



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE INFORMÁTICA

---

Neurônios artificiais quânticos aplicados na área de saúde  
Proposta de trabalho de graduação

---

RECIFE, 9 DE JUNHO DE 2021

**Aluno:** Eduardo Barreto Brito (ebb2@cin.ufpe.br)

**Orientador:** Fernando Maciano de Paula Neto (fernando@cin.ufpe.br)

**Área:** Computação Quântica

# Sumário

<b>1</b>	<b>Resumo</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Contexto</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>5</b>
3.1	Objetivos Gerais . . . . .	5
3.2	Objetivos Específicos . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Metodologia</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Cronograma</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Possíveis Avaliadores</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Assinaturas</b>	<b>10</b>

## 1 Resumo

Com o avanço da computação quântica, mais algoritmos da computação clássica vêm sendo implementados ou aprimorados com a utilização de circuitos quânticos. Assim, uma das áreas que estão sendo exploradas é a área de aprendizagem de máquina e, mais especificamente, a área de redes neurais. Nesta linha, Tacchino et al. e Mangini et al. implementaram um neurônio artificial quântico baseado no modelo clássico do *perceptron* de Rosenblatt em conjunto com um algoritmo da computação clássica para atualizar os pesos das entradas [1][2]. A ideia deste trabalho é implementar os modelos de Tacchino et al. e Mangini et al. e avaliá-los em *datasets* reais na área de saúde: “*Breast Tissue*” e “*Caesarian Section Classification Dataset*”, ambos disponíveis no *UCI Datasets* e comparar os resultados com a implementação de redes neurais clássicas, como o *perceptron* clássico e MLPs.

## 2 Contexto

A computação quântica é uma forma de computação que se baseia no comportamento dos átomos para realizar cálculos em circuitos quânticos [3]. Essa área traz grandes benefícios pelo poder de cálculos realmente paralelos, sendo feitos com os chamados *QuBits* (*Quantum Bits*) de forma matricial, enquanto a computação binária clássica depende de cálculos sequenciais rápidos em *bits*. Assim, é de se esperar que este paradigma apresente uma grande melhoria em algoritmos da computação clássica que permitam essa paralelização de cálculos, como, por exemplo, as redes neurais.

Ao longo dos anos, as redes neurais apresentaram resultados muito promissores para tarefas como a de classificação e reconhecimento de padrões [1]. Como a dificuldade desse tipo de abordagem é o processo de aprendizagem, cálculo dos pesos e atualização dos neurônios, a computação quântica com o seu poder de paralelização de operações agilizaria bastante esse processo.

Acreditando na possibilidade de melhoria das redes neurais, Tacchino et al. [1] e Mangini et al. [2] propuseram, implementaram e avaliaram um neurônio quântico, se baseando no neurônio clássico de Rosenblatt, o *perceptron*, e no modelo de neurônio de McCulloch-Pitts. Ambos Tacchino et al. e Mangini et al. implementaram seus neurônios artificiais quânticos seguindo o modelo da Figura 1 onde  $U_i$  é o circuito responsável por introduzir as amplitudes de entrada e  $U_w$  as amplitudes dos pesos. Por fim, os *QuBits* se conectam a um *QuBit* chamado de *Ancilla*, que será usado para carregar o produto interno entre entrada e peso, e, por consequência, após várias medições, permite que seja capturado a probabilidade de que essa 'resposta' seja  $|1\rangle$  (*QuBit* '1'). Após capturar essa probabilidade, utiliza-se um limiar para determinar se o neurônio é ou não ativo - já que essa probabilidade é diretamente relacionada à amplitude.

Para implementar esse neurônio artificial quântico, Tacchino et al. propuseram duas formas de construir os circuitos de  $U_i$  e  $U_w$ : um chamado de força bruta, e outro que foi chamado de "*hypergraph states generation subroutine*" (HSGS), onde ambos premitem -1 ou 1 como amplitudes [1]. Já Mangini et al. propuseram, em [2], uma pequena alteração nas formas de Tacchino et al.: considerar valores reais, utilizando uma deslocação de fase. Sendo assim, no modelo de Mangini et al., as amplitudes podem variar de 0 até  $\pi$ .

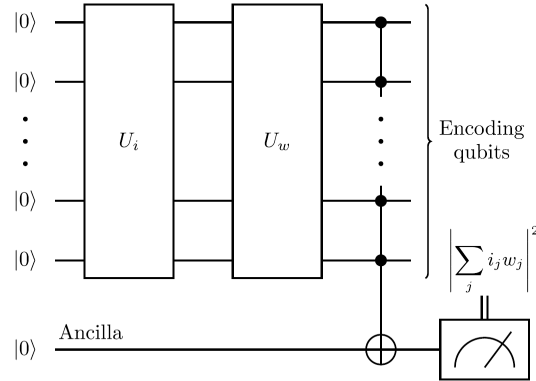


Figura 1: Modelo do neurônio quântico proposto por Tacchino et al. em [1].

Figura retirada de [1].

Com a implementação do neurônio quântico, tanto Tacchino et al. quanto Mangini et al. combinaram estes modelos à um algoritmo de computação clássica para atualizar os pesos e assim construir novos circuitos quânticos atualizados. As repostas do neurônio, que são os valores do Ancilla, são medidos posteriormente através de *bits* clássicos.

Já com o neurônio pronto e apto a aprender com esse modelo híbrido quântico e clássico, Tacchino et al. e Mangini et al. propuseram um problema de classificação de imagem para o avaliar: a tarefa era afirmar se existia ou não uma cruz em uma imagem. Para Tacchino et al., as cores possíveis da

imagem eram apenas preto ou branco, já para Mangini et al., as imagens seriam em tons de cinza. Ao fim, essa combinação de algoritmo clássico e neurônio quântico trouxe resultados bastante promissores. Além de avaliar neste *toy problem*, Mangini et al. avaliou o seu modelo no *MNIST dataset*, que é um *dataset* com imagens em tons de cinza de números escritos à mão. Mangini et al. se limitaram a classificar as imagens dos números 0 e 1 apenas, e atingiu uma acurácia de 98% [2]. Assim, motivado pelos resultados obtidos por Tacchino et al. e Mangini et al., espera-se que este modelo quântico de neurônio performe de forma semelhante ou até mais eficiente que os neurônios clássicos em outros problemas, como os problemas da área de saúde.

## 3 Objetivos

### 3.1 Objetivos Gerais

Avaliar a eficácia de um algoritmo híbrido, onde a atualização de pesos é feita com computação clássica e o neurônio artificial é implementado utilizando computação quântica, nos *datasets* “*Breast Tissue*” e no *dataset* “*Caesarian Section Classification Dataset*”, ambos disponíveis no *UCI Datasets*<sup>1</sup>.

### 3.2 Objetivos Específicos

- Implementar o neurônio artificial quântico utilizando diferentes métodos: força bruta e “*hyper-graph states generation subroutine*” (HSGS), propostos por Tacchino et al. em [1], e o modelo de valores contínuos proposto Mangini et al. em [2];
- Combinar os neurônios artificiais quânticos com um algoritmo clássico de atualização de pesos;
- Aplicar o algoritmo híbrido aos *datasets* especificados na **Subseção 3.1**;
- Aplicar um *perceptron* e *Multilayer Perceptrons* clássicos aos *datasets* especificados na **Subseção 3.1**;
- Comparar os resultados obtidos pelo algoritmo híbrido e pelos algoritmos clássicos.

---

<sup>1</sup>Disponível em: <https://archive.ics.uci.edu/ml/index.php>

## 4 Metodologia

Os modelos de neurônio artificial quântico propostos por Tacchino et al. em [1] e por Mangini et al. em [2] serão implementados e simulados utilizando a biblioteca “Qiskit”<sup>2</sup>, da linguagem Python, além de executados utilizando os computadores quânticos reais da “IBM Quantum”<sup>3</sup>, que possui integração com a biblioteca mencionada. Além disso, para a atualização de pesos, um algoritmo clássico será utilizado em conjunto com os modelos de neurônios artificiais quânticos em *datasets* do *UCI Datasets* mencionados na Subseção 3.1: “*Breast Tissue*” e “*Caesarian Section Classification Dataset*”. Por fim, serão executados algoritmos clássicos do *perceptron* e MLPs nos mesmos *datasets*, a fim de comparar os resultados obtidos por todas as abordagens. Por causa da demora da execução nos computadores reais da “IBM Quantum”, os *datasets* escolhidos foram *datasets* pequenos e, como sugerido por Demšar, um teste interessante a se fazer quando se tem pouco dado disponível é o de McNemar [4]. Além do teste de McNemar, outras métricas serão avaliadas, como a curva RoC e a acurácia. A matriz de confusão também será exibida.

---

<sup>2</sup><https://qiskit.org/>

<sup>3</sup><https://quantum-computing.ibm.com/>

## 5 Cronograma

Atividade/Mês	Maio	Junho	Julho	Agosto
Implementação da Força Bruta	■			
Implementação do HSGS	■	■		
Implementação do método de Mangini et al.		■		
Finalização do algoritmo híbrido			■	
Aplicação do neurônio quântico e tradicional aos datasets			■	
Escrita do trabalho			■	■

## Referências

- [1] Francesco Tacchino, Chiara Macchiavello, Dario Gerace, and Daniele Bajoni. An artificial neuron implemented on an actual quantum processor. *npj Quantum Information*, 5(1):26, Março 2019.
- [2] Stefano Mangini, Francesco Tacchino, Dario Gerace, Chiara Macchiavello, and Daniele Bajoni. Quantum computing model of an artificial neuron with continuously valued input data. *Machine Learning: Science and Technology*, 1(4):045008, Outubro 2020.
- [3] Renato Portugal and Franklin Marquezino. Introdução à programação de computadores quânticos. *Sociedade Brasileira de Computação*, 2019.
- [4] Janez Demšar. Statistical comparisons of classifiers over multiple data sets. *J. Mach. Learn. Res.*, 7:1–30, Dezembro 2006.



## 6 Possíveis Avaliadores

Um possível avaliador para este trabalho é o professor Adenilton José da Silva ([ajsilva@cin.ufpe.br](mailto:ajsilva@cin.ufpe.br)) (CIn/UFPE).

## 7 Assinaturas

Assinatura: Fernando M. de Paula Neto  
Fernando Maciano de Paula Neto  
Professor Orientador

Assinatura: Eduardo Barreto Brito  
Eduardo Barreto Brito  
Aluno