seção introdutória, apresentamos o projeto *Sir Galahad*, um robô equilibrista de duas rodas uma ideia que une a robótica e o controle de sistemas dinâmicos. Nosso enfoque reside em desenvolver um robô capaz de manter seu equilíbrio enquanto se movimenta em ambientes diversos. Ao longo deste documento, examinaremos os objetivos, justificativas e escopo do projeto, além de destacar a importância desse tipo de tecnologia na busca por soluções autônomas e versáteis.

### 1.1 Considerações iniciais

Nesta seção, exploramos o contexto que motiva a criação do projeto *Sir Galahad*. A busca por um robô equilibrista de duas rodas, capaz de buscar e atingir um alvo, de forma que este trabalho combine conceitos, como de controle dinâmico, fusão de sensores e integração de sistemas.

A criação de um robô que equilibra-se sobre duas rodas, de forma análoga a um pêndulo invertido, desafia os paradigmas convencionais da mobilidade robótica. Esta iniciativa alinha-se à busca por soluções tecnológicas que, além de atender necessidades práticas, inspirem a exploração dos limites da engenhosidade humana. Neste contexto, a motivação diante da escolha do projeto *Sir Galahad* é permeada por questões técnicas, científicas e criativas.

Este trabalho se propõe a detalhar o projeto, desde suas premissas até sua concretização. Ao explorar as considerações iniciais que permeiam *Sir Galahad*.

### 1.2 Objetivos

Os objetivos deste projeto refletem uma busca coerente por resultados concretos que aliam a funcionalidade técnica com as expectativas criativas. Compreender e atender esses objetivos é fundamental para avaliar o sucesso do projeto proposto.

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é o projeto e implementação de um robô diferencial de duas rodas, equilibrista, que deve ser capaz de procurar e identificar um alvo (previamente definido), combinando controle dinâmico, sensoriamento e integração de sistemas.

### 1.3 Justificativa

A criação do projeto *Sir Galahad* é motivada pela busca por avanços na robótica e suas aplicações práticas. Ao desenvolver um equilibrista de duas rodas, podemos explorar o potencial da robótica em situações desafiantes, contribuindo para o conhecimento de controle e sensoriamento.

A capacidade do *Sir Galahad* de buscar, identificar e atingir alvos tem implicações práticas em inspeção e monitoramento, além de ser uma expressão da criatividade humana na tecnologia robótica.

### 1.4 Integração

Discutiremos aqui as matérias cujos conceitos são de suma importância para o desenvolvimento do projeto.

- Para o desenvolvimento do *software*
  - Fundamentos de programação
  - Análise e projeto de sistemas
  - Engenharia de *software*
  - Robótica móvel
  - Sistemas inteligentes
- Para o desenvolvimento da eletrônica
  - Eletrônica geral
  - Circuitos digitais
  - Desenho técnico aplicado



- Desenho eletrônico
- Para a sintonização do sistema de controle:
  - Controle 1
  - Tópicos especiais em controle
- Para o desenvolvimento da mecânica
  - Desenho técnico
  - Desenho de máquinas 1
  - Desenho de máquinas 2

### 1.5 Declaração do escopo de alto nível

O protótipo criado no projeto consiste em um veículo autônomo que deve detectar um alvo ou objetivo por meio de reconhecimento de imagem e se locomover em direção à ele enquanto se equilibra sobre duas rodas como um pêndulo invertido.

#### 1.5.1 Requisitos funcionais

RF1: Se manter em equilíbrio sobre duas rodas estando parado ou em movimento em uma superfície plana em um ambiente fechado.

RF2: Detectar um alvo em um ambiente bem iluminado.

RF3: Se locomover em direção ao alvo detectado contanto que o terreno seja regular e não existam obstáculos em seu caminho.

RF4: Sinalizar que chegou perto ou atingiu o alvo/objetivo.

#### 1.5.2 Requisitos não-funcionais

RNF1: O controle do equilíbrio será feito utilizando dados captados por sensores como acelerômetro e giroscópio.

RNF2: O alvo deve ser detectado utilizando processamento de imagem.

RNF3: Inicialmente o alvo a ser detectado será uma bola de tênis.

RNF4: O controle e processamento de imagem será feito por um Raspberry Pi 4.

RNF5: Os sensores serão controlados por um ESP32.

RNF6: Ao se aproximar ou atingir o alvo, o robô deverá fazer um alerta visual para informar que a operação foi concluída.

RNF7: A linguagem utilizada para controlar o robô será Python.

RNF8: Os dois motores serão acionados por Ponte H que será controlada pelo ESP32.

## 1.6 Materiais e métodos

Nesta seção, descrevemos os materiais e custos esperados, além da abordagem metodológica adotada para o desenvolvimento do robô equilibrista.

**Materiais:** Abaixo estão listados os materiais previstos para a realização do projeto, os itens destacados com (\*) já são de posse dos membros do projeto, portanto não somaram aos custos esperados.

**Quadro 1 – Materiais utilizados no desenvolvimento do sistema**

<b>Materiais</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Power Bank 1000mAh	84,90	1	84,90
Drive Motor TB6612FNG	2,61	2	5,22
(*) Micro Servo MG90S	13,00	1	13,00
(*) Raspberry Pi 4 Model B+	698,15	1	698,15
(*) Esp32	23,31	1	23,31
Custos de impressão 3D	75,00	1	75,00
Motor com encoder e roda JGA25-370	34,25	2	68,50
(*) Bateria LiPo 3s 1500 mAh	119,99	1	119,99
Sensor Inercial BNO055 + BMP280, SEN0253	361,40	1	361,40
Câmera	59,32	1	59,32

**Fonte: Autoria própria**

**Métodos:** A metodologia adotada para o desenvolvimento do robô equilibrista "Sir Galahad" segue as etapas abaixo:

### **Definição de Requisitos:**

- Identificação dos requisitos funcionais e não-funcionais do robô, considerando busca, identificação e atingimento de alvos, além de equilíbrio dinâmico e precisão de movi-

mento.

### **Desenvolvimento do Software:**

- Utilização da Raspberry Pi para implementação de partes do software de alto nível, utilizando a linguagem Python para o controle do robô e processamento de imagem.
- Integração do microcontrolador ESP32 para as camadas mais baixas do software, incluindo a leitura de dados dos sensores inerciais e controle dos motores.

### **Modelagem Mecânica:**

- Utilização do software SolidWorks para a modelagem 3D detalhada da estrutura do robô.
- Garantia de equilíbrio e resistência estrutural, além de validação da ergonomia e das dimensões do robô virtualmente antes da fabricação.

### **Fabricação e Montagem:**

- Fabricação da estrutura mecânica por meio de manufatura aditiva, assegurando leveza e precisão.
- Montagem dos componentes eletrônicos na estrutura física, levando em conta distribuição de peso e acessibilidade para manutenção.

### **Projeto Eletrônico:**

- Utilização do software Flux para projetar o circuito eletrônico, incluindo os componentes necessários para sensores, microcontroladores e motores.
- Garantia de conexões adequadas e otimização da eficiência energética.

### **Testes e Ajustes:**

- Realização de testes contínuos para verificar a capacidade de equilíbrio, precisão de movimento e detecção de alvos.
- Ajustes nos algoritmos de controle e nos parâmetros dos sensores para aprimorar o desempenho do robô.

### **Validação e Avaliação:**

- Validação final por meio de testes de campo e avaliação dos resultados obtidos em relação aos objetivos propostos.
- Comparação do desempenho do "Sir Galahad" com os critérios estabelecidos e considerações finais sobre o projeto.

## **1.7 Análise de riscos**

A análise de riscos desempenha um papel crucial na identificação e previsão de possíveis problemas que podem surgir durante o desenvolvimento do projeto. Na Tabela de Riscos, realizamos um levantamento abrangente dos principais problemas, avaliando cada um deles com base em critérios essenciais. Esses critérios incluem a probabilidade de ocorrência, a gravidade e o impacto do problema, bem como a facilidade de resolução e sua viabilidade.

Aqui está uma explicação detalhada de cada coluna da Tabela de Riscos:

- **Identificadores e Descrições:** As primeiras duas colunas numeram e descrevem cada possível falha ou problema que pode afetar o sistema.
- **Probabilidade de Ocorrência:** A terceira coluna avalia a probabilidade de o problema acontecer, variando de "1"(baixa probabilidade) a "5"(alta probabilidade).
- **Gravidade do Problema:** A quarta coluna atribui um valor de gravidade ao problema, indo de "1"(impacto mínimo) a "5"(impacto significativo).
- **Dificuldade de Resolução:** A quinta coluna reflete a facilidade ou dificuldade em resolver o problema, variando de "1"(dificuldade alta) a "5"(dificuldade baixa).
- **Estratégia de Resolução:** A coluna subsequente sugere possíveis medidas para lidar com cada problema após sua ocorrência. Essas medidas visam resolver o problema, mas o projeto também adota ações preventivas para antecipar sua aparição.
- **Viabilidade Individual:** A última coluna representa a viabilidade de cada problema, calculada como o produto da probabilidade e da gravidade. Se esse valor for 13 ou superior, a viabilidade do projeto pode ser comprometida. Nesse caso, a solução proposta deve

ser reavaliada para garantir uma relação mais favorável entre probabilidade e impacto, aumentando a viabilidade e reduzindo o risco.

No Quadro 2 se encontra o levantamento de riscos que podem ou não ocorrer ao longo do desenvolvimento do projeto, e o plano de ação respectivo em caso.

## 1.8 Cronograma

As informações sobre o projeto estão centralizadas em sua página do Notion, e o cronograma pode ser visto em detalhes por meio do [link](#).

**Quadro 2 – Análise de Riscos**

Nº	Risco	Probabilidade	Gravidade	Resolução	Estratégia de ação	Viabilidade
1	Falha na Detecção de Alvos	4	3	3	Aprimorar algoritmos de detecção, considerar redundância de sensores	Viável
2	Dificuldades de Equilíbrio	3	4	4	Desenvolver algoritmos robustos de controle de equilíbrio, otimizar distribuição de peso	Viável
3	Colisão com Obstáculos	3	3	3	Implementar sensores de proximidade e algoritmos de evasão de obstáculos	Viável
4	Complexidade de Integração de Hardware e Software	4	3	4	Abordagem modular, testes frequentes de integração	Viável
5	Desafios na Fabricação de Componentes	2	4	3	Colaboração com especialistas, prototipagem e iterações	Viável
6	Incompatibilidade entre Componentes Eletrônicos	3	3	4	Testes prévios de compatibilidade, uso de componentes confiáveis	Viável
7	Queima de Componentes Eletrônicos	3	4	3	Proteção contra picos de tensão, testes de carga elétrica	Viável
8	Atraso na Entrega de Componentes	4	3	3	Pedidos antecipados, comunicação com fornecedores, estoque de segurança	Viável
9	Calibração Incorreta dos Sensores	3	3	3	Implementar procedimentos de calibração rigorosos, verificar e ajustar regularmente os sensores	Viável
10	Interferência de Ambiente	2	2	3	Realizar testes em diferentes ambientes, isolar componentes sensíveis	Viável

**Fonte: Autoria própria**