

## Controle para Rastreamento de Trajetória por um Robô com Acionamento Diferencial Utilizando Retroalimentação por Câmera

**Igor Mourão Ribeiro**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
Rua H8C, 317, CTA  
12.228-462 - São José dos Campos/SP  
Bolsista PIBIC - CNPq  
igormr98mr@gmail.com

**Paulo Marcelo Tasinaffo**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
Divisão de Ciência da Computação  
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50  
12.229-900 – São José dos Campos / SP  
tasinaffo@ita.br

**Marcos Ricardo Omena de Albuquerque Máximo**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
Divisão de Ciência da Computação  
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50  
12.229-900 – São José dos Campos / SP  
maximo.marcos@gmail.com

**Resumo:** Devido à alta complexidade existente nos algoritmos de funcionamento de um robô humanoide, é fundamental possuir ferramentas de interface com o usuário para o desenvolvimento do sistema. Estas ferramentas possuem a finalidade de fornecer uma visualização dos algoritmos envolvidos de forma clara para o usuário. Após uma fase de pesquisa, foi decidido utilizar o framework *rqt*, uma plataforma baseada em *Qt* que permite o desenvolvimento de interfaces gráficas para ROS (Robot Operational System), assim possibilitando criar um sistema de telemetria para o robô. Com este intuito, foram desenvolvidas três ferramentas iniciais. A primeira, feita antes da pesquisa sobre o framework *rqt*, foi escrita utilizando apenas a plataforma *Qt*. Ela é uma interface que permite anotar imagens e gerar tabelas de cores utilizando as funções de treinamento de redes neurais presentes no software MATLAB. A segunda utiliza o framework *rqt* e é uma ferramenta de teste e calibração do algoritmo de visão computacional do robô humanoide. A última ferramenta é um controle remoto do robô que permite variar a sua velocidade para facilitar a depuração do código.

**Palavras-chave:** robótica, estratégia, tomada de decisão

no max 4000 caracteres no resumo artigo de no máx 10 páginas tamanho máximo do pdf: 2,5 MB

### 1. INTRODUÇÃO

A ITAndroids é uma equipe de alunos do ITA, supervisionada por um professor, que participa de diversas competições de robótica nacionais e internacionais. Uma das categorias em que a ITAndroids participa é a do robô humanoide, que consiste em desenvolver um time de robôs capazes de jogar futebol. Esta tarefa envolve uma série de desafios complexos que variam desde a construção do robô até a sua tomada de decisões.

Neste contexto, é fundamental a presença de algoritmos robustos para a realização das diversas ações do robô, tornando essenciais as ferramentas de testes, calibração e depuração. Equipes reconhecidas no cenário internacional, como a B-Human e a Nimbro-OP, possuem várias ferramentas com este intuito, como são apresentadas em Roffer et al. (2013) e em Allgeuer et al. (2013).

Essas ferramentas devem possibilitar o teste dos algoritmos em tempo real, criando um sistema de telemetria com o robô. Além disso, é interessante que elas também possibilitem testes sem a presença do robô, assim facilitando a depuração e calibração do código.

### 2. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados a seguir foram obtidos estudando o comportamentos de equipes adversárias na competição, além de diversos testes com o time de robôs da ITAndroids contra si mesmo em simulações computacionais em um simulador feito pela própria equipe, como mostrado na Figura 1.

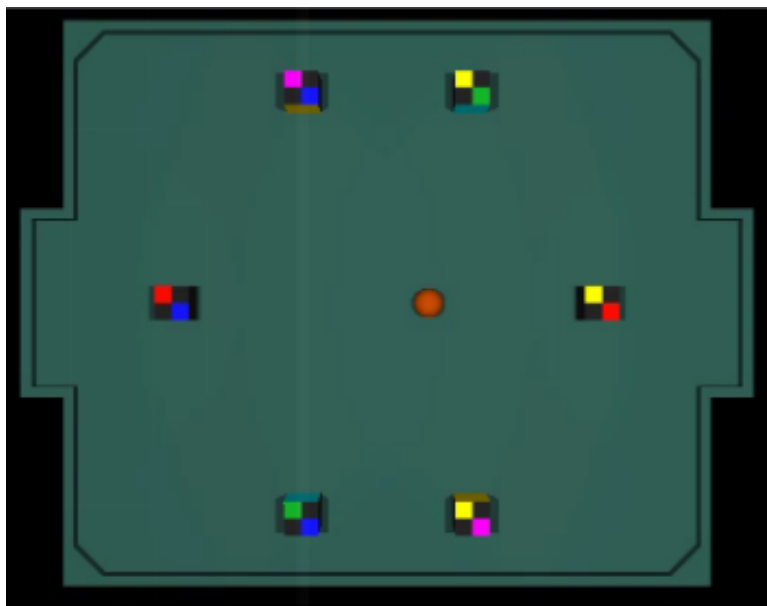


Figura 1: Simulador da ITAndroids.

## 2.1 Goleiro

A BT criada para o goleiro está representada na Figura 2.

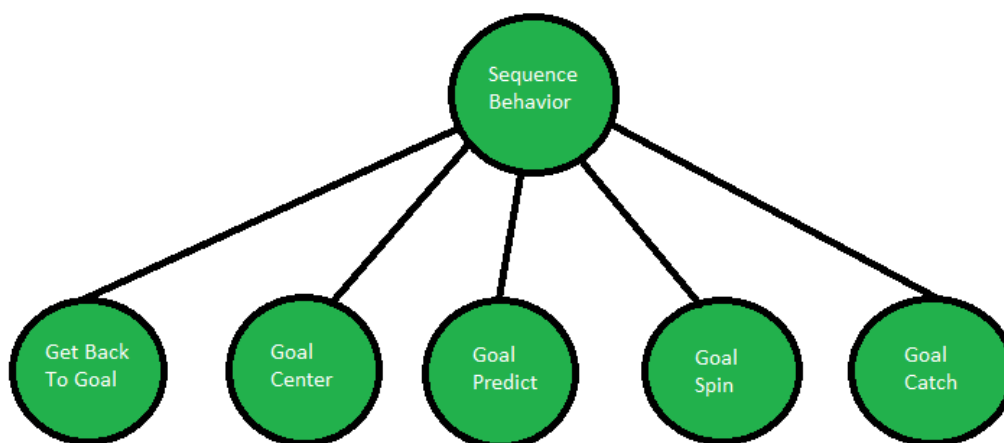


Figura 2: Behavior Tree para o goleiro.

Como visto, ela é composta por um nó do tipo Sequence Behavior, que irá executar os seus filhos em sequência. Esse papel, então, executa as seguintes ações priorizando as primeiras a aparecerem na seguinte lista:

- **Get Back to Goal Behavior** Volta para o gol, caso que, se por algum motivo ele esteja fora do próprio.
- **Goal Center** Fica centralizado no gol quando a bola estiver longe, de forma que o jogador possa rapidamente ir para qualquer um dos lados quando a bola se aproximar.
- **Goal Predict** Prediz para onde a bola irá quando ela estiver rápida e longe do gol.
- **Goal Spin** Gira quando está perto da bola e não tem oponente perto da bola para jogá-la para longe.
- **Goal Catch** Comportamento que o goleiro deverá fazer quando não fizer nenhum outro, por isso sua última posição na sequência. Ele acompanha o movimento da bola com o goleiro sobre a linha do gol.

## 2.2 Principal

Já para o principal, a árvore 3 foi desenvolvida, sendo a árvore mais complexa dentre os papéis.

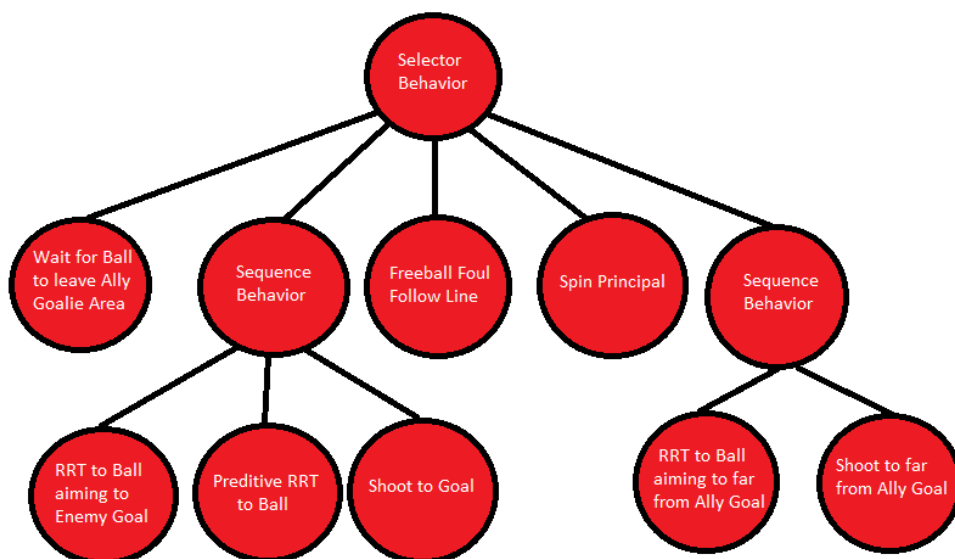


Figura 3: Behavior Tree para o principal.

Conforme a Figura 3, a raiz da árvore do principal é um Selector Behavior que escolhe uma das ações a ser realizada. Essa BT tem mais dois outros nós compostos, que são dois Sequence Behavior usados para o posicionamento atrás da bola, seguido pelo chute. Uma descrição dos nós folha utilizados se encontra abaixo:

- **Wait for Ball to leave Ally Goalie Area** Esse Behavior utiliza a Triangulação de Delaunay, com a mesma interface desenvolvida na Figura ???. Esse comportamento deve evitar que o jogador entre na área do goleiro para não sofrer penáلتi, conforme descrito na Figura ???. O jogador se posicionará de acordo com posições escolhidas pelo usuário, calibradas com o arquivo de configuração do mesmo modelo da Figura ??.
- **RRT to Ball aiming to Enemy Goal** Irá usar o algoritmo de planejamento de trajetórias RRT para se deslocar atrás da bola com direção apontando para o gol oponente. Usado para se aproximar da bola e, em seguida, trocar para o próximo behavior, o Predictive RRT to Ball.
- **Predictive RRT to Ball** Usa uma predição linear considerando que a bola continuará na mesma velocidade. Usado para se chegar na bola com mais precisão quando próximo a ela. Chega atrás da bola mirando para o gol.
- **Shoot to Goal** Esse behavior só é chamado quando o jogador já está alinhado com a bola e o gol oponente. Esse comportamento acelera rapidamente o robô em linha reta para chegar no gol com uma velocidade alta.
- **Free Ball Foul Follow Line** Esse behavior é um específico para situações de falta do tipo Bola Livre, conforme descrito em ???. Quando for detectado uma dessas posições, o jogador deve acelerar o mais rápido possível em direção à bola para ter o controle dela antes do oponente.
- **Spin Principal** Esse nó deve ser chamado quando a bola estiver em um dos quatros campos do campo. Caso seja um campo defensivo, o jogador irá girar para jogar a bola para frente; caso seja um na zona de ataque, o jogador girará para por a bola no centro do campo e continuar o ataque.
- **RRT to Ball aiming to far from Ally Goal** Irá usar o algoritmo de planejamento de trajetórias RRT para se deslocar atrás da bola com direção apontando para a zona de ataque (longe do gol aliado). Usado para se aproximar da bola e se posicionar para, em seguida, chamar o Behavior Shoot to Far from Ally Goal.
- **Shoot to Far from Ally Goal** Esse behavior só é chamado quando o jogador já está alinhado com a bola e o para frente (para longe do gol aliado). Esse comportamento acelera rapidamente o robô em linha reta para por a bola na zona de ataque.

### 2.3 Auxiliar

O auxiliar, por sua vez, tem uma Behavior Tree muito simples, representada por apenas um nó que tem como função se posicionar em lugar ótimo com Triangulação de Delaunay?. Sua árvore, é representada simplesmente pela Figura 4.

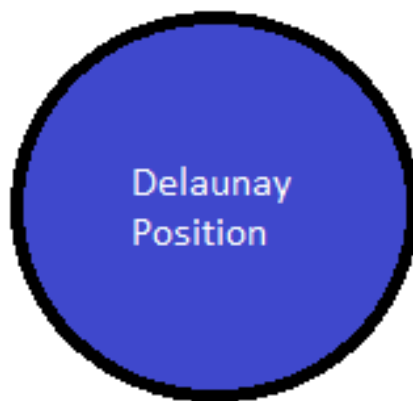


Figura 4: Behavior Tree para o auxiliar.

### 3. CONCLUSÕES

O projeto de Iniciação Científica apresentou bons resultados, especialmente quanto à vitória da equipe do ITA até às quartas de final da CBR 2017, rendendo o sétimo lugar à equipe dentre mais de 25 equipes participantes. Além do fato de que a ITAndroids conquistou o primeiro lugar na competição nacional de VSSS Copa Turing 2017, que ocorreu no final de setembro de 2017.

Do ponto de vista técnico, o uso do algoritmo da Behavior Tree, já consagrado e usado por times de nível mundial, se mostrou factível e funcional em partidas reais de competições. Contudo, problemas como pouca escalabilidade e pouca reutilizabilidade se mostraram presentes na estratégia desenvolvida. Isso significa que mudanças ainda deverão ser feitas nas BT, principalmente a respeito do uso de mais nós do tipo paralelo para remover esses problemas citados.

### 4. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, pelo apoio financeiro e motivacional.

Agradeço à ITAndroids, equipe que representa o ITA na competição da LARC/CBR, pela ideia do projeto, pela disponibilidade do robô real para implementação e oportunidade de aplicação dos métodos estudados.

Agradeço ao professor doutor Paulo Marcelo Tasinaffo, meu orientador, e ao professor doutor Marcos Ricardo de Omena Máximo, co-orientador, ambos da Divisão da Ciência da Computação do ITA, pelo apoio nos estudos e no desenvolvimento do projeto.

### 5. REFERÊNCIAS

Bellingham, J., Richards, A. and How, J.P., 2002. "Receding horizon control of autonomous aerial vehicles". In *Proceedings of the American Control Conference, Anchorage, AK, USA*. pp. 3741 – 3746.

### 6. RESPONSABILIDADE AUTORAIS

Os trabalhos escritos em português ou espanhol devem incluir (após direitos autorais) título, os nomes dos autores e afiliações, o resumo e as palavras chave, traduzidos para o inglês e a declaração a seguir, devidamente adaptada para o número de autores.

O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo conteúdo deste trabalho.