

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA  
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

LUIS GUILHERME MACHADO CAMARGO  
PEDRO ALBERTO DE BORBA  
RICARDO FARAH  
STEFAN CAMPANA FUCHS  
TELMO FRIESEN

**MAPEAMENTO DE AMBIENTES COM O ROBÔ BELLATOR**

ANÁLISE TECNOLÓGICA

**CURITIBA**

**2013**

LUIS GUILHERME MACHADO CAMARGO  
PEDRO ALBERTO DE BORBA  
RICARDO FARAH  
STEFAN CAMPANA FUCHS  
TELMO FRIESEN

## **MAPEAMENTO DE AMBIENTES COM O ROBÔ BELLATOR**

Análise tecnológica apresentada à Unidade Curricular de Oficina de Integração 3 do Curso de Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para aprovação.

**CURITIBA**

**2013**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>DECLARAÇÃO DO ESCOPO EM ALTO NÍVEL</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO DE OBJETIVOS/METAS</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>PREMISSAS E RESTRIÇÕES</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>DESIGNAÇÃO DO GERENTE E DA EQUIPE</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>RESPONSABILIDADES E AUTORIDADE DO GERENTE</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>PLANEJAMENTO DE RISCOS</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>TRABALHOS CORRELATOS</b>	<b>21</b>
7.0.1	PatrolBot	21
7.0.2	Sistema de mapeamento robótico bidimensional por infravermelho	21
<b>8</b>	<b>ANÁLISE TECNOLÓGICA</b>	<b>23</b>
8.1	VISÃO GERAL DO PROJETO	23
8.2	REQUISITOS	24
8.2.1	Estação base	24
8.2.2	Sistema de comunicação	25
8.2.3	Sistema embarcado	25
8.3	ANÁLISE DE OPÇÕES TECNOLÓGICAS	26
8.3.1	Estação base	26
8.3.1.1	Biblioteca para desenhos 2D	26
8.3.1.2	Linguagem de programação	27
8.3.1.3	Sistema operacional	30
8.3.2	Sistema de comunicação	30
8.3.3	Sistema embarcado	32
8.3.3.1	Imagens instantâneas do ambiente	32
8.3.3.2	Movimentação do robô	33
8.3.3.3	Odometria	34
8.3.3.4	Detecção de obstáculos	38
8.3.3.5	Microcontrolador	40
8.3.3.6	Placa de circuito impresso	41
<b>9</b>	<b>PLANO DO PROJETO</b>	<b>43</b>
9.1	CRONOGRAMA	43
9.2	DELIVERABLES	43
<b>10</b>	<b>ORÇAMENTO DETALHADO</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>47</b>

## 1 DECLARAÇÃO DO ESCOPO EM ALTO NÍVEL

O projeto apresentado neste documento trata-se do “Mapeamento de Ambientes com o robô Bellator” e é uma extensão do projeto “Bellator”. Ele teve sua última alteração em 2012 quando foi utilizado por Alexandre Jacques Marin, Júlio Cesar Nardelli Borges e Yuri Antin Wergrzn como plataforma de experimentos para o projeto final de conclusão de curso. O projeto para a disciplina de Oficina de Integração 3 será desenvolvido com base nesse robô. Na versão atual dele, está presente um conjunto de circuitos (com um microcontrolador) que gerencia as operações de baixo nível. Além disso, está presente um PC embarcado (executando o sistema Linux), que efetua as operações de alto nível.

A equipe deste projeto propõe modificar o robô Bellator para efetuar o mapeamento 2D de ambientes controlados como, por exemplo, labirintos construídos para fins de teste do robô. Posteriormente, em trabalhos futuros, ajustes finos poderão ser feitos para o uso em ambientes diversos, como escritórios, salas e quartos.

Na versão atual do Bellator, estão sendo utilizadas duas placas de circuito impresso – uma integrada com o microcontrolador e uma para a interface com os sensores – ambas ligadas por cabos entre si. Ao invés de produzir uma terceira placa para sensores adicionais (aspecto explicado mais à frente), o que aumentaria a quantidade de cabos, propõe-se desenvolver uma nova placa que realize a função de interface com todos os sensores e que seja acoplada ao microcontrolador. Este microcontrolador pode ser usado diretamente na forma encapsulada de circuito integrado (soldado diretamente na nova placa), ou integrado a um kit de desenvolvimento (acoplado como *shield* na nova placa).

O sistema embarcado do robô será a placa de interface de sensores acoplada com o microcontrolador. Esse sistema realizará as funções de baixo nível, ou seja, leitura de sensores e controle do PWM dos motores. A estação base será um computador, provido de um software que efetua comunicação bidirecional com o robô. A estação será capaz de enviar comandos de movimentação (especificados manualmente pelo teclado) a ele, além de receber imagens da câmera e leituras dos sensores. No software, a partir das leituras dos sensores, será produzido

um mapa em 2D simplificado do ambiente, com os obstáculos que forem detectados à medida que o robô andar, além do caminho estimado percorrido por ele. Protocolos de comunicação serão utilizados entre: circuito de baixo nível e o PC embarcado (através de porta serial), e entre PC embarcado e estação base (através de conexão WI-FI). A conexão entre a estação base e o robô deve ter um alcance de até 20 metros, e para isso a tecnologia WI-FI mostra-se adequada.

Um aspecto importante a ser notado é a exatidão e confiabilidade das medições de velocidade. No robô atual tem-se dois encoders, um para cada roda – a partir dos quais pode ser medida a velocidade e distância percorrida. Há certas desvantagens em utilizar essa abordagem, que são principalmente as questões de exatidão. Por exemplo, caso alguma roda escorregue, gire em falso ou sofra trepidações, as medições podem ser comprometidas – gerando distorções no mapa 2D. Por isso, propõe-se instalar novos sensores na carcaça do robô (acelerômetro e giroscópio) para adicionar maior confiabilidade nas medições do sistema – tendo em vista que esses sensores mensurarão o movimento real do robô e não somente o giro das rodas. Dessa forma, pode-se ter maior garantia de exatidão nos mapas gerados, levando-se em conta que a velocidade e posição do robô poderão ser melhor determinados. Especialmente em trabalhos futuros, se o robô for utilizado em ambientes acidentados ou em condições não ideais de terreno, esses sensores podem ser de grande valia – uma vez que nesses ambientes há maior chance das rodas escorregarem, girarem em falso ou trepidarem.

## 2 ESPECIFICAÇÃO DE OBJETIVOS/METAS

### OBJETIVOS:

- Implementar um software para comunicação de uma estação base (computador) com o robô, de forma que ela possa enviar comandos de movimentação ao robô, além de receber imagens da câmera e leituras dos sensores. Os comandos de movimentação (mover para frente, para trás, girar para esquerda/direita, parar) serão especificados por um utilizador humano através do teclado da estação base.
- O meio de comunicação entre a estação base e o robô deverá ter alcance máximo de 20 m (se não houverem paredes ou obstáculos entre a estação base e o robô). Para isso a tecnologia WI-FI mostra-se adequada e, portanto, ela será utilizada.
- Inserir uma *webcam* USB no robô, de modo que imagens do ambiente possam ser transmitidas à estação base. O propósito das imagens será unicamente permitir a visualização (pelo usuário da estação base, em tempo real) do ambiente no qual o robô está localizado. A câmera será conectada na porta USB do computador embarcado, e a transmissão de imagens será feita pelo canal Wi-Fi entre a estação base e o robô (o mesmo canal utilizado para a transmissão de dados dos sensores e comandos de movimentação).
- Implementar, no software utilizado na estação base, a geração de uma mapa em 2D com o caminho estimado percorrido pelo robô e os obstáculos detectados pelo mesmo. Os obstáculos serão representados a partir dos pontos em que houve detecção pelos sensores.
- Instalar novos sensores (acelerômetro e giroscópio) para efetuar as medições de velocidade e posicionamento do robô com maior exatidão do que pode ser feito atualmente com os *encoders*. Ambos os sensores serão posicionados na carcaça do robô. Caso discrepâncias de medição entre os *encoders*, acelerômetro e giroscópio sejam detectadas (por exemplo, em caso de escorregamento de rodas), atenuações de erros poderão ser feitas no *software* da estação base.

- Desenvolver uma placa de circuito impresso que realize a função de interface com os sensores e que seja acoplada ao microcontrolador. Este microcontrolador pode ser usado diretamente na forma encapsulada de circuito integrado (sendo soldado diretamente na nova placa) ou integrado a um kit de desenvolvimento (acoplado como *shield* na nova placa).
- Em caso de falha de comunicação entre o robô e a estação base, o robô deverá permanecer parado e aguardando a conexão ser reestabelecida.

#### METAS:

- Concluir o trabalho com um prazo máximo de até 10 semanas. Incluindo planejamento, desenvolvimento, teste e documentação.
- Não ultrapassar o orçamento inicial e o orçamento limite, detalhados posteriormente. Desenvolver e manter um cronograma para que todos os integrantes da equipe tenham a possibilidade de trabalhar com o projeto sem causar prejuízos às outras matérias do curso.

### 3 PREMISSAS E RESTRIÇÕES

#### PREMISSAS:

- Por ser utilizado o robô Bellator que já provém de trabalhos anteriores, infere-se que não haverá necessidade de haver gastos de tempo com consertos de equipamentos defeituosos ou correções de bugs no código fonte. Parte-se do pressuposto que o robô funciona de acordo com o que foi exposto nos relatórios anteriores.
- O robô é capaz de detectar obstáculos (paredes e objetos fixos de tamanho considerável que sejam maiores que ele) através dos sensores. A distância mínima para detecção é de 20cm e a máxima de 150cm.
- O robô é capaz de locomover-se em terrenos planos, não acidentados e em condições não severas.
- Pressupõe-se que o robô será disponibilizado para a equipe sem custos. Podem ser utilizados os equipamentos e componentes diversos que já estejam disponíveis, com o objetivo de redução de custos.

#### RESTRIÇÕES:

- O tempo disponível para a equipe é limitado, portanto muita atenção será dada às fases de planejamento e testes iniciais de modo a evitar imprevistos.
- A equipe deverá seguir um calendário previamente estabelecido, tendo o objetivo de evitar atrasos.
- O robô não será capaz de se locomover em terrenos acidentados, em escadas e similares.
- O robô não transportará cargas.
- O robô e a estação base não executarão algoritmos de roteamento ou mapeamento autônomo de ambientes. O controle de movimentação deverá ser feito obrigatoriamente por um



usuário humano junto à estação base. O robô não fará nenhuma movimentação automática em caso de falha de conexão. Ele permanecerá parado aguardando a conexão ser reestabelecida.

- O robô e a estação base não serão capazes de efetuar mapeamento 3D.
- O robô e a estação base não irão armazenar automaticamente fotos ou vídeos dos ambientes explorados.
- O robô e o ponto de acesso WI-FI da estação base devem estar a uma distância máxima de 20 metros um do outro (supondo que não haja paredes ou obstáculos). Caso contrário, não haverá garantias de que a comunicação entre a estação base e o robô seja funcional.
- Não serão usadas imagens do ambiente para a geração dos mapas.
- Os obstáculos não serão identificados quanto ao tipo ou forma. Serão apenas detectados pela sua presença.

#### **4 DESIGNAÇÃO DO GERENTE E DA EQUIPE**

A equipe consiste de cinco integrantes. O gerente ocupou esta função com consentimento de todos.

GERENTE:

- Luis Guilherme Machado Camargo.

COLABORADORES:

- Pedro Alberto de Borba, Ricardo Farah, Stefan Campana Fuchs, Telmo Friesen.

## 5 RESPONSABILIDADES E AUTORIDADE DO GERENTE

- O gerente poderá efetuar os gastos de valores estimados na análise de custos sempre informando os outros integrantes da equipe. Caso exista a necessidade de utilizar os valores previstos na margem de erro do orçamento, toda equipe deverá ser notificada e informada dos motivos.
- O gerente poderá liberar verba para um membro da equipe caso seja necessário. O gerente deverá registrar o valor gasto, o produto/serviço requerido e a pessoa que solicitou os recursos. Além disso, deve informar os outros membros da equipe sobre o fato.
- O gerente deverá atualizar o planejamento do projeto conforme exista a necessidade de mudanças, além de informar a equipe sobre o fato.
- O gerente deverá garantir que o projeto esteja progredindo conforme planejado.
- O gerente sempre deverá se portar educadamente a todos os membros da equipe.
- O gerente não tem poderes para efetuar a demissão de ninguém.
- O gerente tem o poder de tomar decisões em nome da equipe, preferencialmente considerando a opinião dos outros membros.
- O gerente tem o poder de intervir em qualquer conflito que ocorra internamente ou externamente à equipe.
- O gerente deve intermediar as reuniões da equipe.
- O gerente deve controlar as horas de trabalho da equipe e o cumprimento de prazos.
- O gerente deve falar em nome da equipe quando não for possível que toda ela o faça.
- O gerente deverá cobrar a escrita de documentação por todos os integrantes da equipe, de acordo com o que for desenvolvido por cada um.

## **6 PLANEJAMENTO DE RISCOS**

## Planejamento de Riscos

**Projeto:** Mapeamento de ambientes com o robô Bellator.

### 1º Etapa: Identificação do Risco

<b>Denominação do risco:</b> Desistência de Membros da Equipe ou Redução do número de integrantes da equipe por força maior	Nº Identificação 01
<b>Descrição do risco:</b> Possibilidade da desistência de membros da equipe, seja de um único membro até todos os cinco.	

### 2º Etapa: Avaliação do Risco

<b>Impacto:</b>	<input checked="" type="radio"/> 5 (alta) <input type="radio"/> 4 (média/alta) <input type="radio"/> 3 (médio) <input type="radio"/> 2 (médio/baixo) <input type="radio"/> 1 (baixo)
Explique: Caso o risco venha a ocorrer, o cronograma e a qualidade do projeto serão afetados. Toda a carga de trabalho deverá ser redividida e o cronograma refeito. Dependendo da quantidade de trabalho restante, o escopo do projeto terá que ser reavaliado. Caso muitos membros desistam e a carga de trabalho remanescente seja muito grande para completar o projeto, caberá aos membros documentar o que foi feito e tentar terminar o que for possível para que uma outra equipe de continuidade em outra ocasião.	
<b>Probabilidade:</b>	<input type="radio"/> 5 (alto) <input type="radio"/> 4 (médio/alto) <input checked="" type="radio"/> 3 (média) <input type="radio"/> 2 (média/baixa) <input type="radio"/> 1 (baixa)
Explique: Os integrantes da equipe terão, na medida do possível, suas tarefas e cronogramas definidos de forma que não haja sobrecarga de trabalho (levando em conta, conjuntamente, as outras matérias e/ou compromissos). A motivação da equipe será também levada bastante em consideração.	

### 3º Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Ações, Responsáveis e Datas de Conclusão	
<b>Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar impacto e/ou probabilidade):</b>	
Prevenir: O gerente fará reuniões constantes do grupo para análise da contribuição e desempenho de cada integrante. O gerente também monitorará o andamento do projeto, efetuando ajustes no ritmo de trabalho (caso necessário) para que não haja sobrecarga de trabalho para um único membro da equipe. Todos na equipe deverão se comunicar frequentemente.	
Mitigar: Caso haja desistência de algum membro da equipe, a carga de trabalho deve ser reajustada entre os remanescentes. O cronograma deve ser modificado para que as atividades restantes sejam acomodadas dentro do possível para cada membro. Caso não haja possibilidade de realizar todas as atividades no tempo disponível, deve-se reanalisar o escopo do projeto e direcionar esforços nas áreas mais importantes. Caso muitos membros desistam, consequentemente impossibilitando a completude do trabalho, caberá aos remanescentes documentar o que foi realizado até o momento para que outras equipes, caso venham a dar continuidade ao projeto, possam obter máximo de informações possíveis.	
<b>Impacto reavaliado: 3</b>	<b>Probabilidade reavaliada: 2</b>

Elaborado por: Luís, Pedro, Ricardo, Stefan e Telmo.

Data: 31/01/2013

☐ Respostas incluídas na WBS/Cronograma

Registros adicionais:  
Verso ou Anexos

Formulário sugerido por Gasnier, 2000 Editora IMAN e alterado por Wille

## Planejamento de Riscos

**Projeto:** Mapeamento de ambientes com o robô Bellator.

### 1º Etapa: **Identificação do Risco**

<b>Denominação do risco:</b> Problemas Técnicos com o <i>Hardware</i>	Nº Identificação 02
<b>Descrição do risco:</b> Possibilidade do hardware apresentar problemas	

### 2º Etapa: **Avaliação do Risco**

<b>Impacto:</b>	<input type="radio"/> 5 (alta) <input checked="" type="radio"/> 4 (média/alta) <input type="radio"/> 3 (médio) <input type="radio"/> 2 (médio/baixo) <input type="radio"/> 1 (baixo)
Explique: Dependendo do tipo de problema apresentado pelo <i>hardware</i> , reparos poderão ser realizados sem grandes alterações no cronograma, qualidade ou custo do projeto. Caso o problema seja de difícil identificação ou se for requerida reposição de uma peça, o fato deverá ser levado em consideração para que sejam alocados os recursos necessários para a realização do reparo.	
<b>Probabilidade:</b>	<input type="radio"/> 5 (alto) <input type="radio"/> 4 (médio/alto) <input checked="" type="radio"/> 3 (média) <input type="radio"/> 2 (média/baixa) <input type="radio"/> 1 (baixa)
Explique: Problemas com peças de <i>hardware</i> são comuns em diversos aparelhos eletrônicos. Como o projeto apresenta vários componentes eletrônicos diversos, há considerável probabilidade de ocorrerem falhas.	

### 3º Etapa: **Desenvolvimento da Resposta ao Risco**

Ações, Responsáveis e Datas de Conclusão	
<b>Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar impacto e/ou probabilidade):</b>	
Prevenir: Manter um estoque de peças reserva para a eventualidade de alguma falhar. Manter contato com professores que possam auxiliar caso o problema seja de difícil identificação ou conserto. Compra de peças de qualidade. Cautela ao manusear o hardware. Manter documentação com alterações e testes no hardware para facilitar identificação caso problemas ocorram. Manter vídeos do hardware funcionando caso ele venha a falhar nas demonstrações do projeto.	
Mitigar: Caso algum problema técnico venha acontecer, os membros da equipe devem primeiro tentar identificar o problema e consertá-lo. Caso não seja possível identificar ou consertar de maneira rápida, serão alocados os recursos necessários para que os reparos sejam feitos pelos membros da equipe ou por um terceiro especializado.	
<b>Impacto reavaliado: 3</b>	<b>Probabilidade reavaliada: 2</b>
Elaborado por: Luís, Pedro, Ricardo, Stefan e Telmo.	<input type="checkbox"/> Respostas incluídas na WBS/Cronograma Registros adicionais: Verso ou Anexos

Formulário sugerido por Gasnier, 2000 Editora IMAN e alterado por Wille

## Planejamento de Riscos

**Projeto:** Mapeamento de ambientes com o robô Bellator.

### 1º Etapa: Identificação do Risco

<b>Denominação do risco:</b> Possibilidade do <i>software</i> apresentar problemas.	Nº Identificação 03
<b>Descrição do risco:</b> Problemas decorrentes da programação ou dificuldades técnicas relacionadas ao programa desenvolvido	

### 2º Etapa: Avaliação do Risco

<b>Impacto:</b>	<input type="radio"/> 5 (alta) <input type="radio"/> 4 (média/alta) <input checked="" type="radio"/> 3 (média) <input type="radio"/> 2 (média/baixa) <input type="radio"/> 1 (baixa)
Explique: Dependendo do problema apresentado pelo <i>software</i> , o mesmo poderá ser reparado sem grandes alterações no cronograma, qualidade ou custo do projeto. Caso o problema seja de difícil identificação e conserto, o fato deverá ser informado ao gerente para que sejam alocados os recursos necessários (tempo, dinheiro, etc...) para que o conserto seja realizado.	
<b>Probabilidade:</b>	<input type="radio"/> 5 (alto) <input type="radio"/> 4 (médio/alto) <input checked="" type="radio"/> 3 (média) <input type="radio"/> 2 (média/baixa) <input type="radio"/> 1 (baixa)
Explique: Problemas com <i>software</i> são relativamente comuns de ocorrerem. Como muitas vezes não é possível realizar testes extensivos para garantir a correteza do programa, há probabilidade mediana de serem encontrados <i>bugs</i> ao ser utilizado o <i>software</i> .	

### 3º Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Ações, Responsáveis e Datas de Conclusão	
<b>Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar impacto e/ou probabilidade):</b>	
Prevenir: Manter um repositório de versões do software, com adições, remoções, testes e correções documentadas. Realizar backup do software entre os membros da equipe e em repositórios online.	
Mitigar: Caso algum problema técnico venha acontecer, os membros da equipe devem primeiro tentar identificar o problema e repará-lo. Caso não seja possível identificar ou consertar de maneira rápida, serão alocados os recursos necessários para que o conserto seja feito pelos membros da equipe ou um terceiro especializado. Em caso de urgência, utilizar a versão funcional mais atual. Ter em vídeo o software detalhado e funcionando também é uma medida pertinente no caso de haver falhas na apresentação do projeto.	
<b>Impacto reavaliado: 2</b>	<b>Probabilidade reavaliada: 2</b>
Elaborado por: Luís, Pedro, Ricardo, Stefan e Telmo.	Data: 31/01/2013
<input type="checkbox"/> Respostas incluídas na WBS/Cronograma	
Registros adicionais: Verso ou Anexos	

Formulário sugerido por Gasnier, 2000 Editora IMAN e alterado por Wille

## Planejamento de Riscos

**Projeto:** Mapeamento de ambientes com o robô Bellator.

### 1º Etapa: Identificação do Risco

<b>Denominação do risco:</b> Não entrega de componentes ou entrega fora do prazo.	Nº Identificação 04
<b>Descrição do risco:</b> Alguns dos componentes a serem utilizados para o desenvolvimento do projeto deverão ser comprados no exterior por serem inexistentes no Brasil ou muito mais caros de se comprar por aqui. Importar componentes gera incerteza em relação ao prazo de entrega.	

### 2º Etapa: Avaliação do Risco

<b>Impacto:</b> <input checked="" type="radio"/> 5 (alta) <input type="radio"/> 4 (média/alta) <input type="radio"/> 3 (médio) <input type="radio"/> 2 (médio/baixo) <input type="radio"/> 1 (baixo) Explique: Sem os componentes não é possível montar o <i>hardware</i> do projeto.
<b>Probabilidade:</b> <input type="radio"/> 5 (alto) <input type="radio"/> 4 (médio/alto) <input type="radio"/> 3 (média) <input checked="" type="radio"/> 2 (média/baixa) <input type="radio"/> 1 (baixa) Explique: Lojas internacionais raramente deixam de enviar o produto comprado. Se houver algum problema de entrega, é mais provável que ocorra devido às transportadoras ou demora na liberação do produto pelas alfândegas brasileiras.

### 3º Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Ações, Responsáveis e Datas de Conclusão	
<b>Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar impacto e/ou probabilidade):</b> Prevenir: Comprar de lojas confiáveis no exterior, que apresentem boa reputação e de preferência que já tenham sido utilizadas com sucesso por membros da equipe no passado. Comprar componentes com bastante antecedência à sua utilização para evitar que possíveis atrasos na entrega sejam danosos ao projeto.  Mitigar: Pesquisar lojas nacionais que ofereçam os mesmos componentes caso haja atrasos ou problemas na entrega, de forma a minimizar os prejuízos ao cronograma do projeto.	
<b>Impacto reavaliado: 4</b>	<b>Probabilidade reavaliada: 2</b>
Elaborado por: Luís, Pedro, Ricardo, Stefan e Telmo.	Data: 31/01/2013 <input type="checkbox"/> Respostas incluídas na WBS/Cronograma
Registros adicionais: Verso ou Anexos	

Formulário sugerido por Gasnier, 2000 Editora IMAN e alterado por Wille



## Planejamento de Riscos

**Projeto:** Mapeamento de ambientes com o robô Bellator.

### 1º Etapa: Identificação do Risco

<b>Denominação do risco:</b> Taxação dos componentes comprados no exterior	Nº Identificação 05
<b>Descrição do risco:</b> Para compras de componentes em sites do exterior existe o risco de, na alfândega brasileira, ocorrer cobrança de imposto de importação e ICMS, o que pode encarecer o custo desses componentes em até 100%. Além disso, podem haver atrasos na entrega por conta da cobrança das taxas.	

### 2º Etapa: Avaliação do Risco

<b>Impacto:</b>	<input type="radio"/> 5 (alta) <input type="radio"/> 4 (média/alta) <input type="radio"/> 3 (médio) <input checked="" type="radio"/> 2 (médio/baixo) <input type="radio"/> 1 (baixo)
Explique: A compra de componentes no exterior muito provavelmente não ultrapassará o valor limite do orçamento, mesmo com as taxas de importação. Os atrasos por conta de taxação normalmente não são muito expressivos.	
<b>Probabilidade:</b>	<input checked="" type="radio"/> 5 (alto) <input type="radio"/> 4 (médio/alto) <input type="radio"/> 3 (média) <input type="radio"/> 2 (média/baixa) <input type="radio"/> 1 (baixa)
Explique: A maioria das encomendas remetidas por empresas internacionais ao Brasil é taxada.	

### 3º Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Ações, Responsáveis e Datas de Conclusão			
<b>Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar impacto e/ou probabilidade):</b>			
Mitigar: Reservar dinheiro para possível pagamento de impostos, e efetuar o pagamento o mais rapidamente possível, caso seja solicitado, de forma que o produto fique retido o menor tempo possível na alfândega. Dessa forma o impacto no cronograma será minimizado.			
<b>Impacto reavaliado: 2</b>		<b>Probabilidade reavaliada: 5</b>	
Elaborado por: Luís, Pedro, Ricardo, Stefan e Telmo.	Data: 31/01/2013	<input type="checkbox"/> Respostas incluídas na WBS/Cronograma	Registros adicionais: Verso ou Anexos

Formulário sugerido por Gasnier, 2000 Editora IMAN e alterado por Wille

## Planejamento de Riscos

**Projeto:** Mapeamento de ambientes com o robô Bellator.

### 1º Etapa: Identificação do Risco

<b>Denominação do risco:</b> Necessidade de mudança de escopo	Nº Identificação 06
<b>Descrição do risco:</b> Caso ocorram muitos problemas, previstos ou não, e isso impossibilite a conclusão total do projeto, o escopo deverá ser diminuído para o que será possível concluir o projeto com utilizando os recursos (humanos, tempo, dinheiro, etc...) disponíveis.	

### 2º Etapa: Avaliação do Risco

<b>Impacto:</b>	<input type="radio"/> 5 (alta) <input type="radio"/> 4 (média/alta) <input checked="" type="radio"/> 3 (médio) <input type="radio"/> 2 (médio/baixo) <input type="radio"/> 1 (baixo)
Explique: A diminuição de escopo é um risco que pode ocorrer caso os recursos disponíveis não sejam suficientes para concluir o projeto em sua totalidade. O escopo deverá ser refeito considerando as limitações.	
<b>Probabilidade:</b>	<input type="radio"/> 5 (alto) <input type="radio"/> 4 (médio/alto) <input type="radio"/> 3 (média) <input checked="" type="radio"/> 2 (média/baixa) <input type="radio"/> 1 (baixa)
Explique: A diminuição de escopo é um último caso a ser analisado quando os recursos (humanos, tempo, dinheiro, etc...) disponíveis impossibilitem a completude do projeto, ou quando existe recomendação proposta pelos <i>sponsors</i> do projeto.	

### 3º Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Ações, Responsáveis e Datas de Conclusão	
<b>Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar impacto e/ou probabilidade):</b>	
Prevenir: Manter um contato constante com os <i>sponsors</i> do projeto e manter um planejamento eficiente para que os recursos permitam que o projeto seja realizado em sua totalidade.	
Mitigar: Caso o escopo seja reajustado, a equipe deverá reportar o fato aos <i>sponsors</i> do projeto. Deve ser informado o novo escopo e as dificuldades que impediram o escopo anterior de ser realizado.	
<b>Impacto reavaliado: 3</b>	<b>Probabilidade reavaliada: 3</b>

Elaborado por: Luís, Pedro, Ricardo, Stefan e Telmo.

Data: 31/01/2013

☐ Respostas incluídas na WBS/Cronograma

Registros adicionais:  
Verso ou Anexos

Formulário sugerido por Gasnier, 2000 Editora IMAN e alterado por Wille

## Planejamento de Riscos

**Projeto:** Mapeamento de ambientes com o robô Bellator.

### 1º Etapa: Identificação do Risco

<b>Denominação do risco:</b> Impossibilidade de uso do robô em certos horários.	Nº Identificação 07
<b>Descrição do risco:</b> O robô é patrimônio da universidade, e, portanto o uso dele é restrito aos dias e horários em que há disponibilidade tanto de equipamento quanto de laboratório para a equipe.	

### 2º Etapa: Avaliação do Risco

<b>Impacto:</b>	<input type="radio"/> 5 (alta) <input checked="" type="radio"/> 4 (média/alta) <input type="radio"/> 3 (médio) <input type="radio"/> 2 (médio/baixo) <input type="radio"/> 1 (baixo)
Explique: O impacto de não ser possível manusear diretamente o robô é expressivo, uma vez que há previsão de que muitos testes tenham que ser feitos, e o tempo gasto com o desenvolvimento do <i>hardware</i> provavelmente será considerável. O acesso ao robô é imprescindível para o bom andamento do projeto.	
<b>Probabilidade:</b>	<input type="radio"/> 5 (alto) <input type="radio"/> 4 (médio/alto) <input type="radio"/> 3 (média) <input checked="" type="radio"/> 2 (média/baixa) <input type="radio"/> 1 (baixa)
Explique: Há modesta probabilidade de não ser possível ter acesso direto ao robô, uma vez que o robô é patrimônio da universidade e a sua utilização deve ser previamente autorizada pelos <i>sponsors</i> .	

### 3º Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Ações, Responsáveis e Datas de Conclusão	
<b>Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar impacto e/ou probabilidade):</b>	
Prevenir: Marcar previamente os horários para ter acesso garantido ao robô. Organizar o cronograma de acordo com os horários de disponibilidade do robô.	
Mitigar: Focar o trabalho da equipe em áreas do projeto que não necessitem acesso direto ao robô (por exemplo, partes específicas do <i>software</i> ou projetos teóricos de circuitos).	
<b>Impacto reavaliado: 4</b>	<b>Probabilidade reavaliada: 1</b>
Elaborado por: Luís, Pedro, Ricardo, Stefan e Telmo.	<div>Data: 31/01/2013</div> <div><input type="checkbox"/> Respostas incluídas na WBS/Cronograma</div>
Registros adicionais: Verso ou Anexos	

Formulário sugerido por Gasnier, 2000 Editora IMAN e alterado por Wille

## Planejamento de Riscos

**Projeto:** Mapeamento de ambientes com o robô Bellator.

### 1º Etapa: Identificação do Risco

<b>Denominação do risco:</b> Problemas no planejamento e confecção da placa de circuito impresso.	Nº Identificação 08
<b>Descrição do risco:</b> Problemas na elaboração do modelo do circuito ou dificuldades com os fabricantes da placa.	

### 2º Etapa: Avaliação do Risco

<b>Impacto:</b>	<input type="radio"/> 5 (alta) <input checked="" type="radio"/> 4 (média/alta) <input type="radio"/> 3 (médio) <input type="radio"/> 2 (médio/baixo) <input type="radio"/> 1 (baixo)
Explique: dificuldades com a placa de circuito impresso tem impacto direto no desenvolvimento do <i>hardware</i> e realização dos testes, uma vez que há dependência de que a placa esteja disponível e funcionando.	
<b>Probabilidade:</b>	<input type="radio"/> 5 (alto) <input type="radio"/> 4 (médio/alto) <input checked="" type="radio"/> 3 (média) <input type="radio"/> 2 (média/baixo) <input type="radio"/> 1 (baixa)
Explique: A equipe possui um integrante na equipe que tem considerável experiência com desenvolvimento e confecção de placas de circuito impresso. Portanto, a probabilidade de haverem dificuldades do tipo é média.	

### 3º Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Ações, Responsáveis e Datas de Conclusão	
<b>Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar impacto e/ou probabilidade):</b> Prevenir: Buscar documentação a respeito dos <i>softwares</i> para modelagem de circuitos impressos. Antes de confeccionar a placa de circuito impresso, realizar simulações, quando possível, dos circuitos desenvolvidos.	
Mitigar: Buscar auxílio com pessoas mais especializadas na área (por exemplo, professores da universidade). Realizar testes e simulações, se possível, do circuito desenvolvido em busca de erros de projeto e fabricação.	
<b>Impacto reavaliado: 4</b>	<b>Probabilidade reavaliada: 1</b>
Elaborado por: Luís, Pedro, Ricardo, Stefan e Telmo.	Data: 31/01/2013 <input type="checkbox"/> Respostas incluídas na WBS/Cronograma
Registros adicionais: Verso ou Anexos	

Formulário sugerido por Gasnier, 2000 Editora IMAN e alterado por Wille

## Planejamento de Riscos

**Projeto:** Mapeamento de ambientes com o robô Bellator.

### 1º Etapa: Identificação do Risco

<b>Denominação do risco:</b> Falhas de comunicação entre os membros da equipe.	Nº Identificação 09
<b>Descrição do risco:</b> Por fatores como falta de tempo, problemas pessoais ou falta de comprometimento, as informações importantes a respeito do projeto podem não ser propriamente propagadas entre todos os membros da equipe.	

### 2º Etapa: Avaliação do Risco

<b>Impacto:</b>	<input type="radio"/> 5 (alta) <input checked="" type="radio"/> 4 (média/alta) <input type="radio"/> 3 (médio) <input type="radio"/> 2 (médio/baixo) <input type="radio"/> 1 (baixo)
Explique: O impacto caso ocorra um problema desse tipo considerável, uma vez que o andamento do projeto pode ser muito prejudicado. Leva-se em conta também que falhas de comunicação podem acarretar na desmotivação da equipe.	
<b>Probabilidade:</b>	<input type="radio"/> 5 (alto) <input type="radio"/> 4 (médio/alto) <input checked="" type="radio"/> 3 (média) <input type="radio"/> 2 (média/baixa) <input type="radio"/> 1 (baixa)
Explique: Tendo em vista a experiência prática de equipes anteriores, há uma probabilidade expressiva de ocorrer falhas de comunicação. Porém, uma vez que há vários canais de comunicação disponíveis e todos os membros possuem acesso à <i>internet</i> , essa probabilidade é reduzida.	

### 3º Etapa: Desenvolvimento da Resposta ao Risco

Ações, Responsáveis e Datas de Conclusão	
<b>Estratégias e Ações para eliminar ou reduzir este risco (minimizar impacto e/ou probabilidade):</b>	
Prevenir: Manter vários canais de comunicação (e controle de versões) entre os membros da equipe: <i>e-mail</i> , telefone, <i>github</i> , <i>Dropbox</i> . O gerente irá agendar ao menos uma reunião presencial por semana para troca de informações e motivação da equipe.	
Mitigar: Agendamento de reuniões presenciais com maior frequência com todos os membros da equipe. Uso mais frequente dos meios de comunicação disponíveis. Estímulo maior ao uso dos sistemas de controle de versões.	
<b>Impacto reavaliado:</b> 3	<b>Probabilidade reavaliada:</b> 1

Elaborado por: Luís, Pedro, Ricardo, Stefan e Telmo.

Data: 31/01/2013

☐ Respostas incluídas na WBS/Cronograma

Registros adicionais:  
Verso ou Anexos

Formulário sugerido por Gasnier, 2000 Editora IMAN e alterado por Wille

## 7 TRABALHOS CORRELATOS

O mapeamento de ambientes realizado por robôs visa ao desenvolvimento de software e hardware que permitam a construção de um mapa a partir de dados captados por um ou mais sensores. Há diversas tecnologias que podem ser empregadas para alcançar tal objetivo, como o processamento de digital de imagens captadas de uma câmera ou a utilização de sensores de proximidade tais como sensores de ultrassom ou sensores de ondas eletromagnéticas.

Esta última opção mostra-se bastante adequada para a maioria dos projetos, pois garante uma medição satisfatória da distância de objetos próximos ao robô a um custo não muito elevado. Um dos sensores mais populares deste tipo é o sensor de proximidade de infravermelho. Quando integrado ao robô permite a obtenção várias medidas discretas da distância do robô a objetos, um dos elementos básicos que permitem a geração do mapa do ambiente.

### 7.0.1 PatrolBot

O PatrolBot (BOT, 2013) é um robô configurável desenvolvido com interesses comerciais. Ele pode criar uma planta do interior de construções. Utilizando a tecnologia Wi-Fi ele pode ser controlado remotamente ou se movimentar de forma autônoma, sendo apenas monitorado pela estação base. Tal comunicação é feita por Wi-Fi.

Ele permite a inclusão de acessórios adicionais tais como uma câmera e microfones que permitirão ver e ouvir o que se passa no ambiente que está sendo mapeado. Há diversos outros periféricos que podem ser incluídos no robô, que também oferece a opção de ser programado, por meio de um kit de desenvolvimento próprio.

### 7.0.2 Sistema de mapeamento robótico bidimensional por infravermelho

Nesta implementação (SATO, 2013), um telêmetro infravermelho é utilizado para obter a distância de objetos próximos. A câmera infravermelha do Nintendo Wii é utilizada juntamente com sinalizadores (LEDs) para triangular a posição do robô e sua direção.

Como hardware, foram utilizados: um Arduino Mini Pro, um cartão microSD, telêmetro infravermelho, câmera do Wii. Não há comunicação em tempo real com a estação base. Isto significa que os dados são obtidos e armazenados no cartão microSD. Para leitura, o cartão deve ser inserido em um computador e, então, carregado na estação base. Os resultados são visualizados em um arquivo textual simples, no qual a letra "O" simboliza a posição do robô e a letra "X" os obstáculos detectados.

## 8 ANÁLISE TECNOLÓGICA

Nesta seção está explicitada, primeiramente, uma visão geral do projeto. Em seguida, há uma discussão detalhada a respeito dos requisitos de cada parte fundamental – estação base, sistema de comunicação e sistema embarcado. Por fim há uma enumeração das alternativas tecnológicas pesquisadas e das escolhidas para o preenchimento dos requisitos.

### 8.1 VISÃO GERAL DO PROJETO

O projeto, de um ponto de vista geral, consiste em um robô controlado manualmente e que seja capaz de efetuar mapeamento em duas dimensões de ambientes. Um usuário humano monitorará e controlará um computador – a estação base – a partir do qual poderão ser enviados comandos de movimentação, via teclado, ao robô. Informações sobre o posicionamento do robô e dos obstáculos detectados por ele serão recebidas na estação base em tempo real. Imagens instantâneas de uma câmera posicionada no robô – aspecto explicado mais à frente – poderão ser visualizadas pelo utilizador.

O sistema de comunicação deverá ter, ao menos, alcance de 20 metros sem fios. Visto que toda a comunicação entre a estação base e o sistema embarcado será feita por um único canal, a velocidade e o tipo de fluxo de transmissão de dados devem ser adequados para, simultaneamente, o envio de comandos de movimentação ao robô, recebimento de dados de leituras de sensores e recebimento de imagens da câmera.

O sistema embarcado é constituído, em suma, pelo robô. Ele deve ser capaz de se mover para frente e para trás e girar para a esquerda e direita. A visualização em tempo real do ambiente pelo utilizador, com o objetivo de facilitar o controle de movimentação manual, poderá ser feita através de imagens instantâneas geradas por uma câmera fixa instalada no robô.

O robô deve ser capaz de obter dados para cálculos (na estação base) de sua velocidade e deslocamento. Um aspecto desejável em relação a isso é a atenuação de erros em decorrência de escorregamento, giros em falso ou trepidação de rodas, visando, dessa forma, a



utilização futura do robô em condições não ideais de terreno. Obstáculos próximos – em uma distância mínima de 30 cm e máxima de 150 cm – devem ser detectados de modo a possibilitar a confecção de um mapa 2D em tempo real na estação base.

## 8.2 REQUISITOS

### 8.2.1 Estação base

Esta seção descreve os requisitos da estação base, que foram elaborados de forma a satisfazer os objetivos do projeto.

- O *software* será executado em um computador pessoal.
  - O programa poderá ser executado em computadores pessoais de desempenho médio (de acordo com os padrões atuais). Não haverá necessidade de uma máquina de alto desempenho e custo relativo para executar o *software*.
  - O *software* primariamente será executado em um único sistema operacional, sendo este Linux ou Windows. É desejável que o desenvolvimento (incluindo a escolha das ferramentas) seja feito de forma a simplificar o uso multiplataforma do *software* futuramente.
  - Preferencialmente bibliotecas e ferramentas livres (e gratuitas) deverão ser utilizadas no desenvolvimento do *software*.
- O *software* deve possuir uma interface gráfica.
  - Um utilizador, através da interface gráfica, será capaz de controlar o robô enviando comandos de movimentação especificados pelo teclado.
  - O usuário receberá a imagem em tempo real de uma câmera fixa instalada no robô.
  - Os dados instantâneos de velocidade e posição do robô serão mostrados ao usuário na interface gráfica.
  - Um mapa 2D do caminho percorrido e dos obstáculos detectados pelo robô será gerado, na interface gráfica, à medida em que houver movimentação do mesmo. O caminho percorrido pelo robô será representado visualmente por pontos, gradualmente posicionados no mapa. Os obstáculos serão representados por marcações nas localidades onde houve detecção de objetos por sensores do robô. Todos os pontos representados no mapa serão gerados a partir de amostras obtidas em intervalos de tempo discretos.

- O mapa 2D gerado na interface gráfica poderá ser salvo em um arquivo, podendo ser posteriormente carregado.

### 8.2.2 Sistema de comunicação

Esta seção descreve os requisitos do sistema de comunicação entre a estação base e o sistema embarcado.

- Distância entre robô e estação base.
  - O sistema de comunicação deve possuir, ao menos, alcance de 20 metros sem fios – de modo que ambientes de tamanho razoável possam ser mapeados.
- Velocidade e direção do fluxo de transmissão de dados.
  - Toda a comunicação entre a estação base e o sistema embarcado será feita por um único canal sem fios e, portanto:
  - A velocidade de transmissão do canal de comunicação deve ser suficiente para, simultaneamente, o envio de comandos de movimentação ao robô, recebimento de dados de leituras de sensores e recebimento de imagens da câmera;
  - O fluxo de dados deve ser bidirecional (*full-duplex*).
- Protocolo de transporte.
  - A tecnologia utilizada para a comunicação deve permitir fácil utilização do protocolo de transporte TCP. Como as leituras de sensores devem obrigatoriamente ser recebidas na estação base na mesma ordem em que forem enviadas pelo robô (e também os comandos de movimentação enviados pela estação base devem chegar ao robô em ordem), o uso desse protocolo de transporte simplificará muito a implementação do protocolo de aplicação ponto a ponto. O TCP possui ainda outro aspecto interessante: além de garantir a ordem de chegada, existem mecanismos de detecção de perdas de pacotes – que efetuam o reenvio destes caso necessário.

### 8.2.3 Sistema embarcado

Esta seção descreve os requisitos do sistema embarcado (robô).

- Imagens instantâneas do ambiente.

- O robô, através de uma câmera fixa, deverá ser capaz de enviar à estação base imagens instantâneas do ambiente onde ele se encontra.
- Movimentação do robô.
  - O robô deve ser capaz de mover-se para frente, para trás e girar para a esquerda e direita.
- Controle de posicionamento e velocidade.
  - O robô deve ser capaz de obter dados que permitam calcular sua velocidade e posição atual (deslocamento e sentido em relação à posição inicial). Deve ser capaz de enviar os dados à estação base.
- Detecção de obstáculos.
  - O robô deverá ser capaz de detectar obstáculos próximos – com distância de no mínimo 30 cm e no máximo 150 cm – localizados ao seu redor, determinando a distância de cada objeto detectado.

### 8.3 ANÁLISE DE OPÇÕES TECNOLÓGICAS

Nesta seção está apresentada a análise das opções tecnológicas plausíveis para o atendimento dos requisitos. As alternativas pesquisadas e as escolhidas para cada parte do projeto estão explicitadas a seguir.

#### 8.3.1 Estação base

As alternativas pesquisadas para a estação base estão apresentadas nesta subseção.

##### 8.3.1.1 Biblioteca para desenhos 2D

Tendo em vista que um dos requisitos é a geração de um mapa em duas dimensões na estação base, deve-se escolher uma biblioteca que permita realizar o desenho de formas geométricas em 2D (via código-fonte) e que possa ser integrada facilmente à interface gráfica. Ela deve também possuir meios simples de obter informações do mouse e teclado, para interatividade com o usuário.

Uma biblioteca interessante disponível em Java que possui o recurso de produzir desenhos dinâmicos com integração a interfaces gráficas é o Processing (PROCESSING, 2013), de

código livre. Essa biblioteca foi a principal encontrada que seria capaz de satisfazer as necessidades de desenho do mapa 2D de forma simples. Por possuir inúmeras funções de desenho em alto nível, o trabalho de renderização dos gráficos seria consideravelmente simplificado. Além disso, na biblioteca existem recursos que permitem o recebimento de informações de posicionamento do mouse e de comandos do teclado. Por ser constituído basicamente de um *Applet* Java, o Processing pode facilmente ser integrado a componentes do Swing – biblioteca de interface gráfica (GUI) do Java.

Outra biblioteca para a confecção de desenhos em 2D é o Cairo (CAIRO, 2013), que é *open-source*, disponível nas linguagens C e C++. Ele possui recursos em alto nível para renderização de formas e interação com o usuário, assim como o Processing. Nos aspectos gerais as duas ferramentas são muito semelhantes. A integração do Cairo com a interface gráfica, porém, é dependente na biblioteca externa de GUI utilizada.

Um aspecto importante a notar é que ambas as bibliotecas foram desenvolvidas e otimizadas para terem bom desempenho em máquinas atuais – o que é desejável tendo em vista os requisitos. Na Tabela 1 está presente uma comparação entre as duas bibliotecas.

**Tabela 1:** Comparação entre Bibliotecas para desenhos 2D.

<b>Característica</b>	<b>Cairo</b>	<b>Processing</b>
Linguagem de programação	C e C++	Java
Integração com interface gráfica	Sim (depende da biblioteca de GUI utilizada)	Sim (com a biblioteca Swing do Java)
Ferramentas de interação com o usuário	Sim	Sim

**Escolha da equipe:** O Processing foi adotado como solução para desenhos 2D. Deve-se ressaltar que a escolha da biblioteca de desenhos foi feita em conjunto com a escolha de linguagem de programação, tendo em vista a interdependência de ambas. Em razão dos motivos apresentados na próxima subseção – que se constituem de principal argumento para a escolha do Processing – o Java foi adotado. Um ponto interessante do Processing é a simplicidade de integração a interfaces gráficas (Swing) do Java.

#### 8.3.1.2 Linguagem de programação

Na etapa de avaliação das opções tecnológicas, a escolha de uma boa linguagem de programação que atenda aos requisitos é fundamental. Abaixo está presente uma lista dos aspectos desejáveis da linguagem a ser utilizada neste projeto:

- Deve ser multiplataforma (ao menos compatível com Linux e Windows sem muitas modificações);
- Deve possuir orientação a objetos;
- Deve possuir recursos multiplataforma e de código livre para o desenvolvimento de interfaces gráficas;
- Deve ter a disponibilidade de ferramentas de código livre e multiplataforma para a criação *visual* da interface gráfica, dessa forma agilizando o processo de desenvolvimento;
- Deve possuir recursos, integrados ou em bibliotecas externas de código livre, para o desenvolvimento de desenhos dinâmicos (para a geração do mapa 2D). Os desenhos devem ser facilmente integráveis à interface gráfica.

Abaixo está presente uma descrição de duas linguagens, o C++ e Java, atualmente utilizadas em inúmeras aplicações, e que são potenciais alternativas ao projeto – tendo em vista a experiência e conhecimento dos integrantes a respeito de ambas. A Tabela 2 sumariza os recursos de cada uma.

### **Java**

O Java (JAVA, 2013) é uma linguagem concebida de início como sendo orientada a objetos. A maneira com que é feita a compilação e execução do código permite que, muito facilmente, programas sejam rodados em diferentes plataformas (Linux, Windows, Mac, entre outros). O processo de compilação do código gera os chamados *bytecodes*, que são instruções a serem interpretadas pela *Java Virtual Machine* (JVM). A grande vantagem é que o JVM possui disponibilidade multiplataforma, e a manutenção dele pelos desenvolvedores é frequente.

Há disponibilidade, na API do Java, da biblioteca Swing – que contém recursos completos para a criação de interfaces gráficas (GUI) interativas. Existem ferramentas visuais de código aberto que consideravelmente agilizam o processo de desenvolvimento de interfaces Swing, entre elas o NetBeans (NETBEANS, 2013) e o Eclipse (ECLIPSE, 2013), através de plugins ou extensões.

Para o preenchimento do requisito de confecção de desenhos em 2D com integração à interface gráfica, a biblioteca do Processing (explicada anteriormente na Subseção 8.3.1.1) está disponível nessa linguagem.

### **C++**

O C++ é uma linguagem orientada a objetos, que foi desenvolvida a partir da linguagem C. A compilação de código no C++ deve ser feita especificamente para cada plataforma

em que um programa desenvolvido for utilizado. De uma perspectiva prática, certas seções de código frequentemente necessitam de adaptações manuais para cada plataforma e sistema operacional, o que gera retrabalho e gastos de tempo adicionais.

Recursos para desenvolvimento visual de interfaces gráficas estão disponíveis através de bibliotecas e ferramentas externas. O C++ não possui recursos de interface gráfica na própria API e, portanto, deve-se notar que este é um aspecto complicador ao portar programas entre diferentes sistemas.

Para a confecção de desenhos 2D e incorporação dos mesmos à interface gráfica, a biblioteca Cairo (explicada anteriormente na Subseção 8.3.1.1) pode ser utilizada com essa linguagem. A possibilidade de haver integração com a interface, porém, é dependente da biblioteca de GUI utilizada.

**Tabela 2:** Comparação entre linguagens de programação.

Característica	C++	Java
Multiplataforma (Linux e Windows)	Sim (com adaptação)	Sim (sem adaptação)
Orientação a objetos	Sim	Sim
Recursos multi-plataforma e <i>open-source</i> para desenvolvimento de interface gráfica (GUI)	Sim (com bibliotecas externas)	Sim (integrado à API da linguagem)
Ferramentas <i>open-source</i> e multi-plataforma para criação visual de interface gráfica	Sim (ferramentas externas)	Sim (ferramentas externas)
Recursos <i>open-source</i> para desenvolvimento de desenhos dinâmicos, facilmente integráveis à interface gráfica	Sim (biblioteca externa, integração à interface gráfica dependente da GUI utilizada)	Sim (biblioteca externa)

**Escolha da equipe:** O Java foi a linguagem escolhida para o desenvolvimento do *software* da estação base, uma vez que preenche satisfatoriamente os requisitos do projeto. Ressalta-se novamente que a escolha do Java foi feita em conjunto com a escolha da biblioteca do Processing. Notavelmente, no Java há a facilidade em portar, sem adaptações consideráveis na maioria dos casos, programas para diferentes plataformas – processo este que é mais complexo no C++. Com relação ao quesito de desempenho em computadores atuais, a linguagem escolhida é satisfatória, visto que há manutenção constante da implementação das bibliotecas e da máquina virtual do Java pelos desenvolvedores – que buscam, entre outros aspectos, otimizar a linguagem para as tecnologias disponíveis atualmente.

### 8.3.1.3 Sistema operacional

Estando escolhida a linguagem de programação, o próximo passo é escolher um sistema operacional que seja compatível com ela e que satisfaça os requisitos da seção 8.2.1. Os aspectos desejáveis, portanto, são:

- Deve ser compatível com o Java;
- Deve ser compatível com ferramentas de desenvolvimento *visual* de interface gráfica;
- Deve ser gratuito e de código aberto.

A Tabela 3 apresenta uma comparação entre dois sistemas operacionais, Linux e Windows – sobre os quais a equipe tem considerável experiência e possibilidade de uso nos próprios computadores pessoais.

**Tabela 3:** Comparação entre sistemas operacionais.

<b>Característica</b>	<b>Linux</b>	<b>Windows</b>
Compatível com Java	Sim	Sim
Compatível com ferramentas visuais de desenvolvimento	Sim	Sim
Gratuito e de código aberto	Sim	Não

**Escolha da equipe:** Ambos os sistemas comparados são compatíveis com o Java e com ferramentas visuais de desenvolvimento de interface gráfica (NetBeans e Eclipse). Porém, o Linux é o único gratuito e de código aberto, e portanto foi o sistema operacional escolhido para o desenvolvimento do projeto da estação base.

### 8.3.2 Sistema de comunicação

Como foi explicitado nos requisitos, o sistema de comunicação ter as seguintes características:

- Alcance de, no mínimo, 20 metros sem fios;
- Velocidade suficiente para, simultaneamente, o envio de comandos de movimentação ao robô, recebimento de dados de leituras de sensores e recebimento de imagens da câmera;
- Fluxo de dados bidirecional (*full-duplex*);

- Utilização simples do protocolo TCP.

Para o cálculo da taxa de transmissão mínima necessária, faz-se uma estimativa inicial. Prevê-se que o envio de imagens da câmera é o que mais utilizará os recursos da conexão. Supondo serem usadas a máxima qualidade e taxa de amostragem suportadas por uma câmera VGA comum (resolução 640x480, RGB 24 bits, 30 FPS), além de uso de compressão JPEG com 90% de qualidade, haverá uso de aproximadamente 2,4 MB/s ou 19,2 Mbits/s (RESOLUTION, 2013).

O envio de comandos ao robô, supondo que cada comando tenha 2 KB e hajam 10 comandos por segundo (estimativa exaregada), gastará em torno de 160 Kbits/s. O recebimento de informações do robô e leituras dos sensores, supondo que cada pacote tenha 2 KB (com exagero) e haja recebimento de 10 pacotes por segundo, utilizará 160 Kbits/s na banda da conexão. Portanto, o valor mínimo desejável da taxa de transferência é de  $19,2 + 0,16 + 0,16 = 19,52$  Mbits/s.

Na Tabela 4 está presente uma comparação entre diferentes tecnologias de comunicação sem fios, que potencialmente podem satisfazer às necessidades do projeto.

**Tabela 4:** Comparação entre tecnologias de comunicação sem fios.

Característica	802.11g (Wi-Fi)	Rádio Frequência (RF)	Bluetooth
Distância máxima de alcance	50-100 metros	30-100 metros	10 metros
Velocidade de transmissão máxima	54 Mbits/s	2 Mbits/s	1 Mbits/s
Fluxo de dados <i>full-duplex</i>	Sim	Sim	Sim
Possibilidade e simplicidade de uso de TCP	Sim	Não	Não

**Escolha da equipe:** O Wi-Fi é o recurso mais atrativo em todos os aspectos que foram comparados, preenchendo satisfatoriamente os requisitos do sistema de comunicação. Sua velocidade e alcance são suficientes para satisfazer as necessidades do projeto, e o fluxo de dados pode ser *full-duplex*. Notavelmente, o Wi-Fi é o único sistema comparado que oferece a possibilidade (com simplicidade) de uso do protocolo TCP – o que é um requisito importante para o desenvolvimento ágil e satisfatório do projeto.

É importante ressaltar que uma conexão Wi-Fi 802.11g dedicada será utilizada para a comunicação entre o robô e a estação base, de modo que a velocidade de conexão possa ser utilizada com maior eficiência sem interferências de outros utilizadores.



### 8.3.3 Sistema embarcado

Nesta seção serão apresentadas as alternativas pesquisadas para o sistema embarcado, levando-se em conta os requisitos da Seção 8.2.3.

#### 8.3.3.1 Imagens instantâneas do ambiente

Para a obtenção de imagens do ambiente onde o robô se encontra, optou-se por utilizar uma *webcam* USB conectada à placa TS-7260 já presente no robô. Essa placa possuirá o *hardware* de comunicação Wi-Fi do robô, e deve-se lembrar que um único canal sem fios será utilizado (como explicitado nos requisitos). Mostra-se adequada, portanto, a utilização de uma câmera que possa ser conectada por USB à placa, de modo que as imagens possam ser transmitidas por esse canal Wi-Fi. Abaixo estão listadas as características desejáveis da *webcam*:

- Possuir conexão USB 2.0;
- Ser compatível com Linux;
- Ser capaz de, no mínimo, produzir imagens em resolução VGA (640x480), RGB 24 bits a 30 fps, para que a visualização possa ser feita com qualidade satisfatória.

A compatibilidade com o Linux pode ser garantida com a escolha de uma *webcam* em conformidade com o padrão UVC (*USB Video Class*) e compatível com o *driver* Video4Linux 2 (V4L2), presente nos *kernels* do Linux a partir da versão 2.5. Uma lista de dispositivos que seguem esse padrão está disponível em (TOOLS, 2013). Três câmeras de custo baixo e com disponibilidade no Brasil foram selecionadas a partir da lista, como apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5:** Comparação entre *webcams* USB.

Característica	Genius FaceCam 2000	Microsoft VX-500	Genius iSlim 1300
Conexão USB 2.0	Sim	Sim	Sim
Compatível com Linux	Sim	Sim	Sim
Resolução máxima de vídeo	1620X1200	640x480	1280X1024
RGB 24 bits	Sim	Sim	Sim
Taxa de amostragem	30 fps	30 fps	30 fps
Custo	R\$ 82,00	R\$ 79,50	R\$ 34,99

Percebe-se que as características técnicas de todas as três câmeras são satisfatórias para o preenchimento dos requisitos. Porém, há certas diferenças relacionadas a custo e resolução.

**Escolha da equipe:** A *webcam* escolhida foi a Genius iSlim 1300, principalmente tendo em vista o seu custo muito reduzido em relação às outras. Além disso, possui resolução muito satisfatória. Em Curitiba, há disponibilidade desse modelo em pronta entrega.

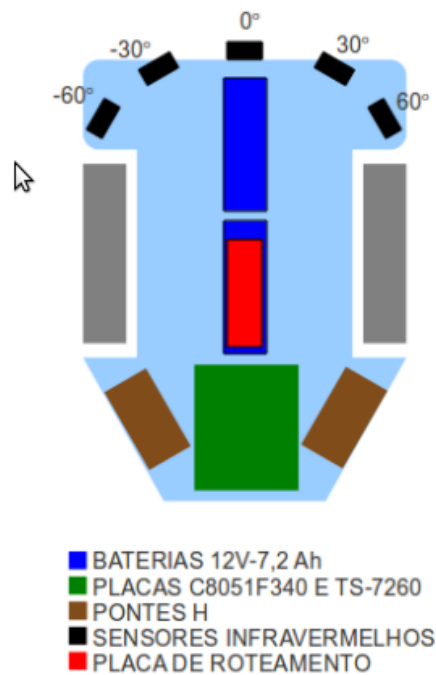


**Figura 1:** *Webcam* Genius iSlim 1300.

**Fonte:** (GENIUS, 2013)

#### 8.3.3.2 Movimentação do robô

Uma vez que o sistema de movimentação do robô, incluindo motores, acionadores, drivers de potência e rodas já estão instalados no robô e atendem aos requisitos, não houve nova pesquisa sobre esses componentes. Um chassi de 40 cm de largura por 50 cm de comprimento, duas rodas de tração e uma roda guia estão presentes atualmente. As rodas de tração estão dispostas na parte posterior do robô, possuindo 20 cm de diâmetro e 4 cm de largura. O chassi está equipado com 2 motores Bosch FPG 12V, 2 baterias Unybatt 12V-7,2 Ampére-hora e duas pontes H L298 (MARIN et al., 2012). A disposição dos itens no robô pode ser vista na figura 2.



**Figura 2:** Disposição dos itens no robô

Fonte: (MARIN et al., 2012)

#### 8.3.3.3 Odometria

Para a obtenção da aceleração, velocidade e posição do robô, diversas tecnologias podem ser escolhidas. Abaixo serão descritas as principais opções:

- **Encoder:** Ligado ao eixo da roda do robô, efetua a contagem das rotações realizadas por ela, permitindo assim calcular a distancia percorrida. Se dois encoders forem instalados, um em cada roda, a direção do movimento poderá ser obtida a partir de cálculos baseados na contagem de voltas de cada roda.
- **GPS:** Utiliza sinais de satélites para obter as coordenadas geográficas do robô. A direção e o sentido do movimento podem ser obtidos a partir da comparação das leituras atuais com as anteriores.
- **Acelerômetro:** Pode utilizar a tecnologia chamada MEMS para medir a aceleração do componente. A velocidade e deslocamento lineares podem ser obtidos por integração numérica da aceleração.
- **Giroscópio:** Pode utilizar a tecnologia chamada MEMS para medir a aceleração angular do componente. A velocidade angular e ângulo de rotação podem ser obtidos por

integração numérica da aceleração angular.

- **Bússola:** Utiliza os campos magnéticos da terra para obter a orientação geográfica absoluta do robô.

Na Tabela 6 está presente uma comparação entre as tecnologias apresentadas.

**Tabela 6:** Comparação entre tecnologias para odometria.

Característica	Encoder	GPS	Acelerômetro	Giroscópio	Bussola
Sujeito a influências externas	Deslizamentos	Não	Não	Não	Ruídos de campos magnéticos diversos
Ambiente de operação	Interno / Externo	Externo	Interno / Externo	Interno / Externo	Interno / Externo
Posicionamento	Relativo	Absoluto	Relativo	Relativo	Absoluto
Acumulo de erro para calculo da posição	Sim	Não	Sim (duas integrações)	Sim (duas integrações)	Sim

Da Tabela 6, vê-se que *encoders* estão sujeitos a erros causados por deslizamentos nas rodas, e que GPS apenas funciona em ambientes externos. A bússola pode ser influenciada por campos magnéticos diferentes do da terra – como por exemplo o gerado pelos motores. O acelerômetro e o giroscópio por sua vez acumulam o erro de duas integrações<sup>1</sup> para obtenção da posição.

**Escolha da equipe:** Os *encoders* estão sujeito apenas aos erros de deslizamentos e acumulam menos erros na obtenção da posição do que os giroscópios e acelerômetros. Sendo assim eles foram a escolha como principal fonte de dados para odometria. O GPS não foi escolhido pois opera apenas em ambientes internos. A bussola por sua vez poderá sofrer influencias do campo magnético gerado pelos motores do robô. Como a utilização apenas dos *encoders* pode levar a erros no posicionamento devido a deslizamentos, utilizaremos também um acelerômetro e um giroscópio como fonte de dados auxiliar para possibilitar o aumento da exatidão e confiabilidade dos dados obtidos dos *encoders*. Caso discrepâncias consideráveis ocorram entre os dados obtidos pelos sensores, escorregamentos das rodas podem ser detectados e mitigados, atenuando dessa forma erros na determinação do posicionamento.

<sup>1</sup>As acelerações linear e angular devem ser integradas duas vezes numericamente para cálculo da posição: A primeira para determinação das velocidades linear e angular; A segunda para determinação do deslocamento e ângulo de rotação atuais.

Por exemplo, em caso de escorregamento roda, um *encoder* fornece uma medição de velocidade maior do que a que corresponde à realidade do movimento do robô. O acelerômetro e o giroscópio, por sua vez, não sofrem influências do escorregamento das rodas, e tenderão a fornecer uma medida mais próxima à realidade. Discrepâncias nas medições podem ser dessa forma detectadas, e procedimentos de atenuação de erros (como por exemplo, descarte de certas medidas dos *encoders*) poderão ser executados no *software* da estação base.

Os *encoders* que serão utilizados (HEDS-9700) já se encontram acoplados ao robô, logo os motivos para a escolha do modelo não serão analisados. Quanto ao acelerômetro e giroscópio, está apresentado a seguir, na Tabela 7, um comparativo entre as opções de menor custo disponíveis no mercado. Na Tabela estão listados apenas os modelos que possuem placas de desenvolvimento, pois acelerômetros e giroscópios geralmente são vendidos em encapsulamento LGA ou BGA (que são de difícil soldagem).

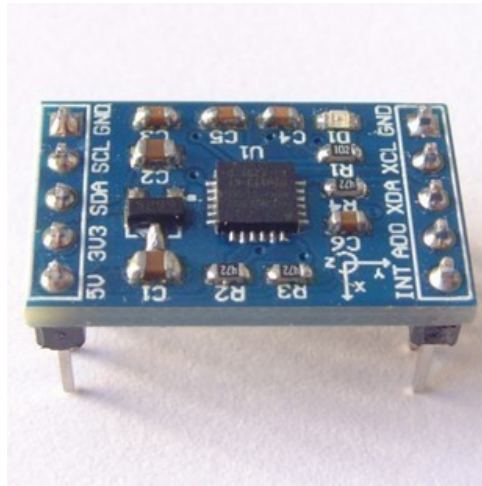
**Tabela 7:** Comparação entre acelerômetros/giroscópios para odometria.

Modelo	Fabricante	Acel.	Giro.	Faixa	Interface	Preço
STEVAL-MKI009V1	STMicroelectronics	3x	-	$\pm 2g$ ou $\pm 6g$	I2C / SPI	\$23.94
ATAVRSBIN1	Atmel	1x	-	-	I2c	\$26.25
KIT3803 MMA7660FC	Freescale	3x	-	$\pm 1.5g$	I2C	\$35.0
ATAVRSBIN1	Atmel	-	1x		I2C	\$26.25
MPU-6050	IvenSense	3x	3x	$\pm 2g$ ou $\pm 4g$ ; $\pm 250^\circ/seg$ ou $\pm 500^\circ/seg$	I2C	\$8.78
MKI086V1	STMicroelectronics	-	1x	$\pm 30^\circ/seg$	Analog	\$31.50
STEVAL-MKI094V1	STMicroelectronics	-	3x	$\pm 400^\circ/seg$	Analog	\$31.50
ATAVRSBIN1	Atmel	1x	1x		I2C	\$26.25
DM240316	Zena	3x	3x		RF	\$99.99

### MPU-6050

Com base na Tabela 7, o modelo MPU-6050 da IvenSense foi escolhido, principalmente devido ao seu baixo custo: \$8.78. Este modelo possui um acelerômetro e um giroscópio (ambos de 3 eixos), além entradas para uma bússola externa de 3 eixos, tudo integrado a um único chip (EVENSENSE, 2013). A faixa de operação para o acelerômetro é de  $\pm 2g$  ou  $\pm 4g$  e para o giroscópio é de  $\pm 250^\circ/seg$  ou  $\pm 500^\circ/seg$ . A sensibilidade do acelerômetro

é de  $16384 \text{ LSB/g}$  ou  $8192 \text{ LSB/g}$ . A sensibilidade do giroscópio é de  $131 \text{ LSB}/(^{\circ}/\text{seg})$  ou  $65.5 \text{ LSB}/(^{\circ}/\text{seg})$ . A interface de comunicação do módulo suporta o protocolo I2C. O módulo contendo o chip MPU-6050 e alguns componentes necessários para seu funcionamento pode ser visto na figura 3.

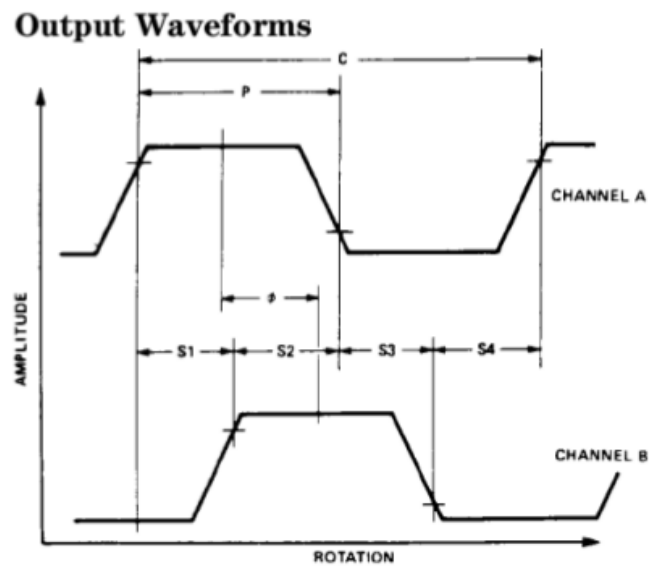


**Figura 3:** Placa de desenvolvimento contendo o chip MPU-6050

**Fonte:** (EVENSENSE, 2013)

### **Encoder Óptico HEDS-9700**

Como foi explicitado anteriormente, os *encoders* ópticos já existentes no robô serão utilizados. Ele está equipado com duas unidades do modelo HEDS-9700. Quanto ao funcionamento, este modelo gera em sua saída uma onda quadrada à medida em que as rodas são rotacionadas, sendo 1800 pulsos gerados em uma rotação completa. A forma de onda da saída do *encoder* pode ser vista na Figura 4. Pode-se ver na Figura que o *encoder* possui duas saídas, A e B com defasamento  $\phi$  entre elas. O sentido de rotação pode ser determinado pela informação de qual sinal (A ou B) está mais adiantado em fase (AGILENTTECHNOLOGIES, 2002). A leitura e contagem das rotações do encoder serão feitas conforme foi desenvolvido no projeto anterior (descrito em Marin et al. (2012)).



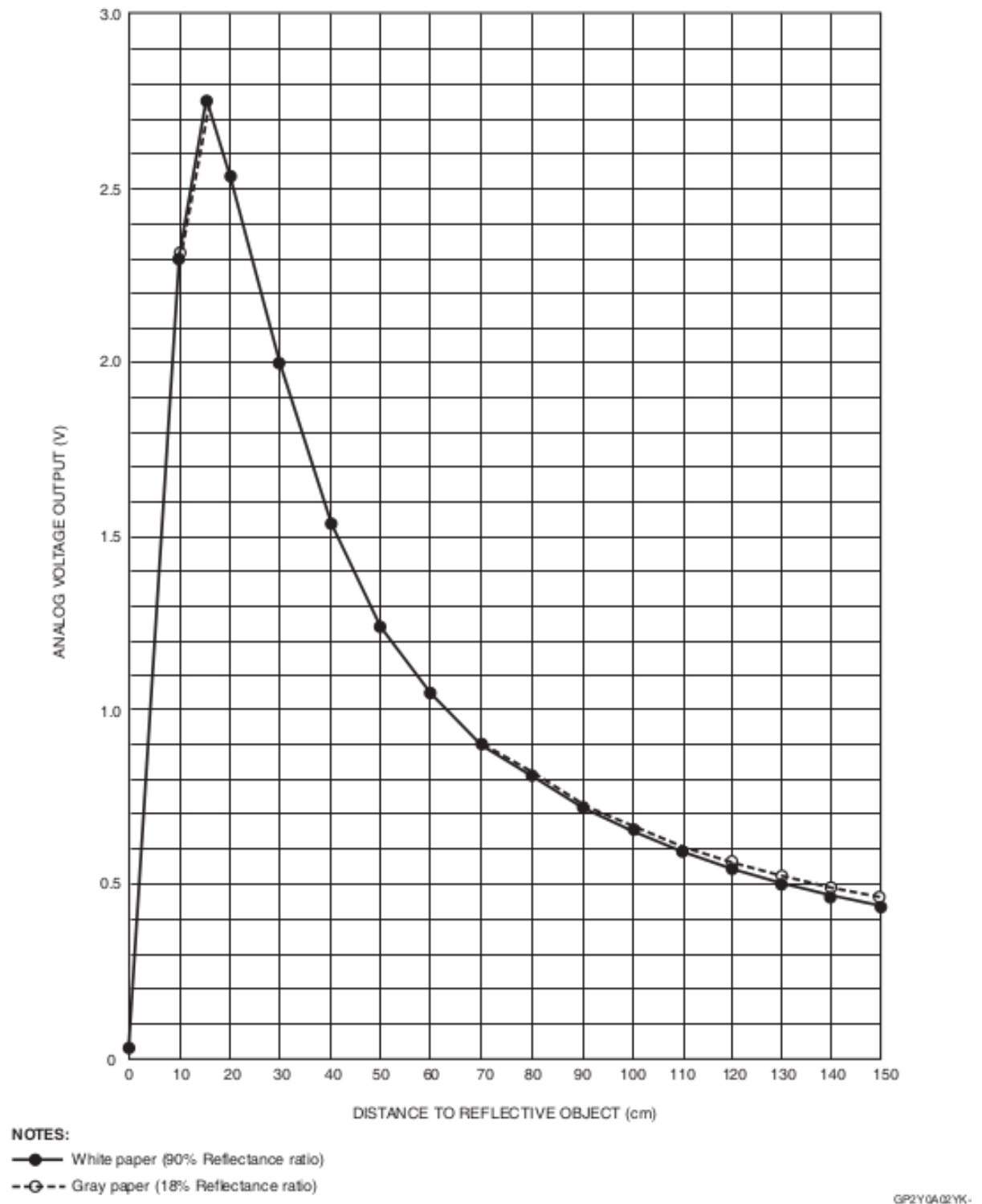
**Figura 4:** Forma de onda na saída do encoder

**Fonte:** (AGILENTTECHNOLOGIES, 2002)

#### 8.3.3.4 Detecção de obstáculos

##### **Sensor de proximidade Infra Vermelho IR 2Y0A02F98**

A detecção de obstáculos, que é um requisito para o projeto robô, será feita pelos sensores de Infra Vermelho já existentes nele. Estão presentes 5 unidades do modelo IR 2Y0A02F98 (SHARPCORPORATION, 2006). Uma característica interessante deste sensor é que ele sofre pouca influência das cores dos objetos, devido ao método de medição baseado em triangulação. Na figura 5 pode-se verificar o fato. A linha tracejada é a resposta para reflexão em uma superfície cinza e a linha contínua é a resposta para reflexão em uma superfície branca.



**Figura 5:** Curva de resposta do sensor Infra Vermelho IR 2Y0A02F98

**Fonte:** (SHARPCORPORATION, 2006)



### 8.3.3.5 Microcontrolador

A interface entre sensores e atuadores (sistemas de acionamento dos motores) com a placa TS-7260 <sup>2</sup> será feita por um sistema microcontrolado. Este sistema deve possuir as interfaces adequadas para comunicação com todos os componentes. Na Tabela 8 estão listados os requisitos mandatórios para escolha do microcontrolador, e na Tabela 9 estão listados os requisitos desejáveis (porém não obrigatórios).

**Tabela 8:** Requisitos mandatórios para escolha do microcontrolador.

Requisito	Justificativa
Interface I2C	Comunicação com acelerômetro e giroscópio
Geração de PWM em 4 canais	Acionamento dos motores pelas pontes H
Interface Serial	Comunicação com a placa TS-7260
Interrupções em 2 canais (com capacidade de processamento de no mínimo 2865 interrupções/segundo em cada canal <sup>3</sup> )	Leitura do valor dos <i>encoders</i>
Conversor AD em 5 canais	Leitura dos sensores de IR

**Tabela 9:** Requisitos desejáveis para escolha do microcontrolador.

Requisito desejável	Justificativa
Desenvolvimento em plataforma livre	Diminuição do custo de softwares para desenvolvimento
2 Interfaces seriais ou JTAG	Utilização para <i>debug</i> ou <i>logs</i>
Solução integrada em um único chip	Redução do tamanho da placa e da quantidade de componentes, diminuindo assim o custo e melhorando a organização e disposição dos mesmos

Na Tabela 10 estão listados diversos microcontroladores que foram pesquisadas para o projeto. Todos os modelos atendem aos requisitos da Tabela 8.

**Escolha da equipe:** Dentre as opções listadas na Tabela 10, o modelo LPC2103 foi escolhido. A escolha foi feita baseando-se principalmente no custo do microcontrolador. Nota-se, a primeira vista ao efetuar-se uma comparação com o SIM3C146, que essa última opção

<sup>2</sup>Deve-se ressaltar que os atuadores (sistemas de acionamento dos motores) e a placa TS-7260 já existem no robô (MARIN et al., 2012).

<sup>3</sup>Valor calculado com base no tamanho das rodas, supondo velocidade máxima de deslocamento de 1m/s.

possui desempenho melhor e custo ligeiramente menor. Porém a escolha do LPC2103 justifica-se pela melhor documentação e mais ampla disponibilidade de recursos para o mesmo. A documentação fornecida pelo fabricante desse microcontrolador é mais completa e, pelo fato do modelo estar há mais tempo no mercado, a quantidade de informações e recursos disponíveis na *internet* é maior.

### LPC2103

O LPC2103 é um microcontrolador baseado na arquitetura ARM7TDMI-S da NXP (NXP, 2013). Este microcontrolador pode operar em até  $70\text{MHz}$  executando a  $63\text{MIPS}$ . O Microcontrolador possui 2 interfaces I2C, 2 interfaces seriais, até 14 saídas de PWM, até 13 canais de interrupções externas, 8 canais de conversão para um conversor analógico digital de 10 bits, 32kbytes de memória FLASH para código e 8kbytes de memória RAM. Ele também suporta *debug* via JTag por meio de um *debugger* externo. O custo desse microcontrolador é de \$6.16 (CORPORATION, 2013). O LPC2103 está disponível em encapsulamento LQFP com 48 pinos.

O microcontrolador escolhido pode também ser programado utilizando o protocolo ISP, por meio de ferramentas livres como o *lpc21isp* (LPC21ISP, 2013). Para a geração do código hexadecimal utilizado pelo *lpc21isp*, basta efetuar a compilação de código em C utilizando o GCC (GCC, 2013). Pode-se notar que o LPC2103, além de atender aos requisitos mandatórios da Tabela 8, também atende aos requisitos desejáveis que foram expostos na Tabela 9.

#### 8.3.3.6 Placa de circuito impresso

A placa de circuito impresso será projetada utilizando ferramentas livres, como o gEDA (GEDA, 2013) e PCB (PCB, 2013). Após o projeto da placa os arquivos *Gerber* serão enviados à empresa Stick (IMPRESSOS, 2013) para impressão. A soldagem dos componentes será realizada pela própria equipe.

Deve-se ressaltar que como, em geral, na soldagem de um *chip* com encapsulamento LQFP há complexidade e riscos consideráveis (como por exemplo, queima do *chip* ou da placa), a equipe pesquisou informações sobre *kits* de desenvolvimento que tenham o LPC2103 já soldado na placa. Em Curitiba, existe a empresa eSysTech (ESYTECH, 2013) que fabrica tais *kits*. Através de contatos da UTFPR, confirmou-se que na universidade há algumas unidades (fabricadas por essa empresa) que podem ser emprestadas à equipe para a realização do projeto, caso haja necessidade.

**Tabela 10:** Comparativo entre microcontroladores.**Fonte:** Dados obtidos de (CORPORATION, 2013)

<b>uC</b>	<b>STM32F103C6T7A</b>	<b>PIC32MX320F128H</b>	<b>LPC2103</b>
Fabricante	STMicroelectronics	Microchip Technology	NXP Semiconductors
Arquitetura	ARM® Cortex™-M3	MIPS32® M4K™	ARM7
Core	32bits	32-Bit	16/32-Bit
Velocidade	72MHz	80MHz	70MHz
MIPS	90	124.8	63
I2C	1	2	2
PWM	12	5	14
UART	2	2	2
Einterrupt	16	5	13
FLASH	32k	128k	32k
RAM	10k	16k	8k
Adc	10x12b	16x10b	8x10b
JTAG	sim	sim	sim
Custo	\$6.27	\$6.26	\$6.16

<b>uC</b>	<b>MCF52210CAE66</b>	<b>AT32UC3C264C</b>	<b>SIM3C146</b>
Fabricante	Freescale Semiconductor	Atmel	Silicon Laboratories Inc
Arquitetura	Coldfire V2	AVR	ARM® Cortex™-M3
Core	32-Bit	32-Bit	32-Bit
Velocidade	66MHz	66MHz	80MHz
MIPS	75.9	98.34	100
I2C	2	3	2
PWM	4	8	8
UART	3	1	2
Einterrupt	7	7	16
FLASH	64k	64k	64k
RAM	16k	16k	16k
Adc	8x12b	11x12b	28x12b
JTAG	sim	sim	SIM3C146-B-GQ
Custo	\$7.1	\$9.14	\$6.1

## 9 PLANO DO PROJETO

### 9.1 CRONOGRAMA

O cronograma do projeto está presente em anexo, em um arquivo do OpenProj denominado “Bellator.pod”.

### 9.2 DELIVERABLES

Na Tabela 11 estão expostos os *deliverables* previstos ao longo do projeto.

**Tabela 11:** Relação dos entregáveis com seus respectivos responsáveis e prazos

<b>Dia</b>	<b>Auxiliar de Gerenciamento</b>	<b>Deliverables</b>
13/03/2013	Stefan Campana Fuchs	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Versões iniciais dos diagramas de casos de uso e de classes (estação base).</li> <li>2. Versão inicial do diagrama em blocos (hardware).</li> <li>3. Explicação inicial de cada bloco (hardware).</li> </ol>
27/03/2013	Telmo Friesen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Versão inicial do diagrama de casos de uso (software embarcado).</li> <li>2. Versão inicial do diagrama de fluxo de dados (software embarcado).</li> <li>3. Versão inicial dos diagramas de estados (sist. comunicação).</li> <li>4. Versão inicial da descrição das mensagens e codificações dos comandos (sist. comunicação).</li> <li>5. Versão inicial do diagrama elétrico/eletrônico (hardware).</li> </ol>

10/04/2013	Ricardo Farah	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Diagrama de casos de uso e de classes (estação base).</li><li>2. Diagrama de casos de uso (software embarcado).</li><li>3. Diagrama de fluxo de dados (software embarcado).</li><li>4. Diagrama em blocos (hardware).</li><li>5. Explicação detalhada de cada bloco (hardware).</li><li>6. Diagrama elétrico/eletrônico (hardware).</li></ol>
24/04/2013	Stefan Campana Fuchs	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Projeto da PCB (Printed Circuit Board) (hardware).</li><li>2. Lista de componentes para confecção da PCB completa (hardware).</li><li>3. Diagramas de estados (sist. comunicação).</li><li>4. Descrição das mensagens e codificações dos comandos (sist. comunicação).</li><li>5. Descrição do uso do Software (Manual do Usuário)</li><li>6. Mapa de conexão da PCB com a alimentação e outros elementos (hardware).</li><li>7. Guia de montagem (hardware).</li></ol>

10 ORÇAMENTO DETALHADO

Tabela 12: Preços individuais e totais dos componentes do projeto.

Fornecedor: Digikey					
Item	Quantidade	Descrição	Descrição textual	Preço unitário	Subtotal
1	4	IC REG LDO 5V .95A SOT-223	REGULADOR 5V	\$0,54	\$2,16
2	3	IC REG LDO 3.3V .95A SOT-223	REGULADOR 3V3	\$0,54	\$1,62
3	4	IC REG LDO 1.8V .95A SOT-223	REGULADOR 1V8	\$0,48	\$1,92
4	4	IC BUFF/DVR TRI-ST DUAL 20SOIC	BUFFER P/ PWM	\$0,99	\$3,96
5	3	IC ARM7 MCU FLASH 32K 48-LQFP	LPC 2103	\$6,16	\$18,48
6	3	IC BUFF/DVR SCHM TRG 6BIT 14SOIC	SCHMITT TRIGGER	\$1,52	\$4,56
7	25	RES 47.0K OHM 1/8W 1% 0805	RESISTOR PULL-UP 47K	\$0,01	\$0,23
8	4	LED CHIPLED 645NM RED DIFF 0805	LED VERMELHO 1V8 20MA	\$0,09	\$0,36
9	4	RES 20K OHM 1/8W 1% 0805 SMD	RESISTOR LED 20K	\$0,04	\$0,16
10	25	RES 22.0 OHM 1/8W 1% 0805 SMD	22 OHMS P/ LIMITADOR DE VOLTAGEM	\$0,01	\$0,37
11	12	DIODE ZENER DUAL 4.3V SOT-363	DUAL ZENER 4V3	\$0,33	\$4,01
12	10	CAP CER 150PF 50V 1% NP0 0805	CAPACITOR 150P FILTRO ENCODERS	\$0,12	\$1,24
13	10	RES 332 OHM 1/8W 1% 0805 SMD	RESISTOR 332 FILTRO ENCODERS	\$0,02	\$0,19
14	10	CAP CER 33PF 50V 5% NP0 0805	33P CAPACITOR P/ CRISTAL	\$0,05	\$0,53
15	50	CAP CER 0.1UF 50V 5% X7R 0805	0.1U PARA MAX3232 E REGULADORES	\$0,06	\$3,16
16	12	CAP CER 10UF 10V 10% X5R 0805	10U PARA REGULADOR	\$0,13	\$1,56
17	4	IC DRVR/RCVR MULTCH RS232 16SOIC	MAX3232	\$1,65	\$6,60
18	4	CRYSTAL 14.7456 MHZ 18PF SMD	14.7456MHZ 10PPM 18pF	\$0,57	\$2,28
				Subtotal (\$)	\$53,388
				Frete (\$):	\$37,67
				Total (\$):	\$91,058
				IOF (\$):	\$5,81
				Total (R\$):	R\$ 199,54
Fornecedor: Ebay					
Item	Quantidade	Descrição	Descrição textual	Preço unitário	Subtotal
1	3	MPU-6050	Gyro e acelerometro de 3 eixos	\$8,78	\$26,34
				Frete:	\$0,00
				Total (R\$):	R\$ 55,95
				IOF (R\$):	R\$ 3,56
				Total (R\$):	R\$ 59,51
Fornecedor: 24 de maio					
Item	Quantidade	Descrição	Descrição textual	Preço unitário	Subtotal
1	1		Barra de pinos		R\$ 0,55
2	10		Resistor		R\$ 0,50
3	10		Resistor		R\$ 0,50
4	2	Max 3232	Line Driver/Receiver		R\$ 15,80
5	10		Capacitor ceramico		R\$ 1,00
6	10		Diodo zenner		R\$ 2,50
7	2	74hc244	Buffer		R\$ 2,60
				Total (R\$):	R\$ 20,85
Fornecedor: Outros (nacionais)					
Item	Quantidade	Descrição	Descrição textual	Preço unitário	Subtotal
8	1	Genius 1.3mp Islim 1300	Webcam		R\$ 34,99
9	3	Placa	Circuito Impresso		R\$ 250,00
				Total (R\$):	R\$ 308,44
TOTAIS					
				Tipo	Total sem taxas
				Hardware importado	R\$ 259,05
				Hardware nacional	R\$ 305,84
				Total geral (R\$):	R\$ 720,32
				Total geral com margem de segurança de 10% (R\$):	R\$ 792,35

<sup>1</sup>Taxas de 60% para importação.

## REFERÊNCIAS

- AGILENTTECHNOLOGIES. **Small Optical Encoder Modules HEDS-9700 Series**. 2002. Disponível em:  
<<http://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/021/QEDS-9871-pdf.php>>. Acesso em: 28 de Fevereiro de 2013.
- BOT, P. 2013. Disponível em:  
<<http://www.mobilerobots.com/researchrobots/researchpatrolbot.aspx>>.
- CAIRO. 2013. Disponível em: <<http://www.cairographics.org/>>.
- CORPORATION, D. **DigiKey Corporation**. 2013. Disponível em:  
<<http://www.digikey.com>>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2013.
- ECLIPSE. 2013. Disponível em: <<http://eclipse.org/>>.
- ESYTECH, S. **eSysTech Embedded Systems**. 2013. Disponível em:  
<<http://www.esys tech.com.br>>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2013.
- EVENSENSE. 2013. Disponível em:  
<<http://www.invensense.com/mems/gyro/mpu6050.html>>.
- GCC. 2013. Disponível em: <<http://gcc.gnu.org/>>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2013.
- GEDA. 2013. Disponível em: <<http://www.gpleda.org>>.
- GENIUS. 2013. Disponível em:  
<<http://geniusnet.com/wSite/ct?xItem=16764&ctNode=161>>.
- IMPRESSOS, S. C. **Stick Circuitos Impressos**. 2013. Disponível em:  
<<http://www.stick.ind.br>>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2013.
- JAVA. 2013. Disponível em: <[www.java.com](http://www.java.com)>.
- LPC21ISP. 2013. Disponível em: <<http://sourceforge.net/projects/lpc21isp/>>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2013.
- MARIN, A. J.; BORGES, J. C. N.; WERGRZN, Y. A. **Desenvolvimento de robô móvel e análise qualitativa de algoritmos de navegação fuzzy**. Curitiba, 2012.
- NETBEANS. 2013. Disponível em: <<http://netbeans.org/>>.
- NXP. **LPC2103 Overview**. 2013. Disponível em:  
<<http://www.nxp.com/products/microcontrollers/arm7/LPC2103FBD48.html>>. Acesso em: 28 de Fevereiro de 2013.
- PCB. 2013. Disponível em: <<http://pcb.gpleda.org>>.



PROCESSING. 2013. Disponível em: <[www.processing.org](http://www.processing.org)>.

RESOLUTION, M. C. digital camera. 2013. Disponível em:  
<<http://web.forret.com/tools/megapixel.asp?width=640&height=480>>.

SATO, B. N. W. K. 2 dimensional infrared robotic mapping system. 2013. Disponível em:  
<<http://www-sens.sys.es.osaka-u.ac.jp/research/thesis/10/tech-rep/brad/thesis.pdf>>.

SHARPCORPORATION. **GP2Y0A02F98YK Datasheet**. 2006. Disponível em:  
<[http://www.mindsensors.com/index.php?module=documents&JAS\\_DocumentManager\\_op=downloadFile&JAS\\_File\\_id=335](http://www.mindsensors.com/index.php?module=documents&JAS_DocumentManager_op=downloadFile&JAS_File_id=335)>. Acesso em: 1 de Agosto de 2011.

TOOLS, L. U. driver . 2013. Disponível em: <<http://www.ideasonboard.org/uvic>>.