

Controle de movimento de juntas de um manipulador industrial RV-2AJ por comando de voz

Francisco Vanier de Andrade¹

¹Instituto Federal do Ceará - Campus Cedro

Histórico do Artigo: Submetido em: 14/11/2023 – Revisado em: 12/02/2024 – Aceito em: 10/04/2024

RESUMO

Este artigo apresenta o controle de movimentação de um Manipulador Industrial modelo RV-2AJ através de comando de voz. O controle pode ser realizado no espaço das juntas ou no espaço cartesiano. O sistema de controle desenvolvido é constituído por um aplicativo instalado em um dispositivo móvel, onde o usuário dá entrada no controle através de comandos de voz enviados a um servidor que traduz estes comandos em ações no manipulador. A comunicação entre o dispositivo móvel e o servidor utiliza *bluetooth*, e entre o servidor e o manipulador a comunicação é realizada através de uma interface serial RS-232. O servidor executa um *script Ocatve* para o envio de ações a serem executadas pelo manipulador. Para se determinar de forma numérica o funcionamento do sistema utilizou-se como índice o número de acertos obtidos com o envio de comandos, onde estes foram enviados em distâncias variáveis no intervalo de 4 m até 26 metros. Foram realizados estudos estatísticos com a quantidade de acertos obtidos, e estes mostraram um índice de confiança de 90 % para distâncias de até 5.5 metros. Deve-se considerar que os erros podem ser afetados pelo tráfego na internet, uma vez que os comandos de voz são convertidos em texto para execução. Os testes foram realizados em períodos diários fixos.

Palavras-Chaves: Manipulador RV-2AJ, Comandos de Voz, Controle de Postura.

Joint Motion Control of an RV-2AJ Industrial Manipulator by Voice Command

ABSTRACT

This article presents the movement control of an Industrial Manipulator model RV-2AJ through voice command. The control can be carried out in joint space or in Cartesian space. The control system developed consists of an application installed on a mobile device, where the user inputs control through voice commands sent to a server that translates these commands into actions on the manipulator. Communication between the mobile device and the server uses Bluetooth, and between the server and the manipulator communication is carried out via an RS-232 serial interface. The server runs an *Ocatve* script to send actions to be performed by the handler. To determine numerically the functioning of the system, the number of hits obtained by sending commands was used as an index, where these were sent at variable distances in the range of 4 m to 26 meters. Statistical studies were carried out with the number of hits obtained, and these showed a confidence level of 90% for distances of up to 5.5 meters. It must be considered that errors can be affected by internet traffic, since voice commands are converted into text for execution. The tests were carried out in fixed daily periods..

Keywords: RV-2AJ Manipulator, Voice Commands, Pose Control.

1. Introdução

A Robótica industrial tem gerado aumento de produtividade nas últimas décadas. Diversas empresas nos diversos ramos da cadeia de produção têm optado por se utilizar de robôs manipuladores na produção de bens. De acordo com a Federação Internacional de Robótica (IFR), em 2020, já existiam mais de 3 milhões de robôs em funcionamento nas fábricas de todo o mundo, correspondendo ao dobro do ano de 2015. Esse número representa uma média a nível mundial de 126 robôs para cada grupo de 10 mil trabalhadores. A indústria automotiva, elétrica, eletrônica e metalúrgica são as que mais investem em automação de seus parques industriais.

Andrade FV. Controle de movimento de juntas de um manipulador industrial RV-2AJ por comando de voz. *Revista Universitária Brasileira*. 2024;2(1):53 – 60.



A automação, por outro lado, tem gerado polêmicas. Diversas discussões têm sido levantadas relativas aos aspectos sociais, como o impacto gerado pela perda de postos de trabalho. O fórum econômico mundial estimou em 2020 uma perda de cerca de 5 milhões de postos de trabalho devido à automatização.

A Indústria 4.0, ainda em processo de implantação a nível mundial, engloba um conjunto de tecnologias avançadas como Inteligência Artificial, Robótica, Internet das Coisas e Computação em Nuvem a serem aplicadas na produção, causando modificações no modelo de negócio. A implantação da Indústria 4.0 promete aumento da eficiência nos recursos utilizados e produção em larga escala. Nesse ambiente, onde a Robótica tende a desempenhar papel significativo, surge a figura dos robôs colaborativos ou *cobots*, como sendo máquinas industriais que trabalham lado a lado com operadores, mas oferecendo total segurança, e limitações de velocidade.

De acordo com a Associação Brasileira de Automação (ABRA), houve um crescimento no mercado de automação correspondente a 8,6% no ano de 2020. Este crescimento foi impulsionado pelo setor alimentício e de bebidas. Um dos grandes entraves para a adoção da robótica e automação nos processos produtivos é o alto investimento necessário em infraestrutura, treinamento e tecnologia para dar suporte necessário à sua implantação. Esse alto investimento pode comprometer o funcionamento das empresas de porte pequeno e médios.

Fabricantes de robôs apostam no crescimento desse segmento no Brasil, devido à demanda reprimida. Segundo a Associação Brasileira de Automação Industrial (ABAI), o setor registrou um crescimento de 10% no ano de 2020. Esse crescimento é esperado, uma vez que as empresas que não se automatizam não conseguem concorrer a nível internacional, o que pode gerar o encerramento de suas atividades e conseqüentemente, a redução de postos de trabalho. Dessa forma, pode-se notar impactos positivos e negativos da robótica, pois podem ocorrer redução de postos pela adoção da robótica, mas também pela não implantação desta no meio industrial.

Parece ser necessário a realização de treinamento preparando os trabalhadores para atuar neste segmento, pois uma vez implantada a utilização de robôs, surge a necessidade de manutenção, programação entre outras tarefas que podem ser realizadas pela mão de obra humana, que necessita de qualificação.

Diversas funcionalidades estão permitindo aos robôs realizarem maior interação com seus usuários. Atualmente é possível encontrar robôs domésticos que cuidam de idosos e crianças, realizando atividades de limpeza, atuando como guias, auxiliando em atividades nos hospitais, segurança entre outros.

Facilidades estão sendo implementadas nos robôs graças às tecnologias, cujo objetivo é facilitar os processos de interação com os humanos. Um desses métodos de interação é o reconhecimento de voz.

Pessoas com restrições de mobilidade podem se beneficiar dos métodos de interação por reconhecimento de voz, uma vez que o acionamento de um sistema pode ser realizado sem o contato físico direto com o mesmo. Diversos trabalhos têm sido realizados nesta área, aplicando diversas técnicas de reconhecimento de voz.

Em Cardoso et al¹ é apresentado o uso de reconhecimento de voz através de redes neurais artificiais. Neste trabalho foi desenvolvido um sistema que identifica palavras isoladas, dependentes do locutor, com um dicionário de 6 palavras, cujo objetivo é aplicação à robótica.

Um sistema de reconhecimento de voz independente do locutor com objetivos de controlar o movimento de robôs pode ser encontrado em Alvarenga², onde a tomada de decisões é realizada por uma rede neural treinada com sinais de voz de 16 locutores. Em Luz et al³ é apresentado o desenvolvimento de um braço robótico para auxílio de pessoas com tetraplegia. Um sistema de reconhecimento de voz com vocabulário e número de locutores restritos usando Redes Neurais Artificiais pode ser encontrado em Brandão⁴.

Alguns autores utilizaram o reconhecimento de voz em automação residencial. Em Amaral et al⁵, foi desenvolvido um sistema de reconhecimento de voz aplicado à automação residencial utilizando arquitetura baseada em sistemas inteligentes.

O objetivo deste trabalho é utilizar um sistema de reconhecimento de voz para acionar um robô manipulador industrial modelo RV-2AJ, fabricado pela Mitsubishi ElectricTM. Para a realização deste artigo foi desenvolvido um aplicativo usando a ferramenta de reconhecimento de voz do *framework App Inventor*.

Foram realizados testes de controle de movimentação através da interação entre o aplicativo e o robô. Estes testes apresentaram resultados positivos em relação ao reconhecimento correto das juntas a serem

acionadas. Foi utilizado como critério de verificação de funcionamento correto a quantidade de acertos verificados nos testes.

Este texto está dividido do seguinte modo: A seção Material e Métodos descreve o manipulador industrial RV-2AJ utilizado e o *framework MIT App Inventor* utilizada no desenvolvimento do aplicativo. A seção Resultados e Discussão descreve os erros, possíveis causas e é realizado um estudo estatístico desses resultados obtidos.

2. Material e Métodos

2.1 Manipulador RV-2AJ

A Figura 1 mostra o manipulador industrial RV-2AJ, fabricado pela Mitsubishi ElectricTM. Trata-se de um manipulador articulado ou antropomórfico com 5 juntas rotacionais.

Figura 1 – Manipulador Industrial RV-2AJ
Figure 1 - RV-2AJ Industrial Manipulator



Fonte: Autoria Própria
Source: Own authorship

Este manipulador possui capacidade de carga de 2 kg, podendo atingir velocidade máxima de 2100 mm/s e repetibilidade de ± 0.02 mm. O robô usa como método de detecção sensores do tipo *encoder* absoluto.

O manipulador RV-2AJ pode ser programado usando qualquer uma de suas linguagens: *MOVEMASTER* e *MELFA BASIC IV*. Neste trabalho foi utilizada a última destas linguagens. O modelo do controlador instalado no manipulador é o CR1-571.

Alguns trabalhos foram desenvolvidos utilizando o manipulador industrial RV-2AJ e serviram de base para a geração do presente trabalho. Em Andrade et al⁶ foi desenvolvido um sistema de separação de peças auxiliado por visão computacional. Uma *toolbox* para *Octave* pode ser encontrada em Andrade et al⁷. A geração de trajetórias usando um manipulador RV-2AJ pode ser encontrada em Dias et al⁸.

2.2 Reconhecimento de Voz

A Figura 2 mostra o sistema de reconhecimento de voz utilizado. O comando de voz é enviado através de um dispositivo móvel. Para que o sistema tenha êxito é necessária uma conexão com a internet, pois o comando de voz é convertido em texto usando a plataforma *Google™ Cloud Speech-to-Text*. O texto convertido é enviado ao servidor de comandos via *bluetooth*. Ao receber o comando o servidor consulta uma tabela e o envia ao controlador para execução.

Figura 2 – Sistema de reconhecimento de voz
Figure 2 - Voice Recognition System



A comunicação entre o servidor e o controlador do robô manipulador é realizada usando uma interface serial RS-232.

2.3 Reconhecimento de Voz

De acordo com Neto et al⁹, os sistemas de reconhecimento de voz podem ser divididos em três grupos:

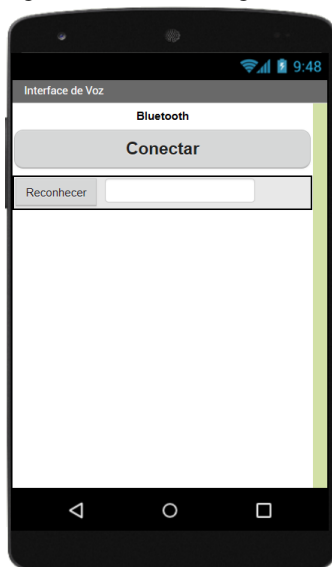
- I. **Identificação Automática de Locutores (ASR)** - O sistema é capaz de identificar diferentes locutores em um conjunto fixo de indivíduos.
- II. **Verificação Automática de Locutores (ASV)** - O sistema verifica apenas se a voz capturada é autorizada;
- III. **Reconhecimento de Comandos Independente de Locutor (RCIL)** - O sistema reconhece palavras pronunciadas independente do locutor.

De acordo com Rabiner⁹, um sistema de reconhecimento de voz deve possuir as etapas:

- ✓ Aquisição dos dados - necessária para realizar a amostragem e codificação dos sinais de voz;
- ✓ Pré-processamento e extração de características - Necessária para a normalização e filtragem dos dados;

Para dar entrada no sistema com os comandos de voz, foi desenvolvido um aplicativo usando o *MIT App Inventor*. A Figura 3 mostra a interface do aplicativo. O botão conectar ativa a conexão *bluetooth*. Uma vez conectado ao servidor de comandos, deve-se pressionar o botão reconhecer, o aplicativo aguarda o comando de voz e o transforma em texto, que é enviado via *bluetooth* ao servidor para execução.

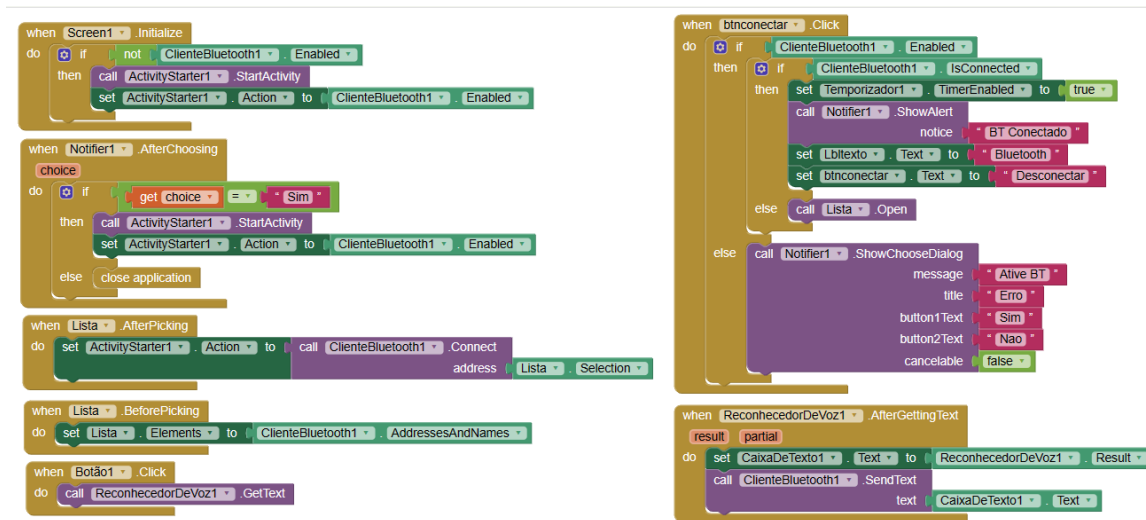
Figura 3 – Sistema de reconhecimento de voz
 Figure 3 - Voice Recognition System



Fonte: Autoria própria
 Source: Own authorship

A Figura 4 mostra a programação em blocos do App desenvolvido. A interface foi simplificada para facilitar a entrada de dados pelo usuário, podendo esta ser modificada de modo que possam se utilizar palavras de controle para acionar o sistema, não sendo necessário o acionamento por toque de botões.

Figura 4 – Programação em Blocos do Aplicativo
 Figure 4 - Application Block Programming



Fonte: Autoria própria
 Source: Own authorship

3. Resultados e Discussão

De modo a se obter uma forma de avaliação do sistema proposto foi utilizado como índice o número de acertos no envio e execução dos comandos de voz para o manipulador RV-2AJ. Nas medições utilizadas, a

distância entre o sistema de entrada de voz (dispositivo móvel) e o servidor foi variada para que se possa analisar a criticidade da comunicação via *bluetooth*. Sendo assim, foram realizados testes de distanciamento de 4 m até 26 m com variações de 2 m entre medições.

Os dados foram analisados estatisticamente de modo a se determinar a distância máxima para obtenção de acertos de comandos de 90%. É importante enfatizar que o tráfego na rede (Internet) também tem influência direta nas medições, sendo o horário dos testes fator influenciador de desempenho do sistema.

De modo a se tentar reduzir a influência, os ensaios foram realizados em horários fixos, variantes entre 09 h e 10 h. Além disso, foi utilizado o mesmo comando de voz (fechar a garra do robô) em todos os testes. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos nos testes de envio de comandos de voz. Como pode ser visualizado, para cada distância aproximada entre dispositivo móvel e servidor, variando de 4 m até 26 m, foram realizados 20 testes e anotados o número de acertos.

A Figura 5 apresenta os dados em forma de Histograma, onde o eixo horizontal representa a distância entre móvel e servidor e eixo vertical representa a quantidade de acertos obtidos.

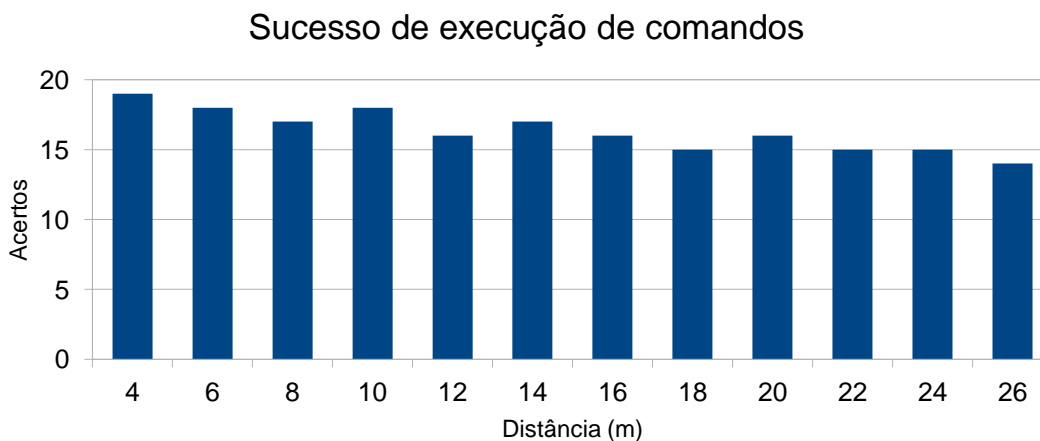
Tabela 1 – Resultados dos testes

Table 1 – Test Results

Distância Móvel/Servidor	Número de testes	Número de acertos
4 m	20	19
6 m	20	18
8 m	20	17
10 m	20	18
12 m	20	16
14 m	20	17
16 m	20	16
18 m	20	15
20 m	20	16
22 m	20	15
24 m	20	15
26 m	20	14

Figura 5 – Gráfico Acertos x Distância

Figure 5 - Successes x Distance Chart

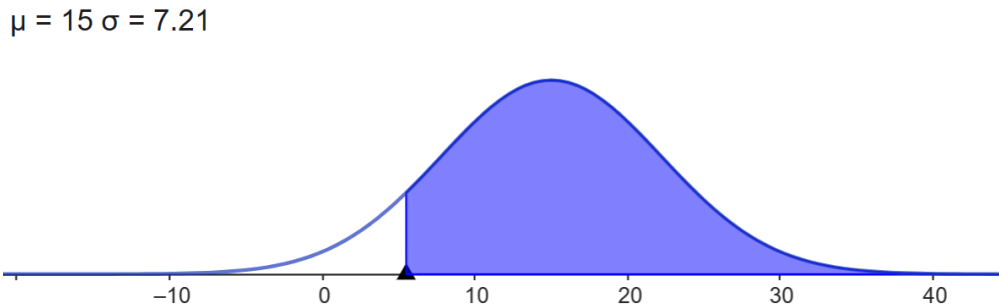


Fonte: Autoria própria
Source: Own authorship

Foram calculados a média e o desvio padrão dos dados da tabela, tendo sido obtidos 15 e 7.21, respectivamente. A seguir foi utilizada a calculadora estatística da ferramenta *Geogebra* online, de modo a se determinar na função densidade de probabilidade dados de distância relacionados à quantidade de acertos.

A Figura 6 apresenta a função densidade de probabilidade para os dados obtidos. Para se conseguir sucesso de 90% na execução de comandos, é necessária uma distância máxima de 5.5 m.

Figura 6 – Função Densidade de Probabilidade
Figure 6 - Probability Density Function



Fonte: Autoria própria
Source: Own authorship

4. Conclusão

O uso de comandos de voz pode ser de grande ajuda em diversos sistemas, uma vez que facilita desde aplicações mais simples, como a entrada de dados em textos, até tarefas mais complexas como o controle de sistemas, realizando a função de ferramenta inclusiva social e digital.

Seu uso em aplicações industriais pode ser de grande ajuda para inserir pessoas com necessidades especiais de locomoção no mercado de trabalho. Para que isto ocorra, é necessário que adaptações adequadas às necessidades dos usuários sejam realizadas.

Este artigo teve como objetivo geral desenvolver e utilizar uma ferramenta de comandos de voz para a entrada de dados em um manipulador industrial RV-2AJ. Um objetivo específico do trabalho é utilizá-lo como ferramenta didática, de modo que alunos portadores de necessidades especiais possam ser beneficiadas pelo uso do manipulador, o que pode ajudar no conhecimento prático desenvolvido por este público.

Os resultados dos testes práticos obtidos se mostraram satisfatórios em relação ao número de acertos de execução.

O sistema desenvolvido apesar de ser de fácil implementação, possui limitações relacionadas à necessidade de disponibilidade de conexão à Internet de modo a se poder realizar a conversão de voz em texto.

Deseja-se em trabalhos futuros realizar a integração com ferramentas de Inteligência Artificial para melhorar a interação com o sistema de controle.

5. Referências

1. Cardoso SA, Castanho JEC, Franchin MN, Fontes IR. Sesame: Sistema de Reconhecimento de Comandos de Voz Utilizando PDS e RNA, *XVIII Congresso Brasileiro de Automática*, Bonito-MS, 2010.

2. Alvarenga RJ. Reconhecimento de Comandos de Voz por Redes Neurais, Dissertação de Mestrado, Universidade de Taubaté, Taubaté-SP, 2012.
3. Luz AJPV, Linares E, Reis JPG. Desenvolvimento de um Braço Robótico Capaz de Reconhecer Comandos de Voz para Auxílio de Pessoas com Tetraplegia. *Revista Eletrônica de Ciência da Computação*. 2014;9(1).
4. Brandão AS. Redes Neurais Artificiais Aplicadas ao Reconhecimento de Comandos de Voz, Trabalho de Conclusão de Curso, UFV, Viçosa-MG, 2005.
5. Amaral MA, Barriviera R, Teixeira EC. Reconhecimento de Voz para Automação Residencial baseado em Agentes Inteligentes, *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, Vol.3, No1, 2018.
6. Andrade FV, Freitas FC, Andrade MVLM. Pieces Separation Applied to a RV-2AJ Industrial Manipulator, *International Journal of Electrical and Computer Engineering Research - IJECER*. 2023;3(3).
7. Andrade MVLM, Camara FC, Andrade FV. Desenvolvimento de uma toolbox para aplicações em um manipulador RV-2AJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INSTRUMENTAÇÃO, SISTEMAS E AUTOMAÇÃO, 2019, Campinas. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/cobisa-2019/trabalhos/desenvolvimento-de-uma-toolbox-para-aplicacoes-em-um-manipulador-rv-2aj?lang=pt-br>> Acesso em: 25 dez. 2023.
8. Dias LS, Andrade MVLM, Freitas FC, Andrade FV. Geração de Trajetórias de um Manipulador RV-2AJ usando o método dos Campos Potenciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INSTRUMENTAÇÃO, SISTEMAS E AUTOMAÇÃO, 2019, Campinas. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/cobisa-2019/trabalhos/geracao-de-trajetorias-de-um-manipulador-rv-2aj-usando-o-metodo-dos-campos-poten?lang=pt-br>> Acesso em: 25 dez. 2023.
9. Neto JAO, Castro MAA, Felix LB. Reconhecimento de Comandos de Voz para o Acionamento de Cadeira de Rodas. *XVIII Congresso Brasileiro de Automática*, Bonito-MS, 2010.
10. Rabiner L, Juang B-H. Fundamentals of Speech Recognition, Prentice-Hall, 1993.