

# GÊMEOS DIGITAIS E IA

A REVOLUÇÃO DA ONCOLOGIA PERSONALIZADA

*Matheus Henrique de Castilho*

# INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

---

Avanço da Inteligência Artificial (IA) na medicina moderna

Diagnósticos e terapias mais precisos e personalizados

Gêmeos Digitais: modelos virtuais que simulam pacientes reais

Aplicações crescentes na oncologia e medicina regenerativa



# PROBLEMA

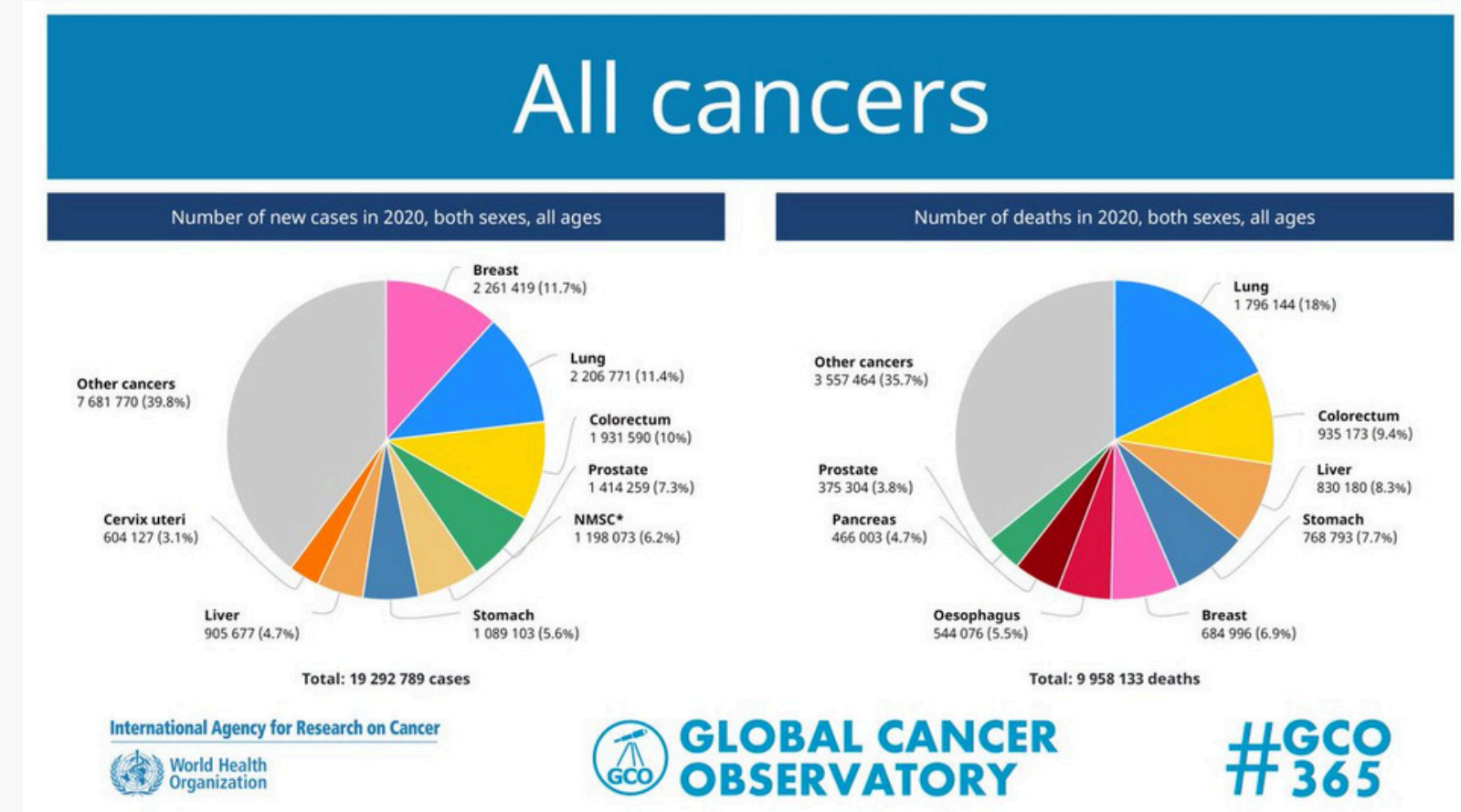
- Mesmo com avanços no diagnóstico e nas terapias oncológicas, a eficácia dos tratamentos ainda é limitada.
- A causa principal está na complexidade biológica e na variabilidade individual das respostas dos pacientes.
- Surge a necessidade de soluções inovadoras que permitam prever a evolução da doença e a resposta às terapias.
- Problema central: Como a Inteligência Artificial e os Gêmeos Digitais podem otimizar o tratamento oncológico, aumentando a precisão terapêutica e reduzindo riscos.

# OBJETIVOS

- Investigar o potencial da Inteligência Artificial e dos Gêmeos Digitais na personalização do tratamento oncológico.
- Integrar ambientes biomiméticos para aprimorar a regeneração de tecidos.
- Analisar o papel da IA na criação e aprimoramento dos Gêmeos Digitais aplicados à oncologia.
- Explorar o uso da modelagem biomimética na medicina regenerativa.
- Identificar desafios éticos, computacionais e regulatórios na aplicação clínica dessas tecnologias.
- Avaliar estudos de caso que demonstrem a prática dos Gêmeos Digitais e da IA na medicina personalizada.
- Propor um modelo teórico adaptado ao contexto do SUS, considerando a realidade brasileira.

# JUSTIFICATIVA

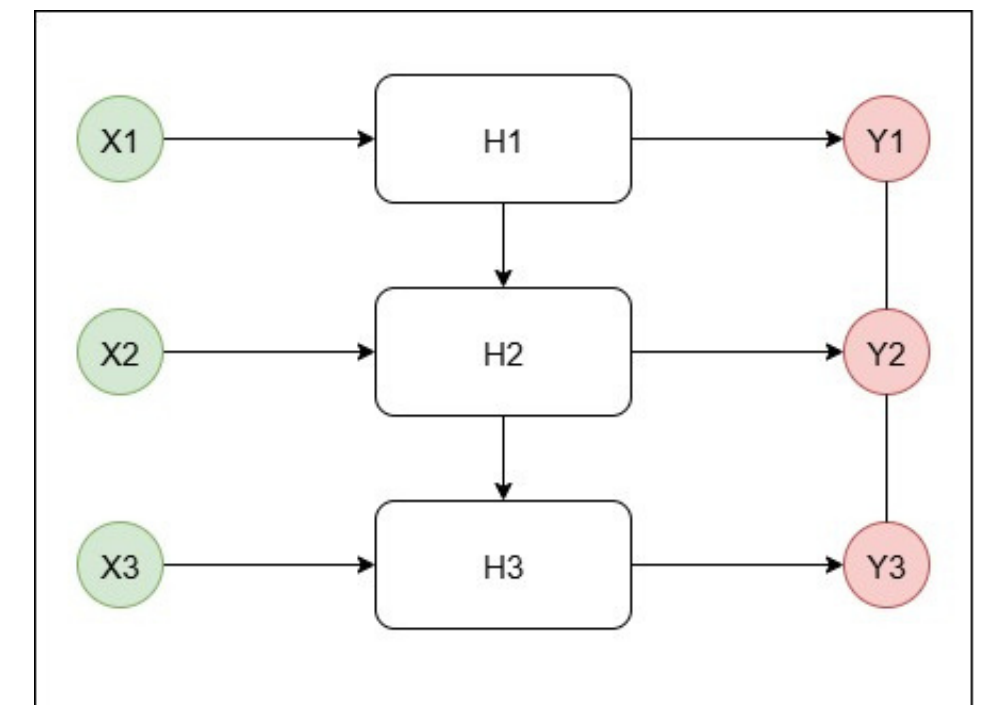
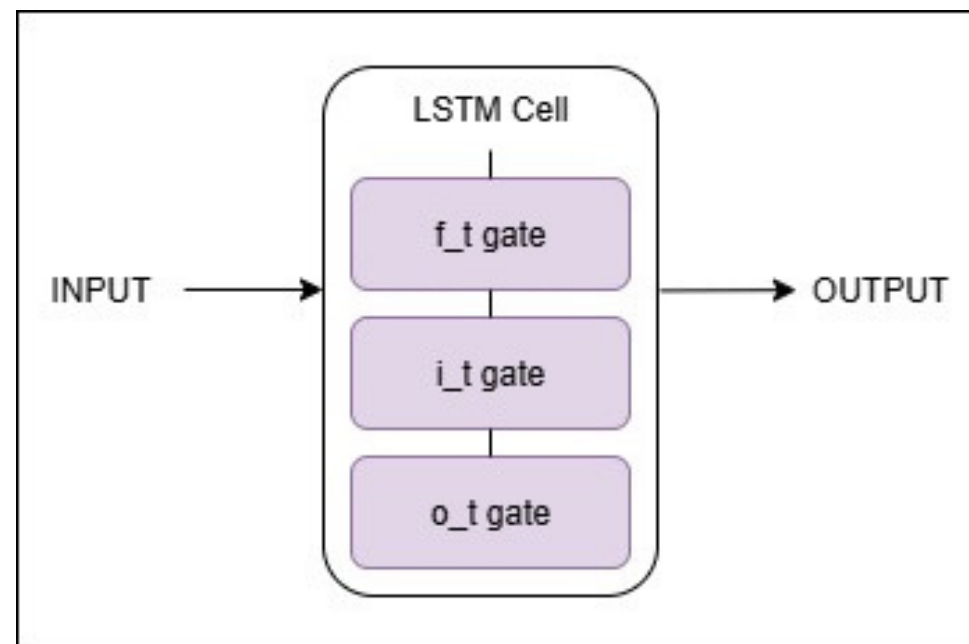
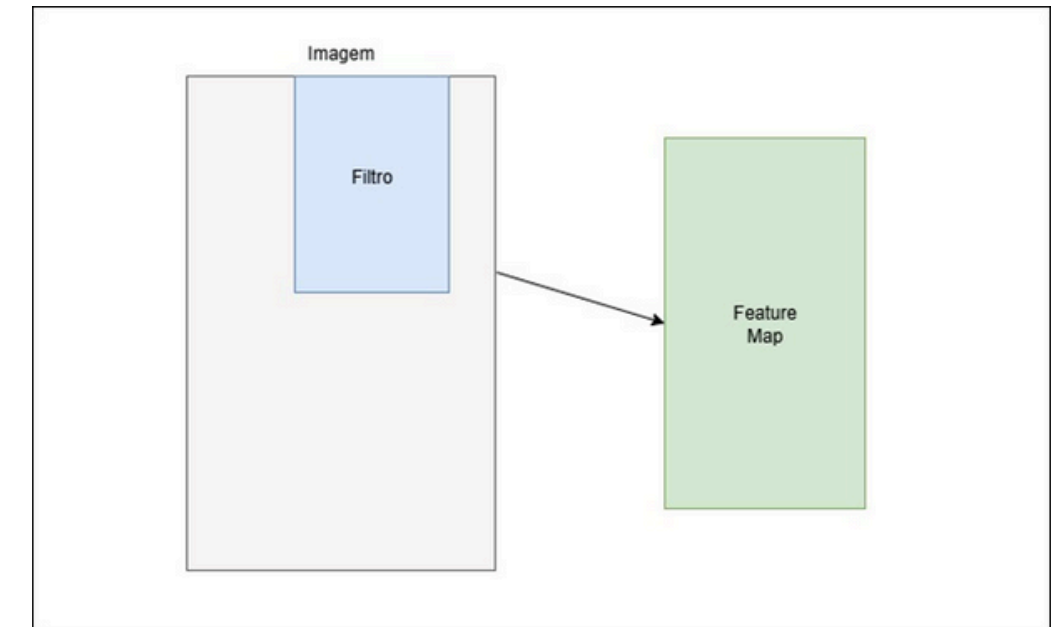
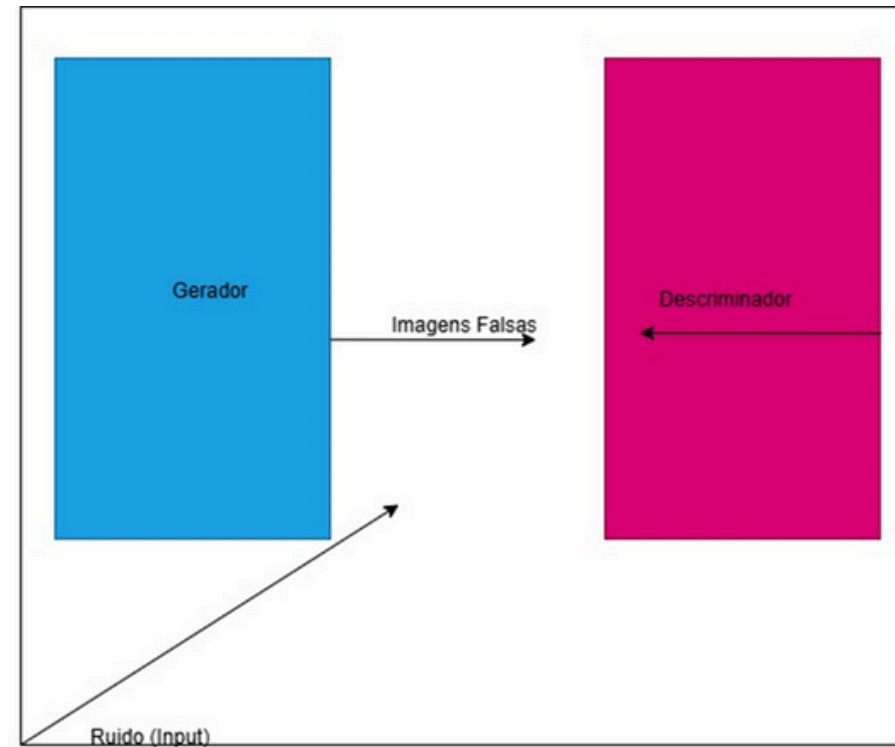
- Aumento alarmante dos casos de câncer e necessidade de terapias mais eficazes e personalizadas.
- IA e Gêmeos Digitais como soluções inovadoras na medicina de precisão.
- TumorTwin demonstra potencial clínico ao simular respostas tumorais em tempo real.
- Impacto científico e social: avanço técnico e melhoria do acesso no SUS.
- Perspectiva de tratamentos mais seguros, regenerativos e humanizados.



# FUNDAMENTOS DE IA

- Machine Learning: ensina máquinas a aprender com dados (supervisionado, não supervisionado e por reforço).
- Deep Learning: redes neurais profundas que interpretam imagens e padrões complexos.

- CNNs: identificam e segmentam tumores em imagens médicas.
- GANs: geram dados sintéticos e simulam tecidos e ambientes biomiméticos.
- RNNs/LSTMs: analisam a evolução temporal e resposta aos tratamentos.



# GÊMEOS DIGITAIS

- Conceito dos Gêmeos
- Modelo virtual dinâmico e personalizado do paciente
- Atualizado continuamente por imagens, exames e sensores
- Conexão real ↔ virtual, permitindo simulações precisas
- Suporte à decisão clínica por meio de previsões e ajustes em tempo real

# APLICAÇÕES MÉDICAS

## Aplicações na Medicina

- Avaliação prévia de terapias e escolha do tratamento ideal
- Recuperação e reabilitação guiada por respostas simuladas
- Apoio à saúde pública com modelos populacionais
- Planejamento cirúrgico com modelos 3D individualizados
- Monitoramento contínuo e antecipação de complicações
- Áreas que estão sendo aplicadas: Cardiologia, Ortopedia, Cirurgia Minimamente invasiva, Reabilitação neurológica e Saúde Pública

## Aplicações na Oncologia

- Simulação da evolução tumoral e resposta a medicamentos
- Comparação virtual entre protocolos de quimio, rádio e imunoterapia
- Ajustes terapêuticos conforme novos exames (evolução diária/semana)
- Identificação de risco, prognóstico e chances de recidiva
- Ensaios clínicos virtuais com base no perfil biológico do paciente



# BIOMIMÉTICA E ÉTICA

## Modelagem Biomimética

Simulação de ambientes biológicos reais (microambiente tumoral)

Teste de fármacos e regeneração tecidual

Úteros artificiais e bioengenharia experimental

Apoia cirurgias reconstrutivas e terapias regenerativas

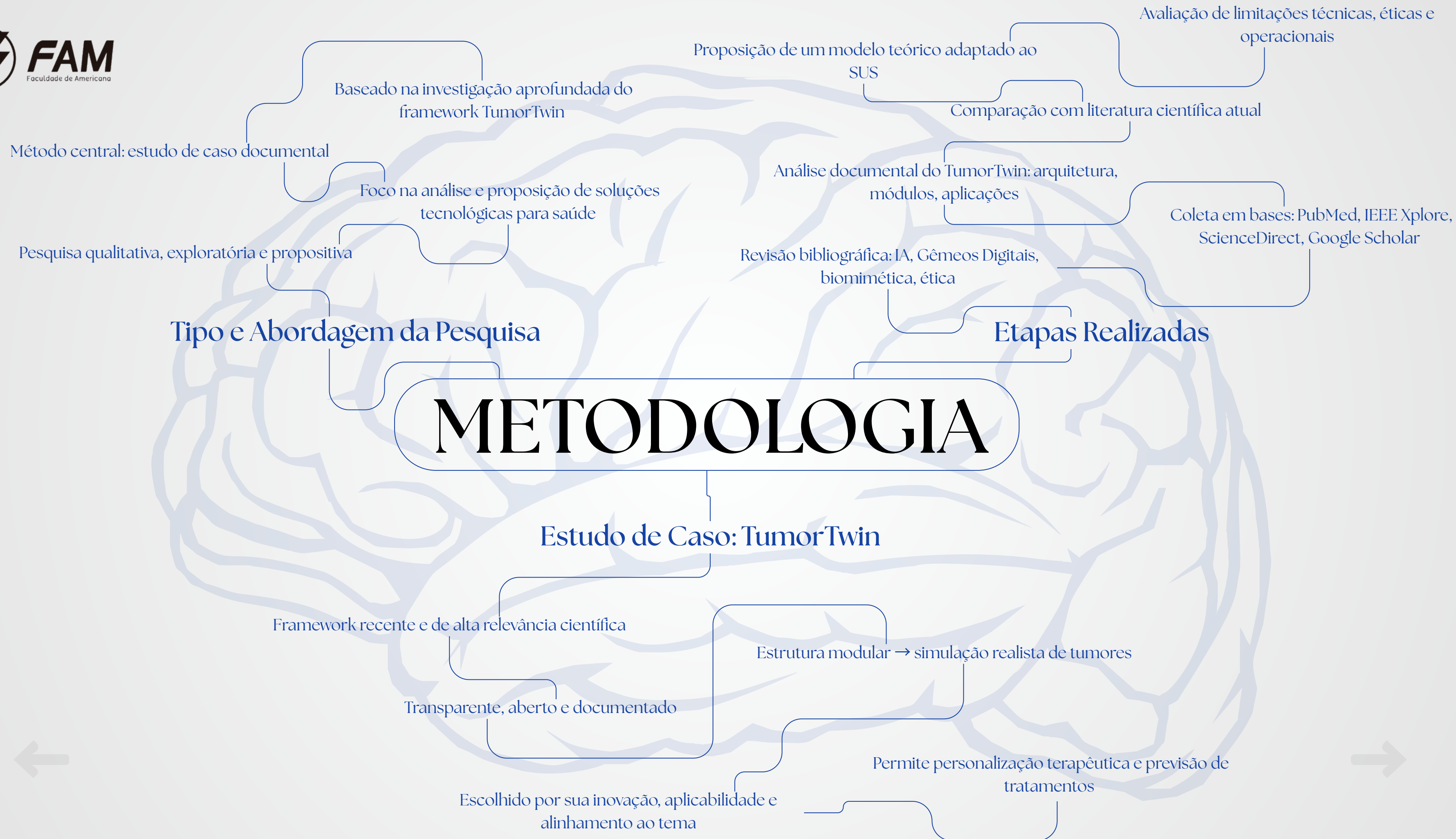
## Ética, LGPD e Segurança:

Dados sensíveis → proteção reforçada

Princípios: beneficência, não maleficência, justiça e explicabilidade

Riscos: viés algorítmico e uso inadequado de dados

Interoperabilidade e consentimento informado





# ESTUDO DE CASO

## TumorTwin

### Apresentação do Caso TumorTwin

Framework criado para simular tumores reais

Baseado em dados personalizados de pacientes

Estrutura em três camadas

### Modelagem Biomimética

Microambientes tumorais virtuais

Parâmetros biomiméticos realistas

IA + modelos fisiológicos

### Implementação dos Gêmeos Digitais

Arquitetura modular 6x

Ciclo de atualização dinâmica

Integra dados clínicos + simulações digitais

### Resultados e Inferências

Previsões mais precisas

Simulações personalizadas viáveis

Redução de riscos e melhor planejamento terapêutico

### Arquitetura e Algoritmos de IA

CNNs, LSTMs e modelos generativos

Predição de tratamentos

Integração multimodal de dados

### Impactos e Contribuições

Potencial no SUS

Suporte à decisão médica

Segurança, ética e equidade de acesso

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Principais Achados

IA + Gêmeos Digitais → aumento significativo da precisão diagnóstica

Simulações permitem prever resposta tumoral antes da terapia

TumorTwin demonstra viabilidade real de gêmeos digitais personalizados

Integração multimodal (imagem + clínica + dados temporais) melhora decisões

Técnicas biomiméticas ampliam o potencial da medicina regenerativa

Alcançaram Acurácia

92,4%

Tecidos Malignos e Benignos

94,1%

## Limitações e Desafios

Infraestrutura computacional ainda limitada em hospitais públicos

Dependência de dados padronizados e interoperáveis

Riscos éticos → privacidade, segurança e viés algorítmico

Escassez de profissionais capacitados em IA na saúde

Desafios regulatórios e de validação científica para uso clínico

## Benefícios Identificados

Simulações seguras → reduzem riscos e efeitos adversos

Personalização da terapia com base no perfil do paciente

Apoio à decisão clínica com modelos explicáveis e adaptativos

Otimização de recursos no SUS com tecnologias de predição

Melhor acompanhamento longitudinal da evolução tumoral

# CONCLUSÃO

- Gêmeos Digitais + IA estão transformando a medicina personalizada
- Potencial para prever evolução tumoral com alta fidelidade
- TumorTwin demonstra aplicabilidade real e cientificamente sólida
- Biomimética reforça simulações regenerativas e terapias avançadas
- Modelo teórico proposto mostra viabilidade para o SUS

# REFERÊNCIAS

BARRICELLI, B. R. et al. Digital twin for healthcare: a survey of applications, challenges and opportunities. *Applied Sciences*, v. 9, n. 12, p. 1-28, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9122523>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Cancer fact sheet: key facts 2023. Geneva: WHO, 2023. Disponível em: [BARRICELLI, B. R. et al. Digital twin for healthcare: a survey of applications, challenges and opportunities. Applied Sciences, v. 9, n. 12, p. 1-28, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/app9122523](https://doi.org/10.3390/app9122523). Acesso em: 06 jun. 2025.

TAO, F.; QIN, J.; LIU, A. Digital twin and big data towards smart manufacturing and personalized healthcare. London: Academic Press, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO (UNIFESP). Medicina personalizada e de precisão: o gêmeo digital na saúde. São Paulo: UNIFESP, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/items/4dc78532-4889-4124-bedc-03648e4f1d7e>. Acesso em: 25 set. 2025.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. Artificial intelligence: a modern approach. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2016.

YU, C.; D'AGOSTINO, R. Digital twins in healthcare: state of the art and future directions. *Journal of Medical Systems*, v. 42, n. 12, p. 1-12, 2018.

# OBRIGADO PELA ATENÇÃO!

---

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”*

*Arthur Schopenhauer*