

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

ALEXANDRE JACQUES MARIN  
JÚLIO CESAR NARDELLI BORGES  
YURI ANTIN WERGRZN

**ANÁLISE QUALITATIVA DE ALGORITMOS DE NAVEGAÇÃO  
FUZZY**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2011

ALEXANDRE JACQUES MARIN  
JÚLIO CESAR NARDELLI BORGES  
YURI ANTIN WERGRZN

**ANÁLISE QUALITATIVA DE ALGORITMOS DE NAVEGAÇÃO  
FUZZY**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento Acadêmico de Informática como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro no Bacharelado em Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: João Alberto Fabro

Co-orientador: Heitor Silvério Lopes

**CURITIBA**

**2011**

Texto da dedicatória.

## **AGRADECIMENTOS**

Texto dos agradecimentos.

Texto da epígrafe.

## RESUMO

Marin, Alexandre; Borges, Júlio; Wergrzn, Yuri . Análise Qualitativa de Algoritmos de Navegação Fuzzy. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

Este documento descreve detalhadamente a execução do projeto "Análise Qualitativa de Algoritmos de Navegação Fuzzy", feito como trabalho de conclusão de curso de Engenharia de Computação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Palavras-chave:** Navegação, Fuzzy, Robôs, ...

## **ABSTRACT**

Marin, Alexandre; Borges, Júlio; Wergrzn, Yuri . Qualitative Analysis of Fuzzy Algorithms. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

Abstract text (maximum of 500 words).

**Keywords:** Navigation, Fuzzy, Robots, ...

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 – EXEMPLO DE UMA FIGURA .....	14
--	----



## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1	–	EXEMPLO DE UMA TABELA .....	15
----------	---	-----------------------------	----

## **LISTA DE SIGLAS**

CPGEI	Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial
DAELN	Departamento Acadêmico de Eletrônica
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\lambda$	comprimento de onda
$v$	velocidade
$f$	frequência

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	MOTIVAÇÃO	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos	13
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>14</b>
2.1	FIGURAS	14
2.2	TABELAS	14
2.3	EQUAÇÕES	15
2.4	SIGLAS E SÍMBOLOS	15
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>16</b>
	REFERÊNCIAS	17
	APÊNDICE A – NOME DO APÊNDICE	18
	ANEXO A – NOME DO ANEXO	19

## 1 INTRODUÇÃO

O problema do controle de navegação de robôs móveis autônomos é um campo da Engenharia da Computação que representa um grande desafio, devido ao fato de o ambiente ser dinâmico, haver sensoriamento sujeito a ruídos e exigências de controle e tomada de decisão em tempo real. Um sistema de navegação deve garantir que o robô móvel atinja satisfatoriamente o destino de sua trajetória, enviando ao robô os comandos necessários para a sua locomoção, de maneira precisa e suave, ao mesmo tempo em que permite reações rápidas às mudanças de ambiente para evitar colisões. Na robótica móvel, existem dois principais paradigmas que guiam os projetos de diversas arquiteturas de sistemas de navegação: o reativo e o deliberativo. O paradigma reativo procura reproduzir a reação imediata dos animais aos estímulos do ambiente. Geralmente, arquiteturas reativas são empregadas como uma camada de nível inferior na navegação de robôs móveis, pois apresentam a vantagem de resposta em tempo real uma vez que mapeiam a leitura dos sensores, diretamente, em ações. Arquiteturas deliberativas, por outro lado, intercalam o processo da tomada de decisão, desde a percepção até a ação, com uma etapa de planejamento a qual demanda grande tempo computacional, impedindo a atuação do robô em tempo real. Atualmente, são definidas arquiteturas híbridas, conjugando ambos os paradigmas (FRACASSO PAULO T.; COSTA, 2005). Ao realizar uma breve pesquisa para análise do estado da arte, foi possível perceber que existem vários trabalhos que apresentam novos métodos para navegação autônoma através do uso de lógica Fuzzy. Entretanto, não foi encontrado um trabalho propondo a comparação entre métodos já existentes. Com o intuito de preencher esta lacuna, a equipe optou desenvolver este projeto. Um dos modelos analisados neste trabalho é o modelo ED-FCM proposto por Mendonça no ano de 2010 (MENDONÇA M.; ARRUDA, 2010). A sigla ED-FCM significa Event- Driven Fuzzy Cognitive Maps e quer dizer Mapas Cognitivos Difusos Dirigidos A Eventos. Para realizar a comparação prática destes algoritmos, provou-se necessária uma plataforma robótica, obtida através reconstrução do robô Bellator. O Bellator é um robô móvel que estava em construção em outro projeto mas foi abandonado. Este robô, sua reconstrução e adaptação às necessidades da equipe, é parte do projeto e é documentada em detalhes neste documento. Esta adaptação leva em conta também a possibilidade de utilização do Bellator para projetos futuros. As principais motivações deste tra-

balho são o desenvolvimento de uma plataforma robótica adequada para pesquisas acadêmicas, tendo em vista a falta de plataformas disponíveis com este propósito, e o estudo de sistemas de controle de navegação robótica, que é um ramo de pesquisa de elevado valor acadêmico. A possibilidade de disponibilizar uma nova plataforma robótica para futuros estudos acadêmicos e estudar um algoritmo de navegação pouco explorado são os maiores incentivos da equipe para a realização deste trabalho.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Uma das principais vantagens do uso do estilo de formatação `abnt-UTFPR.cls` para  $\text{\LaTeX}$  é a formatação *automática* dos elementos que compõem um documento acadêmico, tais como capa, folha de rosto, dedicatória, agradecimentos, epígrafe, resumo, abstract, listas de figuras, tabelas, siglas e símbolos, sumário, capítulos, referências, etc. Outras grandes vantagens do uso do  $\text{\LaTeX}$  para formatação de documentos acadêmicos dizem respeito à facilidade de gerenciamento de referências cruzadas e bibliográficas, além da formatação – inclusive de equações matemáticas – correta e esteticamente perfeita.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Os principais objetivos do projeto são construir uma plataforma robótica estável cujo hardware e software deverão ser bem documentados, testar dois algoritmos de navegação fuzzy nessa plataforma e compará-los segundo diversos critérios, tais como: tamanho e complexidade do código, custo computacional, tempo de resposta, eficácia. De maneira geral, a plataforma deve ser capaz de detectar obstáculos próximos a mesma através de sensores de distância, e deverá se deslocar por meio de um par de motores de corrente contínua acoplados a rodas revestidas de borracha. As rodas devem ser equipadas com encoders para auxílio à odometria. A plataforma deve executar comandos de movimentação, os quais são: translação para frente e para trás, e rotação, no sentido horário e anti horário. Um sistema microcontrolador deve processar os sinais dos sensores de distância e dos encoders das rodas, e implementar rotinas de baixo nível para acessar os dados dessa leitura. Esse sistema também deve implementar rotinas de baixo nível para controlar a potência dos motores e calcular deslocamento, velocidade e aceleração linear e angular da plataforma. A plataforma deve ser extensível a qualquer outro sistema de processamento. O microcontrolador desta deve implementar rotinas de baixo nível para comunicação de dados. A plataforma deve apresentar interface de alto nível para leitura dos da-

dos dos sensores e recebimento de comandos de movimentação. A documentação de hardware e software da plataforma deve atender aos requisitos de um projeto de engenharia, incluindo: diagramas de blocos, diagramas esquemáticos, diagramas UML de classes, casos de uso, entre outros. Os dois algoritmos de navegação deverão ser implementados em uma hardware acoplado à plataforma robótica. Este hardware deverá ser capaz de ler os dados dos sensores do robô como fonte de informações para os algoritmos e enviar comandos de movimentação ao mesmo. Os testes dos algoritmos deverão realizados inicialmente em um ambiente aberto e livre de obstáculos, onde o robô deverá deslocar-se de um ponto inicial a um ponto final com velocidade constante. Posteriormente, o ambiente será limitado por paredes e serão acrescentados obstáculos entre os dois pontos dessa trajetória. Em cada caso, os dois algoritmos serão experimentados sob as mesmas condições.

#### 1.2.2 Objetivos Específicos

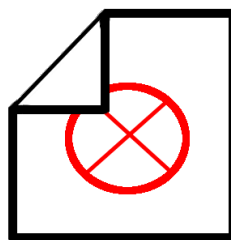
- Obter documentos acadêmicos automaticamente formatados com correção e perfeição estética.
- Desonerar autores da tediosa tarefa de formatar documentos acadêmicos, permitindo sua concentração no conteúdo do mesmo.
- Desonerar orientadores e examinadores da tediosa tarefa de conferir a formatação de documentos acadêmicos, permitindo sua concentração no conteúdo do mesmo.

## 2 DESENVOLVIMENTO

A seguir ilustra-se a forma de incluir figuras, tabelas, equações, siglas e símbolos no documento, obtendo indexação automática em suas respectivas listas. A numeração sequencial de figuras, tabelas e equações ocorre de modo automático. Referências cruzadas são obtidas através dos comandos `\label{}` e `\ref{}`. Por exemplo, não é necessário saber que o número deste capítulo é 2 para colocar o seu número no texto. Isto facilita muito a inserção, remoção ou relocação de elementos numerados no texto (fato corriqueiro na escrita e correção de um documento acadêmico) sem a necessidade de renumerá-los todos.

### 2.1 FIGURAS

Na figura 1 é apresentado um exemplo de gráfico flutuante. Esta figura aparece automaticamente na lista de figuras. Para uso avançado de gráficos no  $\text{\LaTeX}$ , recomenda-se a consulta de literatura especializada (??).



**Figura 1: Exemplo de uma figura onde aparece uma imagem sem nenhum significado especial.**

**Fonte: (ABNTEX, 2009)**

### 2.2 TABELAS

Também é apresentado o exemplo da tabela 1, que aparece automaticamente na lista de tabelas. Informações sobre a construção de tabelas no  $\text{\LaTeX}$  podem ser encontradas na literatura especializada (????????).



**Tabela 1: Exemplo de uma tabela mostrando a correlação entre x e y.**

x	y
1	2
3	4
5	6
7	8

**Fonte: Autoria própria.**

### 2.3 EQUAÇÕES

A transformada de Laplace é dada na equação (1), enquanto a equação (2) apresenta a formulação da transformada discreta de Fourier bidimensional<sup>1</sup>.

$$X(s) = \int_{t=-\infty}^{\infty} x(t) e^{-st} dt \quad (1)$$

$$F(u, v) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \exp \left[ -j2\pi \left( \frac{um}{M} + \frac{vn}{N} \right) \right] \quad (2)$$

### 2.4 SIGLAS E SÍMBOLOS

O pacote ABNT<sub>EX</sub> permite ainda a definição de siglas e símbolos com indexação automática através dos comandos `\sigla{\}{\}` e `\simbolo{\}{\}`. Por exemplo, o significado das siglas CPGEI, DAELN e UTFPR aparecem automaticamente na lista de siglas, bem como o significado dos símbolos  $\lambda$ ,  $v$  e  $f$  aparecem automaticamente na lista de símbolos. Mais detalhes sobre o uso destes e outros comandos do ABNT<sub>EX</sub> são encontrados na sua documentação específica (ABNTEX, 2009).

---

<sup>1</sup>Deve-se reparar na formatação esteticamente perfeita destas equações!

### 3 CONCLUSÃO

Espera-se que o uso do estilo de formatação  $\text{\LaTeX}$  adequado às Normas para Elaboração de Trabalhos Acadêmicos da UTFPR (`abnt-UTFPR.cls`) facilite a escrita de documentos no âmbito desta instituição e aumente a produtividade de seus autores. Para usuários iniciantes em  $\text{\LaTeX}$ , além da bibliografia especializada já citada, existe ainda uma série de recursos (??) e fontes de informação (????) disponíveis na Internet.

Recomenda-se o editor de textos Kile como ferramenta de composição de documentos em  $\text{\LaTeX}$  para usuários Linux. Para usuários Windows recomenda-se o editor  $\text{\TeX}$ nicCenter (??). O  $\text{\LaTeX}$  normalmente já faz parte da maioria das distribuições Linux, mas no sistema operacional Windows é necessário instalar o software  $\text{MiKTeX}$  (MIKTEX, 2009).

Além disso, recomenda-se o uso de um gerenciador de referências como o JabRef (??) ou Mendeley (??) para a catalogação bibliográfica em um arquivo  $\text{BIBTeX}$ , de forma a facilitar citações através do comando `\cite{}` e outros comandos correlatos do pacote  $\text{ABNTeX}$ . A lista de referências deste documento foi gerada automaticamente pelo software  $\text{\LaTeX}$  +  $\text{BIBTeX}$  a partir do arquivo `reflatex.bib`, que por sua vez foi composto com o gerenciador de referências JabRef.

O estilo de formatação  $\text{\LaTeX}$  da UTFPR e este exemplo de utilização foram elaborados por Diogo Rosa Kuiaski ([diogo.kuiaski@gmail.com](mailto:diogo.kuiaski@gmail.com)) e Hugo Vieira Neto ([hvieir@utfpr.edu.br](mailto:hvieir@utfpr.edu.br)). Sugestões de melhorias são bem-vindas.

## REFERÊNCIAS

ABNTEX. **Absurdas normas para T<sub>E</sub>X**. 2009. Disponível em: <<http://sourceforge.net/apps/mediawiki/abntex/index.php>>. Acesso em: 8 de novembro de 2009.

FRACASSO PAULO T.; COSTA, A. H. **Navegação Reativa de Robôs Móveis Autônomos Utilizando Lógica Nebulosa com Regras Ponderadas**. [S.l.: s.n.], 2005.

MENDONÇA M.; ARRUDA, L. N. F. **Qualitative Autonomous Navigation System Employing Event Drive-Fuzzy Cognitive Maps and Fuzzy Logic**. [S.l.: s.n.], 2010.

MIKTEX. **The MiK<sub>T</sub>E<sub>X</sub> project**. 2009. Disponível em: <<http://www.miktex.org>>. Acesso em: 8 de novembro de 2009.

## **APÊNDICE A – NOME DO APÊNDICE**

Use o comando `\appendice` e depois comandos `\chapter{}` para gerar títulos de apêndices.

**ANEXO A – NOME DO ANEXO**

Use o comando `\anexo` e depois comandos `\chapter{}` para gerar títulos de anexos.