

# IMPLEMENTAÇÃO DE UM TIME VOLTADO A ROBOCUP SMALL SIZE LEAGUE(SSL) NO INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ CAMPUS PINHAIS

Lara Witkowski Vaz, Guilherme Macanhan da Silva, Marcos Aurélio Pchek Laureano, Marlon de Oliveira Vaz

[lara.witkowski.vaz@gmail.com](mailto:lara.witkowski.vaz@gmail.com), [guilhermemacanhandasilva1@gmail.com](mailto:guilhermemacanhandasilva1@gmail.com), [marcos.laureano@ifpr.edu.br](mailto:marcos.laureano@ifpr.edu.br), [marlon.vaz@ifpr.edu.br](mailto:marlon.vaz@ifpr.edu.br).

INSTITUTO FEDERAL  
PINHAIS – PR

Categoria: ARTIGO PROJETO CURSO TÉCNICO 2º GRAU

**Resumo:** A RoboCup Small Size League (SSL) é uma competição de futebol robótico em que equipes projetam robôs autônomos para tarefas como localização, navegação e estratégias de futebol. A liga abrange tecnologias como design, programação e comunicação e promove avanços em robótica, IA e visão computacional, incentivando a cooperação entre equipes. O Laboratório de Robótica e Computação Aplicada (LaRCA) iniciou uma equipe que desenvolve um sistema baseado em trigonometria para prever trajetórias e controlar robôs SSL utilizando o simulador grSim como ambiente de testes.

**Palavras Chaves:** Equipe, Sistema, Programação, Cálculos, Teoria de Trigonometria, RoboCup Small Size League.

**Abstract:** *The RoboCup Small Size League (SSL) is a robotic soccer competition in which teams design autonomous robots for tasks such as localization, navigation, and soccer strategies. The league encompasses technologies like design, programming, and communication, promoting advancements in robotics, AI, and computer vision, while fostering cooperation among teams. The Laboratory of Robotics and Applied Computing (LaRCA) has initiated a team that is developing a trigonometry-based system to predict trajectories and control SSL robots using the grSim simulator as a testing environment.*

**Keywords:** *Team, System, Programming, Calculations, Theory of Trigonometry, RoboCup Small Size League.*

## 1 INTRODUÇÃO

A RoboCup Small Size League (SSL) é uma competição de futebol robótico em que equipes de robôs autônomos competem em um campo de 12x9m. Nessa competição, as equipes projetam e desenvolvem robôs capazes de realizar tarefas como localização, navegação, reconhecimento de adversários e companheiros de equipe, além de implementar estratégias semelhantes às do futebol, como dribles, passes, marcação e fazer gols.

A SSL(SSL, 2023) é uma das ligas da RoboCup, abrangendo diversos aspectos tecnológicos, como design mecânico, eletrônica, programação, estratégias avançadas de IA, comunicação entre robôs, desempenho em equipe e organização.

Durante a competição, um sistema de visão padronizado rastreia objetos no campo por meio de câmeras montadas em

uma barra a cerca de 4 metros acima da superfície de jogo. Os robôs recebem comandos de arbitragem e informações de posição de computadores externos. A competição também fornece códigos e softwares para possibilitar a comunicação entre robôs, computadores da equipe, sistemas estratégicos e IA, e computadores de arbitragem.

A SSL visa promover avanços na pesquisa e desenvolvimento de robótica autônoma, inteligência artificial e visão computacional, além de estimular a cooperação e competição saudável entre equipes de diferentes instituições ao redor do mundo. A competição oferece um ambiente desafiador para testar a capacidade dos robôs de tomar decisões em tempo real, se movimentar em um ambiente dinâmico e colaborar em equipe para alcançar metas específicas, como marcar gols.

O Laboratório de Robótica e Computação Aplicada (LaRCA) do Instituto Federal do Paraná iniciou uma equipe de discentes que estão desenvolvendo um sistema de estratégia para a SSL utilizando os padrões de comunicação padronizados pela liga que são em cima do protobuf protocol(PROTOBUF, Protocol Google, 2023).O projeto envolve a troca de informações sobre as posições dos robôs e da bola, cálculos para controlar o movimento das rodas e previsão da trajetória da bola utilizando a teoria de trigonometria.

A abordagem trigonométrica tem se mostrado eficaz e versátil para lidar com a complexidade do movimento dos robôs e da bola em campo. Projetos similares como a RoboCin(DA SILVA, Cecília V. S. e MARTINS, Felipe B e MEDEIROS, Heitor R. e DA SILVA, João G. M e SANTOS, Lucas H. C e BEZERRA, Renato S. e FERNANDES, Roberto C. e ARAÚJO, Victor H. S. S. e BARROS, Edna N. S, 2019) e o ER-Force(WENDLER, Andreas e HEINEKEN, Tobias, 2020) também utilizam cálculos trigonométricos para otimizar trajetórias e estratégias em competições de futebol robótico. A aplicação da matemática na robótica contribui para a precisão e eficiência das ações dos robôs em competições desafiadoras como a RoboCup SSL.

## 2 O TRABALHO PROPOSTO

Devido às restrições de recursos, a escolha foi pelo desenvolvimento de um sistema padrão, no caso, é um sistema que estabelece uma conexão entre o sistema de visão da competição e o sistema do usuário, utilizando mensagens no formato protobuf protocol para a troca de informações.

O sistema de visão da competição(SSL-VISION, 2023) fornece até 60 frames por segundo ao sistema do usuário, identificando todos os objetos no campo, e o sistema do usuário processa essas informações e determina coordenadas dos robôs e da bola. Com base nesses dados, os cálculos estratégicos são realizados, como os de trigonometria ou euclidianos — calcula a distância e velocidade para o robô chegar até o objetivo, no caso, a bola. Os resultados dos cálculos são então enviados em tempo real para o robô, permitindo sua movimentação conforme a estratégia definida.

Porém, devido à indisponibilidade de recursos para construir um robô físico — não tem como fazer a conexão entre o sistema do usuário com o robô físico —, desta forma, a equipe optou pelo uso do simulador GrSim(MONAJJEMI, Valiallah and KOOCHAKZADEH, A. and GHIDARY, S. S, 2023), onde o sistema do usuário recebe informações do simulador e envia comandos de movimentação utilizando o protobuf protocol. Essa integração entre a troca de informações e a estratégia de movimento é baseada em princípios matemáticos sólidos, aplicados na RoboCup Small Size League.

Para determinar a implementação da Teoria de Trigonometria no sistema do usuário para calcular uma previsão da posição da bola em relação aos frames recebidos anteriormente, os membros do projeto fizeram um referencial teórico sobre a diferença entre o Filtro de Kalman e a Teoria da Trigonometria(VAZ, Lara W. e DA SILVA, Guilherme M, 2023). Após a avaliação evidenciou que ambas as técnicas têm sua utilidade; contudo, o Filtro de Kalman é um conceito mais avançado para alunos do ensino médio. Embora não seja impossível, dadas as restrições de tempo para a conclusão do projeto, não é viável aprofundar-se na teoria de Kalman. Dessa forma, optou-se por empregar a teoria de trigonometria para realizar os cálculos de previsão da posição da bola, utilizando os frames disponibilizados ao usuário. Devido a frequência de frames enviados ao usuário, o sistema aproveitará os frames anteriores para calcular, por meio de fórmulas trigonométricas, uma nova posição para o robô. Essa posição calculada será transmitida ao robô por meio de mensagens utilizando o protocolo protobuf.

O cálculo das rodas é fundamentado nas informações obtidas por meio do sistema de visão e dos sensores do robô. Isso permite determinar sua posição e orientação no campo. Utilizando esses dados, algoritmos de controle são empregados para calcular as velocidades individuais das rodas, direcionando o movimento conforme os objetivos. Esses algoritmos frequentemente utilizam princípios de cinemática e trigonometria para transformar as velocidades desejadas do robô em velocidades específicas para cada roda. Isso possibilita ao robô mover-se na direção desejada, realizar curvas suaves e girar rapidamente, em conformidade com as estratégias de jogo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Como etapa inicial, foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangente sobre a competição RoboCup, com foco específico na divisão B da Small Size League (SSL). A investigação se concentrou principalmente nos artigos disponíveis na seção "Team Description Papers"(TDP, 2023) - RoboDragons(TO, Masahide e SHIBATA, Marina e AGATSUMA, Shinjitsu e ANDO, Yuta, 2023), RoboFEi(NETO, Álvaro D. e MARQUES, André L. e CORREA, Bruno B. e MELLO, Felipe E. C. e KASHIHARA, Guilherme M. R. e CARDOSO, Guilherme W. e SIMÕES, Henrique B. e AGUIAR, João V. L.

e COSTA, Leonardo da S. C e SARASWATI, Nityananda V. e CUKIER, Rafael M. e ARAVENA, Thiago O. e TONIDANDEL, Flavio e JUNIOR, PlínioT. A. e BIANCHI, Reinaldo A. C., 2023), ZJUNliet(HUANG, Zheyuan e HAN, Chenrui e SHEN, Ning e YANG, Jialei e YU, Jiazheng e ZHAO, Anke e CHEN, Zhihe e DU, Haozhe e WEN, Licheng e WANG, Yunkai e GUO, Dashun e XIONG, Rong, 2023) e Immortals(SALEHI, Ali e TABASI, Mohammad e NAJAFI, Omid e NOBAVEH, Ali A. e FAZELI, Mohahammad H. e GHASEMIEH, Mohammad A. e NIKNEZHAD, Mohammad R. e TALAEZADEH, Mustafa) - e "League Software"(SSL SOFTWARE REPOSITORY, 2023), que oferecem abordagens adotadas por várias equipes que participam da competição, tendo diversos aspectos de seus projetos, envolvendo estratégias de jogo, comunicação com os robôs, montagem dos robôs, além de aspectos de engenharia mecânica, eletrônica, elétrica e computacional relacionados à competição SSL.

O levantamento realizado analisou metodologias, softwares, hardwares e outras estratégias utilizadas no desenvolvimento dos robôs. Foram exploradas áreas como táticas defensivas e ofensivas, sistemas eletrônicos e mecânicos, entre outros aspectos relevantes que contribuem para o desempenho dos robôs na competição.

Com base nessa análise, foi estabelecido o objetivo central do projeto, sendo, desenvolver um sistema em que basicamente o passo a passo é feito da seguinte forma: conecta com o grSim, receber as informações por mensagens protobuf protocol das posições de cada robô e bola em relação ao campo, o sistema do usuário vai selecionar um robô e fazer o cálculo de posição dele — tem que fazer um cálculo de média das câmeras para ter o X e Y exatos para executar no cálculo euclidiano, pitágoras, trigonometria ou cinética —, pegar o resultado exato da posição do robô e da bola, fazer um cálculo sobre as quatro rodas do robô para ele se movimentar até a bola — utilizando pitágoras que calcula a distância, e a movimentação é calculada em radiando em uma velocidade limitada a 5 m/s(tem que fazer a conversão de radianos para m/s)para descobrir a velocidade que as rodas devem ter em cada uma, considerando que a velocidade vai aumentar e quando chegar perto do objetivo a velocidade diminui —, executar o cálculo utilizando a teoria da trigonometria para prever a posição da bola referente aos frames anteriores recebidos, sistema do usuário conectar ao grSim, enviar a posição de previsão da bola por mensagem protobuf protocol para o grSim, e o robô do simulador executar a ação — andar até a posição da bola prevista.

**Tabela 1 - Materiais**

Nome	Versão	Localização	Descrição
SSL-Vision	--	<a href="https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-vision.git">https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-vision.git</a>	Visão virtual da posição dos robôs; criação de simulações.
SSL-go-tools	--	<a href="https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-go-tools">https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-go-tools</a>	Gravação, manipulação e reprodução de logs.
grSim	--	<a href="https://github.com/RoboCup-SSL/grSim.git">https://github.com/RoboCup-SSL/grSim.git</a>	Representação virtual em 3D dos robôs.

Protobuf	3	<a href="https://protobuf.dev/">https://protobuf.dev/</a>	Recebimento e envio de dados.
Python	3.10.6	<a href="https://www.python.org/downloads/">https://www.python.org/downloads/</a>	Programação do sistema.
VsCode	1.72.2	<a href="https://code.visualstudio.com/">https://code.visualstudio.com/</a>	IDE para desenvolvimento

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como primeiro passo para testar as coordenadas enviadas pelo grSim ao sistema do usuário, foi realizado um cálculo pitagórico e euclidiano, mostrado na Figura 1, para determinar a velocidade do robô em relação às coordenadas X e Y do campo, visando alcançar a bola com base em suas coordenadas X e Y. no entanto, os dados de X e Y ainda precisam ser inseridos manualmente. Isso verificou que as informações recebidas do grSim estão corretas e, quando o usuário insere manualmente os resultados de velocidade X e Y no simulador, o robô executa a trajetória perfeitamente.

```
import math

# Coordenadas do ponto A (robô)
robo_x = -1499.9638671875
robo_y = -1120.0

# Coordenadas do ponto B (bola)
bola_x = 303.8662109375
bola_y = 43.597900390625

# Cálculo da distância entre os pontos A e B
distancia = math.sqrt((bola_x - robo_x)**2 + (bola_y - robo_y)**2)

# Supondo uma velocidade máxima constante do robô (em unidades de distância por segundo)
velocidade_maxima = 2.5 # ajuste conforme necessário

# Definindo a metade da distância
metade_distancia = distancia / 2

# Cálculo da velocidade proporcional
if distancia > metade_distancia:
    velocidade_atual = velocidade_maxima
else:
    velocidade_atual = velocidade_maxima * (distancia / metade_distancia)

# Cálculo das velocidades separadas para as coordenadas X e Y
velocidade_x = (bola_x - robo_x) / distancia * velocidade_atual
velocidade_y = (bola_y - robo_y) / distancia * velocidade_atual

print("Distância até a bola:", distancia)
print("Velocidade X do robô:", velocidade_x, "m/s")
print("Velocidade Y do robô:", velocidade_y, "m/s")

Distância até a bola: 2146.5700604783237
Velocidade X do robô: 2.1088283299673876 m/s
Velocidade Y do robô: 1.3551827655363582 m/s
```

**Figura 1 – Algoritmo de cálculo que determina a distância e velocidade do robô**

Contudo, o robô físico usado nas competições da SSL tem rodas omnidirecionais, que não recebem informações de X e Y do robô ao todo em relação ao campo, diferente do robô virtual que recebe. Sendo assim, o cálculo de pitágoras ou euclidiano para descobrir a velocidade e distância que o robô deve percorrer, tem que ser utilizando o X e Y da roda em relação ao campo. Pois o robô da competição não entende sobre o plano cartesiano que o campo tem, diferente do robô do grSim que tem noção das coordenadas. Por isso que o cálculo euclidiano testado no grSim não é compatível ao robô físico que atua na competição da RoboCup SSL.

Os cálculos baseados nos princípios pitagóricos em relação ao posicionamento roda-campo estão progredindo. O cálculo em radianos está em fase de implementação e análise. Com o apoio dos orientadores, a compreensão dos procedimentos matemáticos e físicos necessários para efetuar os cálculos e a sua programação está em fase adiantada de implementação

Em relação à troca de mensagens entre o grSim e o sistema do usuário, como mencionado anteriormente, as informações recebidas estão corretas. Apenas o processo reverso está pendente, no qual o sistema do usuário envia informações ao grSim usando o protocolo protobuf. A equipe está aguardando a conclusão dos cálculos das rodas, pois o código da mensagem já está preparado.

As dificuldades estão ligadas à complexidade do objetivo do projeto, em que a equipe está focada nas contribuições iniciais, incluindo a captura de informações, identificação de objetos e cálculos para interceptar a bola. Essas etapas são essenciais para o desenvolvimento do trabalho, considerando suas demandas desafiadoras. A abordagem inicial é fundamental para construir uma base sólida antes de enfrentar desafios mais complexos futuramente.

## 5 CONCLUSÕES

Atualmente, a equipe encontra-se desenvolvendo os códigos para a troca de mensagens, cálculo de previsão de posicionamento e os cálculos relacionados à velocidade de cada roda do robô. Em todos os momentos, os professores estão colaborando para garantir uma implementação precisa e livre de erros nos resultados. Em contrapartida, pesquisas contínuas e conversas estão em andamento para compreender melhor os objetivos e os cálculos. Sobre a conclusão do projeto, espera-se que até o final deste ano, a parte do cálculo das rodas seja finalizada e integrada ao sistema do usuário, permitindo o envio de informações ao robô do grSim, sobre a previsão do posicionamento da bola, está em andamento com um período maior para a entrega final.

Em relação ao projeto como um todo, a ideia é que a equipe de discentes da robótica da LarCA do Instituto Federal do Paraná Campus Pinhais continue se dedicando ao desenvolvimento de um sistema, prosseguindo com aspectos direcionados para a estratégia ou até mesmo construir um protótipo físico de robô com a expectativa de ser futuramente utilizado na competição da RoboCup Small Size League.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SSL, 2023. ROBOCUP SMALL SIZE LEAGUE. Disponível em: <<https://ssl.robocup.org/>>.
- MONAJJEMI, Valiallah and KOOCHAKZADEH, A. and GHIDARY, S. S, 2023. GRSIM - ROBOCUP SMALL SIZE ROBOT SOCCER SIMULATOR. Disponível em: <<https://github.com/RoboCup-SSL/grSim>>.
- PROTOBUF, Protocol Google, 2023. PROTOCOL BUFFERS DOCUMENTATION. Disponível em: <<https://protobuf.dev/>>.
- ITO, Masahide e SHIBATA, Marina e AGATSUMA, Shinjitsu e ANDO, Yuta, 2023. ROBODRAGONS 2023 EXTEND

TEAM DESCRIPTION. Disponível em:  
<[https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2023/02/2023\\_ETDP\\_RoboDragons.pdf](https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2023/02/2023_ETDP_RoboDragons.pdf)>.

NETO, Álvaro D. e MARQUES, André L. e CORREA, Bruno B. e MELLO, Felipe E. C. e KASHIHARA, Guilherme M. R. e CARDOSO, Guilherme W. e SIMÕES, Henrique B. e AGUIAR, João V. L. e COSTA, Leonardo da S. C e SARASWATI, Nityananda V. e CUKIER, Rafael M. e ARAVENA, Thiago O. e TONIDANDEL, Flavio e JUNIOR, Plínio T. A. e BIANCHI, Reinaldo A. C., 2023. ROBOFEI 2023 TEAM DESCRIPTION PAPER. Disponível em:  
<[https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2023/02/2023\\_TDP\\_RoboFEI.pdf](https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2023/02/2023_TDP_RoboFEI.pdf)>.

HUANG, Zheyuan e HAN, Chenrui e SHEN, Ning e YANG, Jialei e YU, Jiazheng e ZHAO, Anke e CHEN, Zhike e DU, Haozhe e WEN, Licheng e WANG, Yunkai e GUO, Dashun e XIONG, Rong, 2023. ZJUNLICT EXTENDED TEAM DESCRIPTION PAPER. Disponível em:  
<[https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2023/02/2023\\_ETDP\\_ZJUNlct.pdf](https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2023/02/2023_ETDP_ZJUNlct.pdf)>.

SALEHI, Ali e TABASI, Mohammad e NAJAFI, Omid e NOBAVEH, Ali A. e FAZELI, Mohahammad H. e GHASEMIEH, Mohammad A. e NIKNEZHAD, Mohammad R. e TALAEEZADEH, Mustafa. IMMORTALS 2023 EXTEND TEAM DESCRIPTION PAPER. Disponível em:  
<[https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2023/04/2023\\_ETDP\\_Immortals\\_2.pdf](https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2023/04/2023_ETDP_Immortals_2.pdf)>.

TDP, 2023. ROBOCUP 2023 TEAMS. Disponível em:  
<<https://ssl.robocup.org/robocup-2023-teams/>>.

SSL-VISION, 2023. ROBOCUP SMALL SIZE LEAGUE SHARED VISION SYSTEM. Disponível em:  
<<https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-vision.git>>.

SSL SOFTWARE REPOSITORY, 2023. LEAGUE SOFTWARE. Disponível em: <<https://ssl.robocup.org/league-software/>>.

WENDLER, Andreas e HEINEKEN, Tobias, 2020. ER-FORCE EXTENDED TEAM DESCRIPTION PAPER. Disponível em:  
<[https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2020/03/2020\\_ETDP\\_ERForce.pdf](https://ssl.robocup.org/wp-content/uploads/2020/03/2020_ETDP_ERForce.pdf)>.

DA SILVA, Cecília V. S. e MARTINS, Felipe B e MEDEIROS, Heitor R. e DA SILVA, João G. M e SANTOS, Lucas H. C e BEZERRA, Renato S. e FERNANDES, Roberto C. e ARAÚJO, Victor H. S. S. e BARROS, Edna N. S, 2019. ROBÔCIN 2019 SSL DESCRIPTION PAPER. Disponível em:  
<[https://robocin.com.br/archives/2019\\_LARC\\_SSL\\_RoboCInTeamDescriptionPaper.pdf](https://robocin.com.br/archives/2019_LARC_SSL_RoboCInTeamDescriptionPaper.pdf)>.

VAZ, Lara W. e DA SILVA, Guilherme M, 2023. TRIGONOMETRIA VS FILTRO DE KALMAN. Disponível em: <<https://pt.overleaf.com/read/jnyrgqchfdvh>>.

DOS SANTOS, Fabrício R. e VAZ, Lara W. e FRITZEN, Larissa P., 2023. SSOLÉ Criação de uma Base para Implementação de um Sistema de Futebol Robótico. Disponível em: <<https://github.com/arislaris/ssole.git>>.