

# CAPÍTULO 1

## ADOTANDO ESTRATÉGIAS DE APRENDIZAGEM ATIVA COM O AUXÍLIO DA COMPUTAÇÃO FLEXÍVEL PARA POTENCIALIZAR O ENSINO DE ROBÓTICA EM NÍVEL UNIVERSITÁRIO

*Data de aceite: 02/10/2023*

### **Márcio Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
PPGEM-CP - Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Mecânica PP/  
CP  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Janaína Fracaro de Souza Gonçalves**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
PPGEM-CP - Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Mecânica PP/  
CP  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1857241899832038>

### **Kazuyochi Ota Junior**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Mestrando - PPGEM-CP - Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Mecânica  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

### **Vera Adriana Huang Azevedo Hypólito**

Centro Paula Souza  
Area de Tecnologia da Informação  
ETEC Jacinto Ferreira de Sá  
<http://lattes.cnpq.br/6169590836932698>

### **Vicente de Lima Gongora**

Faculdade da Industria Senai  
Londrina - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/6784595388183195>

### **Celso Alves Correa**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Departamento Acadêmico De Mecânica  
(DAMEC)  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/8547137298279961>

### **Miguel Angel Chincaro Bernuy**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná,  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/0848702819711420>

### **Carlos Alberto Paschoalino**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná,  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/0419549172660666>

### **Gabriela Helena Bauab Shiguemoto**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná,  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – Pr  
<http://lattes.cnpq.br/3301713295448316>

**Angelo Feracin Neto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – Pr  
<http://lattes.cnpq.br/0580089660443472>

**Emerson Ravazzi Pires da Silva**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – Pr  
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

**Rodrigo Rodrigues Sumar**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – Pr  
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

**Ricardo Breganon**

Instituto Federal do Paraná, Campus Jacarezinho  
Jacarezinho – Pr  
<http://lattes.cnpq.br/2441043775335349>

**Henrique Cavalieri Agonilha**

Universidade Filadélfia (Unifil) Londrina  
Londrina - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/9845468923141329>

**Marcos Antônio de Matos Laia**

Universidade Federal de São Joao Del Rei  
Departamento De Ciência Da Computação – UFSJ  
Minas Gerais \_ Mg  
<http://lattes.cnpq.br/7114274011978868>

**Fabio Nogueira de Queiroz**

Centro Paula Souza  
Departamento Computação-FATEC Ourinhos  
Ourinhos – Sp  
<http://lattes.cnpq.br/4466493001956276>

**RESUMO:** Este estudo se aprofunda na administração de aulas de robótica no curso de graduação em Mecatrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Brasil. A abordagem se baseia no uso de sistemas de computação inteligente, uma metodologia ativa de resolução de problemas e uma variedade de outras áreas detalhadas no artigo. O foco nessas técnicas é motivado pelo objetivo de modernizar os métodos de ensino. Embora uma análise estatística quantitativa abrangente da satisfação dos estudantes não tenha sido realizada, os autores acreditam que a abordagem oferece um valor significativo

para os alunos. Isso é evidenciado pelo número de projetos finais que se originaram dos seminários do curso e do próprio conteúdo. O resultado se inclina especificamente para a metodologia ativa de resolução de problemas, com modelos sendo claramente explicados e disponibilizados para os alunos realizarem seus próprios experimentos. Vale ressaltar que a intenção não era usar exclusivamente sistemas inteligentes para resolução de problemas neste estudo. Os resultados individuais e suas discussões são exibidos no artigo. O estudo conclui com um resumo e uma perspectiva para trabalhos futuros nesta área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Redes Neurais Artificiais; Multidisciplinar; Robótica; Metodologias Ativas

## ADOPTING ACTIVE LEARNING STRATEGIES WITH THE AID OF FLEXIBLE COMPUTING TO ENHANCE THE TEACHING OF ROBOTICS AT THE UNIVERSITY LEVEL

**ABSTRACT:** This study explores the implementation of robotics classes in the undergraduate Mechatronics course at the Federal Technological University of Paraná in Brazil. The primary focus is on utilizing intelligent computing systems, employing an active problem-solving methodology, and incorporating various other aspects outlined in the article.

These techniques aim to modernize teaching methods and enhance student learning experiences. Although a comprehensive, quantitative statistical analysis of student satisfaction was not conducted, the authors assert that the approach holds significant value for students. This assertion is supported by the number of final projects that have originated from the course's seminars and the content itself. The study particularly emphasizes the active problem-solving methodology, providing clear explanations and accessible models for students to conduct their own experiments. It is important to note that the study did not exclusively rely on intelligent systems for problem-solving purposes.

Individual results and their corresponding discussions are presented within the article. The study concludes with a summary and a discussion on potential future endeavors in this field.

**KEYWORDS:** Artificial Neural Networks, Multidisciplinary, Robotics, Active Metodologies.

## INTRODUÇÃO

De um modo geral, Metodologias ativas são um conjunto de práticas pedagógicas que colocam o aluno no centro do processo de aprendizagem. Isso significa que o aluno é responsável por sua própria aprendizagem, e o professor é um facilitador que ajuda o aluno a atingir seus objetivos.

As metodologias ativas são baseadas na ideia de que o aluno aprende melhor quando é ativo e quando tem a oportunidade de aplicar o que está aprendendo. Por isso, as metodologias ativas são frequentemente baseadas em projetos, problemas ou desafios  
Fernandes, M. S. (2017).

- As metodologias ativas têm muitos benefícios, como:
- Aumentar a motivação e a engajamento dos alunos;
- Melhorar a compreensão dos conceitos;

- Desenvolver as habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas;
- Preparar os alunos para o mundo do trabalho;
- Tornar a aprendizagem mais divertida e significativa.
- Algumas metodologias ativas populares são:
- Aprendizagem baseada em projetos;
- Aprendizagem baseada em problemas;
- Aprendizagem baseada em jogos;
- Aprendizagem baseada em pares;
- Aprendizagem baseada em colaboração.

Estratégias de aprendizagem ativa provaram ser altamente eficazes para melhorar a instrução, particularmente no campo da robótica no nível universitário Moraes, R. (2018). A integração de técnicas de *soft computing* na implementação dessas estratégias oferece oportunidades promissoras para avanços adicionais. *Soft computing*, que abrange redes neurais artificiais, lógica *fuzzy*, fornece um robusto arcabouço para abordar os complexos desafios encontrados no ensino de robótica. Ao aproveitar o poder do *soft computing*, os instrutores podem criar ambientes de aprendizado dinâmicos e interativos que engajam ativamente os alunos e promovem um entendimento mais profundo e a aplicação prática de conceitos de robótica. Este artigo explora a implementação de estratégias de aprendizagem ativa através do *soft computing* no contexto da instrução de robótica, destacando seu potencial para revolucionar a experiência educacional e fomentar o desenvolvimento de profissionais de robótica altamente qualificados (Siciliano e Khatib, 2016).

A pedagogia das competências é uma abordagem educacional que enfatiza o desenvolvimento de competências, ou seja, habilidades e conhecimentos que são necessários para o sucesso na vida pessoal e profissional. A pedagogia das competências surgiu na década de 1960, em resposta à crescente complexidade do mundo do trabalho.

No livro “A pedagogia das competências: das desilusões da competência à reconstrução de um conceito”, o professor Philippe Perrenoud discute as vantagens e desvantagens da pedagogia das competências. Ele argumenta que a pedagogia das competências pode ser uma abordagem eficaz para a educação, mas que é importante ter em mente suas limitações.

Uma das vantagens da pedagogia das competências é que ela pode ajudar os alunos a desenvolver as habilidades e conhecimentos que são necessários para o sucesso na vida pessoal e profissional. Por exemplo, a pedagogia das competências pode ajudar os alunos a desenvolver habilidades de comunicação, trabalho em equipe e resolução de problemas.

Outra vantagem da pedagogia das competências é que ela pode ser uma abordagem

mais personalizada do ensino. Isso ocorre porque a pedagogia das competências enfatiza o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos que são específicos para cada aluno.

No entanto, a pedagogia das competências também tem algumas limitações. Uma das limitações é que ela pode ser difícil de avaliar. Isso ocorre porque as competências são muitas vezes difíceis de medir de forma objetiva.

Outra limitação da pedagogia das competências é que ela pode ser muito cara. Isso ocorre porque a pedagogia das competências exige que os professores sejam bem qualificados e que os alunos tenham acesso a recursos de alta qualidade.

Apesar das limitações, a pedagogia das competências pode ser uma abordagem eficaz para a educação. Se utilizada corretamente, a pedagogia das competências pode ajudar os alunos a desenvolver as habilidades e conhecimentos que são necessários para o sucesso na vida pessoal e profissional.

Aqui estão algumas dicas para implementar a pedagogia das competências na sala de aula:

- Defina as competências que você deseja que seus alunos desenvolvam.
- Escolha atividades e tarefas que ajudem os alunos a desenvolver essas competências.
- Forneça feedback aos alunos sobre seu desempenho.
- Ajude os alunos a aplicar o que estão aprendendo em situações do mundo real.

A pedagogia das competências é uma abordagem educacional que tem o potencial de revolucionar a educação. Se utilizada corretamente, a pedagogia das competências pode ajudar os alunos a desenvolver as habilidades e conhecimentos que são necessários para o sucesso na vida pessoal e profissional Perrenoud (2018).

Atualmente, a robótica encontra aplicações em uma multiplicidade de domínios, levando a uma riqueza de pesquisas em áreas como produção industrial, exploração espacial, manufatura, construção de moradias e até mesmo medicina. Isso estimulou a pesquisa e o desenvolvimento em disciplinas de engenharia associadas à robótica, incluindo aquelas que serão discutidas neste estudo.

O uso de sistemas computacionais inteligentes não só amplia e estimula o leque de soluções disponíveis para os alunos, mas também ressalta a importância deste campo (Siciliano e Khatib, 2016). Juntamente com outros setores como a Internet das Coisas (IoT) e Big Data, facilitou melhorias nos processos de produção, levando a uma melhor qualidade, precisão, padronização, entre outras áreas.

Melhorias nos processos de produção incluem qualidade, precisão e padronização. Por exemplo, com a ajuda da tecnologia de inteligência artificial, a tecnologia de big data, 5G e outras novas tecnologias em breve passarão de conectar pessoas para conectar a IoT (Zhang, 2021).

Este estudo apresenta as descobertas derivadas de um estudo exploratório

realizado com um grupo de jovens nativos digitais, que se envolveram em jogos online. O termo “nativos digitais” foi cunhado por Marc Prensky, um educador e pesquisador, para descrever a geração de jovens indivíduos nascidos em um mundo onde informações rápidas e acessíveis através da extensa rede de computadores (a Web) estão prontamente disponíveis Prensky, M. (2001).

Para enfrentar os desafios mencionados acima, os autores empregaram metodologias ativas no ensino de robótica, incluindo aprendizagem baseada em problemas, projetos e jogos. O objetivo era facilitar a aprendizagem conceitual, procedural e atitudinal, preparando os alunos para o mercado de trabalho. A pesquisa foi conduzida em um curso de Engenharia Mecatrônica em uma Universidade Federal no Brasil. Sistemas computacionais inteligentes como Redes Neurais Artificiais (RNA), Método numérico, como por exemplo o solve do MatLab foram utilizados para resolver um problema clássico de robótica, como cinemática inversa, uma abordagem semelhante, entretanto até com robôs em três dimensões podem ser conferidas no trabalho de Dalmedico.e colaboradores (2018).

A abordagem multidisciplinar entre robótica e mecatrônica visava motivar os alunos, embora o aspecto de resolução de problemas apresentasse dificuldades para eles. Os resultados indicaram a necessidade de melhorias nas práticas de ensino. O trabalho é estruturado com uma fundamentação em técnicas multidisciplinares e relacionadas no Capítulo 2, seguido de uma discussão sobre robótica autônoma, calibração de câmeras e cinemática inversa no Capítulo 3. O Capítulo 4 se concentra na análise dos resultados e metodologias utilizadas, enquanto a conclusão apresenta as descobertas dos autores e delinea trabalhos futuros.

## **FUNDAMENTOS E CONCEITOS DE MULTIDISCIPLINARIDADE**

As transformações na sociedade causam impactos significativos nas escolas e na relação de ensino-aprendizagem. Tais modificações exigem mudanças que permitam respostas rápidas e eficazes às demandas dos alunos, que vivem em um ambiente cada vez mais competitivo, com a intensificação da imprevisibilidade no mundo dos negócios e com a evolução tecnológica. Uma nova configuração de estudantes universitários, formada por uma geração cujas informações são apresentadas por meio de várias ferramentas e em um volume exagerado, chega às instituições de ensino superior para se preparar para o mercado profissional em que desejam atuar. Trata-se de uma geração digital, na qual se desenvolvem indivíduos nascidos entre o início dos anos 80 e o final dos anos 90, cujo crescimento acompanhou a evolução do mundo digital.

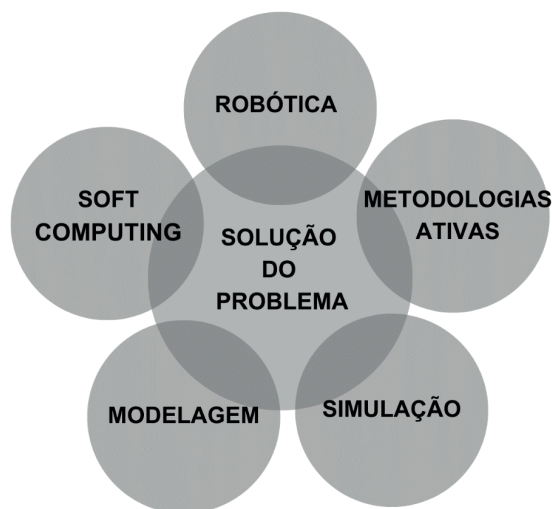


Figura 1. Âmbito Multidisciplinar da Presente Pesquisa.

A Figura 1 é o centro da pesquisa, na solução de um problema de robótica, por meio de uma metodologia ativa, no caso solução de problemas, através de simulação de um modelo de um braço robótico resolve a solução do problema da cinemática inversa através de uma técnica de *softcomputing*, no caso redes neurais artificiais. Uma solução por meio de método numérico é apresentada para discorrer vantagens e desvantagens da técnica empregada.

Para o educador e pesquisador Marc Prensky, esses jovens estão acostumados a obter informações rapidamente e tendem a recorrer primeiro a fontes digitais e à Web antes de procurar em livros ou mídia impressa. Por causa desses comportamentos e atitudes e porque eles entendem a tecnologia digital como uma linguagem, Prensky os descreve como Nativos Digitais, já que “falam” a língua digital desde o nascimento (Prensky, 2001).

A proposta e motivação deste trabalho são utilizar metodologias ativas para motivar e aprender conceitos básicos como cinemática inversa, calibração de câmeras e a primeira versão de um manobrista autônomo, conceitos de robótica e fundamentos por meio de soluções de sistemas computacionais inteligentes.

É bem sabido que a pesquisa inter e transdisciplinar tem três funções essenciais, criar a ideia original e resolver problemas cujas soluções estão além do escopo de uma única disciplina ou campo de prática de pesquisa (Brammer et al., 2012). No entanto, documentos e relatórios relacionados falam de vários termos como ‘disciplinar’, ‘interdisciplinar’, ‘transdisciplinar’, portanto, o consenso desses termos muitas vezes depende de contextos teóricos e culturais (Tian e Collins, 2004).

No presente trabalho, multidisciplinar é o conceito que mais se adequa à proposta

de ensino de robótica. De acordo com o conceito de multidisciplinar, informações de várias disciplinas são usadas para estudar um elemento específico sem a preocupação de interconectar os tópicos. Assim, cada disciplina contribuiu com as informações detalhadas em seu campo de conhecimento sem considerar uma integração entre elas. Essa relação entre disciplinas é considerada ineficaz para a transferência de conhecimento, pois impede uma conexão entre as várias habilidades.

Outra área relevante, mais especificamente na educação, pode ser citada no trabalho (Tian e Collins, 2004), que incluiu tecnologia e circunscreveu metodologias cooperativas e motivou esta pesquisa atual. A Figura 1 mostra as principais áreas de conhecimento utilizadas na proposta de ensino de robótica deste artigo.

De maneira geral, uma metodologia ativa é utilizada para conceituar a forma de solução. A disciplina de robótica possui alguns problemas, de preferência clássicos, a serem resolvidos *por softcomputing*. No entanto, o modelo e a simulação ainda não são necessários para pelo menos validar as dificuldades. As áreas de conhecimento mais relevantes são a área de aplicação da disciplina de robótica: Sistemas Computacionais Inteligentes, Metodologias Ativas, Modelagem e Simulação para validar a solução do problema proposto. Esses conceitos são trabalhados no domínio do ensino, como se complementam e conectam uns aos outros. No entanto, a eletrônica também foi adicionada a um Arduino em um trabalho de conclusão de curso.

Os conceitos trabalhados nas disciplinas interconectadas são mais profundos, como a área de inclusão de visão robótica do planejamento de trajetórias, entre outros. No entanto, ainda podemos classificá-lo como multidisciplinar porque estão em uma área ampla, que seriam os sistemas computacionais. Um projeto de outro laboratório universitário que construiu um robô dançarino relacionado às artes, culturas musicais sugeriram ser transdisciplinar. Esses exemplos foram considerados essenciais para melhorar a multidisciplinaridade no ensino, foco desta investigação científica, eventualmente, trabalhos de conclusão de curso ou veículos de divulgação científica (originários da pesquisa por meio do Laboratório de Automação e Robótica Avançada - AARLab, da UTFPR-CP).

No contexto de abordagens multidisciplinares, algumas questões foram abordadas usando métodos não tradicionais, e em alguns casos, esses foram comparados com métodos tradicionais, como o problema da cinemática inversa.

A cinemática direta é relativamente simples; usando um vetor de ângulos, é possível determinar a posição do atuador. No entanto, em aplicações práticas, o inverso é frequentemente mais crítico: encontrar um vetor de ângulos que ditará a posição final do atuador. Portanto, enquanto a solução proposta nesta investigação pode não ser ótima, é certamente plausível. Por exemplo, em um projeto de conclusão de curso, um braço autônomo foi capaz de alcançar precisão dentro de alguns milímetros.

De fato, tal precisão pode não ser suficiente para um braço cirúrgico; no entanto, para aplicações industriais como a manipulação de objetos, o uso de Algoritmos Genéticos ou



Redes Neurais Artificiais, conforme proposto nesta pesquisa, pode se revelar uma solução viável. Para resolver a cinemática inversa, métodos algébricos, geométricos e iterativos são frequentemente empregados na literatura. No entanto, ao lidar com manipuladores, o uso desses métodos se torna menos adequado devido à sua complexidade estrutural. Uma abordagem alternativa é a aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA). Este método se mostra eficaz no manuseio de um manipulador, dada sua capacidade de aprender por meio de treinamento e sua flexibilidade inerente (Haykin, 2009).

Geralmente, um manipulador com grau de liberdade (GDL) maior do que o necessário para uma tarefa específica é empregado para garantir a precisão necessária (Xiao e Zhang, 2014). Neste estudo, um manipulador robótico com 3 GDL é utilizado para alcançar pontos específicos dentro de um espaço bidimensional (2D).

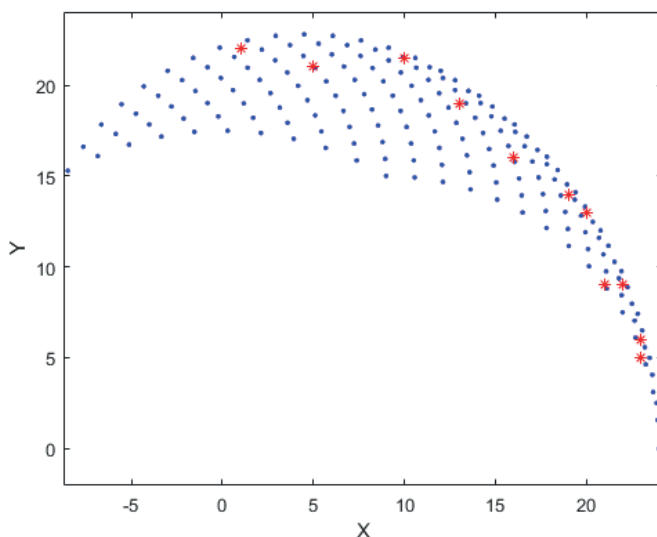


Figura 2. Nuvem de Pontos com Dois Graus de Liberdade (GDL)

Ao definir a posição de origem de um manipulador em uma de suas extremidades, representada por O, e a posição desejada na outra extremidade, representada por P, várias soluções podem satisfazer a configuração do ângulo da articulação. Em outras palavras, existem múltiplas soluções para resolver a cinemática inversa, frequentemente referidas como soluções redundantes. Como ilustrado na Figura 2, mesmo para manipuladores rotativos de 2 GDL, já podemos observar duas soluções distintas. O número dessas soluções aumenta exponencialmente com o número de GDL (de Souza et al., 2018).

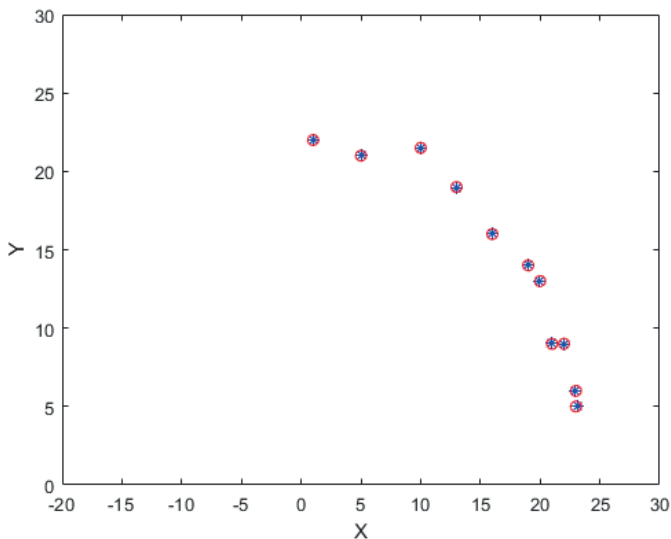


Figura 3 - Pontos com Dois Graus de Liberdade (GDL)

A Figura 3 mostra um espaço de trabalho povoado com uma multiplicidade de pontos para aprendizado da RNA, juntamente com alguns pontos de teste com o acerto de praticamente 100%. Para o caso de outras possíveis ferramentas, as quais são empregadas na disciplina. Como por exemplo Algoritmo Genético (AG), é crucial usar uma população inicial próxima à solução do problema para uma convergência mais rápida e, potencialmente, um resultado favorável. No entanto, fazer afirmações definitivas sobre AGs pode ser desafiador devido à natureza estocástica inerente em parte do algoritmo. Neste experimento, foi utilizada uma versão canônica com valores reais, composta por cinco elementos e uma população variando entre 20 e 40, com uma baixa taxa de mutação de menos de 5%. Foi estabelecido um critério de parada de 1000 gerações, embora não tenha sido necessário escopo dessa investigação científica.

De um modo resumido na Figura 2, intitulada “Nuvem de Pontos com Dois Graus de Liberdade (GDL)”, os pontos vermelhos representam os pontos de teste e validação das Redes Neurais Artificiais (RNAs).

Em um experimento exemplar composto por 119 iterações, com um erro de saída de um milionésimo e 30 e 20 neurônios, encontrados de forma empírica, nas respectivas camadas, os resultados intermediários da RNA foram satisfatórios, conforme demonstrado na Figura 5. A rede utilizada foi *Perceptron Back-Propagation* com algoritmo de treinamento Levenberg Marquadt. Ressaltasse que resultados com a função *feedforwardnet* do MatLab versão 2020 com mesmo número de neurônios obtiveram resultados com maior erro, desse modo o algoritmo de otimização, a priori foi mantido, para a posteriori uma investigação mais detalhada cabe ressaltar que devido aos pontos se encontrarem em dois domínios X

e Y sugere-se duas camadas intermediárias pelos menos (HAYKIN, 2009).

Embora os resultados da RNA tenham sido visualmente agradáveis, os resultados quantitativos podem ser examinados de forma mais aprofundada na Figura 3.

Para ilustrar essa solução por RNA, na disciplina um problema semelhante a esse mostrado na Figura 4 3-D com 3 GDL, porém dado para os alunos com um braço 2-D de com 2 GDL



Figura 4– Exemplo de solução por problemas

Para ilustrar uma solução diferente usando solução numérica, uma vez que a solução analítica da cinemática inversa não é trivial (DALMEDICO, et al, 2018). A Figura 5 mostra a solução de um dos pontos da nuvem de pontos solucionada pela RNA.

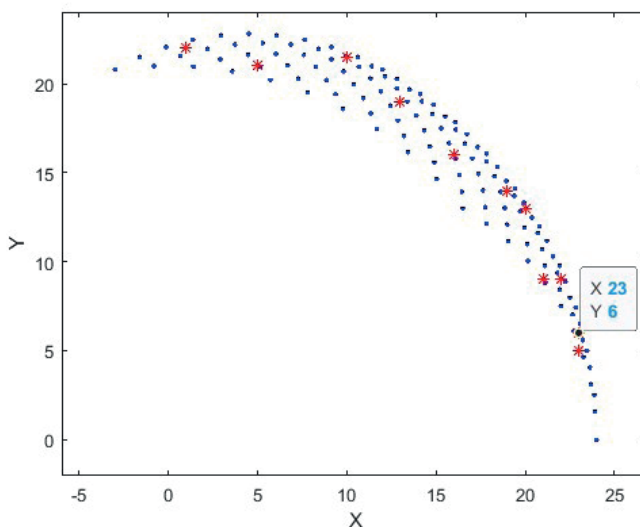


Figura 5– Solução de um dos pontos de teste da nuvem de pontos por meio do solve

A solução desse ponto obtida pelo solve para o ponto  $X=23$  e  $Y=6$ .

**Alpha1** = 24.891058055677871456065620316674

4.3506899215854424654955744094267

**Alpha2** = -16.411099763028932760532534984767

16.411099763028932760532534984767

Já quanto ao resultado, o solve dá um resultado exato e ao aproximadamente exato como as RNAs.

## CONCLUSÃO

Os autores receberam feedback qualitativo e quantitativo de aproximadamente 85% dos alunos sobre os projetos que foi satisfatório e promissor. Uma análise estatística foi conduzida para avaliar a satisfação geral com as metodologias ativas aplicadas. Foi estimado como supracitado pelos alunos avaliaram as aulas baseadas em projetos positivamente, indicando a natureza promissora desta metodologia para o aprendizado.

Embora os resultados com sistemas inteligentes não tenham sido ótimos, eles foram considerados plausíveis, dado que os alunos são principalmente treinados para realizar tarefas no nível da indústria de aplicação, onde a robótica é predominantemente aplicada em tarefas de manipulação de produtos.

O trabalho futuro se concentrará na realização de uma análise mais detalhada dos níveis de satisfação dos alunos e na exploração de novas aplicações, como por exemplo na disciplina de eletrônica geral.

## REFERÊNCIAS

- BRAMMER, G. B. et al. (2012) '3D-HST: A wide-field grism spectroscopic survey with the hubble space telescope', *Astrophysical Journal, Supplement Series*, 200(2). doi: 10.1088/0067-0049/200/2/13.
- DALMEDICO, J. F.; MENDONÇA, M.; SOUZA, L. B. de; BARROS, R. V. P. Duarte; CHRUN, I. R. Artificial Neural Networks Applied in the Solution of the Inverse Kinematics Problem of a 3D Manipulator Arm. In: *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 2018, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: [s.n.], 2018. p. 1-6. DOI: 10.1109/IJCNN.2018.8489532.
- FERNANDES, M. S. (2017). *Metodologias ativas de aprendizagem: fundamentos, métodos e práticas*. Porto Alegre: Penso.
- HAYKIN, S. S. (2009) *Neural networks and learning machines*. 3rd edn. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall. doi: 10987654321.
- MORAES, R. (2018). *Metodologias ativas de aprendizagem na prática: experiências inovadoras em diferentes contextos educacionais*. São Paulo: Editora Senac.
- PERRENOUD, P. (2018). *A pedagogia das competências: das desilusões da competência à reconstrução de um conceito*. Porto Alegre: Penso.
- PRENSKY, M. (2001) 'The Games Generations: How Learners Have Changed', *Computers in Entertainment*, 1(1), pp. 1–26. Available at: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=950566.950596>.
- SICILIANO, B. AND KHATIB, O. (eds) (2016) *Springer Handbook of Robotics*. 2nd edn. Cham: Springer International Publishing (Springer Handbooks). doi: 10.1007/978-3-319-32552-1.
- de Souza, L. B. et al. (2018) 'Inverse Kinematics and Trajectory Planning Analysis of a Robotic Manipulator', *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, 5(4).
- TIAN, L. AND COLLINS, C. (2004) 'An effective robot trajectory planning method using a genetic algorithm', *Mechatronics*, 14(5), pp. 455–470. doi: 10.1016/J.MECHATRONICS.2003.10.001.
- XIAO, L. AND ZHANG, Y. (2014) 'A new performance index for the repetitive motion of mobile manipulators', *IEEE Transactions on Cybernetics*, 44(2), pp. 280–292. doi: 10.1109/TCYB.2013.2253461.