



UFRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

IM – INSTITUTO DE MATEMÁTICA

NCE – NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA

TRABALHO DA DISCIPLINA LÓGICA NEBULOSA

**RETIRADA DE REGRAS DE UM
MEGAMAN NEBULOSO
Lógica Nebulosa**

Prof. Adriano Joaquim de Oliveira Cruz

Janeiro / 2004

**Adriano Martins Moutinho
Viviane Soares Rodrigues Silva**

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA: | 3 |
| 1.1 | OBJETIVO: | 3 |
| 1.2 | CONSIDERAÇÕES EM [1]: | 3 |
| 1.3 | RESULTADOS DESEJADOS EM [1]: | 5 |
| 1.4 | RESULTADOS DESEJADOS NESTE TRABALHO: | 5 |
| 2 | DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO [1]: | 5 |
| 2.1 | DEFINIÇÃO DOS CONJUNTOS NEBULOSOS E REGRAS: | 5 |
| 2.2 | DEFINIÇÃO DO RADAR: | 5 |
| 3 | DESCRIÇÃO DOS CONJUNTOS NEBULOSOS E REGRAS | 6 |
| 3.1 | CONJUNTOS DE ENTRADA: | 6 |
| 3.1.1 | <i>Variável φ (representada por ang):</i> | 6 |
| 3.1.2 | <i>Variável dist:</i> | 7 |
| 3.2 | CONJUNTO DE SAÍDA | 8 |
| 3.2.1 | <i>Variável θ (representada por ang-saida)</i> | 8 |
| 3.3 | DESCRIÇÃO DAS REGRAS | 9 |
| 4 | A RETIRADA DE REGRAS: | 11 |
| 5 | CONCLUSÕES: | 14 |
| 6 | REFERÊNCIAS: | 14 |
| 7 | ANEXOS: | 14 |

1 Descrição do problema:

1.1 Objetivo:

Este relatório consiste em uma análise do trabalho desenvolvido anteriormente em [1], que consistia em desenvolver um controlador nebuloso, simulado em MATLAB [2], para resolver o problema de guiar um robô através de um mundo virtual com alguns obstáculos. O objetivo do simulador [1] deve ser fazer o robô chegar no lado direito do mundo virtual evitando os obstáculos.

O objetivo principal deste relatório é testar a resistência de um controlador fuzzy a retirada de regras.

A figura 1 mostra o robô que está sendo simulado e a área de movimentação. A seta indica a direção em que o robô está indo e deve ser desenhada sempre. As três variáveis ϕ , x e y determinam exatamente a posição do robô e ϕ especifica o ângulo do robô com a horizontal. O par (x,y) especifica a posição do centro do círculo. A variável *dist* fornece a distância até o obstáculo que se encontra exatamente à frente do robô.

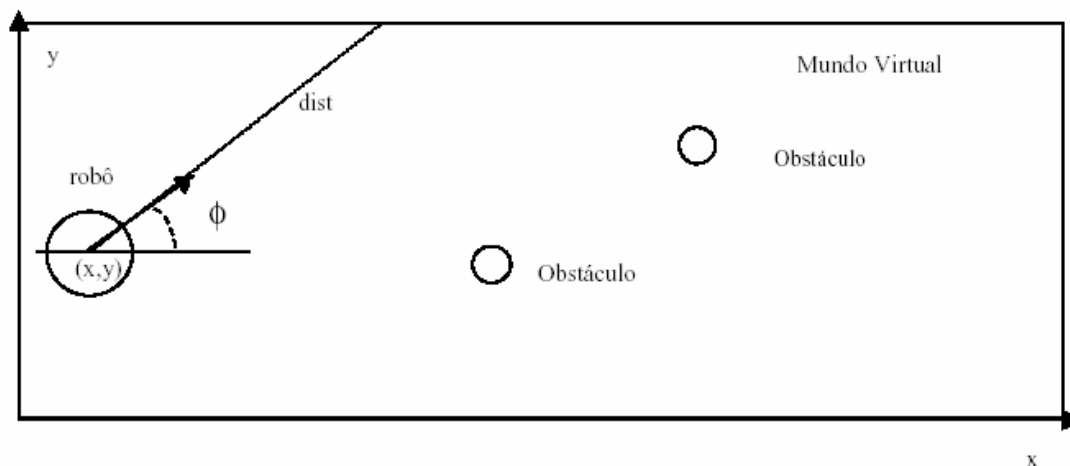


Figura 1 - Robô em movimento

1.2 Considerações em [1]:

- O robô somente anda para frente.
- A área de percurso corresponde ao plano $[0:100] \times [0:200]$, e (xf, yf) é igual a $(200,*)$.

- Em cada etapa da simulação o controlador deve produzir o ângulo θ (ângulo do volante) que leva o robô para a posição final a partir de qualquer posição inicial e qualquer ângulo na área de estacionamento.
- O robô tem um sensor que é capaz de indicar a distância exata até o obstáculo que se encontra exatamente a sua frente.
- As variáveis podem assumir valores nos seguintes intervalos:

$$0 \leq x \leq 200$$

$$0 \leq y \leq 100$$

$$-180 \leq \varphi \leq 180$$

$$-30 \leq \theta \leq 30$$

$$0 \leq dist \leq 200$$

- Valores positivos de θ representam rotações da direção no sentido horário e negativo no sentido anti-horário.
- A resolução de θ e φ pode ser 1 grau e de x igual a 0.1.
- Equações simples representam o movimento do robô entre cada passo da simulação. Caso o robô tenha se movido para frente da posição (x, y) para (x', y') em uma iteração, podemos descrever este movimento pelas seguintes equações:

$$\varphi' = \varphi - \theta$$

$$x' = x + r \cos(\varphi')$$

$$y' = y + r \sin(\varphi')$$

- A cada iteração são fornecidos os valores $dist$ e φ e como resultado obtém-se θ . A partir deste valor é obtido o próximo estado do sistema. Nestas equações, r corresponde à distância fixa que o robô anda em todos os movimentos para frente, em cada passo da simulação.
- As variáveis de entrada são o ângulo do robô com a horizontal (φ) e a distância até o obstáculo ($dist$). A variável de saída é o ângulo do volante θ .

- O programa deve parar quando o robô chega na coordenada $x = 200$. Não interessa o ângulo ou a coordenada y .

1.3 Resultados desejados em [1]:

- Fazer o número de obstáculos deve variar entre 0 e 5.
- Definir em quantos conjuntos nebulosos cada uma das variáveis (entrada e saída) deverá ser dividida e definir a semântica de cada um destes conjuntos (forma e intervalo).
- Definir regras nebulosas que façam o robô avançar.
- Produzir gráficos que ilustrem todas estas etapas.
- Produzir um relatório que mostre o trabalho.

1.4 Resultados desejados neste trabalho:

- Avaliar a resistência do controlador fuzzy a retirada de regras.
- Descobrir como o controlador do robot se comporta quanto a retirada de regras.
- Produzir um relatório que mostre o trabalho.

2 Descrição da solução [1]:

2.1 Definição dos conjuntos nebulosos e regras:

Os conjuntos nebulosos foram definidos em função da distância entre o *robot* e os obstáculos e do ângulo entre o *robot* e a horizontal (ângulo 0). Quanto mais perto do obstáculo ou maior o desvio da horizontal maior será o ângulo de saída.

Os conjuntos e as regras estão detalhados no item 3.

2.2 Definição do radar:

Um obstáculo é detectado pelo radar se estiver entre as retas tangentes ao círculo que circunda o *robot* na direção da seta de direção. Para tal foi utilizada a matriz de rotação $mrot$ projetando os obstáculos e o radar para o eixo horizontal.

$$mrot = \begin{bmatrix} \cos(\text{thetarad}) & -\sin(\text{thetarad}) \\ \sin(\text{thetarad}) & \cos(\text{thetarad}) \end{bmatrix}$$

3 Descrição dos conjuntos nebulosos e regras

A definição dos conjuntos nebulosos está descrita no arquivo *robot.fis*, definido usando o software Matlab [2] com as definições de [3], conforme ilustrado na figura 2.

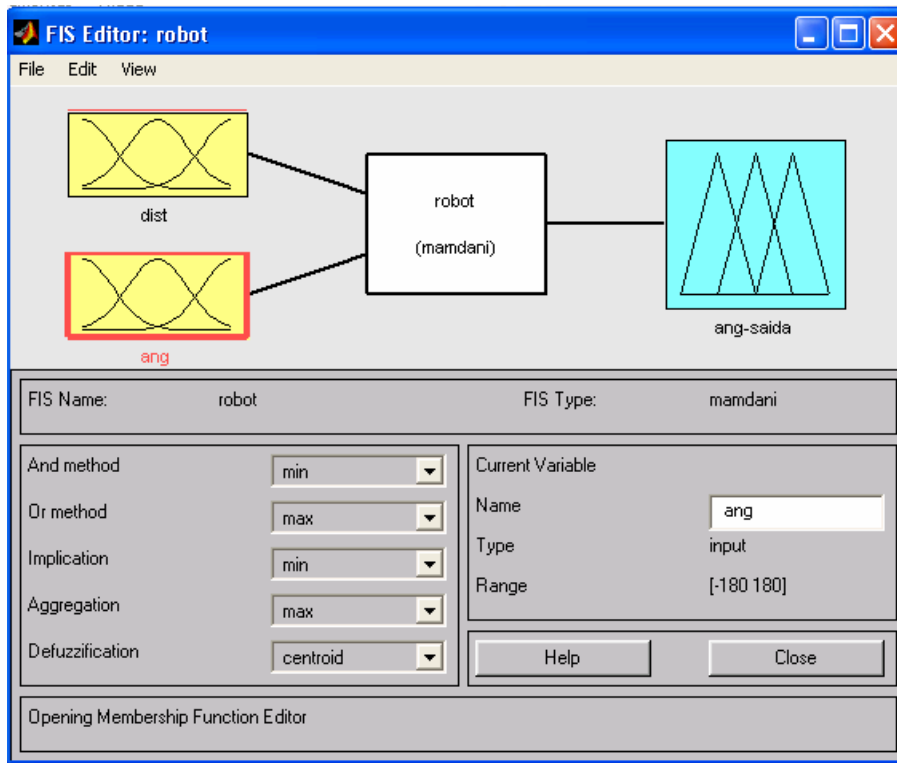


Figura 2 - Descrição do Robot

3.1 Conjuntos de entrada:

3.1.1 Variável φ (representada por *ang*):

Está dividida em 7 conjuntos no intervalo (-180,180) ilustrados na Figura 3 e descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Variável φ

| <i>Identificação</i> | <i>Forma</i> | <i>Intervalo</i> | <i>Pico</i> |
|----------------------|--------------|------------------|-------------|
| RETO | triângulo | -60 a +60 | 0 |
| DIREITA | triângulo | -120 a 0 | -60 |
| ESQUERDA | triângulo | 0 a +120 | +60 |
| MUITO-DIREITA | triângulo | -180 a +60 | +120 |
| MUITO-ESQUERDA | triângulo | +60 a + 180 | 120 |
| REVERSO-DIR | triângulo | -180 a -120 | -180 |
| REVERSO-ESQ | triângulo | +120 a +180 | +180 |

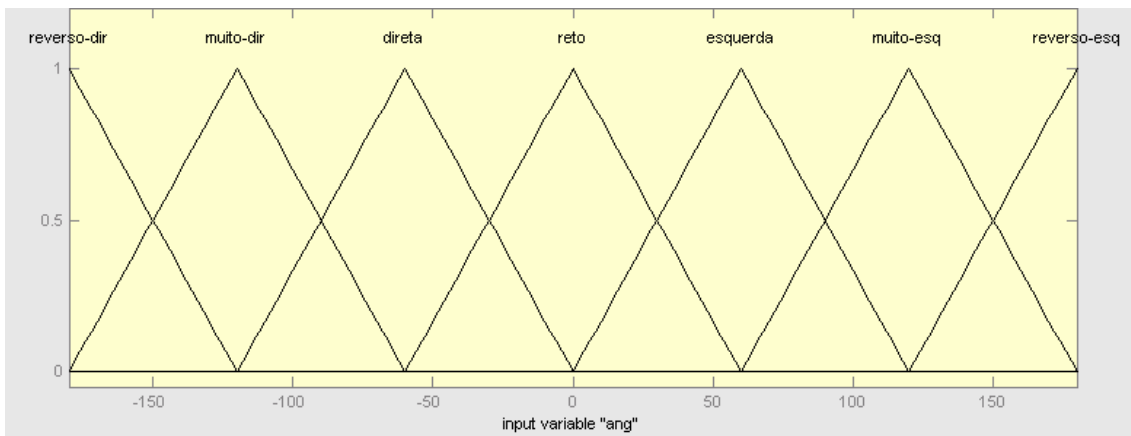


Figura 3 - Conjuntos nebulosos para a variável *ang*

3.1.2 Variável *dist*:

Está dividida em 5 conjuntos no intervalo (0,200) ilustrados na Figura 4 e descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Variável *dist*

| <i>Identificação</i> | <i>Forma</i> | <i>Intervalo</i> | <i>Pico</i> |
|----------------------|--------------|------------------|-------------|
| PERIGO | triângulo | 0 a 20 | 0 |
| MUITO PERTO | triângulo | 10 a 50 | 30 |
| PERTO | triângulo | 40 a 80 | 60 |
| DISTANTE | triângulo | 60 a 140 | 100 |
| MUITO-DISTANTE | triângulo | 100 a 200 | 150 |

- 1º conjunto: PERIGO
 forma: triângulo
 intervalo: 0 a 20
 pico: 0
- 2º conjunto: MUITO PERTO
 forma: triângulo
 intervalo: 10 a 50
 pico: 30
- 3º conjunto: PERTO
 forma: triângulo
 intervalo: 40 a 80
 pico: 60
- 4º conjunto: DISTANTE
 forma: triângulo

intervalo: 60 a 140

pico: 100

- 5º conjunto: MUITO-DISTANTE

forma: triângulo

intervalo: 100 a 200

pico: 150

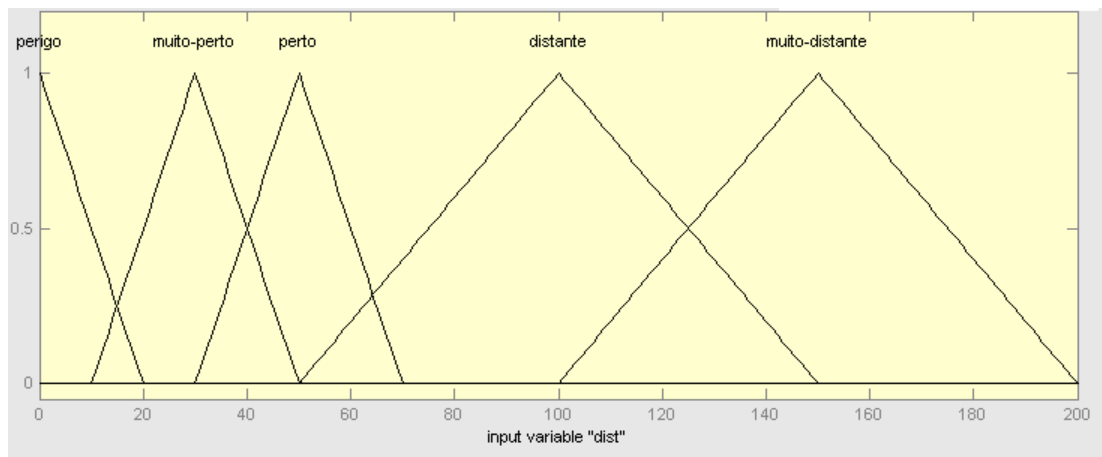


Figura 4 - Conjuntos nebulosos para a variável *dist*

3.2 Conjunto de saída:

3.2.1 Variável θ (representada por *ang-saida*):

Está dividida em 5 conjuntos no intervalo (-30,30).

Tabela 3 - Variável *ang-saida*

| <i>Identificação</i> | <i>Forma</i> | <i>Intervalo</i> | <i>Pico</i> |
|----------------------|--------------|------------------|-------------|
| RETO | Triângulo | -15 a 15 | 0 |
| VIRA-DIR | Triângulo | -30 a 0 | -15 |
| VIRA-ESQ | Triângulo | 0 a 30 | 15 |
| VIRA-MUITO-DIR | Triângulo | -45 a -30 | -38 |
| VIRA-MUITO-ESQ | Triângulo | 30 a 45 | 38 |

- 1º conjunto: RETO
forma: triângulo
intervalo: -15 a +15
pico: 0
- 2º conjunto: VIRA-DIR

- forma: triângulo
 - intervalo: -30 a 0
 - pico: -15
- 3º conjunto: VIRA-ESQ
 - forma: triângulo
 - intervalo: 0 a 30
 - pico: 15
- 4º conjunto: VIRA-MUITO-DIR
 - forma: triângulo
 - intervalo: -45 a -30
 - pico: -38
- 5º conjunto: VIRA-MUITO-ESQ
 - forma: triângulo
 - intervalo: 30 a 45
 - pico: 38

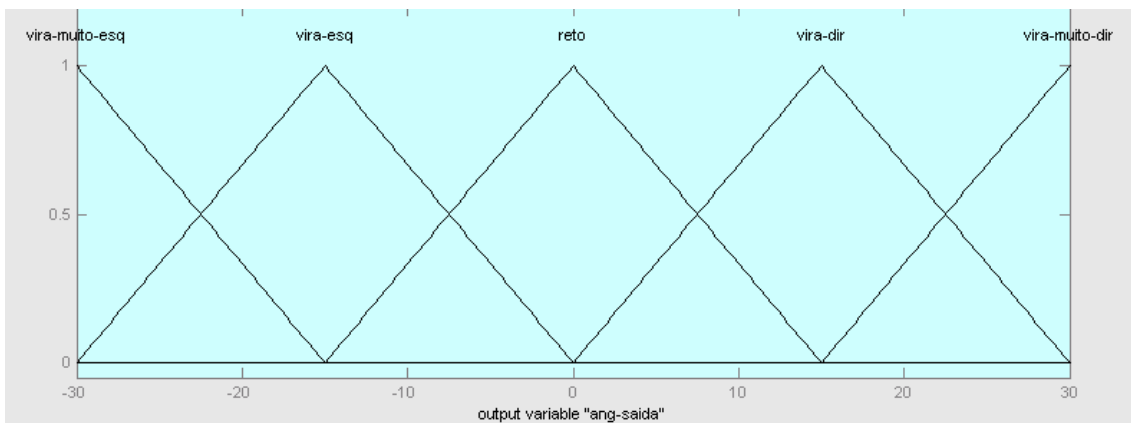


Figura 5 - Conjuntos nebulosos para a variável *ang-saída*

3.3 Descrição das regras

Foram definidas 35 regras como resultado da combinação de todas as entradas possíveis [1]. As regras têm a tendência de equilibrar o robot na posição horizontal quando não há obstáculos, Quando a variável *dist* é alta, media ou baixa, as regras tem a tendência a desviar o robot para a direita. As regras também tentam desviar para a esquerda em caso de perigo (*dist* muito baixo). A tabela 4 mostra as regras existentes no controlador fuzzy.

Tabela 4 – Tabela de regras

| <i>Entradas</i> | | <i>Saída</i> | |
|-----------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| Número da regra | Variável <i>dist</i> | Variável φ | Variável θ |
| 1 | muito-distante | reverso-esq | vira-muito-dir |
| 2 | muito-distante | muito-esq | vira-muito-dir |
| 3 | muito-distante | esquerda | vira-dir |
| 4 | muito-distante | reto | reto |
| 5 | muito-distante | direita | vira-esq |
| 6 | muito-distante | muito-dir | vira-muito-esq |
| 7 | muito-distante | reverso-dir | vira-muito-esq |
| 8 | distante | reverso-esq | vira-muito-dir |
| 9 | distante | muito-esq | vira-muito-dir |
| 10 | distante | esquerda | vira-dir |
| 11 | distante | reto | reto |
| 12 | distante | direita | vira-esq |
| 13 | distante | muito-dir | vira-muito-esq |
| 14 | distante | reverso-dir | vira-muito-esq |
| 15 | perto | reverso-esq | vira-muito-dir |
| 16 | perto | muito-esq | vira-muito-dir |
| 17 | perto | esquerda | vira-dir |
| 18 | perto | reto | vira-dir |
| 19 | perto | direita | reto |
| 20 | perto | muito-dir | vira-muito-esq |
| 21 | perto | reverso-dir | vira-muito-esq |
| 22 | muito-perto | reverso-esq | vira-muito-dir |
| 23 | muito-perto | muito-esq | vira-muito-dir |
| 24 | muito-perto | esquerda | vira-dir |
| 25 | muito-perto | reto | vira-muito-dir |
| 26 | muito-perto | direita | reto |
| 27 | muito-perto | muito-dir | vira-muito-esq |
| 28 | muito-perto | reverso-dir | vira-muito-esq |
| 29 | perigo | reverso-esq | vira-esq |
| 30 | perigo | muito-esq | vira-esq |
| 31 | perigo | esquerda | vira-esq |
| 32 | perigo | reto | vira-muito-esq |
| 33 | perigo | direita | vira-muito-esq |
| 34 | perigo | muito-dir | vira-muito-esq |
| 35 | perigo | reverso-dir | vira-muito-esq |

Adicionalmente, foram criadas 5 regras adicionais com o intuito de criar o passo adaptativo. Mais informações sobre o passo adaptativo podem ser encontradas em [1]. Durante a retirada de regras, as regras que definem o passo adaptativo não foram modificadas ou retiradas.

4 A retirada de regras:

O funcionamento do robot é bom, segundo se percebe em relatório anterior [1]. Sabe-se, no entanto, que um controlador fuzzy pode ser imune, até certo ponto, à retirada algumas regras definidas na seção 3.3 e na tabela 4..

Os testes de retirada de regras poderão avaliar a real necessidade de 35 regras no sistema nebuloso. Dessa forma, propõe-se um teste que executa a retirada de regras de forma seqüencial, fazendo 30 testes com menos uma regra, 30 com menos duas regras e assim por diante, até que sejam retiradas 25 regras das 35 existentes.

Os testes utilizaram um número de obstáculos igual a 3 e igual a 5, a retirada de regras é feita de forma aleatória. Como percebeu-se em [1], o controlador pode fazer com que o robot fique preso, repetindo alguma seqüência de movimentos. Para evitar que isto seja um problema definiu-se como 30 segundos o tempo limite para o sucesso da simulação, sendo considerado fracasso a partir disso.

A retirada de regras possui variados efeitos no comportamento do robot: Podemos dividir as regras deste controlador nebuloso, suas razões e os efeitos da retirada parcial e total segundo a tabela 4:

As regras de 1 a 7 atuam quando o robot está muito distante de algum obstáculo, fazendo o alinhamento do mesmo com a horizontal. A retirada dessa regras dificulta este processo, podendo fazer o robot colidir com os limitadores superiores ou inferiores.

As regras de 8 a 14 permitem o realinhamento quando há algum obstáculo distante, sendo que sua retirada pode causar efeito semelhante aos das regras 1 a 7. As regras de 8 a 14 também servem para alinhar o robot quando o mesmo passa por algum obstáculo.

As regras de 15 a 21 possibilitam que o robot desvie para a direita quando há algum obstáculo perto. A ausência dessas regras dificulta ou impossibilita esta virada.

As regras de 22 a 28 possibilitam que o robot desvie muito para a direita quando há algum obstáculo muito perto. A ausência dessas regras dificulta ou impossibilita esta virada mais brusca.

As regras de 29 a 35 são de suma importância pois neste caso o robot já possivelmente terá tentado desviar para direita e não foi possível. O controlador foi projetado [1] para tentar desviar inicialmente para a direita e depois para a esquerda. A ausência destas regras fará o robot colidir com o obstáculo sem qualquer tentativa de desvio.

Tabela 5 – Tabela impacto e utilidade das regras

| <i>Regras</i> | <i>Atuação</i> | <i>Utilidade</i> | <i>remoção Parcial</i> | <i>remoção total</i> |
|---------------|----------------|---|--|---|
| 1 a 7 | Muito distante | Alinhar o robot na horizontal | Demora para se alinhar com a horizontal | Não se alinha com a vertical |
| 8 a 14 | Distante | Alinhar o robot na horizontal | Pode não conseguir alinhar-se após desvio de obstáculo | Não se alinha após desvio com obstáculo |
| 15 a 21 | Perto | Desviar para direita para passar obstáculo. | Desvia pouco para a direita. | Não tenta desviar do obstáculo. |
| 22 a 28 | Muito perto | Desviar muito para a direita do obstáculo. | Desvia pouco para a direita. | Não tenta desviar do obstáculo. |
| 29 a 35 | Perigo | Desviar muito para a esquerda do obstáculo. | Desvia pouco para a esquerda. | Não tenta desviar do obstáculo. |

Conforme se mostra na tabela 5, a retirada de regras não pode ser estritamente feita em apenas uma parte, pois isso causaria mau funcionamento mesmo com a retirada de apenas 3 ou 4 regras. No entanto, a retirada de 2 regras de cada conjunto mostrado na tabela 3 pode não influenciar muito no resultado geral.

As tabela 6 e 7, no anexo deste trabalho, mostram os resultados do teste de retirada de regras para 3 e 5 obstáculos, onde **FT** significa falha por tempo limite, **FC** significa falha por colisão e **S** sucesso. Foram feitas 30 simulações para cada número específico de regras a serem retiradas, começando com todas as regras e terminando com menos 25 regras, um total de 780 simulações para 3 e 780 simulações para 5 obstáculos.

A figura 6 mostra um gráfico indicando o número de sucessos do controlador com três obstáculos em função do número de regras retiradas aleatoriamente.

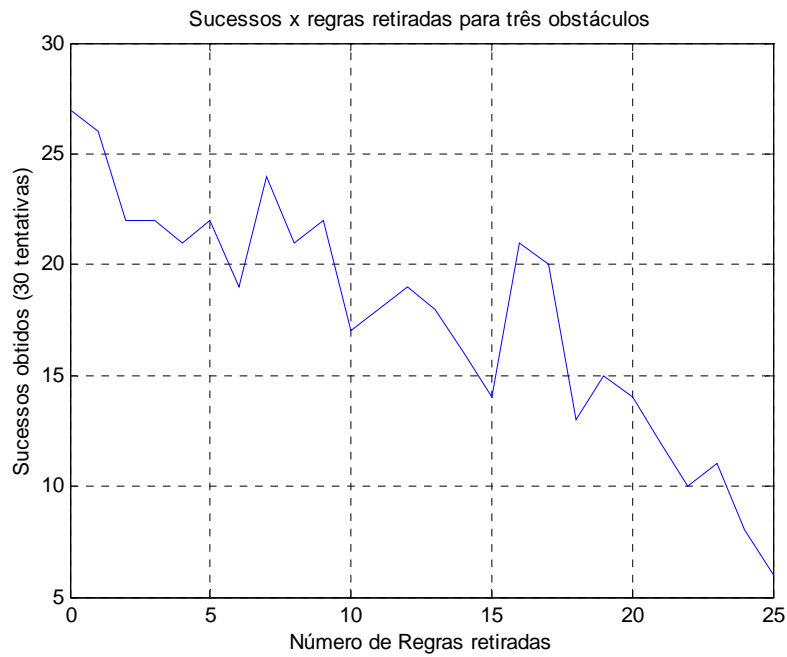


Figura 6 – gráfico da variação do número de sucessos obtidos pelo número de regras retiradas com três obstáculos (30 tentativas).

A tabela 7, no anexo deste trabalho, mostra os mesmos resultados para 5 obstáculos, e de forma idêntica, a figura 7 mostra a variação do número de sucessos obtidos pelo número de regras retiradas.

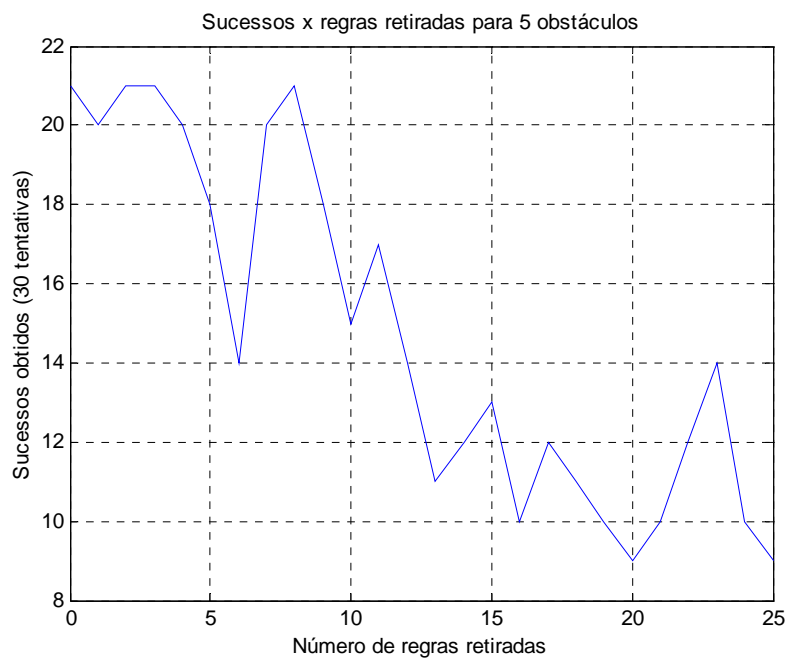


Figura 7 – gráfico da variação do número de sucessos obtidos pelo número de regras retiradas em cinco obstáculos (30 tentativas).

5 Conclusões:

Segundo se percebe pelos gráficos nas figuras 6 e 7, existe uma grande resistência no funcionamento do controlador quanto à retirada de regras. O funcionamento geral do robot não se modifica consideravelmente até a retirada de 5 regras.

Quando o problema possui apenas 3 obstáculos, a retirada de 10 regras é possível sem degradação do sistema. Mas quando o problema se torna mais complexo, a retirada de 10 regras pode causar uma baixa performance, pois isso inibe ajustes finos necessários para o desvio e solução de problemas mais complexos.

A retirada de mais regras do sistema não é recomendada. O controlador perde o seu equilíbrio e a capacidade de tentar desviar para os dois lados, esquerdo e direito, podendo inclusive colidir com as laterais, o que muito raramente ocorre com todas as regras atuando.

Caso o ajuste no número de regras seja crítico, como por exemplo, na implementação deste sistema fuzzy em um micro-controlador, é possível avaliar o número de funções de pertinência em cada variável fuzzy, bem como a retirada de regras de forma uniforme nos grupos definidos pela tabela 3. Caso isso seja efetuado, pode ser possível manter o robot funcionando com apenas 15 a 20 regras.

6 Referências:

[1] Moutinho, Adriano Martins; Markezon, Simone. Megaman nebuloso. Trabalho de fim de curso de inteligência computacional 2003, professor Adriano Joaquim de Oliveira Cruz. Núcleo de computação eletrônica, UFRJ.

[2] Matlab software, versão 6.0.0.8. mathworks inc. www.mathworks.com.

[3] Matlab fuzzy toolbox. www.mathworks.com. Lotfi A. Zadeh. Berkeley, CA, January 10, 1995.

7 Anexos:

Seguem-se as tabelas mostrando os resultados de todas as tentativas de retirada de regras efetuadas neste trabalho:

Tabela 6 – Sucessos e fracassos com três obstáculos onde FT -> Fracasso por tempo, FC -> Fracasso por colisão e S-> sucesso.

| Regras retiradas | Número da Tentativa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Sucessos | |
|------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | | |
| 0 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | FT | S | S | S | S | S | S | S | S | S | FC | S | S | FC | S | S | S | 27 | |
| 1 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | FC | FC | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | FC | S | S | S | S | S | S | FC | 26 |
| 2 | S | S | S | FT | S | FC | FC | S | S | FC | S | FC | S | S | S | FC | S | FC | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | FC | S | S | 22 |
| 3 | S | S | S | FT | FC | S | S | S | FT | S | FC | FC | S | S | S | FC | S | S | FC | FC | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 22 |
| 4 | S | S | S | FC | S | FT | S | S | S | S | S | S | S | S | FT | S | FC | S | FC | S | S | FC | S | FC | FC | S | S | FT | S | S | 21 | |
| 5 | S | S | FT | S | S | FC | S | S | S | S | S | S | S | S | FC | FC | S | S | S | FC | FC | FT | S | S | S | S | FC | S | S | S | 22 | |
| 6 | S | FC | FC | S | S | S | S | S | FT | S | S | FC | FC | S | FT | FC | FC | S | S | S | FC | S | FC | S | S | S | S | FC | S | S | 19 | |
| 7 | S | S | S | S | S | S | S | FC | S | S | S | S | S | S | FC | FC | S | S | S | S | FT | S | FC | S | S | S | S | S | S | FC | S | 24 |
| 8 | S | FC | S | FC | S | S | S | S | FC | S | S | FC | S | S | S | FC | S | S | S | FC | S | S | FC | S | S | S | FC | FT | S | S | 21 | |
| 9 | S | FC | S | FC | S | FC | S | S | S | S | FC | S | S | S | S | S | S | S | FT | S | S | S | S | FC | S | FC | S | FC | S | S | 22 | |
| 10 | S | FC | S | S | S | S | S | S | FC | S | S | FC | FC | S | FC | FC | S | FC | S | S | FT | FC | S | S | FC | S | S | FC | FC | FT | 17 | |
| 11 | S | FC | S | FT | S | S | FC | S | S | S | FC | S | FC | FT | FC | S | S | S | FC | S | S | S | S | FC | FC | FC | S | S | S | FC | 18 | |
| 12 | FC | S | S | FC | S | FC | S | S | FC | FC | S | S | FT | S | S | FC | FC | S | S | S | S | FC | FC | S | S | FC | S | S | S | S | 19 | |
| 13 | S | FC | S | S | FC | FT | S | S | S | S | FC | FC | S | S | S | FC | FC | S | S | S | FC | FC | S | S | S | S | FC | S | FC | FT | 18 | |
| 14 | S | FC | S | FC | FC | FC | FC | FC | S | S | FC | S | S | S | FC | S | S | FT | S | FC | S | FC | FC | S | FC | FC | S | S | S | S | 16 | |
| 15 | S | FC | S | FC | S | FC | S | S | FC | FC | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | S | S | S | FC | S | S | FC | S | FC | FC | S | FC | FC | 14 | |
| 16 | S | FC | FC | FC | S | FC | S | S | S | S | S | FC | FC | S | S | S | S | S | S | S | S | FC | FC | S | S | S | S | S | S | FC | 21 | |
| 17 | S | FC | FC | S | FC | S | S | FC | S | FC | S | S | S | S | FC | FC | FC | FC | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | FC | S | 20 |
| 18 | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | S | S | FC | S | S | FC | FC | FC | FC | S | S | S | S | FC | S | FC | FC | S | S | FC | S | S | 13 | |
| 19 | S | FC | S | FC | S | S | FC | S | S | FC | FC | S | FC | S | S | S | FC | S | FC | FC | FC | S | FC | FC | S | S | S | FC | FC | FT | 15 | |
| 20 | FC | S | S | S | S | S | S | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | FC | FC | S | FC | S | S | S | FC | FC | FT | S | FC | FC | FT | S | FC | 14 | |
| 21 | S | S | FC | FC | S | FC | S | FC | FC | S | S | S | FC | FC | S | FC | S | FC | FC | FT | FC | FC | FC | FC | FC | FC | S | FT | S | S | 12 | |
| 22 | S | FC | S | FC | FC | S | FC | S | FC | FC | FC | S | FC | FC | S | FC | FC | S | FC | FC | S | FC | FT | S | FC | FC | FC | S | FC | FC | 10 | |
| 23 | S | S | FC | FC | FC | FC | S | FC | FC | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | FC | FC | S | FC | FC | FC | S | S | FC | S | FC | S | FC | S | 11 | |
| 24 | FC | S | FC | FC | S | FC | FC | FC | S | FC | FC | S | FC | FC | FC | FC | S | FC | FC | S | S | FC | FC | S | FC | FC | FC | FC | FC | FC | 8 | |
| 25 | FC | FC | FC | S | FC | FC | S | FC | FC | FC | FC | S | FC | S | FC | FC | FT | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | S | FC | S | 6 | |

Tabela 7 – Sucessos e fracassos com três obstáculos onde FT -> Fracasso por tempo, FC -> Fracasso por colisão e S-> sucesso

| Regras retiradas | Número da Tentativa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total de Sucessos |
|------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |
| 0 | S | FC | S | S | S | S | FT | S | S | S | FC | S | S | S | FC | S | S | FC | S | S | S | FC | S | S | S | FC | FC | S | FC | S | 21 |
| 1 | FT | S | S | FC | S | S | FC | FC | S | S | S | FC | S | S | S | S | S | S | FC | S | S | FT | FC | S | S | S | FC | FC | S | S | 20 |
| 2 | S | FC | FC | S | S | S | S | S | FC | FC | S | S | S | FC | S | FC | FT | S | FT | S | S | FC | S | S | S | S | S | S | S | S | 21 |
| 3 | FT | S | S | S | FC | FC | FT | S | S | S | S | S | S | S | FT | S | S | S | FT | S | S | FT | FT | S | FC | S | S | S | S | S | 21 |
| 4 | S | S | FT | S | S | S | S | FT | FT | S | S | S | FT | FC | S | S | FT | S | S | S | S | S | FT | S | S | S | FT | S | FC | FT | 20 |
| 5 | FT | FC | FT | S | FC | S | S | FC | S | FT | FT | S | S | S | FC | S | S | S | S | FC | S | S | S | S | S | FC | FC | FC | S | S | 18 |
| 6 | S | S | FT | FC | S | FT | FC | FC | FC | FC | S | S | S | S | FC | S | S | FC | FC | S | S | FT | FC | FT | FC | FC | FC | S | FT | S | 14 |
| 7 | S | S | S | FC | FC | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | FC | S | FC | FT | FC | FC | FC | FC | S | FT | S | S | S | FC | 20 |
| 8 | FC | S | S | S | S | FC | S | S | FC | S | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | S | S | S | S | S | FT | S | S | S | S | S | S | S | 21 |
| 9 | S | S | S | S | FC | FC | S | S | S | S | S | S | S | FC | S | FC | FC | FT | S | S | S | FC | FC | FC | S | S | S | FC | FC | FC | 18 |
| 10 | S | FC | S | S | S | FC | FC | FC | S | S | S | FT | FT | FC | S | S | S | FC | FT | S | FC | FC | S | FC | S | FC | S | S | FC | FC | 15 |
| 11 | S | FC | FC | FC | FC | FC | FC | S | S | S | FT | S | FC | S | S | FC | S | S | S | S | FC | FC | FC | S | S | S | S | FC | S | S | 17 |
| 12 | S | S | FC | FC | FC | S | S | FC | S | FC | S | FC | FT | FC | FC | FC | FC | FC | FT | S | S | FC | S | S | FC | S | S | S | FC | S | 14 |
| 13 | FC | FC | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | S | S | FC | S | FC | S | FT | S | S | FT | FC | FC | FC | FC | S | FC | S | FC | FC | FC | S | 11 |
| 14 | FT | S | S | FC | S | FT | S | S | S | FC | S | FC | FC | FC | FC | FC | S | FC | FC | S | S | S | FC | FC | FC | FC | FC | S | FC | FC | 12 |
| 15 | S | FT | FC | FT | FC | FC | FT | FC | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | S | S | FC | S | S | S | S | S | S | S | FC | S | FC | FC | FT | 13 |
| 16 | S | FC | S | FC | S | S | FC | FC | S | FT | FC | S | FC | S | FC | S | FT | FC | S | FC | FC | FC | FC | FC | S | FC | FC | FC | FC | FT | 10 |
| 17 | S | S | S | FC | S | FC | FT | FC | FC | FC | FT | S | FC | FC | S | FC | S | S | FC | FC | FC | FC | S | FT | S | S | FC | FT | FC | S | 12 |
| 18 | FC | FC | S | S | S | S | FC | S | FC | S | S | FC | FC | FC | FC | FC | FT | FC | S | FC | S | FC | FC | FC | FC | S | S | FC | FC | FT | 11 |
| 19 | FC | FC | S | S | FC | S | S | S | S | FC | FC | FC | S | FC | FC | FT | FC | FC | FC | FC | FC | S | FC | FT | FC | FC | S | S | FC | FC | 10 |
| 20 | FT | FT | FC | FC | FC | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | FC | S | S | S | FC | FC | FT | FC | FC | FC | FC | S | FC | S | FC | FC | S | S | 9 |
| 21 | FT | S | S | FC | FC | S | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | S | FC | S | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | S | FC | FC | 10 |
| 22 | FC | FC | FC | S | FT | FC | FC | S | FC | FC | FC | S | S | S | FT | FC | FC | S | S | FC | FC | S | S | S | FC | FC | FC | FT | S | S | 12 |
| 23 | FC | S | FC | S | FC | S | FC | S | S | FC | S | FC | FC | S | FC | FC | S | S | S | FT | FC | FC | S | S | FC | FC | FC | S | FC | S | 14 |
| 24 | FC | S | FC | FT | FC | FC | S | FC | FC | S | S | FC | S | FC | S | FC | FC | FC | FC | FC | FC | S | S | FC | FT | FC | FC | S | S | FC | 10 |
| 25 | FC | FC | FC | FC | S | S | S | S | FC | S | FC | FC | S | FC | FC | FC | S | FC | S | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | S | FC | FC | 9 |