Controladores Fuzzy para o Posicionamento Sem Bola do Goleiro no Futebol de Robôs Simulado 2D

Jessica Meyer[1,2], Marco A. C. Simões[1]

[1]Núcleo de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais (ACSO)
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
Rua Silveira Martins, 2555, Cabula. Salvador – BA – Brasil

[2]Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Salvador – BA – Brasil

jessy.meyer@gmail.com, msimoes@uneb.br

Resumo. *Este artigo descreve uma pesquisa sobre controladores fuzzy para o posicionamento do goleiro sem bola no futebol de robôs simulado em duas dimensões. Tal pesquisa foi realizada com o intuito de melhorar o desempenho do goleiro, mais especificamente, aumentar a quantidade de bolas agarradas pelo mesmo, em detrimento aos gols sofridos, melhorando seu posicionamento para recepcionar a bola. Para validar a pesquisa, foram simuladas 30 partidas contra alguns dos melhores times do mundo que participam da RoboCup. Os resultados obtidos são apresentados e as conclusões tomadas são discutidas, bem como são oferecidas sugestões de trabalhos futuros.*

Abstract. *This paper describes a research about fuzzy controllers for the positioning of the goalkeeper without the ball in the 2d simulated robot soccer. The goal of this research was to improve the behavior of the goalkeeper, raising the number of catches and decreasing the number of goals, improving its positioning to catch the ball. To validate the research, 30 matches were simulated against some of the best teams of the world that participate of the RoboCup. The achieved results are presented, the conclusions are discussed and future works are suggested.*

1. Introdução

O presente artigo objetiva descrever uma pesquisa sobre controladores fuzzy para o posicionamento sem bola do goleiro no futebol de robôs simulado em duas dimensões.

Tal pesquisa faz parte do escopo do Bahia Robotics Team – BRT, do qual a autora participa, sendo realizada por esta com fim de melhorar o desempenho do goleiro, mais especificamente, aumentar a quantidade de bolas agarradas pelo mesmo, em detrimento aos gols sofridos, melhorando seu posicionamento para recepcionar a bola.

A motivação desta pesquisa foi bem específica, tendo sido inspirada na deficiência do goleiro do time do BRT, o Bahia2D, que ainda sofre muitos gols em relação aos goleiros dos demais times classificados para as competições mundiais, levando a crer que sua performance atual ainda pode ser otimizada. A quantidade de gols sofridos por um time é influenciada pela zaga e pelo time como um todo, mas o papel fundamental é do goleiro.

No futebol, o papel do goleiro é de extrema importância para a performance do time; se o time não levar gols o pior resultado que pode acontecer é um empate.

A Lógica Fuzzy foi escolhida pois se encaixa muito bem para o futebol, que ocorre em um ambiente dinâmico e impreciso. Como em uma partida não existe uma definição exata de quando a bola é considerada perto ou longe, muito à esquerda ou apenas à esquerda, rápida ou devagar, a lógica difusa é uma ótima opção para trabalhar com os agentes, pois trata os dados respeitando essa imprecisão. Esta lógica descreve problemas de difícil análise matemática, complexos ou mal-definidos, de maneira aproximada, contudo efetiva.

Neste trabalho pretende-se também demonstrar que os controladores fuzzy construídos podem ser úteis ao time, servindo ao seu propósito de criação.

Uma explanação sobre o futebol de robôs, a RoboCup e o ambiente de simulação encontra-se no capítulo 2. Os capítulos 3 e 4 contêm a descrição da pesquisa e de sua implementação em si. Por fim, no capítulo 5 têm-se os resultados encontrados e no capítulo 6 as novas metas traçadas serão resumidas nas considerações finais.

2. Futebol de Robôs

A exemplo do xadrez, em 1996, um grupo internacional de pesquisadores em Inteligência Artificial e Robótica Inteligente propôs um desafio: uma partida de futebol entre robôs autônomos. O futebol de robôs reúne grande parte dos desafios presentes em problemas eminentemente distribuídos do mundo real, tais como, veículos autônomos, busca de informação em bases de dados distribuídas, planejamento da geração de energia elétrica, recomposição de linhas de transmissão, controle de tráfego aéreo e urbano, etc. (LOUREIRO, 2002) Sendo assim, o futebol de robôs apresenta-se como um laboratório para pesquisa e ensino em automação e informática industrial.

Da iniciativa de utilizar o futebol com problema padrão da IA surgiu a RoboCup (Robot World Cup) Federation.

2.1. Ambiente de Simulação

O futebol de robôs simulado da RoboCup ocorre no simulador SoccerServer. Este cria um ambiente virtual e simula a física, a bola e os jogadores, sendo assim possível despreocupar-se dos problemas técnicos e se concentrar apenas nos conceitos de alto nível, como a inteligência dos jogadores.

O SoccerServer é um sistema que permite agentes autônomos, escritos em diversas linguagens, jogarem uma partida de futebol. São dois times, com onze jogadores cada, que jogam um contra o outro em um ambiente bidimensional. Cada time também possui um técnico.

Um agente recebe informações do mundo através da visão e audição. O jogo dura dois tempos de 3000 ciclos cada, sendo que um ciclo corresponde a 100ms. Os ciclos são intervalos de tempo discretos utilizados pelo servidor, que é um sistema de tempo real.

As informações referentes aos 55 marcadores fixos existentes são dadas em coordenadas cartesianas, como visto na Figura 1. Adotou-se como origem (0, 0) do plano cartesiano o centro do campo (*flag* c). O eixo x é positivo em direção a *linha b (line b)*, para baixo; enquanto o eixo y é positivo em direção a *linha r (line r)*, para direita.

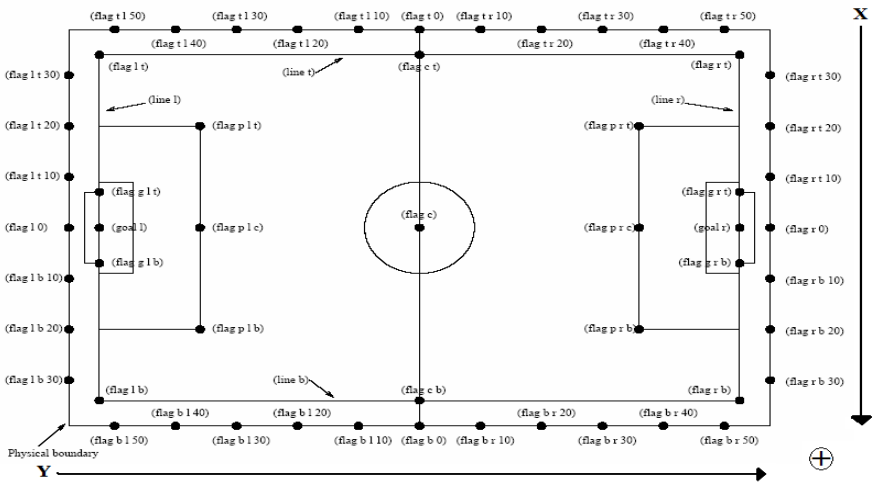

Figura 1. Marcadores e linhas do campo que auxiliam nas informações visuais.

3. Controlador Para o Posicionamento em Relação ao Atacante

Para entender melhor o controlador para o posicionamento em relação à bola, é necessário explicar primeiramente o controlador para o posicionamento em relação ao atacante, visto que eles agem em conjunto para atingir os mesmos objetivos finais.

O objetivo específico deste controlador é fazer com que o goleiro se posicione de forma a fechar o ângulo de chute do atacante com a posse de bola, para evitar o chute

ou, caso este ocorra, agarrar a bola.

Para isto, foi necessário considerar os dois eixos do plano cartesiano. Inicialmente, apenas o eixo Y foi levado em consideração; entretanto, o goleiro ficava adiantado demais para agarrar a bola e acabava por tomar gols pelas costas, surgindo a necessidade do controlador também para o eixo X.

Antes de se construir uma versão estável e final do controlador, três outros controladores foram criados. Eles sofreram vários ajustes ao longo da pesquisa, cada vez ficando mais eficientes, até gerar a versão final.

O controlador do eixo Y possui uma variável de entrada e uma de saída. A experiência com a construção dos controladores anteriores e a obsevação de seus comportamentos em inúmeras partidas possibilitaram a contrução deste novo controlador de maneira mais criteriosa e com bases mais firmes. Ele recebe como entrada apenas a posição Y do atacante com a posse de bola e devolve a posição Y que o goleiro deverá assumir. A medida que o atacante se desloca no eixo Y, o goleiro vai acompanhando a movimentação e atualizando sua posição, tentando sempre estar entre o atacante com a bola e o gol.

As variáveis linguísticas adotadas para o eixo Y foram: **mtoesq, esq, meio, dir** e **mtodir**. Tendo seu universo de discurso variando de -34 a 34 (largura do campo) para o atacante, e de -7 a 7 (largura do gol) para o goleiro.

O controlador do eixo X diferenciou-se de suas versões anteriores apenas pelos valores das variáveis linguísticas e pelas regras de produção da máquina de inferência. O goleiro passou a ficar mais recuado quando o atacante está próximo ao gol. Esse comportamento está presente na maioria dos times analisados, como o Brainstormers, ATH, Helios, Opu_Hana e PET_Soccer. Esses times deixam o goleiro praticamente na linha do gol.

As variáveis linguísticas para o eixo X foram definidas como: **mtoperto, perto, medio, longe** e **mtolonge**. Seu universo de discurso varia entre -52 e -22 para o atacante e de -52,5 a -37 para o goleiro.

Para chamar este controlador fuzzy foi criada uma função *melhorPosicaoGoleiro()*, que se encarrega de passar os parâmetros corretos para o controlador e retornar a posição em coordenadas cartesianas na qual o goleiro deve se posicionar.

4. Controlador Para o Posicionamento em Relação à Bola

O controlador para o posicionamento em relação à bola, como o nome sugere e dito anteriormente, objetiva fazer com que o goleiro tenha um comportamento melhor em relação à bola, uma vez chutada pelo atacante adversário. Para isso ele analisa a posição

da bola e, a grosso modo, se esta estiver à esquerda, o goleiro deve ir para esquerda; se estiver à direita, ele deve ir para a direita. Assim, o goleiro estará sempre em uma região próxima de onde a bola deverá entrar no gol, aumentando suas chances de interceptá-la e agarrá-la.

Este controlador funciona apenas para o eixo Y, recebendo como variável de entrada a posição Y da bola, e retornando como variável de saída a posição Y do goleiro.

A posição para o eixo X é dada pela função *melhorPosicaoGoleiroBola()*, que chama o controlador em relação à bola com os parâmetros necessários, atribuindo a saída dele à posição Y e definindo a posição X.

As variáveis linguísticas para o eixo Y, tanto da bola como do atacante, são: **esquerda, meio** e **direita.** O universo de discurso da bola, assim como para o atacante no outro controlador, varia de -34 a 34, cobrindo a largura do campo; e o universo de discurso do goleiro, da mesma forma que no controlador anterior, varia de -7 a 7, cobrindo a distância de uma trave a outra do gol.

5. Resultados Obtidos

Foram simuladas ao todo trinta partidas contra o time que serviu de base para a criação do Bahia2D, o UvA_Base; contra o atual campeão brasileiro, o PET_Soccer; e contra quatro dos melhores times do mundo, o Brainstormers - campeão mundial, o ATH - sexto colocado, o Helios - terceiro colocado, e o Opu_Hana - quarto colocado.

Dez dessas partidas contra cada time foram simuladas utilizando a versão do Bahia2D que jogou na RoboCup Internacional 2007, realizada em Atlanta, nos Estados Unidos. Essa versão tinha sido escolhida pois era a mais estável na época em que os testes com o controlador em relação ao atacante começaram a ser realizados. Os resultados dessas partidas servem como base de comparação para avaliar o desempenho do controlador, eles fazem parte do grupo de controle.

Outras dez partidas contra cada time foram simuladas utilizando a versão do Bahia2D de Atlanta, acrescida do controlador fuzzy em relação ao atacante e com algumas alterações no código.

Mais dez partidas foram simuladas contra cada time, utilizando agora a versão de Atlanta, acrescida do controlador em relação ao atacante e do controlador em relação à bola. Essa é a versão completa do time, a qual se pretende avaliar.

Todas as partidas foram simuladas na mesma máquina - um Sony Vaio VGN-FZ160E, Intel Core 2 Duo T7300, 2GB de RAM, 200GB HD - para evitar possíveis diferenças devido a configurações distintas. Um processador lento, ou pouca memória, pode vir a acarretar na perda de ciclos, prejudicando o desempenho dos times

Uma vez de posse dos logs das partidas, contabilizou-se os gols sofridos e as bolas agarradas pelo goleiro. A soma desses resultados representa a quantidade de chutes a gol realizadas pelo time adversário.

Calculou-se também o percentual de bolas agarradas por chutes. Entretanto, a eficiência do goleiro não deve ser medida apenas por esse percentual, visto que este pode ter diminuído e mesmo assim o número de gols levados ter decrescido. Isso ocorre porque, contra alguns times, o goleiro acaba evitando vários chutes do atacante, tendendo a diminuir a quantidades de bolas chutadas a gol e, consequentemente, das próprias defesas e gols. Assim, um percentual menor não significa que o desempenho do goleiro piorou; todavia, ele deve ser levado em consideração como um parâmetro para medir seu desempenho.

Nas tabelas 1, 2 e 3, pode-se ver a média de gols sofridos, bolas agarradas e chutes a gol contra cada um dos times testados e no total, utilizando-se cada uma das três versões do time citadas, além do percentual de bolas agarradas por chutes a gol.

Avaliando-se o conjunto desses parâmetros, tem-se condições de chegar a uma conclusão mais precisa quanto ao desempenho do goleiro e do controlador difuso utilizado.

Tabela 1. Resultados totais sem os controladores.

Sem Controlador				
	Gols	**Defesas**	**Chutes**	**Def./Chutes**
ATH	82	108	190	56,84%
Brainstormers	177	194	371	52,29%
Helios	222	146	368	39,67%
Opu_Hana	154	339	493	68,76%
PET_Soccer	42	98	140	70,00%
UvA_Base	25	308	333	92,49%
TOTAL	**702**	**1193**	**1895**	**62,96%**

Tabela 2. Resultados totais com o controlador em relação ao atacante.

Com Controlador Atacante				
	Gols	**Defesas**	**Chutes**	**Def./Chutes**
ATH	45	68	113	60,18%
Brainstormers	106	205	311	65,92%
Helios	285	151	436	34,63%
Opu_Hana	192	327	519	63,01%
PET_Soccer	54	133	187	71,12%
UvA_Base	31	385	416	92,55%
TOTAL	**713**	**1269**	**1982**	**64,03%**

Tabela 3. Resultados totais com o controlador em relação à bola.

Com Controlador Bola				
	Gols	Defesas	Chutes	Def./Chutes
ATH	41	80	121	66,12%
Brainstormers	108	177	285	62,11%
Helios	255	157	412	38,11%
Opu_Hana	189	325	514	63,23%
PET_Soccer	37	119	156	76,28%
UvA_Base	21	336	357	94,12%
TOTAL	651	1194	1845	64,72%

Pode-se observar que contra o ATH, o percentual de defesas por chutes aumentou em quase 4%, o que já era considerado um resultado significativo, não sendo simplesmente uma diferença estatística, e depois do segundo controlador esse percentual subiu para quase 10%, percebendo-se a importância do controlador em relação à bola. Contra este time, a adição do segundo controlador teve mais influência do que o primeiro sozinho. O principal indicativo da eficiência do primeiro controlador contra este time foi a quantidade de gols. A média sem o controlador de 8,2 gols por partida diminuiu para 4,5 gols, e 4,1 gols com o segundo controlador; isto significou uma redução de 45,1% e depois de 50%. Ou seja, utilizando os dois controladores fuzzy o time deixou de tomar uma média de 4,1 gols por partida, metade do que costumava levar, sendo um resultado decisivo em uma competição.

Contra o Brainstormers, o percentual de defesas aumentou mais com o primeiro controlador sozinho: foi de 52,29% para 65,92%, representando um aumento de 13,63%. Isso significa que o goleiro agarrou muito mais as bolas chutadas, indicando que o posicionamento dele funcionou muito bem contra o atual campeão mundial. Com o segundo controlador o percentual baixou para 62,11%, havendo uma pequena queda, mas ainda representando um aumento de quase 10% de bolas agarradas. E, mesmo com essa queda do percentual, a quantidade de gols levados não sofreu significativa alteração, indo de 10,6 com o primeiro, para 10,8 gols com ambos, por partida. O que representa uma ótima queda de 39% em relação ao time sem os controladores. Na figura 2, pode-se ver o bom posicionamento do goleiro, defendendo o gol e agarrando a bola; ele recua a medida que o atacante avança, fechando o ângulo do chute a gol, até que o atacante arrisca um chute que é defendido pelo goleiro.

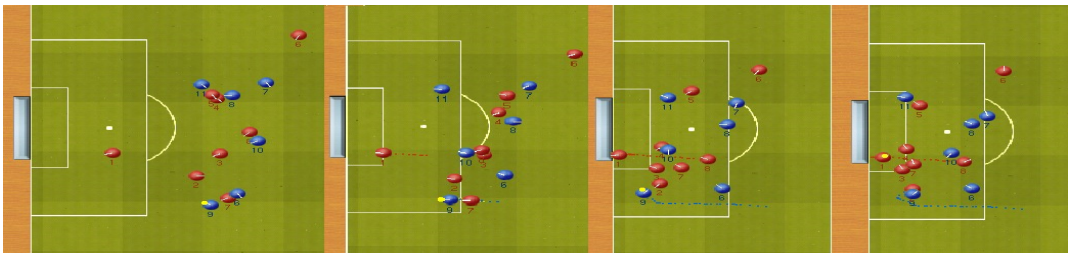

Figura 2. Goleiro defendendo o gol e agarrando a bola - contra o Brainstormers.

Contra o ATH e o Brainstormers, a quantidade de chutes a gol também diminuiu, indicando que o goleiro realmente evitou diversos chutes. O atacante, por não ter ângulo para chutar, acaba perdendo a bola: ou chuta errado ou para fora, ou dá a oportunidade para o zagueiro roubar a bola por ficar muito tempo indeciso. A adição do segundo controlador fez com que o Brainstormers chutasse ainda menos a gol, diminuindo em mais de 8% o chutes em relação ao time com apenas o primeiro controlador, e em quase 25% em relação ao time sem controlador algum. Essa situação é ilustrada na figura 3: o atacante se aproxima com a bola – trajetória azul - e o goleiro recua – trajetória vermelha - sempre fechando o ângulo, de forma que possibilita a maior aproximação dos zagueiros, fazendo com que o atacante acabe chutando para fora.

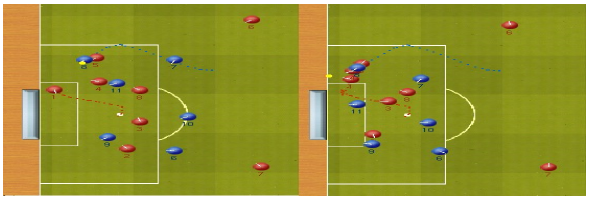

Figura 3. Goleiro impedindo chute a gol - contra o Brainstormers.

Com apenas o controlador em relação ao atacante, contra o Helios e o Opu_Hana o percentual diminuiu um pouco, em torno de 5%, e os gols sofridos aumentaram, indicando que o controlador não foi muito eficiente contra esses times de maneira geral. Isso aconteceu por tais times terem duas característica muito fortes: alta velocidade e tocar muito a bola no ataque. Um atacante deles com a posse de bola raramente chuta direto a gol; na maioria das vezes, eles tocam muito rapidamente entre si antes de algum deles chutar a gol, tornando a situação bastante complicada para o goleiro defender sozinho, chegando a ser, muitas vezes, até impossível. Nesses casos, o goleiro deveria contar com o apoio de sua zaga: ela deveria fazer a marcação dos adversários e se posicionar entre os demais atacantes e o gol, o que, infelizmente, ocorre muito pouco no Bahia2D ainda, acarretando neste pobre desempenho do goleiro com este controlador. Na figura 4, pode-se observar o posicionamento correto do goleiro em relação ao atacante com posse de bola e os companheiros deste atacante prontos para receber a bola e chutar a gol, anulando o goleiro. É interessante observar também que o goleiro chega a tentar acompanhar a bola (depois do chute ele se desloca mais para o centro do gol), mas não tem tempo suficiente devido ao time adversário ser muito veloz.

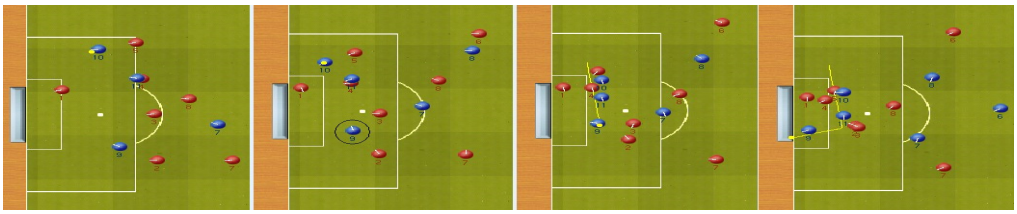

Figura 4. Bom posicionamento do goleiro, mas falta de marcação – contra o Helios.

Com a adição do segundo controlador, os percentuais de bolas agarradas contra o Helios e contra o Opu_Hana subiram. Não chegaram a aumentar em relação ao sem controlador, mas amenizou a queda que haviam sofrido. Contra o Helios, a quantidade de gols diminuiu em torno de 10% e contra o Opu_Hana, manteve-se praticamente a mesma do time com apenas um controlador.

Na figura 5, pode-se ver a boa interação entre os controladores contra o Helios. Primeiramente, pode-se observar o controlador funcionando em relação à bola; depois, o goleiro posiciona-se em relação ao atacante; quando este chuta a bola, o goleiro passa a se posicionar em relação a bola, continuando a fechar o ângulo; assim, quando o outro atacante recebe a bola o goleiro já está bem posicionado, forçando o atacante a chutar com um ângulo ruim; depois do chute, enquanto a bola se desloca em direção ao gol, o goleiro segue acompanhando-a, garantindo que a bola não entre. Tal situação pode ser generalizada para todos os times.

Figura 5. Boa interação entre os controladores – contra o Helios.

Com o primeiro controlador, contra o PET_Soccer e o UvA_Base o percentual permaneceu praticamente inalterado, aumentando levemente nos dois casos. A quantidade de gols também aumentou um pouco. Esses dois times encontram-se em um nível mais a baixo dos demais testados; eles pouco ou nada analisam antes de chutar a gol; se estiverem perto, quase que independentemente das condições, eles chutam. Muitas vezes o PET_Soccer chega a tocar a bola antes de chutar a gol, mas o UvA_Base nem consegue fazer isso. Assim, já era esperado que este controlador não diminuísse a quantidade de chutes a gol contra eles. Então, como o percentual de bolas agarradas não diminuíu, o resultado já foi considerado como satisfatório.

Com o segundo controlador no time, o percentual contra o UvA_Base aumentou em quase 2% e contra o PET_Soccer em mais de 6% - o que para times com altos percentuais é bem significativo. A quantidade de gols sofridos passou a diminuir, inclusive em relação às versões sem controladores: contra o PET em 10% e contra o UvA em 16%. Em relação à versão com apenas o primeiro controlador a quantidade de gols dimunuíu em 27,5% contra o PET e em 32,3% contra o UvA. Tais resultados indicam novamente uma ótima melhoria do segundo controlador em relação ao primeiro.

Analisando o resultado total contra os seis times, o controlador em relação ao atacante não apresentou nem uma melhora, nem um piora significativa. O resultado manteve-se praticamente o mesmo, aumentando o percentual de bolas agarradas em 1%. Com isso, concluiu-se que o controlador não piorou o desempenho do time e, sabendo-se utilizá-lo, ele pode provocar significativas melhorias. Seria preciso saber em que partidas ativá-lo; havendo essa escolha criteriosa, o time teria muito a ganhar com o uso desse controlador, como comprovado contra o Brainstormers e o ATH. Se o goleiro soubesse decidir em que situações não utilizar o controlador contra o Helios e o Opu_Hana os resultados não teriam sido prejudicados por ele e possivelmente seu rendimento melhoraria.

Já o time com o controlador em relação à bola apresentou um aumento de praticamente 2% em relação ao sem controlador algum, diminuindo a quantidade de chutes e diminuindo também a quantidade de gols em quase 8%.

O time com ambos controladores mostrou-se mais estável, não havendo uma piora significativa contra nenhum time, e apresentando melhoras contra a maioria deles. Assim, acredita-se já ser possível adicionar estes dois controladores na versão do time oficial, para disputar os campeonatos. Isso não era seguro com apenas o controlador em relação ao atacante.

O controlador difuso para o posicionamento em relação à bola, fez com que o conjunto deles fosse mais confiável, apresentando melhores resultados e possibilitando ao time o uso dos controladores difusos criados nesta pesquisa.

6. Considerações Finais

Com a evolução e cooperação dos controladores fuzzy construídos, chegou-se a uma versão estável, que gerou uma melhora no posicionamento do goleiro, aumentando seu rendimento.

O goleiro, ao final desta pesquisa, praticamente não leva mais gols simplórios, sofrendo, quase que apenas, gols de cruzamento ou de falha na reposição de bola.

A reposição de bola é uma deficiência grave do goleiro no time Bahia2D atual. O trabalho de Pereira (2007) foi justamente criar controladores fuzzy para auxiliar na escolha de reposição de bola. Uma vez com a posse de bola, o goleiro escolhe entre 3 cones com menos oponentes e então entre os companheiros menos marcados para repor a bola. Mas nem sempre isso funciona; algumas vezes o goleiro repõe a bola diretamente no pé do atacante adversário, causando um gol quase que inevitável. Quanto mais vezes ele repõe a bola, maior a quantidade possível de erros. Assim, contra times que chutam muito e que o goleiro agarra muito, as chances de um erro na reposição são enormes. Contra o UvA_Base ocorre pelo menos um erro como este em quase todas as

partidas, o que prejudica os resultados do controlador, pois quanto mais o controlador funciona e o goleiro agarra a bola, mais gols de erro de reposição o time deve levar. Contra o PET_Soccer ocorre o mesmo. Isso explica porque a quantidade de gols aumentou um pouco e ainda asssim o percentual de bolas agarradas também aumentou, mantendo o resultado quase inalterado contra este dois times com apenas o primeiro controlador. Com os controladores nessas condições, por um lado o goleiro agarra mais bolas, por outro ele erra mais sua reposição. Essa contrapartida ameniza a diferença de resultados, fazendo que o rendimento dos controladores aparente ser mais baixo do que realmente é. Consertando-se este problema de reposição, melhorar-se-á tanto o time sem o controlador, quanto mais ainda o time com os controladores.

Sugere-se como trabalhos futuros um estudo onde o próprio goleiro aprenda quando utilizar cada um dos controladores para tirar o melhor proveito do que eles têm para oferecer. Isso pode ser alcançado utilizando-se redes neurais ou aprendizado por reforço. Tal tema já faz parte dos objetivos do grupo do Bahia Robotics Team, e a autora pretende continuar com esta pesquisa pessoalmente.

Para otimizar os controladores já construídos, soluções através de algorítimos genéticos já estão sendo estudadas. Objetiva-se melhorar o valor das funções de pertinência, tornando os controladores mais precisos. Diversos valores das funções de pertinência, para um ou mais tipos definidos, formariam a população. Esta população cruzaria, mutaria e migraria, melhorando o *fitness* cada vez mais. O *fitness* seria o percentual de bolas agarradas por chutes a gol. Esta pesquisa inclusive já vem sendo desenvolvida pela autora, devendo apresentar resultados até o final do próximo mês.

A distância para a bola ser considerada sob posse de um jogador também poderia ser otimizada através de redes neurais ou bayesianas, deixando mais confiável a mudança de um controlador para o outro. A distância para que o goleiro passe a correr sempre atrás da bola também se encaixa neste caso, como outros valores absolutos que foram estipulados empiricamente neste trabalho monográfico. A idéia é achar os valores ótimos para estes casos.

Uma outra melhoria importante é o trabalho em conjunto do goleiro com a zaga. Os zagueiros devem auxiliar o goleiro, fechando o ângulo dos outros atacantes possíveis de receber a bola para chutar a gol, além de os marcar intensivamente.

Existem situações em que o goleiro sozinho nada pode fazer contra um grupo de atacantes, sendo imprescindível essa colaboração da defesa de seu time. Adicionar um nível cognitivo seria o ideal, possibilitando que eles venham a se comunicar e combinar a marcação do ataque de forma coletiva. O trabalho de Cruz (2007) implementou a marcação pelos zagueiros, faltando apenas o terceiro tipo de marcação, que foca justamente no problema ora indicado. O time Bahia2D atualmente apresenta este lapso, o que acabou por prejudicar os resultados encontrados nesta monografia para os

controladores difusos construídos. Tal pesquisa faz parte do escopo do BRT e será tratada até a RoboCup 2008, a ser realizada na China.

Assim, pode-se perceber que esta pesquisa serve como base para inúmeros trabalhos futuros, sendo de grande relevância para o time Bahia2D pois comprovou que pode-se realmente otimizar o comportamento sem bola do goleiro através de controladores fuzzy, deixando a utilização do controlador para o posicionamento do goleiro em relação ao atacante mais estável e confiável. Espera-se que a presente pesquisa venha a contribuir também para o desenvolvimento da robótica inteligente em geral.

Referências

BITTENCOURT, Guilherme. **Inteligência Artificial: Ferramentas e Teorias.** Brasil: Editora da UFSC, 1998.

CRUZ, Danilo. **Controladores Nebulosos e Rede Neural para a Marcação de um Agente Jogador de Futebol do Ambiente Simulado 2D.** Trabalho de conclusão de curso entregue à Universidade do Estado da Bahia. Salvador, 2007.

GOLLIN, Michael. **Implementation einer Bibliothek für Reinforcement Learning und Anwendung in der RoboCup Simulationsliga**. Trabalho de conclusão de curso entregue à Humbolt-Universität zu Berlin. Berlin, 2005.

KASABOV, Nikola K. **Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering.** Massachusetts Institute of Technology. Londres, 1998.

KOK, Jelle R.; VLASSIS, Nikos; GROEN, Frans. **UvA Trilearn 2003 Team Description**. RoboCup 2003 Team Description Papers CD-ROM, 2003.

KOK, Jelle R; VLASSIS, Nikos. **UvA Trilearn 2005 Team Description.** RoboCup 2005 Team Description Papers CD-ROM, 2005.

LOUREIRO, Augusto. **O Futebol de Robôs: uma Ferramenta para Pesquisa e o Ensino em Automação e Informática Industrial**. Minicurso apresentado na Semana Universitária da UNIFACS. Salvador, 2002.

MEYER, Jessica. C**ontroladores Fuzzy para o Posicionamento do Goleiro em Relação ao Atacante no Futebol de Robôs Simulados 2D.** Trabalho de conclusão de curso entregue à Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2007.

MEYER, Jessica. C**ontroladores Fuzzy para o Posicionamento do Goleiro em Relação à Bola no Futebol de Robôs Simulados 2D.** Trabalho de conclusão de curso entregue à Universidade do Estado da Bahia. Salvador, 2007.

NAKASHIMA, T.; TAKATANI, M.; UDO, M.; ISHIBUSHI. **H. Hana Team Description**. In: RoboCup 2004: Robot Soccer World Cup VIII. Lecture Notes in Computer Science 3276, Team Description Papers CD-ROM. Berlin : Springer-

Verlag, 2004.

NEWELL, A.. **Physical Symbol Systems**. Cognitive Science, 4: 135-183 p, 1980.

PEREIRA, Jailsa Oliveira. **Desenvolvimento de Controladores Difusos para o Goleiro do Futebol de Robôs Simulado**. Trabalho de conclusão de curso entregue à Universidade do Estado da Bahia. Salvador, 2007.

RABUSKE, Renato Antônio. **Inteligência Artificial.** Brasil: Editora da UFSC, 1995.

REZENDE, Solange Oliveira. **Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações.** Brasil: Manole, 2005.

RIEDMILLER, M.; GABEL, T.; KNABE, J.; STRASDAT H.. **Brainstormers 2D – Team Description 2005**. RoboCup 2005 Team Description Papers CD-ROM, 2005.

RIEDMILLER, M.; MERKE, A.; WITHOPF, D.. **Brainstormers 2004 Team Description**. RoboCup 2004: Robot Soccer World Cup VIII. Lecture Notes in Computer Sciense 3276, Team Description Papers CD-ROM. Berlin : Springer-Verlag, 2004.

RUSSEL, Stuart; NORVING, Peter. **Atificial Intelligence: A Modern Approach**. 2. ed, Nova Deli: Prentice-Hall India, 2006.

SANDRI, Sandra; CORREA, Cláudio. **Lógica Nebulosa.** V Escola de Redes Neurais, ITA. São José dos Campos, 1999.

SILVA, Hugo; MEYER, Jessica; SOUZA, Victor; VIEGAS, Simon; SIMÕES, Marco; ARAGÃO, Helder. **Controladores Fuzzy Para Agentes Robôs Jogadores De Futebol**. In: Workshop de Trabalhos de Iniciação Científica e Graduação Bahia-Alagoas-Sergipe. Anais da 7a Escola Regional de Computação Bahia-Alagoas-Sergipe. Porto Alegre: SBC, 2007.

SILVA, Hugo; SIMÕES, Marco; ARAGÃO, Helder. **Desenvolvimento de Controladores Fuzzy Para Robôs De Futebol Simulado Do Tipo Atacante**. In: Workshop de Trabalhos de Iniciação Científica e Graduação Bahia-Alagoas-Sergipe. Anais da 7a Escola Regional de Computação Bahia-Alagoas-Sergipe. Porto Alegre : SBC, 2007.

VIEIRA, Orivaldo; ROCHA, João Paulo; LINDER, Marcelo; LOUREIRO, Augusto. **MecaTeam: Um Sistema Multiagente Para O Futebol De Robôs Simulado Baseado No Agente Autônomo Concorrente.** Anais do XXVI Congresso da SBC – EnRI – III Encontro de Robótica Inteligente. Brasil, 2006. 146-152 p..

XAVIER, Raphael O.; BARBOSA, Rodrigo; MATSURA, Jackson P.. **O Time De Futebol Simulado ITANDROIS-2D**. Anais do XXVI Congresso da SBC – EnRI – III Encontro de Robótica Inteligente. Brasil, 2006. 153-159 p..