



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA**

**DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE PNEUMONIA COM BASE NA ANÁLISE DE**  
**IMAGENS DE RADIOGRAFIA TORÁCICA**

Cado de estudo: **Hospital Central de Maputo**

**Autor**

Gerson José Cabral Mahesse

**Supervisor**

Engº. Ruben Moisés Manhiça

**Maputo, Agosto de 2023**



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA**

**DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE PNEUMONIA COM BASE NA ANÁLISE DE**  
**IMAGENS DE RADIOGRAFIA TORÁCICA**

Cado de estudo: **Hospital Central de Maputo**

**Autor**

Gerson José Cabral Mahesse

**Supervisor**

Eng°. Ruben Moisés Manhiça

**Maputo, Agosto de 2023**



**Faculdade de Engenharia**  
**Departamento de Engenharia Electrotécnica**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO PROJECTO INTEGRADO DE  
APLICATIVOS**

Declaro que o estudante **Gerson José Cabral Mahesse** entregou no dia 14/ 08/ 2023 as 03 cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: 2023EITLD\_\_\_\_\_ intitulado: Detecção e Classificação de Pneumonia com Base na Análise de Imagens de Radiografia Torácica.

Maputo, 14 de Agosto de 2023

A Chefe da Secretaria

---



**Faculdade de Engenharia**  
**Departamento de Engenharia Electrotécnica**

**DECLARAÇÃO DE HONRA**

Declaro sob compromisso de honra que o presente trabalho é resultado da minha investigação e foi concebido com o objectivo único de obter o grau de Licenciatura em Engenharia Informática na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, 14 de Agosto de 2023

O Autor

---

(Gerson José Cabral Mahesse)

## **Dedicatória**

*Dedico este trabalho a minha família,  
E também dedico a todos os que dão o seu contributo através da ciência  
para tornar este mundo um lugar melhor.*

## Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à minha família por todo o apoio incansável que eles me proporcionaram ao longo deste trabalho. Não posso deixar de mencionar o investimento que eles fizeram na minha educação, me proporcionando a oportunidade de estudar e me tornar um profissional capacitado. Sem a presença amorosa e incentivo constante da minha família, este trabalho não seria possível. Por isso, agradeço do fundo do meu coração aos pais Octávia Leonardo, Cabral Mahesse, António Gova e Nora Estrela.

Aproveito esta oportunidade para agradecer a todos os meus colegas pela amizade, companheirismo e apoio que recebi durante toda minha jornada na faculdade. Sua presença tornou minha estadia na faculdade muito mais agradável e enriquecedora. Agradeço também por toda troca de conhecimento e aprendizado que tive com vocês. Sem dúvida, essa experiência teria sido muito diferente e incompleta sem a contribuição de cada um dos meus colegas.

Mais recentemente, sobre a elaboração do presente trabalho, eu gostaria de endereçar os meus agradecimentos ao meu supervisor, Eng<sup>o</sup> Ruben Manhiça, pelo qual tenho grande admiração pela sabedoria e profissionalismo pela sua paciência, apoio e orientação ao longo da elaboração deste trabalho, os seus *insights* foram cruciais para o sucesso deste trabalho.

## **Epígrafe**

*“Se a teoria não se adapta aos factos, mudam-se os factos”*

**Albert Einstein**

## **Resumo**

A pneumonia é uma das principais causas de morte de crianças menores de cinco anos e de idosos em Moçambique. A falta de vacinação adequada, a desnutrição e a falta de acesso a cuidados de saúde de qualidade são factores que contribuem para a alta incidência e mortalidade relacionadas à pneumonia no país. Além disso, os desafios socioeconómicos, como a pobreza e a falta de saneamento básico, também aumentam o risco de infecção. A pesquisa neste trabalho centra-se na detecção e classificação de Pneumonia com recurso a Inteligência Artificial, a fim de propor-se um mecanismo alternativo de diagnóstico da doença. A pesquisa envolveu uma revisão abrangente da literatura sobre pneumonia, técnicas de processamento de imagens e algoritmos de aprendizado de máquina. Os dados utilizados no estudo foram obtidos de um conjunto de imagens de radiografia torácica disponíveis publicamente. A metodologia envolveu a extracção de características das imagens, treinamento e avaliação de modelos de classificação.

Os resultados obtidos demonstraram uma precisão promissora na diferenciação entre os tipos de pneumonia (viral e bacteriana). O uso de Aprendizagem de Máquina no processamento de imagens alcançou uma precisão de 88%. Estes resultados são promissores e revelam que o modelo proposto tem potencial de auxiliar os profissionais de saúde no diagnóstico precoce e preciso da pneumonia, contribuindo para melhores resultados clínicos e uma abordagem mais eficaz no tratamento da doença.

**Palavras-chave:** pneumonia, radiografia torácica, Inteligência Artificial, Aprendizagem de Máquina, detecção, classificação.



## **Abstract**

Pneumonia is one of the leading causes of death in children under five years old and the elderly in Mozambique. The lack of adequate vaccination, malnutrition, and limited access to quality healthcare are factors that contribute to the high incidence and mortality rates associated with pneumonia in the country. Additionally, socioeconomic challenges such as poverty and lack of basic sanitation also increase the risk of infection. The research in this study focuses on the detection and classification of pneumonia using Artificial Intelligence, aiming to propose an alternative mechanism for diagnosing the disease. The research involved a comprehensive literature review on pneumonia, image processing techniques, and machine learning algorithms. The data used in the study were obtained from a publicly available dataset of chest X-ray images. The methodology involved feature extraction from the images, training and evaluation of classification models. The results obtained demonstrated promising accuracy in differentiating between viral and bacterial pneumonia. The use of Machine Learning in image processing achieved an accuracy of 88%. These results are promising and reveal that the proposed model has the potential to assist healthcare professionals in early and accurate diagnosis of pneumonia, contributing to better clinical outcomes and a more effective approach to disease treatment.

**Keywords:** pneumonia, chest X-ray, Artificial Intelligence, Machine Learning, detection, classification.

## Índice

<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Definição do Problema.....	2
1.3 Motivação.....	4
1.4 Objectivos.....	5
1.4.1 Objectivo geral.....	5
1.4.2 Objectivos específicos.....	5
1.5 Apresentação do Caso de estudo.....	5
1.6 Metodologia.....	6
1.6.1 Metodologia de Desenvolvimento do Modelo.....	7
1.6.2 Metodologia de desenvolvimento do protótipo.....	8
1.6.3 Classificação da Pesquisa.....	9
1.7 Estrutura do Trabalho.....	9
<b>CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>12</b>
2.1 A pneumonia.....	12
2.2 Etiologia da Pneumonia.....	13
2.3 Manifestações clínicas.....	15
2.4 Diagnóstico da Pneumonia.....	16
2.4.1 Diagnóstico clínico.....	16
2.4.2 Diagnóstico por imagem.....	17
2.4.3 Diagnóstico laboratorial.....	19
2.4.4 Broncoscopia e Aspiração Endotraqueal.....	20
2.4.5 Diagnóstico Diferencial entre Pneumonia Típica ou Atípica.....	21
2.5 Processo de diagnóstico da pneumonia em Moçambique.....	23

2.5.1	Diagnóstico da pneumonia no Hospital Central de Maputo .....	24
2.6	Análise comparativa das técnicas de diagnóstico de pneumonia .....	26
2.7	Epidemiologia da Pneumonia.....	26
2.7.1	Epidemiologia da Pneumonia em Moçambique.....	27
2.7.2	Quadro epidemiológico no HCM.....	29
2.8	Visão Computacional .....	31
2.9	Inteligência Artificial .....	31
2.9.1	Tipos de tarefa de aprendizagem de máquina .....	33
2.9.2	Abordagens de Aprendizagem de Máquina.....	33
2.9.3	Arquitectura de Redes Neurais.....	34
2.9.4	Inteligência Artificial na Medicina.....	35
2.9.5	Uso de Inteligência Artificial na Pneumonia.....	36
<b>CAPÍTULO III – CONSTRUÇÃO DO MODELO .....</b>	<b>40</b>	
3.1	Abordagem Proposta .....	40
3.1.1	Fluxo de eventos da abordagem proposta .....	41
3.2	Desenvolvimento do Modelo de Aprendizagem de Máquina .....	42
3.2.1	Descrição dos dados .....	43
3.2.2	Definição da Tarefa .....	44
3.2.3	Treinamento do Modelo.....	44
3.2.4	Testes e avaliação do Modelo .....	48
<b>CAPÍTULO IV – DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO.....</b>	<b>50</b>	
4.1	Levantamento e Análise dos Requisitos .....	50
4.1.1	Requisitos.....	51
4.2	Projecto do Sistema .....	53
4.2.1	Proposta de Arquitectura do Sistema .....	54

4.2.2	Especificação de API.....	54
4.3	Implementação.....	59
4.4	Testes .....	60
4.5	Implantação.....	61
4.6	Manutenção .....	62
<b>CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>		<b>63</b>
5.1	Conclusões .....	63
5.2	Recomendações .....	63
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>65</b>
6.1	Referências Bibliográficas.....	65
6.2	Outras bibliografias consultadas .....	68
<b>APÊNDICES E ANEXOS.....</b>		<b>69</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 - Fluxo de eventos do Modelo em Cascata com realimentação.....	9
Figura 2 – Abrangência da pneumonia no pulmão.....	12
Figura 3 – Raio X do tórax .....	18
Figura 4 – Fluxo de atendimento ao paciente no HCM .....	25
Figura 5 – Principais causas de Internamento no SP.....	30
Figura 6 – Principais causas de óbitos no SP do HCM em 2019 .....	31
Figura 7 – Áreas da Inteligência Artificial .....	32
Figura 8 – Hierarquia de áreas de IA .....	34
Figura 9 – Sequência de etapas da solução proposta .....	41
Figura 10 - Subdivisão do conjunto de dados .....	43
Figura 11 – Fluxo de Treinamento do Modelo.....	45
Figura 12 - Unidades Estruturais do Modelo .....	46
Figura 13 – Matriz de Confusão .....	49
Figura 14 - Diagrama de Casos e Uso.....	50
Figura 15 - Arquitectura do Sistema.....	54
Figura 16 – Comunicação com a API.....	55
Figura 17 – Testes da interface com o usuário .....	60
Figura 18 – Fazer upload de imagem.....	60
Figura 19 – Submeter para diagnóstico .....	61
Figura 20 – Ver resultado do diagnóstico.....	61
Figura 21 - Diagrama de Classes.....	A3-1
Figura 22 - Diagrama de Sequência para Fazer Diagnóstico.....	A3-2
Figura 23 - Diagrama de Sência para Gerar Relatório .....	A3-3
Figura 24 - Diagrama de Actividades de Autenticação.....	A3-4
Figura 25 - Organograma do HCM.....	A5-1

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Principais agentes causadores de pneumonia.....	13
Tabela 2 -Variáveis usadas para distinguir pneumonia viral de bacteriana.....	21
Tabela 3 - Frequências as primeiras 20 causas básicas de DAR, 2013. ....	28
Tabela 4 - Principais causas de morbidade e mortalidade de DAR (2013-2015). ....	29
Tabela 5 – Uso de IA no diagnóstico da pneumonia .....	36
Tabela 6 – Requisitos Funcionais .....	52
Tabela 7 – Requisitos Não Funcionais.....	53
Tabela 8 – Descrição dos atributos do request .....	56
Tabela 9 – Descrição dos atributos do response .....	58
Tabela 10 - Especificação do CU01 .....	A2-1
Tabela 11 - Especificação do CU02.....	A2-1
Tabela 12 - Especificação do CU03.....	A2-2
Tabela 13 - Especificação do CU04.....	A2-3
Tabela 14 - Especificação do CU05.....	A2-4
Tabela 15 - Especificação do CU06.....	A2-5

## Lista de abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
<b>AM</b>	Aprendizagem de Máquina
<b>APA</b>	<i>American Psychological Association</i> (Associação Psicológica Americana)
<b>API</b>	<i>Application Programming Interfacem</i> (Interface de Programação de Aplicativos)
<b>AUAFROC</b>	<i>Area Under the Alternative Free Response Receiver Operating Characteristic</i>
<b>AUROC</b>	<i>Area Under the Receiver Operating Characteristic</i>
<b>CMV</b>	<i>Citomegalovírus</i>
<b>CNN</b>	<i>Convolutional Neural Network</i> (Rede Neural Convolutacional)
<b>CU</b>	Caso de Uso
<b>CXR</b>	<i>Chest X Ray</i> (Raio X do Tórax)
<b>DAR</b>	Doenças do Aparelho Respiratório
<b>DLAD</b>	<i>Deep Learning–Based Automatic Detection Algorithm</i>
<b>DPOC</b>	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
<b>EBV</b>	<i>Epstein-Barr Virus</i> (Vírus Epstein-Barr)
<b>EUA</b>	<i>Estados Unidos da América</i>
<b>HCB</b>	Hospital Central de Beira
<b>HCM</b>	Hospital Central de Maputo

<b>HCN</b>	Hospital Central de Nampula
<b>HIV</b>	<i>Human Immunodeficiency Virus</i> (Vírus da Imunodeficiência Humana)
<b>HSV1</b>	<i>Herpes Simplex Virus type 1</i> (Vírus Herpes Simples tipo 1)
<b>HSV2</b>	<i>Herpes Simplex Virus type 2</i> (Vírus Herpes Simples tipo 2)
<b>HTTP</b>	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
<b>HTTPS</b>	<i>Hypertext Transfer Protocol Secure</i>
<b>IA</b>	Inteligência Artificial
<b>IGP</b>	Índice de Gravidade da Pneumonia
<b>JSON</b>	<i>JavaScript Object Notation</i> (Notação de Objetos JavaScript)
<b>KDD</b>	<i>Knowledge Discovery in Databases</i> (Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados)
<b>MDR</b>	<i>Multidrug-Resistant</i> (Resistência a Múltiplas Drogas)
<b>ML</b>	Machine Learning
<b>NN</b>	<i>Neural Network</i> (Rede Neural)
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PAC</b>	Pneumonia Adquirida na Comunidade
<b>PCP</b>	<i>Pneumocystis pneumonia</i>
<b>PCR</b>	<i>Polymerase Chain Reaction</i> (Reação em Cadeia da Polimerase)
<b>PET</b>	Tomografia por Emissão de Positrões



<b>Pn/BPN</b>	<i>Pneumonia ou Bronco Pneumonia</i>
<b>RF</b>	Requisito Funcional
<b>RH</b>	Recursos Humanos
<b>RNF</b>	Requisito Não Funcional
<b>SARS Cov2</b>	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2</i> (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2)
<b>SIS-ROH</b>	Sistema de Informação de Saúde – Registo de Óbitos nos Hospitais
<b>SP</b>	Serviço de Pneumologia
<b>SRAG</b>	Síndrome Respiratória Aguda Grave
<b>TB</b>	Tuberculose
<b>TC</b>	Tomografia Computadorizada
<b>TI</b>	Tecnologia da Informação
<b>TIC</b>	Tecnologias de Informação e Comunicação
<b>UEM</b>	Universidade Eduardo Mondlane
<b>UML</b>	<i>Unified Modeling Language</i> (Linguagem de Modelagem unificada)
<b>UNICEF</b>	<i>United Nations International Children's Emergency Fund</i> (Fundo das Nações Unidas para a Infância)
<b>VSR</b>	Vírus Sincicial Respiratório

## Glossário de termos

<b>Kaggle</b>	É uma plataforma online que oferece uma variedade de conjuntos de dados públicos para exploração e prática, bem como recursos educacionais, fóruns de discussão e ferramentas de análise de dados.
<b>Keras</b>	É uma biblioteca de aprendizado de máquina de código aberto, escrita em <i>Python</i> . Ela fornece uma interface de alto nível para construir e treinar redes neurais artificiais.
<b>NumPy</b>	<i>NumPy</i> , abreviação de <i>Numerical Python</i> , é uma biblioteca de computação numérica de código aberto para <i>Python</i> . Ela fornece suporte para operações matemáticas e manipulação de <i>arrays</i> multidimensionais eficientes e de alto desempenho.
<b>OpenCV</b>	<i>OpenCV (Open Source Computer Vision Library)</i> é uma biblioteca de código aberto amplamente utilizada para processamento de imagens e visão computacional.
<b>POST</b>	É um método de requisição utilizado no protocolo HTTP ( <i>Hypertext Transfer Protocol</i> ) para enviar dados para um servidor.
<b>PUT</b>	PUT é um método de requisição utilizado no protocolo HTTP ( <i>Hypertext Transfer Protocol</i> ) para actualizar ou substituir completamente um recurso existente em um servidor.
<b>Python</b>	É uma linguagem de programação interpretada, de alto nível e de propósito geral. Ela possui uma ampla gama de bibliotecas e <i>frameworks</i> que suportam diversos domínios, como desenvolvimento web, ciência de dados, inteligência artificial, automação, entre outros.

# CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

Ao longo da história, o contacto entre as pessoas, muitas vezes esteve sujeito a restrições por conta da possibilidade de transmissão e/ou propagação de doenças. Vírus, bactérias, fungos podem se propagar e originar doenças como Pneumonia, Coronavírus, Ébola, entre outras doenças. A pneumonia é uma doença que resulta da exposição do indivíduo a um agente infeccioso ou factor de risco, podendo desta forma desenvolver a doença. Em alguns casos, os agentes infecciosos podem estar no corpo do indivíduo sem causar doença, mas quando inalados para os pulmões, podem originar uma pneumonia.

De acordo com o relatório de Dezembro de 2022 do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), a cada 39 segundos uma criança morre de pneumonia em todo o mundo. Esta doença mata mais crianças do que qualquer outra doença infecciosa. A pneumonia também se destaca como uma das principais causas de morte entre indivíduos com idade superior a 70 anos. Segundo (Chumbita, et al., 2020), apesar de ter ocorrido uma redução nas mortes por pneumonia de 36% entre 2007 e 2017 em crianças menores de cinco anos, a taxa aumentou 34% entre os idosos.

O tratamento da pneumonia, assim como de qualquer outra doença deve ser precedido por um diagnóstico. O médico procura usar o conjunto de informações que tem a sua disposição de modo a tomar a melhor decisão possível. As pneumonias, embora causem morbidades e mortalidades significativas, estas não são diagnosticadas e tratadas adequadamente e sua ocorrência é subestimada. (Jameson & Fauci, 2015).

Como foi referido anteriormente, diferentes agentes patológicos podem dar origem a pneumonia. A pneumonia pode ser classificada de acordo com o tipo de agente (em típicas ou atípicas). As pneumonias típicas resultam da infecção por bactérias e as pneumonias atípicas são causadas por vírus. A identificação e distinção de etiologia viral ou bacteriana é crucial para direccionar o tratamento da doença. Segundo Nunes (2021), distinguir pneumonia viral de pneumonia bacteriana é um grande desafio, e de acordo com (Chumbita, et al., 2020) os sinais e sintomas de pneumonia podem ser subjectivos

e inespecíficos, portanto, uma radiografia torácica é crucial para o diagnóstico. A interpretação ideal da radiografia torácica não só é fundamental para o diagnóstico de pneumonia e também pode ajudar a diferenciar entre as diferentes etiologias de pneumonia. Segundo (Jameson & Fauci, 2015), é difícil prever com algum grau de certeza o agente etiológico da PAC (Pneumonia Adquirida na Comunidade), e mais de 50% dos casos, não é possível determinar uma etiologia específica, ou seja, o médico tem dificuldades em distinguir entre etiologia viral e pneumonia bacteriana. No entanto, os elementos epidemiológicos e os factores de risco podem sugerir o envolvimento de determinados patógenos<sup>1</sup>.

Contar com mecanismos que possibilitem a realização do diagnóstico e da classificação das causas da pneumonia entre os grupos principais de patógenos é de extrema importância. Portanto, este estudo tem como foco criar uma solução fundamentada em tecnologia da informação para abordar essas questões mencionadas.

## **1.2 Definição do Problema**

A pneumonia apresenta-se como uma das principais causas de morbilidade e mortalidade entre as doenças respiratórias em regime hospitalar em Moçambique, assim como no mundo. De acordo com o relatório da Direcção Nacional de Assistência Médica afecta ao Ministério da Saúde, de 2013 a 2015, a Asma, a Tuberculose, a Insuficiência Respiratória e as Pneumonias foram as principais causas de morbilidade e mortalidade nos Hospital Central de Maputo (HCM), Hospital Central de Beira (HCB) e Hospital Central de Nampula (HCN).

Para poder haver uma resposta integral as necessidades dos doentes com pneumonia, é necessário dispor de uma equipe treinada em matéria de pneumologia. Diferentes profissionais de saúde como médicos, enfermeiros, fisioterapeutas, nutricionista, intensivista e psicólogos precisam funcionar como um todo desde o diagnóstico à abordagem de tratamento (curativa ou preventiva) a ser empregue. A falta de Recursos Humanos (RH) nas áreas acima referidas é uma situação que se verifica tanto ao nível do HCM, assim como em muitas outras entidades hospitalares em Moçambique. Na

---

<sup>1</sup> Qualquer organismo que pode produzir doença.

mesma senda, verifica-se a falta de meios auxiliares de diagnóstico actualizados que possam permitir aumentar e melhorar a capacidade de diagnóstico no HCM. Nunes (2021).

O diagnóstico de pneumonia pode ser difícil em pacientes com estado clínico crítico. Existem muitas abordagens de diagnóstico e avaliação da pneumonia e cada uma apresenta o seu nível de precisão. No dia-a-dia, o diagnóstico desta doença é baseado na apreciação clínica do paciente, através da avaliação dos sintomas e sinais apresentados, realização de exames físicos e raio X do tórax. O raio X é usado como auxílio para confirmar o diagnóstico de pacientes com estado clínico ambíguo. Nos casos em que os pacientes estão criticamente enfermos e necessitam de intervenção imediata, a lentidão no diagnóstico ou intervenção tardia pode ser fatal. O uso de raio X do tórax está sujeito a algumas limitações como a qualidade do filme de raio X que, segundo (Zindoga 2021) pode impactar negativamente sobre a análise do resultado do raio X. A exposição repetitiva a radiação também constitui um factor de risco. No entanto, alguns estudos revelam que a remoção da prática diária pode ter efeitos significativos sobre a mortalidade e morbilidade

Amostras de sangue, urina e expectoração estão entre os exames de rotina que são realizados após suspeite de pneumonia. As amostras colectadas são encaminhadas para laboratórios de microbiologia, o que pode levar vários dias para ter resultados conclusivos.

O uso de técnicas como broncoscopia flexível ou aspiração endotraqueal está sujeita a contra-indicações. Por ser uma técnica relativamente invasiva, não é possível realizar o broncoscópico em todos os pacientes, mas apenas em casos seleccionados (Alzahrani, *et al*, 2017). Ainda segundo (Alzahrani, *et al*, 2017) o uso de Tomografia Computadorizada é uma ferramenta bastante útil, mas os riscos de radiação, o custo e a logística que limitam seu uso rotineiro, outra grande limitação é a dificuldade de transporte de pacientes em críticas para a secção de imagens o que impede pacientes marcadamente instáveis.

Um marco importante para o tratamento da pneumonia consiste na distinção entre pneumonia viral e pneumonia bacteriana. Segundo Nunes (2021), distinguir pneumonia

viral de pneumonia bacteriana é um grande desafio. Pacientes com suspeita de pneumonia em serviços de emergência recebem radiografias de tórax. As imagens são criadas em um processo rápido, mas sua leitura pode ser demorada.

O diagnóstico diferencial entre pneumonia típica ou atípica pode levar muito tempo por tantas das análises que devem ser feitas. Geralmente, o tratamento inicia antes de se conhecer a causa da doença. O tratamento inicial é baseado em antibióticos. Caso o paciente não esteja a responder bem ao tratamento inicial, este é submetido a novos exames com vista a determinar o agente etiológico da doença. Segundo (Jameson & Fauci, 2015), o uso de antibióticos orais potentes pode contribuir para a resistência do patógeno sobre múltiplos fármacos.

### **1.3 Motivação**

Entidades de todos os sectores têm passado pela Transformação Digital e com o sector da saúde não é diferente. O uso de Tecnologias de Informação para o auxílio na gestão de actividades médicas permite gerar uma grande quantidade de dados. Ao longo do tempo este volume de dados tende a crescer cada vez mais. Nas últimas décadas houve grandes progressos no que concerne a performance computacional, com o desenvolvimento de dispositivos mais potentes e algoritmos mais precisos. O crescimento dessas áreas tornou possível o desenvolvimento de estudos sobre os dados clínicos com o objectivo de detectar padrões e desenvolver soluções para auxiliar no tratamento de pacientes e na gestão dos processos internos.

A inclusão de soluções tecnológicas no processo de diagnóstico e tratamento de pacientes permite alcançar maior precisão dos diagnósticos, assim como permitir diagnósticos precoces. Soluções de TI permitem alcançar resultados de maneira rápida e económica. É nesse âmbito que este trabalho visa analisar o uso de TI no processo de diagnóstico da pneumonia, fazendo uma avaliação de soluções nesse âmbito e desenvolvendo um modelo que permita fazer o diagnóstico da pneumonia e estabeleça a distinção entre etiologia viral e bacteriana e desta forma permitir uma intervenção médica rápida e apropriada. A detecção e classificação de pneumonia a partir de imagens de radiografia de tórax é um desafio importante na área da saúde e pode ter um impacto significativo no diagnóstico e tratamento dos pacientes.

## **1.4 Objectivos**

A seguir são apresentados o objectivo geral e específicos. O objectivo geral é a meta principal que se pretende alcançar com o trabalho, seguido dos objectivos específicos que são as metas intermediárias que contribuem para o alcance do objectivo geral.

### **1.4.1 Objectivo geral**

- Desenvolver um Modelo de Detecção e Classificação de Pneumonia com Base na Análise de Imagens de Radiografia do Tórax.

### **1.4.2 Objectivos específicos**

- Descrever os conceitos e as características da pneumonia no Hospital Central de Maputo (HCM);
- Identificar os procedimentos empregues para o diagnóstico da pneumonia no HCM;
- Analisar o impacto do uso de Inteligência Artificial no diagnóstico de pneumonia;
- Propor um modelo de detecção e classificação de pneumonia baseado em Inteligência Artificial; e
- Desenvolver um protótipo que implementa o modelo de Aprendizagem de Máquina proposto.

## **1.5 Apresentação do Caso de estudo**

O Hospital Central de Maputo (HCM), é uma unidade hospitalar de referência em Moçambique. Esta unidade hospitalar desenvolve actividades de assistência, formação e investigação. Com mais de 100 anos de existência, o HCM tem actualmente uma capacidade de internamento de 1500 camas distribuídas por diversos departamentos clínicos e serviços de apoio e presta assistência nas mais diversas áreas médicas e cirúrgicas (HCM, 2021).

O HCM conta actualmente com aproximadamente 4000 funcionários e colaboradores distribuídos em categorias profissionais como, médicos, técnicos de saúde, administrativos, agentes de serviços e outras áreas de apoio. Além das actividades de rotina, o HCM vem desenvolvendo nos últimos anos actividades de excelência tais como dialise, Cirurgia Ortopédica de prótese da anca e joelho e Cirurgia de coração aberto com circulação extracorpórea. Tem ainda capacidade para realizar exames auxiliares de

diagnóstico tais como a Tomografia axial computadorizada (TAC), Ressonância Magnética, Mamografia entre outras (HCM, 2021)

De acordo com o site oficial do HCM, o grande desafio que o HCM tem neste momento e durante os próximos anos é de se adaptar as necessidades dos seus utentes, dotando-se de meios humanos e materiais suficientes e adequados para um desempenho que se pretende de excelência.

O Serviço de Pneumologia, está sob direcção da Prof. Doutora Elizabete Nunes desde 1985. Este serviço faz parte do Departamento de Medicina afecto a Direcção Clínica do Hospital Central de Maputo. O Serviço de Pneumologia não só lida com a Pneumonia, assim como com outras doenças respiratórias. O organograma do HCM está ilustrado na figura 25 anexo 6 mostra a estrutura hierárquica e de funcionamento desta unidade hospitalar.

## **1.6 Metodologia**

Este trabalho tem como objectivo desenvolver um modelo de inteligência artificial que analisa imagens de radiografia torácica e faz o diagnóstico diferencial entre pneumonia viral e bacteriana. Para alcançar esse objectivo, foi realizada uma pesquisa aplicada que envolveu a análise e processamento de imagens de radiografias torácicas com suspeita de pneumonia viral ou bacteriana. As imagens (*dataset*) de radiografia torácica foram obtidas da plataforma Kaggle, que contém um grande número de imagens médicas para fins de pesquisa.

A colecta de dados também envolveu a revisão da literatura por meio de pesquisa sistemática em várias bibliografias e artigos científicos, bem como entrevistas com médicos do HCM, que responderam ao questionário e recomendaram livros e relatórios relevantes.

Os dados colectados por meio do questionário e revisão da literatura foram analisados usando métodos de análise qualitativa e quantitativa.



A análise das imagens foi realizada usando métodos de aprendizado de máquina e algoritmos que permitiram a extração de características relevantes das radiografias torácicas e a comparação com os padrões definidos para diagnosticar pneumonia viral e bacteriana

As limitações deste estudo incluem a selecção de amostras limitadas de radiografias torácicas e o fato de que a pesquisa foi realizada com base nas imagens disponíveis no Kaggle. Além disso, pode haver outras condições médicas que apresentam sintomas semelhantes aos da pneumonia viral e bacteriana, o que pode limitar a precisão do modelo de IA.

### **1.6.1 Metodologia de Desenvolvimento do Modelo**

O processo de criação do modelo de IA para análise de radiografias torácicas envolveu o uso da linguagem de programação Python e várias bibliotecas para processamento de imagens. O primeiro passo foi a colecta e processamento dos dados de radiografias torácicas, que foram obtidas na plataforma Kaggle. Em seguida, foram utilizadas as bibliotecas OpenCV e NumPy para pré-processamento das imagens, que incluiu a normalização, correcção de brilho e contraste e segmentação de áreas de interesse.

Depois disso, a biblioteca Keras, juntamente com a estrutura de rede neural convolucional (CNN), foi usada para treinar o modelo de IA. A CNN é uma técnica de aprendizado profundo que tem sido amplamente utilizada em tarefas de classificação de imagens, e a biblioteca Keras é uma das ferramentas mais populares para a implementação de redes neurais.

O modelo foi treinado usando um conjunto de dados de radiografias torácicas previamente rotuladas como pneumonia viral ou bacteriana, que foram divididas em conjuntos de treinamento e teste. Durante o treinamento, foram ajustados os hiperparâmetros da rede para otimizar a precisão do modelo.

A validação do modelo foi feita usando um conjunto de dados de radiografias torácicas não vistas anteriormente pelo modelo. A precisão do modelo foi avaliada usando várias métricas, como precisão, sensibilidade e especificidade.

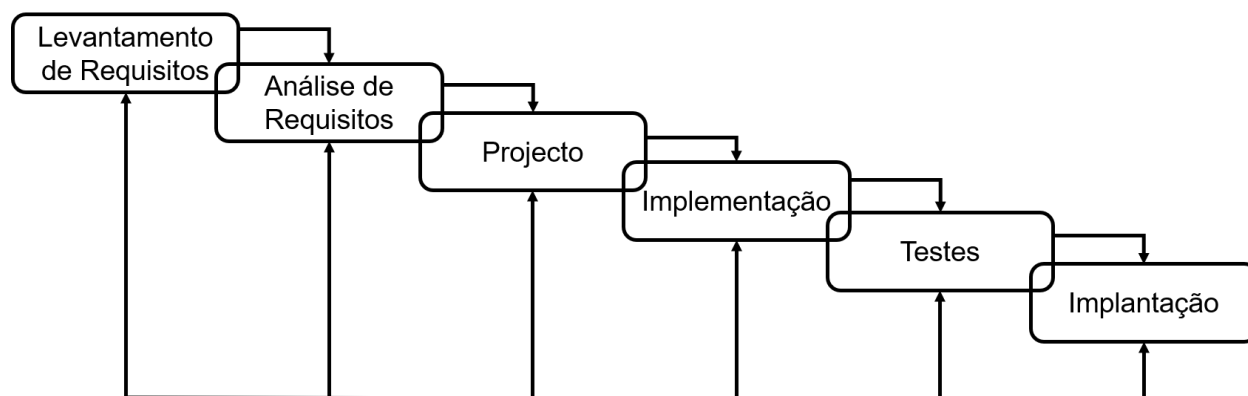
É importante destacar que o ambiente utilizado para treinar e aprender o modelo foi o laboratório do Kaggle (*Notebook*). Trata-se de um ambiente baseado na nuvem que permite a execução de scripts que demandam recursos computacionais.

### **1.6.2 Metodologia de desenvolvimento do protótipo**

A metodologia de desenvolvimento de software consiste, essencialmente, na abordagem que pode ser utilizada para a concepção de um sistema. O sucesso de um projecto voltado à elaboração de um software depende directamente da escolha da metodologia mais adequada. De modo a assegurar a eficiência na concepção deste projecto, optou-se pelo uso do Modelo em Cascata com Realimentação. Uma vez que o escopo de funcionalidades e de trabalho que o sistema deve desempenhar têm um escopo definido, esta metodologia é empregável para o desenvolvimento do sistema. O desenvolvimento de um projecto de acordo com (Sommerville, 2003), geralmente segue as seguintes etapas:

- Levantamento de requisitos: nesta etapa, foram identificadas e documentadas as necessidades e requisitos do projecto, incluindo as funcionalidades desejadas e metas a serem alcançadas.
- Análise: os requisitos levantados foram analisados em detalhes para compreender melhor o escopo do projecto e definir uma solução adequada.
- Projecto do Sistema: os requisitos levantados são analisados em detalhes para compreender melhor o escopo do projecto e definir uma solução adequada.
- Implementação: O projecto foi transformado em código executável. Criação do código-fonte, seguindo as especificações definidas nas etapas anteriores.
- Testes: os testes incidiram sobre as funcionalidades de modo a verificar se as mesmas atendem aos requisitos estabelecidos.
- Implantação: consiste na implantação no ambiente de produção. Esta etapa não foi abrangida durante a realização deste trabalho.
- Manutenção: após a implantação, o sistema passa por um período de manutenção, para correcção de eventuais erros. Esta etapa, assim como a anterior, não foi abrangida nesse projecto.

Segundo (Sommerville, 2003), o Modelo em cascata com realimentação permite fazer a revisão de fases anteriores e a superposição entre fases. Este modelo é uma variante do modelo em cascata tradicional que permite a realimentação, ou seja, correcções que surgirem durante outras fases do projecto. De acordo com (Pressman, 2011) o processo de desenvolvimento de software não é uma prescrição rígida de como desenvolver um software, mas sim uma abordagem adaptável que possibilita as pessoas (equipe de software) realizar o trabalho de seleccionar o conjunto apropriado de acções e tarefas. A intenção é sempre entregar o software dentro do prazo e com qualidade.



*Figura 1 - Fluxo de eventos do Modelo em Cascata com realimentação*

*Fonte: Adaptado de (Uchôa, 2016)*

### **1.6.3 Classificação da Pesquisa**

Considerado o propósito do trabalho, foi aplicada uma pesquisa exploratória, que nada mais é do que um tipo de investigação que busca obter uma compreensão ampla sobre um problema ou fenómeno. Ao longo do trabalho, houve necessidade de familiarizar-se com o problema com vista a obter mais informações sobre o tema com base em revisão da literatura, entrevistas e análise de dados existentes.

## **1.7 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho encontra-se subdividido nas seguintes partes:

- **Capítulo I – Introdução**

Neste capítulo, é abordado de forma clara e objectiva o tema, a problemática a ser resolvida, os objectivos do trabalho, a metodologia utilizada e a organização do trabalho.

- Contextualização: apresentação do tema e do contexto em que se insere, incluindo uma breve revisão da literatura sobre o assunto;
- Problematização: apresentação do problema a ser resolvido e sua relevância para a sociedade ou para a área de estudo;
- Motivação: apresentação da importância e relevância do tema, bem como sua contribuição para o avanço do conhecimento;
- Caso de Estudo: Análise de um exemplo real em contexto científico;
- Objectivos: definição dos objectivos geral e específicos do trabalho;
- Metodologia: descrição dos métodos e técnicas utilizados na pesquisa;
- Organização do trabalho: apresentação da estrutura e dos capítulos que compõem o trabalho;

- **Capítulo II – Revisão da Literatura**

Constam deste capítulo estudos relevantes para a área de pesquisa do trabalho, incluindo as teorias e conceitos chave relacionados ao tema. Apresenta-se uma síntese dos principais resultados e contribuições da literatura existente. A revisão da literatura é fundamentada por meio de fontes confiáveis e actualizadas, utilizando-se de artigos científicos, livros, relatórios e outras fontes relevantes.

- **Capítulo III – Construção do Modelo**

Este capítulo descreve a solução proposta e apresenta o processo de concepção do modelo, as suas e as etapas seguidas. Descreve o pré-processamento, divisão dos dados, treinamento do modelo, avaliação do modelo, entre outros.

- **Capítulo IV – Desenvolvimento da Solução**

Este capítulo apresenta detalhes técnicos da solução proposta, desde a arquitectura da solução proposta, descrição dos requisitos, etc.

- **Capítulo V – Conclusões e Recomendações**

Nesta seção faz-se uma análise sobre quais foram os objectivos alcançados de forma resumida, bem como enfatizar a relevância e contribuição do estudo. Também são apresentadas recomendações para trabalhos futuros a partir das limitações encontradas no estudo.

- **Bibliografias**

Contém uma lista, em ordem alfabética, de referências bibliográficas das fontes consultadas e citadas ao longo do texto. As referências obedecem a norma APA.

- **Apêndices e Anexos**

Contém informações adicionais que podem ser úteis para o leitor. São informações complementares como: Guiões de entrevistas, Diagramas UML, etc.

## CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA

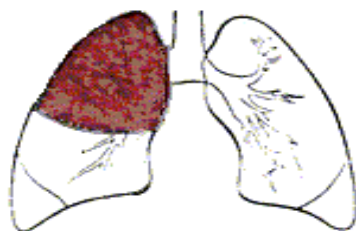
### 2.1 A pneumonia

Segundo (Jameson & Fauci, 2015, p. 3587) “A pneumonia é uma infecção do parênquima pulmonar”. Uma infecção é a penetração e desenvolvimento (ou multiplicação) de um agente infeccioso no organismo. São vários os agentes infecciosos que podem causar a pneumonia, dos quais destacam-se os vírus e bactérias. Estes agentes infeccionam os alvéolos, lobos e segmentos do pulmão originando a doença.

Além da proliferação dos patógenos microbianos nos espaços alveolares, a resposta do hospedeiro a esses agentes patogênicos contribui para o desenvolvimento da pneumonia. Segundo (Santos, 2019) a acção das células inflamatórias em resposta à acção de determinado agente microbiano pode resultar na condensação inflamatória aguda dos alvéolos e/ou infiltração do tecido intersticial pulmonar.

De acordo com (Tisiologia, 2003), a pneumonia pode afectar o pulmão de duas formas:

- **Pneumonia Lobar** - na pneumonia lobar, uma parte do pulmão (lobo) é afectada de maneira uniforme.
- **Broncopneumonia** – a pneumonia afecta o pulmão de forma focal.



Pneumonia Lobar



Broncopneumonia

Figura 2 – Abrangência da pneumonia no pulmão

**Fonte:** (Tisiologia, 2003)

## 2.2 Etiologia da Pneumonia

O grupo de potenciais agentes etiológicos (agentes causadores) de pneumonia compreende as bactérias e os vírus como os agentes com maior incidência comparativamente aos fungos e protozoários. Cada vez mais, novos patógenos são identificados como causadores da pneumonia, a título de exemplo temos os coronavírus, estes são responsáveis pela Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), e muitas outras complicações que podem levar a morte (Jameson & Fauci, 2015).

A tabela 1 apresenta alguns dos agentes etiológicos (organismos causadores) de pneumonia, estes estão segmentados dentro de três grupos principais: vírus, bactérias e outros (em representação dos demais agentes de menor ocorrência).

Tabela 1 - Principais agentes causadores de pneumonia

(Etiologia)		
Vírus	Bactéria	Outros
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Coronavírus</i></li> <li>• <i>VSR</i></li> <li>• <i>Influenza A, B</i></li> <li>• <i>Metapneumovirus</i></li> <li>• <i>Adenovirus</i></li> <li>• <i>Enterovirus</i></li> <li>• <i>Rhinovirus</i></li> <li>• <i>Bocavirus</i></li> <li>• <i>Sarampo</i></li> <li>• <i>HIV</i></li> <li>• <i>Vírus herpes (varicela, CMV, EBV, HVS1 e 2)</i></li> <li>• <i>Parainfluenza 1,2,3</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Pneumococo</i></li> <li>• <i>Haemophilus influenza</i></li> <li>• <i>Moraxela catarrhalis</i></li> <li>• <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>• <i>Streptococo Grupo A</i></li> <li>• <i>Streptococo Grupo B</i></li> <li>• <i>Gram negativos</i></li> <li>• <i>Anaerobios</i></li> <li>• <i>Chlamydia trachomatis</i></li> <li>• <i>Chlamydia pn</i></li> <li>• <i>Bordetela</i></li> <li>• <i>Coxiella burnetti</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fungos</i></li> <li>• <i>Parasitas</i></li> <li>• <i>Pneumocystis jiroveci</i></li> <li>• <i>Candida albicans</i></li> <li>• <i>Pneumocystis carinii</i></li> <li>• <i>Cryptococcus</i></li> </ul>

Fonte: Adaptado de: (Jameson & Fauci, 2015)

A gravidade da pneumonia tem como um dos factores dependentes o microrganismo causador, ou seja, os sintomas da pneumonia variam de acordo com o germe. Embora existam algumas diferenças, o quadro de sintomas (manifestações clínicas) em função do agente etiológico, muitas vezes, apresenta semelhanças que dificultam o processo de identificação do agente etiológico causador da pneumonia. (Grossman & Porth, 2016)

Ainda segundo (Grossman & Porth, 2016), a pneumonia pode ser classificada de acordo com de agente causador da infecção e subdividida em dois grupos principais:

- **Pneumonias típicas** - as pneumonias típicas resultam da infecção por bactérias que se multiplicam fora das células alveolares e causam inflamação e exsudação de líquidos para os espaços aéreos dos alvéolos.
- **Pneumonias atípicas** - as pneumonias atípicas são causadas por vírus que afectam o septo alveolar e o interstício pulmonar.

O médico raramente conhece a etiologia da Pneumonia antes de iniciar o tratamento, o tratamento inicial geralmente é “empírico” e tem como propósito cobrir os patógenos mais prováveis. Ter conhecimento do grupo de patógenos de maior ocorrência é importante pois ajuda na delimitação do tratamento. (Jameson & Fauci, 2015) e (Merriam-Webster, 2021)

Estudos regulares são realizados com vista a identificar os agentes infecciosos mais comuns por região e desta forma poder definir uma estratégia de tratamento genérica a ser aplicado antes mesmo da identificação do agente causador da pneumonia.

De acordo com Nunes (2021), ao nível de Moçambique, os agentes infecciosos de maior ocorrência são os seguintes:

- **Bactérias:** *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae* (*Pneumococcus*), *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*.
- **Vírus:** Adenovírus, *Influenzae*, *Parainfluenzae*, varicela, vírus sincicial respiratório, *Citomegalovírus* e mais recentemente o *Coronavírus*.
- **Fungos:** *Cryptococcus*, *Pneumocystis carinii*, *Candida albicans*.



Uma vez que o tratamento é guiado pela ocorrência de determinados patógenos numa região, o tratamento a ser aplicado em Moçambique pode apresentar diferenças comparativamente ao tratamento aplicado em outras regiões. O tratamento da pneumonia em Moçambique é guiado principalmente em estudos internacionais de regiões onde a ocorrência de patógenos se assemelha ao padrão de nacional (Nunes, 2021).

### **2.3 Manifestações clínicas**

A manifestação da pneumonia no organismo pode ser indolente ou fulminante, e a sua gravidade pode variar de casos leves a casos fatais. O corpo humano apresenta mecanismos de defesa contra os agentes infecciosos (anticorpos e glóbulos brancos ou leucócitos) que podem inibir que se desencadeie uma infecção, mas estes nem sempre respondem no nível esperado e podem não impedir a infecção. A acção do patógeno e a consequente resposta do organismo pode dar início a alterações no organismo e o começo de manifestações clínicas (sintomas). (Jameson & Fauci, 2015)

Segundo (Jameson & Fauci, 2015) e Nunes (2021) o paciente frequentemente tem febre superior a 38° (menos frequente em idosos) e taquicardia, ou pode apresentar calafrios e/ou sudorese<sup>2</sup>. A tosse pode ser seca ou produtiva com escarro mucóide, purulento ou sanguinolento. Dependendo da gravidade, o paciente pode ser capaz de pronunciar frases inteiras ou apresentar dispneia grave. Até 20% dos pacientes podem apresentar queixas gastrintestinais, como náuseas, vómitos e/ou diarreia. Outros sintomas podem incluir fadiga, cefaleia, mialgias e artralguas, dor torácica, Taquipneia ou dispneia, dor pleurítica e limitação dos movimentos respiratórios, erupção cutânea, herpes labial.

Nos idosos, sintomas inespecíficos (confusão, dores abdominais, inconsistência urinária e descompensação de patologias associadas) (Nunes, 2021).

Nesta doença, diferentes partes do pulmão podem ser afectadas: segmentos (pneumonia segmentar), lobos (pneumonia lobar), alvéolos (pneumonia alveolar) ou os lobos inferiores dos pulmões (pneumonia intersticial) (Grossman & Porth, 2016).

---

<sup>2</sup> É uma condição que provoca suor excessivo, na qual os pacientes podem transpirar muito até mesmo em repouso.

## **2.4 Diagnóstico da Pneumonia**

Diagnóstico é o processo de análise dos sintomas e sinais de uma doença com vista a determinar ou conhecer a natureza de uma doença é designado por diagnóstico (Britannica, 2018).

Diante de um potencial caso de pneumonia, para estabelecer o diagnóstico, o médico deve fundamentalmente responder a duas questões: “O paciente tem pneumonia?” Em caso afirmativo, “qual é a etiologia?”.

Existem várias técnicas aplicadas no diagnóstico da doença, e muitas delas são usadas em conjunto com vista a alcançar o resultado mais correcto possível. As principais técnicas de diagnóstico são as seguintes:

- Diagnóstico clínico;
- Diagnóstico por imagem (ou imagiológico):
  - Diagnóstico Radiológico;
  - Tomografia Computadorizada (TC);
  - Ressonância magnética;
- Exames laboratoriais.

De acordo com Nunes (2021), em geral, a primeira questão é respondida com base nos exames clínicos e radiológicos, enquanto que a segunda questão depende de técnicas laboratoriais complementares.

### **2.4.1 Diagnóstico clínico**

O diagnóstico clínico consiste na avaliação do quadro clínico inicial do doente, resultante da análise dos principais sinais e sintomas que podem caracterizar a doença. Esta análise também abrange o estudo do histórico clínico e a realização de exames físicos (semiotécnica) no paciente.

Da análise prévia, diferentes possibilidades podem ser formadas pelo médico, ou seja, podem existir diferentes doenças que se enquadram ao mesmo quadro clínico que o

paciente apresenta, por essa razão, surge a necessidade de haver um diagnóstico diferencial.

O Diagnóstico diferencial “*é a distinção de uma doença ou condição específica de outras que apresentam características clínicas semelhantes*” (Merriam-Webster, 2021). O médico restringe o diagnóstico sobre um determinado grupo de possibilidades.

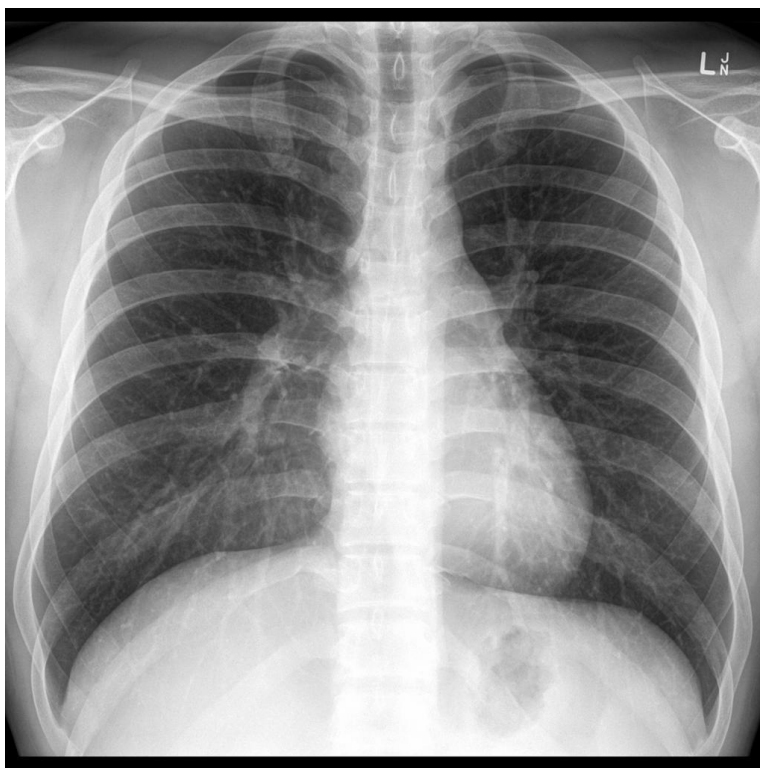
Segundo (Jameson & Fauci, 2015), a sensibilidade e a especificidade das alterações destacadas pelo exame físico ficam aquém do que seria ideal, ou seja, em média 58% e 67% respectivamente. Por essa razão, as radiografias do tórax geralmente são necessárias para identificar a pneumonia ou outros distúrbios.

## **2.4.2 Diagnóstico por imagem**

É o uso de radiação electromagnética e outras tecnologias para produzir imagens de estruturas internas do corpo com a finalidade de um diagnóstico preciso. A imagem de diagnóstico, também chamada de imagem médica, está associada a radiologia, ramo da medicina que usa a radiação para diagnosticar e tratar doenças. No entanto, outras tecnologias como ultra-som, as endoscopias, entre outros, também oferecem um bom instrumento óptico para análise. (Britannica, 2018)

### **2.4.2.1 Diagnóstico Radiológico**

O diagnóstico radiológico é baseado em imagens de raios X. Segundo (Britannica, 2018), os raios X são usados desde 1895, foram o primeiro tipo de radiação a fornecer imagens do interior do corpo. Os raios X atravessam os tecidos corporais e também têm a propriedade de escurecer o filme fotográfico quando o atingem.



*Figura 3 – Raio X do tórax*

*Fonte: (Gaillard, 2020)*

Conforme foi explicado anteriormente, as imagens de diagnóstico servem para complementar as análises do quadro clínico e assim determinar a presença de algum distúrbio. Os achados radiográficos servem como parâmetro para comparações futuras e podem incluir factores de risco sugestivos de maior gravidade. Em alguns casos, os resultados das radiografias sugerem o diagnóstico etiológico. (Jameson & Fauci, 2015)

A radiografia do tórax é um método simples e importante para confirmação de uma pneumonia no doente hospitalizado. A imagem também permite avaliar a extensão das lesões, complicações e auxilia no diagnóstico diferencial sendo por isso recomendado a todos os doentes. A distinção entre pneumonia lobar ou broncopneumonia pode ser feita com base na análise da imagem do raio X do tórax. Nunes (2021)

#### **2.4.2.2 Tomografia Computadorizada**

O termo tomografia computadorizada (TC), refere-se a um procedimento computadorizado de processamento de imagens de raio X de modo a gerar imagens

transversais ou “fatias” do corpo. Essas fatias são chamadas de imagens tomográficas e contêm informações mais detalhadas do que as radiografias convencionais. Uma vez que uma série de fatias sucessivas são colectadas pelo computador da máquina, elas podem ser digitalmente "empilhadas" juntas para formar uma imagem tridimensional do paciente que permite a identificação e localização mais fáceis de estruturas básicas, bem como possíveis tumores ou anormalidades. (NIBIB, 2021). De acordo com (Jameson & Fauci, 2015) a tomografia computadorizada é mais útil nos casos suspeitos de pneumonia causadas por tumor ou corpo estranho ou suspeitas de doença cavitária.

#### **2.4.2.3 Ressonância magnética**

Segundo (Britannica, 2018), a ressonância magnética consiste na emissão ou absorção de radiação electromagnética por electrões ou nucleões atómicos em resposta à aplicação de certos campos magnéticos. Esta técnica é aplicada nos laboratórios e hospitais com vista a analisar as propriedades atómicas e nucleares da matéria e assim auxiliar no diagnóstico de doenças.

#### **2.4.3 Diagnóstico laboratorial**

Segundo (Ristow, 2017), diagnóstico laboratorial é um recurso diagnóstico complementar e não conclusivo, ou seja, de apoio, que confirma ou não uma suspeita clínica inicial, podendo nos remeter a realização de provas adicionais para que se possam elucidar cada quadro e traçar as directrizes terapêuticas, preventivas e de controle para determinada enfermidade ou condição patológica.

Segundo (Blanco, 2017), os exames laboratoriais permitem identificar directamente os microrganismos. Existem muitos tipos de exames, que vão desde a identificação dos anticorpos contra o microrganismo ao uso de microscópio para ver o crescimento do microrganismo em culturas. A cultura costuma ser o padrão-ouro para a identificação de microrganismos, mas os resultados podem não estar disponíveis por dias ou semanas e nem todos os patógenos podem ser cultivados, o que a faz ser substituída por testes alternativos. Quando um patógeno é identificado, o laboratório também pode determinar

sua sensibilidade aos antimicrobianos. Às vezes métodos moleculares podem ser utilizados para detectar os genes específicos da resistência. Diferentes amostras como sangue, urina, pus e órgãos ou espécimes cirúrgicos.

As análises laboratoriais não substituem em hipótese alguma uma boa anamnese e exame clínico, sendo assim, quanto maior o número de informações disponíveis ao clínico, maior a chance de fechar um diagnóstico correcto. Além disso, nem sempre é possível estabelecer o diagnóstico a partir de uma única avaliação, podendo ser necessário acompanhamento seriado com o intuito de acompanhar a evolução de uma provável patologia em curso, uma vez que deve se considerar o dinamismo de várias enfermidades, como período de incubação, pré-patente, curso agudo ou crónico e resposta imunológica individual (Ristow, 2017).

O diagnóstico laboratorial da pneumonia passa pela realização de exames microbiológicos. Gram <sup>3</sup>e cultura da expectoração/aspiro Nasotraqueal (quando não conseguem expectorar). A colecta das amostras deve ser feita antes de iniciar o tratamento antibiótico ou nas primeira 24 horas. Nunes (2021).

De acordo com Nunes (2021), testes moleculares recomendados são o teste molecular para M. tuberculosis e o PCR para SARS Cov2 cujo objectivo é para diagnóstico diferencial ou mesmo associado a estas 2 entidades.

#### **2.4.4 Broncoscopia e Aspiração Endotraqueal**

Segundo (SBPT, 2014) a broncoscopia, também conhecida com endoscopia respiratória é um exame que permite a visualização das vias aéreas (fossas nasais, nasofaringe, laringe, traqueia e brônquios) com auxílio de um instrumento chamado broncoscópio, auxiliando no diagnóstico preciso de eventuais alterações na anatomia e diversas doenças (pneumonia, tumores, corpos estranhos, etc.) O exame é sempre realizado por um médico especialista auxiliado por uma equipe de enfermagem. Alguns casos podem necessitar de anestesia geral que será realizada pelo médico anestesista.

---

<sup>3</sup> Método de coloração usado para classificar bactérias com base em sua resposta à coloração.

Segundo (Favretto, et al., 2012) a aspiração endotraqueal é um procedimento que visa manter as vias aéreas pérvias, removendo, de forma mecânica, secreções pulmonares acumuladas, sobretudo em pacientes com via aérea artificial. Apesar de ser um procedimento necessário, pode ocasionar complicações como lesão na mucosa traqueal, dor, desconforto, infecção, entre outros. Este procedimento é aplicado somente sob condições específicas. De acordo com o mesmo autor, apesar de haver evidências científicas para a realização segura e eficaz da aspiração endotraqueal, muitas dessas recomendações não têm sido observadas na prática clínica dos enfermeiros, sobretudo devido ao baixo conhecimento sobre esse procedimento

#### 2.4.5 Diagnóstico Diferencial entre Pneumonia Típica ou Atípica

A classificação ou diferenciação entre pneumonia típica e atípica, tradicionalmente ocorre com base no uso de alguns dados de padrão radiológico em cotejo com dados clínicos e laboratoriais para distinguir entre etiologia viral e bacteriana assim como para distinguir os diversos agentes. Segundo (Ruuskanen, Lahti, Jennings, & Murdoch, 2011) as variáveis usadas para distinguir pneumonia viral de bacteriana são as seguintes:

*Tabela 2 -Variáveis usadas para distinguir pneumonia viral de bacteriana*

	<b>Sugere Causa Viral</b>	<b>Sugere Causa bacteriana</b>
Idade	Menor de 5 anos	Adultos
Situação da epidemia	Epidemia viral em curso	
Histórico da doença	Início lento	Início Rápido
Perfil Clínico	Rinite, respiração ofegante	Febre alta, taquipneia
Biomarcadores		

	Contagem geral de leucócitos	<10 × 10 <sup>9</sup> células por L	> 15 × 10 <sup>9</sup> células por L
	Concentração de proteína C reactiva no soro	<20 mg / L	> 60 mg / L
	Concentração de procalcitonina no soro	<0.1 µg / L	> 0.5 µg / L
	Achados da radiografia de tórax	Infiltrados intersticiais únicos, bilateralmente	Infiltrados alveolares lobares
	Resposta ao tratamento com antibióticos	Lento ou sem resposta	Rápido

Fonte: Adaptado de (Ruuskanen, *et al*, 2011).

#### 2.4.5.1 Importância da distinção entre pneumonia típica e atípica

O tratamento empregue após o diagnóstico da pneumonia é largamente influenciado pelo tipo de agente que causa a doença, ou seja, a classificação imediata vai determinar, por exemplo, a necessidade de administração de antibióticos (para pneumonias típicas) ou antivirais (para pneumonias atípicas). Segundo (Jameson & Fauci, 2015) “Quando o(s) agente(s) etiológico(s) e sua(s) sensibilidade(s) são conhecidas, o tratamento pode ser alterado de forma a contemplar o(s) patógeno(s) específico(s).”

Para avaliar o índice de desfecho favorável ou não, os médicos usam diferentes informações para determinar o *Pneumonia Severity Index* (Índice de Gravidade da Pneumonia, ou IGP), um modelo de pronóstico utilizado para identificar os pacientes com risco baixo de mortalidade. A distinção prévia entre pneumonia típica ou atípica faz parte do conjunto de informações usadas para determinar o IGP. Naturalmente outros critérios são levados em conta como a idade, outras doenças coexistentes, anormalidades no exame físico assim como análises laboratoriais e outras informações que julgar pertinentes. Segundo (Jameson & Fauci, 2015)



## 2.5 Processo de diagnóstico da pneumonia em Moçambique

Para os pacientes ambulatoriais<sup>4</sup>, a combinação da avaliação clínica e radiológica geralmente é suficiente emitir um diagnóstico e iniciar com o tratamento, pois a maioria dos exames não fica disponível a tempo de influenciar significativamente no tratamento inicial. (Grossman & Porth, 2016).

A avaliação clínica é a primeira etapa rumo ao diagnóstico, nela leva-se em conta diferentes aspectos como o histórico clínico do paciente, e o quadro de manifestações clínicas que este apresenta. Dentro da história clínica que é a base de todo o diagnóstico é fundamental conhecermos os factores de risco para o desenvolvimento das pneumonias a referir Idade < 5 anos ou >65, Prematuridade da criança, Malnutrição, Imunodepressão/HIV, Diabetes, Alcoolismo, DPOC, Relacionados com o meio ambiente/social, Casas inadequadas, Tabaco/poluentes ocupacionais, cozinhar com biomassa, Estação do Inverno, História de viagens. Nunes (2021)

Nos casos em que o paciente apresenta um quadro clínico grave, ou não apresenta resposta favorável ao tratamento inicial, surge então a necessidade de haver uma análise laboratorial com vista a determinar o peptógeno por detrás da doença e assim aplicar um tratamento direccionada.

Segundo Nunes (2021), a colecta da expectoração serve para tentar identificar o agente etiológico responsável pela pneumonia no paciente. Todavia, em cerca de 40 a 50% dos casos não são identificados os agentes etiológicos. Conforme foi dito anteriormente, estudos etiológicos são realizados. O HCM, assim como as outras entidades hospitalares em Moçambique fazem uso de estudos etiológicos realizados a nível internacional e que não apresentam grande variação com os doentes ao nível nacional. Embora o sistema de classificação seja útil no planeamento da estratégia de antibioticoterapia empírica, como a possibilidade de desenvolvimento resistência aos múltiplos fármacos.

Também podem ser realizados testes moleculares com vista a estabelecer o agente etiológico da pneumonia. Ao nível do HCM, por exemplo, é recomendado o teste

---

<sup>4</sup> Paciente sem internamento

molecular para *M. tuberculosis* e o PCR para SARS cov2 cujo objectivo é para diagnóstico diferencial ou mesmo associado a estas 2 entidades.

O processo de diagnóstico da pneumonia descrito acima, de modo geral, é aplicado ao nível Hospital Central de Maputo, assim como, nas demais entidades hospitalares, salvo nos casos em que o hospital não reúne condições por falta de equipamentos ou laboratório. As directrizes destes tratamentos são baseadas em padrões internacionais, por essa razão apresentam poucas diferenças. (Zindoga, 2021)

### **2.5.1 Diagnóstico da pneumonia no Hospital Central de Maputo**

O processo de diagnóstico da pneumonia no Hospital Central de Maputo tem início com a realização da consulta. Geralmente o paciente chega ao hospital e é atendido no Serviço de Urgências do HCM. O paciente dirige-se ao balcão de atendimento do Serviço de urgências onde é atendido por um Médico Clínico Geral que se encontra de plantão. O médico faz a consulta onde procura perceber o quadro de sinais e sintomas que o paciente apresenta. Dependendo da sintomatologia apresentada pelo paciente, o médico generalista pode solicitar alguns exames para apoiar no diagnóstico. No caso de o paciente apresentar sintomatologia que sugere pneumonia, este é encaminhado para Sala de Observações onde será atendido por um médico especialista em pneumonia. O pneumologista poderá solicitar um exame radiológico junto do serviço de radiologia e imagiologia.

Quando o paciente não se encontra em estado crítico, este poderá receber um tratamento e encaminhado para casa. Nos casos em que o paciente está grave ou exige um tratamento que somente pode ser realizado com a presença do paciente no hospital, este é encaminhado para a enfermaria de pneumologia para que possa receber o devido tratamento e acompanhamento em ambiente hospitalar. Nos casos em que o médico solicita um exame laboratorial, este é realizado pelo laboratório de análises clínicas.

Dependendo do quadro do paciente, diferentes profissionais de diferentes áreas podem interagir com vista a trazer o melhor tratamento possível para o paciente. A interacção

entre pneumologia, radiologia, enfermaria, farmácia, laboratórios de análises, entre outros é fundamental para garantir o melhor serviço de atendimento.

A figura 3 ilustra o fluxo de diagnóstico e acompanhamento de pacientes com pneumonia ao nível do Hospital Central de Maputo.

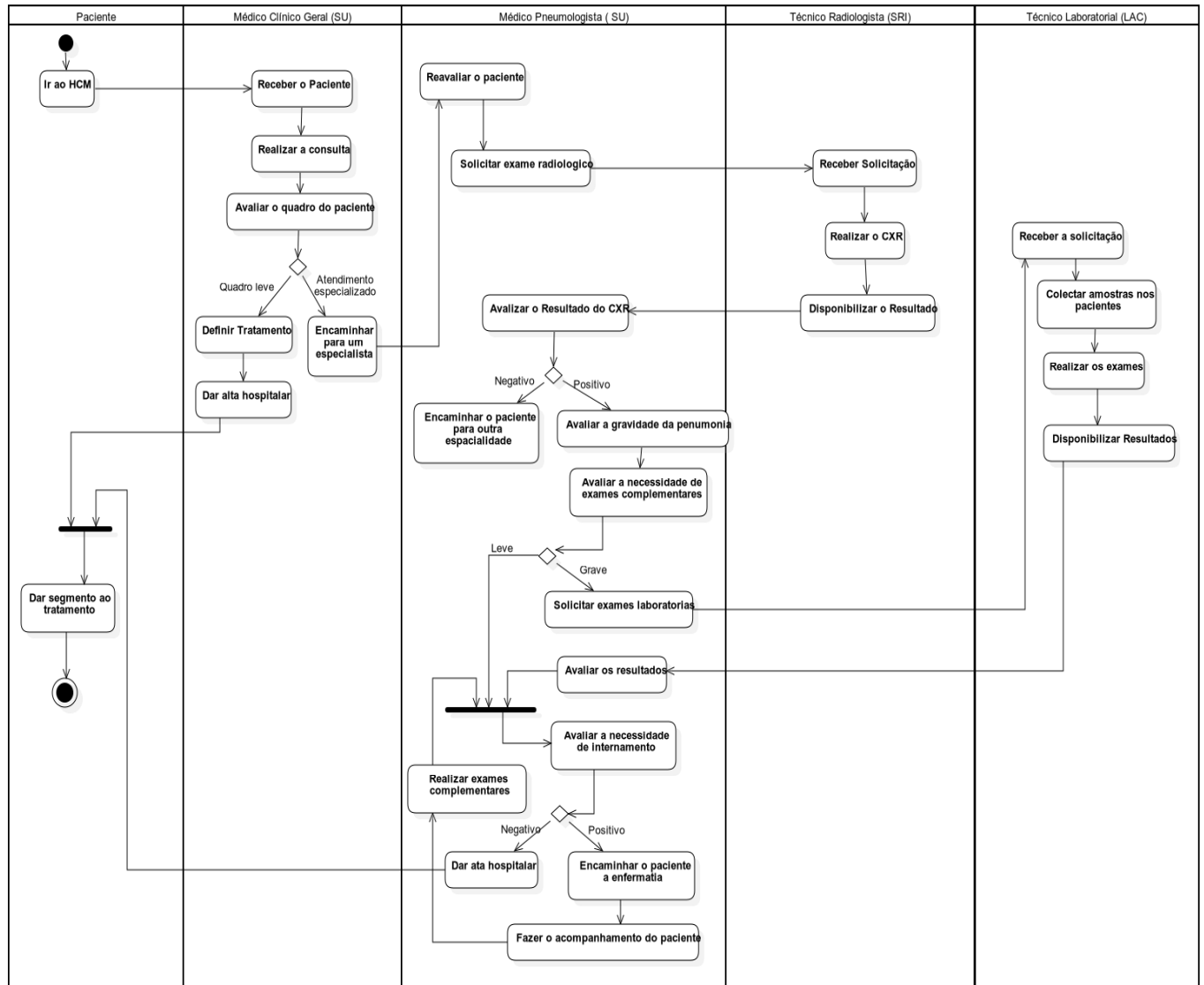


Figura 4 – Fluxo de atendimento ao paciente no HCM

Fonte: elaborado pelo autor

## **2.6 Análise comparativa das técnicas de diagnóstico de pneumonia**

As diferentes modalidades de diagnóstico de pneumonia actualmente empregues tanto ao nível do Hospital Central de Maputo, assim como fora apresentam vantagens e desvantagens. O diagnóstico é feito conjugando resultado de diferentes análises. Cada técnica de diagnóstico esta sujeita a uma precisão de diagnóstico associada.

O diagnóstico com base em técnicas laboratoriais permite obter resultados com um elevado grão de precisão, porém podem levar demasiado tempo para obtenção dos resultados das análises laboratoriais. Nos casos em que o nível clínico do paciente não permite grande mobilidade, a broncoscopia flexível ou aspiração endotraqueal surge como solução, mas estas técnicas têm pouca aplicabilidade no dia-a-dia e estão sujeitas a restrições de uso, por exemplo, nos casos em que um paciente apresenta pacientes com hipoxemia grave, infartos do miocárdio recentes ou arritmia cardíaca significativa. A Tomografia Computadorizada é uma ferramenta particularmente útil para análise de anomalias ou alterações no parênquima pulmonar aguda ou crónica. As limitações associadas são várias, deste grupo destacam-se os riscos de radiação, o custo logístico que limitam o uso rotineiro, outra limitação é a dificuldade de transporte de pacientes em condições críticas para a realizar a Tomografia Computadorizada.

A radiografia de tórax é considerada a ferramenta de diagnóstico mais comum que tem sido usada tradicionalmente na prática diária para o diagnóstico de pneumonia, especialmente em condições críticas. A exposição a radiação electromagnética é a principal desvantagem desta técnica. Segundo Nunes (2021) o padrão radiológico não é característico e não faz o diagnóstico da pneumonia, mas conduz a suspeita.

## **2.7 Epidemiologia da Pneumonia**

A epidemiologia é o estudo (científico, sistemático e baseado em dados) da distribuição (frequência, padrão) e determinantes (causas, factores de risco) de estados e eventos relacionados à saúde (não apenas doenças) em populações específicas (vizinhança, escola, cidade, estado, país, global) ((DHHS), (CDC), (OWCD), & (CDD), 2006). O estudo epidemiológico pressupõe estudar quantitativamente a distribuição de saúde ou

doença, seus factores condicionantes e determinantes nas populações humanas (Filho, 2003).

Segundo estimativas da OMS (Organização Mundial da Saúde), 450 milhões de casos de pneumonia são registados todos os anos, sendo que, aproximadamente 4 milhões de pessoas morrem desta doença. A maior incidência surge em crianças com menos de 5 anos e em adultos com mais de 75 anos. Segundo a UNICEF, uma criança more de pneumonia a cada 39 segundos. A pneumonia mata mais crianças do que qualquer outra doença infecciosa, ceifando a vida de mais de 800 mil crianças menores de cinco anos, todos os anos, ou cerca de 2200 todos os dias. Isso inclui 153 mil recém-nascidos. Globalmente existem mais de 1400 casos de pneumonia por cada 100000 crianças, ou seja, 1 caso por cada 71 crianças a cada ano, com maior incidência ocorrendo no Sul da Ásia (2.500 casos por 100.000 crianças) e na África Ocidental e Central (1.620 casos por 100.000 crianças). Segundo (Chumbita, et al., 2020), apesar de ter havido uma redução nas mortes por pneumonia de 36% entre 2007 e 2017 em crianças menores de cinco anos, a taxa aumentou 34% entre os adultos mais velhos ( $\geq 70$  anos)

Nos países em desenvolvimento, a incidência pode ser 5 vezes maior do que nas regiões desenvolvidas (Ruuskanen, *et al*, 2011). Ainda segundo o mesmo autor, em crianças, 156 milhões de casos são registados anualmente, dos quais 151 milhões estão presentes em países em desenvolvimento.

### **2.7.1 Epidemiologia da Pneumonia em Moçambique**

Segundo UNICEF, as doenças transmissíveis são responsáveis por quase três quartos de todas as mortes (73%) em Moçambique. A Pneumonia é uma das quatro doenças principais causadoras de mortes nesse grupo. A Organização Mundial da Saúde afirma que em Moçambique, a pneumonia é responsável por 16% de morte de crianças menores de 5 anos de idade. Esta doença é igualmente responsável pela morte de 10 mil crianças por ano.

Informações do SIS-ROH (Sistema de Informação de Saúde – Registo de Óbitos nos Hospitais) referentes ao período de 2009 a 2013, avançam que as doenças do Aparelho

Respiratório causaram 6.5% do número de óbitos registados nesse sistema (1951 casos). A frequência das primeiras 20 causas básicas de doenças do aparelho respiratório em 2013, apresenta a pneumonia como grande responsável pelo número de mortes por complicações respiratórias.

*Tabela 3 - Frequências as primeiras 20 causas básicas de DAR, 2013.*

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
J180	Broncopneumonia não especificada	1189	61.0
J18	Pneumonia por microrganismo não especificada	184	9.4%
J189	Pneumonia não especificada	117	4.3%
J960	Insuficiência respiratória aguda	84	1.6%
J969	Insuficiência respiratória não especificada	32	1.5%
J81	Edema pulmonar, não especificado de outra forma	30	1.3%
J159	Pneumonia bacteriana não especificada	26	1.0%
J21	Bronquiolite Aguda	19	0.8%
J90	Derrame pleural não classificado em outra parte	16	0.7%
J96	Insuficiência respiratória não classificada de outra parte	14	0.7%
J64	Pneumoconiose não especificada	13	0.6%
J91	Derrame pleural em afecções classificadas em outra parte	12	0.6%
J99	Transtornos respiratórios em doenças classificadas em outra parte	11	0.6%
J219	Bronquite aguda não especificada	9	0.5%
J98	Outros Transtornos Respiratórios	9	0.5%
J45	Asma	9	0.5%
J188	Outras pneumonias devidas a microrganismos não especificados	9	0.5%
J170	Pneumonia em doenças bacterianas classificadas em outra parte	8	0.4%

J181	Pneumonia lobar não especificada	8	0.4%
J690	Pneumonite devida a alimento ou vômito	7	0.4%
Outras causas		144	7.0%

Fonte: SIS-ROH

A Direcção Nacional de Assistência Médica do Ministério da Saúde de Moçambique, deu a conhecer as principais causas de morbilidade e mortalidades por doenças respiratórias em regime hospitalar de 2013 a 2015 têm a Pneumonia, Asma e Tuberculose como as principais razões de atendimento hospitalar.

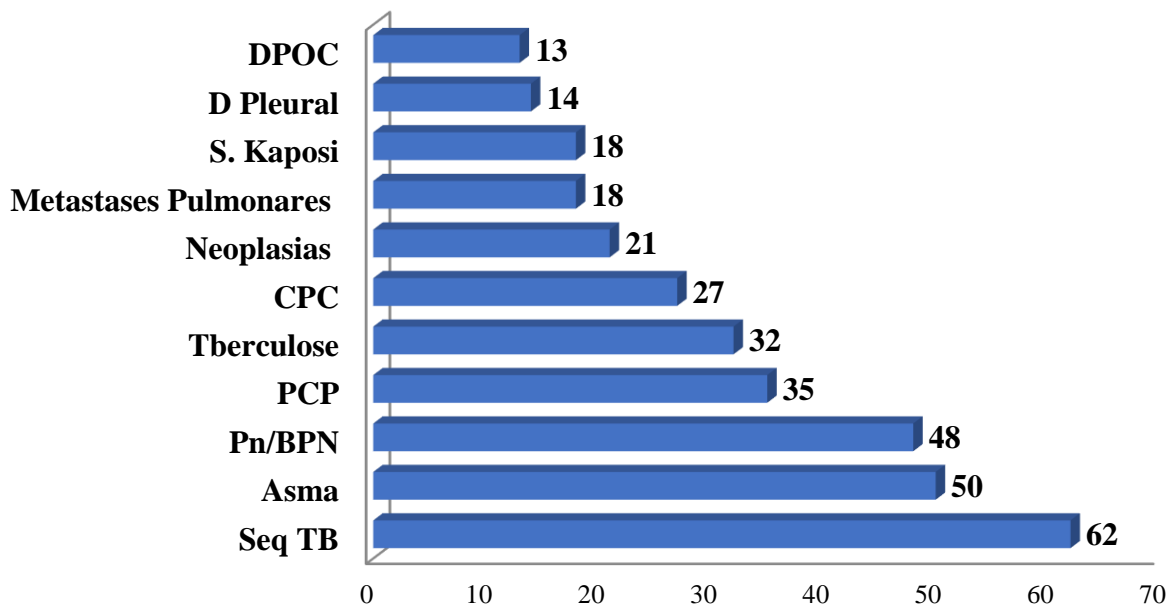
*Tabela 4 - Principais causas de morbilidade e mortalidade de DAR (2013-2015).*

HOSPITAIS	Principais causas de:	
	Morbilidade	Mortalidade
HCM	ASMA	Insuficiência Respiratória
	Pneumonia	Tuberculose
HCB	ASMA	Tuberculose
	Broncopneumonia	Pneumonia
HCN	Broncopneumonia	Broncopneumonia
	ASMA	

Fonte: MISAU (2015)

### 2.7.2 Quadro epidemiológico no HCM

De acordo com o relatório de 2019 do Serviço de Pneumologia do Hospital Central de Maputo, 15% dos 338 internamentos apresentavam Pneumonia (lobar) ou Broncopneumonia. A figura 5 mostra o número de internamentos por doença referentes ao Serviço de Pneumologia do HCM.



*Figura 5 – Principais causas de Internamento no SP*

*Fonte: Ficha de Altas do Serviço de Pneumologia (SP)*

Segundo (Chumbita, et al., 2020), durante as últimas décadas, a quantidade de pacientes com pneumonia que requerem tratamento intensivo aumentou em geral, com o surgimento de patógenos multirresistentes (MDR) tornando o manejo da pneumonia cada vez mais difícil para os médicos.

No que concerne ao número de mortes registradas em 2019 no Serviço de Pneumologia (ilustrado na figura 5) do HCM, ao todo foram registradas 74 mortes, das quais 5 por Pneumonia, 5 por PCP (Pneumonia por *Pneumocistys carini*)



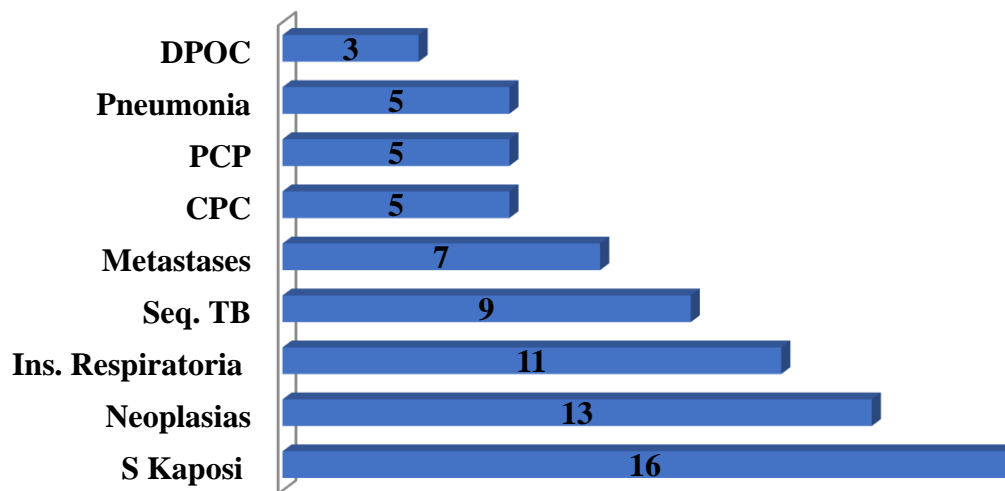


Figura 6 – Principais causas de óbitos no SP do HCM em 2019

Fonte: Ficha de alta do Serviço de pneumologia

## 2.8 Visão Computacional

Visão Computacional (*Computer Vision*, em inglês) é uma área da ciência da computação que tem como objectivo permitir que os computadores possam interpretar e entender o mundo visual, tal como os seres humanos. Isso é feito por meio do desenvolvimento de algoritmos e técnicas que permitem que os computadores possam analisar, processar e extrair informações úteis de imagens e vídeos. A Visão Computacional tem uma ampla gama de aplicações, incluindo reconhecimento de objectos, reconhecimento facial, veículos autónomos, detecção de anomalias em equipamentos, análise de imagens médicas, entre outros. (Marr, 1982)

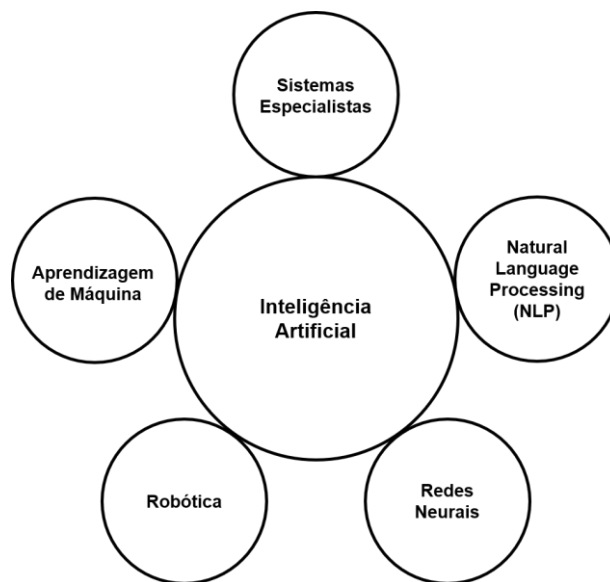
## 2.9 Inteligência Artificial

John McCarthy, considerado um dos pais da Inteligência Artificial (IA), define IA como “A ciência e a engenharia de fazer máquinas inteligentes, especialmente programas de computador inteligentes”. (Frankenfield, 2021), defende que Inteligência Artificial é a simulação da inteligência humana em máquinas programadas para pensar como

humanos e imitar suas acções. O termo também pode ser aplicado a qualquer máquina que exiba características associadas à mente humana, como aprendizado e resolução de problemas.

A inteligência artificial é uma ciência que oferece o seu contributo sobre diferentes disciplinas como Ciência da Computação, Medicina, Linguística, entre outras. Segundo (Frankenfield, 2021), a característica ideal da inteligência artificial é sua capacidade de racionalizar e realizar acções que tenham a melhor chance de atingir um objectivo específico. Por essa razão a IA tem aplicabilidade sobre diferentes áreas de conhecimento.

A Inteligência artificial, de acordo com (Artificial Intelligence - Research Areas, 2021) está subdividida em diferentes áreas e aplicações, como é ilustrado na figura 7.



*Figura 7 – Áreas da Inteligência Artificial*

Fonte: Adaptado de (Artificial Intelligence - Research Areas, 2021)

A Aprendizagem De Máquina (do inglês *Machine Learning - ML*), é um subconjunto da Inteligência Artificial que se refere ao conceito de que programas de computador podem aprender automaticamente e se adaptar a novos dados. O aprendizado de máquina tem como objectivo desenvolver técnicas e algoritmos que façam com que um computador possa aprender determinado comportamento ou padrão automaticamente a partir de

exemplos ou observações (Frankenfield, 2021). Tais algoritmos operam construindo modelos a partir de dados amostrais a fim de trazer previsões ou decisões guiadas pelos dados ao invés de simplesmente seguir instruções programadas.

O aprendizado automático é usado em uma variedade de tarefas computacionais onde criar e programar algoritmos explícitos é impraticável. (Frankenfield, 2021)

### 2.9.1 Tipos de tarefa de aprendizagem de máquina

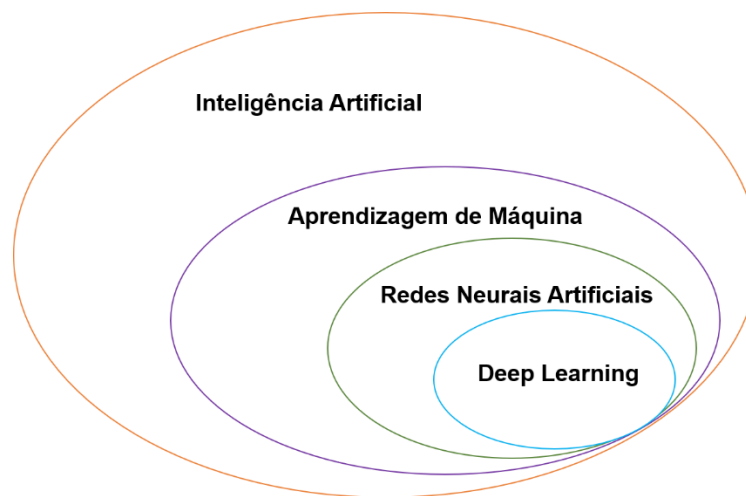
A distinção entre tarefas de Aprendizagem de Máquina surge quando se considera a saída desejada em um sistema. Um modelo de AM pode desenvolver as seguintes tarefas:

- **Classificação** – constrói um modelo que possa ser aplicado a dados não classificados a fim de categorizá-los em classes;
- **Regressão** – usado para determinar um valor de alguma variável contínua desconhecida;
- **Associação** – para determinar quais itens tendem a co-ocorrerem em uma mesma transacção;
- **Segmentação** ou **Clusterig** – processo de partição de uma população heterogénea em vários subconjuntos ou grupos mais homogéneos.
- **Sumarização** – envolve métodos para encontrar uma descrição compacta para um subconjunto de dados.

### 2.9.2 Abordagens de Aprendizagem de Máquina

Os algoritmos de AM podem ser implementados seguindo diferentes abordagens. Estes podem recorrer a uma aprendizagem baseada em árvores de decisão no qual o algoritmo gera uma árvore de decisões como modelo de previsão, ou recorrendo a aprendizagem por regras de associação onde um método para identificar relações interessantes entre base de dados com grande volume de dados é criado. Uma outra abordagem empregue sobre algoritmos de AM é de Redes Neural Artificial, onde o algoritmo de aprendizagem é inspirado na estrutura e aspectos funcionais das redes neurais biológicas. O Aprendizado Profundo (do inglês *Deep Learning*) é uma abordagem que consiste em múltiplas camadas escondidas em uma rede NN artificial. As técnicas de aprendizado profundo

permitem esse aprendizado automático por meio da absorção de grandes quantidades de dados não estruturados, como texto, imagens ou vídeo (Frankenfield, 2021).



*Figura 8 – Hierarquia de áreas de IA*

*Fonte: Adaptado de (Artificial Intelligence - Research Areas, 2021)*

Existem muitas outras abordagens de algoritmos de AM como Redes Bayesianas, Aprendizado por reforço, Aprendizado por representação, entre outras que são feitas menção.

### **2.9.3 Arquitetura de Redes Neurais**

Arquitetura de redes neurais é a estruturação e organização das camadas e conexões entre neurónios artificiais em uma rede neural, visando realizar tarefas específicas de aprendizado de máquina. Essa arquitetura pode variar em termos de tamanho, profundidade e tipo de camadas utilizadas, dependendo da natureza do problema a ser resolvido. O termo "arquitetura de redes neurais" foi introduzido por David Rumelhart e James McClelland em seu livro de referência "Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition" (1986). (Rumelhart & McClelland, 1986)

## **2.9.4 Inteligência Artificial na Medicina**

(Lobo, 2017) afirma que Inteligência Artificial em medicina é o uso de computadores que, analisando um grande volume de dados e seguindo algoritmos definidos por especialistas na matéria, são capazes de propor soluções para problemas médicos.

(Lobo, 2017), complementa afirmando que, computadores podem armazenar e recuperar dados sobre imagens, como lesões dermatológicas ou exames radiológicos, de ultrassom, de ressonância magnética, de Tomografia por Emissão de Positrões (PET), de ecocardiogramas, de electroencefalogramas, electrocardiogramas, dados de dispositivos vestíveis/corporais (*wearable devices*) e gerar probabilidades de diagnóstico baseadas em algoritmos de decisão estabelecidos e que podem se auto modificar em decorrência de resultados obtidos (*self improvement*).

### **2.9.4.1 Sistemas de apoio a tomada de decisão**

Como foi explicado anteriormente, tomada de decisão em medicina depende, essencialmente, da proposta de hipóteses diagnósticas sugeridas pelo médico após colher e avaliar dados sobre os problemas de saúde de um paciente. Essas hipóteses seriam avaliadas e indicariam a necessidade de ter novas informações sobre o caso ou a realização de exames complementares que permitam eleger a melhor opção na solução do problema. A experiência obtida após anos de trabalho clínico permitiria ao profissional avaliar melhor essas hipóteses diagnósticas fazendo perguntas ao paciente ou sugerindo exames a serem realizados.

Os sistemas de suporte à decisão clínica podem assistir o profissional nesse processo de tomada de decisão. O diagnóstico da pneumonia está sujeito a análises complementares com vista a determinar a sua presença ou não. Segundo (Lobo, 2017), usando diferentes algoritmos e estratégias de tomada de decisões e um grande volume de dados, sistemas de IA são capazes de propor acções, quando solicitados.

### 2.9.5 Uso de Inteligência Artificial na Pneumonia

Segundo (Chumbita, et al., 2020), há poucas informações sobre o uso de Inteligência Artificial para melhorar o manejo da pneumonia. Grande parte dos esforços desenvolvidos com vista a usar Inteligência Artificial na medicina envolvem áreas como Dermatologia, Cardiologia, diferentes formas de cancro, entre outras áreas. Resultados promissores nessas áreas de análises de imagens médicas foram publicados recentemente, destacando as detecções de retinopatia diabética em fotografias de fundo e metástases em imagens patológicas, bem como a classificação do câncer de pele em fotografias de pele. Segundo (Chumbita, et al., 2020), a IA está focada no diagnóstico de pneumonia por meio do estudo dos padrões de radiografias de tórax (CXR) em decorrência do grande potencial da IA quando aplicada imagens médicas, onde os dados são mais fáceis de obter.

Abordagens de IA publicadas recentemente sendo realizadas para apoiar processos da tomada de decisão clínica em pneumonia.

*Tabela 5 – Uso de IA no diagnóstico da pneumonia*

Referência	(Kermany, et al., 2018)	(Stephen, Sain, Maduh, & Jeong, 2019)	(Heckerling, Gerber, Tape, & Wigton, 2003)	(Hwang, et al., 2019)
Objectivo Principal	Detectar pneumonia e distinguir etiologia viral e bacteriana	Para lidar com a classificação de pneumonia	Prever a presença de pneumonia entre pacientes com queixas respiratórias agudas	Fazer um algoritmo baseado em aprendizagem profunda para as principais doenças torácicas;

				Comparação com médicos e validação externa
Método Aplicado	Rede neural	Rede neural e métodos de aumento para aumentar artificialmente o tamanho e a qualidade do conjunto de dados	Redes neurais	Aprendizagem profunda - redes neurais
Nº	5232 radiografia de tórax para a fase de treinamento e 624 imagens para a fase de teste	5856 imagens de raios-X - 3722 conjunto de treinamento e 2134 para o conjunto de validação	Coorte de treinamento de 1.023 pacientes de 907 e coorte de teste de 116	54.221 raios-X com resultados normais - 41140 com resultados anormais
Resultados	Detectar pneumonia = precisão de 92,8% Distinguir viral vs bacteriana = precisão de 90,7%	Precisão de treinamento = 0,9531 precisão de validação de 0,9373	Coorte de treinamento = sensibilidade de 0,842, especificidade de 0,593, coorte de teste = sensibilidade de 0,829,	Classificação da imagem: interna = AUROC de 0,965 e validação externa = AUROC de

			especificidade de 0,547	0,979 Localização da lesão: interna = AUAFROC de 0,916 e validação externa = AUAFROC de 0,972 -Comparação com médico: DLAD = AUROC 0,983 foi maior versus 3 grupos de observadores ( p <0,005)
--	--	--	-------------------------	--

Fonte: Adaptado de (Chumbita, et al., 2020)

### 2.9.5.1 Inteligência Artificial para o diagnóstico da pneumonia

Algoritmos de Redes Neurais foram usados para o diagnóstico e previsão da pneumonia por (Kermary, et al., 2018) e (Stephen, *et al*, 2019) respectivamente. Kermary, *et al*. (2018) desenvolveu um algoritmo para prever diagnósticos de pneumonia em uma população pediátrica. Pneumonia viral versus bacteriana foi distinguida como desfecho secundário para uma intervenção adequada e rápida. Kermary, *et al* (2018) usou um total de 5232 imagens de tórax foram usadas (3883, CXR mostrou pneumonia, dos quais 2538 eram pneumonia bacteriana e 1345 pneumonia viral; o resto (1349) eram normais CXR), o algoritmo de IA de Kermary, *et al* (2018) alcançou uma taxa de precisão para detecção de pneumonia de 92,8%, com uma sensibilidade de 93,2% e uma



especificidade de 90,1%. Stephen *et al.* (2019) usou Redes Neurais para prever pneumonia a partir de dados fornecidos por um conjunto de dados de imagem CXR, que continha um total de 5.856 imagens CXR de pacientes pediátricos de um a cinco anos, com e sem pneumonia. Os autores empregaram métodos de aumento de dados para aumentar artificialmente o tamanho e a qualidade do conjunto de dados. Os métodos de aumento foram criados restaurando características diferentes. (Chumbita, et al., 2020),

Usando uma abordagem diferente, Heckerling *et al.* (2003) tentaram prever a presença ou ausência de pneumonia com um NN, usando características demográficas, sintomas, sinais e dados de comorbidade <sup>5</sup>obtidos em dois centros dos EUA. Os algoritmos NN alcançaram uma sensibilidade de 0,466 e uma especificidade de 0,972 para o diagnóstico de pneumonia. Segundo (Chumbita, et al., 2020). Segundo o mesmo autor o estudo mais importante que documenta um sistema automatizado de classificação CXR foi publicado recentemente por Hwang *et al.* (2019) Os autores desenvolveram um algoritmo NN baseado em aprendizado profundo que classificou os resultados de radiografias de tórax nas principais doenças torácicas: neoplasia pulmonar maligna, tuberculose activa, pneumonia e pneumotórax. Esses autores usaram 54.221 CXR normal e 35.613 CXR com resultados anormais de uma única instituição para treinar uma rede de aprendizagem profunda. A radiografia torácica foi revisada e categorizada em diferentes doenças por pelo menos um dos 15 radiologistas credenciados com mais de sete anos de experiência. O conjunto de CXR foi subdividido em 3 grupos principais: dados de treinamento, dados de ajuste e dados de validação interna para prever as diferentes doenças torácicas.

---

<sup>5</sup> É um termo utilizado na área da saúde para descrever a presença de duas ou mais condições médicas ou doenças em um mesmo indivíduo.

## CAPÍTULO III – CONSTRUÇÃO DO MODELO

Em virtude da problemática apresentada anteriormente ao longo do presente trabalho, neste capítulo, pretende-se apresentar uma proposta de solução que passa pela construção de um modelo com vista a minimizar os problemas associados ao diagnóstico da Pneumonia.

### 3.1 Abordagem Proposta

De modo a responder aos constrangimentos associados ao processo de diagnóstico da pneumonia, propõe-se o uso de Inteligência Artificial para diagnosticar a pneumonia e de seguida, estabelecer uma distinção ou classificação entre pneumonia com etiologia viral ou bacteriana, e deste modo assegurar uma intervenção mais rápida e que se adequa ao tipo de patógeno.

Os sinais e sintomas de pneumonia podem ser subjectivos e inespecíficos, portanto uma radiografia torácica é quase que obrigatória para o diagnóstico. A solução proposta passa por desenvolver um modelo de classificação que permite avaliar imagens de raio x do tórax e de seguida determinar se o diagnóstico é positivo ou não para pneumonia e também classificar entre pneumonia típica ou atípica.

O modelo de classificação será concebido com base em algoritmos de aprendizagem profunda (*Deep Learning*) – Redes Neurais (*Neural Networks*). Um conjunto de imagens realizadas como parte do tratamento clínico de rotina serão usadas para treinar e validar o modelo. Uma vez tendo o modelo criado, o mesmo deve ser integrado a uma aplicação *web*, estado desta forma acessível para qualquer dispositivo com um navegador e acesso a internet.

A solução proposta comporta os seguintes beneficiários:

- Pacientes com sintomatologia suspeita para pneumonia.
- Equipa médica do serviço de pneumologia do HCM.

Os pacientes, com este recurso podem gozar de um atendimento mais preciso, pois o diagnóstico rápido permitirá aos médicos confirmar com precisão e iniciar um plano de tratamento para pneumonia mais rapidamente do que com a prática clínica actual. O

processo de leitura das imagens do raio x do tórax pode levar muitos minutos, mesmo tratando-se de um médico experiente, o que constitui factor de atraso no tratamento para combater a infecção. Com este recurso o tempo é um grande ganho. A praticidade da solução no dia a dia dos profissionais de saúde, com maior precisão na avaliação dos exames permitirá a tomada de decisões mais acertadas e fortalecendo a relação com os seus pacientes.

### 3.1.1 Fluxo de eventos da abordagem proposta

Sempre que houver necessidade de se estabelecer um diagnóstico diferencial entre pneumonia viral e pneumonia bacteriana, o médico deverá solicitar um exame radiológico junto do serviço de radiologia. A imagem de raio X do tórax deve, em seguida, ser carregada para a aplicação. A aplicação, guiada pelo padrão apreendido com o processamento de imagens de radiografia anteriores, vai emitir um diagnóstico para etiologia viral ou bacteriana caso o paciente tenha estes microrganismos como factores causadores da pneumonia, caso contrário, vai emitir um diagnóstico negativo para pneumonia.

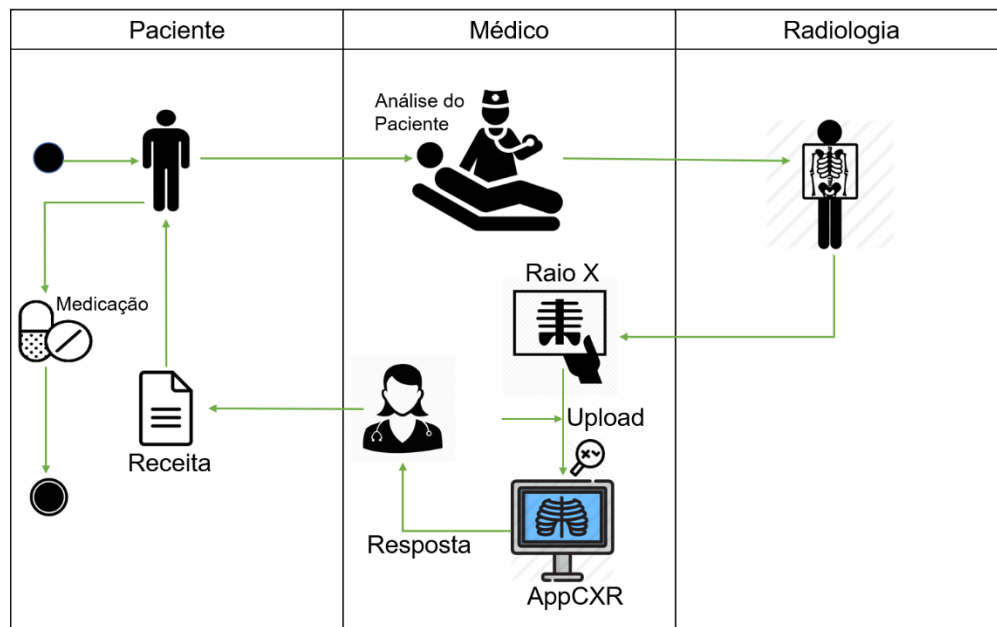


Figura 9 – Sequência de etapas da solução proposta

Fonte: elaborado pelo autor

O modelo proposto apresenta a mesma abordagem trazida pelas demais soluções do mesmo âmbito apresentadas no capítulo anterior. No entanto, ainda é necessário realizar validações desses estudos para poder utilizá-los como parte da prática clínica rotineira. O modelo proposto vai distinguir-se dos demais, por poder reajustar-se a cada padrão encontrado ao longo do tempo, ou seja, poder aprender com os erros como forma a incrementar a precisão.

### **3.2 Desenvolvimento do Modelo de Aprendizagem de Máquina**

O desenvolvimento do Modelo de Aprendizagem de Máquina tem em vista a descoberta de conhecimento útil sobre um conjunto de dados. A integração de diferentes técnicas de tratamento de dados, como estatística, e de visualização em atrelado a aprendizagem de máquina deve permitir a concepção dum modelo que permita alcançar o objectivo traçado.

Segundo (Fayyad, Piatetsky-Shapiro, & Smyth, 1996) o processo de descoberta de conhecimento em Banco de Dados (KDD - *Knowledge Discovery in Databases*) obedece as seguintes etapas:

- Limpeza dos Dados;
- Integração dos Dados;
- Selecção;
- Transformação;
- Mineração;
- Avaliação ou Pós-Processamento;
- Visualização dos Resultados.

A mineração é a etapa central do processo de Descoberta de Conhecimento. Este processo é iterativo e interactivo, onde algoritmos de Aprendizagem de Máquina vão trabalhar sobre o conjunto de dados existente de modo a extrair padrões sobre os dados.

### 3.2.1 Descrição dos dados

Para poder desenvolver o modelo, é necessário dispor de diferentes imagens de raio X do tórax que possam servir de exemplo para que o modelo possa aprender. Ao todo existem 5.856 imagens de raio X, dos quais 1.583 de tórax normais e 4.273 onde foi detectada a Pneumonia (viral ou bacteriana).

O *dataset* foi subdividido em três grupo (pastas) principais, dados de Treino, Testes e Validação do Modelo. Dentro de cada uma das pastas, há duas pastas, uma contendo imagens de raio X do tórax normal (sem pneumonia) e outra pasta contendo imagens de raio X de indivíduos diagnosticados com Pneumonia viral ou bacteriana.

#### Raio X do Tórax

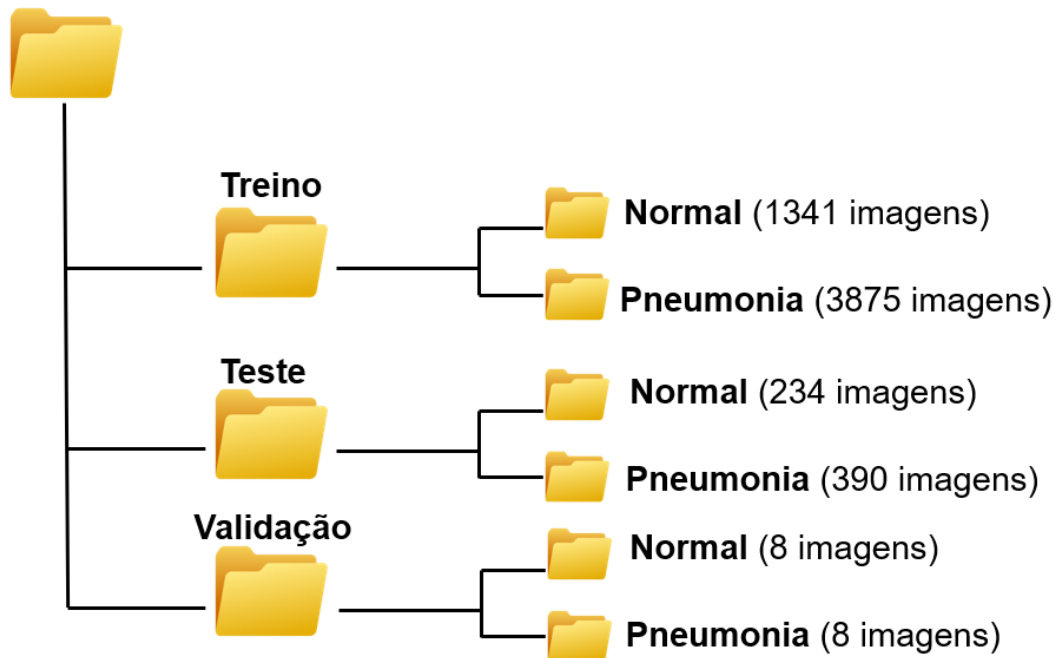


Figura 10 - Subdivisão do conjunto de dados

Fonte: elaborado pelo autor

O modelo vai ser treinado com os dados de treinamento, avaliado com os dados de Teste e finalmente, quando estiver pronto para uso, validamos uma última vez com dados de validação.

### 3.2.2 Definição da Tarefa

O propósito do modelo em desenvolvimento, é de estabelecer correctamente o diagnóstico da pneumonia. Caso o diagnóstico dê positivo para a doença, o modelo deve ser capaz de distinguir entre pneumonia viral ou bacteriana.

Em função do objectivo de implementação descrito acima, é necessário estabelecer a tarefa a ser desenvolvida no processo de KDD. Uma tarefa refere-se a uma actividade específica realizada em uma etapa do processo. Existem várias tarefas comuns no processo KDD, incluindo selecção de dados, pré-processamento, transformação de dados, mineração de dados, avaliação de resultados e interpretação. Cada tarefa tem um objectivo específico dentro do processo de descoberta de conhecimento em bancos de dados.

Considerando a natureza do problema que o modelo deve solucionar, a tarefa que melhor se emprega é de classificação. Nesta tarefa, há dois tipos de atributos no conjunto de dados:

- Atributo previsor; e
- Atributo Meta ou Alvo.

Uma vez que o *dataset* é composto unicamente por imagens como elementos de entrada, as imagens são o atributo previsor. Para os valores que definem o atributo-meta existe uma classe que faz referência a um grupo categórico relacionado a um conjunto predefinido. O objectivo da tarefa de classificação é descobrir uma função que relacione um conjunto de registros com determinado conjunto de classes.

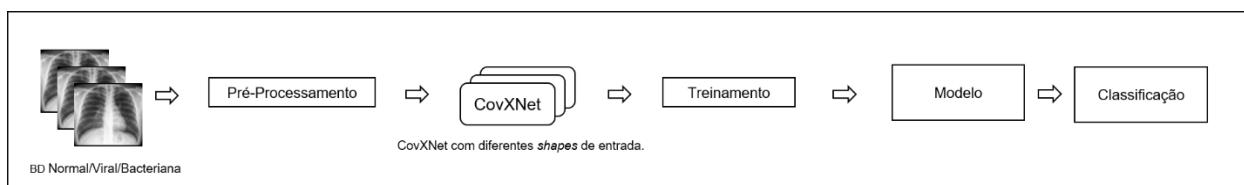
Constituem classes do atributo-meta deste modelo, as seguintes:

- Normal;
- Pneumonia Viral; e
- Pneumonia Bacteriana;

### 3.2.3 Treinamento do Modelo

No treinamento de um modelo de classificação de pneumonia, as etapas principais envolvem pré-processamento dos dados de imagens, criação do modelo usando redes neurais convolucionais, treinamento do modelo com um conjunto de dados anotados e

avaliação do desempenho do modelo em um conjunto de teste. O pré-processamento prepara as imagens para o treinamento, enquanto a criação do modelo envolve a definição da arquitectura da rede neural. O treinamento é realizado ajustando os parâmetros do modelo com base nas diferenças entre as predições e as classes reais. A avaliação do modelo é feita para verificar sua capacidade de generalização em dados não vistos antes. O processo descrito para o modelo proposto é esquematizado na figura 11 abaixo.



*Figura 11 – Fluxo de Treinamento do Modelo*

Fonte: elaborado pelo autor

### 3.2.3.1 Pré-processamento

As imagens radiográficas colectadas passam por um pré-processamento mínimo para tornar o processo de teste mais rápido e mais fácil de implementar.

O processo de redimensionamento de imagens é um passo comum do pré-processamento. Redimensionar as imagens para um tamanho menor pode reduzir o número de pixels e, portanto, diminuir a quantidade de cálculos necessários durante o treinamento e inferência do modelo. Isso pode acelerar o processo e tornar o modelo mais eficiente em termos de recursos computacionais. O redimensionamento deve garantir que toda a amostra esteja na mesma escala. Isso é especialmente importante quando aplicamos técnicas de aprendizado de máquina que consideram as características das imagens, como redes neurais convolucionais.

Ao efectuar o processamento de imagens e tarefas de classificação, o uso do NumPy pode melhorar significativamente o desempenho. O NumPy é uma poderosa biblioteca do Python para cálculos numéricos, especialmente ao lidar com matrizes ou arrays grandes. Muitos *frameworks* populares de *deep learning*, como TensorFlow e PyTorch,

têm suporte nativo para *arrays* do NumPy. Isso permite a integração perfeita de *arrays* do NumPy com esses *frameworks*, possibilitando o pré-processamento eficiente dos dados, treinamento de modelos e inferência.

### 3.2.3.2 Arquitectura da Rede Neural

Após o pré-processamento, diferentes resoluções das radiografias de entrada são utilizadas para treinar separadamente arquiteturas diferentes do CovXNet. Em seguida, um algoritmo de empilhamento é empregado para otimizar as previsões de todas essas redes por meio de um meta-aprendiz. São propostas duas unidades estruturais, conforme mostrado na figura 12, que são os principais blocos de construção da arquitectura CovXNet proposta. Convoluções dilatadas por profundidade são introduzidas de forma eficiente nessas unidades para extrair efectivamente características distintivas das radiografias para identificar pneumonia.

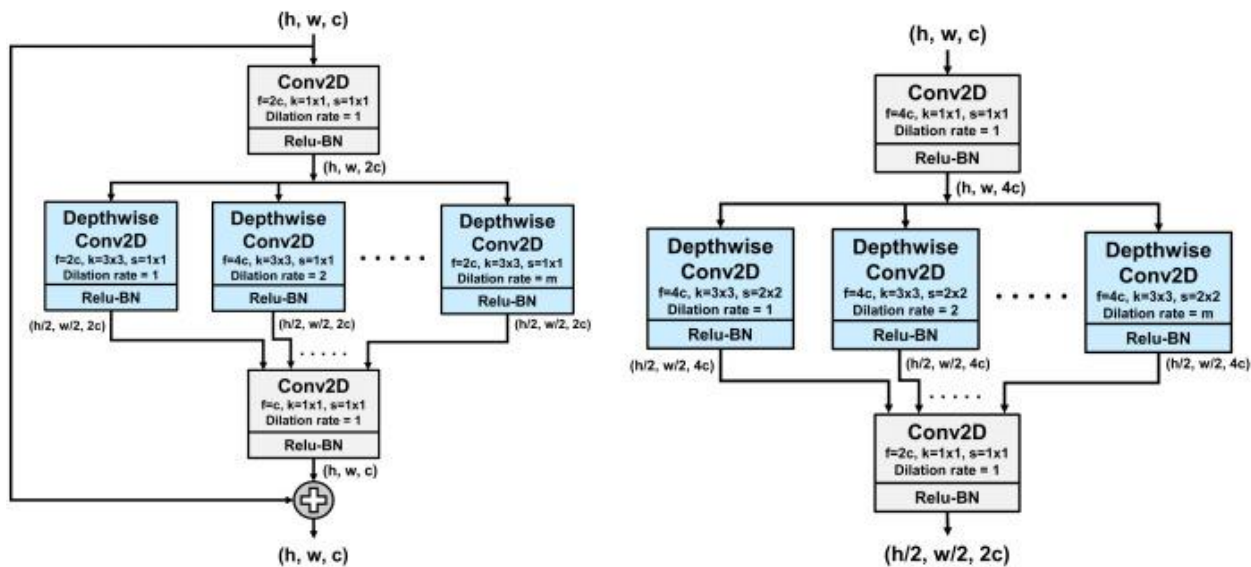


Figura 12 - Unidades Estruturais do Modelo

Fonte: Adaptado de (Mahmud, Rahman, & Fattah, 2020)



Conv2D é uma camada de convolução bidimensional em redes neurais convolucionais (CNNs). A camada Conv2D aplica filtros convolucionais a uma imagem de entrada para extrair características relevantes, como bordas, texturas e padrões. Cada filtro é deslizado pela imagem de entrada, realizando operações de convolução para produzir um mapa de características. Isso ajuda a detectar padrões em diferentes escalas e a capturar informações importantes para tarefas de classificação, detecção ou segmentação de imagens. Na figura 12,  $h$ ,  $w$  e  $c$  representam a altura, largura e número de canais do mapa de características, respectivamente, enquanto ' $k$ ' representa o tamanho do *kernel*, ' $s$ ' representa o passo (*strides*) e ' $f$ ' representa o número de filtros na convolução. Na convolução com dilatação (*depthwise convolution*), a taxa de dilatação varia de 1 a ' $m$ '.

A arquitectura do modelo acima representada, é uma implementação de uma arquitectura de rede neural convolucional (CNN) para classificação de imagens. A forma dos dados de entrada, especificada como uma tupla (altura, largura, canais). Por exemplo, (128, 128, 1) indica imagens de entrada de 128x128 pixels em escala de cinza. A profundidade da rede, que determina o número de unidades residuais ou blocos na rede foi de 5. O modelo aplica uma camada convolucional de 5x5 com 16 filtros e activação ReLU, seguida por normalização em lote. Em seguida, há outra camada convolucional de 3x3 com 32 filtros e activação ReLU, novamente seguida por normalização em lote. Estes valores são determinados com base em parâmetros de entrada.

Cada unidade residual consiste em uma combinação de convoluções e normalização em lote com diferentes taxas de dilatação. As taxas de dilatação máximas são definidas para cada bloco. O número de unidades residuais em cada bloco é determinado por um parâmetro.

O modelo é compilado com a função de perda, o optimizador Adam com taxa de aprendizado de  $1e-3$  e métrica de avaliação *accuracy*.

### 3.2.4 Testes e avaliação do Modelo

Os testes e a avaliação do modelo são etapas essenciais para avaliar o desempenho e a precisão do modelo de aprendizado de máquina. Durante os testes, o modelo é submetido a dados de teste independentes para fazer previsões e comparar os resultados com os rótulos reais. Existem várias métricas de avaliação que podem ser usadas para avaliar o desempenho do modelo, como precisão, *recall*, pontuação F1 e matriz de confusão.

#### a) Acurácia

A acurácia (*accuracy*) é uma métrica comum de avaliação do desempenho de um modelo de classificação. Ela mede a proporção de amostras correctamente classificadas em relação ao total de amostras.

$$\text{Acurácia} = (\text{Número de amostras correctamente classificadas}) / (\text{Total de amostras})$$

$$\text{Acurácia} = 0.8862179487179487$$

#### b) Acurácia Balanceada

A acurácia balanceada (*Balanced Accuracy*) é uma métrica de avaliação do desempenho de um modelo de classificação que leva em consideração o desequilíbrio entre as classes do conjunto de dados. A acurácia balanceada do modelo é apresentada a seguir:

$$\text{Balanced Accuracy} = (\text{True Positive Rate} + \text{True Negative Rate}) / 2$$

$$\text{Acurácia Balanceada} = 0.8675942312305948$$

#### c) Matriz de Confusão

A matriz de confusão (*confusion matrix*) é uma tabela que permite visualizar o desempenho de um modelo de classificação.

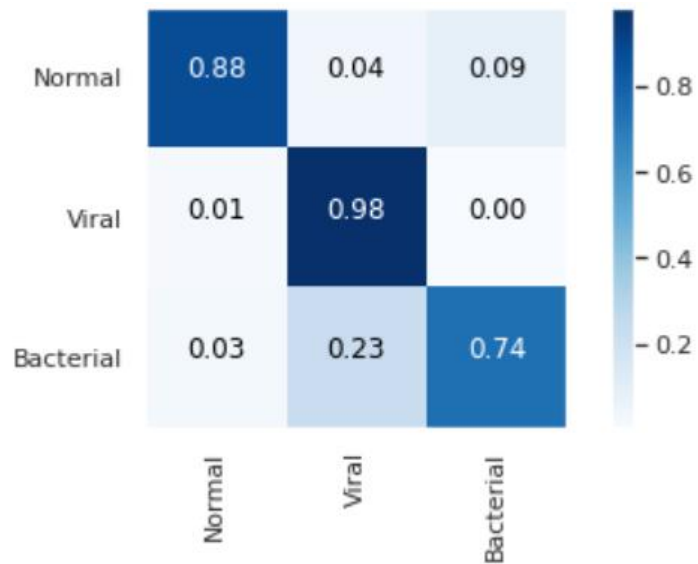


Figura 13 – Matriz de Confusão

## CAPÍTULO IV – DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

O processo de desenvolvimento de software deve seguir uma metodologia. A metodologia estabelece uma estrutura clara e organizada para o desenvolvimento do software. Neste capítulo são apresentadas as etapas de desenvolvimento de software baseadas no modelo em Cascade com Realimentação.

### 4.1 Levantamento e Análise dos Requisitos

O processo de levantamento de requisitos é uma etapa fundamental no desenvolvimento de software que envolve a colecta e documentação das necessidades e expectativas dos *stakeholders*. Os requisitos apresentados neste capítulo, foram determinados com base em uma observação dos potenciais usuários no processo de entrevistas no HCM.

Um método para documentar as funcionalidades de um sistema por meio de modelos simples é com base na definição de casos de uso. A abordagem de casos dos casos de uso é baseada em dois conceitos utilizados em conjunto.

- Diagrama de Casos de Uso;
- Especificação de Casos de Uso.

O diagrama de casos de uso permite ilustrar em alto nível os requisitos do sistema. Este diagrama identifica os actores envolvidos e a interacção do mesmo com o sistema. Os casos de uso para o presente sistema estão ilustrados na figura 14.

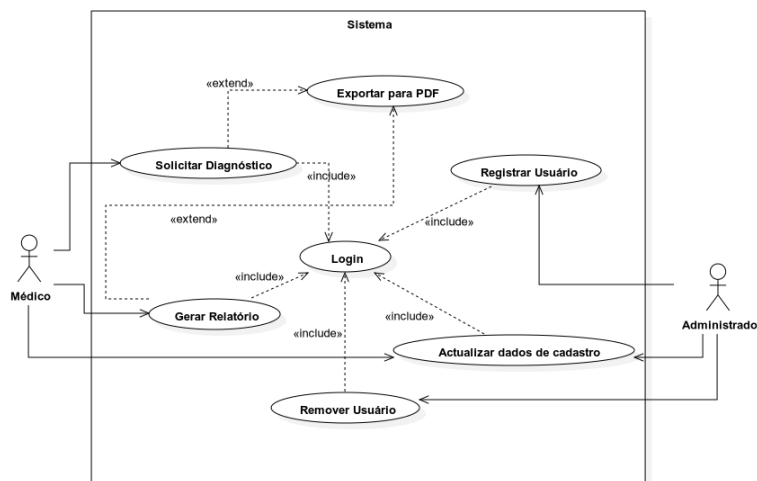


Figura 14 - Diagrama de Casos e Uso

*Fonte: elaborado pelo autor*

De modo a garantir a correcta interpretação dos casos de uso apresentados na figura 14 acima, no anexo 2 é feita a especificação dos casos de uso.

#### **4.1.1 Requisitos**

Para o desenvolvimento bem-sucedido de um projecto, é necessário conhecer os requisitos para o sistema e documentar os mesmo de maneira adequada, ou seja, durante a documentação dos requisitos eliciados, diversas técnicas podem ser usadas para documentar os requisitos, seja por meio de linguagem natural ou modelos conceituais.

Os requisitos de um sistema podem se subdividir em vários grupos, onde podemos encontrar:

- **Requisitos funcionais**, de acordo com (Sommerville, 2003), são declarações das funcionalidades e do comportamento que o sistema deve possuir. Eles descrevem o que o sistema deve fazer, quais tarefas devem ser capaz de realizar e como deve responder a determinadas entradas
- **Requisitos Não Funcionais**, de acordo com (Sommerville, 2003), são critérios e restrições que especificam atributos e características do sistema que não estão directamente relacionados às funcionalidades específicas. Eles descrevem como o sistema deve ser em termos de desempenho, usabilidade, confiabilidade, segurança, entre outros aspectos.

As tabelas 6 e 7 ilustram os requisitos funcionais e não funcionais do sistema. Os requisitos podem ser classificados em diferentes níveis de prioridade, dependendo da importância e urgência atribuídas a eles.

- **Requisitos essenciais ou obrigatórios**: São aqueles requisitos indispensáveis para o funcionamento básico do sistema. São prioritários e devem ser atendidos para que o sistema seja considerado viável.
- **Requisitos desejáveis ou opcionais**: São requisitos que não são essenciais, mas que trazem benefícios adicionais ao sistema. São importantes, mas podem ser negociados ou adiados se houver restrições de tempo ou recursos.

- **Requisitos importantes ou de alta prioridade:** São requisitos que têm um impacto significativo no sucesso do projecto ou na satisfação do cliente. São prioritários e devem ser tratados com atenção especial.

#### 4.1.1.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais são fundamentais para definir o escopo e as funcionalidades do sistema a ser desenvolvido. A tabela abaixo lista os objectivos funcionais.

*Tabela 6 – Requisitos Funcionais*

Referência	Nome	Descrição	Prioridade
RF01	Efectuar diagnóstico	Permite ao utilizador fazer o diagnóstico da pneumonia com recurso ao <i>upload</i> imagens de raio X do tórax.	Essencial
RF02	Gerar Relatório	Permite ao utilizador observar o comportamento dos resultados do diagnóstico por período.	Importante
RF03	Exportar PDF	Permite gerar PDF dos relatórios, e resultados dos diagnósticos.	Desejável
RF04	CRUD de usuários	Permite ao utilizador criar, visualizar, actualizar e remover utilizadores do sistema.	Essencial

#### 4.1.1.2 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais complementam os requisitos funcionais, fornecendo directrizes e critérios para avaliar a qualidade e o desempenho do sistema em diferentes aspectos.

Tabela 7 – Requisitos Não Funcionais

Referência	Nome	Descrição	Prioridade
RFN01	Tempo de resposta	A aplicação deve responder as solicitações sem sofrer restrições relacionadas com a <i>internet</i> , devendo responder em menos de 1 minuto.	Essencial
RFN02	Precisão	O intervalo de confiança do algoritmo não deve estar abaixo dos 93%	Essencial
RFN03	Consumo de Recursos Computacionais	Deve consumir o mínimo de recursos computacionais.	Importante
RFN04	Privacidade	Deve manter a Confidencialidade, e Integridade dos dados dos seus utilizadores	Desejável
RFN05	Fácil utilização	O sistema deve ser possuir interface amigável e intuitiva.	Importante

## 4.2 Projecto do Sistema

Segundo (Sommerville, 2003), o projecto do sistema consiste em definir uma solução técnica para atender aos requisitos identificados durante a análise. Ele envolve a criação de uma representação detalhada do sistema, incluindo sua arquitectura, componentes, interfaces, algoritmos e estruturas de dados.

### 4.2.1 Proposta de Arquitectura do Sistema

A Arquitectura de um Sistema consiste da descrição da combinação de hardware, software, dados, pessoal e elementos de telecomunicações dentro da organização, junto com os procedimentos adoptados para a sua utilização.

A Arquitectura de Sistemas oferece ainda uma visão genérica do sistema a ser criado. A figura 15, abaixo ilustra a arquitectura referente ao sistema proposto.

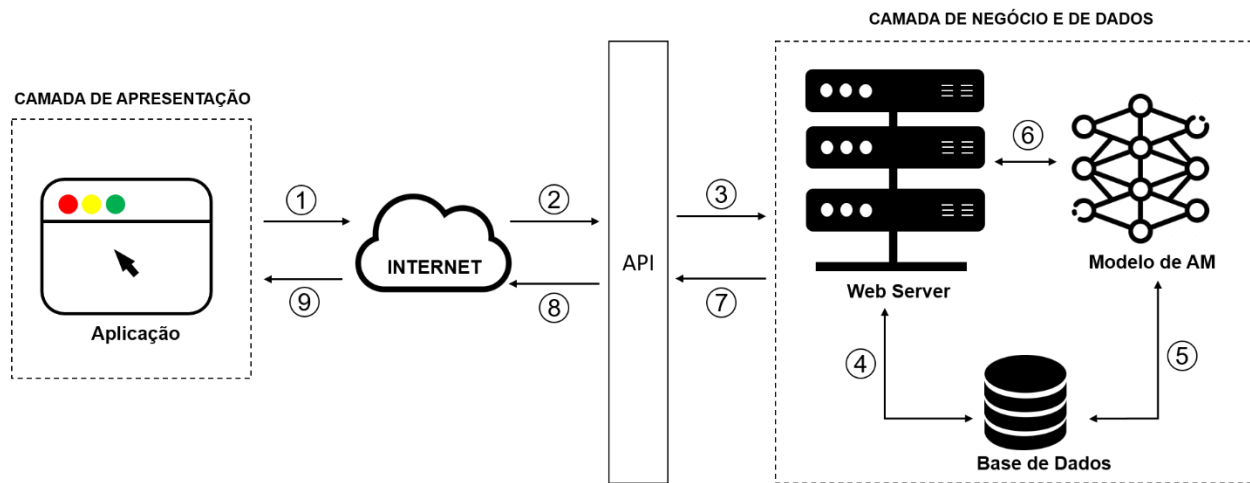


Figura 15 - Arquitectura do Sistema

Fonte: elaborado pelo autor

### 4.2.2 Especificação de API

A API servirá de interface de interação com o modelo. A comunicação com a API consistirá em chamadas HTTPs usando uma autenticação usando *username* e *password*.

A API vai poder responder aos *requests* usando JSON como tipo de conteúdo. Uma variedade de chamadas poderá ser feita com a API com vista a fazer uso do modelo. O diagrama de sequência na figura 16 ilustra esse processo.



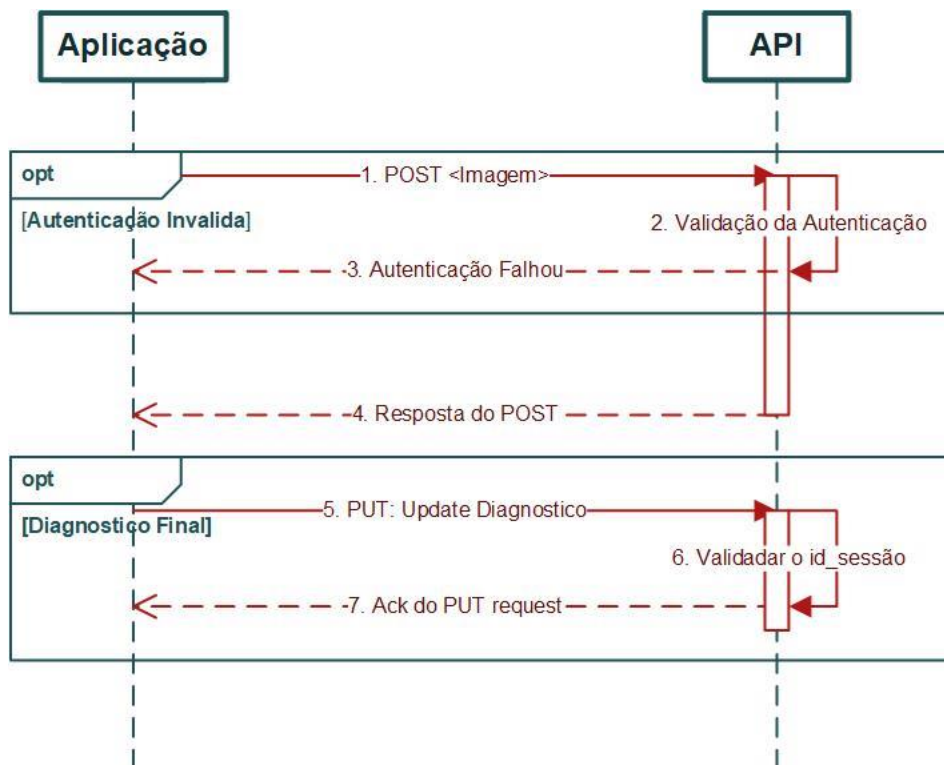


Figura 16 – Comunicação com a API

1. POST <Imagem> é a primeira chamada feita por qualquer aplicação que possui os detalhes de autenticação da API. O 3<sup>rd</sup> Party System poderá submeter uma imagem (Foto do Raio-X) para a API.

Protocolo: HTTPs

Content Type: JSON

2. A API é responsável por validar os detalhes de autenticação usados pelo 3<sup>rd</sup> Party System para tentar fazer uso do modelo.
3. No caso de falha na autenticação, a API irá retornar um JSON com o seguinte formato:

```
{
  "Status": "403",
  "Falha": {
    "errorCode": "101",
    "mensagem": "Autenticação falhou, usuario ou password
invalido"
```

```
}  
}
```

4. Caso os detalhes da autenticação sejam validos, a API poderá responder com um JSON que segue as especificações abaixo.

Corpo da Resposta:

```
{  
  "consulta": {  
    "id_sessao": "AGFSGS12SDSFSD",  
    "id_diagnostico":101  
    "tipo_de_diagnostico": "Pneumonia",  
    "diagnostico": "Pneumonia Viral",  
    "precisao": 80  
  }  
}
```

Tabela 8 – Descrição dos atributos do request

Atributo	Exemplo	Descrição	Tipo de dado
id_sessao	AGFSGS12SDSFSD	Sequencia gerada pelo serviço web da API para identificar a requisição ou operação.	String
id_diagnostico	101	Número inteiro usado para identificar o diagnóstico. 101 – Pneumonia Viral; 102 – Pneumonia Bacteriana; 103 – Desconhecido;	

tipo_de_resposta	Pneumonia; Desconhecido	Caso a imagem não seja condizente com padrão conhecido pelo modelo, a resposta será: Desconhecido.	String
diagnostico	Pneumonia Viral	Representa o tipo de pneumonia. Só apresenta valores para o caso em que tipo_de_resposta = Pneumonia.	String
precisao	90	Apresenta a % de certeza do modelo.	Float

5. Para os casos em que o diagnóstico é feito recorrendo há outras análises, é possível dar um *feedback* ao Modelo com vista a melhorar a classificação. O *3<sup>rd</sup> Party System* poderá fazer uso do *id\_sessao* obtido anteriormente. O *request* deve obedecer a estrutura abaixo.

```
{
  "consulta": {
    "id_sessao": "AGFSGS12SDSFSD",
    "id_diagnóstico": 101,
    "descricao_diagnóstico": "Pneumonia Viral"
  }
}
```

Os atributos do PUT *request* obedecem ao mesmo padrão descrito na tabela 9.

6. A API valida os detalhes do PUT *request* com vista a validar se o *id\_sessao* foi criado e existe na lista de diagnósticos anteriormente efectuados.
7. A API faz *acknowledge* e disponibiliza um *feedback* depois de validar os PUT *request*.

### Resposta para um *request* inválido

```
{
  "Status": "200",
  "Falha": {
    "errorCode": "301",
    "mensagem": "ID da Sessao Desconhecido"
  }
}
```

Tabela 9 – Descrição dos atributos do response

errorCode	Codigo HTTP (Status)	Mensagem
101	403	Autenticação falhou, usuário ou password invalido
301	200	ID da Sessão Desconhecido
302	200	ID do Diagnóstico Desconhecido
303	200	Erro Genérico

### Resposta para um PUT *request* válido

```
{
  "codigo_resposta": "HTTP_Code",
  "body": {
    "resp_desc": "SUCESSO"
  }
}
```

### 4.3 Implementação

Na fase de Implementação, de acordo com (Sommerville, 2003), o foco principal é transformar os requisitos e *design* do sistema em código executável.

O processo de transformação do o projecto do sistema em um produto de software foi implementado com recurso a um *framework* web em Python que permite desenvolver aplicativos web de forma rápida e simples denominada Flask.

Como foi explicado anteriormente, Flask é um *framework web* em Python que facilita o desenvolvimento de aplicativos web e APIs, proporcionando flexibilidade, simplicidade e extensibilidade. É uma ferramenta poderosa para criar rapidamente aplicações web eficientes e escaláveis.

O processo de implementação consiste na instalação de Python para ter acesso ao gestor de pacotes da linguagem e assim proceder com a instalação do Flask. A importação de bibliotecas, definição de funções de visualização, entre outros. A *framework* possibilita estruturação de ficheiros assim como a criação de *templates* HTML que podem ser usados para criar páginas dinâmicas. A aplicação também instancia o Modelo e estabelece conexão com a Base de Dados.

A API foi desenvolvida com recurso ao FastAPI. FastAPI é um *framework* web de alto desempenho para criação de APIs em Python. Ele permite criar APIs rápidas e escaláveis com suporte para tipos de dados estáticos e geração automática de documentação interactiva. A escolha dessa Framework para criação da API é justificada no facto da mesma ser apresentar alto desempenho e possibilitar a geração de documentação de forma automática.

A estrutura do código segue o a organização modular que consiste nas seguintes partes principais: *templates* HTML para renderizar as páginas aplicação. Ao nível do *layout* HTML também fica definido o CSS e o JavaScript. A aplicação Flask é criada instanciando a classe Flask e é definição de rotas é feita no mesmo ficheiro. Cada rota é associada a uma função que será executada quando a rota correspondente for acessada.

## 4.4 Testes

Segundo Sommerville (2003), os testes consistem em um processo sistemático de avaliação de um sistema ou componente para verificar se ele atende aos requisitos especificados e para identificar possíveis defeitos ou problemas.

Os testes foram conduzidos visando validar a especificação de casos de uso apresentada no anexo 2. As imagens que se seguem, ilustram uma parte do resultado do processo de testes.

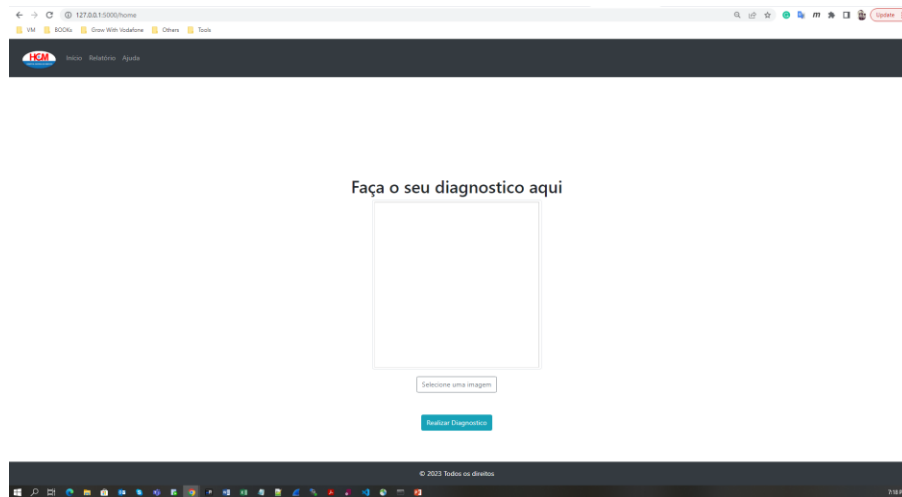


Figura 17 – Testes da interface com o usuário

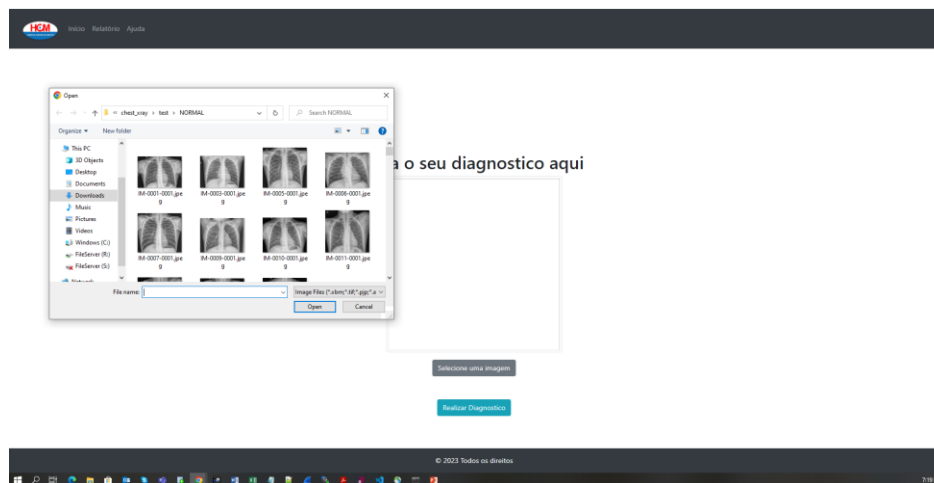
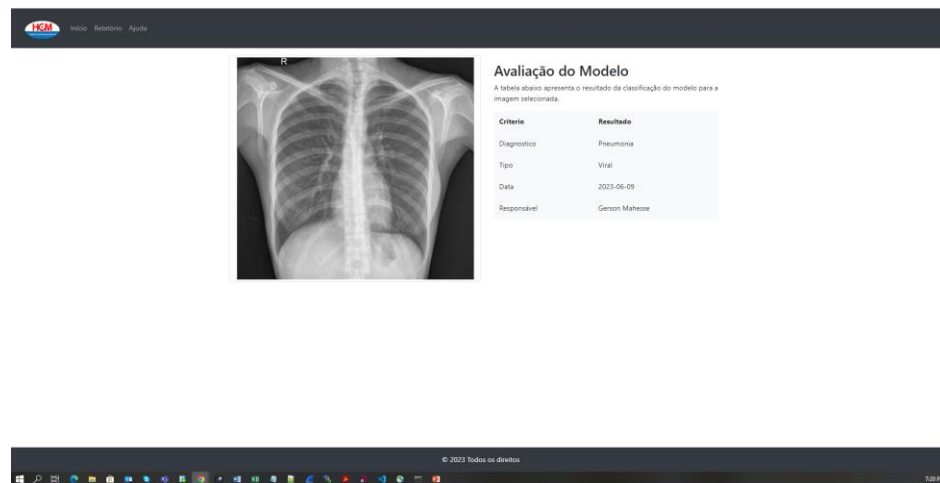


Figura 18 – Fazer upload de imagem



*Figura 19 – Submeter para diagnóstico*



*Figura 20 – Ver resultado do diagnóstico*

## 4.5 Implantação

Segundo Sommerville (2003), a etapa de implantação no desenvolvimento de software consiste em disponibilizar o sistema ou a actualização do sistema aos usuários finais para uso em um ambiente de produção. A implantação é uma fase crítica do processo de desenvolvimento de software, pois envolve a disponibilização efectiva do sistema aos usuários finais e a transição do ambiente de desenvolvimento para o ambiente de produção. Para implantar um projecto em produção, é necessário seguir os seguintes passos:

- a) Preparação do ambiente: o ambiente deve ser adequado para a hospedagem de uma aplicação em Flask. Isso inclui a configuração do servidor web, a instalação de dependências para a execução do aplicativo.
- b) Configuração do servidor web: o servidor deve ser configurado para direccionar os *requests* HTTP recebidos para aplicação Flask.
- c) Implantação do código: fazer o *deploy* do código no ambiente de produção copiando os arquivos do projecto para o servidor, configurar permissões, ajustar os dados do ambiente de desenvolvimento para produção.
- d) Configuração de banco de dados: uma vez que aplicação faz uso de um banco de dados, a conexão da BD, criação de usuários, tabelas, etc.
- e) Testes e monitoramento: realizar testes extensivos de modo a garantir que tudo esteja funcionando correctamente.

## 4.6 Manutenção

Segundo Sommerville (2003), a manutenção consiste na fase do ciclo de vida do software em que são realizadas actividades para corrigir defeitos, melhorar a performance, adaptar o software a mudanças nos requisitos e corrigir problemas de usabilidade.

Essa fase envolve a análise e solução de bugs, a implementação de alterações e a aplicação de melhorias no software existente. A manutenção deverá incluir actividades de documentação, treinamento e testes com vista a fazer uma passagem de conhecimento para a equipa de suporte para garantir o funcionamento para os usuários.



## **CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1 Conclusões**

O objectivo geral deste trabalho era desenvolver um modelo de detecção e classificação de pneumonia com base na análise de imagens de radiografia do tórax. Com base nos resultados obtidos no processo de validação do modelo, conclui-se que o objectivo geral foi alcançado. Ao longo do trabalho, abordou-se sobre os principais conceitos e características da pneumonia em Moçambique, mais especificamente no HCM, identificou-se os procedimentos actualmente empregues no diagnóstico, contribuindo desta forma para a difusão dessa informação. Houve uma análise comparativa do impacto da IA na Medicina no mesmo âmbito do presente trabalho. O modelo de AM obteve uma boa precisão na detecção e classificação de casos de pneumonia em imagens de raio-x do tórax alcançando 88% de acurácia. Cada um dos objectivos específicos foi alcançado culminando no cumprimento do objectivo geral.

O uso de um modelo de diagnóstico de pneumonia no HCM é uma alternativa valiosa e de fácil uso. Com treinamento adequado, essa tecnologia pode ser considerada disruptiva e tem potencial de escalabilidade para outras unidades hospitalares em todo o país. Em suma, esta solução contribui para o avanço do diagnóstico de doenças respiratórias e reforça a importância da utilização da inteligência artificial no campo da medicina.

### **5.2 Recomendações**

A aplicação de técnicas de inteligência artificial para a detecção de pneumonia a partir da análise de raio-X do tórax apresenta resultados promissores. A utilização de redes neurais convulsionais mostrou-se uma abordagem eficaz para a classificação de imagens, atingindo altas taxas de acurácia na detecção de pneumonia. Entretanto, ainda há desafios a serem enfrentados, especialmente relacionados à disponibilidade de dados e à generalização do modelo para diferentes populações. O conjunto de dados disponibilizado apresentou limitações em termos de tamanho e diversidade, o que pode ter afectado o desempenho do modelo. Portanto, é necessário continuar o desenvolvimento de pesquisas na área, com o objectivo de aprimorar as técnicas

existentes e expandir a base de dados para que os modelos sejam mais robustos e confiáveis na detecção de pneumonia a partir de raio-X do tórax.

## BIBLIOGRAFIA

### 6.1 Referências Bibliográficas

- [1] (DHHS), U. D., (CDC), C. f., (OWCD), O. o., & (CDD), C. D. (2006). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice* (3rd ed.). Atlanta, GA.
- [2] Artificial Intelligence - Research Areas. (10 de April de 2021). *Tutorialspoint*. Obtido de [https://www.tutorialspoint.com/artificial\\_intelligence/artificial\\_intelligence\\_research\\_areas.htm](https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligence_research_areas.htm)
- [3] Blanco, I. (2017). *Diagnóstico Laboratorial*. Obtido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/laboratory-diagnosis#:~:text=Laboratory%20Diagnosis.%20Laboratory%20diagnosis%20is%20primarily%20mycological%20and,Infectious%20Diseases%20%28Fourth%20Edition%29%2C%202017.%20Download%20as%20PDF>.
- [4] Britannica, T. (4 de Junho de 2018). *Diagnostic imaging*. Obtido de Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/science/diagnostic-imaging>
- [5] Chumbita, M., Cillóniz, C., Puerta-Alcalde, P., Moreno-García, E., Sanjuan, G., Garcia-Pouton, N., . . . Garcia-Vidal, C. (January de 2020). Can Artificial Intelligence Improve the Management of Pneumonia. p. 9(1): 248.
- [6] Favretto, D. O., Silveira, R. C., Canini, S. R., Garbin, L. M., Martins, F. T., & Dalri, M. C. (Outubro de 2012). Revista Latino-Americana de Enfermagem. *Aspiração endotraqueal em pacientes adultos com via aérea artificial: revisão sistemática*. Obtido de <https://doi.org/10.1590/S0104-11692012000500023>
- [7] Fayyad, U. M., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. . *AI magazine*, 37-54.
- [8] Filho, A. (2003). *Epidemiologia e Saúde*. Rio de Janeiro: MEDSI.

- [9] Frankenfield, J. (8 de Março de 2021). *Artificial Intelligence (AI)*. Obtido de Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/a/artificial-intelligence-ai.asp>
- [10] Gaillard, F. (2020). *Normal frontal chest x-ray*. Obtido de Radiopaedia: <https://radiopaedia.org/cases/normal-frontal-chest-x-ray?lang=us>
- [11] Grossman, S., & Porth, C. M. (2016). *Porth Fisiopatologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- [12] HCM. (Maio de 2021). *Sobre nós*. Obtido de Hospital Central de Maputo: <http://www.hcm.gov.mz/sobre-nos/>
- [13] Heckerling, P. S., Gerber, B. S., Tape, T. G., & Wigton, R. S. (2003). Prediction of community-acquired pneumonia using artificial neural networks. *Medical decision making : an international journal of the Society for Medical Decision Making*, pp. 112–121. Obtido de <https://doi.org/10.1177/0272989X03251247>
- [14] Hwang, E. J., Park, S., Jin, K.-N., Kim, J. I., Choi, S. Y., Lee, J. H., . . . Group, D. D. (1 de March de 2019). Development and Validation of a Deep Learning-Based Automated Detection Algorithm for Major Thoracic Diseases on Chest Radiographs. *JAMA Netw Open*, p. e191095. Obtido de <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.1095>
- [15] Jameson, J. L., & Fauci, A. (2015). *Harrison's principles of internal medicine*. New York, US: McGraw-Hill.
- [16] Kermany, D. S., Goldbaum, M., Cai, W., Valentim, C. C., Liang, H., L., S. L., . . . Sierra. (22 de February de 2018). Identifying Medical Diagnoses and Treatable Diseases by Image-Based Deep Learning. pp. 172:1122–1131. Obtido de <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.02.010>
- [17] Lobo, L. C. (Junho de 2017). *Inteligência Artificial e Medicina*. Obtido de Revista Brasileira de Educação Médica: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-52712015v41n2esp>
- [18] Mahmud, T., Rahman, M. A., & Fattah, S. A. (July de 2020). Computers in Biology and Medicine. *CovXNet: A multi-dilation convolutional neural network for automatic*

*COVID-19 and other pneumonia detection from chest X-ray images with transferable multi-receptive feature optimization*, p. 103869.

- [19] Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. MIT press.
- [20] Merriam-Webster. (2 de Abril de 2021). *Differential diagnosis*. Obtido de Merriam-Webster.com dictionary: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/differential%20diagnosis>
- [21] NIBIB. (Abril de 2021). *Computed Tomography (CT)*. Obtido de National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB): <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/computed-tomography-ct#pid-1036>
- [22] Pressman, R. S. (2011). *Engenharia de Software - Uma Abordagem Profissional*. (A. Griesi, Trad.) Porto Alegre: AMGH .
- [23] Ristow, L. E. (2017). *DIAGNÓSTICO LABORATORIAL X DIAGNÓSTICO CLÍNICO*. Obtido de Tecsa: <http://www.tecsa.com.br/assets/pdfs/DIAGN%C3%93STICO%20LABORATORIAL%20X%20DIAGN%C3%93STICO%20CL%C3%8DNICO.pdf>
- [24] Rodrigues, A. I. (2013). *Determinantes da Utilização do Internet banking em Portugal*. Portugal: ESTGOH.
- [25] Rumelhart, D. E., & McClelland, J. L. (1986). *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*. MIT Press.
- [26] Ruuskanen, O., Lahti, E., Jennings, L. C., & Murdoch, D. R. (23 de Março de 2011). Viral pneumonia. *The Lancet Journal*, pp. 377: 1264–75. Obtido de [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(10\)61459-6/fulltext#fig1](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(10)61459-6/fulltext#fig1)
- [27] Santos, V. S. (04 de Julho de 2019). *Infecção*. Obtido em Março de 2021, de Mundo Educação: <https://bit.ly/3wSrJam>

- [28] SBPT. (Maio de 2014). *Endoscopia Respiratória*. Obtido de SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA: <https://sbpt.org.br/portal/publico-geral/doencas/endoscopia-respiratoria/>
- [29] Sommerville, I. (2003). *Engenharia de Software* (9 ed.). (K. Oliveira, & I. Bosnic, Trads.) São Paulo: Person.
- [30] Stephen, O., Sain, M., Maduh, U. J., & Jeong, D.-U. (2019). An Efficient Deep Learning Approach to Pneumonia Classification in Healthcare. *Journal of healthcare engineering*. doi:4180949
- [31] Tisiologia, S. B. (06 de Junho de 2003). Obtido de Saude em Movimento: [http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo\\_print.asp?cod\\_noticia=1059](http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo_print.asp?cod_noticia=1059)
- [32] Uchôa, J. P. (2016). *Evolução da metodologia do desenvolvimento de sistemas*. Obtido de [Linhadecodigo.com.br: http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/2108/evolucao-da-metodologia-do-desenvolvimento-de-sistemas.aspx](http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/2108/evolucao-da-metodologia-do-desenvolvimento-de-sistemas.aspx)
- [33] Zindoga, P. (Fevereiro de 2021). Pneumonia. (G. Mahesse, Entrevistador)

## 6.2 Outras bibliografias consultadas

- [1] Buduma, N., & Locascio, N. (2017). *Fundamentals of Deep Learning: Designing Next-Generation Machine Intelligence Algorithms*. O'reilly.
- [2] Gil, A. c., 2002. *Como elaborar projectos de pesquisa*. 4 ed. ed. Sao Paulo: Atlas.
- [3] Rodrigues, A. I. (2013). *Determinantes da Utilização do Internet banking em Portugal*. Portugal: ESTGOH.

## **APÊNDICES E ANEXOS**



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA**

***DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE PNEUMONIA COM BASE NA ANÁLISE DE  
IMAGENS DE RADIOGRAFIA TORÁCICA.***

**Caso de estudo:** Hospital Central de Maputo

**Estudante:** Gerson José Cabral Mahesse

**Código de Estudante:** 20162067



## Questionário

Esta questionário insere-se no âmbito do projecto final no curso de Licenciatura em Engenharia Informática e **tem como objectivo identificar e compreender os procedimentos empregues para diagnosticar a Pneumonia**, assim como, de identificar os principais constrangimentos aliados a este processo. A sua colaboração é essencial para o sucesso deste projecto. Os dados colhidos nesta pesquisa destinam-se unicamente para fins de estudo.

### Dados do entrevistado

<b>Nome</b>	Prof. Doutora Elizabete Nune	
<b>Local de Trabalho</b>	<b>Função</b>	
Hospital Central de Maputo (HCM)	Directora do Serviço de Pneumologia do HCM	
Faculdade de Medicina da UEM	Professora associada da Faculdade de Medicina da UEM	

### Questões

#### PARTE I – VIDA ACADÉMICA E PROFISSIONAL

**1. Qual é a sua área de formação académica e em que áreas se especializou?**

Licenciada em Medicina pela UEM, especializada em Pneumologia e Doutorada em Ciências médicas pela UNICAMP, Brasil

**2. Sabe-se que faz parte do grupo de funcionários do HCM e da Faculdade de Medicina da UEM. Quais são as actividades que desempenha nessas instituições? Há quanto tempo trabalha nesses locais?**

Trabalho no HCM desde 1985 como directora do serviço de pneumologia e responsável da formação em residência médica de pneumologia e professora na Faculdade de Medicina desde essa época também leccionando as disciplinas de

semiologia, pneumologia, terapêutica e aulas de mestrado de saúde pública. Trabalho assistencial na enfermaria de pneumologia Orientadora de teses de mestrado e de doutoramento e *focal point* da GARD (*Global Alliance Against Chronic Respiratory Diseases*) em Moçambique

**3. Além dos Locais acima mencionados, trabalha em algum outro local? Se sim, que actividades desempenha?**

Trabalho como pneumologistas em clínicas privadas

**4. A quanto tempo trabalha como Pneumologista?**

Desde 1991

**5. Quais os grandes desafios que enfrenta trabalhando nessa área?**

Os principais desafios encontrados são:

- 1- Equipe treinada para a área de pneumologia para dar resposta integral aos nossos doentes nas diferentes áreas (médico, enfermeiro, fisioterapeuta, intensivista, nutricionista e psicólogo). Temos de funcionar como um todo no diagnóstico, sua abordagem e tratamento curativo e preventivo.
- 2- Falta de recursos humanos nas diferentes áreas anteriormente referidas
- 3- Falta de meios auxiliares de diagnóstico actualizados que nos permita melhorar e aumentar a nossa capacidade de diagnóstico cada vez mais dependentes destes meios.

**PARTE II – SERVIÇO DE PNEUMOLOGIA NO HCM**

**1. Pode descrever como é feito o diagnóstico de Pneumonia no HCM, quais equipamentos são usados, exames exigidos, etc?**

- A pneumonia é uma Inflamação do parênquima pulmonar, geralmente *agudo* COM compromisso dos alvéolos, os brônquios e o espaço intersticial. A maioria

dos casos de pneumonia é transmitida de pessoa a pessoa pela tosse através de gotículas. Alguns patógenos podem viver no nariz e na garganta sem causar doenças mas, quando inalados para os pulmões, podem causar pneumonia.

O pneumococo é o agente mais comum. Embora muitas pessoas sejam expostas ao pneumococo, geralmente apenas aquelas com problemas de saúde subjacentes desenvolvem pneumonia. E o doente com esta patologia apresenta-se com um quadro clínico de Febre > 38 (menos frequente no idoso)

- **Tosse**, expectoração purulenta e hemoptises (15%)
- Taquipneia ou dispneia
- Dor pleurítica e limitação dos movimentos respiratórios
- Sudorese, arrepios ou mialgias, mau estar
- Erupção cutânea (M.pneumon)
- herpes labial (pneumocócica)

**No Idoso:** Sintomas inespecíficos (confusão, dores abdominais, incontinência urinária e descompensação de patologia associada.

- Dentro da história clínica que é a base de todo o diagnóstico é fundamental conhecermos os factores de risco para o desenvolvimento das pneumonias a referir Idade < 5 anos ou >65, Prematuridade da criança, Malnutrição, Imunodepressão/HIV, Diabetes, Alcolismo, DPOC, Relacionados com o meio ambiente/social, Casas inadequadas, Tabaco/poluentes ocupacionais, cozinhar com biomassa, Estação do inverno, História de viagens

No exame do tórax esperamos encontrar

- Redução da expansão pulmonar
- Sub macicez a percussão
- alterações auscultatórias localizadas
- Diminuição do m.v. com ou sem ferveores, roncos ou sopro tubárico
- As investigações necessárias conducentes á confirmação do diagnóstico e respectiva identificação do agente etiológico desta pneumonia são:

- RX torax/imagiologia . A radiografia do torax é um método simples e importante para confirmação de uma pneumonia no doente hospitalizado. A imagem também permite avaliar a extensão das lesões, complicações e auxilia no diagnóstico diferencial sendo por isso Recomendado a todos os doentes hospitalizados. Os padrões radiográficos podem ser classificados como pneumonia lobar, broncopneumonia e pneumonia intersticial e estão relacionados com o tipo de agente etiológico. O padrão radiográfico mais comum é o da consolidação lobar pelo pneumococcus pneumoniae e na pneumonia intersticial os agentes que estão relacionados são os chamados atípicos (o mais comum é o Mycoplasma pneumoniae – mais de 90% dos casos) e vírus (adenovírus, varicela, influenza, vírus sincicial respiratório, parainfluenza, coronavírus, etc.).
- Hemograma e VS aonde poderemos observar Leucocitose com neutrofilia e outros dois marcadores da inflamação que são o PCR, e pro calcitonina que infelizmente não temos acesso a eles no nosso hospital e que são usados para monitoria da resposta ao tratamento.
- **Exames microbiológicos:** Gram e cultura da expectoração/aspirado nasotraqueal (quando não conseguem expectorar). Antes de iniciar o Antibiótico ou nas primeiras 24 horas. A cultura geral da expectoração é para tentar identificar qual o agente etiológico responsável por esta pneumonia. Contudo em cerca de 40 a 50% dos casos não encontramos o agente etiológico mas baseama-nos nos estudos etiológicos realizados a nível internacional e que não tem grande variação com os nossos doentes em que os principais agentes envolvidos são: 1/3 das PNM provocadas por bactérias 70 -80% por bacterias Gram (+s): *Streptococcus pneumoniae* (mais frequente na PAC ), *Haemof Influ.*, *Staphylococcus aureus*, *streptococcus pyogenes*. Outros agentes frequentes: mycoplasma pneumoniae e vírus como : corona vírus SARS Cov 2, influenza, VSR, parainfluenz adenovírus e metapneumovírus.

- Testes moleculares recomendados são o teste molecular para *M. tuberculosis* e o PCR para SARS cov2 cujo objectivo é para diagnóstico diferencial ou mesmo associado a estas 2 entidades.
- Por fim vamos avaliar a severidade desta doença e identificarmos se o doente fica na nossa enfermaria ou se terá critérios de envio para uma unidade de cuidados intensivos.
- Outros meios auxiliares de diagnóstico serão realizados em função da gravidade

**2. Qual é o custo associado a cada uma das formas de diagnóstico empregues no HCM?**

**3. Ao realizar o diagnóstico de um paciente com pneumonia, que importância tem a distinção imediata entre pneumonia viral ou bacteriana e qual seria o impacto disso no tratamento do paciente?**

- Distinguir a pneumonia viral da pneumonia bacteriana é um grande desafio. Várias viroses são sazonais, com predomínio no Inverno ou época fresca, ou mesmo epidémicas ( SARS- cov 2), e o diagnóstico sensível e confiáveis na detecção viral utiliza métodos moleculares de detecção genômica. Exemplos de diferentes agentes virais viral
  - Rinovírus (30-50%)
  - Coronavírus
  - Influenza
  - Parainfluenza
  - Adenovírus
  - HIV

- Enterovirus/Rubeola/Varicela/metapneumovirus;
- Vírus Sincicial Respiratório

Podem existir pistas importantes na história do doente e examiná-lo pode ajudar a diferenciar as duas e embora muitas vezes existe sobreposição ou seja o doente surge com uma pneumonia com características virais mas que ao fim de 3 a 5 dias se agrava com uma complicação por infecção bacteriana.

O doente hospitalizado na nossa enfermaria por suspeita de pneumonia viral de causa inicial o seu internamento significa agravamento do quadro clínico quase sempre associado a uma infecção bacteriana uma vez que a infecção viral prejudica seus mecanismos locais de defesa, favorecendo assim o surgimento de pneumonias bacterianas secundárias.

Normalmente a infecção viral é mais comum nas crianças <2 anos e nos indivíduos com > 60 anos e com doenças respiratórias associadas ou outras como imunossupressão, diabetes, Insuficiência renal, doenças neoplásicas, etc. Inicia também com um quadro agudo no início infecções do trato respiratório por vírus, destacam-se duas doenças muito comuns, mas de difícil distinção: o resfriado, que tem pequena gravidade e duração, cursando com cefaleia, espirros, calafrios e dor de garganta, evoluindo com coriza, obstrução nasal, tosse e mal-estar; e a gripe, mais grave, de instalação súbita com febre, cefaleia, tosse, dor de garganta, mialgia, espirros, fraqueza. Os vírus podem também comprometer as vias aéreas inferiores bronquiolite, bronquite e pneumonia. Nas pneumonias virais, os quadros clínicos são variáveis, dependendo do tipo de vírus da idade e do estado imune do hospedeiro. Temos a referir nos últimos anos os casos de pneumonias severas associadas os vírus influenza A e ao SARS cov 2 que levam a insuficiência respiratória e com alta letalidade.

Do ponto de vista laboratorial não é frequente encontrar leucocitose com neutrofilia; os leucócitos podem estar normais ou diminuídos com linfopenia ao contrário da pneumonia bacteriana típica.

Portanto o impacto da sua distinção neste momento está relacionado com o grau de transmissibilidade e agressividade da SARS cov 2 cuja suspeita obriga a um fluxograma completamente diferentes deste doente desde o seu encaminhamento como tratamento de modo a impedir a cadeia de transmissão dentro de uma unidade hospitalar e na comunidade. Do ponto de vista radiográfico as lesões das PNvirais são normalmente bilaterais com padrão intersticial.

**4. Em que medida ocorrem casos de pneumonia com origem em patógenos diferentes de bactérias e vírus?**

Existem outras causas de pneumonias para além das bacterianas e virais como as fúngicas, por *Mycobacterium tuberculosis* e parasitas. Nos doentes HIV positivos podemos encontrar

- *Pneumocystis jirovecii*
- Cryptococcus
- Histoplasmosis
- *Mycobacterium tuberculosis*

**DOENTES TRANSPLANTADOS**

- Fungos (Aspergillosis, Cryptococcus, Histoplasmosis)
- **DOENTES NEUTROPÉNICOS**
  - Fungos (Aspergillosis)

**5. Em que medida a análise de imagens de raio x é impactante para o diagnóstico da pneumonia nos pacientes? Quais são as análises que complementam o raio X?**

Referido anteriormente

**6. No geral, quais são os constrangimentos encontrados no diagnóstico pneumonia?**

- 1- Grande parte das pneumonias cerca de 40 a 60 % não se identifica o agente etiológico grande número de casos de PNM tem mais de um agente etiológico o que pode agravar a situação e implicar resposta incorrecta ao tratamento
- 2- Nem sempre temos acesso a meios auxiliares de diagnóstico que nos ajudam para esclarecermos as patologias e diferenciar de outras causas
- 3- O padrão radiográfico não é característico e não faz diagnóstico de PNM, mas conduz à suspeita.
- 4- Tendo nós elevada prevalência de HIV temos muitas vezes situações de diferentes patologias pulmonares no mesmo doente, x PNM e sarcoma de Kaposi e tuberculose o que dificulta a abordagem diagnóstica e do tratamento



## Especificação de casos de uso

Ao todo, o sistema apresenta seis (6) casos de uso. A seguir a especificação de cada um deles.

Tabela 10 - Especificação do CU01

<b>Nome</b>	CU01: Solicitar diagnóstico
<b>Descrição</b>	Permite ao utilizador fazer o diagnóstico de pneumonia
<b>Actor</b>	Médico
<b>Prioridade</b>	Essencial
<b>Pré-condição</b>	Utilizador autenticado
<b>Pós-condição</b>	Obter o diagnóstico. Saber se o paciente tem ou não pneumonia, e saber a etiologia viral ou bacteriana da pneumonia identificada.
<b>Fluxo Principal</b>	
<b>Actor</b>	<b>Actividades</b>
<b>Utilizador</b>	Clicar no botão “Diagnosticar Pneumonia”
<b>Sistema</b>	Apresentar na tela o botão de “carregar imagem” de imagem
<b>Utilizador</b>	Clicar no botão para carregar imagem
<b>Sistema</b>	Aceder ao directório inicial
<b>Utilizador</b>	Aceder ao directório e seleccionar a imagem CRX
<b>Sistema</b>	Apresentar na tela o diagnóstico [A1]
<b>Fluxo alternativo de eventos</b>	
<b>[A1]</b>	Apresentar na tela a opção de exportar o resultado para PDF
<b>Utilizador</b>	Clicar na opção “Gerar PDF”
<b>Sistema</b>	Fazer o <i>Download</i> do PDF gerado do dispositivo

Tabela 11 - Especificação do CU02

<b>Nome</b>	CU02: Gerar Relatório
-------------	-----------------------

<b>Descrição</b>	Permite ao utilizador ler o histórico de resultados num determinado período
<b>Actor</b>	Médico
<b>Prioridade</b>	Importante
<b>Pré-condição</b>	Utilizador autenticado
<b>Pós-condição</b>	Obter o relatório de execução de diagnósticos
<b>Fluxo Principal</b>	
<b>Actor</b>	<b>Actividades</b>
<b>Utilizador</b>	Clicar no Botão “Gerar Relatório”
<b>Sistema</b>	Apresentar na Tela os Filtros do Relatório
<b>Utilizador</b>	Preencher os campos solicitados e clicar em “Gerar”
<b>Sistema</b>	Gerar o Relatório [A1]
<b>Fluxo alternativo de eventos</b>	
<b>[A1]</b>	Apresentar na tela a opção de exportar o resultado para PDF
<b>Utilizador</b>	Clicar na opção “Gerar PDF”
<b>Sistema</b>	Fazer o <i>Download</i> do PDF gerado do dispositivo

Tabela 12 - Especificação do CU03

<b>Nome</b>	CU03: Cadastrar usuário
<b>Descrição</b>	Registrar novo usuário no sistema
<b>Actor</b>	Administrador
<b>Prioridade</b>	Essencial
<b>Pré-condição</b>	Utilizador autenticado
<b>Pós-condição</b>	Novo usuário criado
<b>Fluxo Principal</b>	
<b>Actor</b>	<b>Actividades</b>

<b>Utilizador</b>	Clicar em “Criar usuário”
<b>Sistema</b>	Apresentar na tela o formulário de cadastro
<b>Utilizador</b>	Preencher os campos de cadastro do utilizador e clicar e “cadastrar”
<b>Sistema</b>	Apresenta na tela “Cadastrado com sucesso” [A1]
<b>Fluxo alternativo de eventos</b>	
<b>[A1]</b>	O sistema mostra a mensagem “Dados incompatíveis, insira novamente”
<b>Utilizador</b>	O utilizador insere os dados de cadastro de forma correcta
<b>Sistema</b>	Apresenta na tela “Cadastrado com sucesso”

*Tabela 13 - Especificação do CU04*

<b>Nome</b>	CU04: Actualizar dados de cadastro
<b>Descrição</b>	Actualizar
<b>Actor</b>	Administrador, Médico
<b>Prioridade</b>	Essencial
<b>Pré-condição</b>	Utilizador autenticado
<b>Pós-condição</b>	Usuário com Dados Actualizados
<b>Fluxo Principal</b>	
<b>Actor</b>	<b>Actividades</b>
<b>Utilizador</b>	Clicar em “Actualizar Dados”
<b>Sistema</b>	Apresentar na tela o formulário com os dados
<b>Utilizador</b>	Preencher os campos de cadastro do utilizador e clicar e “Gravar”
<b>Sistema</b>	Apresenta na tela “Dados Actualizados” [A1]
<b>Fluxo alternativo de eventos</b>	
<b>[A1]</b>	O sistema mostra a mensagem “Dados incompatíveis, insira novamente”

<b>Utilizador</b>	O utilizador insere os dados de cadastro de forma correcta
<b>Sistema</b>	Apresenta na tela “Cadastrado com sucesso”

*Tabela 14 - Especificação do CU05*

<b>Nome</b>	CU05: Remover usuário
<b>Descrição</b>	Apagar a conta de um determinado utilizador
<b>Actor</b>	Administrador, Médico
<b>Prioridade</b>	Importante
<b>Pré-condição</b>	Utilizador autenticado
<b>Pós-condição</b>	Usuário removido do Sistema
<b>Fluxo Principal</b>	
<b>Actor</b>	<b>Actividades</b>
<b>Utilizador</b>	Clicar em “Remover conta”
<b>Sistema</b>	Apresentar a Barra de Pesquisa
<b>Utilizador</b>	Identificar a conta e clicar em remover
<b>Sistema</b>	Apresentar mensagem “Tem certeza de que pretende remover a conta”
<b>Utilizador</b>	Clicar em “Confirmar” [A1]
<b>Sistema</b>	Mensagem “Conta removida com sucesso”
<b>Fluxo alternativo de eventos</b>	
<b>[A1]</b>	Cancelar operação
<b>Sistema</b>	Sistema cancela a operação e retorna ao estado anterior

Tabela 15 - Especificação do CU06

<b>Nome</b>	CU06: Login
<b>Descrição</b>	Como o usuário tem acesso as funcionalidades do sistema, descreve o processo de autenticação de usuário.
<b>Actor</b>	Administrador, Médico
<b>Prioridade</b>	Essencial
<b>Pré-condição</b>	Aceder a URL do Sistema
<b>Pós-condição</b>	Ter acesso as funcionalidades do sistema.
<b>Fluxo Principal</b>	
<b>Actor</b>	<b>Actividades</b>
<b>Sistema</b>	Apresentar o formulário de <i>login</i>
<b>Utilizador</b>	O actor insere a senha e <i>user</i> válidos
<b>Sistema</b>	O sistema valida a senha do agente e efetua seu login no sistema. [A1]
<b>Fluxo alternativo de eventos</b>	
<b>[A1]</b>	Sistema ensebe mensagem “Nome / Senha Inválidos”
<b>Utilizador</b>	Utilizador insere dados válidos
<b>Sistema</b>	O sistema concede acesso as funcionalidades

## Diagramas

### Diagrama de Classes

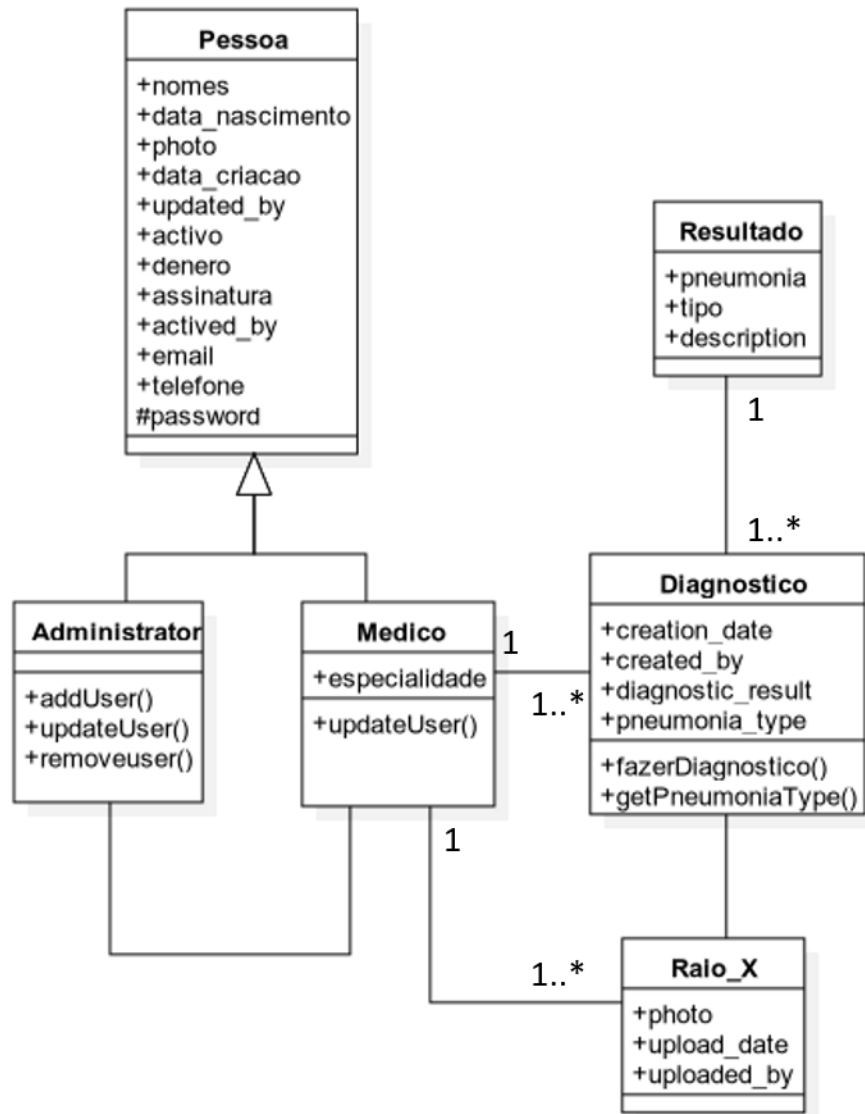


Figura 21 - Diagrama de Classes

## Diagramas de Sequência

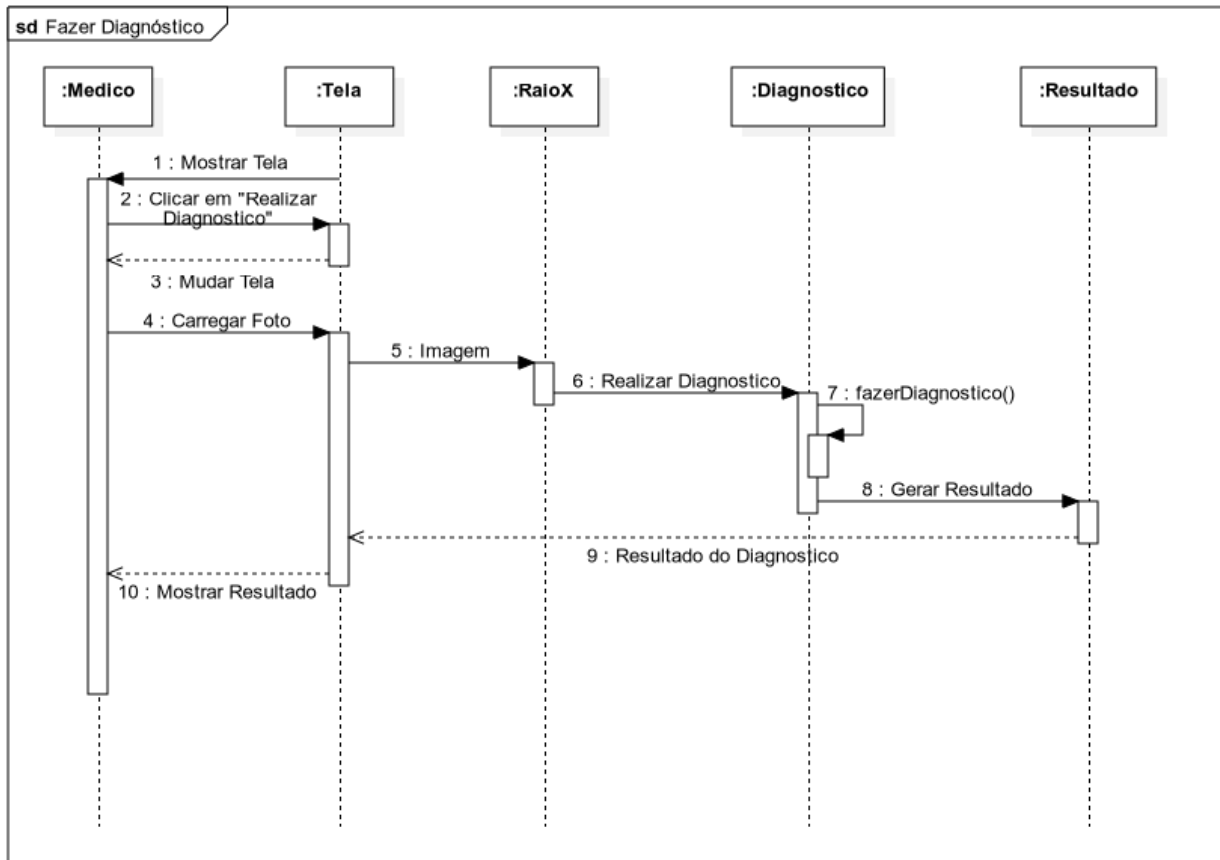


Figura 22 - Diagrama de Sequência para Fazer Dianóstico

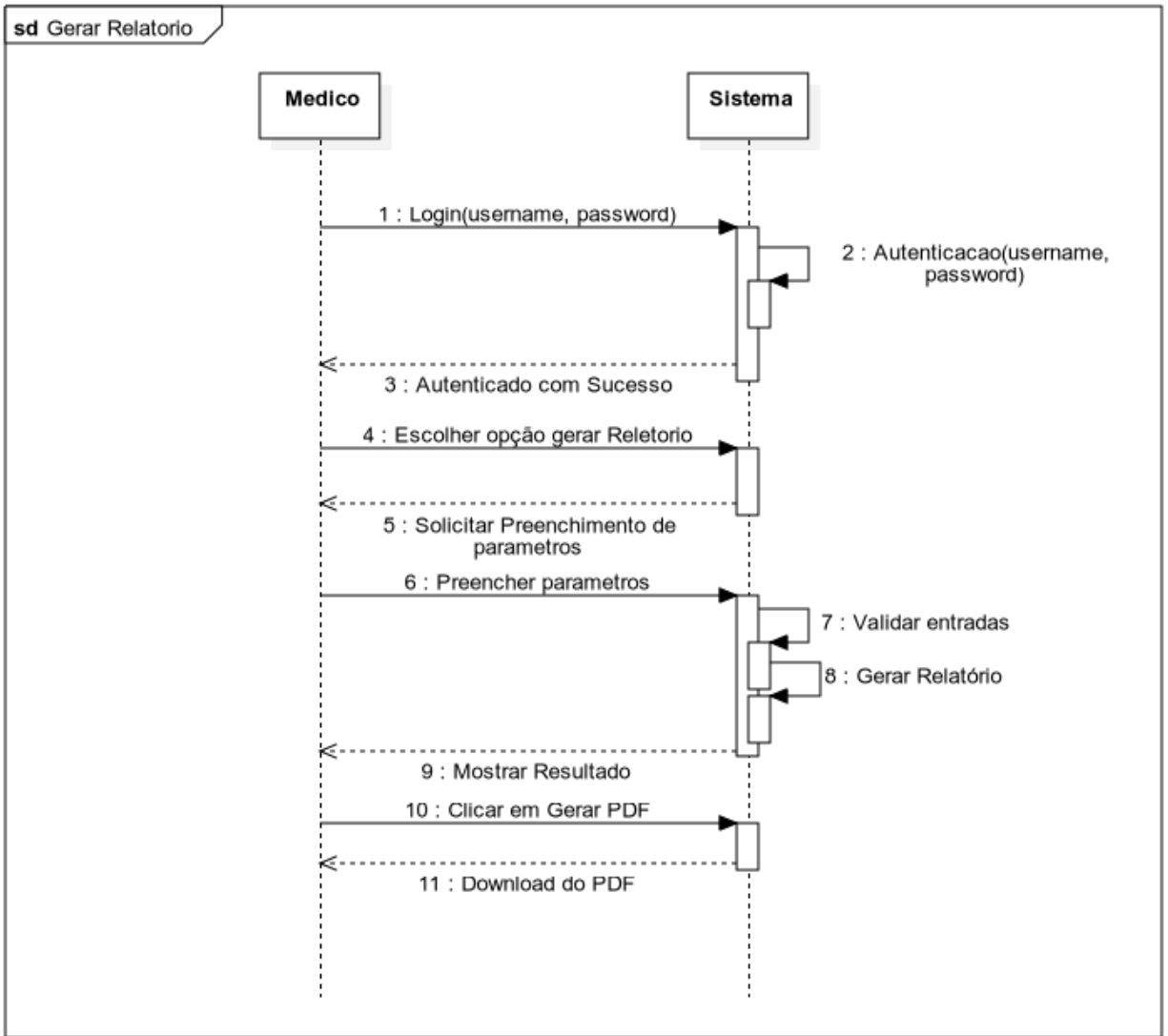


Figura 23 - Diagrama de Sência para Gerar Relatório



## Diagrama de Actividades

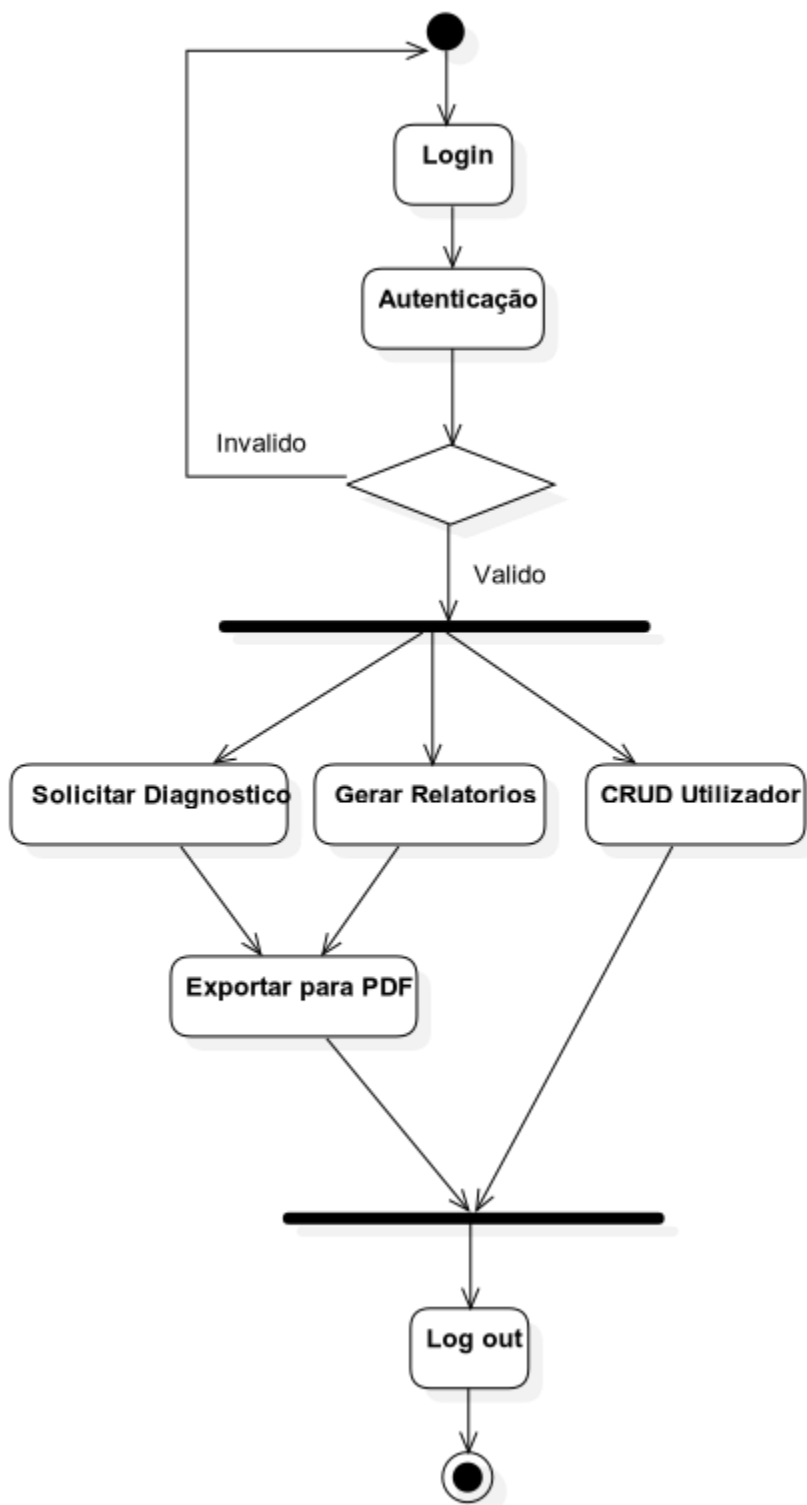


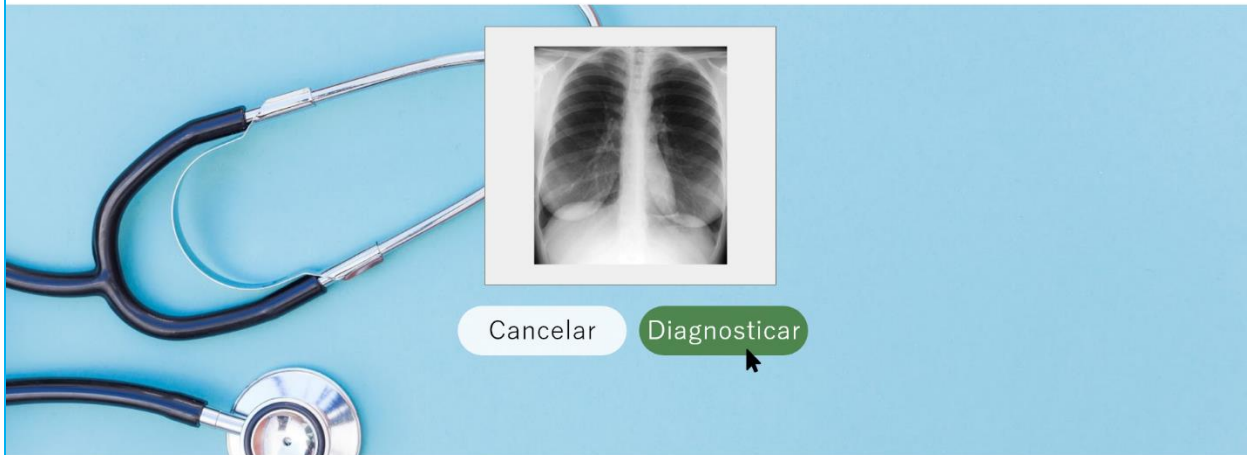
Figura 24 - Diagrama de Actividades de Autenticação

## Protótipo (*mockup*)





## Início Relatórios



E-mail  
info@hcm.gov.mz

Endereço  
Agostinho Neto, n° 164, Maputo

Facebook.com/  
HospitalCentraldeMaputo

© Todos direitos



## Início Relatórios



E-mail  
info@hcm.gov.mz

Endereço  
Agostinho Neto, n° 164, Maputo

Facebook.com/  
HospitalCentraldeMaputo

© Todos direitos



## Início Relatórios



**Data de Início**

dd/mm/aaaa 📅

**Data de Fim**

dd/mm/aaaa 📅

**Diagnóstico**

Todos ▾

**Responsável**

Todos ▾

Cancelar

Gerar Relatório



E-mail  
info@hcm.gov.mz



Endereço  
Agostinho Neto, n° 164, Maputo



Facebook.com/  
HospitalCentraldeMaputo

© Todos direitos

# ORGANOGRAMA DO HOSPITAL CENTRAL DE MAPUTO

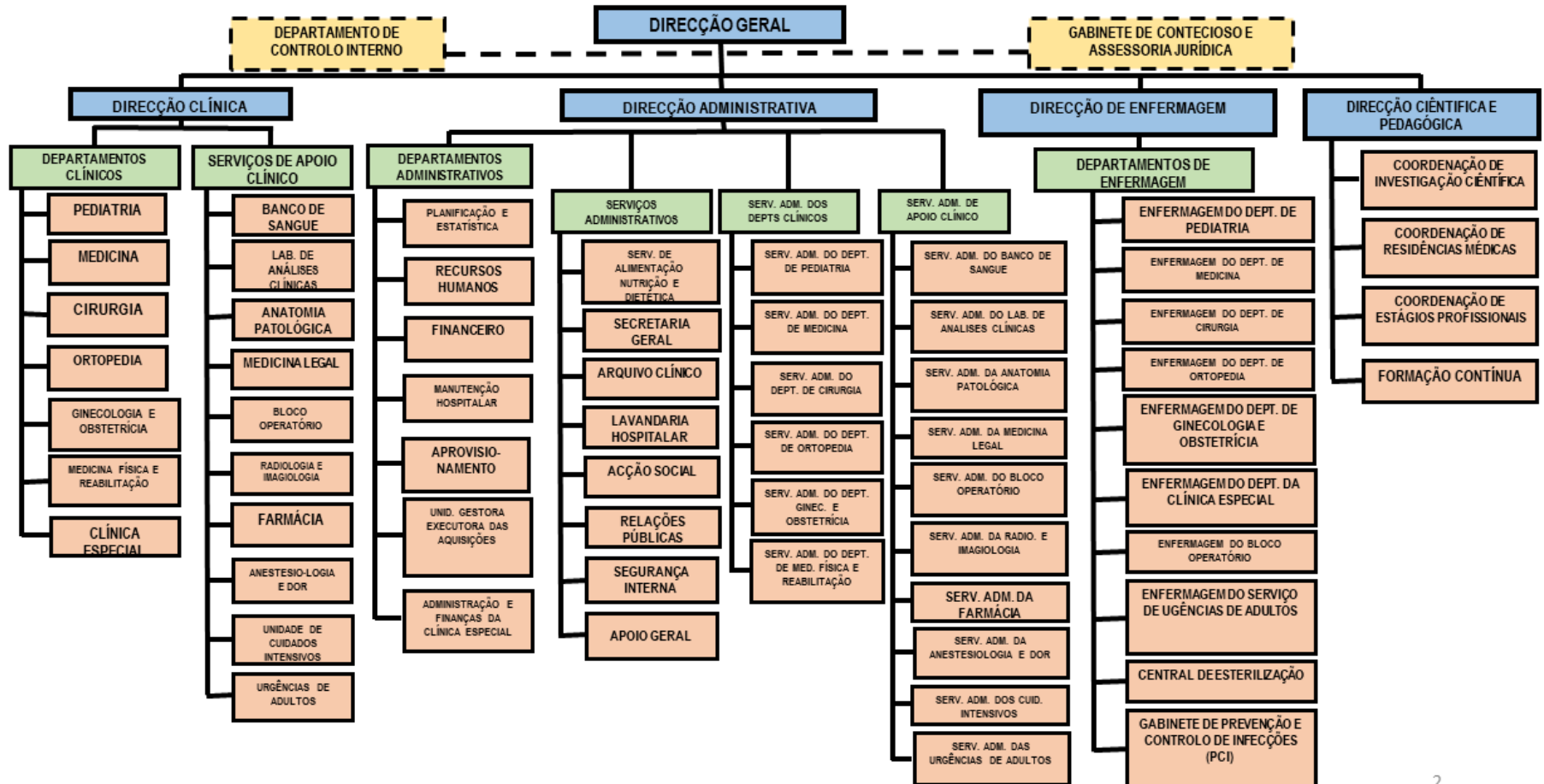


Figura 25 - Organograma do HCM

## Sistema de Informação de Saúde – Registo de Óbitos nos Hospitais (SIS-ROH)

### Análise de Mortalidade Nacional 2009-2013

Distribuição dos óbitos por causa básica de morte (Capítulo CID-10), 2013

<b>Causa básica de óbitos (Capítulo CID-10)</b>	<b>Número</b>	<b>% de causa bem definida</b>
Doenças infecciosas e parasitárias	12801	42.8%
Afecções originadas no período perinatal	5789	19.4%
Doenças do aparelho respiratório	1951	6.5%
Doenças do aparelho circulatório	1822	6.1%
Causas externas	1323	4.4%
Neoplasias	1123	3.8%
Doenças endócrinas, metabólicas e nutricionais	1091	3.6%
Doenças do sangue e dos órgãos hematopoéticos e alguns transtornos imunitários	975	3.3%
Doenças do sistema nervoso	771	2.6%
Gravidez, parto e puerpério	630	2.1%
Doenças do aparelho digestivo	569	1.9%
Malformações congénitas e anomalias cromossómicas	469	1.6%