

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO</b>   |  |  |
| <b>UNIDADE – ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO</b>   |  |  |
| <b>DISCIPLINA – INFORMAÇÃO QUÂNTICA</b>   |  |  |
| <b>CÓDIGO DA DISCIPLINA – FIS49</b>   |  |  |
| <b>CARGA HORÁRIA TOTAL – 60 HORAS TEÓRICAS</b>  |  |  |
| <b>EMENTA</b><br><i>Introdução ao ruído quântico, operações quânticas e suas aplicações, canais de giro de fase e giro de fase, canal de despolarização, amortecimento da amplitude, amortecimento de fase, limitações do formalismo das operações quânticas, medidas de distância para informação quântica, fidelidade, relações entre medidas, correção de erro quântico, circuitos quânticos para codificação, decodificação e correção, entropia e informações quânticas, propriedades básicas da entropia, medições e entropia, Teoria da Informação Quântica, compactação de dados, codificação, segurança e privacidade.</i> |  |  |
| <b>ÁREA/EIXO/NÚCLEO</b>   | <b>COMPETÊNCIA(S)</b>  | <b>HABILIDADES</b>   |
| CIÊNCIAS EXATAS<br>FÍSICA DE MATERIAIS<br>NÚCLEO PROFISSIONALIZANTE   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fornecer as bases para a compreensão do ruído quântico, operações quânticas e suas aplicações.</li> <li>2. Compreender as aplicações das operações quânticas.</li> <li>3. Compreender o conceito de medida de distância e sua relação com a informação quântica.</li> <li>4. Compreender os fundamentos da correção de erro quântico e da computação quântica resiliente.</li> </ol> | <p><b>COMPETÊNCIA 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender os fundamentos do ruído quântico e das operações quânticas.</li> <li>• Compreender o conceito de ruído clássico e processos de Markov.</li> <li>• Entender as bases das operações quânticas e dos ambientes de operações quânticas.</li> <li>• Compreender a representação geométrica do quantum de um qubit unitário.</li> <li>• Entender o funcionamento de canais de giro de fase, giro de fase, canal de despolarização, amortecimento da amplitude, amortecimento de fase.</li> </ul> <p><b>COMPETÊNCIA 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender as aplicações das operações quânticas: equações mestras e tomografia de processo quântico.</li> <li>• Entender as limitações do formalismo das operações quânticas.</li> </ul> <p><b>COMPETÊNCIA 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender os conceitos das medidas de distância para informação quântica.</li> <li>• Compreender os fundamentos das medidas de distância para informação clássica.</li> <li>• Entender os conceitos de distância de dois estados quânticos, distância de rastreamento e relações entre medidas de distância.</li> </ul> |



5. *Compreender a relação entre entropia e informação.*
6. *Compreender os fundamentos da Teoria da Informação Quântica.*

- Compreender o conceito de fidelidade e o funcionamento de canais quânticos e sua relação com informação.

**COMPETÊNCIA 4**

- Compreender os fundamentos da correção de erro quântico.
- Compreender os conceitos de código de giro de bit de triplo-qubit, código de giro de fase de triplo-qubit, o código Shor.
- Compreender os fundamentos da teoria da correção quântica de erros.
- Compreender os fundamentos de códigos quânticos e códigos clássicos de correção de erros.
- Compreender as construções do código do estabilizador e circuitos quânticos para codificação, decodificação e correção.
- Compreender os fundamentos do cálculo quântico tolerante a falhas e os elementos da computação quântica resiliente.

**COMPETÊNCIA 5**

- Compreender as propriedades básicas da entropia, entropia binária, entropia relativa, entropia condicional e informação mútua.
- Compreender o conceito de desigualdade no processamento de dados.
- Compreender os fundamentos da entropia de Von Neumann, entropia relativa quântica, medições e entropia, subaditividade, concavidade da entropia, a entropia de uma mistura de estados quânticos, subaditividade forte.
- Compreender a prova de subaditividade forte e suas aplicações elementares.

**COMPETÊNCIA 6**

- Compreender os fundamentos da Teoria da Informação Quântica.
- Distinguir estados quânticos e informações acessíveis.
- Compreender o conceito de ligação de Holevo e os exemplos de suas aplicações.
- Compreender os fundamentos da compactação de dados e seus teoremas: codificação de canal silencioso de Shannon, codificação de canal silencioso quântico de Schumacher.



- Compreender os funcionamentos do transporte de informações clássicas sobre canais quânticos ruidosos e comunicação através de canais ruidosos, clássicos e quânticos.
- Compreender os conceitos de troca de entropia, desigualdade quântica de Fano e desigualdade de processamento de dados quânticos.
- Compreender os fundamentos da transformação de entrelaçamento de estado puro bipartido, da destilação e diluição de entrelaçamento, da destilação de entrelaçamento e sua relação com a correção de erros quânticos,
- Compreender os fundamentos da criptografia quântica: criptografia de chave privada, amplificação de privacidade e reconciliação de informações, distribuição de chave quântica, privacidade e informações coerentes, segurança da distribuição de chave quântica.

**CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**

1. *Ruído Quântico e Operações Quânticas: ruído clássico e processos de Markov, operações quânticas, ambientes e operações quânticas, representação da soma do operador, abordagem axiomática das operações quânticas, exemplos de ruído quântico e operações quânticas, rastreamento e rastreamento parcial, figura geométrica do quantum de um qubit unitário, operações, canais de giro de fase e giro de fase, canal de despolarização, amortecimento da amplitude, amortecimento de fase.*
2. *Aplicações das Operações Quânticas: equações mestras, tomografia de processo quântico, limitações do formalismo das operações quânticas.*
3. *Medidas de Distância para Informação Quântica: medidas de distância para informação clássica, distância de dois estados quânticos, distância de rastreamento, fidelidade, relações entre medidas de distância, canal quântico e informação.*
4. *Correção de Erro Quântico: introdução, o código de giro de bit de triplo-qubit, código de giro de fase de triplo-qubit, o código Shor, teoria da correção quântica de erros, discretização dos erros, modelos de erro independentes, códigos degenerados, o limite quântico de Hamming, construindo códigos quânticos, códigos lineares clássicos, códigos Calderbank – Shor – Steane, códigos estabilizadores, o formalismo estabilizador, portas unitárias e formalismo estabilizador, medição no formalismo do estabilizador, o teorema de Gottesman – Knill, construções do código do estabilizador, forma padrão para um código do estabilizador, circuitos quânticos para codificação, decodificação e correção, cálculo quântico tolerante a falhas, tolerância a falhas: o quadro geral, lógica quântica tolerante a falhas, medição tolerante a falhas, elementos da computação quântica resiliente.*
5. *Entropia e Informações: entropia de Shannon, propriedades básicas da entropia, a entropia binária, a entropia relativa, entropia condicional e informação mútua, a desigualdade no processamento de dados, entropia de Von Neumann, entropia relativa quântica, medições e entropia, subaditividade, concavidade da entropia, a entropia de uma mistura de estados quânticos, subaditividade forte, prova de subaditividade forte, subaditividade forte: aplicações elementares.*
6. *Teoria da Informação Quântica: distinguir estados quânticos e informações acessíveis, a ligação de Holevo, exemplos de aplicações da ligação de Holevo, compactação de dados, teorema de codificação de canal silencioso de Shannon, teorema de codificação de canal silencioso quântico de Schumacher, informações clássicas sobre canais quânticos ruidosos, comunicação através de canais clássicos ruidosos, comunicação através de canais quânticos ruidosos,*



*informação quântica em canais quânticos ruidosos, troca de entropia e desigualdade quântica de Fano, desigualdade de processamento de dados quânticos, ligação quântica de singleton, correção quântica de erros, refrigeração e demônio de Maxwell, emaranhamento como recurso físico, transformando o entrelaçamento de estado puro bipartido, destilação e diluição de entrelaçamento, destilação de entrelaçamento e correção de erros quânticos, criptografia quântica, criptografia de chave privada, amplificação de privacidade e reconciliação de informações, distribuição de chave quântica, privacidade e informações coerentes, segurança da distribuição de chave quântica.*

## BIBLIOGRAFIA

1. NIELSEN, M. A., and CHUANG, I. L. **Quantum Computation and Quantum Information**. 10<sup>th</sup> Anniversary Ed., Cambridge University Press, 2011.
2. BARNETT, S. M. **Quantum Information**, Oxford University Press, 2009.
3. NAKAHARA, M. and OHMI, T. **Quantum Computing - From Linear Algebra to Physical Realizations**. 1<sup>st</sup> Ed., CRC Press, 2008.
4. BENENTI, G., and CASATI, G., AND STRINI, G. **Principles of Quantum Computation and Information: A Comprehensive Textbook**. 2<sup>nd</sup> Ed., World Scientific, 2018.
5. VEDRAL, V. **Introduction to Quantum Information Science**. 2015 Ed., Oxford University Press, 2006.
6. ZYGELMAN, B. **A First Introduction to Quantum Computing and Information**. 1<sup>st</sup> Ed., Springer, 2018.
7. HAYASHI, M. **Quantum Information – An Introduction**. 1<sup>st</sup> Ed., Springer, 2006.

