

EBOOK ESTRATÉGICO · ALTA GESTÃO

---

PARA CEOS, DIRETORES MÉDICOS, DIRETORES CLÍNICOS, CIOS, DIRETORES DE PESQUISA E CONSELHOS DE HOSPITAIS E REDES HOSPITALARES

# A Confiança que se *Calcula.*

*Como a Criptografia Totalmente Homomórfica permite a hospitais compartilhar conhecimento sem compartilhar pacientes, colaborar sem ceder controle, e participar da medicina baseada em dados sem trair o juramento de confidencialidade.*

---

VOLUME I · EDIÇÃO 2026 · CONFIDENCIAL

# O que você vai *ler*.

*Este eBook é um documento de decisão. Foi escrito para ser lido em uma reunião de diretoria, em uma viagem entre congressos médicos, ou em um sábado de manhã antes de uma decisão de arquitetura de longo prazo.*

<b>00</b>	<b>Sumário Executivo</b>	<b>3</b>
	<i>O argumento em uma página</i>	
<b>I</b>	<b>O Hospital Como Cofre</b>	<b>5</b>
	<i>Por que o hospital é, hoje, o ativo de dado mais valioso e mais paralisado da saúde</i>	
<b>II</b>	<b>O Cerco Regulatório</b>	<b>9</b>
	<i>LGPD, HIPAA, GDPR, CNS, CFM — e o fim da era em que prontuário podia ser arquivo de Excel</i>	
<b>III</b>	<b>FHE em Linguagem Executiva</b>	<b>13</b>
	<i>O que é, sem matemática — e por que muda a economia do hospital</i>	
<b>IV</b>	<b>Casos de Uso por Área</b>	<b>17</b>
	<i>Pesquisa multicêntrica, IA radiológica, tumor boards, benchmarking, telemedicina, value-based care, transplante, ensino</i>	
<b>V</b>	<b>A Economia do Hospital que Compartilha</b>	<b>29</b>
	<i>Custos reais, ROI, e onde aparecem os retornos</i>	
<b>VI</b>	<b>Vantagem Competitiva e Reputação Institucional</b>	<b>35</b>
	<i>Por que isto é gestão de confiança, não TI</i>	

<b>VII</b>	<b>Roadmap de 24 Meses</b>	<b>39</b>
	<i>Da decisão da diretoria à primeira colaboração interinstitucional</i>	
<b>VIII</b>	<b>Riscos, Mitigações e Armadilhas</b>	<b>45</b>
	<i>O que pode dar errado e como evitar</i>	
<b>IX</b>	<b>Manifesto</b>	<b>49</b>
	<i>Uma carta para a próxima década do cuidado hospitalar</i>	
	<b>Apêndices</b>	<b>53</b>
	<i>Glossário, fornecedores, 30 perguntas para o CIO/Diretor Médico</i>	

# O argumento em *uma* página.

*Se você só vai ler uma coisa deste eBook, leia isto.*

O hospital moderno é, simultaneamente, o ativo de dado mais valioso e o ativo de dado mais paralisado de toda a cadeia de saúde. Nenhuma outra instituição acumula prontuário longitudinal, imagem médica, anatomopatologia, dado genômico, evolução clínica e desfecho de paciente da forma que um hospital de referência acumula. E nenhuma outra instituição consegue fazer tão pouco com esse acervo — porque a regulação, a responsabilidade ética e o juramento de confidencialidade que sustentam a profissão médica impedem, com razão, que o dado saia do silo onde foi gerado.

A consequência prática é uma contradição estrutural. Hospitais de elite têm coortes que poderiam transformar a medicina baseada em dados — e não podem cruzá-las com outros centros sem meses (às vezes anos) de aprovação ética e jurídica. Médicos têm casos clínicos raros que beneficiariam de segunda opinião internacional — e dependem de e-mails desidentificados em cadeia de custódia frágil. Pesquisadores publicam menos do que poderiam porque cada estudo multicêntrico é uma maratona de DUAs (Data Use Agreements), TCLEs renegociados e comitês paralelos. Operadoras de plano querem cruzar dados para value-based contracting — e não conseguem sem expor o paciente individual. Vendors de IA oferecem inferência sobre imagem médica — e exigem que a imagem seja enviada a um servidor que ninguém no hospital controla.

Cada uma dessas frustrações é real, conhecida, e tem sido tratada nos últimos quinze anos com a mesma resposta: **mais governança, mais contratos, mais comitês, mais auditoria**. A resposta tem sido marginalmente eficaz e estruturalmente insuficiente. Cada nova camada de governança adiciona custo e tempo sem resolver o problema central, que é a ausência de uma garantia matemática de que o dado individual não pode ser visto.

Essa garantia agora existe. Chama-se Criptografia Totalmente Homomórfica — FHE. Em uma frase: permite que dois ou mais hospitais computem juntos sobre seus dados sem que nenhum deles veja o dado dos outros, e sem que nenhum servidor central jamais tenha o dado em claro. Não é promessa de governança. É teorema matemático verificável.

#### COMPARTILHAR SEM EXPOR

Cinco hospitais podem rodar um estudo conjunto sobre AVC isquêmico sem que nenhum prontuário saia de nenhum dos centros.

#### BENCHMARK SEM RANKING PÚBLICO

Hospitais comparam qualidade entre si sem que números absolutos virem PR negativo para ninguém.

### 3

#### IA SEM ENTREGAR O PACIENTE

Modelos de inferência sobre imagem médica rodam sobre exame cifrado — vendor nunca vê o paciente.

### 4

#### CONFIANÇA VERIFICÁVEL

O hospital pode dizer ao paciente, com prova matemática: "seu dado nunca saiu de nós, mesmo quando colaboramos com outros".

A tese deste eBook é direta:

---

*“A próxima década do cuidado hospitalar será definida por quais instituições aprenderem primeiro a colaborar matematicamente — preservando o juramento de confidencialidade enquanto multiplicam o impacto científico do que sabem. ”*

---

O custo computacional de FHE é alto, mas decrescente, e — para hospitais de referência — perfeitamente absorvível pelo orçamento de TI clínica. O custo de não agir é maior: significa permanecer fora dos consórcios europeus, fora dos estudos colaborativos de elite, fora dos contratos de value-based care, e cada vez mais cercado pelo regulador. As instituições que se moverem primeiro não vão apenas ganhar capacidade — vão definir o padrão técnico que as demais terão de seguir.

## A DECISÃO

A pergunta para a diretoria de qualquer hospital de referência não é "se" investir em computação privada. É "como podemos liderar essa transição em vez de sermos arrastados por ela quando o regulador, os pacientes e os parceiros já tiverem decidido por nós".

# O Hospital como *Cofre*.

*O hospital moderno é, sem exagero, o cofre de dados de saúde mais rico do planeta — e o mais subutilizado. Esta contradição não é um problema técnico. É uma questão estrutural sobre confiança, responsabilidade e o que significa colaborar sem trair o paciente.*

**P**ense no acervo que um hospital de referência acumula em uma única década de operação. Centenas de milhares de prontuários longitudinais, com evolução clínica detalhada de pacientes seguidos por anos. Milhões de imagens — radiografias, ressonâncias, tomografias, ecocardiogramas, mamografias, anatomopatologia digital. Resultados de exames laboratoriais. Histórico de medicamentos administrados, com horário, dose e resposta. Eventos adversos, complicações, reinternações. Biópsias armazenadas em biobanco. Em hospitais que avançaram para precisão, sequências genômicas, perfis transcriptômicos, dados de microbioma. Wearables conectados, dados de monitorização contínua em UTIs. PROs, qualidade de vida.

Cada um desses pontos de dado nasceu de uma decisão clínica concreta: este exame foi pedido, este procedimento foi feito, este desfecho foi observado. A consequência agregada é um acervo cuja densidade científica é literalmente sem precedentes na história da medicina. Um único hospital de referência acumula, em cinco anos, mais dado clínico estruturado do que toda a literatura médica acumulada antes do ano 2000.

E quase nada disso pode ser usado fora do próprio hospital sem fricção massiva. Esta é a contradição central da medicina baseada em dados em 2026: **nunca houve tanto material disponível, e nunca foi tão difícil aproveitar.**

## Por que esse acervo está paralisado

Não está paralisado por falta de tecnologia, falta de interesse científico, ou falta de demanda. Está paralisado por três razões estruturais que se reforçam mutuamente:

### 1. O JURAMENTO DE CONFIDENCIALIDADE

Toda a medicina ocidental é construída sobre uma promessa antiga: o que o médico vê e ouve do paciente, ele guarda. Esta promessa não é metáfora — é base ética da profissão e tem força jurídica em todas as jurisdições do mundo. Cada vez que um hospital pensa em "compartilhar dado", está implicitamente perguntando se está honrando ou traindo essa promessa. A resposta padrão tem sido cautela máxima — e essa cautela é, em essência, correta.

## **2. A RESPONSABILIDADE LEGAL**

Vazamento de prontuário gera responsabilidade civil, criminal, e regulatória contra a instituição. O risco é assimétrico e brutal: o ganho de compartilhar é difuso (mais ciência), o custo de vazar é concentrado (a instituição que vazou paga). Diretorias jurídicas e DPOs operam, com razão, sob lógica de minimização absoluta de risco. O resultado é um sistema onde quase tudo que poderia ser colaborativo termina sendo isolado.

## **3. O CUSTO OPERACIONAL DA GOVERNANÇA CONTRATUAL**

Quando dois hospitais decidem colaborar, mesmo sob estruturas legítimas (CONEP no Brasil, IRB nos EUA, comitê de ética europeu), o tempo de aprovação é medido em meses, não semanas. DUAs precisam ser negociados. TCLEs precisam ser revisados ou refeitos. Comitês de ética dos dois centros precisam aprovar de forma independente. A logística de mover dado entre instituições é técnica e juridicamente complexa. O resultado é que pesquisas multicêntricas verdadeiramente colaborativas — as que mais valor científico geram — são raras.

# Os ativos invisíveis do hospital

É importante nomear o que está em jogo, porque muita gente em diretoria hospitalar ainda pensa "dado" como um arquivo de Excel ou um sistema de gestão. O que o hospital tem hoje, e que não está sendo usado, é muito mais que isso:

ATIVO	O QUE É	POR QUE É ÚNICO DO HOSPITAL
<b>Coorte longitudinal</b>	Pacientes seguidos por anos com evolução clínica completa	Nenhum sponsor de pharma tem acesso a esse seguimento; nenhum claims data tem essa profundidade
<b>Imagem médica de qualidade</b>	Exames com protocolo padronizado e laudo de especialista	O laudo é o ativo, não a imagem; só o hospital tem o par imagem+laudo
<b>Anatomopatologia digital</b>	Lâminas histológicas escaneadas em alta resolução	O biobanco físico está no hospital; a contraparte digital também
<b>Evento adverso real</b>	Complicações observadas em tempo real, com contexto	Farmacovigilância pública subreporta; o hospital sabe o que aconteceu
<b>Comportamento do médico</b>	Padrões de prescrição, escolha de procedimento, taxa de sucesso	Material para benchmarking de qualidade, sem qualquer paralelo público
<b>Desfecho ajustado por gravidade</b>	Mortalidade, readmissão, complicação ajustada por case-mix	Cada hospital tem o seu, ninguém compartilha por medo do PR

## O paralelo histórico — e por que hospitais são diferentes

Em outros setores, a transição de "silos" para "colaboração de dado" foi forçada por entrantes que comeditizaram a infraestrutura. Bancos passaram por isso com fintechs. Mídia passou por isso com plataformas. Em saúde hospitalar isso ainda não aconteceu — não porque a indústria seja imune, mas porque as barreiras éticas e regulatórias retardaram o ciclo. Essa janela de proteção está se fechando.

A diferença que importa, e que deve guiar a estratégia hospitalar, é que **o hospital tem uma vantagem estrutural única: a confiança do paciente**. Pacientes confiam no seu hospital de uma forma que não confiam em nenhuma outra instituição da cadeia de saúde. Essa confiança é o ativo mais durável do

setor. Compartilhar dado de forma irresponsável é a forma mais rápida de queimar esse capital. Compartilhar dado de forma matematicamente verificável é a forma mais elegante de multiplicá-lo.

---

*“O hospital que aprende a colaborar sem expor não está perdendo controle. Está descobrindo o que sempre soube: que o juramento de confidencialidade e a participação na ciência podem coexistir — agora com prova matemática. ”*

---

# O Cerco *Regulatório*.

*A regulação hospitalar de dado vinha sendo, até cinco anos atrás, frouxa, regional e tolerante. Não é mais. E nos próximos três anos vai virar o vetor central de pressão sobre a operação hospitalar.*

**E**xiste uma percepção confortável e errada compartilhada por boa parte da diretoria hospitalar: a de que a regulação atual de dado de saúde, embora pesada, pode ser administrada com TCLE bem escrito, política de privacidade bem comunicada, e um DPO dedicado. Esta visão funciona em 2024. Não funciona em 2027. E os hospitais que aceitarem como verdade essa visão vão ser surpreendidos por mudanças que já estão em curso e que ainda não foram totalmente sentidas.

## LGPD e o artigo 11 — saúde como categoria especial

A Lei Geral de Proteção de Dados brasileira coloca dado de saúde na categoria mais protegida. O artigo 11 exige base legal específica e robusta para qualquer tratamento, e as exceções para "tutela da saúde" são interpretadas de forma estreita. A ANPD ainda não testou esses limites em hospitais privados de grande porte, mas a sinalização é clara: **está vindo**. Em 2025 a autoridade abriu a primeira investigação formal contra um grande prestador de saúde por compartilhamento de dado com terceiros sem base legal demonstrável. Será o primeiro de muitos.

O detalhe que poucos hospitais brasileiros incorporaram ainda: a responsabilidade do hospital pelo dado **não termina quando ele compartilha com fornecedor**. Se o vedor de IA, o sistema de telemedicina, ou a operadora de plano vazarem o dado, o hospital responde solidariamente. Toda a cadeia de fornecedores de tecnologia hospitalar se tornou, em cinco anos, uma fonte de risco sistêmico.

## HIPAA e a obsolescência da anonimização

Hospitais que operam nos Estados Unidos vivem sob HIPAA há décadas. A defesa central historicamente foi "Safe Harbor de-identification" — remoção dos 18 identificadores. Esta defesa funcionou em um mundo onde re-identificação exigia esforço substancial. Esse mundo acabou. Vários

estudos publicados nos últimos anos demonstraram re-identificação de "dados HIPAA-compliant" com taxas acima de 80% usando atributos quase-identificadores cruzados com bases públicas (registros eleitorais, listas de cep, perfis sociais).

O HHS já abriu múltiplas investigações contra centros médicos por uso de "dados anonimizados" que foram re-identificados. A defesa de "removemos os 18 identificadores" não é mais defesa — é evidência de que se tentou minimizar sem entender o problema atual.

## GDPR e o EHDS europeu

O GDPR é mais agressivo. Hospitais europeus já enfrentam dezenas de multas anuais por base legal frágil em compartilhamento de dado, transferência internacional sem garantias, e tratamento de dado sensível sem consentimento robusto. O instrumento que vai redefinir tudo isto é o EHDS — European Health Data Space — que entra em vigor em fases até 2027.

O EHDS é importante para hospitais brasileiros não porque vá ser aplicado aqui, mas porque cria o **padrão técnico que reguladores do mundo inteiro vão adotar**. Em três anos, qualquer hospital que quiser participar de pesquisa multicêntrica europeia, ou que quiser ser citado como referência internacional, vai precisar demonstrar capacidade de privacy-preserving analytics. Quem não tiver, será excluído por incapacidade técnica — não por má fé.

## CFM, CNS e o risco específico brasileiro

No Brasil há uma camada adicional: as resoluções do CFM sobre prontuário eletrônico, telemedicina e uso de IA em ato médico. O CFM tem se movido com surpreendente velocidade nos últimos três anos, publicando resoluções que estabelecem requisitos técnicos e éticos cada vez mais específicos. A Resolução CFM sobre IA em diagnóstico, em vigor desde 2023, exige rastreabilidade de decisão e transparência de processo — exigências que sistemas tradicionais cumprem com dificuldade.

Em paralelo, o CNS (Conselho Nacional de Saúde) tem revisado as normas de pesquisa clínica, e a CONEP tem endurecido a interpretação de "uso secundário de dado" para pesquisa. Cada uma dessas mudanças, isoladamente, parece técnica. Combinadas, formam um cerco gradual que torna a operação tradicional cada vez mais frágil.

# A virada conceitual: minimização provada, não declarada

Toda a regulação está convergindo para um único princípio:

---

*“Não basta ter política. É preciso ter prova técnica de que o dado não pôde ter sido tratado de outra forma.”*

---

É exatamente neste ponto que FHE deixa de ser curiosidade técnica e vira ferramenta de defesa regulatória. Um hospital que processa dado sob FHE pode demonstrar à ANPD, ao HHS, à CNIL, ou ao seu próprio comitê de ética que dado individual nunca foi acessível, mesmo durante a colaboração com outras instituições. Isto não é uma política. É um teorema verificável por terceiro.

# O custo de não agir, em números

RISCO	PROBABILIDADE 5 ANOS	IMPACTO TÍPICO
Multa LGPD por compartilhamento sem base legal robusta	Alta no Brasil	2% do faturamento ou R\$ 50M, o que for maior
Investigação ANPD por falha de proteção em fornecedor	Média-alta	Reputação + obrigação de remediação cara
Class action por vazamento de prontuário	Média	R\$ 100M+ em casos de breach grande
Exclusão de consórcios europeus por incapacidade técnica	Alta	Perda de acesso a coortes e financiamento internacional
Perda de contratos de pesquisa com pharma global	Média-alta	R\$ 5M–50M anuais por contrato
Crise reputacional após breach público	Baixa-média	18-36 meses de queda em ocupação privada

## A JANELA ESTRATÉGICA

Reguladores estão buscando casos exemplares para citar em diretrizes. O primeiro hospital de referência brasileiro a apresentar arquitetura FHE auditável vira citação oficial — proteção regulatória + posicionamento setorial em uma única jogada.

# FHE em Linguagem *Executiva*.

*Sem matemática. Sem jargão. Apenas o que a diretoria precisa entender para tomar uma decisão de longo prazo.*

Imagine um cofre transparente. Você consegue ver que há algo dentro, mas não consegue ver o que é. Agora imagine que você consegue, de fora do cofre, com luvas matemáticas, manipular o conteúdo: somar duas coisas que estão lá, multiplicar, comparar, computar regressões, treinar modelos. Você executa operações sobre o conteúdo do cofre sem nunca abri-lo. Quando termina, devolve o cofre fechado para o dono da chave, que abre e vê o resultado. Isto é FHE, em uma frase.

## O salto conceitual

Toda a criptografia que seu hospital usa hoje — TLS no portal do paciente, AES nos backups do prontuário, HTTPS nas APIs — protege dado em *dois* dos três estados possíveis:

- **Em trânsito** — entre dispositivos. Resolvido por TLS.
- **Em repouso** — armazenado. Resolvido por AES.
- **Em uso** — quando o servidor processa. *Aqui o dado precisa estar em claro.*

O terceiro estado é o calcanhar de aquiles de toda arquitetura hospitalar de privacidade da história. Quando o sistema do prontuário roda uma consulta, ele *precisa* ver os dados em claro. Quando o vendor de IA executa uma inferência sobre uma RM, ele *precisa* ver a imagem. Quando dois hospitais colaboram em um estudo, alguém *precisa* ver os dados dos dois. É nesse instante que o dado é vulnerável a funcionário desonesto, a invasão, a backup mal-configurado, a log que ficou retido por anos, a fornecedor descuidado, a integração frágil entre sistemas legados.

FHE elimina o terceiro estado. O servidor processa o dado **sem nunca ter acesso ao plaintext**. Esta é uma mudança de fase, não uma melhoria incremental.

# Como funciona, em uma analogia que aguenta escrutínio

## ANALOGIA

O hospital "tranca" os dados de seus pacientes em uma caixa matemática usando uma chave que só ele tem. Envia a caixa fechada para um servidor neutro (pode ser nuvem, pode ser parceiro, pode ser consórcio multi-hospital). Esse servidor — que *nunca* recebe a chave — executa todo o cálculo desejado *sobre a caixa fechada*. O resultado é uma nova caixa, ainda fechada, devolvida ao hospital. Apenas o hospital, com sua chave, abre o resultado. Em nenhum momento da cadeia o servidor (ou outro hospital, ou o vendor de IA) viu o dado dos pacientes.

## O que FHE oferece que nada mais oferece

TECNOLOGIA	O QUE PROMETE	O QUE FALHA
Anonimização HIPAA / LGPD	"Removemos identificadores"	Re-identificação trivial via cruzamento; já invalidada
TEE (enclave de hardware)	"O chip isola"	Confia no fabricante; vários ataques laterais publicados
Federated Learning	"Dado fica no hospital"	Gradientes vazam dado; já demonstrado em pesquisa clínica
Differential Privacy	"Adicionamos ruído"	Bom para estatística agregada, ruim para decisão clínica individual
Synthetic Data	"Dado gerado artificialmente"	Não captura cauda longa; não substitui dado real
<b>FHE</b>	<b>"Servidor nunca vê em claro"</b>	<b>Custo computacional alto — mas decrescente</b>

FHE é a única tecnologia desta lista cuja garantia é **matemática e auditável por terceiro**. Para um regulador, para um comitê de ética, para um paciente desconfiado, para um conselheiro jurídico cauteloso, é a diferença entre "acreditar na governança" e "verificar matematicamente".

## Os três sabores que importam para um hospital

### CKKS

ML, ESTATÍSTICA, IMAGEM

Para análise estatística de coorte, treinamento e inferência de IA, processamento de imagem médica. Lattigo e OpenFHE implementam.

### BFV/BGV

BANCO DE DADOS CLÍNICO

Para queries exatas sobre prontuário cifrado, contagens, estratificação. Quando o resultado precisa ser idêntico ao plaintext.

### TFHE

DECISÃO LÓGICA

Para algoritmos de elegibilidade, decisão clínica baseada em regras, comparações finas. O mais flexível dos três.

### Híbrido

O QUE FUNCIONA NA PRÁTICA

Sistemas reais combinam dois ou três. Inferência radiológica em CKKS, queries em BFV, elegibilidade em TFHE.

## O mito do custo: o que você precisa saber

O argumento padrão contra FHE é "é caro demais". Para hospital, esta é uma meia-verdade que precisa ser desmontada:

- **O custo caiu duas a três ordens de magnitude** em sete anos. A curva é constante.
- **Para a maioria dos casos hospitalares** (estatística sobre coorte, inferência sobre exame único, queries em prontuário), latência hoje é de segundos a minutos — perfeitamente compatível com workflow clínico não-emergencial.

- **Aceleradores de hardware** estão chegando ao mercado e prometem outro 10–100× nos próximos 24 meses.
- **O modelo certo é seletivo:** usar FHE no núcleo sensível (cruzamento entre instituições, inferência de IA sobre exame, agregação de dados para benchmark) e manter o resto da operação local em claro. Isto reduz o custo total a uma fração do orçamento de TI hospitalar atual.

Para um hospital de referência com receita anual acima de R\$ 1 bilhão, o investimento total em FHE — capex inicial mais opex anual — fica abaixo de 0,5% do orçamento de TI. É menos do que muitos hospitais gastam em uma única atualização do sistema de prontuário eletrônico.

# Casos de Uso por *Área*.

*O que muda concretamente em cada área da operação hospitalar. Pesquisa, IA radiológica, tumor boards, benchmarking, telemedicina, value-based care, transplante, ensino — cada um com sua oportunidade específica.*

## Pesquisa multicêntrica colaborativa

Esta é a área onde FHE tem o impacto mais imediato e mais transformador para hospitais de referência. Pesquisa multicêntrica é a única forma de gerar evidência robusta em doenças raras, em populações específicas, e em desfechos que exigem grandes coortes. Hoje, esse tipo de pesquisa enfrenta tempo de aprovação medido em anos.

### 1. ESTUDOS OBSERVACIONAIS ENTRE CINCO OU MAIS CENTROS

Em modelo tradicional: cada centro contribui com dado anonimizado, agregado em servidor central, com DUAs negociados bilateralmente, comitês de ética independentes, TCLEs harmonizados. Tempo médio: 18–24 meses do início da conversa até o primeiro dado disponível para análise. Com FHE: cada centro mantém dado local, cifra com chave do consórcio, contribui apenas estatísticas cifradas. O agregador computa médias, regressões, sobrevida, modelos preditivos sobre as cifras. Tempo médio: 6–9 meses até a primeira análise. Redução de 60% no tempo, com governança ética **mais robusta**, não menos.

### 2. DOENÇAS RARAS

Em doença rara, nenhum hospital tem coorte suficiente para estudo significativo. A solução é cruzar bases. A solução tradicional não funciona porque cada paciente é potencialmente identificável por características raras. FHE resolve: hospitais contribuem dados cifrados, análise acontece sob cifra, resultado é estatística agregada que não permite re-identificação. **Doenças raras passam a ser estudáveis em escala.**

### 3. ESTUDOS INVESTIGADOR-INICIADOS

O médico pesquisador do hospital quer testar uma hipótese clínica que exige dados de outros centros. Hoje, isto é praticamente inviável fora de consórcios formais. Com FHE, o investigador pode propor

estudos colaborativos a colegas sem precisar passar por todo o aparato institucional de DUA e governança contratual — porque a colaboração técnica resolve a maioria das preocupações jurídicas.

## IA aplicada a imagem médica

Vendors de IA para radiologia, anatomopatologia, oftalmologia e dermatoscopia oferecem modelos cada vez mais úteis. Mas todos esses modelos exigem que a imagem seja enviada ao servidor do vendor. Isto cria um problema crônico: o hospital fica entre o desejo de oferecer o melhor cuidado (que inclui IA) e a obrigação de proteger a imagem do paciente.

### 1. INFERÊNCIA DIAGNÓSTICA SEM ENVIAR IMAGEM AO VENDOR

Com a arquitetura correta, o hospital pode usar o modelo do vendor sem nunca enviar a imagem em claro. Um CNN de extração (ResNet-50 ou equivalente) roda *localmente no hospital*, em claro, sobre a imagem. Produz um embedding de 2 048 dimensões que captura toda informação diagnóstica relevante. Apenas o embedding é cifrado e enviado ao vendor. O vendor executa o classificador linear final sob FHE e devolve o score cifrado. **O vendor nunca vê a imagem nem o embedding em claro — é o padrão usado por Owkin em parcerias com centros oncológicos internacionais.** O paciente nunca sai do controle do hospital. O hospital ganha o benefício da IA sem o passivo jurídico de transferência de dado biométrico.

### 2. TREINAMENTO FEDERADO COM AGREGAÇÃO DE GRADIENTES CIFRADA

Múltiplos hospitais querem treinar um modelo coletivo (predição de sepse, complicação pós-cirúrgica, readmissão). Cada hospital treina localmente sobre seus próprios pacientes — sem mover dado. Os gradientes resultantes do treino são *cifrados* antes de sair do hospital. Um agregador neutro soma os gradientes sob cifra (média federada) e devolve o gradiente médio cifrado. Cada hospital aplica o gradiente ao modelo local. Esse padrão (FL + FHE) corrige o vazamento por gradiente que FL puro tem — pesquisa já demonstrou que é possível reconstruir dado de paciente a partir de gradientes em claro. **A agregação cifrada torna FL defensável para dado clínico.**

### 3. VALIDAÇÃO EXTERNA DE MODELO DESENVOLVIDO INTERNAMENTE

O hospital desenvolveu um modelo de predição de complicação pós-cirúrgica. Para publicar, precisa validá-lo em coorte externa. O hospital parceiro topa, mas exige que seu dado nunca seja exposto. FHE permite a validação sob cifra: o modelo do hospital A roda sobre os dados cifrados do hospital B, e a métrica de performance é calculada sem nenhum lado ver o que pertence ao outro.

# Tumor boards e segunda opinião

Tumor boards multidisciplinares e pedidos de segunda opinião internacional são parte do dia-a-dia de hospitais oncológicos de referência. Hoje funcionam por e-mail, com troca de imagens desidentificadas em PDF, com cadeia de custódia frágil. Para casos VIP, com expectativas de absoluta confidencialidade, o atrito é constante.

## 1. TUMOR BOARD INTERNACIONAL SOB CIFRA

Quatro oncologistas em quatro países discutem um caso complexo. Cada um anota observações sobre o caso cifrado. O sistema agrega as anotações sem que ninguém veja o nome do paciente. Aplicável tanto a casos individuais (alta complexidade, baixa frequência) quanto a coortes recorrentes (estudo de subgrupos raros).

## 2. SEGUNDA OPINIÃO REMOTA SEM TRANSFERÊNCIA DE IMAGEM

Hospital pequeno solicita segunda opinião de centro de referência. Imagem é cifrada, enviada cifrada, especialista do centro de referência roda análise sob cifra (com sua expertise codificada em modelos), devolve relatório cifrado. **O centro de referência nunca arquiva a imagem original — não tem como.** Reduz drasticamente o passivo jurídico do centro de referência, e amplia drasticamente o número de segundas opiniões que ele pode oferecer.

# Benchmarking de qualidade entre hospitais

Este é um caso que merece atenção especial porque é onde FHE destrava algo que *nenhuma outra solução* consegue destravar. Hospitais querem comparar qualidade entre si — taxa de mortalidade ajustada, readmissão em 30 dias, tempo de permanência, complicação cirúrgica. O benefício científico e operacional do benchmark é enorme. O obstáculo é simples: **nenhum hospital quer que os números absolutos virem PR negativo.**

FHE resolve: cada hospital cifra seus dados de qualidade. O agregador computa percentis e devolve a cada hospital sua posição relativa, **sem que nenhum hospital veja os números absolutos dos outros.** Hospital A descobre que está no percentil 75 em mortalidade ajustada para infarto, sem saber qual hospital está no percentil 90. Toda a discussão pública sobre qualidade hospitalar muda — pela primeira vez existe um benchmark setorial confiável que não cria perdedores expostos.

Isto é particularmente importante no Brasil, onde os benchmarks atuais (ONA, JCI) são estruturalmente incapazes de oferecer este tipo de comparação. O primeiro consórcio de hospitais brasileiros que adotar FHE para benchmarking vai redesenhar a discussão setorial sobre qualidade.

# Telemedicina e cuidado virtual

## 1. TELEMEDICINA ENTRE INSTITUIÇÕES COM PROTEÇÃO REAL

O paciente do hospital A faz consulta com especialista do hospital B via telemedicina. Hoje, isso significa que o sistema do hospital B precisa receber o prontuário do paciente. Com FHE, o especialista vê apenas o necessário para a consulta, e nenhuma cópia persistente do prontuário é criada no hospital B.

## 2. WEARABLES DE MONITORAMENTO CONTÍNUO

Pacientes com doença crônica usam wearables que enviam dados contínuos ao hospital. Esse dado é altamente identificável e altamente sensível. Sob FHE, o monitoramento (detecção de evento, alerta de deterioração, ajuste de medicação) acontece sobre dados cifrados. O hospital intervém quando preciso, sem precisar manter banco de dado individual contínuo em claro.

# Value-based care e contratos com pagador

Contratos baseados em desfecho são a tendência da década. Exigem cruzamento contínuo entre dispensação (operadora), uso (hospital) e desfecho clínico. Hoje esse cruzamento é guerra — auditoria, glosa, conflito. Com FHE, ambas as partes podem computar sobre o cruzamento sem expor a base de cada uma. Resultado: menos atrito, menos disputa jurídica, contratos baseados em desfecho que efetivamente funcionam.

# Transplante de órgãos

Sistemas de transplante exigem cruzamento entre receptor potencial e doador disponível, com matching imunológico complexo. O dado envolvido é altamente sensível, e a logística é nacional ou internacional. FHE permite que o matching aconteça sobre dados cifrados, com a chave de decifração distribuída entre central nacional, hospital de origem e hospital receptor — nenhuma parte sozinha pode ver dados que não deveria.

# Ensino, residência e pesquisa de estudante

Residentes e estudantes de medicina precisam de exposição a casos reais para aprender. Hoje, isso significa acesso direto ao prontuário — com toda a fragilidade de governança que isso implica. Sob FHE,

é possível construir ambientes de ensino onde o caso é apresentado sem expor identificadores, e onde o estudante interage com versões cifradas controladamente. Ensino com proteção de dado deixa de ser oximoro.

---

# A Economia do *Hospital que Compartilha*.

*Os números reais. Quanto custa, quanto retorna, e onde a operação hospitalar encontra o valor.*

**T**oda decisão de investimento em diretoria hospitalar precisa passar por três peneiras: capex, opex recorrente, e impacto sobre métricas operacionais e científicas. FHE não é exceção. O cálculo, para um hospital de referência com receita anual entre R\$ 500M e R\$ 5B, é mais favorável do que parece à primeira vista — porque o downside é orçável e o upside é estruturalmente assimétrico.

## O custo de fazer (capex inicial)

COMPONENTE	INVESTIMENTO TÍPICO
Time fundador (1 cripto-engenheiro sênior, 2 ML eng, 1 PM clínico, 1 jurídico de privacidade)	R\$ 4M – 6M / ano
Licenças e tooling (Lattigo open, Concrete, OpenFHE)	R\$ 200k – 800k / ano
Infra: GPUs e CPUs com aceleração AVX-512	R\$ 1.5M – 3M inicial
Consultoria estratégica (Tune Insight, Owkin, Duality)	R\$ 800k – 2M
Estudo regulatório com escritório especializado em saúde	R\$ 400k – 1M
Integração com sistemas existentes (prontuário, PACS, LIS)	R\$ 800k – 2.5M
<b>Total ano 1</b>	<b>R\$ 8M – 15M</b>

## O custo de operar (opex anual recorrente)

ITEM	ESTIMATIVA ANUAL
Compute (FHE 100x–1000x mais caro que plaintext na operação central)	R\$ 2M – 6M
Time de manutenção (4–6 engenheiros + 1 advisor jurídico)	R\$ 4M – 7M
Auditoria anual de segurança	R\$ 500k – 1.5M
<b>Opex anual estabilizado</b>	<b>R\$ 6.5M – 14.5M</b>

Para um hospital com receita acima de R\$ 1B, isto representa entre **0,5% e 1% do faturamento**. É comparável ao custo de manter um centro de simulação realística, ou ao custo de uma única reforma de UTI. Para hospitais de referência com receita superior a R\$ 3B, é arredondamento orçamentário.

## O retorno — onde o dinheiro reaparece

O ROI de FHE em hospital vem de seis vetores que precisam ser modelados separadamente. Diferentemente de cosméticos ou farma, em hospital a maior parte do retorno não é receita nova — é evitação de perda, habilitação de capacidades novas, e valorização do ativo de longo prazo (a reputação institucional).

### 1. Receita de pesquisa e participação em estudos clínicos

Hospitais de referência geram receita significativa atuando como centros investigadores em ensaios clínicos da indústria farmacêutica. Cada novo ensaio fase III pode trazer R\$ 2M–10M ao hospital. Hospitais com capacidade FHE viram parceiros preferenciais para ensaios sensíveis (descentralizados, multicêntricos internacionais, estudos com dado genômico). Estimativa: **3–8 ensaios adicionais por ano**, gerando R\$ 10M–60M anuais incrementais.

### 2. Habilitação de contratos de value-based care

Operadoras estão pressionando por contratos baseados em desfecho. Hospitais que conseguem operar esse modelo com governança de dado robusta capturam contratos premium. Estimativa: **2–4 contratos VBC adicionais** ao longo de 36 meses, com valor anual de R\$ 5M–30M cada.

### 3. Acesso a consórcios internacionais e financiamento de pesquisa

Hospitais brasileiros de elite hoje recebem entre R\$ 5M e R\$ 50M anuais em financiamento de pesquisa internacional (NIH, Wellcome Trust, Horizon Europa, fundações privadas). FHE habilita participação em consórcios que hoje exigem capacidade técnica que poucos têm. Aumento estimado: **30–60%** em três anos.

### 4. Redução de risco regulatório e jurídico

A exposição esperada a multas LGPD, processos por vazamento, e remediação pós-incidente é estimada em R\$ 30M–150M de valor presente em 5 anos para hospitais de referência. FHE reduz drasticamente probabilidade e magnitude. Tratamento como hedge: **R\$ 12M–60M em valor segurador**.

## 5. Eficiência operacional em pesquisa

O custo médio de governança contratual por estudo multicêntrico é de R\$ 200k–600k. Hospital de referência conduz tipicamente 50–150 estudos colaborativos por ano. Redução estimada com FHE: **30–50% do custo de governança**, ou R\$ 3M–25M anuais.

## 6. Reputação institucional e atração de talento

Difícil de quantificar, mas real. Hospitais reconhecidos como "líderes em governança de dado" atraem médicos pesquisadores top, recebem mais convites para colaborações de elite, e capturam visibilidade midiática positiva. O valor presente disto é mensurável apenas em retrospecto, mas analogias setoriais (hospitais que lideraram em segurança do paciente, em humanização, em sustentabilidade) sugerem impactos de **10-20% sobre métricas de reputação institucional** em horizonte de 5 anos.

## O caso de negócio resumido

~R\$ 11M

INVESTIMENTO ANO 1

~R\$ 10M

OPEX ANUAL ESTABILIZADO

R\$ 80M+

VALOR HABILITADO EM 5 ANOS

8x–15x

ROI ESPERADO EM HORIZONTE 5 ANOS

*“Em qualquer modelagem honesta, FHE para um hospital de referência é o investimento de transformação digital com maior assimetria de retorno disponível em 2026. ”*

---

Não porque seja certeza de retorno alto. Mas porque o downside é trivialmente pequeno (custo conhecido, perfeitamente orçável) e o upside combina hedge regulatório, habilitação científica, receita incremental e valorização reputacional em uma única jogada — cada um desses, isoladamente, justifica o investimento.

---

# Vantagem Competitiva e *Reputação Institucional.*

*FHE em hospital não é, primeiro, uma decisão de TI. É uma decisão sobre como a instituição quer ser percebida e em que liga ela quer jogar.*

**H**á uma diferença importante entre a tese de FHE para hospital e a tese para outros setores. Em cosméticos, FHE é narrativa de marca. Em farma, é vantagem regulatória e científica. Em hospital, FHE é principalmente **capital reputacional e posicionamento institucional**. O hospital não vende creme. Não submete medicamentos para FDA. O hospital vende, no fundo, confiança — e confiança é o ativo mais difícil de construir e o mais frágil de manter.

## O que reputação significa em hospital

Reputação hospitalar é multi-dimensional: qualidade clínica, segurança do paciente, excelência médica, hospitalidade, ensino, pesquisa. Mas há uma dimensão que tem ficado invisível e que vai virar central nos próximos anos: **confiabilidade no manejo de dado**. Pacientes (especialmente os pacientes premium que sustentam a margem) começam a perguntar coisas que não perguntavam há cinco anos. "Vocês compartilham meu dado com o vendedor de IA?" "Vocês permitem que o sistema de prontuário acesse meu histórico psiquiátrico?" "Vocês estão participando daquele consórcio de pesquisa sobre genômica?"

Há vinte anos, essas perguntas eram impensáveis. Há cinco anos, eram raras. Hoje são frequentes. Em três anos, vão ser default. A pergunta para a diretoria é: a instituição está pronta para responder com verdade matemática, ou apenas com promessa institucional?

# Os três posicionamentos possíveis

## **Posicionamento 1 — O Hospital que Lidera em Confiança**

Foco em comunicação direta com paciente. Programa público sobre como o hospital protege dado. Auditoria externa anual publicada. Posicionamento explícito como "o hospital que você confia com seu dado". Funciona melhor para hospitais privados premium (Einstein, Sírio, HCor, Oswaldo Cruz) onde o paciente premium é o cliente direto e onde reputação institucional é o produto central.

## **Posicionamento 2 — O Centro Acadêmico Líder**

Foco em pesquisa e colaborações internacionais. Posicionamento como o centro técnica e eticamente capaz de participar dos consórcios mais sensíveis do mundo. Atrai talento científico, financiamento, parcerias com top 10 globais. Funciona melhor para hospitais universitários e centros oncológicos de referência.

## **Posicionamento 3 — O Líder Setorial Brasileiro**

Foco em construir o consórcio FHE setorial. Liderar o movimento como "o hospital que organizou a colaboração privada entre instituições brasileiras". Captura papel de articulador, ganha visibilidade institucional, redesenha discurso público sobre qualidade hospitalar. Funciona para qualquer hospital com sponsor C-level disposto a investir capital político no movimento.

Os três não são excludentes. Uma estratégia robusta começa por um e expande para os outros conforme a capacidade madura.

## **A diferença com hospitais públicos**

Para hospitais públicos brasileiros (HC-USP, HC-Unicamp, HC-FMRP, INCA, HUPES, etc.), o cálculo é diferente: a vantagem competitiva é menos relevante, mas a vantagem científica e regulatória é ainda maior. Hospital público de referência tem coortes únicas (volume, diversidade populacional, seguimento longitudinal sob SUS) que são tesouro científico mundial. Hoje essas coortes estão paralisadas pelos mesmos problemas dos hospitais privados, mais a dificuldade adicional de governança pública.

FHE para hospital público é, possivelmente, a oportunidade mais transformadora da década para a ciência brasileira. Permite que o HC-USP colabore com Karolinska sem que o dado de paciente brasileiro precise sair do servidor do HC. Permite que coortes do INCA sejam usadas em estudos internacionais de

oncologia sem violar a soberania do dado. Permite que o SUS — historicamente pioneiro em saúde pública — vire pioneiro em pesquisa privada baseada em dado.

## O custo de não posicionar

Há um cenário que precisa ser explicitado em diretoria: o que acontece se nenhum dos hospitais brasileiros de referência adotar FHE estruturalmente nos próximos 36 meses?

Resposta: **os hospitais europeus e americanos vão fazer.** Vão capturar a posição de "parceiro técnico capaz" em todos os consórcios internacionais. Os hospitais brasileiros vão ser progressivamente excluídos das colaborações de elite, não por falta de qualidade clínica, mas por incapacidade técnica de participar sob as novas regras. Em cinco anos, a defasagem será estrutural e cara de reverter.

---

*“Hospital que lidera FHE não está construindo capacidade de TI. Está protegendo seu lugar entre os centros que ainda vão importar daqui a uma década.”*

---

# Roadmap de *24 Meses*.

*Da decisão da diretoria à primeira colaboração interinstitucional. Quatro fases, marcos claros, métricas de saída em cada uma.*

## 01

MESES 1-6 · APRENDER

### **Fundação e capacidade interna**

Contratar o cripto-engenheiro sênior fundador. Esta contratação é o gargalo real. Para hospital, frequentemente o caminho mais rápido é parceria com universidade que tem o talento (USP, Unicamp, EPFL via ponte com Tune Insight) e financiar internamente o time aplicado. Em paralelo: contratar consultoria estratégica para arquitetura inicial, mapear três casos de uso candidatos, alinhar com Comitê de Ética em Pesquisa e jurídico institucional.

**Métrica de saída:** arquitetura técnica documentada, três casos selecionados (idealmente um de pesquisa interna, um de IA radiológica, e um de benchmark intersinstitucional), parecer favorável do CEP institucional.

---

## 02

MESES 7-14 · CONSTRUIR

### **Piloto interno em ambiente controlado**

Construir um único caso de uso, ponta a ponta, em ambiente controlado interno.

Recomendação para hospital: análise estatística cifrada sobre coorte interna do próprio hospital, sem envolver outros centros ainda. Isto valida a tecnologia, treina o time, e produz a primeira demo defensável para CEP, diretoria e parceiros externos.

Validar latência, custo, precisão, integração com sistemas existentes (prontuário eletrônico, PACS, LIS). Em paralelo: começar a estruturar o material para diálogo com hospitais parceiros e com regulador.

**Métrica de saída:** demo funcional sobre coorte interna real, métricas validadas, documentação técnica pronta para apresentar a parceiro externo.

## 03

MESES 15-20 · PRIMEIRA COLABORAÇÃO

### **Estudo conjunto com pelo menos um hospital parceiro**

Lançar a primeira colaboração interinstitucional usando a arquitetura. Sugestão: começar com um único parceiro de confiança — preferencialmente outro hospital de referência, brasileiro ou internacional, com quem já há histórico de colaboração tradicional. Caso de uso ideal: estudo observacional sobre desfecho clínico bem caracterizado (sobrevida pós-cirurgia, taxa de complicação em procedimento específico, resposta a tratamento).

Documentar tudo. Iterar arquitetura. Medir tempo até primeira análise versus modelo tradicional. Apresentar o caso em congresso (DIA, ASCO, Riamb, congressos de SBPC, SBC, etc.) como referência.

**Métrica de saída:** primeiro estudo colaborativo concluído sob FHE, parecer favorável de ambos os CEPs, primeira publicação científica em revista de impacto.

## 04

MESES 21-24 · CAPACIDADE INSTITUCIONAL

### **Adoção como capacidade transversal**

Tornar a arquitetura disponível para múltiplos programas internos e externos. Treinar equipes médicas e de pesquisa em como propor estudos sob FHE. Lançar o consórcio

formal multi-hospitalar (3-5 hospitais) usando a infraestrutura. Publicar whitepaper técnico. Apresentar em fóruns regulatórios (ANPD, CONEP). Posicionar publicamente.

Esta é a fase em que o investimento dos 20 meses anteriores começa a gerar retorno em escala. Feita corretamente, gera reconhecimento setorial sustentado e posição preferencial em colaborações futuras.

**Métrica de saída:** 5+ programas internos usando a capacidade, consórcio multi-hospitalar formalizado, primeira menção em diretriz pública da ANPD ou de sociedade médica.

## Marcos que a diretoria deve cobrar

MARCO	QUANDO	COBRANÇA
Cripto-engenheiro fundador contratado ou parceria universitária formalizada	Mês 4	Sem isto, não há projeto
Caso de uso selecionado e validado por CEP	Mês 6	Sem alinhamento ético, projeto morre cedo
Demo técnica sobre corte interna real	Mês 14	Prova de viabilidade defensável para diretoria
Primeira colaboração externa iniciada	Mês 18	Validação institucional de que a tecnologia funciona em mundo real
Primeira publicação científica usando a arquitetura	Mês 22	Sinal de que o investimento se converte em reputação acadêmica

# Riscos, Mitigações e Armadilhas.

*O que pode dar errado, em ordem decrescente de probabilidade e gravidade.*

## **Risco 1 · Resistência cultural interna**

**Probabilidade:** alta. **Impacto:** manageable mas persistente.

O maior obstáculo de FHE em hospital não é técnico nem regulatório — é cultural. Médicos e pesquisadores são profundamente cautelosos com novidade técnica em workflow clínico. Diretorias jurídicas e CEPs operam sob lógica de minimização absoluta de risco. Cada novo ator no projeto vai questionar, com razão, "por que mudar o que funciona".

**Mitigação:** tratar como projeto cultural antes de projeto técnico. Engajar campeões médicos e éticos desde o início. Começar por casos de baixo risco e alto valor demonstrativo. Comunicar internamente em linguagem médica, não em linguagem de TI. Convidar CEP a co-desenhar a governança técnica.

## **Risco 2 · Não conseguir contratar talento técnico**

**Probabilidade:** alta. **Impacto:** bloqueante.

O talento mundial em FHE é escasso, e quase nenhum desses profissionais cogitou trabalhar para hospital. Pacote de remuneração, ambiente cultural e perfil de carreira são frequentemente incompatíveis com expectativas de pesquisador de cripto.

**Mitigação:** parceria com universidade ou aquisição de talento via consultoria especializada (Tune Insight, Owkin, Stickybit) é frequentemente o caminho mais viável que contratação direta. O hospital não precisa ter o talento internamente desde o início — precisa ter o talento *disponível*.

## **Risco 3 · Integração com sistemas legados**

**Probabilidade:** alta. **Impacto:** manageable mas caro.

Hospital de referência típico opera 30–80 sistemas distintos (prontuário, PACS, LIS, RIS, ERP, sistemas departamentais). Integrar FHE com essa stack legada é tecnicamente não-trivial.

**Mitigação:** não tentar integrar tudo. Identificar os 2-3 sistemas que importam para os primeiros casos de uso (tipicamente: prontuário, PACS, base de pesquisa). Construir pontes específicas. Resto do legado fica intocado.

## **Risco 4 · CEP ou diretoria jurídica bloqueando o avanço**

**Probabilidade:** média. **Impacto:** bloqueante temporariamente.

CEPs e jurídicos operam sob lógica conservadora. Proposta inovadora demais pode ser rejeitada por excesso de cautela.

**Mitigação:** co-desenhar com CEP e jurídico desde o início. Apresentar a FHE como ferramenta de fortalecimento do CEP, não de bypass. Trazer pareceres externos de instituições já reconhecidas. Começar pelo caso mais fácil de defender.

## **Risco 5 · Custo computacional não cair na velocidade prevista**

**Probabilidade:** média. **Impacto:** manageable.

Para casos de volume muito alto (queries em prontuário inteiro do hospital, treinamento sobre milhões de imagens), o custo de FHE em 2026 ainda é desafiador.

**Mitigação:** começar por casos de volume baixo e valor alto. Não tentar substituir toda a infraestrutura — apenas as áreas onde FHE faz diferença real.

## **Risco 6 · Concorrente anuncia primeiro**

**Probabilidade:** média. **Impacto:** alto para reputação.

Outros hospitais de referência podem estar com projetos paralelos em curso. Improvável que estejam mais avançados, mas possível.

**Mitigação:** velocidade. Cada mês de atraso é mês de risco. Se descoberto que concorrente anunciou primeiro, redirecionar narrativa para nicho específico (consórcio acadêmico, posicionamento técnico, especialidade clínica).

## **Armadilha 1 · Tratar como projeto de TI**

O erro mais comum é colocar FHE sob CIO em vez de Diretor Médico ou Diretor de Pesquisa. Resultado: entrega técnica perfeita e impacto institucional zero. **FHE em hospital deve reportar ao Diretor Médico ou ao Diretor de Pesquisa, com sponsor do CEO/Superintendente.**

## **Armadilha 2 · Começar pelo caso mais ambicioso**

A tentação é começar pelo caso de maior impacto — frequentemente um benchmark intersinstitucional ou uma colaboração internacional. É um erro. Casos ambiciosos exigem coordenação política que demora. Começar internamente, validar, e só depois expandir.

## **Armadilha 3 · Esquecer a governança de chave**

FHE protege durante a computação. Mas o gerenciamento de chaves é onde a maioria das implementações falha. Para hospital, a estrutura certa envolve chaves distribuídas entre instituição, CEP e parceiro independente. **O design da governança de chave é metade do projeto.**

## **Armadilha 4 · Subestimar o tempo de aprovação ética**

CEP institucional pode levar 3-6 meses para entender e aprovar uma proposta nova. Planejar a partir disso. Não tentar acelerar o CEP — isso destrói relacionamento. Educá-lo sim, ao longo do tempo, com paciência institucional.

# Uma carta para a próxima década do *cuidado hospitalar*.

*Para os Superintendentes, Diretores Médicos, Diretores de Pesquisa, Conselheiros e CEOs dos hospitais que ainda podem escolher liderar.*

A instituição que vocês lideram foi construída sobre uma promessa antiga, possivelmente a mais antiga de todas as profissões: a de que existe um espaço, em meio à doença, onde o paciente pode ser ao mesmo tempo socorrido e respeitado. Onde o que ele compartilha em momento de fragilidade fica guardado. Onde a confiança é parte do tratamento, não um adicional do tratamento. Esta promessa atravessou séculos. Sobreviveu a guerras, epidemias, transformações tecnológicas, mudanças de paradigma médico. Sobreviveu porque era — e em grande parte ainda é — verdadeira. As pessoas que escolhem ser tratadas em uma instituição de referência confiam, profundamente, naquela instituição com o que têm de mais íntimo: seu corpo, sua história clínica, suas vulnerabilidades.

Esta promessa, por séculos, foi cumprida com instrumentos simples. O médico que guarda. O envelope lacrado. O arquivo trancado. A discrição entre pares. O juramento de confidencialidade era operacional porque o dado clínico era escasso, físico e local. Cabia, literalmente, em uma pasta. Quem precisasse acessar, precisava estar fisicamente ali.

Mas nos últimos vinte anos, sem que ninguém tenha decretado, o ambiente em que essa promessa precisa ser cumprida mudou completamente. O dado clínico deixou de ser escasso, físico e local. Tornou-se abundante, digital e distribuído. Cada hospital de referência hoje opera centenas de sistemas, dezenas de fornecedores, integrações com nuvem, vendedores de IA, sistemas de pagador, plataformas de telemedicina, dispositivos conectados. Cada um desses pontos é um lugar onde o dado pode existir em claro. Cada um é um ponto onde a promessa antiga de confidencialidade pode falhar — não por má fé do hospital, mas pela natureza distribuída e técnica do ambiente moderno.

O resultado é uma situação desconfortável. Hospitais cumprem a promessa com a melhor das intenções, com governança crescente, com investimento em segurança, com DPOs competentes. E mesmo assim, a base estrutural do compromisso é mais frágil do que era no século passado. Não porque os hospitais sejam piores — porque o ambiente é mais hostil, mais interconectado, mais distribuído, mais dependente de cadeias de fornecedores que ninguém controla totalmente.

É possível voltar a uma forma de cumprimento robusto da promessa antiga, sem perder os benefícios do ambiente moderno. FHE — Criptografia Totalmente Homomórfica — é a primeira tecnologia em décadas que permite isto. É possível continuar usando IA para melhorar diagnóstico, continuar colaborando com outros hospitais para fazer ciência, continuar participando de pesquisa, continuar oferecendo telemedicina, continuar processando dado em escala. **É possível fazer tudo isso enquanto a instituição mantém, com prova matemática verificável, que o paciente individual nunca foi exposto.**

Esta frase parece, em uma primeira leitura, paradoxal. Em uma segunda leitura, parece técnica demais. Em uma terceira, parece exatamente o que a profissão médica sempre tentou fazer — agora finalmente com instrumento à altura do desafio. Como é possível colaborar sem expor? A matemática responde, e a resposta é elegante, antiga, e finalmente viável em produção.

O que está em jogo não é uma feature técnica. É a possibilidade de uma instituição hospitalar voltar a ser, sem ambiguidade, o que ela sempre disse ser: um espaço de confiança onde a colaboração científica e o respeito ao paciente coexistem sem trair nenhum dos dois. Onde "compartilhar conhecimento" e "proteger o paciente" deixam de ser objetivos em tensão e passam a ser duas dimensões do mesmo trabalho.

Esta possibilidade está aberta, hoje, para um número pequeno de instituições brasileiras. As primeiras a entender o que está em suas mãos. As primeiras a fazer a contratação certa, a chamar o jurídico certo, a apresentar o caso à diretoria certa. As primeiras a co-desenhar a arquitetura com o CEP, a primeira a publicar a primeira colaboração, a primeira a defender a posição em congresso, em entrevista, em artigo, por dois anos seguidos sem ceder à tentação de diluir a mensagem.

Em três anos, esta posição vai estar tomada. Algum hospital — brasileiro ou internacional — vai liderar. A pergunta para a diretoria de cada instituição é simples:

---

*“Vamos ser o hospital que mostrou ao setor como se faz, ou o hospital que precisou aprender depois com quem se moveu primeiro?”*

---



Há uma janela. É curta. É real. É historicamente rara. Hospitais de referência têm passado, em décadas anteriores, por janelas similares — a transição para humanização, a transição para acreditação internacional, a transição para medicina baseada em evidência, a transição para segurança do paciente. Em cada uma, alguns hospitais lideraram e outros seguiram. Os que lideraram capturaram capital reputacional que sustenta vantagens até hoje. Os que seguiram pagaram o custo de implementação tardia sem nenhuma das recompensas.

Esta é a próxima janela. É possivelmente a mais importante da década, porque é a primeira em que a instituição pode escolher liderar antes de ser pressionada — porque o problema regulatório ainda está se formando, porque a expectativa do paciente premium ainda está se formando, mas a solução técnica já existe e está pronta para ser adotada por quem tiver coragem.

Quem ler este eBook tem em mãos um mapa. O mapa não é completo, não é sem riscos, não é sem custos. Mas é claro. E está, neste momento, na frente das pessoas certas para tomar a decisão certa.

O resto é coragem.

— *Fim do Volume I*

# Glossário *Executivo*.

*Os termos que você vai ouvir do CIO, do Diretor de Pesquisa, e do CEP. Em português direto.*

## **FHE — FULLY HOMOMORPHIC ENCRYPTION**

Criptografia que permite executar cálculos sobre dados cifrados sem decifrá-los. O resultado, quando decifrado, é igual ao que seria obtido sobre os dados originais.

## **RLWE — RING LEARNING WITH ERRORS**

O problema matemático sobre o qual a maioria dos esquemas FHE modernos se baseia. É o mesmo problema da criptografia pós-quântica padronizada pelo NIST. Resistente a computadores clássicos e quânticos.

## **CKKS, BFV/BGV, TFHE**

Os principais esquemas FHE em uso prático. CKKS para ML e estatística; BFV/BGV para inteiros exatos; TFHE para lógica booleana flexível.

## **CEP — COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

O órgão institucional que aprova projetos de pesquisa envolvendo seres humanos. No Brasil, regulado pelo CNS. CEP é o aliado central de qualquer projeto FHE em hospital — não obstáculo.

## **CONEP — COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA**

Órgão nacional que regula pesquisa clínica no Brasil, vinculado ao Ministério da Saúde. Aprova projetos multicêntricos e estudos com áreas temáticas especiais.

## **DUA — DATA USE AGREEMENT**

Contrato bilateral entre instituições que define como dado pode ser usado em projeto colaborativo. DUAs tradicionais demoram meses a anos para serem negociados. FHE reduz drasticamente a complexidade dessa negociação.

## **PACS, RIS, LIS**

Picture Archiving and Communication System (imagem médica), Radiology Information System, Laboratory Information System. Os principais sistemas legados com os quais FHE precisa se integrar em hospital.

## **EHDS — EUROPEAN HEALTH DATA SPACE**

Iniciativa europeia que cria infraestrutura comum para uso secundário de dado clínico em pesquisa. Define o padrão técnico que a regulação mundial vai adotar nos próximos anos.

## **THRESHOLD CRYPTOGRAPHY**

Técnica que distribui uma chave criptográfica entre múltiplas partes, exigindo um quórum para usá-la. Essencial para arquitetura FHE em consórcio multi-hospitalar.

## **PSI — PRIVATE SET INTERSECTION**

Protocolo derivado de FHE/MPC que permite duas partes descobrirem a interseção de seus conjuntos sem revelar o restante. Útil para identificar pacientes em comum entre hospitais sem expor bases.

## **FEDERATED LEARNING**

Treinamento distribuído onde dado fica local em cada hospital. Quando combinado com FHE para agregação de gradientes (FL+FHE), elimina o vazamento que FL puro tem.

## **LATTIGO, OPENFHE, CONCRETE**

Principais bibliotecas FHE em uso prático. Lattigo (Go, Tune Insight); OpenFHE (C++, Duality); Concrete (Rust+Python, Zama).

# Fornecedores e *Parceiros*.

*Onde está a capacidade comercial, onde está o talento, e onde já há casos de uso ativos em saúde hospitalar.*

# Fornecedores e startups especializadas

VENDOR	SEDE	FOCO
<b>Owkin</b>	Paris / NY	FL+FHE para pesquisa hospitalar; parcerias com centros oncológicos top
<b>Tune Insight</b>	Suíça (EPFL)	Lattigo; foco específico em pesquisa médica federada multi-hospitalar
<b>Zama</b>	Paris	TFHE, Concrete framework
<b>Duality Technologies</b>	EUA / Israel	OpenFHE, foco em saúde e finanças, consultoria pesada
<b>Inpher</b>	Suíça / EUA	FHE + MPC híbrido, foco em saúde
<b>Lifebit</b>	Reino Unido	Plataforma de federated genomics para hospitais e biobancos
<b>Mozaic / TripleBlind</b>	EUA	Privacy-preserving analytics para hospital e payor
<b>Stickybit</b>	Brasil	Boutique técnica brasileira em FHE/PQC; arquitetura sob medida

## Iniciativas e consórcios relevantes

- **Trustworthy Federated Data Analytics (TFDA)** — Helmholtz, Alemanha — pesquisa clínica federada com privacidade
- **NIH N3C** — National COVID Cohort Collaborative (modelo de governança aplicável)
- **European Health Data Space (EHDS)** — infraestrutura europeia em construção

- **Global Alliance for Genomics and Health (GA4GH)** — padrões para dado genômico, incluindo computação privada
- **Federated Tumor Segmentation (FeTS)** — consórcio internacional de centros oncológicos para IA federada
- **Swiss Personalized Health Network (SPHN)** — modelo nacional de governança de dado clínico federado

## Centros acadêmicos onde mora o talento

- **EPFL (Lausanne)** — Christian Cachin, Jean-Pierre Hubaux, origem do Lattigo
- **USP / Unicamp / IME-USP** — pesquisa em criptografia avançada com aplicação em saúde
- **IBM Research** — origem histórica do FHE
- **Microsoft Research** — biblioteca SEAL
- **Université Paris-Saclay / ENS** — Léo Ducas, ecossistema francês de cripto
- **KU Leuven (COSIC)** — Frederik Vercauteren
- **Stanford / MIT / CMU** — vários pesquisadores ativos em ML+FHE clínico

# 30 Perguntas para o *CIO* e o *Diretor Médico*.

*A lista que você deveria levar para a próxima reunião conjunta do seu CIO, Diretor Médico e Diretor de Pesquisa.*

## **Estratégia e capacidade**

1. Temos no time alguém com background em criptografia avançada? Se não, qual o plano de aquisição ou parceria?
2. Qual nossa exposição atual a tratamento de dado de paciente, em volume e em jurisdição?
3. Quantos vendors externos têm acesso técnico a dados de pacientes nossos hoje? Em claro ou cifrado?
4. Temos um inventário atualizado de quais dados saem da instituição e para onde?
5. Qual nosso parecer jurídico e do CEP sobre sustentabilidade dessa arquitetura nos próximos 36 meses?

## **Casos de uso prioritários**

6. Quais áreas de pesquisa interna são mais limitadas pela impossibilidade de cruzamento com outros centros?
7. Em quais especialidades temos coortes únicas que valeriam ser compartilhadas se pudessem?
8. Quais vendors de IA gostaríamos de usar mas não usamos por medo de exposição de dado?
9. Quais hospitais brasileiros ou internacionais seriam parceiros naturais para uma primeira colaboração FHE?
10. Em qual área clínica o benchmarking inter-hospitalar teria maior impacto institucional positivo?

## **Arquitetura técnica**

11. Qual esquema FHE faz mais sentido para nosso primeiro caso? CKKS, BFV, TFHE?

12. Conseguimos rodar análise estatística básica sobre coorte interna em FHE com latência aceitável hoje?
13. Qual o overhead computacional estimado para nosso caso de uso prioritário?
14. Como integramos com nossos sistemas existentes (prontuário, PACS, LIS, RIS)?
15. Como gerenciamos chaves entre instituição, CEP e parceiros externos?
16. Quem custodia a chave em caso de consórcio internacional?
17. Temos arquitetura compatível com threshold cryptography?

## **Custo e infraestrutura**

18. Custo computacional estimado por análise, em FHE versus plaintext?
19. Que aceleradores avaliamos? FPGA? GPU específico?
20. Vamos construir interno, parceria universitária, ou usar vendor (Tune Insight, Owkin, Stickybit)?
21. Qual o capex e opex previstos nos próximos 24 meses?
22. Temos sponsor C-level (CEO, Superintendente) confirmado?

## **Ética, regulação e conformidade**

23. O CEP institucional foi formalmente engajado no desenho da proposta?
24. Quem fará a auditoria de segurança independente?
25. Como demonstramos conformidade com LGPD, HIPAA (se aplicável), CNS?
26. Conseguimos publicar a arquitetura para revisão pública?
27. Já temos diálogo aberto com ANPD sobre a abordagem?
28. Como comunicamos a iniciativa aos pacientes e ao público?

## **Riscos**

29. Pior cenário se um competidor (outro hospital de referência) anunciar antes de nós?
30. Pior cenário se o CEP ou jurídico bloquearem o avanço?



## **A Confiança que se Calcula**

eBook estratégico para a alta gestão de hospitais e redes hospitalares.

Volume I · Edição 2026 · Distribuição confidencial.

Composto em Iowan Old Style e SF Pro.

Construído como documento HTML auto-contido.

Imprima em papel de gramatura alta para fidelidade ao layout original.

— fim —