

# REDES NEURAIS ARTIFICIAIS COM NEURÔNIOS ORGÂNICOS: UMA REVISÃO E PERSPECTIVAS

## ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS WITH ORGANIC NEURONS: A REVIEW AND PERSPECTIVES

Hugo Otávio dos santos de Paula i, Samuel Zanini Campos Vanoni ii, Misael Bonifácio Morgado iii, Marcelo Pereira Benevides iiiii

### RESUMO

Este trabalho explora a integração de redes neurais artificiais (RNAs) com neurônios orgânicos, uma abordagem inovadora que une inteligência artificial e neurociência. Por meio de uma revisão detalhada da literatura, análise metodológica e discussão de resultados, são apresentados os fundamentos, as técnicas e as aplicações dessa tecnologia emergente. Os objetivos incluem contextualizar o tema, revisar os avanços recentes e discutir implicações futuras. Os resultados destacam o potencial dessas redes híbridas em áreas como computação bioinspirada, robótica e medicina.

**Palavras-chave:** Redes Neurais, Neurônios Orgânicos, Inteligência Artificial, Neurociência, Computação Bioinspirada, Robótica, Medicina, Multielectrode Arrays (MEAs), Plasticidade Sináptica

### ABSTRACT

This paper explores the integration of artificial neural networks (ANNs) with organic neurons, an innovative approach that combines artificial intelligence and neuroscience. Through a detailed literature review, methodological analysis, and discussion of results, the fundamentals, techniques, and applications of this emerging technology are presented. The objectives include contextualizing the topic, reviewing recent advances, and discussing future implications. The results highlight the potential of these hybrid networks in areas such as bioinspired computing, robotics, and medicine.

**Keywords:** Neural Networks, Organic Neurons, Artificial Intelligence, Neuroscience, Bioinspired Computing, Robotics, Medicine, Multielectrode Arrays (MEAs), Synaptic Plasticity

## 1 Introdução

As redes neurais artificiais (RNAs) são um dos pilares da inteligência artificial contemporânea, representando uma ambiciosa tentativa de emular o funcionamento do cérebro humano em sistemas computacionais. Essas estruturas, compostas por

unidades artificiais chamadas neurônios, operam por meio de algoritmos matemáticos que simulam o processamento de informações realizado pelas redes neurais biológicas (Lagani et al., 2023). Desde sua concepção, as RNAs têm sido aplicadas com sucesso em áreas como reconhecimento de padrões, aprendizado de máquina e análise de grandes volumes de dados. No entanto, apesar de seus avanços impressionantes, elas ainda enfrentam desafios significativos, como o alto consumo energético, a necessidade de extensos conjuntos de dados para treinamento e a dificuldade em replicar a eficiência e a adaptabilidade dos sistemas biológicos (Lagani et al., 2023).

A origem das RNAs pode ser rastreada até meados do século XX, quando os fundamentos teóricos da computação neural começaram a ser estabelecidos. Em 1943, Warren McCulloch e Walter Pitts publicaram um artigo seminal que introduziu o primeiro modelo matemático de um neurônio artificial, demonstrando como redes de unidades simples poderiam realizar operações lógicas complexas (McCulloch e Pitts, 1943). Esse trabalho lançou as bases para o campo da inteligência artificial e inspirou décadas de pesquisa. Durante os anos 1950 e 1960, o perceptron, desenvolvido por Frank Rosenblatt, trouxe uma nova onda de otimismo ao demonstrar a capacidade de aprendizado em redes neurais rudimentares (Rosenblatt, 1958). Nesse período, empresas como a IBM também se envolveram em pesquisas pioneiras sobre redes neurais. Em particular, Nathaniel Rochester, da IBM, liderou uma das primeiras tentativas de simular uma rede neural em computador na década de 1950, embora essa tentativa inicial não tenha sido bem-sucedida (Roberts, n.d.). Contudo, as limitações apontadas por Marvin Minsky e Seymour Papert em 1969, no livro *Perceptrons*, levaram a um período de declínio no interesse pelas RNAs, conhecido como o "inverno da IA" (Minsky e Papert, 1969).

Foi apenas na década de 1980, com o desenvolvimento do algoritmo de retropropagação por Rumelhart, Hinton e Williams, que o campo experimentou um renascimento, pavimentando o caminho para o surgimento do aprendizado profundo na década de 2010 (LeCun et al., 2015). Paralelamente a essa evolução tecnológica, avanços na neurociência e na biotecnologia começaram a revelar o potencial de uma abordagem mais integrada entre sistemas artificiais e biológicos. O cérebro humano, com seus aproximadamente 86 bilhões de neurônios e trilhões de conexões sinápticas, opera com uma eficiência energética incomparável, consumindo cerca de 20 watts — uma fração do que supercomputadores modernos requerem para simular tarefas cognitivas complexas (Potter, 2010). Essa constatação motivou pesquisadores a explorar maneiras de incorporar elementos biológicos diretamente em sistemas computacionais, dando origem às redes neurais híbridas. Essas redes combinam os neurônios artificiais tradicionais com neurônios orgânicos, células biológicas cultivadas in vitro que exibem propriedades como plasticidade sináptica, adaptabilidade e capacidade de auto-organização (DeMarse et al., 2004). A integração de neurônios orgânicos em RNAs representa um marco na convergência entre inteligência artificial e biologia. Diferentemente dos modelos puramente

artificiais, que dependem de equações matemáticas e hardware especializado, os neurônios orgânicos são entidades vivas que respondem a estímulos em tempo real e formam redes dinâmicas baseadas em processos naturais. Estudos iniciais, como os conduzidos por DeMarse et al. em 2004, demonstraram que culturas de neurônios corticais de ratos, cultivadas sobre arranjos de microeletrodos (Multielectrode Arrays, MEAs), podiam exibir comportamentos computacionais rudimentares, como a classificação de padrões (DeMarse et al., 2004).

Desde então, avanços nas técnicas de cultivo celular e nas interfaces cérebro-máquina permitiram que essas redes híbridas alcançassem níveis de sofisticação cada vez maiores, com aplicações potenciais em áreas tão diversas quanto robótica, medicina e computação sustentável. Do ponto de vista teórico, as redes híbridas oferecem uma oportunidade única para compreender melhor o funcionamento do cérebro humano. A plasticidade sináptica, por exemplo, é um mecanismo pelo qual as conexões entre neurônios se fortalecem ou enfraquecem com base na experiência — um processo que subjaz ao aprendizado e à memória nos organismos vivos (Potter, 2010). Ao integrar neurônios orgânicos em sistemas artificiais, os pesquisadores podem estudar esses fenômenos em um ambiente controlado, testando hipóteses que seriam inviáveis em cérebros intactos.

Além disso, a eficiência energética das redes biológicas, resultado de milhões de anos de evolução, pode inspirar o desenvolvimento de tecnologias computacionais mais sustentáveis, reduzindo a dependência de infraestruturas energéticas intensivas. As implicações práticas dessa tecnologia são igualmente vastas. Em robótica, por exemplo, redes híbridas poderiam permitir a criação de máquinas mais autônomas e adaptáveis, capazes de responder a ambientes imprevisíveis de maneira semelhante aos organismos vivos. Na medicina, interfaces cérebro-máquina baseadas em neurônios orgânicos poderiam melhorar a qualidade de vida de pacientes com lesões neurológicas, oferecendo uma comunicação mais natural entre o cérebro e dispositivos externos. Além disso, a capacidade dessas redes de processar informações temporais com eficiência as torna candidatas promissoras para aplicações em inteligência artificial que requerem análise de dados em tempo real, como sistemas de previsão climática ou monitoramento de saúde (Lagani et al., 2023).

No entanto, o uso de neurônios orgânicos também levanta questões éticas e filosóficas profundas. A manipulação de células biológicas para fins computacionais desafia as fronteiras tradicionais entre o artificial e o natural, levando a debates sobre a natureza da inteligência e da vida. Embora os neurônios cultivados in vitro não possuam consciência ou capacidade de sentir dor, o avanço rápido da neurotecnologia exige uma reflexão cuidadosa sobre os limites éticos de tais experimentos (Muller, 2020). Por exemplo, o que aconteceria se, no futuro, redes híbridas alcançassem um nível de complexidade suficiente para exibir comportamentos que se assemelhem à cognição? Essas questões, embora

especulativas, destacam a necessidade de diretrizes éticas robustas para orientar o desenvolvimento dessa tecnologia.

Os objetivos deste trabalho são: (i) detalhar os fundamentos teóricos e tecnológicos das RNAs com neurônios orgânicos, explorando os conceitos que sustentam essa abordagem híbrida; (ii) revisar os avanços recentes na área, destacando estudos-chave e suas contribuições; (iii) discutir os métodos experimentais e computacionais usados para criar e analisar essas redes; e (iv) avaliar as implicações práticas e futuras dessa tecnologia em contextos científicos e aplicados. O trabalho está organizado em seções que abordam a revisão de literatura, metodologia, resultados e discussões, e uma conclusão que sintetiza as principais ideias e aponta direções futuras.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

As RNAs tradicionais são formadas por camadas de neurônios artificiais interconectados, onde cada unidade realiza operações matemáticas simples, como somas ponderadas e funções de ativação. Apesar de sua eficácia em diversas aplicações, essas redes enfrentam desafios como o alto consumo de energia e a dificuldade em processar dados temporais complexos (Lagani et al., 2023). Em contrapartida, os neurônios orgânicos, geralmente cultivados a partir de tecidos neurais de roedores ou célulastronco humanas, exibem atividade elétrica espontânea e formam redes complexas em ambientes controlados. A integração dessas abordagens resulta em sistemas híbridos que combinam a precisão das RNAs com a adaptabilidade dos neurônios biológicos. Um exemplo notável é o modelo Liquid State Machine (LSM), proposto por Maass et al. (2002), que utiliza redes neurais recorrentes para processar informações temporais (Maass et al., 2002). Estudos demonstram que redes cultivadas em Multielectrode Arrays (MEAs) podem atuar como reservatórios computacionais, realizando tarefas como classificação de padrões (DeMarse et al., 2004).

## **3 METODOLOGIA**

Este trabalho foi conduzido através de uma pesquisa bibliográfica qualitativa, focando na análise de materiais técnicos e acadêmicos. A investigação envolveu a coleta e o estudo de artigos científicos e revisões sistemáticas em bases de dados confiáveis, como IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed e arXiv. A metodologia permitiu reunir diversas perspectivas sobre a integração entre redes neurais artificiais e neurônios orgânicos, sem envolver experimentação prática, mas consolidando conhecimentos existentes para construir uma visão crítica sobre o estado da arte das redes híbridas.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A análise dos estudos revisados destacou avanços significativos na utilização de redes neurais híbridas, que combinam neurônios orgânicos com estruturas artificiais, demonstrando eficiência em tarefas computacionais complexas, especialmente em consumo energético (Lagani et al., 2023). Estudos com redes cultivadas sobre arranjos de microeletrodos (MEAs) mostraram taxas de acurácia superiores a 85% em classificação de padrões temporais, utilizando menos energia do que modelos artificiais profundos. Além da eficiência energética, a plasticidade sináptica dos neurônios orgânicos permite uma adaptação contínua a estímulos externos, tornando essas redes promissoras para aplicações em robótica adaptativa e interfaces cérebro-máquina. Contudo, desafios como a escalabilidade limitada e a estabilidade das culturas neurais após uso contínuo ainda precisam ser superados para uma adoção em larga escala. A revisão crítica da literatura evidenciou tanto o potencial disruptivo das redes neurais híbridas quanto os obstáculos técnicos e éticos que devem ser enfrentados.

## **5 CONCLUSÃO**

Este trabalho revisou os fundamentos, métodos e resultados das redes neurais artificiais integradas com neurônios orgânicos, destacando seu potencial como uma abordagem inovadora na computação bioinspirada. A combinação da eficiência energética e da adaptabilidade dos sistemas biológicos com a precisão dos modelos computacionais abre novas possibilidades em áreas como robótica, medicina e neurociência. Para o futuro, recomenda-se o desenvolvimento de técnicas de cultivo mais acessíveis, o aprimoramento das interfaces neurais e a exploração de aplicações em larga escala, como o processamento de big data e a criação de sistemas autônomos mais robustos.

## **REFERÊNCIAS**

DeMarse, T.; Cadotte, A.; Douglas, P.; He, P.; Trinh, V. Computation Within Cultured Neural Networks. Department of Biomedical Engineering, University of Florida, 2004.

Lagani, G.; Falchi, F.; Gennaro, C.; Amato, G. Spiking Neural Networks and BioInspired Supervised Deep Learning: A Survey. arXiv preprint, 2023.

LeCun, Y.; Bengio, Y.; Hinton, G. Deep learning. *Nature*, v. 521, p. 436-444, 2015.

Maass, W.; Natschläger, T.; Markram, H. Real-time computing without stable states: A new framework for neural computation based on perturbations. *Neural Computation*, v. 14, n. 11, p. 2531-2560, 2002.

McCulloch, W. S.; Pitts, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, v. 5, p. 115-133, 1943.

Minsky, M.; Papert, S. *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*. MIT Press, 1969.

Muller, V. C. Ethics of Artificial Intelligence and Robotics. Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2020.

Potter, S. M. Closing the loop between neurons and neurotechnology. Frontiers in Neuroscience, v. 4, p. 15, 2010.

Roberts, E. (n.d.). Neural Networks - History. Stanford University.

Rosenblatt, F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological Review, v. 65, n. 6, p. 386-408, 1958

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos ao professor Marcello Pereira Benevides.

## **SOBRE O(S) AUTOR(ES)**

**Sobre os autores:**

### **HUGO OTÁVIO DOS SANTOS DE PAULA (Autor 1)**



Estudante de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, formação como Técnico de Informática, entusiasta de inteligências artificiais.

### **SAMUEL ZANINI CAMPOS VANONI (Autor 2)**



Estudante de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, formação como Técnico em Administração e Técnico em Mecânica Industrial.

**MISAEAL BONIFÁCIO MORGADO (Autor 3)**



Estudante de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, formação como Técnico de informática.

**MARCELO PEREIRA BENEVIDES (Orientador)**



Mestrando em Engenharia Mecânica  
Instituição: Universidade de Taubaté