

COMPETIÇÕES DE ROBÓTICA NA ENGENHARIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4657

Rhailan Fernandes Ataide - rhailanf@gmail.com

IFBA Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia

HEITOR RODRIGUES LEMOS DIAS - heitorlemoss@gmail.com

IFBA Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia

João Augusto Coelho Chagas - joaoaugustodev@gmail.com

IFBA Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia

Caíque Viana Carvalho - Caiquevianab12@gmail.com

IFBA Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia

Jose Alberto Diaz Amado - sportingjada1@hotmail.com

IFBA Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia

Crescencio Rodrigues Lima Neto - crescencio@gmail.com

IFBA Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia

Cleia Santos Libarino - cleialibarino@ifba.edu.br

IFBA Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia

Resumo: Este artigo apresenta um estudo sobre competições de robótica na engenharia, focando especificamente no desenvolvimento de um seguidor de linha e um carro autônomo utilizando visão computacional. O conceito e funcionamento destes projetos são explicados, incluindo os princípios de detecção de linha, controle de movimento, detecção de objetos e navegação autônoma. Os componentes utilizados, como sensores de linha, motores, microcontroladores, câmeras e sensores de distância, são detalhados e sua integração nos sistemas. O processo de montagem, incluindo disposição dos componentes, estrutura mecânica e conexões elétricas, é descrito. Aspectos de programação, incluindo algoritmos de visão computacional e implementação de controle de movimento, são discutidos. O artigo também destaca os resultados obtidos, abrangendo métricas de desempenho, como velocidade, precisão de detecção e sucesso na conclusão da tarefa. As descobertas destacam o potencial desses robôs em

"ABENGE 50 ANOS: DESAFIOS DE ENSINO, PESQUISA E
EXTENSÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA"

18 a 20 de setembro
Rio de Janeiro-RJ



51º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
VI Simpósio Internacional de Educação em Engenharia

competições de engenharia, mostrando a eficácia dos conceitos, componentes, montagem e programação.

Palavras-chave: *competições de robótica, engenharia, seguidor de linha, carro autônomo, visão computacional, integração de componentes, montagem, programação, métricas de desempenho.*

Realização:



Organização:



COMPETIÇÕES DE ROBÓTICA NA ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

Com o surgimento constante de tecnologias cada vez mais sofisticadas ao longo dos anos, a demanda por profissionais altamente capacitados nas áreas da engenharia tornou-se evidente. É crucial implementar uma preparação abrangente para que os engenheiros adquiram as habilidades necessárias para enfrentar os desafios complexos que encontrarão no mercado de trabalho.

Em um mercado que busca abordagens inovadoras para resolver problemas complexos, essa preparação deve englobar uma ampla gama de habilidades e conhecimentos durante a formação acadêmica. Os estudantes de engenharia precisam adquirir tanto uma base teórica sólida, quanto experiência prática, a fim de aumentar suas chances de ingressar em estágios e, posteriormente, em grandes indústrias e empresas do mercado (COLENCI, 2000), (FOLHA, 2023).

Nesse sentido, as competições de robótica surgem como um meio estimulante para fomentar a criatividade na resolução de uma variedade de problemas em um ambiente desafiador. Atualmente, existem diversas competições de robótica com diferentes categorias e modalidades, como a Competição Brasileira de Robótica (CBR), que teve sua primeira edição em 2003, em Bauru-SP, e é realizada anualmente em parceria com o *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE). Além disso, há as Competições de Robótica Latino Americanas (LARC), que ocorrem no México, Chile e Brasil, sendo realizada no Brasil juntamente com a CBR a cada três anos. Outras competições similares incluem a RoboCar Race, a RoboCup e a International Youth Robot Competition (IYRC), entre outras. (GAUCHAZH, 2023)

As competições são de grande importância para alunos de engenharia, pois proporcionam uma valiosa oportunidade de aplicar os conhecimentos teóricos, na prática. Estudos anteriores (PASSOLD, 2006) demonstraram que esses eventos oferecem aos engenheiros em formação a oportunidade de projetar, construir e programar robôs, além de desenvolver habilidades de trabalho em equipe, gerenciamento e cumprimento de prazos em diferentes competições realizadas ao redor do mundo. Essas competições apresentam uma variedade de modalidades, sendo as mais comuns o robô seguidor de linha, robô sumô e robô autônomo, que serão abordados mais detalhadamente em seções subsequentes. Além de motivar os estudantes, essas competições desafiam-nos a encontrar soluções inovadoras para problemas reais da área. A participação nessas competições estimula a criatividade, o pensamento crítico e a colaboração em equipe. Essas experiências práticas mantêm os alunos engajados em seus estudos, ajudando a evitar a evasão, uma vez que eles percebem a relevância direta do que estão aprendendo. Em suma, as competições fornecem uma abordagem tangível e estimulante para o desenvolvimento dos alunos de engenharia, ajudando-os a consolidar seus conhecimentos e habilidades.

O objetivo será enfatizar a parte construtiva e técnica na criação de robôs, destacando as dificuldades enfrentadas nesse processo. O artigo visa fornecer uma compreensão mais aprofundada desses aspectos e sua relevância para o engajamento

dos alunos, mesmo considerando a dificuldade inerente de participação nessas competições.

2 ESTADO DA ARTE

As competições de robótica surgiram com o avanço da tecnologia e a crescente popularidade da robótica em todo o mundo. Uma das competições mais notáveis é a "*The Micromouse*", criada pelo IEEE em Tóquio, Japão, em 1979. O objetivo da competição era incentivar o desenvolvimento de robôs autônomos capazes de navegar em um labirinto, buscando o caminho mais curto até o centro. Os robôs tinham restrições de tamanho, estabelecidas pelas regras da competição, mas os participantes tinham liberdade para projetar suas próprias soluções de navegação e controle. A competição tornou-se popular no Japão e expandiu-se internacionalmente ao longo dos anos, com eventos realizados em diferentes países. Os robôs desenvolvidos para a competição utilizam sensores para detectar as paredes do labirinto, algoritmos de mapeamento e planejamento de trajetória para encontrar o caminho mais rápido, além de motores para controlar o movimento.

A competição de robôs seguidores de linhas tem suas raízes nessas mesmas décadas, quando surgiram os primeiros robôs móveis e autônomos. A capacidade de projetar e programar um robô para seguir uma linha desenhada no chão era um desafio técnico fascinante. Essa competição destacava a importância do controle preciso de movimento e sensores de linha para o sucesso do robô. Ao longo dos anos, várias competições foram estabelecidas, como o *RoboCup Line Follower* e o *All Japan Micromouse Contest*. Esses eventos proporcionaram um ambiente competitivo para os participantes explorarem estratégias e técnicas avançadas para melhorar o desempenho de seus robôs seguidores de linhas. Os avanços em sensores, algoritmos de controle e técnicas de programação contribuíram para o aprimoramento desses robôs, resultando em desafios cada vez mais complexos e exigentes.

Em 1992, a DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) organizou o primeiro "Robotics Grand Challenge" visando impulsionar o desenvolvimento de tecnologias de robótica autônoma na área de navegação. Os participantes foram desafiados a construir robôs capazes de percorrer autonomamente um percurso de 210 quilômetros no deserto, enfrentando diferentes terrenos e obstáculos. As equipes projetaram e desenvolveram seus próprios robôs, utilizando sensores, algoritmos de navegação e sistemas de controle. Essa competição foi fundamental para impulsionar avanços na robótica autônoma, incentivando soluções inovadoras e contribuindo para o progresso da pesquisa e desenvolvimento nessa área.

Em 1994, a LEGO lançou a linha de kits de robótica *LEGO Mindstorms*, que teve um grande impacto nas competições de robótica. Esses kits permitiam que crianças e adultos construíssem seus próprios robôs usando peças LEGO e um sistema eletrônico programável. Com o lançamento do *LEGO Mindstorms*, surgiram competições importantes, como o "*FIRST LEGO League*" (FLL) e o "*RoboCup Junior*". Na FLL, as equipes enfrentam desafios que envolvem a construção de robôs para cumprir missões em uma mesa temática, além de realizar projetos de pesquisa e enfatizar valores como trabalho em equipe e ética. Na RoboCup Junior, existem diferentes modalidades, como futebol robótico, dança robótica, resgate de robôs e busca e resgate, cada uma com desafios e objetivos específicos.

Nos anos 2000, houve um crescimento significativo e diversificação das competições de robótica. A DARPA desempenhou um papel importante ao organizar as competições "*Grand Challenge*" para impulsionar o desenvolvimento de veículos terrestres autônomos. O destaque foi o "*Urban Challenge*" em 2007, onde os participantes projetaram robôs capazes de navegar autonomamente em um ambiente urbano simulado. Os robôs tiveram que lidar com situações complexas de trânsito e seguir regras de direção em um cenário desafiador. Essa competição impulsionou avanços em percepção, planejamento de rotas, fusão de dados sensoriais e algoritmos de tomada de decisão. O "*RoboCup*", uma competição de futebol robótico, também ganhou destaque, visando desenvolver robôs autônomos capazes de vencer a Copa do Mundo de Futebol humano até 2050. O RoboCup apresenta várias ligas, incluindo a "*RoboCup Major League*", onde robôs humanoides jogam futebol em um campo real.

Desde 2010 até os dias atuais as competições de robótica englobam uma ampla gama de desafios, incluindo competições específicas para robôs seguidores de linhas e robôs com navegação autônoma. O *RoboCup Line Follower*, o *All Japan Micromouse Contest*, o *RoboCup Rescue Robot League* e o *Eurobot* são exemplos notáveis dessas competições. Esses eventos oferecem uma plataforma para os participantes aprimorarem suas habilidades em programação, controle de movimento e percepção do ambiente. Os robôs são equipados com uma variedade de sensores, como sensores de linha, distância e câmeras, enquanto os participantes aplicam algoritmos avançados para obter o melhor desempenho nas tarefas propostas. No cenário atual, as competições de robótica continuam a estimular avanços e inovações no campo da robótica, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas e impulsionando o futuro de uma sociedade cada vez mais automatizada e inteligente.

No ano de 2022 a equipe RoboCIn da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) conquistou o campeonato RoboCup 2022 na categoria *Small Size League* (SSL), sendo os primeiros brasileiros a vencer em 25 anos de competição. Além disso, eles competiram na categoria *2D Simulation*, alcançando o décimo lugar e a melhor colocação sul-americana. Apesar das dificuldades causadas pela escassez de componentes eletrônicos devido à pandemia, eles superaram as adversidades e reutilizaram equipamentos anteriores. Durante a competição, enfrentaram interferências de sinais, mas conseguiram manter um desempenho sólido.

Nesse mesmo ano a equipe de robótica da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) conquistou o título da CBR na categoria *Home*, destinada a robôs domésticos. Os estudantes competiram com o robô Doris, que também conquistou o terceiro lugar na mesma categoria no Mundial de Robótica realizado na Tailândia. O robô, com 1m60cm de altura e peso de 58 quilos, foi desenvolvido pela equipe da FBot. Doris é um acrônimo para *Domestic Robotic Intelligent System* (Sistema Inteligente Robótico Doméstico em tradução livre). Na competição, o robô executou tarefas domésticas simples, como levar o lixo para fora, utilizando um braço mecânico e um sistema de navegação equipado com sensores e câmeras.

3 METODOLOGIA

Visando explorar os conceitos fundamentais do desenvolvimento de robôs autônomos para competições e destacar a importância da fase de planejamento e tomada de decisões no projeto, surgiu a motivação para a participação em uma competição de

robótica municipal. Inicialmente, investigaram-se as características e regras da competição, a fim de compreender os desafios e requisitos específicos do evento. Em seguida, o projeto foi organizado em diferentes partes, abrangendo eletrônica, mecânica e programação.

Na etapa de eletrônica, foram considerados os componentes necessários para a construção do robô seguidor de linha e do robô autônomo, como sensores de reflexão, atuadores, microcontroladores e drivers, analisando assim as melhores opções de hardware disponíveis, considerando a precisão, confiabilidade e custo. Por sua vez, a parte mecânica envolveu a seleção e projeto da estrutura do robô, considerando aspectos como tamanho, peso, resistência e agilidade. Foram exploradas técnicas de construção e montagem que permitam uma movimentação eficiente e estável ao longo da pista de corrida. Por sua vez, a programação sendo um componente essencial do projeto, abordou tanto os algoritmos de visão computacional para detecção da linha e obstáculos, quanto os algoritmos de controle de movimento para seguir a linha com precisão, assim foram estudadas técnicas avançadas, como o uso de redes neurais convolucionais para o reconhecimento de objetos e algoritmos de controle PID (Proporcional, Integral, Derivativo) para um seguimento suave e preciso.

Por meio dessa metodologia abrangente, espera-se fornecer um guia passo a passo para o desenvolvimento de robôs autônomos e seguidores de linha. Através da exploração dos conceitos de eletrônica, mecânica e programação, os leitores serão instigados a desenvolver seus próprios robôs competidores, compreendendo os desafios técnicos e as melhores práticas para alcançar um desempenho destacado na competição.

3.1 Seguidor de linha

Um robô seguidor de linha é um dispositivo projetado para percorrer uma trajetória pré-definida, seguindo uma linha desenhada em uma superfície, seja essa linha branca ou preta. Esses robôs utilizam sensores para detectar a linha e ajustar seus movimentos com base na informação que os mesmos captam. Normalmente, os sensores usados são ópticos e estão localizados na parte inferior do robô, ou seja, próximo ao solo, com isso esses podem ser fototransistores, fotodiodos ou outros dispositivos capazes de detectar diferenças de cor ou reflexão de luz. De modo que o robô entende que está no caminho correto quando a luz refletida pela linha é detectada, caso contrário, se o sensor não detectar a linha, o robô precisa fazer os ajustes necessários para realinhar-se e voltar à trajetória.

Existem diferentes abordagens de controle para robôs seguidores de linha. Alguns robôs utilizam uma lógica simples seguindo uma linha e mantendo-a centralizada em relação a seus sensores, já outros podem empregar técnicas mais avançadas, como algoritmos de controle PID, que permitem um seguimento mais preciso, fluido e estável da linha.

Os robôs seguidores de linha são amplamente utilizados em competições de robótica, como a *RoboCup*, como também em linhas de montagem automatizadas em indústrias. Porém, os robôs seguidores de linha são mais populares em atividades de aprendizado e experimentação em robótica, pois proporcionam um desafio interessante e acessível para iniciantes. Além disso, é importante ressaltar que a tecnologia de robôs seguidores de linha está em constante evolução, com o surgimento de novos sensores e técnicas de controle, permitindo então a criação de robôs capazes de lidar com trajetórias complexas e desafios adicionais, como curvas fechadas, cruzamentos e obstáculos.

Componentes

Os componentes foram selecionados visando garantir o bom funcionamento do sistema, considerando os aspectos como desempenho, compatibilidade, confiabilidade e custo, sendo estes:

- Motor N20 500 RPM;
- Arduino Nano com microcontrolador ATMEGA328p;
- Sensor QTR-8RC;
- Chassi e rodas impressas utilizando uma impressora 3D;
- Baterias de Li-ion de 3,7 Volts;
- *Jumpers*.

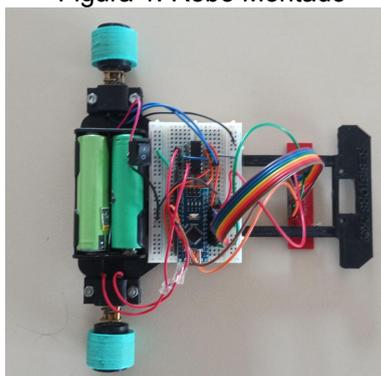
Montagem

Inicialmente confeccionou-se chassi na impressora 3D, utilizando filamento ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) proporcionando resistência e leveza sendo essa uma base estável para o restante dos componentes. Em seguida, ao escolher os motores apropriados para o robô, esses foram posicionados no chassi, alinhando os eixos dos motores conforme o design do robô e assim fixados neste utilizando parafusos e suportes adequados. Posteriormente, para garantir a tração adequada, acoplou-se as rodas aos eixos dos motores, garantindo firmeza e alinhamento.

Com os motores e rodas devidamente fixados, seguiu-se para a próxima etapa: a montagem dos sensores ópticos fixados na parte inferior do robô, próximo ao solo, no intuito de obter uma detecção eficiente da linha. Após tal montagem, foi acoplado também ao chassi o *driver* que controla o sentido de rotação dos motores, bem como, as baterias para alimentar o sistema todo.

Por fim, integrou-se a placa eletrônica ao conjunto, posicionando-a em um local adequado no chassi e conectando as conexões elétricas dos sensores, *driver* e baterias à placa eletrônica, seguindo a documentação do fabricante e garantindo a correta ligação dos cabos aos pinos correspondentes. A Figura 1 apresenta o robô montado.

Figura 1: Robô Montado



Fonte: Autoria própria

Programação

A programação de um robô seguidor de linha desempenha um papel crucial no controle dos motores e na tomada de decisões com base nos dados dos sensores ópticos. Inicialmente, é realizada a leitura dos sensores para determinar a posição do robô em relação à linha e com base nesses dados, o robô toma decisões sobre como se mover para seguir a linha, utilizando lógica condicional.

Além disso, algoritmos de controle, como o PID, podem ser implementados para ajustar a velocidade e a direção dos motores de forma precisa. Assim, durante a programação, são feitos ajustes e calibrações para otimizar o desempenho do robô. A interação com outros componentes, como displays ou sistemas de comunicação, também pode ser incorporada.

Por meio de testes e iteração, o código é refinado para garantir um movimento suave e estável do robô ao longo da linha. A programação de um robô seguidor de linha requer uma combinação de lógica condicional, algoritmos de controle e ajustes precisos para obter um desempenho eficiente.

Teoria de controle - PID

Para se ter controle em um seguidor de linha com 8 sensores QTR-8RC, um Arduino Nano e dois motores de 500 RPM (Rotações Por Minuto) envolve o uso de técnicas de controle para manter o robô alinhado com uma linha no chão, no caso do robô seguidor de linha, será uma única técnica de controle na qual fará parte do aprendizado adquirido através deste projeto.

E para isso, o método utilizado é o controle PID. Esse tipo de controle utiliza três componentes principais: proporção, integral e derivada, combinados para produzir o sinal de controle necessário para corrigir a posição do robô. O componente proporcional considera o erro atual, sendo a diferença entre a posição atual do robô e a posição desejada na linha. Já o componente integral considera a soma acumulada dos erros ao longo do tempo, o que permite corrigir desvios persistentes. Por sua vez, o componente derivativo considera a taxa de variação do erro, o que ajuda a evitar oscilações excessivas.

Ao combinar esses três componentes, o controlador PID gera um sinal de controle aplicado aos motores do robô. Esse sinal de controle ajusta as velocidades dos motores para corrigir a posição do robô em relação à linha. Por exemplo, se o robô estiver desviado para a esquerda, o controlador aumentará a velocidade do motor direito ou diminuirá a velocidade do motor esquerdo para corrigir o desvio. A equação do controle PID (BEQUETTE, 2002) pode ser dada na fórmula abaixo.

$$u(t) = k_c e(t) + k_I \int_0^t e(\sigma) d\sigma + k_D \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Onde as constantes proporcional, integrativa e derivativa são, respectivamente, k_c , k_I e k_D , e os erros são representados por $e(t)$ e $e(\sigma)$.

É importante ajustar os parâmetros do controlador PID, como os ganhos proporcionais, integrais e derivativos, para obter um desempenho adequado do seguidor de linha. Esses parâmetros podem ser ajustados experimentalmente para alcançar uma resposta suave e precisa do robô em relação à linha. Dessa forma, o seguidor de linha pode utilizar cada um dos seus sensores como valores de erro relacionado à posição da linha para realizar correções para manter o robô na trajetória desejada. Para isso, os sensores QTR-8RC são utilizados para medir a intensidade de reflexão da luz infravermelha na superfície abaixo deles. Com base nessas leituras, é possível determinar a posição do robô em relação à linha.

3.2 Carro autônomo

Os carros autônomos desenvolvidos pelas montadoras consistem em usar uma série de sensores, que podem ser desde ultrassom, LIDAR (*Light Detection and Ranging*) (YANG, 2022), câmeras, sistemas de geo-localização, dentre outros.

Na aplicação abordada, para a construção, foi usada apenas uma webcam para possibilitar a atuação da rede neural responsável pelo controle. A estrutura foi desenvolvida em duas etapas: o controle operacional e o controle inteligente. No controle operacional foi adicionado em um chassi do carro em escala controlado por rádio (RC car) um *encoder*, juntamente com um motor dc com escova. Para o controle de velocidade e sentido de rotação do motor foi utilizado um ESC (*Electronic Speed Control* - Controlador eletrônico de velocidade) e o controle de direção a partir de um servo motor, esse sistema foi conectado a uma plataforma de prototipagem eletrônica, o Arduino Nano.

A escolha deste material possibilitou um controle manual a partir de um rádio-controle, o controle manual é necessário para o controle inteligente a partir do treinamento da rede neural para associar os movimentos do RC car às imagens captadas pela webcam.

Componentes

Para a construção do modelo de robô autônomo, utilizaram-se os seguintes componentes:

- Motor de corrente contínua de 6 Volts;
- Servo motor;
- Robô em escala controlado via rádio;
- Arduino Nano com microcontrolador ATMEGA328p;
- Banco de Baterias de 10000 mAh;
- Raspberry Pi 4 Model B de 8GB;
- Câmera USB de 720 pixels;
- Juntas da câmera e do suporte da câmera impressa em ABS;
- Baterias de Li-ion de 3,7 Volts;
- *Jumpers*.

Montagem

A montagem do robô contou com a utilização de um suporte em MDF para organizar os componentes separados em duas partes: onde ficaram os motores, o ESC e a alimentação dos mesmos e onde ficará o microcontrolador, o Raspberry Pi, o banco de baterias, a câmera e o receptor de rádio, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Carro autônomo

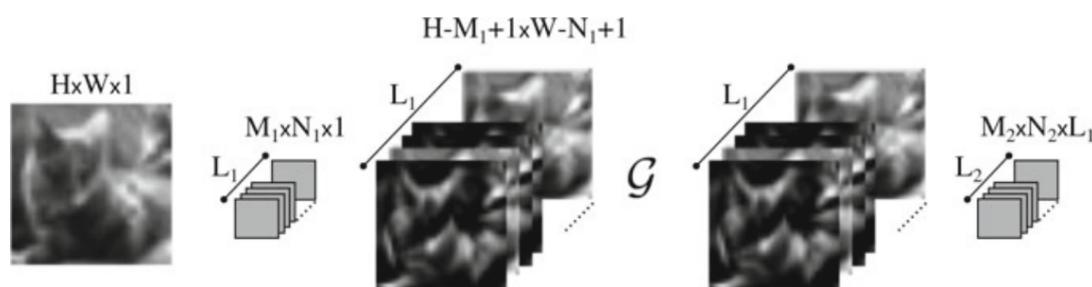


Fonte: Autoria própria

Rede neural convolucional

Redes neurais convolucionais (*Convolutional Neural Networks*, CNNs) (IVAKHNENKO, 1966) são um tipo de rede neural e sua principal característica é a aplicação de operações de convolução dos dados de entrada. A convolução envolve a passagem de um filtro (também chamado de *kernel*) sobre a imagem, multiplicando e somando seus valores com uma pequena região local dos dados. Esse processo permite extrair características importantes das imagens, como bordas, texturas e padrões. Pode-se notar o funcionamento de uma CNN na Figura 3 (AGHDAM e HERAVI, p. 90).

Figura 3 - Filtros de convolução em um Rede Neural Convolucional.



Fonte: Guide to Convolutional Neural Networks: A Practical Application to Traffic-Sign Detection and Classification, p. 90.

A Figura 3 apresenta o processo de convolução em uma CNN. As camadas de convolução utilizam filtros tridimensionais, onde a terceira dimensão é determinada pelo número de canais na entrada. A aplicação desses filtros produz imagens de saída, conhecidas como mapas de recursos. Cada camada de convolução gera um novo conjunto de mapas de recursos, que servem como entrada para as camadas subsequentes.

Além das camadas convolucionais, as CNNs também podem incluir camadas de *pooling*, que reduzem a dimensionalidade dos dados, e camadas totalmente conectadas,

que realizam a classificação final ou a regressão com base nas características extraídas. As CNNs são treinadas usando algoritmos de aprendizado supervisionado, onde os parâmetros do modelo são ajustados para minimizar uma função de perda, como a entropia cruzada, que mede a diferença entre as previsões e os rótulos corretos. A topologia neural, utilizada para desenvolver os primeiros testes no protótipo apresentado, foi a Pilot Net (BOJARSKI, 2017), a qual foi desenvolvida pela empresa NVIDIA.

Aplicado ao presente trabalho, esta técnica teve sua importância no treinamento do robô autônomo através da captura de imagens da pista onde, inicialmente, o robô foi teleoperado, para que se pudesse treinar a rede neural e gerar o resultado da navegação autônoma do robô.

4 RESULTADOS

O robô seguidor de linha foi montado e meticulosamente testado em uma pista de treinamento especialmente projetada para simular as condições da competição. Durante os testes rigorosos, o desempenho do robô foi excepcional, demonstrando habilidade em manter-se perfeitamente alinhado à linha, seguindo-a com precisão milimétrica ao longo do percurso completo, sem desviar-se ou sair da pista. Os avançados sensores de reflectância do robô operaram de maneira altamente eficiente, capturando de forma ágil e precisa os sinais da linha. Essa detecção confiável permitiu o cálculo regular do erro, possibilitando um controle preciso da velocidade e da direção de rotação do robô, com base na trajetória identificada pelos sensores. Para validar empiricamente essa abordagem técnica, foram realizados ajustes minuciosos e precisos das constantes K_c , K_i e K_d por meio de calibração. Os resultados foram extraordinários, evidenciando um funcionamento efetivo e confiável durante os testes exaustivos realizados.

Além disso, foi realizado um extenso treinamento de uma rede neural utilizando imagens da pista, capturadas pela câmera do robô autônomo durante as operações teleoperadas. No entanto, os resultados dos testes de operação autônoma do veículo real, baseados nos treinamentos da rede neural, ainda não alcançaram um nível satisfatório, ao contrário dos resultados obtidos na simulação, na qual a topologia neural utilizada foi validada com sucesso (<https://www.youtube.com/watch?v=tF0qRyLMZFk>). Essa discrepância pode ser atribuída à presença de ruídos e incertezas que afetam o desempenho da rede neural, como variações de iluminação, condições climáticas e mudanças no comportamento dos objetos. Além disso, também podem estar ocorrendo problemas como overfitting, nos quais a rede neural se adapta bem aos dados da simulação, mas não generaliza adequadamente para outros ambientes, sensores e atuadores do robô, resultando em diferenças entre os resultados obtidos na vida real e na simulação. No entanto, espera-se que esses desafios sejam superados e que os resultados sejam aprimorados significativamente em preparação para a competição RoboCar Race - 3ª Edição, que será realizada nos dias 18 e 19 de novembro de 2023 no AARC DO ABC - Santo André/SP, na Pista da Sociedade Paulista de Radiomodelismo.

Até o momento, os resultados obtidos têm proporcionado percepções valiosas para aprimorar o desempenho do robô e aumentar suas chances de sucesso na competição. O robô seguidor de linha, que também pode ser controlado remotamente, obteve um resultado satisfatório em comparação aos demais competidores, não havendo

necessidade de desclassificação e levando os membros envolvidos a conquistar posições no pódio. Com base no treinamento da rede neural e na aplicação do conhecimento adquirido nos testes, tem-se expectativa de que o veículo alcance um desempenho ainda mais avançado e supere os desafios enfrentados durante a competição.

Com base nesses avanços promissores, torna-se confiante de que o veículo continuará a evoluir e a superar com maestria os desafios enfrentados na competição. O foco está em aprimorar ainda mais o desempenho do robô, explorando novas abordagens e refinando suas habilidades para atingir um nível de excelência ainda mais avançado. Com a combinação do treinamento contínuo da rede neural e a aplicação inteligente dos conhecimentos adquiridos, espera-se elevar o desempenho do robô a patamares extraordinários, ultrapassando todas as expectativas e estabelecendo um novo padrão de excelência na competição.

A continuidade da pesquisa e do desenvolvimento do robô seguidor de linha é fundamental para explorar as possibilidades dessa tecnologia e avançar no aprendizado da robótica em sistemas autônomos. A otimização da eficiência e confiabilidade desses robôs permitirá lidar com desafios complexos em ambientes reais, beneficiando setores industriais, como logística, manufatura e agricultura. Além disso, o aprimoramento desses robôs contribuirá para avanços mais amplos na pesquisa de sistemas autônomos, beneficiando áreas como veículos autônomos e assistentes pessoais inteligentes.

5 CONCLUSÃO

A construção de robôs para as competições de robótica desempenha um papel crucial e fundamental no avanço, aprimoramento e evolução da engenharia em diversos setores. Essas competições não apenas proporcionam um ambiente propício para o aprendizado prático e o desenvolvimento de habilidades técnicas, como também estimulam a inovação e fomentam a colaboração entre os participantes. Ao oferecerem plataformas dinâmicas e desafiadoras, essas competições impulsionam a criatividade, encorajando estudantes, profissionais e entusiastas da robótica a explorarem soluções originais, eficientes e de vanguarda para os desafios propostos.

À medida que a robótica continua avançando rapidamente, as competições têm o potencial de se tornarem cada vez mais diversificadas, desafiadoras e abrangentes. Isso implica na exploração de novas áreas de pesquisa e desenvolvimento, abrindo caminho para soluções robóticas inovadoras em uma ampla gama de aplicações. A robótica já desempenha um papel fundamental e imprescindível em setores como a indústria e a medicina, e a expectativa é de que seu impacto se estenda a outras áreas, transformando a sociedade de maneiras impressionantes e revolucionárias.

A participação ativa em competições de robótica é de extrema importância para estudantes, acadêmicos e profissionais da engenharia que desejam se manter atualizados e impulsionar um campo em constante transformação. Ao se envolverem nessas competições, os participantes têm a oportunidade ímpar de adquirir conhecimentos valiosos, aprender com os outros e expandir sua rede de contatos no mundo da robótica. Com isso, a colaboração e a troca de conhecimentos entre os competidores são fundamentais para avançar na fronteira do conhecimento e acelerar o progresso da robótica avançada e da inteligência artificial.

Desse modo, as competições de robótica desempenham um papel verdadeiramente crucial, imprescindível e insubstituível no impulsionamento do avanço tecnológico e no desenvolvimento de soluções inovadoras que impactam positivamente a sociedade como um todo. Essas competições, ao unirem mentes brilhantes e visionárias, promovem uma sinergia única que resulta em avanços científicos e tecnológicos de alto impacto, trazendo benefícios significativos e transformadores para a sociedade e abrindo portas para um futuro repleto de possibilidades promissoras na robótica e na inteligência artificial.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos ao Professor José A. Diaz-Amado por seu valioso apoio e orientação ao longo do desenvolvimento dos robôs mencionados neste artigo. Sua expertise e dedicação foram fundamentais para o sucesso deste projeto.

Também gostaríamos de estender nossos agradecimentos a todos os autores deste artigo, cujo trabalho conjunto e colaborativo possibilitou a realização das pesquisas e experimentos descritos. Cada membro da equipe desempenhou um papel crucial, contribuindo com suas habilidades e conhecimentos para o avanço do projeto.

Além disso, gostaríamos de agradecer a todos os que, de alguma forma, apoiaram e incentivaram nosso trabalho, fornecendo recursos, materiais e feedback construtivo ao longo do processo. Suas contribuições foram inestimáveis e ajudaram a impulsionar nossos esforços.

Ademais, agradecemos ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) pelo incentivo à pesquisa e desenvolvimento científico, por meio de bolsas de iniciação científica em robótica ofertadas.

Por fim, agradecemos a todos os envolvidos na área de robótica e sistemas autônomos, cujas pesquisas e avanços contínuos inspiraram e motivaram nosso trabalho. Esperamos que este artigo possa contribuir para o avanço do conhecimento nesse campo e estimular futuras pesquisas e desenvolvimentos inovadores.

REFERÊNCIAS

AGHDAM, H. H., & HERAVI, E. J. **Guide to Convolutional Neural Networks: A Practical Application to Traffic-Sign Detection and Classification**. Springer. 1st ed. 2017. ASIN: B07236FP1Q.

BEQUETTE, B. W. **Process Control: Modeling, Design, and Simulation**. 1. ed. Pearson, 2002. 800 p. ISBN 978-0133536409.

BOJARSKI, MARIUSZ, et al. **"Explaining how a deep neural network trained with end-to-end learning steers a car."** arXiv preprint arXiv:1704.07911, 2017.

COLENCI, A. T. **O ensino de engenharia como uma atividade de serviços: a exigência de atuação em novos patamares de qualidade acadêmica**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

IVAKHNENKO, ALEKSEI, & VALENTIN G. L. **Cybernetic predicting devices.** Purdue univ lafayette ind school of electrical engineering, 1966.

FOLHA DE PERNAMBUCO **Estudantes pernambucanos vencem RoboCup 2022 na categoria Small Size League.** Disponível em: <https://www.folhape.com.br/colunistas/tecnologia-e-games/estudantes-pernambucanos-vencem-robocup-2022-na-categoria-small-size-league/32000/>. Acesso em: 29 mai. 2023.

GAUCHAZH **Estudantes da Furg são campeões do Brasileiro de Robótica.** Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/educacao-e-emprego/noticia/2022/10/estudantes-da-furg-sao-campeoes-do-brasileiro-de-robotica-cl9pw5uk7006z014uzzmc5xsi.html>. Acesso em: 29 mai. 2023.

PASSOLD, F. **Despertando para a Importância das Competições de Robôs.** In: COBENGE, Congresso Brasileiro de Engenharia, Passo Fundo RS. 2006.

YANG, TAO, et al. **"3d tof lidar in mobile robotics: A review."** arXiv preprint arXiv:2202.11025, 2022.

ROBOTIC COMPETITIONS IN ENGINEERING – COBENGE 2023

Abstract: *This article presents a study on building of robots in engineering, focusing specifically on the development of a line follower and an autonomous car using computer vision. The concept and functioning of these projects are explained, including the principles of line detection, motion control, object detection, and autonomous navigation. The components utilized, such as line sensors, motors, microcontrollers, cameras, and distance sensors, are detailed, along with their integration into the systems. The assembly process, including component arrangement, mechanical structure, and electrical connections, is described. Programming aspects, including computer vision algorithms and motion control implementation, are discussed. The article also highlights the obtained results, covering performance metrics such as speed, detection accuracy, and task completion success. The findings underscore the potential of these robots in engineering competitions, showcasing the effectiveness of the concepts, components, assembly, and programming.*

Keywords: *robotics competitions, engineering, line follower, autonomous car, computer vision, component integration, assembly, programming, performance metrics.*