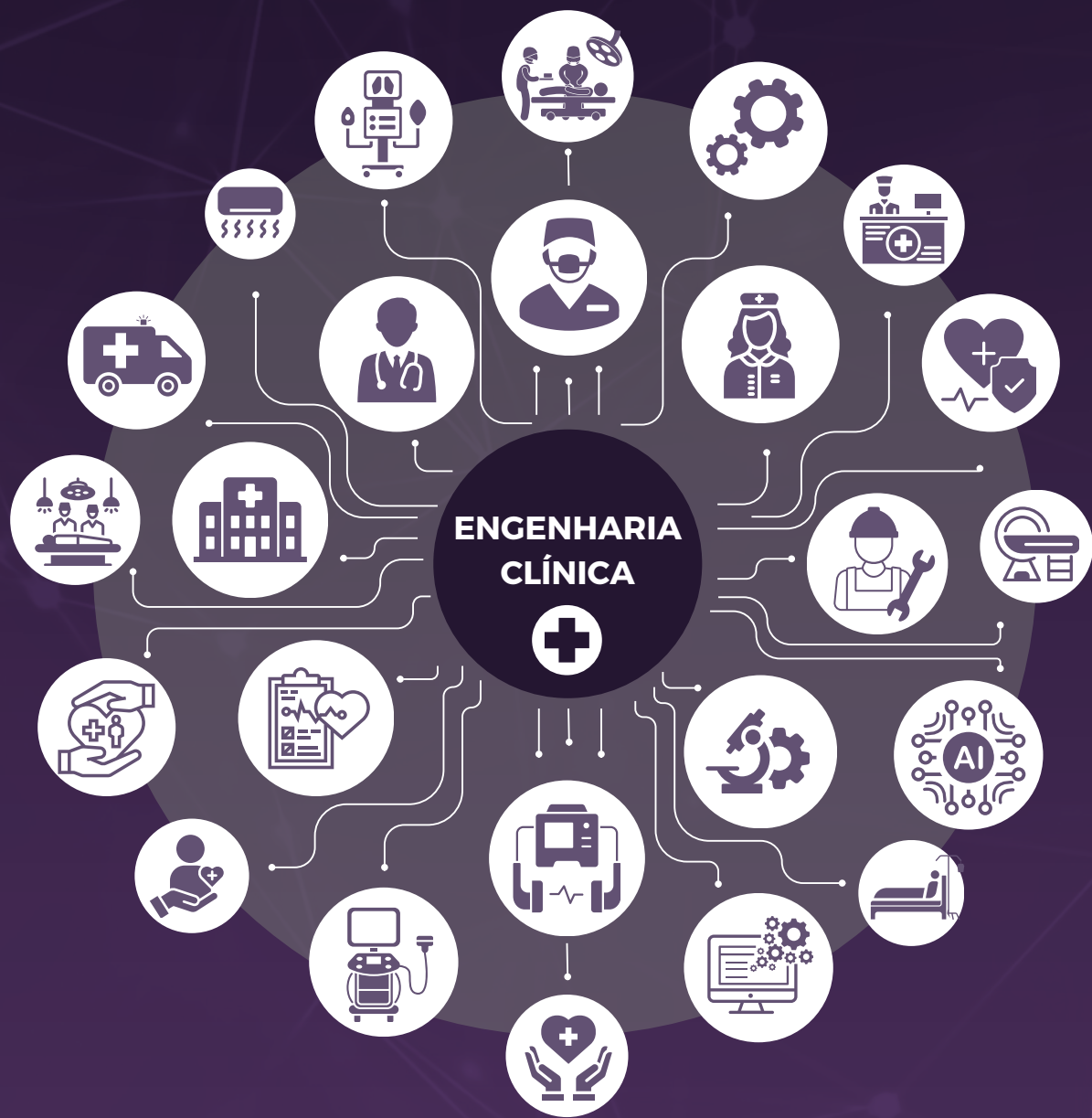


# Engenharia Clínica & Integração na Saúde

CONNECT PEOPLE HEALTH



UMA VISÃO COLABORATIVA  
PARA O FUTURO

# Sumário

03	Introdução	05	Tempos ágeis e o papel do líder eficaz
08	Fatores que impactam na utilização dos equipamentos da saúde	10	Ciclo de vida útil de um Dispositivo Médico
11	A Engenharia Clínica na Gestão Plena de Tecnologias em Saúde	14	Em constante transformação: Os desafios que envolvem a Gestão de Tecnologias Médicas
18	Aumentando a hiperconvergência	20	Revolução Silenciosa: Como a IA Está Transformando a Engenharia Clínica
21	Liderança Eficaz na Era da Transformação Digital: O Desafio nas Organizações de Saúde	22	Liderança 5.0 na área hospitalar Como isso vai impactar seus resultados?
23	Qualidade assistencial e o papel da Engenharia Clínica	24	Treinamentos Corporativos na Engenharia Clínica: integrando competências para Excelência em Saúde
27	Gêmeos Digitais: o elo entre o físico e o digital	38	Sobre a Arkmeds

# Introdução

O **Connect People Health** é um projeto que nasceu no coração de professores e gestores da Engenharia Clínica no Brasil para que possa garantir mais integração de áreas e pessoas no ambiente Hospitalar com um Olhar expandido para o futuro. É uma iniciativa da TM JOBS e demais gestores que entendem a importância dessa construção coletiva.

No cenário complexo e dinâmico da saúde, a integração da engenharia clínica em todas as áreas operacionais, administrativas e assistenciais é fundamental para garantir a eficiência, segurança e qualidade dos serviços oferecidos.

A engenharia clínica oferece uma abordagem sistemática e baseada em evidências para otimizar processos, tecnologias e práticas clínicas. Ao integrar a engenharia clínica, os profissionais de saúde podem:

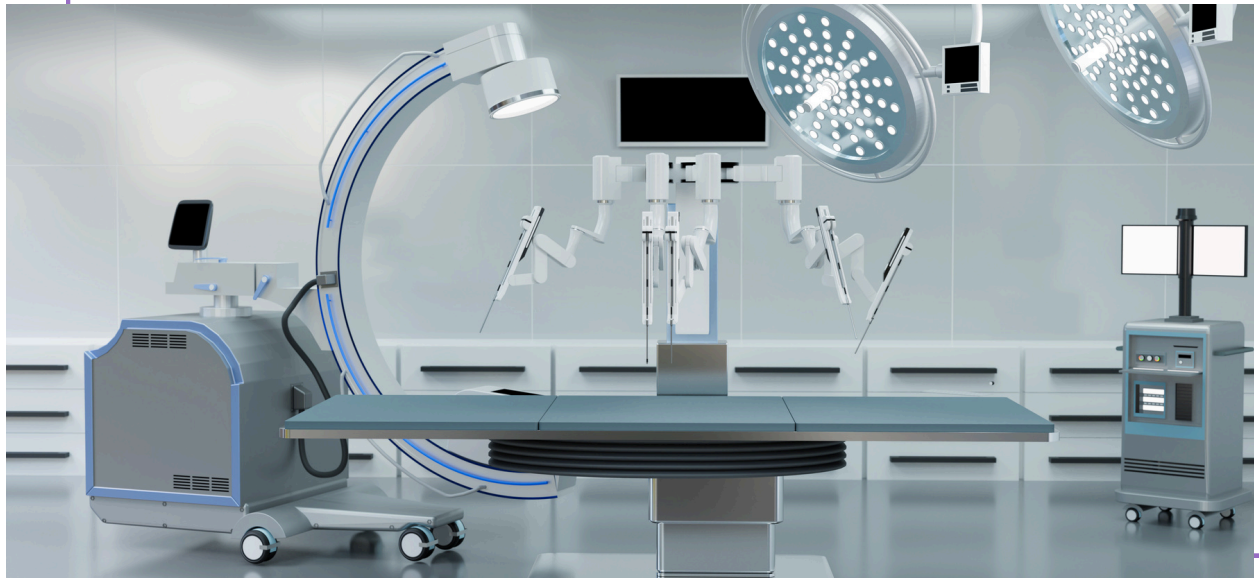
- Identificar e resolver problemas operacionais e administrativos de forma mais eficiente.
- Aperfeiçoar o uso de tecnologias médicas e equipamentos, garantindo sua segurança e eficácia.
- Aprimorar protocolos clínicos e procedimentos para oferecer um cuidado mais seguro e personalizado aos pacientes.

Para que a integração da engenharia clínica seja eficaz, é essencial envolver e engajar os profissionais de saúde em todos os níveis. Isso pode ser alcançado por meio de:

- Educação e treinamento contínuos sobre os princípios e práticas da engenharia clínica.
- Criação de equipes multidisciplinares que incluam engenheiros clínicos, médicos, enfermeiros, administradores e outros profissionais de saúde.
- Incentivo à participação ativa dos profissionais no processo de identificação de problemas e desenvolvimento de soluções.



Tania Machado - CEO TM JOBS  
Idealizadora do Connect People Health - Jornada de  
Engenharia Clínica integrando áreas e pessoas.



- Reconhecimento e valorização das contribuições dos profissionais para a melhoria contínua dos processos e práticas clínicas.
- Incentivo à participação ativa dos profissionais no processo de identificação de problemas e desenvolvimento de soluções.
- Reconhecimento e valorização das contribuições dos profissionais para a melhoria contínua dos processos e práticas clínicas.
- 

A integração da engenharia clínica deve abranger todas as áreas do sistema de saúde, incluindo:

- Áreas operacionais, como gestão de estoque, manutenção de equipamentos e logística hospitalar.
- Áreas administrativas, como gestão de qualidade, segurança do paciente e gerenciamento de riscos.
- Áreas assistenciais, incluindo atendimento direto ao paciente, diagnóstico e tratamento.

A integração da engenharia clínica no sistema de saúde é essencial para garantir a entrega de cuidados seguros, eficientes e de alta qualidade. Criamos para 2025 uma jornada de encontros presenciais com lideranças e equipes médicas, Video Cast com depoimentos em nosso canal Valor em Saúde no Youtube e por aqui através do nosso Ebook.

Ao engajar e envolver os profissionais de saúde em todos os aspectos dessa integração, podemos criar um ambiente colaborativo que promove a inovação e a melhoria contínua, beneficiando tanto os profissionais quanto os pacientes.

**Boa Leitura**  
**Tania Machado.**

# Tempos ágeis e o papel do líder eficaz

Por Tânia Machado - CEO TM JOBS

Idealizadora do Connect People Health - Jornada de Engenharia Clínica integrando áreas e pessoas.

Em um cenário de constante mudança e evolução tecnológica, o setor de saúde no Brasil enfrenta desafios crescentes. A engenharia clínica, como área estratégica, é fundamental para garantir que as inovações sejam incorporadas de maneira eficiente e segura.

A integração entre diferentes áreas do setor de saúde – como engenharia clínica, TI, gestão e operações – e as pessoas envolvidas é crucial para o sucesso das iniciativas de modernização e inovação. Esta colaboração interdepartamental possibilita a criação de soluções mais completas e eficazes.

## Dados do Setor:

- Um relatório da Associação Brasileira de Engenharia Clínica aponta que 75% dos profissionais acreditam que a falta de comunicação entre áreas é um dos principais obstáculos para a inovação no setor.
- A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) destaca que o Brasil tem uma das maiores taxas de obsolescência tecnológica em equipamentos de saúde na América Latina, o que reforça a necessidade de uma gestão integrada e ágil.
- Projeções indicam que a automação e o uso de inteligência artificial em procedimentos médicos e na gestão de equipamentos podem reduzir em até 30% os custos operacionais dos hospitais, mas exigem uma integração profunda entre a engenharia clínica e outras áreas.



Para que o Brasil possa se posicionar de forma competitiva no cenário global, é imperativo que as áreas de saúde sejam integradas com foco em inovação e adaptação ágil às novas tecnologias olhando para o futuro. A engenharia clínica deve liderar essa transformação, promovendo uma cultura de colaboração e aprendizado contínuo entre todos os profissionais envolvidos.

Quando as lideranças não se empenham em desenvolver pessoas e fomentar o sentimento de pertencimento em empresas e instituições de saúde, várias consequências negativas podem surgir, impactando diretamente o ambiente de trabalho, a qualidade dos serviços prestados e a sustentabilidade da organização.

Algumas dessas consequências incluem:

- **Desmotivação:** Funcionários que não se sentem valorizados ou parte integrante da equipe tendem a se desmotivar, o que reduz significativamente o nível de engajamento no trabalho.
- **Queda de Produtividade:** A falta de desenvolvimento e reconhecimento impede que os colaboradores alcancem seu pleno potencial, resultando em desempenho abaixo do esperado.
- **Turnover Elevado:** Sem um sentimento de pertencimento e oportunidades claras de crescimento, os colaboradores buscam outras oportunidades, levando a um aumento na rotatividade de funcionários.
- **Custos com Recrutamento e Treinamento:** A alta rotatividade gera custos adicionais com processos de recrutamento, seleção e treinamento de novos funcionários, além de prejudicar a continuidade e a qualidade dos serviços.
- **Dificuldade em Reter Talentos:** Profissionais talentosos e altamente qualificados tendem a buscar organizações onde possam crescer e se sentir parte de uma missão maior. A ausência de desenvolvimento e de um ambiente acolhedor leva à perda desses talentos para concorrentes.



- **Ambiente de Trabalho Tóxico:** A falta de um sentimento de pertencimento pode criar um ambiente de trabalho hostil, onde predomina a competição desleal, a falta de colaboração e o estresse.
- **Baixa Moral:** Funcionários descontentes ou que não se sentem parte do time podem desenvolver uma atitude negativa, afetando a moral da equipe e, conseqüentemente, a qualidade do atendimento ao paciente.
- **Prejuízo à Qualidade dos Serviços:** Em instituições de saúde, a falta de engajamento e desenvolvimento impacta diretamente na qualidade do atendimento aos pacientes, podendo levar a erros, negligências e insatisfação dos usuários.

- **Reputação Comprometida:** A qualidade dos serviços de saúde está intimamente ligada à reputação da instituição. Problemas decorrentes de uma liderança deficiente podem afetar a percepção pública e a confiança na instituição.
- **Resistência à Mudança:** Sem incentivo para o desenvolvimento pessoal e profissional, os colaboradores tendem a resistir a novas ideias e tecnologias, dificultando a inovação e a adaptação às mudanças do mercado.
- **Estagnação:** A falta de desenvolvimento de pessoas resulta em uma equipe menos preparada para lidar com os desafios futuros, levando à estagnação e à perda de competitividade.
- **Riscos Legais:** Em um ambiente onde a liderança não promove o desenvolvimento e o pertencimento, o risco de práticas discriminatórias ou de assédio aumenta, o que pode resultar em processos legais e danos à imagem da instituição.



Fomentar o desenvolvimento de pessoas e o sentimento de pertencimento é, portanto, essencial para a sustentabilidade e o sucesso de qualquer organização de saúde. Isso não só garante um ambiente de trabalho mais harmonioso e produtivo, mas também reflete diretamente na qualidade do atendimento ao paciente e na reputação da instituição.

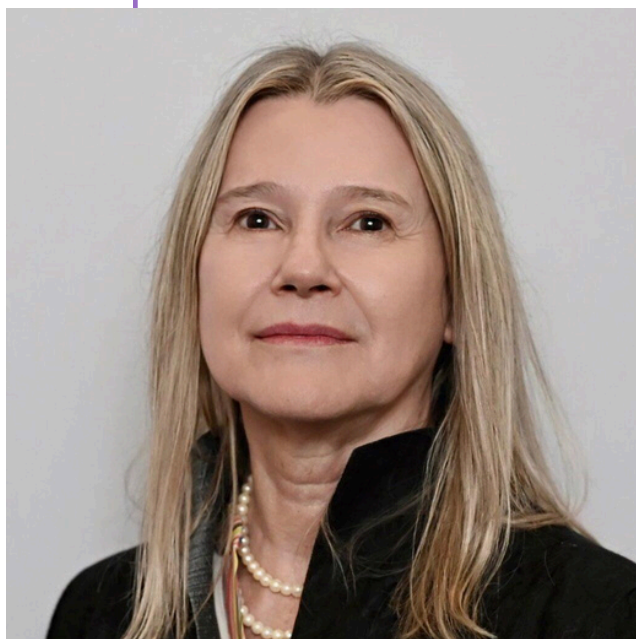
Vamos em tempos ágeis priorizar as pessoas criando programas de integração, cooperação e colaboração mútua, com isso todo mundo ganha.

# Fatores que impactam na utilização dos equipamentos da saúde

1,2 Holsbach, LR; 1,3Varani, ML

1Abeclin – Associação Brasileira de Engenharia Clínica, 2Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 3 NUTES - Universidade Estadual de Campina Grande

Trata-se de um estudo para identificar fatores que impactam na utilização dos equipamentos da saúde. A vida útil do equipamento é fornecida pelo fabricante e determinada no controle do projeto através da matriz de gerenciamento de risco do produto dentro das condições normais de uso. Ocorre que muitas vezes, os equipamentos não são adequadamente instalados, as condições de uso não são as ideais, as manutenções programadas não são realizadas e os treinamentos são ineficazes. Esses fatos podem contribuir para a redução da vida útil do equipamento, a vida útil pode ser reduzida conforme sua utilização<sup>1 3</sup>. O propósito do estudo foi identificar fatores que impactam no ciclo de vida útil.



Leria Holsbach

<https://www.linkedin.com/in/leria-holsbach-123799113/>



O método de pesquisa foi uma revisão de escopo. Ele fornece visões gerais de campos de pesquisa amplos ou específicos, destacando lacunas de conhecimento e identificando novas áreas de interesse.<sup>1 2</sup> A questão que se pretende responder foi a vida útil na utilização dos equipamentos. A busca na literatura foi feita na base de dados científica Scopus, PubMed, Academic Search e Google Scholar de setembro 2019 a maio 2024, utilizando os descritores combinados pelo operador lógico “AND”: “Life expectancy” e “medical device\*”. O símbolo de asterisco foi empregado para incluir na pesquisa o termo no plural. Foram encontrados 51 trabalhos. A pesquisa foi limitada para artigos



científicos, onde foi obtido um total de 36. Após, foi realizada a leitura do título, resumo e palavras-chave de todos os trabalhos, onde foram selecionados 11 artigos para compor a revisão, classificando-os conforme o objeto do estudo. Os demais artigos foram excluídos da pesquisa por não tratarem do tema abordado. Os achados mais significativos e relacionados com os fatores de risco,<sup>4</sup> razão da idade e a expectativa de vida foram frequência, natureza, ambiente, experiência de uso e conhecimento do usuário relacionado com o equipamento, cuidado do operador, existência de programas de gerenciamento manutenções programadas, capacidade e custo de suporte de manutenção, a disponibilidade e custo dos consumíveis, disponibilidade de equipamentos para substituição, os riscos de negócios, estratégicos, políticos e segurança, riscos estratégicos,<sup>5,6</sup> conformidades com as legislações e normas técnicas.<sup>7</sup>

Desta forma, o estudo permitiu identificar fatores significativos relacionados com a utilização que influenciam na vida útil do equipamento.



## Referências:

- [1] Managing Medical Devices, Guidance for healthcare and social services organisations. Novembro 2006,
- [2] GIL, Antonio Carlos. Como elaborar um projeto de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2010.
- [3] Maintenance Management for Medical Equipment”, American Society for Healthcare Engineering of the American Hospital Association; 2004, 4 Risk Management, Australian / New Zealand Standard, AS/NZS 4360:1999.
- [4] Z. Munn, M. D. J. Peters, C. Stern, C. Tufanaru, A. McArthur, and E. Aromataris, “Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach,” BMC Med Res Methodol, vol. 18, pp. 1–7, 2018.
- [5] Prospecção e Avaliação de Mercado para a Aquisição e Manutenção de Equipamentos Médico-Assistenciais de Alta Complexidade – 1ª edição – Produzido pelo Serviço de Engenharia Clínica – Brasília: Ebserh – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares, 2022.
- [6] WHO -2023 - Emerging technologies and scientific innovations: A global public health perspective Emerging technologies and scientific innovations: A global public health perspective – 2023.
- [7] ECRI- Top 10 Health Technology Hazards for 2023 - EXECUTIVE BRIEF Expert Insights from ECRI’s Device Evaluation Program.

# Ciclo de vida útil de um Dispositivo Médico

1,2 Holsbach, LR; 1,3Varani, ML

<sup>1</sup>Abeclin – Associação Brasileira de Engenharia Clínica, <sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, <sup>3</sup> NUTES - Universidade Estadual de Campina Grande

O ciclo de vida útil de é determinado pelo fabricante do dispositivo médico (DM), em uma das fases do desenvolvimento do produto, no controle de projetos, dentro dessa fase em que é desenvolvido o gerenciamento de risco. Entretanto, durante a utilização existem fatores que pode impactar na vida útil fornecida pelo fabricante, tais como: obsolescência do dispositivo, alto custo de manutenção relacionado ao desempenho operacional e a expectativa de vida. A falta ou dificuldades na obtenção de partes, peças e acessórios, ociosidade, não conformidade com normas de segurança, não atendimento à legislação sanitária vigente, descontinuidade da produção daquele modelo pelo fabricante, finalizando também os serviços técnicos (end of life e end of service), entre outros fatores que podem influenciar a o fim da vida útil.

A expressão *End of Life* sigla em inglês – EOL, é um termo utilizado indicando que um produto atingiu o fim do seu ciclo de vida útil. Isso ocorre quando um fabricante decide descontinuar a produção ou quando um componente específico de um sistema deixa de ser produzido ou suportado pelo fabricante original. Quando um produto alcança o status de EOL, isso implica que o fabricante não fornecerá mais suporte técnico. Como consequência, as peças, partes e acessórios específicos de reposição tornam-se difíceis de adquirir.<sup>1</sup> Nesse contexto, pode afetar a disponibilidade do uso do DM. A falta de suporte técnico e atualizações podem impactar no desempenho podendo causar falta da garantia de segurança para o paciente.<sup>1</sup> A carência desses componentes pode causar

períodos de inatividade prolongadas e muitas vezes impactando diretamente na saúde do paciente e na produção do serviço.<sup>2 3</sup>

A estimativa do custo ao longo da vida útil deve ser conhecida na etapa de pré-qualificação. Para isso, pode-se utilizar o método de Custo Total de Propriedade (TCO), que calcula quanto o dispositivo médico custará à serviços de saúde durante todo o seu ciclo de vida útil. A utilização do método TCO oferece uma perspectiva que vai além do menor preço de aquisição, pois considera todos os custos que serão incorridos ao longo da vida útil do equipamento levando em consideração os custos de aquisição, custos com utilização, custos diretos de saúde relacionados ao DM e custos de pós utilização.

## Referências

- [1] Life Span of Biomedical, - Biomedical Engineering Advisory Group, AS, 2004.
- [2] Licon, FM; Martinez, ID; um método para a análise da obsolescência da tecnologia médica para apoiar a tomada de decisão -Engenharia Elétrica, Universidad Autonoma Metropolitana, México, 2021.
- [3] Managing Medical Devices, Guidance for healthcare and social services organizations, November 2006.
- [4] Prospecção e Avaliação de Mercado para a Aquisição e Manutenção de Equipamentos Médico-Assistenciais de Alta Complexidade – 1ª edição – Produzido pelo Serviço de Engenharia Clínica – Brasília: Ebserh – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares, 2022.
- [5] CAMALIONTE, E.; FONTES, A.; OUTROS, E. Inteligência de mercado: conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo: Saint Paul Editora, 2011.

# A ENGENHARIA CLÍNICA NA GESTÃO PLENA DE TECNOLOGIAS EM SAÚDE

Por Alexandre Henrique Hermini <sup>1</sup>, Marcelo Perrella <sup>2</sup>, Simone Regina Agenton- Perrella<sup>3</sup>

---



Alexandre Henrique Hermini

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/alexandre-hermini-47204a99/>

## Introdução

O avanço científico e industrial das tecnologias em saúde (“produtos para saúde”) trouxe grande contribuição para a melhoria da assistência à saúde dos pacientes, resultando em diagnósticos mais fidedignos e terapias mais efetivas, levando ao desfecho clínico almejado (OMS, 2009; WHO, 2005). Este cenário trouxe uma mudança nos preceitos da medicina, quando há pouco mais de um século o cuidado era uma exclusividade do profissional de saúde quer médico

quer enfermeiro, e o citado avanço conduziu para uma “Tecnodependência”, neologismo que expressa a vinculação de um procedimento assistencial de saúde à disponibilidade de recursos tecnológicos (BURMESTER, H.; HERMINI, A.H.; FERNANDES; 2013)..

Trazendo relação da assistência à saúde para o universo da engenharia clínica, as mais consistentes definições da engenharia clínica das últimas décadas tem focado sua atuação no paciente. Ainda nos dias atuais, não é incomum nos depararmos com profissionais da área de gestão de tecnologias em saúde que direcionam sua atenção no “equipamento”, empregando conceitos e práticas avançadas a fim de garantir a segurança e o desempenho daquele produto. Ocorre que já está bastante fundamentado que tal garantia só se é alcançada quando os demais elementos envolvidos na operação da tecnologia são parte integrante da gestão, demandando uma visão sistêmica do processo, contemplado principalmente: Equipamentos, Infraestrutura e Recursos Humanos, conforme ilustrado na figura a seguir:

---

1. Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica/ Biomédica; Hospital de Mulher – CAISM – UNICAMP; IEP Albert Einstein

2. Mestre em Engenharia Elétrica/Biomédica; Engenheiro Clínico EBSEH HC/UFTM

3. Médica Veterinária especializada em Nefrologia Veterinária e Nutricionista autônoma



Como situações reais ilustram melhor um fato ou evento, podemos citar a recente pandemia de COVID 19, quando convivemos com a seguinte realidade:

- No início da pandemia faltavam ventiladores pulmonares, os famigerados “respiradores”, aí foi um corre-corre, projeta, fabrica, importa qualquer coisa, manutenção de três-faz-um. Finalmente alcançamos um quantitativo aceitável
- Mas antes mesmo de disso, “Xíiiii, não tem leito – adapta sala cirúrgica para “virar” UTI constrói hospital de campanha
- Com a infraestrutura e os equipamentos em níveis admissíveis, veio a falta de médicos, enfermeiros, fisioterapeutas habilitados e capacitados para atuarem naquelas condições, que por conhecimento quer pelo absurdo desgaste físico e emocional.
- Aí veio a falta de medicamentos, como aqueles para bloqueio e controle efetivo da infecção
- Quando pensamos que estava tudo resolvido, nos deparamos com a falta de oxigênio,

Evidenciando a interdependência dos componentes da figura acima.

Realidade exposta, o que se fazer para o almejado desfecho (“patient outcome”). Se faz necessário a visão plena dessa interdependência, identificar as zonas de intersecção e finalmente atuar individualmente em cada um dos componentes.

No que tange aos equipamentos, produtos para saúde, se faz imprescindível assegurar sua disponibilidade efetiva, ou seja, estarem prontos ao uso nas condições estabelecidas pelo fabricante, pela legislação sanitária e pelas necessidades do hospital e dos pacientes (up time). Dentre as ações do serviço de Engenharia Clínica, deve ser incluído na gestão das tecnologias:

- Planejamento e seleção – Técnico-Econômico
- Dimensionamento e Especificação
- Elaboração do processo aquisitivo
- Adequação da infraestrutura
- Instalação
- ,Recebimento e Aceitação
- Treinamento técnico e operacional
- Intervenções Técnicas - Manutenções: Preventiva, Preditiva, e Corretiva; Inspeções; Ensaios de segurança e desempenho (“calibração”)
- Desativação

(ABNT, 2011; CRUZ e HAUGAN, 2019; PERRELLA M, HERMINI A.H e CLIQUET Jr., 2002).

---

O segundo quesito de atuação se refere à infraestrutura, o qual demanda uma atenção é mais ampla que os equipamentos, uma vez que contempla:

- Edificações
- Instalações elétricas
- Instalações de gases medicinais
- “Águas e Esgotos”
- Tratamento do ar interno
- Rede de dados
- 

Finalmente as equipes assistenciais, técnicas e operacionais devem estar capacitadas a empregar as melhores práticas assistenciais (médicas, de enfermagem, de fisioterapia motora e respiratória, de nutrição clínica e produção), assim como na utilização, manutenção, controle e conservação de cada equipamento envolvido em suas atividades profissionais.

### Conflitos de Interesse

Os autores declaram não haver nenhum conflito de interesse no presente trabalho.

#### Referências Bibliográficas:

ABNT NBR 15943 - Diretrizes para um programa de gerenciamento de equipamentos de infraestrutura de serviços de saúde e de equipamentos para a saúde – Associação Brasileira de Normas Técnicas – Rio de Janeiro, 2011

BURMESTER, H.; HERMINI, A.H.; FERNANDES, J.A. Gestão de materiais e equipamentos hospitalares. São Paulo: Saraiva. 213p. 2013.

CRUZ, A.M.; HAUGAN, G.L. Determinants of maintenance performance: A resource-based view and agency theory approach. *Journal of Engineering and Technology Management*. v.51, January–March, p.33-47, 2019.

OMS- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Segundo desafio global para a segurança do paciente: Cirurgias seguras salvam vidas (orientações para cirurgia segura da OMS). Rio de Janeiro: Organização Pan-Americana da Saúde; Ministério da Saúde; **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, 2009.

PERRELLA, M.; HERMINI, A.H.; CLIQUET JUNIOR, A. Caracterização dos processos de manutenção dos equipamentos médicos hospitalares. Salvador: **In III Fórum de Tecnologia Aplicada a Saúde**. Outubro, 2002.

RIBEIRO, L. Adesão e efeito do checklist de cirurgia segura na incidência de eventos adversos entre pacientes cirúrgicos. **Tese de Doutorado. UFJF**, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **World alliance for patient safety: WHO draft guidelines for adverse event reporting and learning systems: from information to action**. World Health Organization, 2005.

# Em constante transformação: Os desafios que envolvem a Gestão de Tecnologias Médicas

Por Marcelo Bonfim e Fernanda Teixeira

---

Vamos falar de um ponto crucial: garantir a disponibilidade de recursos tecnológicos é fundamental para garantir um atendimento de qualidade em saúde... Parece simples, mas gerir um parque tecnológico que se reinventa a cada dia exige competências que vão muito além do nicho da tecnologia.

Em qualquer unidade de saúde, o objetivo é sempre oferecer o melhor suporte aos pacientes, seja prevenindo ou tratando doenças. Para isso, a integração entre o humano e o tecnológico é essencial! Se qualquer parte dessa engrenagem falhar – seja uma equipe médica ausente ou um equipamento quebrado – o impacto pode ser significativo, afetando a vida dos pacientes e a eficácia do atendimento.

## E quais os pilares que mantém essa engrenagem girando?

A Engenharia Clínica desempenha um papel fundamental na gestão eficiente dos recursos tecnológicos, mas, para isso, os profissionais precisam estar preparados para uma atuação interdisciplinar.

No dia a dia, é necessário equilibrar vários “pratos”: monitorar indicadores de desempenho, garantir a execução das atividades de acordo com normas técnicas e legislação vigente, monitorar e notificar eventos adversos e queixas

técnicas, acompanhar o ciclo de vida dos equipamentos e ainda, contribuir com a sustentabilidade financeira da instituição



De modo geral, o ciclo de vida das tecnologias envolve 3 grandes etapas:



Nesse contexto, os termos CAPEX e OPEX acompanham muitos dos processos. E o que significam? Quais as diferenças? De forma simplificada, despesas associadas com a aquisição de tecnologias, referem-se à Capex

---

(capital expenditure). Estes são custos capitalizados, ou seja, os itens adquiridos via CAPEX são registrados como ativos no balanço patrimonial e são depreciados ao longo do tempo.

Por outro lado, OPEX (operating expenditure), refere-se as despesas para a operação diária e manutenção contínua do parque tecnológico. Esses custos impactam diretamente o demonstrativo de resultados (DRE) da instituição.



Fernanda Teixeira

LinkedIn: <https://br.linkedin.com/in/fernanda-valente-teixeira-8a79a5179>

Em resumo, enquanto o CAPEX envolve investimentos de longo prazo e é tratado como um ativo, o OPEX abrange os custos operacionais do dia a dia e é registrado como uma despesa. Ambos são fundamentais para uma gestão financeira eficiente e equilibrada e fazem parte do dia a dia da Engenharia Clínica.

### E é aí que mora a interdisciplinaridade...

No dia a dia, a gestão desses ativos vai muito além da bagagem técnica que nós engenheiros estamos habituados em nossas formações. Alguns tópicos importantes:

## 1. Integração entre áreas

Tanto em OPEX, quanto em CAPEX, várias áreas atuam em conjunto para consolidar uma aquisição e/ou contratação de serviços. Em etapa de negociação, o protagonista é o setor de compras, a partir disso, o jurídico atua para consolidar cláusulas e firmar os contratos necessários para garantia de prestação de serviços. Na etapa de pagamentos, áreas administrativas, contábeis e fiscais auxiliam no cumprimento dos compromissos financeiros.

É fundamental que a Engenharia Clínica caminhe em conjunto com todas essas áreas, atuando como integradora desses processos acompanhando cada etapa. Dessa forma, além da avaliação técnica das tecnologias e serviços contratados, é importante possuir uma visão sistêmica e atuar diretamente na gestão dos processos e custos relacionados.



Marcello Bonfim

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/marcello-bonfim-msc-b-e-e-c-e-m-b-a-80729a8/>

Além disso, precisamos estar preparados para entender as demandas assistenciais, dialogando com os profissionais da saúde que atuam em atendimento aos pacientes.

## 2. Gestão Financeira

O grande desafio para Gestão Financeira é conciliar a excelência e a disponibilidade de tecnologias com os custos necessários para manter todos os sistemas em funcionamento. É necessário encontrar o equilíbrio entre a atualização tecnológica feita em CAPEX e os custos de manutenção que serão gerados em OPEX.

Na modalidade de concorrência, aspectos importantes a serem avaliados vão além do custo de aquisição. O grande questionamento é:

Qual o valor para aquisição **E** para manter

esse equipamento funcionando pelos próximos 10 anos?

De acordo com dados do observatório da ANAHP, os custos crescentes na área da saúde têm sido uma preocupação constante em todo o mundo. Muitos hospitais estão enfrentando pressão para controlar esses custos, buscando otimizar a eficiência operacional e explorar modelos de financiamento inovadores, como pagamentos baseados em desempenho e parcerias público-privadas.

O observatório revela uma melhoria na relação receita/despesa dos hospitais, evidenciando um aumento na eficiência técnica e operacional no uso dos recursos financeiros.

## RECEITA LÍQUIDA E DESPESA TOTAL POR SAÍDA HOSPITALAR (R\$) VARIÇÃO NOMINAL ANUAL - MÉDIA DOS HOSPITAIS ANAHP | 2009 - 2023



Fonte: Observatório Anahp

Confira os dados do Balanço Observatório Anahp em:  
<https://www.anahp.com.br/publicacoes/balanco-observatorio-anahp-1a-edicao-marco-2024/>



### 3. Gestão da Manutenção

A tecnologia foi instalada. E agora? Visando diminuir a ocorrência de paradas de equipamentos inesperadas e custos não planejados, assim como para prolongar a vida útil dos equipamentos é importante ter um Plano de Manutenção estruturado, com o cronograma de execução de manutenções preventivas.

### 4. Análise de dados

E por fim, a “menina dos olhos” é a gestão eficiente de dados. Todos esses processos geram uma grande volumetria de informações que norteiam a tomada de decisão. Além dos indicadores de desempenho muito disseminados e utilizados pelas equipes de engenharia clínica, há várias oportunidades de análises que podem ser exploradas.

Um exemplo é a gestão de contratos. Com a avaliação do histórico de manutenções é possível traçar um padrão de trocas de determinados componentes conforme o tempo de utilização e essa informação pode nortear o planejamento financeiro e as negociações de coberturas de peças nos contratos de prestação de serviços.

Encontre mais informações sobre análise de dados no artigo Estratégias Baseadas em Dados, disponível em:

<https://periodicos.fgv.br/gvexecutivo/article/download/89909/84370/199306>.

**Fernanda Valente Teixeira**

Analista de Engenharia Clínica PL  
Hospital Sírio Libanês



# Aumentando a hiperconvergência

Por Lilian Hoffmann

Há mais de 12 anos, um grande fornecedor de infraestrutura de tecnologia da informação, cunhou o termo hiperconvergência, para nomear uma arquitetura de infraestrutura de TI que combinava computação, armazenamento e rede em uma única plataforma integrada, gerenciada de forma centralizada.

Até então recursos de processamento e memória, discos de armazenamento e serviços de rede trabalhavam em silos, não usufruindo dos benefícios de uma gestão unificada, da simplicidade na consolidação de componentes e da escalabilidade.

Segundo estudo publicado pela Fortune Business Insights o tamanho do mercado global de infraestrutura hiperconvergente foi avaliado em US\$ 9,66 bilhões em 2023. O mercado está projetado para crescer de US\$ 11,98 bilhões em 2024 para US\$ 61,49 bilhões até 2032, apresentando um CAGR de 22,7% durante o período previsto.



Lilian Hoffmann  
LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/lilian-quintal-hoffmann-491a3312/>



---

Quando refletimos sobre o que motivou a hiperconvergência, não é incomum pensarmos em simplificação, demanda por agilidade, inovação e custo.

E se usássemos uma metáfora da hiperconvergência entre as áreas de tecnologia de um hospital, considerando que engenheiros clínicos, programadores, analistas, cientistas de dados, administradores de redes, especialistas em segurança e técnicos de suporte trabalhassem sob uma única “arquitetura”, gerenciados pelo mesmo “software”, ou seja, no mesmo ambiente e sob a mesma direção.

Sim, teríamos uma melhor coordenação do cuidado, aproveitando todo o dado a respeito do paciente sob um único olhar, sejam eles dados do prontuário, um traçado eletroencefalográfico, um exame de imagem, um plano terapêutico ou um comportamento capturado por um wearable. Provavelmente mais automação e eficiência, reduzindo redundâncias de tecnologias e processos. Certamente mais segurança, por ter uma interlocução integrada com os desafios da cybersegurança, resultando em uma melhor experiência do paciente, através de informações e dispositivos trabalhando de forma fluida e única, resultando em um cuidado mais ágil e personalizado.

**Mas quem deveria liderar esse movimento? A área de tecnologia ou a área de engenharia clínica?**

Não há uma única resposta, seria o mesmo se dissessemos que o armazenamento pode ser poder computacional ou serviço de rede, não é sobre quem, mas sobre como.

O como, dentro da metáfora do uso da mesma “arquitetura” e do mesmo “software”, passa pela análise de quem está mais pronto para assumir este desafio e isto depende de cada instituição, de cada maturidade das respectivas áreas.

A hiperconvergência das áreas de TI e Engenharia Clínica é essencial para um hospital moderno, somente desta forma promoveremos uma gestão mais integrada e centrada no paciente.

E a sua instituição? Vai começar quando?



---

# Revolução Silenciosa: Como a IA Está Transformando a Engenharia Clínica

Por David Oliveira – Especialista em automação para saúde

A engenharia clínica está experimentando uma transformação significativa com o advento da inteligência artificial (IA). Esta mudança não apenas otimiza processos, mas redefine o papel do engenheiro clínico no ecossistema de saúde.

## Impacto da IA na Engenharia Clínica

A IA revoluciona a manutenção preditiva, permitindo que engenheiros clínicos antecipem falhas em equipamentos médicos. Algoritmos de aprendizado de máquina analisam dados em tempo real, identificando padrões que indicam possíveis problemas. Isso resulta em menor tempo de inatividade, custos reduzidos e melhor atendimento ao paciente.

Além disso, a IA aprimora a gestão de inventário e alocação de recursos. Sistemas inteligentes preveem a demanda por equipamentos específicos, otimizando a distribuição e reduzindo desperdícios.

## Colaboração e Integração

O novo papel da engenharia clínica exige uma abordagem colaborativa. Engenheiros clínicos trabalham mais próximos de equipes médicas, de TI e administração hospitalar, permitindo:

1. Melhor compreensão das necessidades clínicas
2. Implementação eficaz de novas tecnologias
3. Tomada de decisões baseada em dados

## Desafios e Oportunidades

A adoção da IA traz desafios, como a necessidade de treinamento contínuo e questões éticas sobre uso de dados.



David Oliveira – LinkedIn:  
<https://www.linkedin.com/in/ciodavid/>

Contudo, abre oportunidades para desenvolvimento de soluções personalizadas, melhoria na segurança do paciente e aumento da eficiência operacional.

## O Futuro da Engenharia Clínica

O futuro é promissor e desafiador. A IA não substituirá os engenheiros clínicos, mas potencializará suas capacidades. O foco mudará de tarefas reativas para estratégias proativas de gerenciamento de tecnologia médica.

Para se preparar, os profissionais devem:

- Investir em educação contínua em IA e análise de dados
- Desenvolver habilidades de comunicação interdisciplinar
- Manter-se atualizados sobre regulamentações e questões éticas

A engenharia clínica do futuro será caracterizada por uma abordagem holística, onde tecnologia e cuidado humano se complementam para oferecer o melhor atendimento possível aos pacientes.

---

# Liderança Eficaz na Era da Transformação Digital: O Desafio nas Organizações de Saúde

Por Mônica Bezerra

---

A transformação digital impõe desafios às organizações de saúde, demandando uma adaptação contínua a novas tecnologias e processos. Nesse cenário, o papel dos líderes torna-se fundamental, exigindo não apenas conhecimento técnico, mas também, a habilidade de conduzir equipes por mudanças rápidas e, muitas vezes, disruptivas.

Integrar a tecnologia como elemento central na estratégia organizacional é essencial nestes novos tempos. A implementação de inovações como inteligência artificial, big data e telemedicina requer profissionais que atuem como catalisadores de mudança, fomentando uma cultura de aprendizado e adaptabilidade.

Superar a resistência à mudança é um dos maiores desafios. Processos enraizados e a preferência pelo status quo podem criar barreiras significativas. Comunicar a necessidade de transformação e demonstrar os benefícios concretos das novas tecnologias, como melhorias na eficiência operacional e na segurança do paciente.

Além disso, é necessário desenvolver habilidades além da administração tradicional, como a capacidade de analisar dados e tomar decisões informadas. Líderes eficazes na era digital promovem uma cultura de inovação, onde experimentação e prototipagem são valorizadas.

Por fim, a transformação digital requer um modelo de trabalho mais colaborativo. É importante capacitar as equipes, criando um ambiente de compartilhamento de conhecimento e onde diversas vozes são ouvidas.



Mônica Bezerra - LinkedIn:

<https://www.linkedin.com/in/m%C3%B4nica-bezerra-28663829/>

## Referência bibliográfica:

CHRISTENSEN, Clayton M. O dilema da inovação: quando as novas tecnologias levam as empresas ao fracasso. São Paulo: M. Books do Brasil, 2012.

ISMAIL, Salim. Organizações exponenciais: por que elas são 10 vezes melhores, mais rápidas e

mais baratas do que a sua (e que fazer a respeito disso). São Paulo: Alta Books Editora, 2019

CARLI, Edson. Gestão de Mudanças Aplicada a Projetos: Ferramentas de Change Management para Unir PMO e CMO. São Paulo: Brasport Livros e Multimídia, 2015.

---

# Liderança 5.0 na área hospitalar

## Como isso vai impactar seus resultados?

Por Fabrizio Rosso

Vamos começar com um fato inegável: Na pandemia, a tecnologia revirou as nossas vidas tanto do ponto de vista profissional quanto familiar. Ela não pediu licença, simplesmente derrubou a porta dos nossos lares e invadiu as nossas casas.

Hoje analisando as equipes e líderes que atravessaram com mais sucesso esses 2 anos de crise, encontramos um modelo mais inteligente de gestão, acoplado as mudanças digitais, denominado: **LIDER 5.0**.

Na prática, esse novo conceito tem três pilares de sustentação (ACM):

### **PILAR 01:** Arquiteto de Significados

Diante das novas gerações no trabalho, o cenário e as demandas por: Feedback Constante, Senso de missão e contribuição para um propósito vem ganhando uma importância estratégica... Líderes que ainda não entenderam isso, vão continuar sofrendo de miopia gerencial e amargando alta rotatividade.

### **PILAR 02:** Catalisador de Transformação

Metodologias ágeis não são novidade... a novidade é o Líder 5.0 usá-las de fato com tecnologia e de maneira inteligente. Não dá mais para fazer avaliação de desempenho por competências em papel ou em planilha de Excel... Hoje, com softwares e aplicativos, como por exemplo, o GCPEC da FATOR RH (que implantamos nos hospitais), um líder pode registrar um Feedback de Elogio ou orientação por comando de voz no celular em menos de 2 minutos.



Prof. Dr. Fabrizio Rosso - LinkedIn:  
<https://www.linkedin.com/in/fabrizio-rosso-fatorrh/>

Para catalisar mudanças é preciso ter modelo de competência e tecnologia ágil ao alcance das mãos dos gestores. Para entender melhor, recomendo o episódio 42 – Gestão por Competências do Podcast “5 Minutos de Gestão”

<https://www.youtube.com/@fatorrhconsultoria>

**PILAR 03:** Maestro de Equipes: um Líder 5.0 busca o equilíbrio entre a tecnologia e o humano... as melhores equipes durante a pandemia, foram aquelas que o gestor usou o princípio da “proximidade emocional” no qual cuidar de gente é fundamental para manter e melhorar resultados. Sem um maestro para inspirar uma orquestra, infelizmente, teremos um monte de instrumentos, mas não haverá sinfonia.

---

# Qualidade assistencial e o papel da Engenharia Clínica

Por Alexandre Bonfim

A maioria das instituições valoriza profundamente a adoção de modelos de qualidade assistencial. Nesses contextos, os modelos de gestão que destacam a qualidade como uma ferramenta essencial para a integração de processos e o desenvolvimento contínuo têm demonstrado resultados cada vez melhores, não apenas nos desfechos clínicos, mas também nos resultados financeiros.

Nesse sentido, a experiência como avaliador nos permite compreender o que é essencial e evidenciar a importância da integração das diversas áreas. Naturalmente, a engenharia clínica não pode ser excluída desse processo. Atualmente, a engenharia clínica não é apenas um serviço de apoio, mas uma peça fundamental dentro da complexa engrenagem que é a gestão dos serviços de saúde. Não se espera apenas que existam etiquetas indicando a validade das calibrações ou da manutenção preventiva, e que isso seja do conhecimento da equipe. É crucial que a equipe saiba interagir da melhor forma com os equipamentos, considerando as questões relacionadas à engenharia de fatores humanos em qualquer momento de qualquer processo dentro da área de atenção direta ao paciente.

Além disso, é vital que o próprio paciente e seus familiares tenham uma interface adequada com os equipamentos, compreendendo suas funções e sabendo o que observar ao estar conectado ou ter um parente conectado a um dispositivo. Mais importante ainda, é que eles possam participar ativamente dessas atividades e interfaces, co-criando o cuidado junto com os profissionais de saúde.



Prof. Dr. Fabrizio Rosso - LinkedIn:

<https://www.linkedin.com/in/fabrizio-rosso-fatorrh/>

A certificação de qualidade, por sua vez, desempenha um papel crucial na validação dos processos e na garantia de que as melhores práticas estão sendo seguidas. A engenharia clínica contribui significativamente para a obtenção e manutenção dessas certificações, ao implementar melhorias contínuas nos processos e assegurar que todos os equipamentos estejam em conformidade com os padrões estabelecidos. Essa abordagem não só eleva o nível de segurança e eficiência, mas também fortalece a confiança dos pacientes e familiares nos serviços prestados.

Portanto, mais do que nunca, a engenharia clínica se posiciona como um grande aliado na construção de um ambiente seguro, de alta qualidade e que proporciona uma excelente experiência ao paciente. A integração dessas áreas e a participação ativa de todos os envolvidos são fundamentais para alcançar a excelência na prestação de cuidados de saúde.

---

# Treinamentos Corporativos na Engenharia Clínica: integrando competências para Excelência em Saúde

Por Kely Pereira e João Oliveira

Na base de todo hospital bem-sucedido, a Engenharia Clínica é uma força motriz invisível, garantindo que a tecnologia suporte e proteja a vida. No entanto, os desafios enfrentados pelos engenheiros clínicos são complexos e, muitas vezes, solitários. O tempo dedicado a resolver problemas emergenciais consome horas preciosas que poderiam ser usadas para transformar números em estratégias que impactem a segurança do paciente e a sustentabilidade organizacional.

Nesse contexto, os treinamentos corporativos emergem como ferramentas indispensáveis para o desenvolvimento de competências técnicas e comportamentais que não só qualificam o profissional, mas reposicionam o setor como peça-chave no cuidado à saúde.

## Por Que Treinamentos Corporativos São Indispensáveis na Engenharia Clínica?

**1. Atualização Técnica em Ritmo Acelerado:** A cada ano, novas regulamentações, dispositivos e padrões desafiam a capacidade dos engenheiros clínicos de se manterem atualizados. Estudos da OMS mostram que 70% dos incidentes adversos relacionados a equipamentos poderiam ser evitados com treinamentos apropriados. A obsolescência tecnológica e a falta de familiaridade com novos dispositivos são problemas críticos em um setor que não aceita erros.



Kely Pereira - LinkedIn:

<https://www.linkedin.com/in/kelypereira/?originalSubdomain=br>

## Soluções Inovadoras:

- Simuladores realistas para prática segura.
- Certificações internacionais que atestam a competência em novas tecnologias.
- Abordagens baseadas em problemas reais para conectar aprendizado à prática cotidiana.

## 2. Gestão de Pessoas e Comunicação Eficaz:

Os desafios da gestão de pessoas e do trabalho em equipes multidisciplinares são uma constante para o engenheiro clínico. A incapacidade de alinhar expectativas, resolver conflitos ou comunicar-se de forma assertiva pode resultar em impactos diretos na operação hospitalar. Segundo o Institute for Healthcare Improvement, falhas de comunicação representam até 30% dos eventos adversos hospitalares.





João Oliveira - LinkedIn:  
<https://br.linkedin.com/in/joaooliveiradesouza>

### Soluções Estratégicas:

- Treinamentos de inteligência emocional para melhorar a colaboração.
- Dinâmicas voltadas à escuta ativa e comunicação não-violenta.
- Simulações integradas com equipes técnicas e assistenciais para alinhamento e empatia.

### 3. Transformação Digital: A Engenharia Clínica do Futuro

Com a chegada de tecnologias como a realidade aumentada e a inteligência artificial, o engenheiro clínico precisa estar preparado para lidar com metodologias híbridas de trabalho, além de ferramentas de análise preditiva que transformam dados brutos em insights estratégicos.

### Tendências para 2025:

- Plataformas de aprendizagem adaptativa personalizadas.
- Realidade virtual para simulações imersivas.
- Treinamentos híbridos que combinam a flexibilidade do online com a eficácia do presencial.
- O Impacto dos Treinamentos Corporativos no Hospital

Investir em capacitação não é apenas um custo; é um retorno garantido. Organizações que priorizam treinamentos relatam benefícios claros:

- 24% de aumento na margem de lucro, segundo a Association for Talent Development (ATD).
- Redução de até 50% em erros operacionais.
- Força de trabalho mais engajada, com maior retenção de talentos.

Além disso, programas de treinamento bem estruturados promovem:

- Segurança do paciente, reduzindo eventos adversos.
- Inovação contínua, com profissionais mais preparados para a transformação digital.
- Excelência organizacional, fortalecendo o posicionamento da instituição no mercado de saúde.



## Conclusão: A Engenharia Clínica Como Protagonista

Para os engenheiros clínicos que sentem que seu papel é subvalorizado frente à indústria, os treinamentos corporativos oferecem uma oportunidade única de mudar o jogo. Eles não apenas aprimoram habilidades técnicas e interpessoais, mas também reafirmam a importância estratégica do setor na segurança e na eficiência assistencial.

Na Arkmeds, acreditamos que investir em desenvolvimento é investir em vidas.

Nossos programas de treinamento são cuidadosamente planejados para atender às demandas reais do ambiente hospitalar, oferecendo certificações de alto valor, metodologias práticas e tecnologias de ponta.

Conheça nossos treinamentos e dê o próximo passo rumo à excelência na Engenharia Clínica.

- Palavras-chave: Treinamento Corporativo, Engenharia Clínica, Transformação Digital, Segurança do Paciente, Desenvolvimento Profissional



---

# Gêmeos Digitais: o elo entre o físico e o digital

Por Thiago Bajur

Imagine um mundo onde você pode prever falhas, otimizar o desempenho e garantir a segurança de equipamentos médicos essenciais antes mesmo de qualquer problema ocorrer. Essa não é uma ideia futurista, mas uma realidade possibilitada pelos gêmeos digitais. Esses modelos virtuais altamente precisos são capazes de replicar em tempo real o comportamento de dispositivos físicos, oferecendo uma revolução na manutenção de equipamentos médicos e na engenharia clínica. Mas como exatamente eles funcionam, e por que estão se tornando indispensáveis no setor da saúde? Descubra como essa tecnologia transforma desafios em oportunidades no restante deste artigo.

## 1. O conceito inicial de simulação

O conceito de gêmeos digitais começou a tomar forma nas décadas de 1960 e 1970, quando os avanços tecnológicos começaram a permitir o uso de modelos computacionais para simular sistemas físicos. Durante esse período, engenheiros e cientistas se apoiaram em representações matemáticas e computacionais para prever o comportamento de sistemas complexos sem a necessidade de construir protótipos físicos completos. Essa abordagem era inovadora e rapidamente transformou setores como a aviação, a engenharia mecânica e até a exploração espacial.

Um exemplo marcante desse desenvolvimento ocorreu na **NASA**, que

desempenhou um papel crucial na evolução das simulações digitais. Durante o programa Apollo, a agência começou a criar modelos digitais altamente detalhados para testar e modelar os componentes das naves espaciais. Esses modelos não apenas ajudaram a prever o desempenho das naves em condições extremas, como também foram fundamentais para identificar possíveis falhas e garantir a segurança das missões. Por exemplo, no famoso caso do Apollo 13, a NASA usou simulações computacionais para entender a situação crítica em tempo real e orientar os astronautas em segurança de volta à Terra.



Thiago Bajur - LinkedIn:  
<https://br.linkedin.com/in/bajur>

Essas práticas pioneiras evidenciaram o valor de criar réplicas digitais que pudessem fornecer informações detalhadas sobre o comportamento de sistemas físicos complexos. À medida que os computadores evoluíram, passando de máquinas que realizavam cálculos simples para sistemas capazes de processar grandes volumes de dados e simular múltiplos cenários, o conceito começou a se expandir para outros campos, plantando as sementes do que hoje conhecemos como gêmeos digitais. Com o tempo, essas simulações evoluíram, integrando sensores, bancos de dados em tempo real e algoritmos avançados de análise. A transição de simples modelos matemáticos para sistemas digitais dinâmicos abriu caminho para a aplicação mais ampla da tecnologia, especialmente em setores como saúde, automação industrial e engenharia clínica, onde precisão e previsibilidade são essenciais.

## 2. Origem do termo "gêmeo digital"

Embora as bases do conceito existam desde as simulações iniciais realizadas no setor industrial, o termo "gêmeo digital" foi formalizado em 2002 por Michael Grieves, professor e pesquisador renomado, durante uma apresentação na Universidade de Michigan. Ele concebeu a ideia como uma abordagem revolucionária para o ciclo de vida do produto, propondo uma integração dinâmica entre o mundo físico e o digital. O conceito proposto por Grieves consistia em três elementos fundamentais:

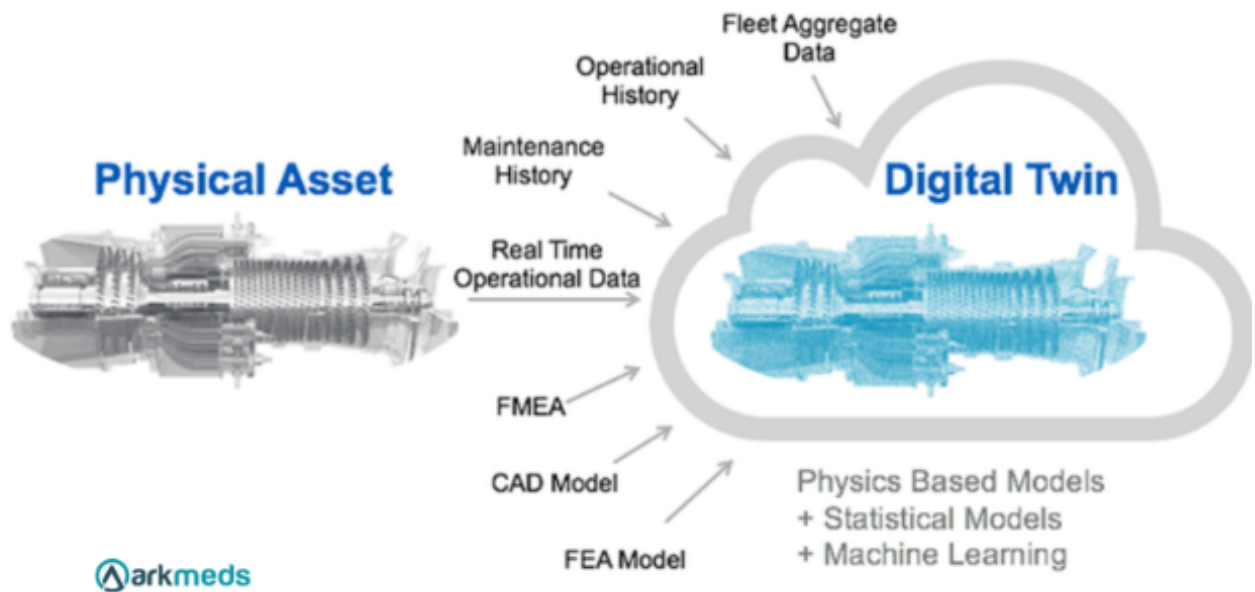
1. Um modelo físico real, representando o produto ou sistema em operação no mundo físico.

2. Um modelo virtual sincronizado, que seria uma réplica digital precisa, capaz de espelhar as condições e o comportamento do modelo físico.

3. Um fluxo contínuo de dados entre os dois modelos, permitindo que as informações coletadas do mundo físico fossem analisadas no mundo digital e vice-versa.



Essa ideia não só visava aprimorar o design e o gerenciamento de produtos ao longo de seu ciclo de vida, como também possibilitava prever falhas, otimizar processos e reduzir custos. Inicialmente, a aplicação estava mais concentrada na indústria aeroespacial e automotiva, mas, com o avanço das tecnologias de sensoriamento, conectividade e inteligência artificial, o conceito evoluiu e expandiu para diversas áreas, incluindo a engenharia clínica.



\*A imagem ilustra a interação entre um ativo físico (Physical Asset) e seu gêmeo digital (Digital Twin). O ativo físico representa o sistema ou equipamento real, enquanto o gêmeo digital é sua réplica virtual alimentada por dados operacionais em tempo real, históricos de manutenção e operação, além de modelos como FMEA, CAD e FEA. O gêmeo digital combina modelos baseados em física, estatística e aprendizado de máquina para prever falhas, otimizar desempenho e fornecer análises em nível de frota.

### 3. Avanços tecnológicos impulsionadores

Nos anos 2010, o desenvolvimento de dispositivos IoT tornou o conceito de gêmeo digital mais viável e acessível. Com sensores instalados em máquinas, carros, edifícios e outros sistemas físicos, tornou-se possível:

- Capturar dados em tempo real.
- Sincronizar esses dados com modelos digitais para análises e otimizações.

Isso permitiu que os gêmeos digitais fossem aplicados em tempo real, ajudando na manutenção preditiva, simulação e tomada de decisão baseada em dados.

Os gêmeos digitais também evoluíram a partir de uma combinação de tecnologias avançadas que promovem integração, acessibilidade e eficiência. Entre os principais avanços estão:

- **Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina (AI/ML):** Habilitam análises preditivas, otimizam processos e humanizam a interação com o usuário por meio de LLMs (Large Language Models).
- **Computação em Nuvem e Poder Computacional:** Fornecem infraestrutura escalável para processar grandes volumes de dados IoT e executar algoritmos de IA em tempo real.
- **Big Data e Padronização de Dados:** Gerem dados em larga escala e garantem interoperabilidade com padrões como HL7 e DICOM, essenciais em setores como saúde.
- **Integração via APIs:** Facilitam a conectividade com sistemas como CMMS, ERPs e plataformas corporativas, permitindo decisões integradas e automação operacional.

- Democratização e Acessibilidade de Sensoriamento: Sensores acessíveis e conectividade baseada em padrões expandem o uso dos gêmeos digitais para empresas de todos os tamanhos.
- Realidade Aumentada e Virtual (AR/VR): Proporcionam visualização imersiva e diagnósticos remotos, tornando a interação com os modelos mais intuitiva.
- Conectividade com Equipamentos: Integração em tempo real com dispositivos físicos, utilizando padrões como DICOM para imagens e HL7 para dados estruturados, aumenta a precisão e a interoperabilidade.
- CMMS e Automação: Integram dados em tempo real, permitindo manutenção preditiva e ações corretivas planejadas de forma proativa.

#### 4. Classificações e Aplicações do Digital Twin

O conceito de Digital Twin pode ser subdividido em três tipos principais, que variam conforme o nível de conectividade entre o modelo físico e o modelo digital. É importante destacar que muitos sistemas rotulados como "gêmeos digitais" nem sempre possuem o nível de integração completo definido por Michael Grieves, o criador do conceito original. Essa distinção é fundamental para evitar confusões e definir o grau de funcionalidade dos sistemas. Abaixo estão as três classificações principais:

##### 1. Modelo Digital

O Modelo Digital é o nível mais básico de simulação. Neste caso, não há troca automática de dados entre o objeto físico e seu modelo virtual. Todos os dados são inseridos ou atualizados manualmente, e

alterações no modelo físico ou digital não têm impacto direto um no outro. Essa abordagem é útil para análises pontuais ou cenários onde a atualização em tempo real não é uma prioridade.

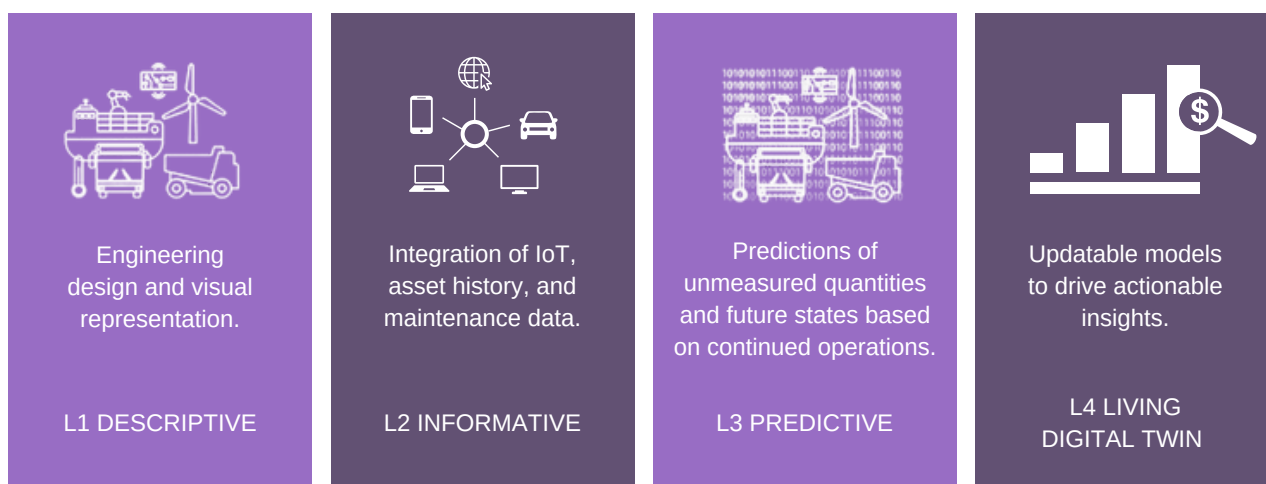


##### 2. Sombra Digital

A Sombra Digital representa um avanço significativo em relação ao modelo digital. Aqui, existe um fluxo automático de dados do modelo físico para sua contraparte digital. Alterações no objeto físico são refletidas automaticamente na sombra digital, permitindo monitoramento em tempo real. No entanto, a interação ocorre apenas em uma direção – o modelo digital não influencia diretamente o objeto físico.

##### 3. Gêmeo Digital

O Gêmeo Digital é o nível mais sofisticado, apresentando um fluxo de dados bidirecional. Isso significa que o modelo digital e o objeto físico podem influenciar um ao outro. Alterações no físico são refletidas no digital, e, ao mesmo tempo, decisões ou ajustes feitos no modelo digital podem ser aplicados diretamente ao sistema físico. Esse fluxo contínuo, completamente integrado, é o que torna um Digital Twin autêntico. Essa bidirecionalidade é essencial para aplicações avançadas, como manutenção preditiva, otimização de processos e automação de operações.



A imagem acima apresenta as quatro etapas evolutivas para atingir o estado da arte de um gêmeo digital, conhecido como L4 – Living Digital Twin. Cada nível representa um avanço no uso da tecnologia, culminando em um modelo altamente dinâmico e orientado por dados acionáveis. Vamos entender cada etapa:

### L1 – Descriptive (Descritivo)

No nível **L1**, o foco está na **representação visual e no design de engenharia**, normalmente utilizando ferramentas como CAD 3D. Nesse estágio, os modelos digitais oferecem uma visualização detalhada do ativo físico, facilitando o entendimento de sua estrutura e design. A entrega de informações vinculadas a um espaço tridimensional reduz significativamente o esforço cognitivo necessário para assimilar os dados, pois os operadores podem identificar rapidamente componentes específicos, compreender suas funções e planejar interações no contexto do ativo real.

### L2 – Informative (Informativo)

Na transição para o nível **L2**, os gêmeos digitais começam a integrar dados operacionais e históricos. Informações provenientes de dispositivos IoT, histórico

### L3 – Predictive (Preditivo)

No nível **L3**, o gêmeo digital utiliza algoritmos avançados para realizar previsões baseadas em estados futuros e grandezas não mensuradas diretamente. Isso é possível por meio de análises contínuas e modelagem preditiva, onde o comportamento do ativo é projetado com base em seu histórico e em condições de operação. Essa etapa permite prever falhas, otimizar processos e planejar manutenções de maneira proativa, aumentando a eficiência e reduzindo custos operacionais.

### L4 – Living Digital Twin (Gêmeo Digital Vivo)

O estado da arte é alcançado no nível **L4**, onde o gêmeo digital se torna um sistema totalmente **atualizável e interativo**, capaz de fornecer **insights acionáveis**. Nesse estágio, o modelo digital não só reflete o estado atual do ativo físico como também sugere e orienta ações específicas com base em dados em tempo real e análises preditivas. O gêmeo digital vivo é uma ferramenta estratégica que combina todas as etapas anteriores para oferecer um controle abrangente, permitindo decisões rápidas e otimizadas em ambientes industriais e operacionais.

---

A jornada para o estado da arte de um gêmeo digital começa com representações visuais descritivas que simplificam o entendimento (L1), passa pela integração de dados informativos (L2), avança para capacidades preditivas (L3) e culmina em um modelo dinâmico e interativo que guia decisões estratégicas (L4). Essa evolução reduz complexidades operacionais, melhora a eficiência e habilita um controle sem precedentes sobre os ativos físicos.

## O Desafio nas Indústrias Complexas

Setores complexos, como as indústrias de processo e até mesmo centros de saúde, enfrentam desafios únicos no gerenciamento da integridade de ativos. Estas operações geralmente envolvem um grande número de equipamentos e sistemas distribuídos, onde o gerenciamento de manutenção e inspeção exige um alto grau de organização e eficiência. Alguns dos problemas típicos incluem:

- Desorganização de informações: Dados espalhados por múltiplos sistemas, dificultando o acesso a manuais, procedimentos e históricos de manutenção.
- Orçamentos restritos: A necessidade de cumprir as atividades dentro de limites financeiros apertados, deixando pouco espaço para imprevistos.
- Ineficiências operacionais: A execução descoordenada das tarefas pode levar a retrabalhos, atrasos e desperdício de recursos.
- Perda de conhecimento: Com o aumento de turnover e falta de documentação do conhecimento tácito as empresas não conseguem reter informações valiosas.

Gestores não conseguem ter insights: Com a quantidade massiva de informações disponíveis e pouco tempo dedicado para atividades estratégicas gestores são tragados pelo operacional e são limitados para conseguir realizar as decisões que iriam trazer maior ganho para a organização.

Esses desafios criam o cenário perfeito para a aplicação de gêmeos digitais, que podem revolucionar a maneira como as empresas gerenciam suas operações.

## A Revolução do Digital Twin na Operação e Manutenção

Na fase de operação e manutenção, um Digital Twin autêntico pode ser uma ferramenta essencial para centralizar e simplificar o gerenciamento de ativos. Sua aplicação oferece diversas vantagens, como:

- Centralização de informações: O gêmeo digital consolida todos os dados necessários para a execução de inspeções e manutenções em um único sistema. Isso inclui manuais, históricos de manutenção, fluxos de trabalho e análises em tempo real, eliminando a necessidade de buscar informações em múltiplas plataformas.
- Alocação visual de recursos: Graças ao fluxo contínuo de dados, o gêmeo digital permite identificar áreas de maior risco e priorizar atividades. Isso torna possível escalonar tarefas entre equipes, otimizando o uso de recursos humanos e financeiros.



- Sincronização em tempo real: Operadores podem atualizar dados diretamente do campo, e essas informações são automaticamente sincronizadas no modelo digital. Essa funcionalidade reduz o risco de inconsistências e melhora a comunicação entre as equipes.
- Inteligência Artificial integrada: Equipado com algoritmos de IA, o gêmeo digital

pode processar dados em tempo real e gerar insights valiosos, como:

- Previsão do tempo de degradação de ativos.
- Estimativas de orçamento para manutenção e inspeção.
- Simulações de cenários específicos para identificar falhas potenciais e testar soluções de forma virtual.



A imagem acima exemplifica a aplicação de um gêmeo digital na análise de padrões de falha, revelando que as manutenções preventivas realizadas em um arco C não estavam sendo suficientes. Este desenvolvimento foi conduzido pela startup Arkmeds em parceria com a MWM, do setor automotivo, e a Siemens, com financiamento da ABDI (Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial).

Durante o monitoramento, o gêmeo digital identifica automaticamente padrões de falha e gera ordens de serviço com instruções detalhadas integrando o histórico completo

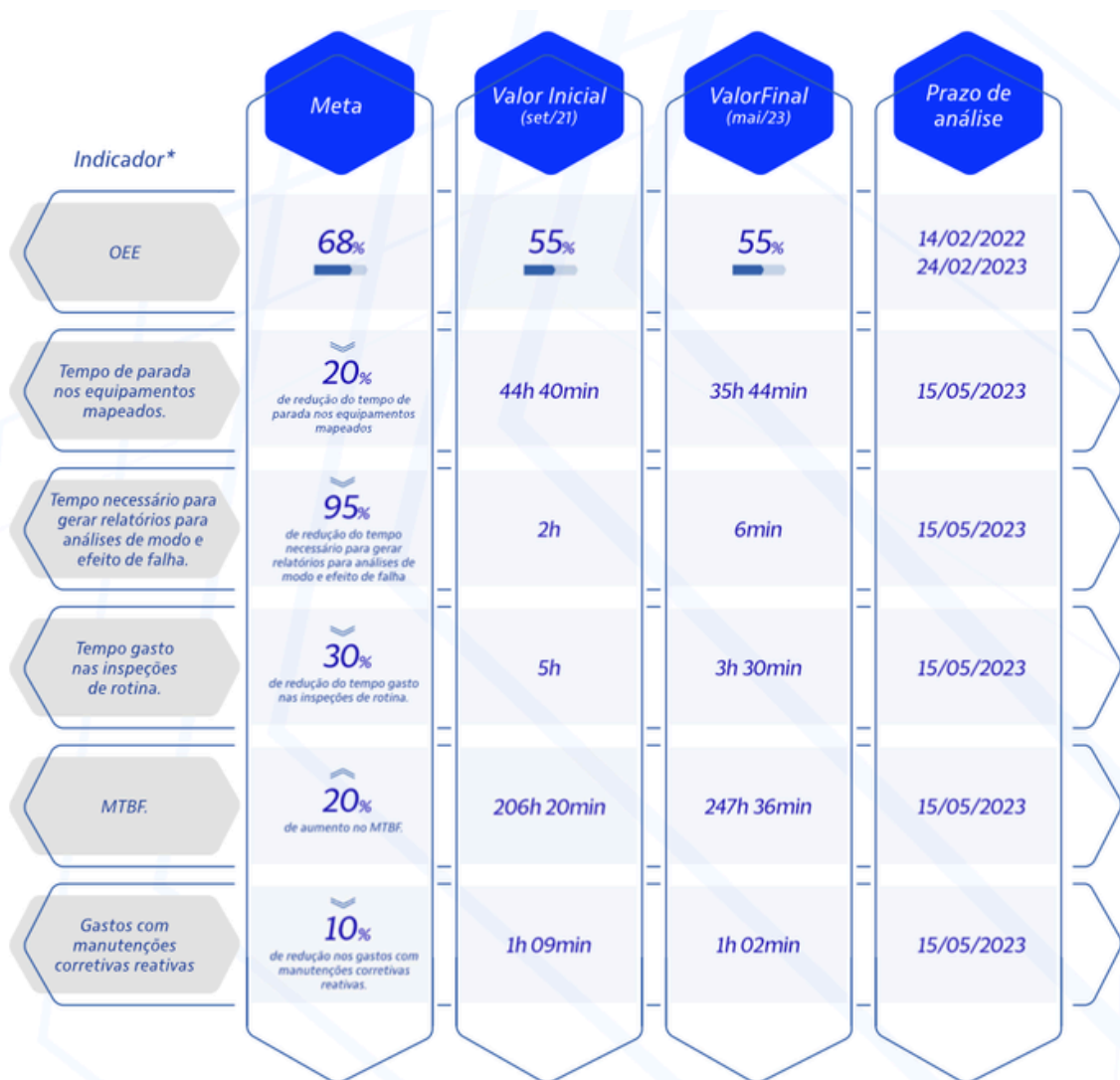
do ativo e o conhecimento acumulado dos técnicos de manutenção. Além disso, ao iniciar uma manutenção corretiva, o sistema utiliza sua base de conhecimento para fornecer orientações específicas, garantindo reparos mais rápidos, precisos e eficazes.

Essas funcionalidades não apenas aumentam a eficiência, mas também reduzem o tempo e o esforço necessário para executar atividades críticas, além de diminuir o risco de falhas inesperadas.

## Impactos na Produtividade e Rentabilidade

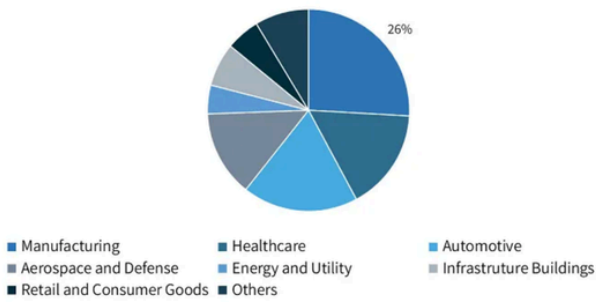
A adoção de gêmeos digitais na operação e manutenção representa uma mudança de paradigma. Empresas podem esperar:

- Menor risco operacional: Identificação e mitigação de problemas antes que eles ocorram.
- Maior eficiência e produtividade: Equipes mais bem organizadas, acesso simplificado às informações e tarefas otimizadas.
- Controle total sobre operações: Monitoramento em tempo real e insights acionáveis que tornam a tomada de decisão mais ágil e precisa.
- Maior rentabilidade: Redução de custos com manutenção corretiva e otimização do uso de recursos.



Resultados obtidos pelos demonstradores de tecnologia apoiados pela ABDI em parceria com a consultoria Neo da UFRGS, utilizando a tecnologia Arkmeds. A tabela apresenta indicadores de desempenho, como OEE, tempo de parada, tempo para geração de relatórios e tempo gasto em inspeções de rotina, além de melhorias no MTBF e na redução de gastos com manutenções corretivas. Os dados comparam os valores iniciais (setembro de 2021) com os resultados finais (maio de 2023), destacando metas atingidas, como redução de tempo e custos, e avanços significativos em eficiência operacional. Com sua capacidade de integrar sistemas, dados e equipes em uma única plataforma, os gêmeos digitais não são apenas uma solução tecnológica – eles representam o futuro da gestão de ativos industriais. O impacto dessa tecnologia é claro: mais segurança, eficiência e competitividade para as empresas que adotarem essa inovação.

Digital Twin Market Share, By End-Use, 2023



Source: www.gminsights.com

Gráfico de pizza representando a participação de mercado dos gêmeos digitais por setor de aplicação em 2023. Os principais setores incluem manufatura (29%), saúde, automotivo, aeroespacial e defesa, energia e utilidades, infraestrutura e construção, além de bens de consumo e varejo e outros. O gráfico destaca o domínio do setor de manufatura, seguido de perto por outras indústrias críticas que estão impulsionando a adoção de gêmeos digitais.

Fonte: gminsights.com.

## 6. A visão futura

Os gêmeos digitais estão no centro de uma transformação tecnológica que promete revolucionar diversos setores, consolidando seu papel como uma das tecnologias mais impactantes do século XXI. Com aplicações que vão desde o planejamento urbano até a exploração espacial, sua evolução tem potencial para moldar o futuro em escala global. Alguns dos cenários mais promissores incluem:

- **Cidades inteligentes:** Representações digitais de cidades inteiras permitem simular e otimizar a infraestrutura urbana. Isso inclui o planejamento urbano eficiente, gerenciamento avançado de tráfego em tempo real, monitoramento ambiental para redução de emissões e otimização do consumo de energia em prédios e sistemas públicos.
- **Exploração espacial:** Gêmeos digitais estão sendo integrados em missões

especiais para modelar cenários em ambientes extremos. Por exemplo, missões a Marte podem usar gêmeos digitais para prever desafios, testar estratégias e otimizar a manutenção de equipamentos em condições remotas e hostis.

- **Engenharia de manutenção e monitoramento da saúde de produtos:** No setor de engenharia clínica e manutenção, os gêmeos digitais fornecem um monitoramento contínuo de equipamentos, permitindo prever falhas e realizar manutenção preditiva. Essa abordagem reduz custos, minimiza tempos de inatividade e melhora a confiabilidade de dispositivos críticos, como equipamentos médicos e sistemas industriais.
- **Desenvolvimento de produtos:** Durante o ciclo de vida de um produto, gêmeos digitais permitem criar protótipos virtuais detalhados para testes e simulações. Isso reduz o tempo de desenvolvimento, aumenta a eficiência e proporciona uma economia significativa de recursos, além de possibilitar iterações rápidas com base em dados reais.
- **Treinamentos e suporte de produtos:** Empresas estão utilizando gêmeos digitais para simular cenários complexos em ambientes de treinamento, permitindo que profissionais pratiquem em condições seguras e realistas. Além disso, o suporte ao cliente é elevado a outro nível, com diagnósticos em tempo real e instruções detalhadas para reparos e manutenções.

## Crescimento e Impacto no Mercado

De acordo com um relatório da PwC, o mercado global de gêmeos digitais está projetado para atingir US\$ 4,8 bilhões até 2027. Além disso, há uma expectativa de que a tecnologia se torne padrão em diversos setores até 2028, devido à crescente integração com APIs e sistemas de informação diversos.

A transformação digital está impulsionando uma adoção acelerada, com empresas percebendo benefícios claros, como automação, monitoramento e controle mais precisos. Dados revelam que, já em 2020, 50% das empresas com lucros acima de US\$ 5 bilhões tinham pelo menos um projeto envolvendo gêmeos digitais. Além disso, o mercado deve crescer a uma taxa anual composta (CAGR) de 37,87%, atingindo US\$ 15,66 bilhões nos próximos anos.

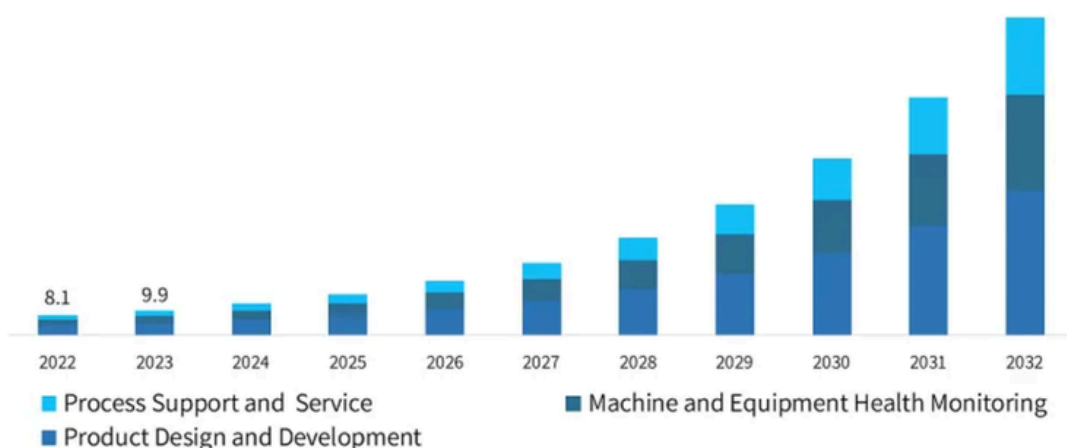
Relatórios mais recentes, como o da Global Market Insights, avaliam que o mercado de

gêmeos digitais foi estimado em US\$ 9,9 bilhões em 2023 e deve alcançar impressionantes US\$ 125,1 bilhões até 2032, com uma taxa de crescimento anual de 33%. Esse crescimento é impulsionado por fatores como:

- Adoção acelerada de IoT, análise de big data e computação em nuvem.
- Necessidade crescente de manutenção preditiva em setores críticos, como saúde e manufatura.
- Integração com tecnologias de inteligência artificial e aprendizado de máquina, que ampliam a capacidade analítica e preditiva dos gêmeos digitais

A rápida expansão dessa tecnologia demonstra que o futuro dos gêmeos digitais é brilhante e inevitavelmente integrado às estratégias de inovação e eficiência das empresas, transformando a maneira como criamos, operamos e otimizamos sistemas e produtos..

Digital Twin Market Size, By Application, 2022 – 2032, (USD Billion)



Source: [www.gminsights.com](http://www.gminsights.com)

Gráfico representando o crescimento do mercado de gêmeos digitais por aplicação entre 2022 e 2032 (em bilhões de dólares). As principais áreas de aplicação incluem suporte a processos e serviços, design e desenvolvimento de produtos, e monitoramento da saúde de máquinas e equipamentos. O gráfico destaca uma expansão acelerada, com o mercado crescendo de USD 8,1 bilhões em 2022 para mais de USD 125 bilhões até 2032, impulsionado pela adoção de tecnologias como IoT, inteligência artificial e big data.

Fonte: [gminsights.com](http://gminsights.com).

---

## Conclusão

Os gêmeos digitais surgiram da necessidade de representar e otimizar sistemas físicos em um ambiente digital, possibilitando simulação, análise e controle precisos. Embora o conceito tenha sido formalizado em 2002, suas raízes datam da década de 1970, quando a NASA utilizava modelos físicos para simular e monitorar missões espaciais. Com o avanço da Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data e computação em nuvem, os gêmeos digitais se transformaram em ferramentas essenciais no gerenciamento e otimização de sistemas complexos.

Para a engenharia clínica, os gêmeos digitais representam um marco tecnológico crucial.

Eles permitem o monitoramento em tempo real e a gestão de dispositivos médicos, facilitando diagnósticos mais precisos, manutenção preditiva e maior eficiência operacional. A integração de sensores com IoT viabiliza a coleta contínua de dados, enquanto a computação em nuvem e o Big Data permitem análises aprofundadas, criando oportunidades para antecipar falhas, reduzir custos e melhorar a segurança dos pacientes.

Hoje, os gêmeos digitais são fundamentais na otimização de equipamentos hospitalares, no planejamento de recursos clínicos e no suporte à tomada de decisões baseadas em dados, consolidando-se como uma tecnologia indispensável para a inovação na área da saúde



# Sobre a Arkmeds

Por Arkmeds

Arkmeds, que é pioneira em soluções integradas para gestão de tecnologia em saúde, atuando desde a capacitação profissional até a automação de processos hospitalares. Com parcerias educacionais, oferecemos formação contínua, enquanto nossas ferramentas avançadas facilitam manutenções e monitoramento de equipamentos. A plataforma de Gestão da Manutenção e soluções de IA permitem gerenciar equipes e equipamentos em

tempo real, visando otimizar operações hospitalares e melhorar o cuidado ao paciente. Comprometendo-se com a inovação e eficiência no setor de saúde. Tem como público-alvo instituições de saúde. Considerando todo este trabalho, na Arkmeds Academy oferecemos Cursos Livres, Treinamento Corporativo em Engenharia Clínica, Pós Graduações como uma faculdade parceira e Universidade corporativa.

