



Profa. Dra. Carmem Leitão, Orientadora

Prof. Dr. Jesus Ossian, Coorientador

**Nome do(a) Candidato(a):** Noé Santos Macuácua

**Programa de Pós-Graduação:** Doutoramento em Saúde Pública

**Projeto:** Otimização Logística da Distribuição de Medicamentos e Artigos Médicos

**Linha de Pesquisa (quando aplicável):**

Gestão e Planejamento em Saúde e Epidemiologia e Vigilância em Saúde Pública (com foco em medicamentos essenciais)

**Título da proposta de pesquisa:**

Otimização Logística da Distribuição de Medicamentos no Sistema Nacional de Saúde de Moçambique: Um Modelo Matemático Aplicado

**Resumo do projeto:**

A logística de distribuição de medicamentos é um elemento essencial para a eficácia do Sistema Nacional de Saúde em Moçambique, devido a desafios como fragmentação da cadeia logística, exiguidade dos fundos, infraestrutura precária, grandes distâncias territoriais e frequentes rupturas de estoque, que dificultam o acesso da população aos medicamentos essenciais. Reconhecendo os medicamentos como bens públicos indispensáveis, este estudo aborda os desafios logísticos enfrentados pelo SNS. O objetivo é desenvolver e validar um modelo matemático de otimização para a distribuição de medicamentos no Sistema Nacional de Saúde de Moçambique, visando reduzir custos logísticos e ampliar a eficiência da cobertura territorial. A distribuição eficiente de medicamentos é um dos pilares para garantir o acesso equitativo aos cuidados de saúde, especialmente em países em desenvolvimento como Moçambique. Este estudo propõe a aplicação de um modelo matemático de otimização logística voltado para o aprimoramento da cadeia de abastecimento de medicamentos no Sistema Nacional de Saúde. A pesquisa busca identificar gargalos operacionais, reduzir perdas e atrasos na distribuição e melhorar o uso dos recursos disponíveis, com foco em eficiência, cobertura e custo-benefício. A abordagem quantitativa baseada em modelagem matemática permite simular diferentes cenários e propor estratégias de melhoria alinhadas às necessidades locais. Ao integrar aspectos logísticos, operacionais e de gestão em saúde pública, este estudo pretende oferecer subsídios técnicos e estratégicos para a tomada de decisão no planejamento e na gestão de medicamentos essenciais em Moçambique.

**Palavras chaves:** Logística em Saúde; Distribuição de Medicamentos; Modelo Matemático; Sistema Nacional de Saúde; Moçambique.

**Objetivos do projeto:**

▪ **Objetivo Geral**

Desenvolver e validar um modelo matemático de otimização para a distribuição de medicamentos no Sistema Nacional de Saúde de Moçambique, visando reduzir custos logísticos e ampliar a eficiência da cobertura territorial.

#### ■ **Objetivos Específicos**

- ✓ Descrever e mapear a estrutura atual da logística de medicamentos no SNS de Moçambique, incluindo modais rodoviário, ferroviário e aquaviário.
- ✓ Identificar e analisar as principais restrições físicas, operacionais e de capacidade da cadeia logística.
- ✓ Desenvolver um modelo matemático de otimização de transporte e armazenamento (Programação Linear - PL).
- ✓ Simular cenários logísticos variando demandas, capacidades e rotas, com análise dos impactos no custo, tempo de entrega e cobertura.
- ✓ Avaliar o desempenho dos cenários simulados em relação aos indicadores logísticos (custo por unidade entregue, taxa de ruptura, lead time total).
- ✓ Propor recomendações técnicas para otimização prática da logística de medicamentos no SNS.

#### **Justificativa (relevância e pertinência do projeto):**

A escolha desse tema para minha dissertação apoia-se fundamentalmente em três justificativas. A primeira é estritamente pessoal, devido à minha origem moçambicana e à minha experiência profissional como funcionário do Ministério da Saúde, com 23 anos de serviço. Fui ponto focal para construção dos armazéns intermediários ao nível Nacional, no âmbito da implementação do Plano Estratégico Logístico Farmacêutico (PELF), estive envolvido na otimização das Rotas para Distribuição dos Medicamentos e Artigos Médicos até a Última Milha, trabalhei no Departamento de Planificação como planificador de todas atividades do Plano Econômico Social da CMAM (PES), plano de ação das atividades, monitoria do PES, quantificação dos medicamentos e artigos médicos, cálculo de necessidades de alocações de cada programa de saúde, previsão dos consumos dos medicamentos para os próximos exercícios econômicos, usando o pacote estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) e na produção dos resultados estatísticos para auxiliar na tomada de decisão para compra dos medicamentos e artigos médicos ao nível nacional. Entre os anos 2017 – 2022, no setor de saúde no país, caracterizado por contradições econômicas e sociais marcantes, que também estimularam meu interesse. A experiência de seis anos no Ministério da Saúde de Moçambique (MISAU) - Central de Medicamentos e Artigos Médicos (CMAM) em moçambicano, como Planificador das necessidades e alocações dos medicamentos e produtos afins e Ponto focal para Construção dos Armazéns Intermediários – e a observação da presença de numerosas outras ONGs e instituições internacionais que atuavam no âmbito da implementação do PELF naquela área, assim como a constatação de contínua ruptura do estoque desses insumos nos serviços de saúde locais, aguçou a minha curiosidade neste tema, de forma a tentar elucidar alguns aspectos da provisão dos medicamentos em um país em desenvolvimento como Moçambique. Ao mesmo tempo este trabalho provocou incontáveis perguntas relacionadas à possibilidade de melhoria das condições de saúde de milhões de pessoas afetadas por doenças crônicas e negligenciadas e que, necessitadas de cuidados, percorriam quilômetros, muitas vezes em vão, na tentativa de receber medicamentos que não estavam disponíveis nas unidades de saúde, sendo impossibilitadas de aliviar seu próprio sofrimento e gozar de uma melhor qualidade de vida.

A segunda justificativa é acadêmica, por reconhecer a importância de contribuir com uma pesquisa que produzisse conhecimentos sobre as dinâmicas nacionais e internacionais no processo de desenvolver e validar um modelo matemático de otimização para a distribuição de medicamentos no Sistema Nacional de Saúde de Moçambique, visando reduzir custos logísticos e ampliar a eficiência da cobertura territorial.

A terceira parte da constatação que Moçambique depende quase integralmente de recursos de ajuda externa internacional para a provisão de medicamentos e, portanto, estudar a dinâmica das políticas públicas na área de otimização logística da distribuição dos medicamentos e artigos médicos até a última

milha, poderá contribuir para a reflexão sobre os desafios de saúde pública atual e futuro, devido à crise financeira internacional e à diminuição das ajudas externas no geral.

### **Metodologia e Atividades Previstas:**

Pretendemos neste capítulo apresentar o método de pesquisa e o método de trabalho que serão utilizados no desenvolvimento deste estudo que busca desenvolver modelo matemático e estratégias de solução para otimizar a cadeia de distribuição dos medicamentos e produtos de saúde no Sistema Nacional de Saúde (SNS) de Moçambique. A pesquisa adotará uma abordagem **quantitativa aplicada**, com foco no desenvolvimento e validação de um **modelo matemático de otimização logística** voltado à distribuição de medicamentos no Sistema Nacional de Saúde (SNS) de Moçambique. O estudo será desenvolvido em etapas interligadas, conforme descrito abaixo:

#### **1. Revisão Bibliográfico**

Será feita revisão sistemática da literatura sobre:

- Modelos matemáticos aplicados à logística em saúde até a última milha;
- Cadeias de abastecimento de medicamentos em países de baixa e média renda como forma de analisar experiência das outras cadeias de abastecimento;
- Boas práticas logísticas no SNS de Moçambique.

#### **2. Diagnóstico Situacional**

- Vasculho de dados secundários e documentos oficiais do Ministério da Saúde de Moçambique;
- Entrevistas com gestores logísticos e responsáveis pela distribuição de medicamentos;
- Mapeamento do fluxo atual de distribuição nas zonas, Sul, Centro e Norte do País.

#### **3. Construção do Modelo Matemático**

- Definição das variáveis logísticas (estoques, rotas, demanda, capacidade, tempo, custo etc.);
- Formulação de um modelo de **programação linear ou inteira mista**, com base na realidade do SNS;
- Utilização de ferramentas computacionais Excel Solver ou VOSviewer para ambas as análises. Escolhemos essa ferramenta porque ela cria redes com base em diferentes tipos de relações, o que auxilia na revelação da evolução ou do impacto da literatura científica. Da mesma forma, o VOSviewer extrai e visualiza palavras-chave importantes da literatura, ajudando a identificar os principais conceitos. para simulação e validação do modelo.

#### **4. Testes e Validação do Modelo**

- Aplicação do modelo a cenários reais (com dados simulados e/ou reais, quando disponíveis);
- Análise dos resultados obtidos: redução de custos, tempo de entrega, cobertura geográfica;
- Ajustes e validação do modelo junto a especialistas e gestores locais.

#### **5. Análise e Discussão dos Resultados**

- Avaliação crítica dos impactos do modelo proposto;
- Comparação com a situação atual da logística no SNS de Moçambique;
- Discussão das limitações e potencial de replicação do modelo em outras regiões.

## 6. Redação e Divulgação Científica

- Elaboração da tese de doutoramento;
- Submissão de artigos científicos a revistas indexadas;
- Apresentações em congressos de saúde pública, logística e gestão em saúde.

### Cronograma de Execução (em etapas e prazos):

Objetivo	Etapas do Estudo	Resultados Esperados
<b>Descrever a estrutura e os processos logísticos do SNS</b>	- Análise documental e revisão bibliográfica sobre a cadeia logística de medicamentos no SNS. - Entrevistas com profissionais do SNS em diferentes níveis (central, provincial e local).	Compreensão detalhada dos fluxos logísticos, identificando atores e processos-chave na distribuição.
<b>Identificar nós críticos</b>	- Coleta de dados qualitativos e quantitativos sobre os desafios enfrentados na logística de medicamentos. - Análise de problemas críticos, como rupturas de estoque, transporte e armazenagem.	Mapeamento dos principais desafios logísticos, destacando pontos críticos e suas causas subjacentes.
<b>Avaliar o impacto do orçamento e dos recursos disponíveis</b>	- Análise de dados financeiros e operacionais do SNS. - Identificação das limitações causadas pela insuficiência de recursos.	Determinação do impacto financeiro sobre a eficiência do abastecimento e a continuidade do fornecimento.
<b>Aplicar modelos matemáticos para gestão logística</b>	- Desenvolvimento de modelos matemáticos para planejamento e gestão de demandas e estoques. - Simulação de cenários logísticos para testar alternativas de otimização.	Propostas de estratégias otimizadas para redução de custos e melhoria da eficiência na gestão logística.

<b>Validar as soluções propostas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentação dos modelos e estratégias desenvolvidos a profissionais do SNS.</li> <li>- Realização de <i>workshops</i> e coleta de feedback para ajustar as soluções.</li> </ul>	Soluções otimizadas ajustadas às realidades do SNS, prontas para aplicação em larga escala.
--------------------------------------	---	---

### **Resultados Esperados:**

- ✓ O modelo que será proposto, deve assegurar que medicamentos e produtos de saúde, vitais e essenciais, com qualidade aprovada, seguros e eficazes, estejam disponíveis, em boas condições, no momento e nas quantidades em que sejam necessárias, para prevenir, diagnosticar ou tratar os problemas de saúde prioritários da população, e ao menor custo possível para o paciente e a sua comunidade.
- ✓ Alcançar este objetivo obriga a um esforço continuado e sustentado de melhoria quer na organização logística da cadeia de abastecimento público de medicamentos quer na predição das necessidades suportada por adequada análise científica.
- ✓ Um modelo matemático robusto para otimizar a distribuição de medicamentos no SNS de Moçambique.
- ✓ Simulações demonstrando possíveis ganhos de eficiência logística (custo e cobertura).
- ✓ Recomendações práticas para implementação no sistema de saúde moçambicano.
- ✓ Contribuição teórica com adaptação de modelos de roteirização (VRP) e programação linear para um contexto de país em desenvolvimento.

### **Indicadores de Acompanhamento e Avaliação:**

#### **1. Avaliam a execução das etapas previstas no projeto de pesquisa**

<b>Indicador</b>	<b>Unidade de Medida</b>	<b>Fonte de Verificação</b>
Revisão bibliográfica concluída	Sim/Não	Relatório da etapa
Diagnóstico logístico realizado	Sim/Não	Documentação técnica
Modelo matemático desenvolvido	Sim/Não	Código e descrição do modelo
Validação com especialistas realizada	Sim/Não	Atas ou registros das validações

#### **2. Avaliam os produtos diretos gerados pela aplicação do modelo.**

<b>Indicador</b>	<b>Unidade de Medida</b>	<b>Fonte de Verificação</b>

Redução média do tempo de entrega de medicamentos	% de redução	Simulações com o modelo	
Redução de custos logísticos estimada	% ou valor monetário	Relatórios de simulação	
Cobertura populacional otimizada	% de unidades de saúde atendidas	Simulações e dados do SNS	
Palavras-chave e áreas temáticas identificadas	Número de termos relevantes	Análise bibliométrica	

### 3. Indicadores de Impacto (esperado).

Indicador	Unidade de Medida	Fonte de Verificação
Eficiência logística percebida pelos gestores	Grau de satisfação (escala Likert)	Entrevistas ou questionários
Capacidade de replicação do modelo em outras províncias	Número de adaptações possíveis	Testes-piloto
Tomada de decisão baseada em evidências	Casos documentados	Relatórios institucionais

### 4. Síntese da fase, objetivo, plano de coleta e análise.

Fase	Objetivos	Atividades de Coleta	Plano de Análise	Resultados Esperados
<b>1: Coleta de Dados Qualitativos</b>	Explorar percepções sobre a estrutura e os desafios logísticos do SNS. Identificar desafios críticos na distribuição de medicamentos	Entrevistas semiestruturadas com profissionais do SNS nos níveis central, provincial e local. Transcrição e análise qualitativa.	Análise de conteúdo para identificar padrões e temas centrais (infraestrutura, tempo de entrega, orçamento).	Mapeamento detalhado de gargalos logísticos e identificação de atores e processos-chave na distribuição.
<b>2: Coleta de Dados Quantitativos</b>	Quantificar dados sobre estoque, demanda, transporte, orçamento e rupturas de estoque.	Extração de dados históricos e operacionais (últimos 3 a 5 anos) sobre indicadores logísticos e financeiros. Validação e organização dos dados.	Análise estatística descritiva e cálculo de indicadores-chave (ruptura de estoque, custo logístico, tempo de entrega).	Base de dados estruturada com tendências identificadas e variáveis críticas para otimização logística.
<b>3: Modelagem Matemática e Simulações</b>	Desenvolver e testar modelos de otimização para demanda, estoques e transporte utilizando IA.	Utilização de algoritmos para modelagem matemática (ex.: programação linear, roteirização). Simulação de cenários baseados em dados reais.	Comparação de cenários otimizados versus atuais, com análise de impacto (custos, tempo, eficiência).	Estratégias logísticas otimizadas com propostas práticas para redução de custos e melhoria da eficiência.
<b>4: Validação e Ajuste</b>	Validar e ajustar as estratégias propostas, assegurando sua	Workshops com gestores e especialistas, coleta de feedback. Testes em simulações	Feedback qualitativo e análise comparativa entre os ajustes realizados	Propostas ajustadas e validadas, prontas para aplicação no SNS, alinhadas às

	viabilidade prática no SNS.	práticas. Revisão das estratégias.	e os objetivos iniciais.	realidades operacionais locais.
--	-----------------------------	------------------------------------	--------------------------	---------------------------------

### Recursos Necessários (materiais, tecnológicos, humanos etc.):

### ORÇAMENTO

Custeio				
Tipo	Discriminação	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
Material de consumo	Grampeadores, clipes, canetas, lápis, borrachas, resmas de papel, cadernos para diário de campo, pranchetas, livros de atas, etc	189	20	3.780,00
Serviços de terceiros	Impressões gráficas	100	2,00	200,00
	Revisão de português	6h	2,00/min	720,00
	Tradução português inglês	100 págs.	10,00/pág.	1.000,00
<b>Total:</b>				<b>2.070,00</b>
Capital				
Tipo	Discriminação	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
	Impressora	1	860,00	860,00
	HD externo	1	300,00	300,00
Material bibliográfico	Livros	4	250,00	1.000,00
	Publicação em periódicos	2	1.000,00	2.000,00
	Publicação de livros	3	500,00	1.500,00
<b>Total:</b>				<b>5.560,00</b>
<b>Total final:</b>				<b>7.630,00</b>

### Impactos Esperados (acadêmicos, científicos, tecnológicos ou sociais):

#### 1. Impactos Acadêmicos

- Produção de conhecimento interdisciplinar**, integrando saúde pública, logística, matemática aplicada e gestão de sistemas de saúde.
- Formação avançada de recursos humanos** em áreas estratégicas para a saúde pública de Moçambique.

- **Publicações científicas** em revistas nacionais e internacionais, promovendo visibilidade para temas ligados à logística em sistemas de saúde em países africanos.

## **2. Impactos Científicos**

Avanço metodológico por meio da aplicação de modelos matemáticos em contextos reais de saúde pública de Moçambique e países em via de desenvolvimento.

Geração de evidências científicas que podem subsidiar políticas de distribuição de medicamentos mais eficientes e sustentáveis.

Contribuição ao campo da pesquisa operacional em saúde, ainda incipiente em muitos países de baixa e média renda.

## **3. Impactos Tecnológicos**

Desenvolvimento e validação de uma ferramenta de apoio à decisão, baseada em modelagem matemática e simulação computacional.

Possibilidade de replicação e adaptação do modelo para outras regiões ou programas específicos (HIV, malária, tuberculose, saúde materno-infantil).

Integração com sistemas digitais existentes no Ministério da Saúde, fortalecendo a gestão logística baseada em dados.

## **4. Impactos Sociais**

Melhoria na disponibilidade e no acesso a medicamentos essenciais, especialmente em regiões remotas ou vulneráveis.

### **Estratégia de Divulgação e Apropriação Institucional dos Resultados:**

#### **Divulgação Científica e Acadêmica**

- **Publicação de artigos científicos** em revistas nacionais e internacionais de alto impacto, nas áreas de saúde pública, logística em saúde e pesquisa operacional.
- **Apresentações em congressos, seminários e simpósios** relevantes (saúde pública, sistemas de saúde, logística humanitária, gestão em saúde).
- **Disponibilização da tese em repositórios institucionais** de acesso aberto, promovendo a democratização do conhecimento.

#### **2. Divulgação Técnica e Governamental**

- **Relatórios técnicos sintetizados** direcionados ao Ministério da Saúde de Moçambique e aos gestores das Direções Provinciais de Saúde.

- **Reuniões técnicas e oficinas de apresentação de resultados** com decisores, coordenadores de programas e parceiros estratégicos.
- **Propostas de incorporação do modelo matemático** como ferramenta de apoio à tomada de decisão logística nas políticas de abastecimento.

### **3. Apropriação Institucional**

Engajamento contínuo de técnicos e gestores do Sistema Nacional de Saúde ao longo do desenvolvimento da pesquisa, promovendo corresponsabilidade.

Capacitação de quadros institucionais (por meio de workshops ou minicursos) sobre o uso e interpretação do modelo desenvolvido.

Elaboração de um manual de aplicação do modelo, com linguagem acessível, orientações práticas e exemplos de uso em contextos reais.

### **4. Divulgação Social e Comunitária**

Produção de materiais de divulgação simplificada (folders, infográficos ou vídeos) explicando a importância da logística eficiente de medicamentos

Comunicação dos impactos sociais da pesquisa em meios de comunicação locais e plataformas digitais, sempre em linguagem clara e acessível.