



Produto 7B: Aprofundamento de Verticais – Saúde

Dezembro 2017

1	CONTEXTO DO ESTUDO DE IOT	3
2	INTRODUÇÃO À IOT NO AMBIENTE DE SAÚDE	4
3	DESAFIOS E INICIATIVAS EXISTENTES	6
3.1	SAÚDE BRASILEIRA: AVANÇOS SIGNIFICATIVOS E OPORTUNIDADES DE MELHORIA	6
3.1.1	<i>Melhoria do estado de saúde da população.....</i>	7
3.1.2	<i>Incremento da satisfação dos cidadãos com o sistema de saúde</i>	8
3.1.3	<i>Sustentabilidade financeira do sistema de saúde.....</i>	9
3.2	IOT: RESOLUÇÃO DE DESAFIOS DA SAÚDE NO BRASIL.....	11
3.3	IMPACTO DAS APLICAÇÕES DE IOT EM SAÚDE: QUALIDADE DA SAÚDE E SOLUÇÕES DE GESTÃO.....	16
3.4	IMPLANTAÇÃO DE SOLUÇÕES DE IOT EM SAÚDE NO BRASIL.....	23
3.5	COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS ESSENCIAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE IOT EM SAÚDE	23
3.6	O BRASIL JÁ POSSUI UMA OFERTA DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS DE IOT.....	30
3.7	PLANO DE AÇÃO DE IOT ORGANIZADO EM QUATRO CAMADAS, TENDO NO TOPO A VISÃO DE IOT.....	33
3.7.1	<i>Elementos de inspiração para criação da visão de IoT</i>	34
3.7.2	<i>Visão de IoT como guia de adoção e desenvolvimento de soluções</i>	37
3.7.3	<i>Concretização da aspiração: superação de barreiras específicas</i>	38
3.7.4	<i>Mapeamento de iniciativas</i>	39
4	ANEXO – DETALHAMENTO TECNOLÓGICO DAS APLICAÇÕES.....	41
4.1	LOCALIZAÇÃO DE ATIVOS E PESSOAS NAS UNIDADES DE SAÚDE	45
4.1.1	<i>Descrição da solução</i>	45
4.1.2	<i>Dispositivo.....</i>	47
4.1.3	<i>Conectividade</i>	48
4.1.4	<i>Suporte à aplicação</i>	49
4.2	MONITORAMENTO DE CONDIÇÕES DOS PACIENTES COM DIABETES.....	50
4.2.1	<i>Descrição da solução</i>	50
4.2.2	<i>Dispositivo.....</i>	51
4.2.3	<i>Conectividade</i>	52
4.2.4	<i>Suporte à aplicação</i>	53
4.3	DIAGNÓSTICO DESCENTRALIZADO	54
4.3.1	<i>Descrição da solução</i>	54
4.3.2	<i>Dispositivo.....</i>	56
4.3.3	<i>Conectividade</i>	57
4.3.4	<i>Suporte à aplicação</i>	57
4.4	DIAGNÓSTICO DE SEPSE	58
4.4.1	<i>Descrição da solução</i>	58
4.4.2	<i>Dispositivo.....</i>	59
4.4.3	<i>Conectividade</i>	60
4.4.4	<i>Suporte à aplicação</i>	60
4.5	IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE DE EPIDEMIAS	61
4.5.1	<i>Descrição da solução</i>	61
4.5.2	<i>Dispositivo.....</i>	63
4.5.3	<i>Conectividade</i>	64
4.5.4	<i>Suporte à aplicação</i>	64

1 Contexto do Estudo de IoT

Este “Relatório de aprofundamento das verticais – ambiente de Saúde”, é um dos produtos do estudo *Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil*, liderado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Seu objetivo é propor um plano de ação estratégico para o país na área de Internet das Coisas (em inglês, *Internet of Things* – IoT). Esse plano está dividido em quatro fases:

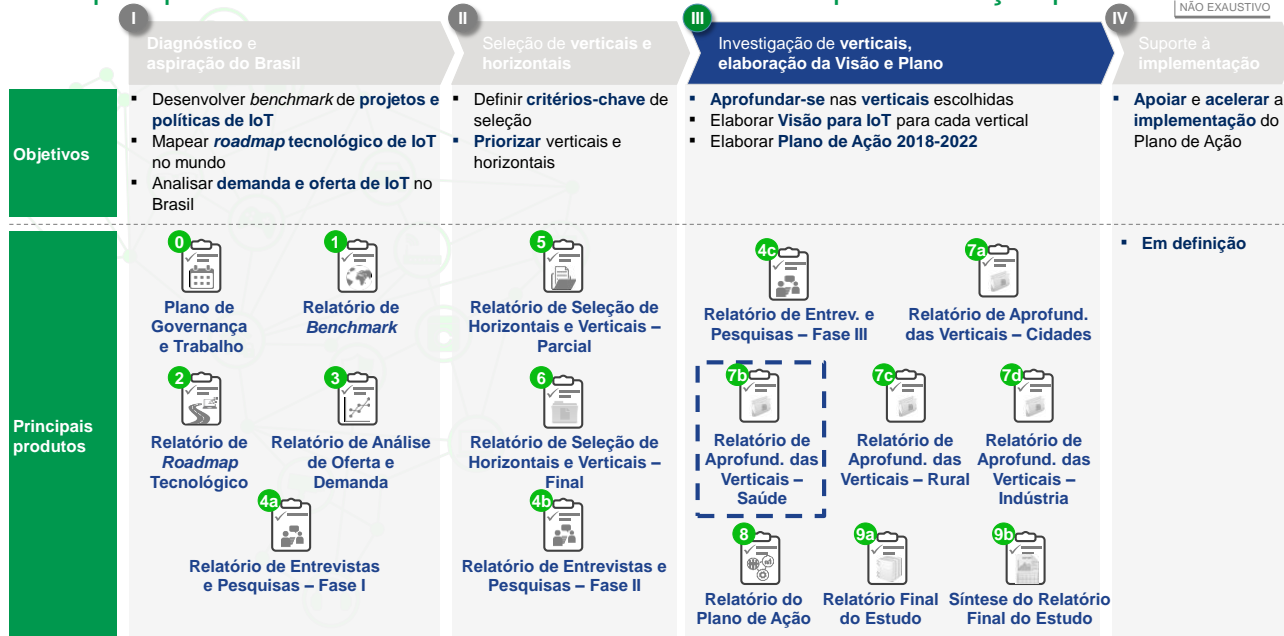
- **Diagnóstico geral e aspiração para o Brasil:** obtenção de uma visão geral do impacto de IoT no Brasil, entendimento das competências de tecnologia da informação e comunicação (TIC) do país e definição de aspirações iniciais para IoT.
- **Seleção de verticais e horizontais:** definição de critérios-chave para seleção e priorização de verticais e horizontais.
- **Aprofundamento e elaboração de Plano de Ação (2018-2022):** aprofundamento nas verticais escolhidas, elaboração de visão para IoT para cada vertical e do Plano de Ação 2018-2022.
- **Suporte à implementação:** apoio à execução do Plano de Ação 2018-2022.

As três primeiras fases são compostas de nove produtos principais. Este documento representa o capítulo referente ao aprofundamento das verticais priorizadas na Fase II, parte integrante do produto sete, inserido na Fase III do estudo, como descrito no Quadro 1:

QUADRO 1

Principais produtos do estudo "Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil"

[NÃO EXAUSTIVO]



FONTE: Análise do consórcio

1

2 Introdução à IoT no ambiente de saúde

A aplicação de IoT no ambiente de saúde pode beneficiar toda a sociedade, uma vez que essa tecnologia pode contribuir tanto para a melhoria da qualidade de vida da população como para o aumento da eficiência das unidades de saúde, contrabalanceando o desafio mundial de aumento dos gastos com saúde.

Em todo mundo, o ganho econômico potencial que a IoT pode trazer à saúde, até 2025, é estimado entre US\$ 0,2 e US\$ 1,6 trilhão, e no Brasil a estimativa varia entre US\$ 5 e US\$ 39 bilhões. Em ambos os casos, o intervalo do impacto estimado é grande, pois existem muitos passos e barreiras para que novas tecnologias sejam amplamente adotadas na área. A título de comparação, o impacto representa entre 3% e 21% do gasto total em saúde no Brasil em 2014, conforme dados do Banco Mundial¹.

Existem diversas experiências de IoT em saúde no Brasil, principalmente na forma de pilotos: desde o combate a infecções em ambiente hospitalar até a redução de desperdícios de insumos.

¹ Segundo dados do Banco Mundial (*World Development Indicators*), em 2014, o gasto *per capita* em saúde foi de US\$ 904,40 (valor corrente do ano), e a população brasileira foi de 204 milhões de habitantes. Portanto, nesse período, calculou-se o gasto com saúde no Brasil em US\$ 185 bilhões.

Algumas empresas também têm desenvolvido soluções para realizar diagnósticos de forma descentralizada, evitando os custos relacionados ao transporte de materiais biológicos para realização de exames.

Por outro lado, existem diversas barreiras para o desenvolvimento e adoção de IoT em saúde no Brasil: questões regulatórias, o desafio da privacidade dos dados clínicos das pessoas, conectividade em áreas remotas, disponibilidade de recursos para avaliação de custo-efetividade das tecnologias, entre outros.

Este documento tem o objetivo de (1) sistematizar brevemente os **desafios da saúde** no país, (2) explicar as **possíveis aplicações** de IoT, (3) definir uma **visão** para desenvolvimento e adoção de IoT e (4) **mapear as barreiras** para o desenvolvimento de IoT.

3 Desafios e iniciativas existentes

3.1 Saúde brasileira: avanços significativos e oportunidades de melhoria

A área de saúde foi priorizada ao longo da Fase II do estudo pelo destaque nos três aspectos utilizados na metodologia: demanda, oferta e capacidade de desenvolvimento. Do ponto de vista de demanda, a existência de diversos desafios no setor de saúde, que podem ser resolvidos por IoT, foi um tema central para a avaliação positiva nesse critério. As iniciativas inovadoras de IoT em saúde e a disponibilidade de instrumentos para financiamento fez com que a avaliação da oferta fosse muito positiva. A capacidade de desenvolvimento não recebeu uma nota tão alta, porém destacou-se diante de outros setores que demandam infraestruturas inexistentes ou a coordenação de um grande número de atores. Além disso, destaca-se que as soluções devem ser fortemente adaptadas à realidade local, o que amplia as oportunidades para o desenvolvimento interno de soluções. Essas avaliações refletem a relevância da área e as oportunidades de melhoria existentes.

De acordo com pesquisa realizada pelo Ibope, em 2016², a saúde aparece como a principal preocupação dos eleitores de todas as 26 capitais brasileiras. Com base na análise de diversos documentos, como o Plano Nacional de Saúde 2016-2019 do Ministério da Saúde, a Agenda para Transformar o Sistema de Saúde, do Instituto Coalizão Saúde, e o Projeto Brasil Saúde Amanhã, da Fundação Oswaldo Cruz, é possível sintetizar os desafios da saúde sob uma perspectiva de impacto a partir de três objetivos:

- Melhoria do estado de **saúde da população**.
- Incremento da **satisfação dos cidadãos e dos profissionais** de saúde.
- **Sustentabilidade financeira** do sistema de saúde.

Nossa população é acometida por uma tripla carga de doenças (crônicas, infectocontagiosas e de causas externas/violência), e pelo rápido processo de envelhecimento. A cobertura do sistema de saúde e os indicadores-chave de desempenho, como mortalidade infantil e materna, melhoraram significativamente nas últimas décadas, mas a coordenação do cuidado nos diferentes níveis de atenção é ainda incipiente. Um dos desafios é justamente a integração dos diferentes atores do sistema de saúde, estruturados em torno de uma visão unificada das pessoas, sejam elas pacientes

² A pesquisa eleitoral realizada, em agosto de 2016, pelo Ibope e registrada nos TREs e TSE, fez a seguinte pergunta à população: “Desta lista de áreas, onde as pessoas vêm enfrentando problemas de maior ou menor gravidade, por favor, diga qual é a área em que, na sua opinião, a população da cidade está enfrentando os maiores problemas”.

ou não. Por último, o fenômeno global conhecido como “inflação médica”, principalmente atribuído à constante incorporação de novas tecnologias de diagnóstico e tratamento, deve desafiar a sustentabilidade financeira do sistema de saúde brasileiro. Portanto, a melhoria da gestão dos recursos existentes é fundamental para que a área continue absorvendo inovações que impactem positivamente a vida das pessoas.

3.1.1 Melhoria do estado de saúde da população

O Brasil teve avanços significativos no aumento da cobertura de atenção primária e diminuiu a mortalidade infantil e materna nas últimas décadas. O Programa Saúde da Família contribuiu para um aumento de cobertura de atenção primária de 9%, em 2000, para cerca de 60%³, em 2017. Entre 1990 e 2015, também houve diminuição de 73%⁴ da mortalidade infantil, ultrapassando a meta estipulada pela ONU de redução de dois terços do índice. Essa queda foi significativamente maior do que a média mundial, de 53%. Ao longo de 25 anos, o número de mortes para cada 100 mil crianças menores de 5 anos passou de 61 para 16. Segundo dados da OMS, desde 1990, o Brasil também reduziu em 43% a mortalidade materna.

As doenças crônicas são a principal causa de mortes no Brasil, porém doenças infecciosas e causas externas ainda são relevantes. Entre 1990 e 2013, as mortes por neoplasias aumentaram em média 2% ao ano⁵ e, de acordo com a Sociedade Brasileira de Cardiologia, as doenças cardiovasculares são agora a principal causa de mortes. Ao mesmo tempo, as doenças infecciosas não foram erradicadas, como o recente surto de caxumba, em 2016, e as epidemias de dengue e as novas doenças tropicais, como a zika e a chikungunya. Por fim, o país destaca-se no cenário internacional por uma forte participação das causas externas nos índices de mortalidade e incapacitação relacionadas à violência e aos acidentes de trânsito. Por exemplo, 19 cidades brasileiras figuram no *ranking*⁶ das 50 cidades mais violentas do mundo.

Apesar da mudança positiva nos hábitos de vida, a população brasileira ainda está exposta a fatores de risco preocupantes. Dados do Ministério da Saúde mostram uma evolução positiva dos fatores de risco. A população brasileira está fumando menos, consumindo mais vegetais e praticando mais exercícios físicos. Por outro lado, mais da metade da população

³ Dados do SAGE, Ministério da Saúde.

⁴ Dados apresentados no Portal Brasil, com informações do Unicef, do Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome, e da Agência Brasil.

⁵ Dados do Ministério da Saúde.

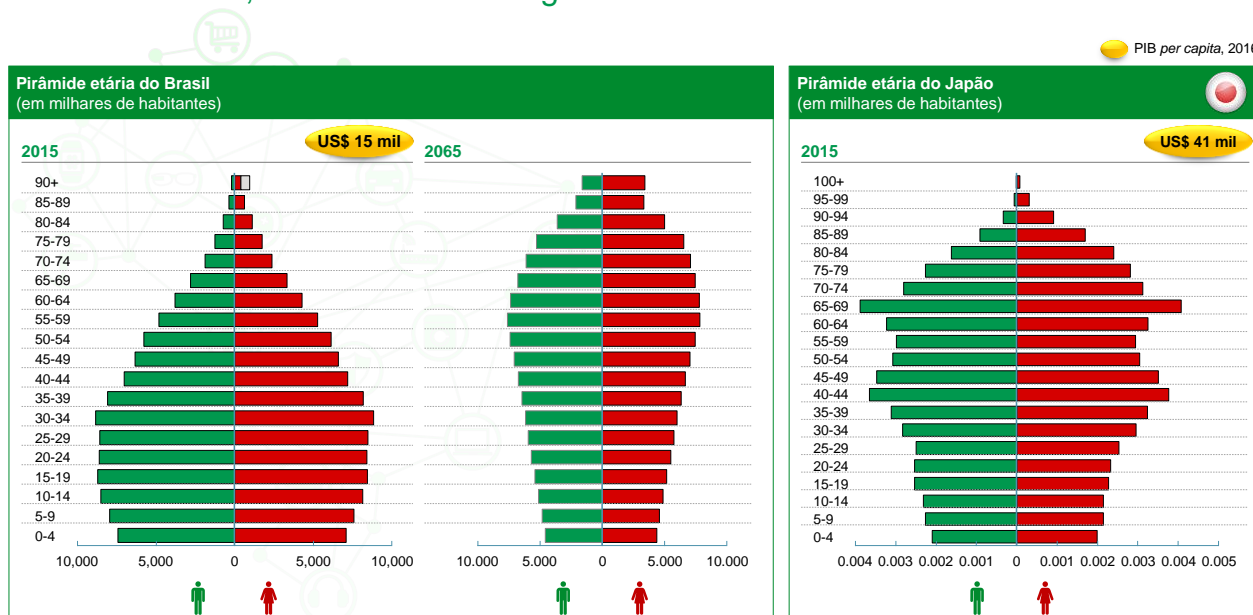
⁶ Dados da ONG mexicana Conselho Cidadão pela Seguridade Social Pública e Justiça Penal.

está acima do peso, 19% estão obesos, e a incidência de diabetes e hipertensão aumentou 62% e 14%, respectivamente, na última década.

Em 2065, a pirâmide etária do Brasil será semelhante à pirâmide atual do Japão, com nove vezes mais nonagenários e menos da metade de jovens. Segundo o estudo do Instituto Coalizão Saúde, até 2030, a população brasileira idosa (acima de 60 anos) deverá triplicar. Nossa pirâmide etária será similar à do Japão de hoje, porém, mantido o vigente cenário de crescimento da renda *per capita* das últimas décadas, continuaremos com um PIB *per capita* muito inferior ao do país asiático. O ônus desse envelhecimento poderá recair sobre o sistema público de saúde, pois em 2030 apenas cerca de 10% dos idosos terão condições de pagar por planos de saúde privados.

QUADRO 2

Em meio século, 9 vezes mais nonagenários no Brasil



FONTE: Banco Mundial, IBGE, análise do consórcio

2

3.1.2 Incremento da satisfação dos cidadãos com o sistema de saúde

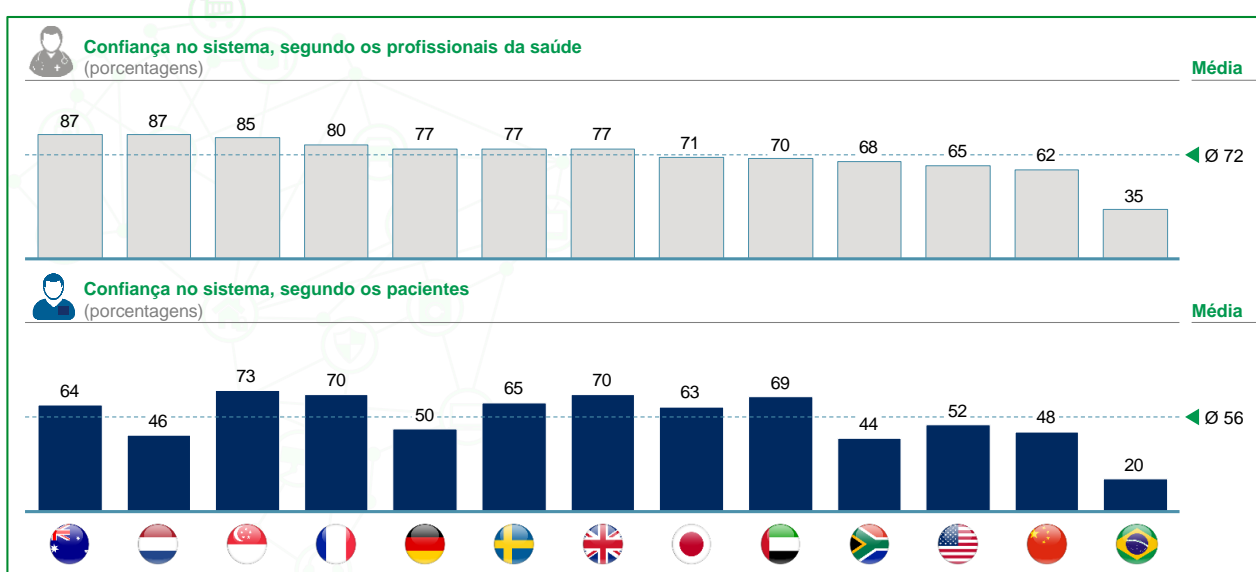
Os princípios⁷ do Sistema Único de Saúde (SUS) levam a uma cobertura mais ampla do que de países com sistemas semelhantes e maior renda *per capita*. O Brasil dedica apenas 7% do orçamento público à saúde, enquanto os países com sistemas de saúde similares dedicam mais

⁷ Os três princípios do SUS são universalidade, integralidade e equidade.

de 15%⁸. Além disso, a extensão do direito à saúde no país é alvo de diversas controvérsias, inclusive no âmbito do poder judiciário, dificultando que o poder executivo faça escolhas e defina as políticas públicas. Frequentemente, decisões judiciais concedem tratamentos não incorporados ao SUS nem registrados pela autoridade sanitária (Anvisa). Esses e outros pontos se refletem na confiança no sistema de saúde por parte dos pacientes e dos profissionais da área, como pode ser visto no QUADRO 3.

QUADRO 3

Confiança no sistema de saúde do Brasil



FONTE: Future Health Index 2016 Philips

3

3.1.3 Sustentabilidade financeira do sistema de saúde

A “inflação médica” é um problema mundial e deve continuar aumentando os gastos com saúde. A maior demanda por cuidados de saúde e a constante incorporação de novas tecnologias de diagnóstico e tratamento aumentaram os gastos no mundo inteiro. Segundo dados do Fundo Monetário Internacional (FMI)⁹, a taxa mundial de “inflação médica” foi de cerca de 8%, enquanto a taxa de inflação não chegou a 3%. No Brasil, além da incorporação de novas

⁸ Dados do Banco Mundial.

⁹ World Economic Outlook Database, IMF.

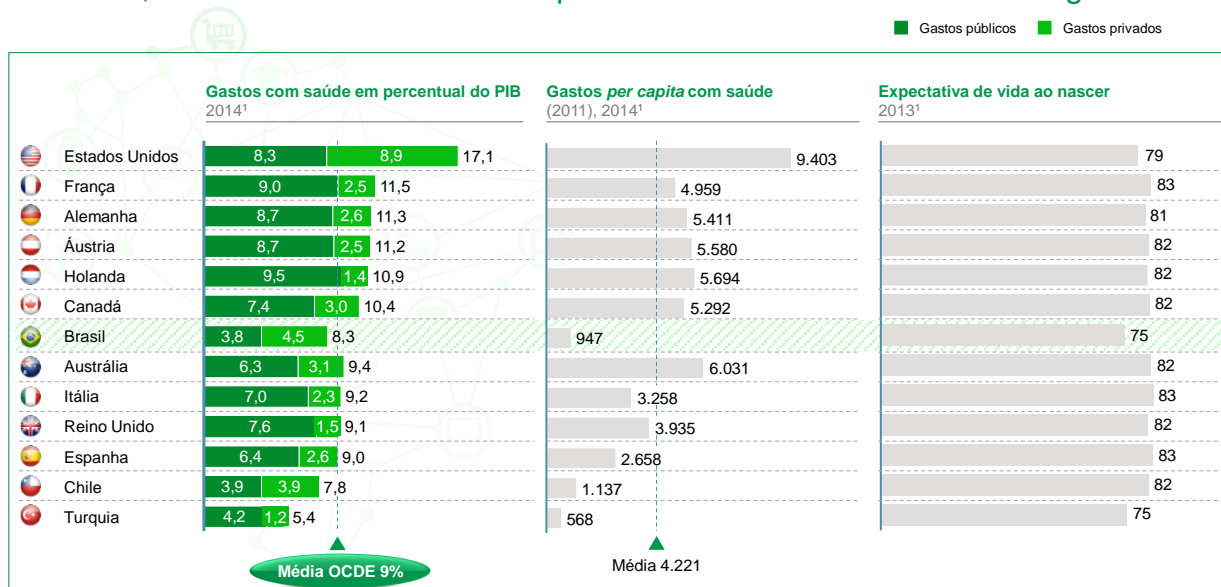
tecnologias ao protocolo clínico, impactam esse indicador os custos do envelhecimento da população e o aumento de fatores de risco, como sedentarismo e alta incidência de doenças crônicas.

Modelos de pagamento por serviços de saúde estão sendo repensados no mundo. Usualmente, nos mercados de serviços, o pagamento é feito de acordo com a atividade executada (*fee for service*). Esse modelo abre a possibilidade de que sejam solicitados mais diagnósticos e procedimentos do que seja necessário, onerando o sistema. Modelos alternativos de pagamento, como o valor fixo por condição clínica, pagamento *per capita* e por sucesso de desfecho clínico (*fee for value*), têm se disseminado. O Brasil pratica o modelo de pagamento *per capita* na atenção primária a saúde, por meio do piso da atenção básica (PAB), mas nos casos de média e alta complexidade a regra ainda é o pagamento por serviços.

Apesar de 8,3% do PIB ser gasto em saúde, os resultados para o cidadão ficam abaixo de países com níveis de gastos semelhantes. Conforme dados da OMS, o Brasil possui uma expectativa de vida ao nascer de 75 anos. Outros países possuem uma expectativa de vida maior com gastos *per capita* moderadamente superiores, como o Chile. Já a Turquia possui a mesma expectativa de vida do Brasil com gastos de saúde *per capita* inferiores aos nossos. Os dados dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) podem ser vistos no QUADRO 4.

QUADRO 4

No Brasil, resultados ficam abaixo de países com níveis semelhantes de gastos



¹ Último ano disponível
² Dados oficiais da OMS diferem dos valores divulgados pelo governo – OMS 8,3%, press clipping 9,5%

As três fontes pagadoras do sistema vêm aumentando os gastos acima da inflação. O orçamento de saúde do governo cresce mais rápido do que a arrecadação e, embora em 2014 tenha havido uma queda no orçamento do governo federal, o de outras esferas continua a aumentar. Os custos das operadoras privadas também crescem de forma expressiva, aumentando em média 13% ao ano, entre 2011 e 2015. Por fim, os gastos diretos realizados pelos pacientes vêm crescendo regularmente a uma taxa de 7% ao ano, mesmo com a desaceleração econômica pela qual o Brasil passou nos últimos anos.

O Brasil gasta mais com média e alta complexidade do que países referência que seguem tendências para atender novas demandas. No Brasil, 67% dos gastos com saúde são para atender alta e média complexidade, enquanto a média dos países da OCDE é de 55%. Em vários países, uma tendência é a diversificação dos ambientes de atenção à saúde, adequando o nível de complexidade às necessidades do paciente do novo perfil epidemiológico e, conseqüentemente, reduzindo o percentual gasto com alta complexidade do total gasto com saúde. Apesar dos avanços de mais de 20 anos de expansão da Estratégia de Saúde da Família, o modelo de saúde no Brasil é ainda centrado no hospital. Além de potencializar e expandir a atenção básica/primária à saúde, a reversão dessa tendência passa também pela diminuição dos gastos com alta complexidade, principalmente por meio de melhorias de eficiência, já que mesmo nos países de referência essas despesas representam metade do gasto total com saúde. Aqui, um dos principais desafios é a existência de muitos hospitais pequenos, com baixa especialização e pouco integrados às redes de atenção.


3.2 IoT: resolução de desafios da saúde no Brasil

O QUADRO 5 apresenta o agrupamento dos principais desafios do nosso sistema de saúde em torno de três eixos já mencionados. Dos dez desafios, os quatro principais em que IoT pode mais impactar são: (1) tratamento de doenças crônicas; (2) tratamento de doenças infectocontagiosas; (3) promoção e prevenção da saúde; e (4) melhoria na eficiência de gestão.

QUADRO 5

Impacto da IoT em 4 dos 10 desafios de saúde

 Principais desafios

		Exemplos de desafios	Potenciais aplicações de IoT
Qualidade de vida	Tripla carga de doenças	 Crônicas <ul style="list-style-type: none"> 40% dos brasileiros hoje vivem com doenças crônicas 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoramento remoto das condições de saúde Diagnóstico descentralizado
		 Infectocontagiosas <ul style="list-style-type: none"> O país enfrentou a maior epidemia do vírus zika da história, e suas doenças relacionadas também tiveram pico (dengue aumentou 95% de 2015 para 2016) 	<ul style="list-style-type: none"> Apoio à identificação de síndromes e patologias Identificação e controle de epidemias
		 Causas externas/violência <ul style="list-style-type: none"> O Brasil é 10º país mais violento do mundo, em termos relativos, e sua taxa de homicídios vem crescendo 4% ao ano 	<ul style="list-style-type: none"> -
	 Promoção e prevenção <ul style="list-style-type: none"> Na última década, houve aumento de 62% na incidência de diabetes e de 14% na incidência de hipertensão 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoramento e auxílio no condicionamento físico dos usuários através de aparelhos vestíveis 	
	 Envelhecimento da população <ul style="list-style-type: none"> Até 2030, a população brasileira acima de 60 anos deverá triplicar, aproximando nossa pirâmide etária da do Japão 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoramento do risco de queda 	
Satisfação do paciente	 Aumento das expectativas <ul style="list-style-type: none"> Os princípios do SUS levam a uma cobertura mais ampla do que a de países com sistemas semelhantes e maior renda per capita 	<ul style="list-style-type: none"> Apoio à navegação dos pacientes e profissionais nas unidades de saúde 	
	 Gestão da informação /visão do paciente <ul style="list-style-type: none"> Falta de prontuário único do paciente que permita visão integrada em diferentes unidades de saúde e que dê acesso ao paciente sobre suas informações de saúde 	<ul style="list-style-type: none"> - 	
Sustentabilidade financeira do sistema	 Cobrança <ul style="list-style-type: none"> Modelo baseado em valor da prescrição é insustentável e hospitais de ponta estão migrando para modelos com maior foco em desfecho 	<ul style="list-style-type: none"> - 	
	 Eficiência de gestão <ul style="list-style-type: none"> Apesar de 8,3% do PIB ser gasto em saúde, os resultados para o cidadão ficam abaixo de países com níveis de gastos semelhantes 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção preventiva Otimização de estoque Uso eficiente de recursos Gestão de ativos 	
	 Inovação <ul style="list-style-type: none"> Processo de incorporação de novas tecnologias na área da saúde é complexo e, muitas vezes, depende da execução de pilotos para provar custo-efetividade 	<ul style="list-style-type: none"> - 	


FONTE: Ministério da Saúde, Instituto Coalizão Saúde, análise do consórcio

As aplicações de IoT definidas durante a Fase II do estudo foram refinadas, e, a partir disso, foram feitas a análise e a estimativa do impacto de IoT. No QUADRO 6 são apresentadas as aplicações do eixo Qualidade de Vida que possuem alto impacto principalmente no aumento da expectativa de vida da população.

QUADRO 6

Aplicações de IoT: eixo Qualidade de Vida

 Alto  Baixo

 Aplicações para detalhamento

Desafio	Caso de uso	Descrição	Impacto estimado	Alavancas de impacto
Crônicas 	Monitoramento remoto das condições de saúde	<ul style="list-style-type: none"> Monitoramento remoto de condições de saúde, que permite aprimorar tratamentos e identificar precocemente complicações de saúde 		<ul style="list-style-type: none"> Aumento da expectativa de vida Diminuição do custo nos episódios graves por causa da identificação precoce
Infecocontagiosas 	Apoio à identificação de síndromes e patologias	<ul style="list-style-type: none"> Consolidação de informações do paciente (de sinais vitais até administração de medicamentos) e uso de <i>advanced analytics</i> para apoiar na identificação de síndromes e outras patologias 	 (*)	<ul style="list-style-type: none"> Redução de mortalidade na área da saúde Maior agilidade na identificação de síndromes Maior número de casos identificados de síndromes
	Diagnóstico descentralizado	<ul style="list-style-type: none"> Realização de exames sem necessidade de enviar amostras para laboratórios, o que facilita a realização em locais remotos e acelera a tomada de decisões por profissionais de saúde 	 (*)	<ul style="list-style-type: none"> Redução de consultas desnecessárias Maior agilidade na identificação de doenças Redução de custos logísticos
Promoção e prevenção 	Identificação e controle de epidemias	<ul style="list-style-type: none"> Consolidação de informações relacionadas à propagação de doenças e uso de <i>advanced analytics</i> para apoiar a identificação do início de epidemias 	 (*)	<ul style="list-style-type: none"> Maior agilidade na identificação de surtos Redução da incidência de doenças e consequente mortalidade
	Monitoramento e auxílio no condicionamento físico através de aparelhos vestíveis	<ul style="list-style-type: none"> Ajudar a melhorar o condicionamento físico e o bem-estar dos usuários por meio de aparelhos vestíveis com base na responsabilização (monitoramento), aconselhamento e incentivos 		<ul style="list-style-type: none"> Aumento da expectativa de vida Redução da incidência de doenças

(*) Estimativa de alto nível baseada na comparação de casos de uso calculados em fases anteriores do estudo

FONTE: Sessões de trabalho com especialistas, MGI, análise do consórcio

As aplicações relacionadas com a sustentabilidade financeira do sistema estão nos QUADRO 7 e 8. Elas são mais numerosas, porém possuem impacto menor por estarem relacionadas principalmente com ganhos de eficiência das unidades de saúde, e não com o aumento da longevidade da população.

QUADRO 7

Aplicações de IoT: sustentabilidade financeira (1/2)



Desafio	Caso de uso	Descrição	Impacto estimado	Alavancas de impacto
Eficiência de gestão 	Localização de ativos nas unidades de saúde	<ul style="list-style-type: none"> Monitoramento de ativos móveis duráveis, que facilita a localização de ativos e aumenta a eficiência dos profissionais da área de saúde 	 (*)	<ul style="list-style-type: none"> Melhor uso de ativos duráveis e móveis Economia de tempo dos profissionais de saúde Maior agilidade no atendimento de pacientes
	Gestão e otimização de estoque de insumos de saúde	<ul style="list-style-type: none"> Otimização do estoque de insumos de saúde, que garante existência de estoque, diminuição de desperdício e armazenamento sob condições adequadas 		<ul style="list-style-type: none"> Diminuição dos custos com insumos e medicamentos Diminuição de desperdício de insumos e medicamentos
	Rastreamento de insumos de saúde	<ul style="list-style-type: none"> Rastreamento de medicamentos e insumos de saúde para assegurar a origem e a qualidade de insumos usados no tratamento dos pacientes 		<ul style="list-style-type: none"> Melhoria da qualidade dos insumos usados Diminuição de remédios ilegais Diminuição de desperdício
	Manutenção preditiva de equipamentos médicos	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção baseada em condições dos equipamentos médicos 		<ul style="list-style-type: none"> Diminuição dos custos de manutenção de equipamentos Maior tempo disponível de equipamentos funcionando
	Desenho de novos dispositivos médicos baseado no uso	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento de produtos melhores a partir de dados dos sensores que fornecem aos fabricantes dos equipamentos informações sobre os padrões de uso 		<ul style="list-style-type: none"> Maior eficiência no uso de equipamentos médicos
	Analytics pré-vendas de dispositivos médicos	<ul style="list-style-type: none"> Venda cruzada de insumos com base no padrão de uso dos equipamentos 		<ul style="list-style-type: none"> Maior eficiência na venda de insumos


(*) Estimativa de alto nível baseada na comparação de casos de uso calculados em fases anteriores do estudo



FONTE: Sessões de trabalho com especialistas, MGI, análise do consórcio

QUADRO 8

Aplicações de IoT: sustentabilidade financeira (2/2)

 Alto  Baixo

 Aplicações para detalhamento

Desafio	Caso de uso	Descrição	Impacto estimado	Alavancas de impacto
Eficiência de gestão 	Produtividade humana: redesenho de RH	<ul style="list-style-type: none"> Redesenho das organizações com base nos dados coletados sobre a interação dos funcionários com o mundo físico 		<ul style="list-style-type: none"> Maior produtividade dos profissionais de saúde
	Produtividade humana: realidade aumentada	<ul style="list-style-type: none"> Uso de realidade aumentada, que permite aos funcionários receber informações contínuas em aparelhos fixados à cabeça ou em imagem projetada 		<ul style="list-style-type: none"> Maior produtividade dos profissionais de saúde
	Produtividade humana: monitoramento de atividades	<ul style="list-style-type: none"> Melhoria da eficiência dos funcionários de saúde com base em informações recebidas em tempo real sobre a atividade e a localização dos funcionários 		<ul style="list-style-type: none"> Maior produtividade dos profissionais de saúde
	Gestão de energia: unidades de saúde	<ul style="list-style-type: none"> Gestão do consumo de energia nas unidades de saúde, com uso de aparelhos conectados 		<ul style="list-style-type: none"> Diminuição dos custos prediais
	Segurança predial: unidades de saúde	<ul style="list-style-type: none"> Gestão de segurança de edifícios, com uso de CCTV por IP em unidades de saúde 		<ul style="list-style-type: none"> Diminuição dos custos prediais

(*) Estimativa de alto nível baseada na comparação com casos de uso calculados em fases anteriores do estudo

FONTE: Sessões de trabalho com especialistas, MGI, análise do consórcio

3.3 Impacto das aplicações de IoT em saúde: qualidade da saúde e soluções de gestão

Nesta seção, são detalhados exemplos de aplicações relevantes de IoT na saúde. De forma geral, essas aplicações possuem grande relevância, seja pelo alto impacto, seja pela facilidade de

desenvolvimento. O intuito aqui é apresentar de maneira concreta os tipos de aplicações possíveis para (1) detalhar as principais competências tecnológicas necessárias, (2) identificar as barreiras para adoção de soluções, e (3) criar um plano de ação para a adoção e o desenvolvimento de IoT no setor de saúde do Brasil.

O detalhamento das aplicações deve ser compreendido como estudos de caso ilustrativos, sem a intenção de limitar as possibilidades de inovação oferecidas por IoT na saúde. As cinco aplicações escolhidas foram:

- Monitoramento remoto das condições dos pacientes com diabetes.
- Localização de ativos nas unidades de saúde (RTLS – *Real-Time Location Systems*).
- Apoio ao diagnóstico de sepse.
- Diagnóstico descentralizado.
- Identificação e controle de epidemias.

O **monitoramento remoto das condições dos pacientes com diabetes** é uma aplicação de IoT muito relevante pela grande quantidade de diabéticos no Brasil. Nos últimos dez anos, o número de diabéticos aumentou 64%, chegando hoje a mais de 18 milhões¹⁰. Conforme apresentado no QUADRO 9, existem três impactos do uso de IoT em pacientes com diabetes.

¹⁰ Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel), Ministério da Saúde, 2016.

QUADRO 9

Impacto do uso de IoT para diabetes



Conformidade com o tratamento

- **A adesão ao tratamento pode oferecer uma das maiores alavancas de valor, especialmente porque até 80% das complicações do diabetes tipo 2 são passíveis de prevenção**
- Melhoria da adesão do paciente à medicação e ao estilo de vida necessários por meio de:
 - Maior responsabilização por causa do uso de caixas de comprimidos conectadas, monitores de exercícios e balanças para controle de peso.
 - Melhor entendimento dos complexos regimes de medicação (p. ex., ajudar os pacientes a se lembrarem de tomar sua medicação no horário).
 - Alarmes e incentivos comportamentais: lembretes, mensagens de incentivo à mudança de comportamento nos pacientes.
 - Apoio social: redes sociais que ajudam a manter o cronograma dos pacientes.



Deteção precoce de complicações

- **A Internet das Coisas também tem vantagens substanciais na prevenção de complicações secundárias, que representam uma carga significativa à saúde no caso de diabetes**
- A nefropatia (doença renal) é uma grave complicação que pode ser detectada pela verificação em casa do nível de proteína na urina (realizada principalmente no consultório de um diabetologista).
- A neuropatia (dano às extremidades dos nervos) faz com que os pacientes percam a sensibilidade de dor nos pés, o que provoca feridas que, combinadas ao fluxo sanguíneo insuficiente, levam a úlceras, infecções e até mesmo amputação dos pés. Câmeras habilitadas com IoT pode ajudar a identificar essas feridas nos pés.
- Dano à microvasculatura é uma terceira complicação grave que pode ser detectada precocemente por meio de oximetria de pulso.



Gestão do tratamento em tempo real

- **A Internet das Coisas oferece vantagens substanciais na gestão do tratamento: o monitoramento e o ajuste da dose de insulina pode ser uma tarefa onerosa para os pacientes**
- A incapacidade de prever e ajustar as doses pode resultar na flutuação dos níveis de glicose no sangue, com sérias complicações que acompanham variações tanto para cima como para baixo.
- O monitoramento da dieta, dos exercícios e do nível de glicemia no sangue em tempo real, pelos sistemas de Internet das Coisas, pode ajudar a prever os níveis de glicose e recomendar eventuais ajustes de dosagem.

FONTE: Sessões de trabalho com especialistas, MGI, análise do consórcio

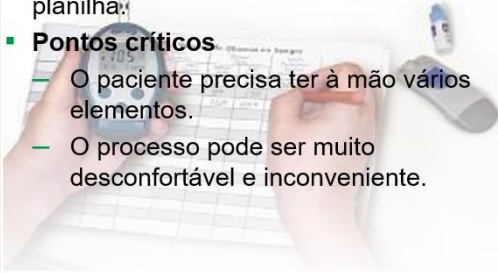
As aplicações para o monitoramento remoto de pacientes com diabetes são detalhadas nos Quadros 10 a 12.

QUADRO 10

Monitoramento integrado de glicose

Atualmente, o monitoramento de glicose é feito por meio de medidores, cujos dados precisam ser registrados manualmente

- O paciente precisa saber operar um medidor de glicose, as tiras de teste de glicemia e o dispositivo de punção para testar seu nível de glicose.
- O paciente, depois, precisa fazer o registro do nível de glicose em uma planilha:
- **Pontos críticos**
 - O paciente precisa ter à mão vários elementos.
 - O processo pode ser muito desconfortável e inconveniente.



A tecnologia permitirá testar o nível de glicose de forma mais conveniente e confortável

- Os novos sensores permitirão:
 - Medições não invasivas
 - Medições contínuas
 - Menos calibração
 - Maior vida útil
 - Melhor sensibilidade



Exemplo internacional: o Reino Unido criou um *testbed* para uso de IoT no tratamento de diabetes

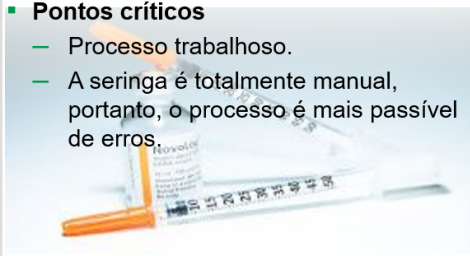
FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

QUADRO 11

Melhor administração de insulina

Atualmente, as pessoas usam seringas para administrar insulina e, às vezes, perdem o horário programado para a injeção

- A seringa é o sistema mais comum de administração de insulina. Antes de injetar-se, os pacientes precisam tirar o ar da seringa, fixar a agulha e inserir a dose correta de insulina na seringa.
- **Pontos críticos**
 - Processo trabalhoso.
 - A seringa é totalmente manual, portanto, o processo é mais passível de erros.



A tecnologia permitirá aos pacientes receber insulina constantemente por meio de pequenas “bombas” sem fio

- Bomba sem fio de insulina para administrar a substância sem injeções ou tubos.
- O *pod* administra a insulina de acordo com a configuração personalizada do paciente.



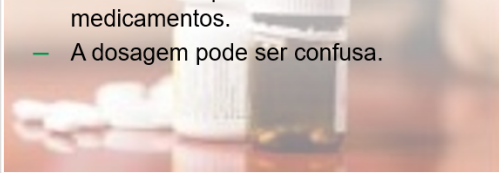
FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

QUADRO 12

Apoio à adesão do tratamento

Atualmente, a adesão do paciente aos medicamentos depende do próprio paciente

- Os próprios pacientes decidem até que ponto estão de acordo com o médico quanto à posologia (frequência, dosagem e duração) prescrita para o tratamento.
- Cerca de 50% dos pacientes com doenças crônicas suspendem o uso de seus medicamentos ao longo de dois anos.
- **Pontos críticos**
 - Os pacientes precisam se lembrar sozinhos de quando devem tomar os medicamentos.
 - A dosagem pode ser confusa.



A tecnologia permitirá soluções não invasivas que podem ser administradas para garantir a adesão ao uso de medicamentos

- Por meio de tecnologias, como tampas sem fio para canetas de insulina que indicam o momento da próxima aplicação ou frascos com chip, os pacientes e suas famílias recebem lembretes na hora de tomar o medicamento e as redes de serviços de saúde recebem relatórios em tempo real sobre as taxas de adesão dos pacientes.



FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

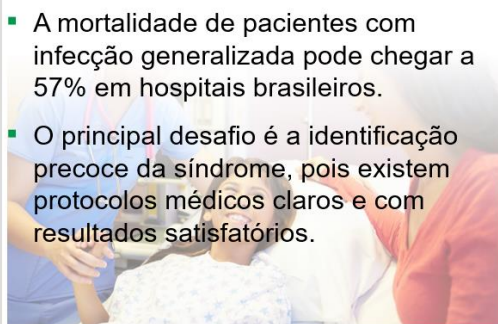
As demais quatro aplicações de IoT são detalhadas nos Quadros 13 a 16.

QUADRO 13

Suporte à identificação de síndromes

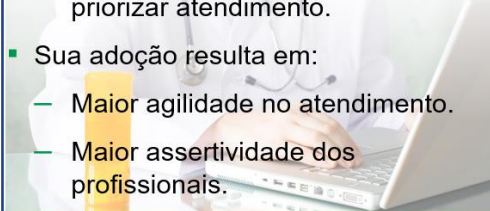
O grande desafio da sepse é sua identificação precoce

- A sepse é uma resposta exagerada do sistema imunológico para combater uma infecção e pode levar à morte.
- A mortalidade de pacientes com infecção generalizada pode chegar a 57% em hospitais brasileiros.
- O principal desafio é a identificação precoce da síndrome, pois existem protocolos médicos claros e com resultados satisfatórios.



Uso de *advanced analytics* a partir dos dados dos pacientes pode levar a ganhos significativos no tratamento

- Com auxílio da tecnologia é possível:
 - Cruzar dados de sinais vitais, clínicos e laboratoriais.
 - Identificar risco do paciente desenvolver sepse.
 - Emitir avisos para a equipe médica priorizar atendimento.
- Sua adoção resulta em:
 - Maior agilidade no atendimento.
 - Maior assertividade dos profissionais.



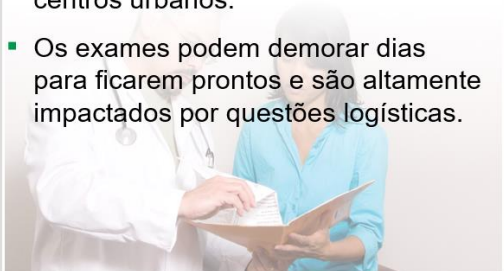
FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, Laura Networks, análise do consórcio

QUADRO 14

Diagnóstico descentralizado

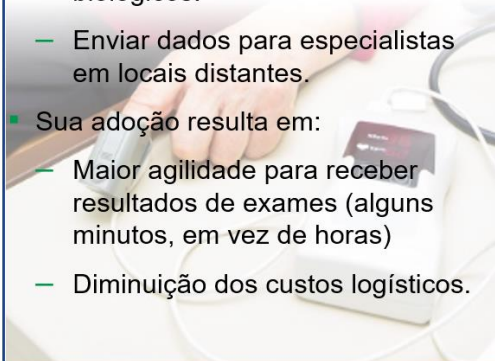
A realização de exames é essencial para a medicina moderna, porém enfrenta desafios logísticos

- O diagnóstico médico depende cada vez mais da realização de exames laboratoriais.
- Grandes laboratórios e especialistas estão concentrados em grandes centros urbanos.
- Os exames podem demorar dias para ficarem prontos e são altamente impactados por questões logísticas.



A tecnologia permite a realização de exames no próprio consultório médico

- Com auxílio da tecnologia é possível:
 - Digitalizar amostras de materiais biológicos.
 - Enviar dados para especialistas em locais distantes.
- Sua adoção resulta em:
 - Maior agilidade para receber resultados de exames (alguns minutos, em vez de horas)
 - Diminuição dos custos logísticos.



FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, PRODEMGE, Hi Technologies, análise do consórcio

QUADRO 15

Controle de epidemias: *Aedes Aegypti*

Doenças transmitidas pelo *Aedes Aegypti*

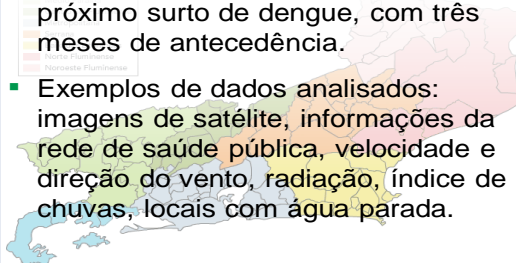
- O Brasil apresenta o maior número de casos de dengue no mundo.
- Os métodos usados contra o *Aedes aegypti* vêm se mostrando insuficientes.
- O surgimento da zika e da chikungunya representa um aumento dramático na gravidade do cenário.



FONTE: Pesquisa na internet, Viva Rio, AIME, análise do consórcio

Uso de *advanced analytics* a partir dos dados dos pacientes pode levar a ganhos significativos no tratamento

- A integração de diversos dados e o uso de inteligência artificial permitem identificação de focos de dengue.
- A plataforma fornece aos usuários a localização geográfica e a data do próximo surto de dengue, com três meses de antecedência.
- Exemplos de dados analisados: imagens de satélite, informações da rede de saúde pública, velocidade e direção do vento, radiação, índice de chuvas, locais com água parada.

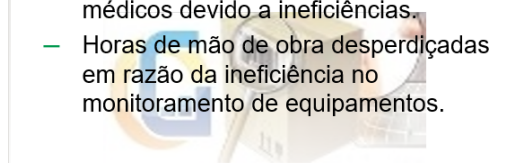


QUADRO 16

Monitoramento de ativos hospitalares

Os hospitais enfrentam gargalos por causa da ineficiência do fluxo de trabalho e da inadequação do monitoramento de ativos

- Atualmente, apenas 10%-12% dos hospitais utilizam produtos baseados em sistemas de localização em tempo real (RTLS – *Real-Time Location System*) para rastrear seus ativos.
- Muitos ainda fazem uso de monitoramento manual de equipamentos.
- **Pontos críticos:**
 - Gastos elevados com equipamentos médicos devido a ineficiências.
 - Horas de mão de obra desperdiçadas em razão da ineficiência no monitoramento de equipamentos.



Sistemas de localização em tempo real podem resolver problemas de monitoramento e melhorar a utilização de recursos

- O uso da tecnologia RTLS permite coletar dados sobre ativos nas unidades de saúde.
- Um sofisticado mecanismo de fluxo de trabalho processa os dados em tempo real e os torna acionáveis através de um portal baseado na internet que emite alertas ao pessoal em caso de potencial lentidão.
- Várias tecnologias (p. ex.: BLE, RFID, NFC) podem ser empregadas para implementar o sistema de monitoramento.
 - O sistema BLE fornece o melhor custo-benefício, enquanto os sistemas RFID fornecem mais precisão.



FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

3.4 Implantação de soluções de IOT em saúde no Brasil

As soluções de IoT em saúde não têm sido implantadas em larga escala em nenhum país até o momento. Dentre as principais razões destacam-se a segurança, a confiabilidade dos sistemas e a privacidade de dados. As aplicações mais adotadas são as relacionadas com a gestão das unidades de saúde, mas que não impactam diretamente o tratamento dos pacientes, evitando o debate sobre privacidade de dados clínicos.

No Brasil, alguns pilotos de aplicações de IoT têm surgido, porém ainda muito centrados em hospitais, principalmente porque tais soluções demandam investimentos significativos e, conseqüentemente, uma escala de aplicação.

O Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP) possui um projeto, em fase conceitual, chamado “Hospital 4.0”, que visa à construção de uma plataforma para suportar diversas aplicações de IoT no hospital. Os pesquisadores estão estudando a possibilidade de aplicação de IoT e a criação de diversos “ambientes ciberfísicos”: ambulâncias, UTIs, centros cirúrgicos, ambulatórios, serviços de diagnóstico, internações e centrais de materiais esterilizados.

Outro exemplo é o Hospital Israelita Albert Einstein, que possui uma estrutura altamente informatizada na qual os equipamentos eletromédicos inserem automaticamente informações sobre o paciente em seu prontuário eletrônico. Além disso, possui um sistema de localização de ativos móveis, como cadeiras de roda e macas de transporte, baseado em RFID (*Radio-Frequency IDentification* – identificação por radiofrequência), que também administra o trajeto dos recém-nascidos, controlando até mesmo a abertura de portas de entrada e saída.

Já o Hospital 9 de Julho desenvolveu um sistema para diminuir o risco de queda de pacientes, monitorando-os no quarto e avisando a equipe médica caso iniciem alguma atividade que aumente esse risco.

3.5 Competências tecnológicas essenciais para o desenvolvimento de IoT em saúde

Nesta seção, são descritas as tecnologias com potencial para atender os requisitos das aplicações de IoT com o objetivo de destacar aquelas com maior relevância para o desenvolvimento de IoT no país.

O levantamento das tecnologias foi realizado por meio do desenho de soluções que podem atender a essas aplicações, e que estão detalhadas no Anexo. Cabe ressaltar que esse exercício

não é exaustivo nem contempla todas as possibilidades de uso dessas tecnologias, uma vez que o número de combinações torna essa abordagem inviável.

De forma similar, esta seção não pretende esgotar as possibilidades do uso de IoT com as aplicações mencionadas. Apesar de elas terem sido escolhidas em razão de seu impacto, o total valor que IoT pode trazer à saúde é resultado de diversas aplicações não abordadas aqui.

Apesar disso, é razoável considerar que as tecnologias que atendem a essas aplicações também são válidas para outras soluções, não apenas neste ambiente, mas também em outros segmentos. Por exemplo, as *smart tags*, tecnologia aplicável na localização de ativos em unidades de saúde, podem ser empregadas no rastreamento de remédios e na identificação automatizada de pacotes em um centro de distribuição de logística.

A análise de tecnologias aqui realizada é um exercício válido para mapear quais merecem atenção para o uso de IoT e quais atores da cadeia de tecnologia de informação e comunicação (TIC) podem ter interesse em utilizá-las para o desenvolvimento de produtos de IoT.

O QUADRO 17 apresenta o grau de relevância de cada tipo de tecnologia para essa vertical, atribuído em razão do número de aplicações em que ela foi usada.

QUADRO 17

Saúde: necessidades tecnológicas

Aplicação	Nome	Localização de ativos e pessoas nas unidades de saúde	Monitoramento de condições dos pacientes com diabetes	Diagnóstico descentralizado	Diagnóstico de sepse	Identificação e controle de epidemias	Necessidade
Dispositivos	Armazenamento de energia	✓	✓		✓		●
	Atuadores		✓				○
	<i>Energy harvesting</i>		✓				○
	Integração de componentes		✓		✓		○
	Módulo de geolocalização						○
	Sensores biológicos/químicos		✓			✓	○
	Sensores eletro/magnéticos					✓	○
	Sensores eletro/mecânicos					✓	○
	Sensores ópticos/imagem				✓	✓	○
	Sistema embarcado compacto		✓				○
	Sistema embarcado de alto desempenho		✓		✓		○
	Sistema embarcado de baixo consumo		✓			✓	○
<i>Smart tag</i>	✓					○	
Conectividade	Redes <i>Low Power Wide Area</i>					✓	○
	Redes cabeadas			✓			○
	Redes de celular					✓	○
	Redes de curto alcance e alta banda		✓	✓			○
	Redes de curto alcance e baixa banda	✓	✓		✓		○
	Redes <i>mesh</i>						○
	Redes <i>Ultra Wideband</i>	✓					○
Suporte à aplicação	<i>Advanced analytics</i>				✓	✓	○
	<i>Analytics</i>	✓	✓				○
	Banco de dados não relacional				✓	✓	○
	Banco de dados relacional	✓	✓	✓			○
	Computação de alto desempenho						○
	<i>Edge computing</i>	✓	✓				○
	<i>Geoanalytics</i>						○
	<i>Middleware IoT em nuvem</i>	✓	✓	✓	✓	✓	○
	<i>Middleware IoT on premises</i>	✓			✓		○
Visão computacional			✓			○	
Segurança da informação	Criptografia embarcada		✓	✓			○
	<i>Anti jamming</i>						○
	<i>Anti tampering</i>						○
	Assinatura digital			✓			○
	<i>Blockchain</i>			✓			○
	Controle de acesso ao dispositivo						○
	Falha segura						○
	<i>Firmware seguro</i>						○
	Ingresso seguro à rede de acesso						○
	Prevenção a DDoS						○

FONTE: Análise do consórcio

Os quadros 18 e 19 mostram, a partir de uma análise qualitativa, um panorama entre as necessidades de tecnologias, que as aplicações relevantes na vertical demandam, e a respectiva capacidade tecnológica no Brasil.

A relevância da tecnologia para o desenvolvimento é indicada por um ícone na forma de um círculo preenchido. Quanto mais preenchido, mais relevante a tecnologia para aquela vertical.

A capacidade tecnológica local¹¹ é indicada por ícones semafóricos, atribuídos em razão do número de organizações com competências necessárias para o desenvolvimento da tecnologia, conforme pesquisa do 3º Bytes de IoT, conduzida de maio a junho de 2017. Assim, se uma dada tecnologia possui número elevado de atores¹² capacitados para explorá-la, o ícone é verde. Os ícones amarelo e vermelho derivam dessa análise¹³.

O QUADRO 18 apresenta a análise para a camada de dispositivos na vertical saúde. Como observado, as tecnologias mais relevantes são armazenamento de energia, integração de componentes, sensores de diversos tipos e sistemas embarcados de baixo consumo. Verifica-se uma menor capacidade tecnológica local (menos de 30% dos atores) para o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia e *energy harvesting*, em decorrência do baixo número de atores com essas competências.

QUADRO 18

Necessidades e capacidades na camada de dispositivos



Tecnologias	Necessidades	Capacidades
▪ Armazenamento de energia		
▪ Atuadores		
▪ Energy harvesting		
▪ Integração de componentes		
▪ Módulo de geolocalização		
▪ Sensores biológicos/químicos		
▪ Sensores eletro/magnéticos		
▪ Sensores eletro/mecânicos		
▪ Sensores ópticos/imagem		
▪ Sistema embarcado compacto		
▪ Sistema embarcado de alto desempenho		
▪ Sistema embarcado de baixo consumo		
▪ Smart tag		

Fonte: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

¹¹ A capacidade tecnológica dos atores foi mapeada por meio de auto declaração dos atores.



¹² Atores incluem empresas e ICTs que responderam à pesquisa.

¹³ Foram atribuídas notas para cada tecnologia em função do número de atores que declararam trabalhar com determinada tecnologia. As notas foram obtidas através da normalização do número de atores para uma escala de 0 a 10, onde nota maior que 6 foi atribuído o sinal verde indicando que mais de 60% dos atores da amostra do Bytes tem capacidade em determinada tecnologia. Para as notas entre 3 e 6 foram atribuídos os sinais amarelos e notas menores que 3 foram atribuídos os sinais vermelhos.

O QUADRO 19 mostra a análise para a camada de rede na vertical saúde. Como notado, as tecnologias mais relevantes são as de redes de curto alcance, as quais a maioria dos atores tem capacidade tecnológica local para desenvolvê-las.

QUADRO 19

Necessidades e capacidades na camada de rede

 Baixa necessidade
 Alta necessidade



Tecnologias	Necessidades	Capacidades
▪ Redes <i>Low Power Wide Area</i>		
▪ Redes cabeadas		
▪ Redes de celular		
▪ Redes de curto alcance e alta banda		
▪ Redes de curto alcance e baixa banda		
▪ Redes <i>mesh</i>		
▪ Redes <i>Ultra Wideband</i>		








Fonte: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

O QUADRO 20 apresenta a análise para a camada de suporte à aplicação na vertical saúde. Nesta camada, destaca-se a tecnologia de *middleware* IoT em nuvem como absolutamente necessária para o desenvolvimento de aplicações na vertical, seguida por banco de dados relacional. Quanto à capacidade tecnológica local, os atores deste ambiente possuem capacidade de explorar principalmente tecnologias de *analytics* e banco de dados relacional.

QUADRO 20¹⁴

Necessidades e capacidades na camada de suporte à aplicação

 Baixa necessidade
 Alta necessidade

Tecnologias	Necessidades	Capacidades
▪ <i>Advanced analytics</i>		
▪ <i>Analytics</i>		
▪ Banco de dados não relacional		
▪ Banco de dados relacional		
▪ Computação de alto desempenho		
▪ <i>Edge computing</i>		
▪ <i>Geoanalytics</i>		
▪ <i>Middleware IoT em nuvem</i>		
▪ <i>Middleware IoT on premises</i>		
▪ Visão computacional		



Fonte: 3^o Bytes de IoT, análise do consórcio





Finalmente, o QUADRO 21 mostra a análise para a camada de segurança. Observa-se que, para as aplicações de destaque, a necessidade de segurança é relevante em criptografia embarcada, assinatura digital e *blockchain*. No que tange a capacidade tecnológica local, destacam-se atores com potencial para o desenvolvimento de assinaturas digitais.

¹⁴ O conceito de *edge computing* neste relatório também engloba o conceito de *fog computing*. Tanto a *fog computing* quanto *edge computing* envolvem o direcionamento das capacidades de inteligência e processamento para perto de onde os dados são originados como, por exemplo, os sensores. A principal diferença entre as duas arquiteturas ocorre onde essa inteligência e poder de processamento são colocados. O *fog computing* direciona a inteligência para área local da arquitetura da rede, processando dados em um *fog node* ou *gateway* de IoT. O *edge computing* direciona a inteligência, o poder de processamento e as capacidades de comunicação de um *gateway* ou dispositivo de borda diretamente para controladores de automação programáveis.

QUADRO 21

Necessidades e capacidades na camada de segurança

 Baixa necessidade
 Alta necessidade

Tecnologias	Necessidades	Capacidades
▪ Criptografia embarcada		
▪ <i>Anti jamming</i>		
▪ <i>Anti tampering</i>		
▪ Assinatura digital		
▪ <i>Blockchain</i>		
▪ Controle de acesso ao dispositivo		
▪ Falha segura		
▪ <i>Firmware</i> seguro		
▪ Ingresso seguro à rede de acesso		
▪ Prevenção a DDoS		

Fonte: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

O interesse atual pela temática de IoT pode ser observado no aumento do número de atores ofertantes de TIC. Apesar de positivo, esse dado não necessariamente resultará no atendimento das necessidades da vertical, e pode não gerar inovações de impacto em âmbito nacional e global e em negócios duradouros.

Notoriamente, o número de atores de pequeno porte é muito expressivo, com 65% delas com menos de 100 funcionários e 31% com menos de 10 funcionários. Embora a operação de atores de menor porte represente dinamismo e atratividade nesse segmento, o número elevado traz incertezas a respeito do desenvolvimento desse cenário se nos próximos cinco ou dez anos.

O cenário descrito também traz oportunidades que, se aproveitadas, podem gerar grande impacto. As aplicações de IoT tem grande potencial de transformar a área da saúde, reduzindo custos do sistema e provendo melhor qualidade de vida à população. Ao mesmo tempo, as empresas de tecnologia cada vez mais se interessam em desenvolver soluções nessa área. O desafio, portanto, é criar mecanismos em que demandantes e ofertantes possam interagir e alinhar esforços em torno de objetivos em comum, viabilizando os investimentos.

Essa forma de interação entre demandantes, ofertantes e entidades de apoio, também conhecida como “rede de inovação”, possui grande apelo para a saúde, bem como para as demais áreas

priorizadas, e será aprofundada em outros documentos deste estudo, em especial no Plano de Ação.

3.6 O Brasil já possui uma oferta de soluções tecnológicas de IoT

No Brasil, o setor de saúde possui atores relevantes que oferecem soluções de IoT. Os primeiros foram as grandes empresas de fabricação de dispositivos médicos, porém o número de *startups* relacionadas com IoT na saúde também tem aumentado.

De acordo com pesquisa auto declaratória do Bytes de IoT, pelo menos 85 instituições entre empresas, universidades e Institutos de Ciência e Tecnologia já fornecem algum tipo de solução para a saúde¹⁵. Além dessas instituições, outras 31 informaram que pretendem oferecer soluções para esse ambiente de saúde ainda em 2017, e 149 reportaram estar estudando o desenvolvimento de soluções.

Concentradas principalmente nas regiões Sul e Sudeste (QUADRO 22), uma parcela significativa dessas instituições possui atuação internacional: mais de 51% delas já prestaram serviço ou comercializaram produtos no exterior.

¹⁵ Mapa brasileiro de IoT, pesquisa auto declaratória realizada no âmbito estudo, durante 2017.

QUADRO 22

Distribuição geográfica de oferta de IoT

Instituições que oferecem soluções de IoT na área de saúde



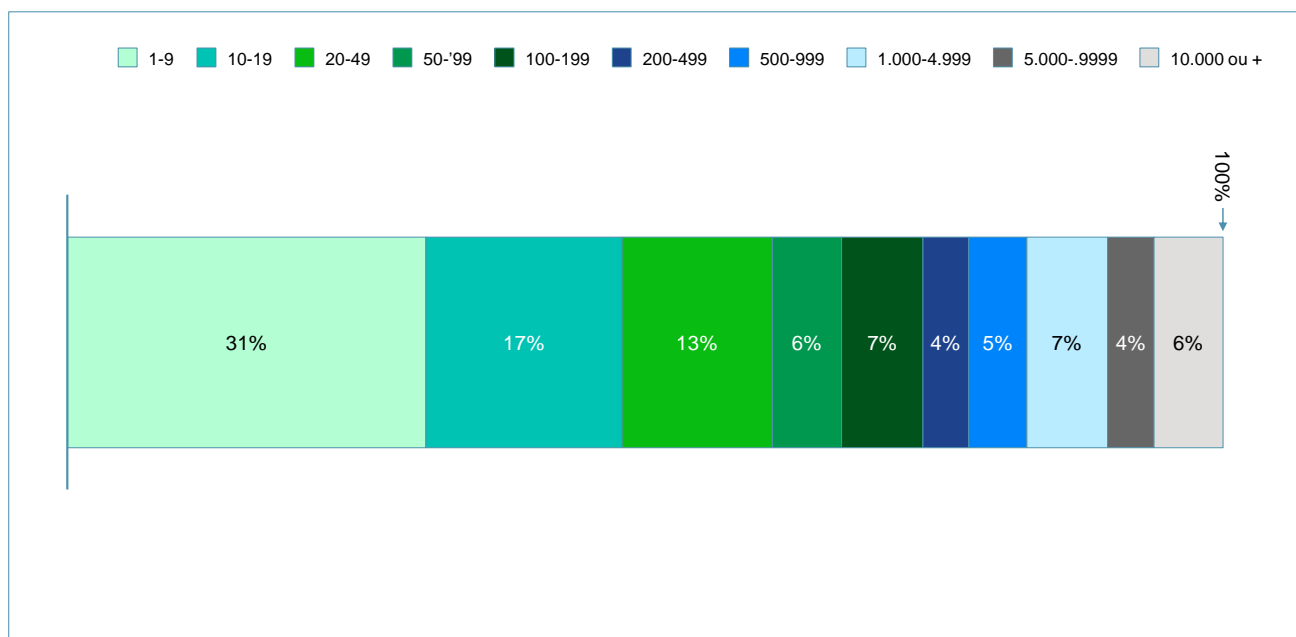
FONTE: Mapa brasileiro de IoT, pesquisa autodeclaratória realizada no âmbito estudo, durante meses selecionados de 2017

Os quadros 23 e 24 mostram o resultado da análise da capacidade tecnológica local no que diz respeito à vertical analisada. O QUADRO 23 apresenta a distribuição dos atores que ofertam ou

pretendem fornecer até o final de 2017 soluções em IoT para a saúde, segmentados por porte. Observa-se que a maioria deles (61%) tem até 50 colaboradores¹⁶.

QUADRO 23

Atores operando na vertical saúde, por porte



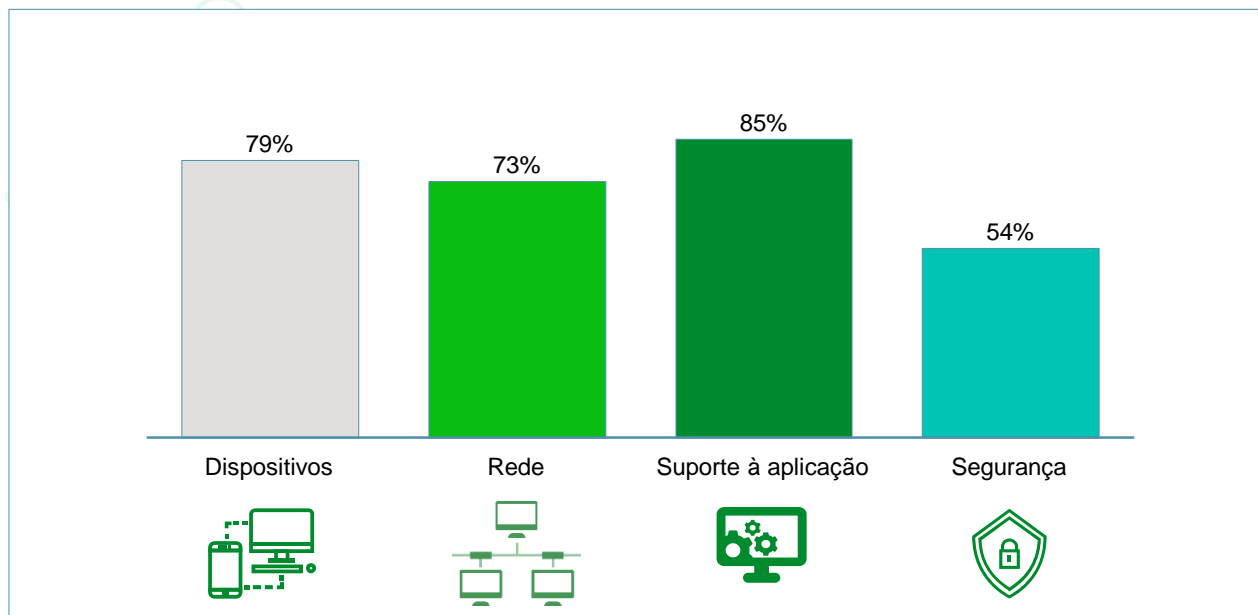
FONTE: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

O QUADRO 24 indica o percentual de atores operando em saúde por camada tecnológica. Nota-se que o maior número de atores atua na camada de suporte à aplicação. Como essa camada engloba tecnologias de desenvolvimento de *software*, admite-se que se trata de um segmento com menor barreira de entrada e, portanto, com maior número de atores na vertical analisada.

¹⁶ Afirmam que atuam ou pretendem atuar na vertical 116 atores até o final de 2017.

QUADRO 24

Atores operando na vertical saúde: por camada



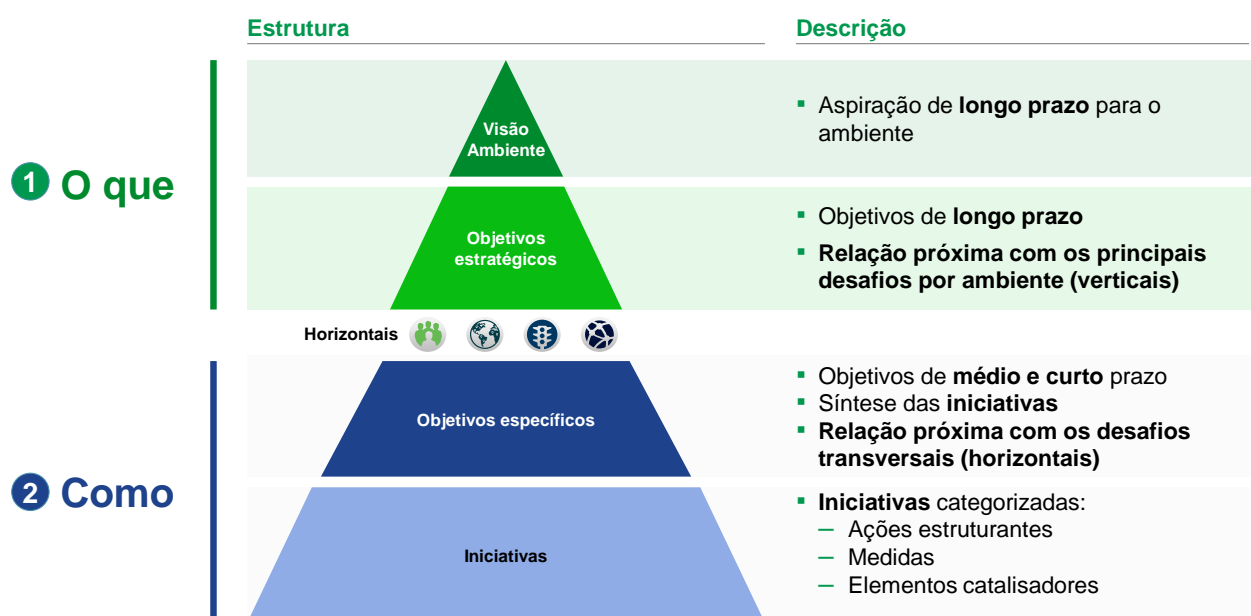
FONTE: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

3.7 Plano de Ação de IoT organizado em quatro camadas, tendo no topo a visão de IoT

O Plano de Ação de IoT para o Brasil está organizado em quatro camadas, conforme mostra o QUADRO 25. Elas fornecem a estrutura e encadeamento lógico do plano, de forma que a visão leva aos objetivos estratégicos (longo prazo), que por sua vez levam aos objetivos específicos (médio/curto prazo) e às iniciativas. A passagem dos objetivos de longo prazo para os de médio e curto prazo é feita a partir das horizontais do estudo e das barreiras levantadas.

QUADRO 25

Quatro camadas descrevem o *que* e *como* será o plano



FONTE: Discussões com o comitê gestor; análise do consórcio

3.7.1 Elementos de inspiração para criação da visão de IoT

Um passo importante na definição de estratégias em nível nacional, principalmente para fomentar a adoção e desenvolvimento de uma tecnologia inovadora, é a criação de uma visão de longo prazo. Essa aspiração de IoT na saúde foi discutida durante o estudo e contou com representantes de diversas instituições relevantes. A discussão baseou-se em quatro elementos:




- Visão de futuro para saúde definida por outros países.
- Visão para saúde no Brasil definida pelo Instituto Coalizão Saúde.
- Diretrizes definidas pelo Conselho Nacional de Saúde.
- Objetivos do Plano Nacional de Saúde de 2016-2019.

Esses elementos são apresentados nos quadros 26 a 29.

QUADRO 26

Inovação e tecnologia nas visões de longo prazo em sistemas de saúde

Visões de países para seus sistemas de saúde

Alemanha 	Inglaterra 	Holanda 
<p>A Alemanha definiu seis grupos de oportunidades para sua Visão 2040, dos quais dois são relacionados com tecnologia.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Cidadão educado – promove a prevenção.▪ Saúde é riqueza – promove o consumo.▪ Foco no cliente alavancado pela tecnologia – promove a integração do atendimento.▪ Tomada de decisão baseada em valor – promove um melhor custo-benefício.▪ Inovação disruptiva – promove atendimento e resultados.▪ Profissionalização – promove eficiência.	<p>A Inglaterra definiu quatro grandes diretrizes para sua Visão 2040, relacionadas com dados, informações ou tecnologias.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Os modelos de entrega de serviços de saúde serão dinâmicos e mudarão constantemente, e irão testar, celebrar e apoiar-se na inovação.▪ Nossos pacientes terão escolhas genuínas.▪ Nossos cidadãos serão empoderados e informados para manter o foco em bem-estar e prevenção.▪ Os investimentos e as decisões serão alavancados por valor e dados.	<p>A Holanda definiu três grandes diretrizes para sua Visão 2040, sendo duas delas relacionadas com inovação.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Melhor qualidade, escolha mais ampla e maior responsabilidade.▪ Nosso sistema de saúde estará em constante fluidez.▪ Seremos pioneiros em informações de saúde, líderes em coleta de dados, e exploradores do pleno potencial de big data.

FONTE: A Vision for the German Healthcare System in 2040, WEF, Sustainable Health Systems – Visions, Strategies, Critical Uncertainties and Scenarios, WEF

11

QUADRO 27

Diretrizes do Conselho Nacional de Saúde: 7 eixos temáticos



Eixos temáticos

-  **Direito à saúde, garantia de acesso e atenção de qualidade**
-  **Participação e controle social**
-  **Valorização do trabalho e da educação em saúde**
-  **Financiamento do SUS e relação público-privada**
-  **Gestão do SUS e modelos de atenção à saúde**
-  **Informação, educação e política de comunicação do SUS**
-  **Ciência, tecnologia e inovação no SUS**

FONTE: Diretrizes do Conselho Nacional da Saúde, Plano Nacional de Saúde 2016-2019, Ministério da Saúde, análise do consórcio

QUADRO 28

O Ministério da Saúde e seus 13 objetivos



Objetivos do Plano Nacional de Saúde 2016-2019

- 1) Ampliar e qualificar o **acesso aos serviços de saúde**, aprimorando a política de **atenção básica e especializada, ambulatorial e hospitalar**.
- 2) Aprimorar e implantar as **Redes de Atenção à Saúde** nas regiões de saúde.
- 3) Promover o **cuidado integral às pessoas nos ciclos de vida** (criança, adolescente, jovem, adulto e idoso).
- 4) **Reduzir e prevenir riscos e agravos à saúde** da população.
- 5) Promover a atenção à saúde dos **povos indígenas**.
- 6) Ampliar o **acesso da população a medicamentos**.
- 7) Promover a produção e a disseminação do **conhecimento científico e tecnológico**.
- 8) Aprimorar o **marco regulatório** e as ações de **vigilância sanitária**.
- 9) Aprimorar o **marco regulatório da Saúde Suplementar**.
- 10) Promover a **formação, a educação permanente, a qualificação, a valorização dos trabalhadores**.
- 11) Fortalecer as instâncias do **controle social** e os **canais de interação com o usuário**, com garantia de **transparência e participação cidadã**.
- 12) Aprimorar a **relação interfederativa** e a atuação do Ministério da Saúde como gestor federal do SUS.
- 13) Melhorar o **padrão de gasto, qualificar o financiamento tripartite** e os processos de **transferência de recursos**.

FONTE: Plano Nacional de Saúde 2016-2019, análise do consórcio

13

QUADRO 29

Uma estratégia com 8 pilares



Proposta elaborada pelo Instituto Coalizão Saúde



FONTE: Entrevistas, workshop, Pesquisa Coalizão Saúde, análise do consórcio

14

Durante o estudo também foram citadas outras referências, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS)¹⁷, associadas com saúde e bem-estar. De acordo com os especialistas presentes, os três ODS relacionados com o uso de IoT na saúde são:

- **ODS 3.1:** até 2030, reduzir a taxa de mortalidade materna global para menos de 70 mortes por 100 mil nascidos vivos.
- **ODS 3.2:** até 2030, acabar com as mortes evitáveis de recém-nascidos e crianças menores de 5 anos, em todos os países, reduzindo a mortalidade neonatal para pelo menos 12 por 1.000 nascidos vivos e a mortalidade de crianças menores de 5 anos para pelo menos 25 por 1.000 nascidos vivos.
- **ODS 3.d:** reforçar a capacidade de todos os países, particularmente aqueles em desenvolvimento, para o alerta precoce, redução de riscos e gerenciamento de riscos nacionais e globais de saúde.

3.7.2 Visão de IoT como guia de adoção e desenvolvimento de soluções

No QUADRO 30 foi sintetizada a aspiração para IoT na saúde no Brasil, assim como os objetivos estratégicos e os indicadores de impacto a serem acompanhados. Esses elementos foram elaborados a partir das discussões do estudo e das entrevistas com especialistas.

¹⁷ Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, em setembro de 2015, composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030.

QUADRO 30





Aspiração e objetivos estratégicos

Aspiração

Contribuir para a ampliação do **acesso à saúde de qualidade** no Brasil por meio da criação de uma **visão integrada** dos pacientes, **descentralização** da atenção à saúde, e da **melhoria de eficiência** das unidades de saúde



Objetivos estratégicos

 Doenças crônicas	Melhorar a efetividade dos tratamentos de pessoas com doenças crônicas por meio do monitoramento contínuo dos pacientes
 Promoção e prevenção	Prevenir situações de risco e controlar o surgimento de epidemias e de doenças infectocontagiosas com soluções de IoT
 Eficiência de gestão	Aumentar a eficiência dos hospitais e unidades de atenção primária de saúde através da adoção de soluções de IoT
 Inovação	Promover a adoção de soluções desenvolvidas localmente para desafios do ambiente e uma visão mais integrada do paciente

Exemplo de ação

Hospital 4.0

- Chamada para projetos piloto para uso de IoT em unidades de saúde com distintos fornecedores

FONTE: Fóruns de engajamento do estudo, discussões com BNDES/MCTIC e análise do consórcio

3.7.3 Concretização da aspiração: superação de barreiras específicas

Durante as sessões de trabalho e entrevistas, foram identificadas diversas barreiras que dificultam ou impedem a adoção de IoT na saúde. Elas estão resumidas no QUADRO 31.

QUADRO 31

Barreiras para desenvolvimento e adoção de IoT

Horizontais	Barreiras
Capital humano	<ul style="list-style-type: none">▪ Informática em saúde não é reconhecida como área de conhecimento pelos órgãos de educação▪ Faltam bolsas de mestrado, doutorado e pesquisa na área de informática médica▪ Poucos profissionais possuem conhecimentos tanto de processos de saúde como de TI
Inovação e inserção internacional	<ul style="list-style-type: none">▪ Falta de investimento privado e público adequados para <i>startups</i>▪ Burocracia para obter recursos e pouca visibilidade de longo prazo para disponibilidade de recursos▪ Pulverização dos recursos para inovação com desalinhamento de órgãos financiadores▪ Dificuldade na importação de componentes▪ Falta de estudos de mercado e verbas para análise de eficiência de novas soluções tecnológicas▪ Cadeia produtiva possui lacunas (p. ex.: falta de indústrias de <i>hardware</i> nacionais)▪ Falta de grupos de discussões de IoT nas associações, conselhos e conferências de saúde▪ Pouca articulação entre empresas, universidades, ICTs e provedores de serviço
Regulatório, segurança e privacidade	<ul style="list-style-type: none">▪ Profissionais de tecnologia não possuem conhecimento sobre a regulação específica da área da saúde▪ Regulamentação de <i>software</i> como dispositivo médico▪ Ausência de normas claras em relação a sigilo de informações clínicas e consentimento de uso de dados
Infraestrutura de conectividade e interoperabilidade	<ul style="list-style-type: none">▪ Rede de serviços de saúde com baixo nível de informatização e conectividade▪ Falta de conectividade em áreas remotas▪ Falta inclusão digital de populações mais vulneráveis




FONTE: Sessão de trabalho e entrevistas com especialistas, análise do consórcio

3.7.4 Mapeamento de iniciativas

No estudo, diversas iniciativas foram mapeadas ao redor das barreiras para facilitar o desenvolvimento de adoção de soluções de IoT na área da saúde. No relatório “Priorização das iniciativas e Plano de Ação” será apresentada a estrutura final das iniciativas, que estão organizadas nas categorias mostradas no QUADRO 32.

QUADRO 32

Existem três categorias de iniciativas mapeadas ao longo do estudo

	Fórum de decisão	Impacto	Facilidade de implantação
Ações estruturantes 	<ul style="list-style-type: none">Decisões tomadas por alto escalão de órgãos engajados no estudo	<ul style="list-style-type: none">Alto e limitado a adoção e desenvolvimento de IoT	<ul style="list-style-type: none">Desafiadora porém possível caso haja alinhamento dentro e fora dos órgãos
Medidas 	<ul style="list-style-type: none">Decisões tomadas por níveis gerenciais de órgãos engajados no estudo	<ul style="list-style-type: none">Médio e limitado a adoção e desenvolvimento de IoT	<ul style="list-style-type: none">Média e muitas vezes já está em andamento
Elementos catalisadores 	<ul style="list-style-type: none">Decisões tomadas por fóruns de altíssimo nível, como Presidência da República e Congresso Nacional	<ul style="list-style-type: none">Muito alto e não se limita apenas a IoT	<ul style="list-style-type: none">Muito desafiadora e, em geral, de resolução de longo prazo

FONTE: Fóruns de engajamento do estudo, discussões com BNDES/MCTIC e análise do consórcio

17

4 Anexo – Detalhamento tecnológico das aplicações

Como verificado até aqui, é grande o impacto esperado de IoT na saúde, e diversos desafios nacionais podem ser endereçados por meio de tecnologias relevantes. Em especial, destacam-se as aplicações apresentadas no QUADRO 33.

QUADRO 33

Aplicações na área da saúde

	Descrição	Impacto estimado
Localização de ativos e pessoas nas unidades de saúde	Monitoramento de ativos móveis duráveis e pessoas (pacientes e funcionários) em hospitais.	
Monitoramento de condições dos pacientes com diabetes	Monitoramento da glicemia, como a principal forma de acompanhar o tratamento do diabete.	
Diagnóstico descentralizado	Realização de testes e diagnósticos de forma descentralizada, evitando o transporte de materiais biológicos para realização de exames.	
Diagnóstico de sepse	Rápida identificação de infecções através do monitoramento contínuo e frequente dos sinais vitais do paciente.	
Identificação e controle de epidemias	Monitoramento de variáveis ambientais e de indicadores de poluição do ar para a estimativa da propensão de epidemias	

FONTE: Sessão de trabalho com especialistas, entrevistas com especialistas, discussões com BNDES/MCTIC, MGI, análise do consórcio

Nesta seção, serão analisadas as tecnologias com capacidade de atender os requisitos dessas aplicações para destacar soluções relevantes para o desenvolvimento de IoT no país.

O levantamento das tecnologias é feito pelo desenho de soluções que visam atender a essas aplicações. É importante frisar que esse exercício não pretende ser exaustivo de forma a cobrir os mais diversos usos dessas tecnologias, uma vez que o imensurável número de possibilidades torna tal propósito inviável.

De modo semelhante, esta seção não visa esgotar as possibilidades de emprego de IoT na saúde apenas com as aplicações mencionadas aqui. Apesar de elas terem sido escolhidas em virtude de seu impacto, o total valor que a IoT pode trazer à saúde é resultado de várias aplicações não descritas.

Além disso, considera-se que as tecnologias destacadas para atender a essas aplicações também são válidas para outras soluções, não apenas para a saúde, mas também para outros setores. Por exemplo, as *smart tags*, possuem aplicabilidade para o rastreamento de remédios e identificação automatizada de pacotes em um centro de distribuição de logística.

A análise de tecnologias realizada nesta seção é um exercício válido para mapear quais merecem atenção para o uso na IoT e quais empresas da cadeia de TIC podem ter interesse em utilizá-las para o desenvolvimento de soluções de IoT.

Os quadros 34 a 38 apresentam o agrupamento de tecnologias analisadas no desenho das soluções de IoT para essas aplicações, com uma breve descrição.

QUADRO 34

Glossário: camada de dispositivos (1/2)

Tipos de tecnologia	Descrição
Armazenamento de energia	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologias como baterias e super capacitores capazes de armazenar energia em dispositivos que não dispõem de alimentação principal ou necessitam permanecer em atividade em situação de contenção na alimentação.
Atuadores	<ul style="list-style-type: none"> Elementos eletro/mecânicos com capacidade de atuação no mundo físico, tais como: reles, válvulas, travas, entre outros. Não são considerados como elementos atuadores sinalizadores cujo objetivo é informar as pessoas, como semáforos, alarmes sonoros e painéis de mensagem.
Energy harvesting	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologias capazes de converter em energia elétrica outras fontes de energia disponíveis no ambiente, como energia solar, eólica e vibração mecânica. Também envolve tecnologias de armazenamento de energia, quando necessárias, para manter a continuidade da alimentação em situações de variação da fonte de energia do ambiente.
Integração de componentes	<ul style="list-style-type: none"> Técnicas e tecnologias capazes de integrar diversos elementos como processadores, memórias, sensores, modems, atuadores e baterias para tornar o objeto inteligente menor, reduzir custos e melhorar a eficiência energética. Destacam-se aqui as tecnologias para o desenvolvimento de SoC (<i>System on a Chip</i>) e encapsulamento mecânico avançado como SiP (<i>System in Package</i>).
Módulo de geolocalização	<ul style="list-style-type: none"> Elemento dotado de tecnologias capazes de definir de forma dinâmica a localização do objeto inteligente, por exemplo: GPS (<i>Global Positioning System</i>) e triangulação de sinais.
Sensores biológicos/químicos	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologias de sensoriamento capazes de identificar fenômenos biológicos e químicos como OTFT (<i>Organic Thin-Film Transistor</i>) e CNBS (<i>Carbon-nanotube based sensors</i>).
Sensores eletro/magnéticos	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologias de sensoriamento capazes de identificar fenômenos elétricos e magnéticos como termopares e HES (<i>Hall Effect Sensor</i>).

FONTE: Análise do consórcio

19

QUADRO 35

Glossário: camada de dispositivos (2/2)

Tipos de tecnologia	Descrição
Sensores eletro/mecânicos	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologia de sensoriamento capaz de identificar fenômenos elétricos e mecânicos como MEMS (<i>Microelectromechanical systems</i>) e SAW (<i>Surface Acoustic Wave</i>).
Sensores ópticos/imagem	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologia de sensoriamento capaz de identificar fenômenos ópticos e imagens, como CMOS (<i>Complementary Metal-Oxide-Semiconductor</i>), CCD (<i>Charge Coupled Device</i>) e FBG (<i>Fiber Bragg Grating</i>).
Sistema embarcado compacto	<ul style="list-style-type: none"> Sistema computacional composto de processamento, memória (volátil e não volátil) e interface de comunicação (sem fio ou cabeada) para a criação de objetos inteligentes com considerável restrição de espaço físico.
Sistema embarcado de alto desempenho	<ul style="list-style-type: none"> Sistema computacional composto de processamento, memória (volátil e não volátil) e interface de comunicação (sem fio ou cabeada) para a criação de objetos inteligentes com necessidade de maior capacidade de processamento ou armazenamento de dados em comparação a objetos inteligentes simples.
Sistema embarcado de baixo consumo	<ul style="list-style-type: none"> Sistema computacional composto de processamento, memória (volátil e não volátil) e interface de comunicação (sem fio ou cabeada) para a criação de objetos inteligentes com considerável restrição de consumo energético.
Smart tag	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologias de identificação e localização de objetos como RFID, Beacon BLE (<i>Bluetooth Low Energy</i>) e NFC (<i>Near Field Communication</i>).

FONTE: Análise do consórcio

20

QUADRO 36

Glossário: camada de conectividade

Tipos de tecnologia	Descrição
Redes mesh	<p>Tecnologias de comunicação sem fio em que os nós possuem capacidade de encaminhamento de pacotes provenientes de outros nós que participam da mesma rede. Por exemplo: IEEE 802.15.4 e Bluetooth 5.0.</p>
Redes Low Power Wide Area	<p>Tecnologias de longo alcance, baixo consumo energético e banda limitada, como LoRa, Weightless, Sigfox e RPMA (<i>Random Phase Multiple Access</i>).</p>
Redes cabeadas	<p>Tecnologias de longo e curto alcance transmitidas por meio confinado (cobre ou fibra), como Ethernet, GPON (<i>Gigabit Passive Optical Network</i>) e PLC (<i>Power Line Communication</i>).</p>
Redes de celular	<p>Tecnologias de comunicação sem fio padronizadas pelo GSMA e 3GPP, como EC-GPRS (<i>Extended Coverage GPRS</i>), LTE-M (<i>Long Term Evolution Machine type communication</i>) e NB-IoT (<i>Narrow Band IoT</i>).</p>
Redes de curto alcance e alta banda	<p>Tecnologias de comunicação sem fio com cobertura local (dezenas ou poucas centenas de metros) com capacidade de banda na ordem de Mbps até Gbps (por exemplo: WiFi).</p>
Redes de curto alcance e baixa banda	<p>Tecnologias de comunicação sem fio com cobertura local (dezenas ou poucas centenas de metros) com capacidade de banda na ordem de Kbps até Mbps (por exemplo: <i>Bluetooth Low Energy</i>).</p>
Redes Ultra Wideband	<p>Tecnologias de comunicação de baixo consumo energético que utilizam larga proporção do espectro (no ordem de centenas de MHz). Podem ser utilizadas para transmissão em altas taxas e também para localização precisa, em especial para ambientes <i>indoor</i>.</p>

FONTE: Análise do consórcio

QUADRO 37

Glossário: camada de suporte à aplicação

Tipos de tecnologia	Descrição
Advanced analytics	Tecnologias para o processamento de dados que aplicam tecnologias de computação cognitiva (<i>machine learning</i>) capazes de utilizar o grande volume de dados para o próprio treinamento e assim, progressivamente, aprimorar os resultados de reconhecimento de padrões complexos.
Analytics	Tecnologias aplicadas para descoberta, interpretação e comunicação de padrões de dados.
Banco de dados não relacional	Termo que classifica tecnologias de bancos de dados que, não seguindo o modelo relacional, buscam escalabilidade e desempenho para tratar grandes volumes de dados.
Banco de dados relacional	Termo que classifica tecnologias de bancos de dados que seguem o modelo relacional, sendo os dados estruturados e acessados na forma de tabelas que se associam entre si por meio de regras de relacionamentos.
Computação de alto desempenho	Tecnologias que possibilitam o processamento de dados em alto volume e curto período de tempo. Para tal, são utilizadas técnicas de processamento distribuído, como <i>clusters</i> , em conjunto com <i>hardware</i> especializado, como GPU (<i>Graphics Processing Unit</i>) e FPGA (<i>Field-Programmable Gate Array</i>).
Edge computing	Tecnologias para o processamento e armazenamento dos dados realizados de forma geograficamente mais próxima aos dispositivos que os geraram. Geralmente empregadas em cenários em que as aplicações IoT demandam baixo atraso, não podem depender de instabilidades de rede ou o custo do transporte dos dados é demasiadamente alto.
Geoanalytics	Tecnologias para a análise de dados associados com a localização de modo a gerar análises e relatórios orientados a coordenadas e mapas.
Middleware IoT em nuvem	Camada de <i>software</i> executada em ambiente computacional em nuvem que conecta/integra os dispositivos de IoT, abstraíndo sua heterogeneidade e complexidade para simplificar e acelerar o desenvolvimento e a implantação de soluções de IoT.
Middleware IoT on premises	Camada de <i>software</i> executada em ambiente computacional local que conecta/integra os dispositivos de IoT, abstraíndo sua heterogeneidade e complexidade para simplificar e acelerar o desenvolvimento e a implantação de soluções de IoT.
Visão computacional	Tecnologias aplicadas para o reconhecimento de padrões em imagens digitalizadas (figuras ou vídeos) de forma a extrair informações úteis delas. Para isso, destacam-se técnicas como <i>deep learning</i> e OCR (<i>Optical Character Recognition</i>).

FONTE: Análise do consórcio

QUADRO 38

Glossário: camada de segurança da informação

Tipos de tecnologia	Descrição
Criptografia embarcada	Técnicas para a realização da criptografia de dados executadas em ambientes que, em geral, apresentam restrições de processamento, memória e comunicação.
Anti jamming	Tecnologias e técnicas aplicadas para mitigar o risco da falta de comunicação frente a ataques que utilizam sinais de interferência para inviabilizar a transmissão de dados por interface aérea.
Anti tampering	Tecnologias e técnicas para proteção da violação física que geram alarmes ou mesmo inutilizam o objeto inteligente violado, por exemplo, apagando a memória.
Assinatura digital	Técnicas e métodos de autenticação de informação digital que visam garantir a identidade de pessoas ou objetos.
Blockchain	Tecnologia que visa à descentralização como medida de segurança através da criação de um índice global para todas as transações que ocorrem em um determinado escopo.
Controle de acesso ao dispositivo	Tecnologias e técnicas que visam impedir que acessos remotos não autorizados sejam realizados em objetos conectados.
Falha segura	Técnicas e métodos que visam garantir que diante de uma situação de falha o objeto realizará funções pré-configuradas para manter o serviço prestado em um nível minimamente aceitável.
Firmware seguro	Tecnologias e técnicas que visam garantir a segurança do <i>software</i> embarcado em um objeto inteligente. Impedem que códigos adulterados entrem em execução ou que eles sejam copiados em um objeto, assim como a utilização remota para a correção de falhas identificadas.
Ingresso seguro à rede de acesso	Tecnologias e métodos que impedem que objetos não autorizados ingressem em uma rede de comunicação.
Prevenção à negação de serviço	Tecnologias que combatem ataques que objetivam impedir a prestação do serviço de aplicações ou objetos inteligentes. Também impedem que objetos inteligentes se tornem atacantes de outros serviços.

FONTE: Análise do consórcio

4.1 Localização de ativos e pessoas nas unidades de saúde

O monitoramento de ativos móveis duráveis e pessoas (pacientes e funcionários) em hospitais facilita a localização deles e aumenta a eficiência dos processos. A seguir os destaques de seus benefícios:

- Melhor uso de ativos duráveis e móveis.
- Economia do tempo dos profissionais de saúde.
- Maior agilidade no atendimento de pacientes.
- Prevenção de roubos e fraudes.
- Segurança física.

4.1.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para rastreamento de ativos nas unidades de saúde são:

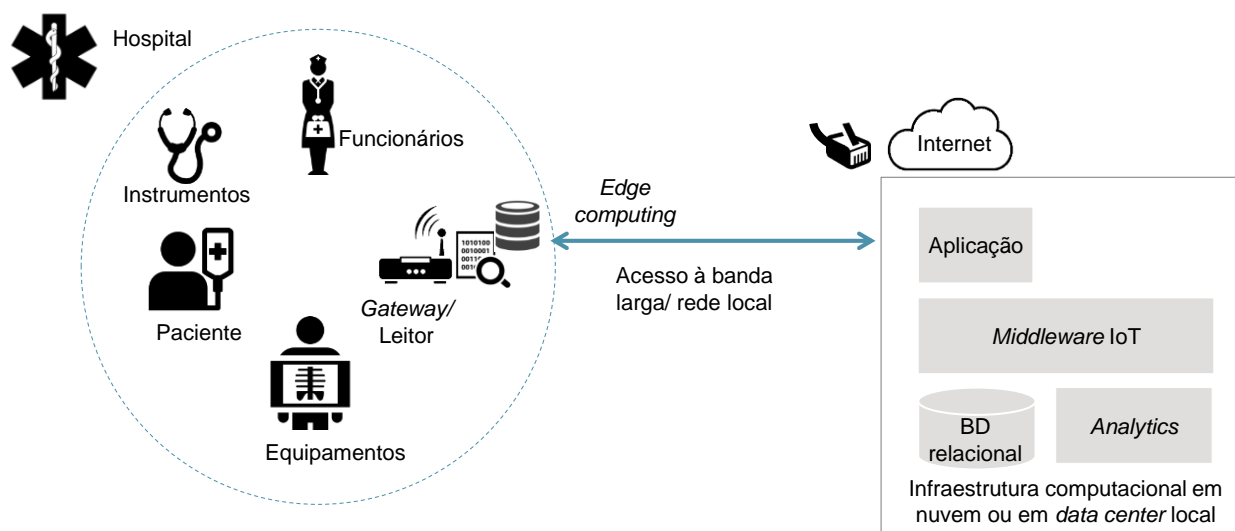
- O ambiente da aplicação está limitado ao hospital.
- A aplicação requer confidencialidade e privacidade das informações.
- A solução deve possuir capacidade de gerar alarmes em tempo real.
- A aplicação deve ser altamente escalável – centenas de milhar.
- A solução deve ser capaz de integrar-se com outros sistemas hospitalares para fornecimento de informações (inventário, estoque, compras, controle de acesso).
- O dispositivo sensor deve ter baixo custo para classe de ativos de baixo valor.
- A aplicação deve suportar operação local para ambientes que requerem alta disponibilidade da aplicação.

O QUADRO 39 apresenta a visão sistêmica da solução para rastreamento de ativos nas unidades de saúde.

QUADRO 39

Localização de ativos e pessoas nas unidades de saúde

Visão sistêmica da solução



FONTE: Sessão de trabalho com especialistas, entrevistas com especialistas, análise do consórcio

A solução consiste no monitoramento, em tempo real, de ativos de natureza heterogênea. Esses ativos podem ser pessoas (como médicos, enfermeiros, pessoal de apoio e pacientes), equipamentos hospitalares de alto valor, itens de instrumentação, insumos de alto valor, até mesmo itens corriqueiros, mas que podem ter impacto na operação, dependendo dos processos hospitalares com os quais estão relacionados. A captura de informações de localização desses ativos se dá por meio de diferentes tipos de *smart tags*, a depender da natureza do ativo a ser monitorado e a precisão requerida para a localização.

Em geral, as localizações desses ativos são inferidas conforme a potência do sinal recebida em cada *gateway* espalhado na unidade de saúde, de modo a garantir cobertura adequada de toda a área útil. Tais dados são armazenados na nuvem, mas podem ser armazenados em um *data center* local para garantir disponibilidade para certas funcionalidades em caso de indisponibilidade da conectividade da unidade hospitalar. O *data center* local também pode ser necessário em situações nas quais não é permitido o armazenamento em infraestrutura computacional pública, por causa de questões de confidencialidade e privacidade dos dados, em especial dos pacientes.

Desse modo, os dados são então enviados para a aplicação por meio de acesso banda larga disponível na unidade de saúde ou, no caso de hospedagem local, pela intranet. As informações de localização aos usuários da solução e demais sistemas são disponibilizadas através de

algoritmos de análise de dados. A seguir são mostradas as particularidades de cada camada da solução.

4.1.2 Dispositivo

Considerando a heterogeneidade de itens, essa aplicação requer diversidade de dispositivos de localização, em especial para lidar com elementos de grande variação de custo. Na mesma direção, os custos de operação e a possibilidade de reuso de dispositivos devem ser considerados, como a necessidade de troca de baterias.

Para itens de mais baixo custo, o emprego de *smart tags* baseadas em RFID passiva é uma solução adequada. Através de uma infraestrutura de leitores de RFID conectados no hospital, em especial nas entradas e saídas onde os objetos devem ser monitorados, ocorre o envio da informação para a aplicação da última localização registrada do item quando ele passa pela zona de leitura.

Para a localização de itens de maior valor ou de pessoas, *smart tags* baseadas em *beacons* (ex.: *Bluetooth Low Energy*) ou RFID ativa apresentam-se como solução de mais alto desempenho, permitindo a localização instantânea, e não a última localização registrada. Essa solução exige o uso de baterias e, conseqüentemente, sua troca¹⁸. Esse tipo de localizador pode ser reaproveitado em diversas situações, por exemplo, a *smart tag* embutida no crachá de um paciente será utilizada apenas enquanto ele estiver no hospital, sendo devolvido na saída para a utilização de um novo paciente. Para situações em que a precisão da localização é importante (por exemplo, microlocalização de instrumentos cirúrgicos), as *smart tags* dotadas de tecnologias de *Ultra Wide Band* (UWB) podem ser aplicadas.

Da mesma forma que são necessários portais leitores de RFID para as *smart tags* mais simples, para *smart tags* baseadas em *beacons*, uma infraestrutura de *gateways* capazes de receber as mensagens desses dispositivos deve ser construída em todo o ambiente onde a localização deve ser realizada. Dessa maneira, configura-se a oportunidade de desenvolvimento de equipamentos que congreguem as duas funcionalidades, reduzindo custo de implantação e manutenção de infraestrutura.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivo tecnologias de:

- Armazenamento de energia.

¹⁸ Vale destacar que, por se tratar de um ambiente *indoor* e de dimensões mais restritas em comparação a outros ambientes, a dificuldade de troca de baterias, desde que se atinja autonomia de meses ou até de anos, não se caracteriza como um grande desafio.

- *Smart tag*.

Uma previsão de volume no mercado nacional compreende o emprego de um número superior a 100 mil sensores por hospital, das diversas categorias, dada a grande quantidade de ativos que precisam ser monitoradas nesse ambiente. É razoável considerar que 80% desses ativos se valem de *smart tags* mais simples, e 20% de dispositivos mais elaborados, como *beacons*. Considerando-se um mercado total de 6.000 hospitais no país, é previsto algumas centenas de milhões de *smart tags* mais simples e dezenas de milhões de versões mais complexas.

Para os *gateways*/leitores, espera-se algumas dezenas de unidades por hospital, caracterizando-se como um mercado de algumas centenas de milhares de unidades.

4.1.3 Conectividade

A exemplo do que se observa na camada de sensoriamento, na camada de rede também devem coexistir diversas tecnologias de conectividade. Ao menos duas serão empregadas, independentemente do cenário de implantação: uma para conectividade de curto alcance, em ambiente *indoor*, e outra para conectividade da unidade de saúde com a infraestrutura computacional em nuvem (caso questões de privacidade de dados não impeçam essa abordagem).

O *gateway* concentra dados dos sensores para posterior envio à rede local ou diretamente para a nuvem, conforme a implantação escolhida. Trata de um elemento que basicamente fornece funcionalidades de conectividade e segurança locais, que se interligam na rede LAN (*Local Area Network*) por interface cabeada para encaminhamento dos dados coletados, oferecendo largura de banda de ordem de grandeza de megabytes por segundo. Ele possui alimentação por fonte principal e deve ser instalado em local que já possui energia.

O *gateway* constantemente recebe dados de localização enviados pelos sensores, abre sessão segura com o serviço no *data center* local ou na nuvem e realiza a transmissão. Em algumas soluções, o *gateway*/leitor pode atuar como portal, identificando se o ativo passou ou não por ele.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes de curto alcance e baixa banda.
- Redes *Ultra Wide Band* (UWB).

4.1.4 Suporte à aplicação

Por fim, o desenvolvimento da aplicação ocorre por meio de *middleware* IoT em nuvem ou *on premises* (caso seja requerido), que recebe os dados concentrados pelos *gateways*/leitores. Ele pode ser utilizado para questões de interoperabilidade de padrões distintos, através de conectores de *software* que traduzem diversos protocolos, armazenando as informações de modo uniforme. Outra função importante do *middleware* é o gerenciamento dos *gateways*/leitores e das *smart tags* mais sofisticadas.

Além disso, independentemente de ser público ou privado, local ou em nuvem, o *middleware* deve permitir o armazenamento de limitada capacidade para série histórica, de maneira a permitir o desenvolvimento de aplicações avançadas por técnicas de *analytics*. Outra possibilidade é o emprego de *stream processing*, especialmente para a geração de alertas em tempo real (por exemplo, equipamentos retirados do hospital sem prévia autorização). A necessidade de geração de alarmes em tempo real também pode demandar uso de técnicas de *edge computing* implementadas nos *gateways*/leitores para não depender de variações que podem ocorrer no transporte de dados devido a instabilidades da rede.

Por se tratar de solução que não depende de *big data* e complexos algoritmos de *analytics*, pode-se empregar soluções de armazenamento de dados relacional.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- *Edge computing*.
- Banco de dados relacional.
- *Analytics*.
- *Middleware* IoT em nuvem.
- *Middleware* IoT *on premises*.

4.2 Monitoramento de condições dos pacientes com diabetes

Essa aplicação visa realizar o monitoramento da glicemia, como a principal forma de acompanhar o tratamento do diabetes, uma das doenças crônicas de maior impacto no sistema de saúde nacional. As subseções a seguir oferecem detalhes dessa aplicação.

4.2.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para monitoramento de condições dos pacientes com diabetes são:

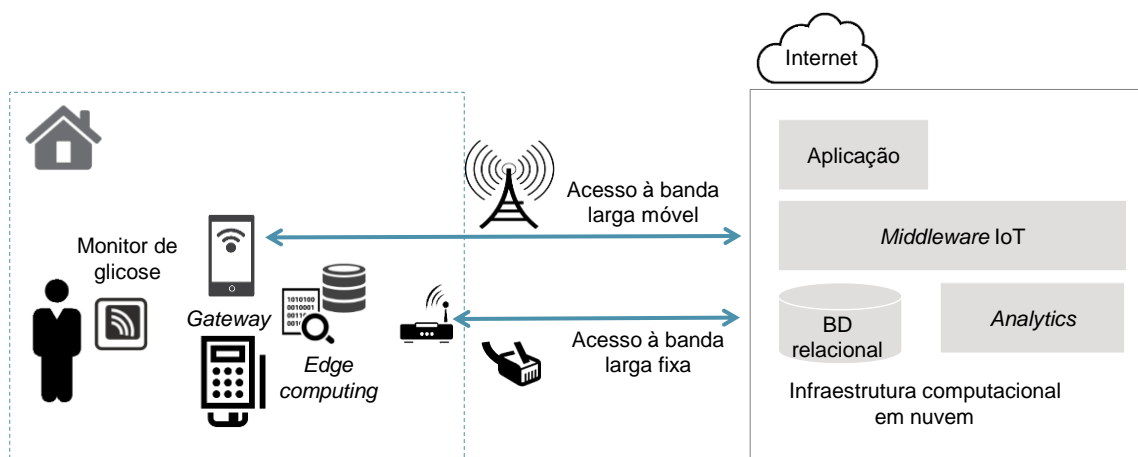
- O ambiente não é controlado fisicamente.
- A aplicação requer alta confidencialidade e privacidade das informações.
- A solução deve possuir capacidade de gerar alarmes em tempo real.
- Altamente escalável.

O QUADRO 40 apresenta a visão sistêmica da solução para monitoramento de condições de diabéticos.

QUADRO 40

Monitoramento de condições dos pacientes com diabetes

Visão sistêmica da solução



FONTE: Sessão de trabalho com especialistas, entrevistas com especialistas, análise do consórcio

A solução consiste no monitoramento, em tempo real, dos níveis glicêmicos captados por meio de um monitor de glicose implantado no paciente.

Tais dados são armazenados na nuvem, mas podem também ser temporariamente mantidos no *gateway*, para garantir disponibilidade a certas funcionalidades no caso de ausência da conectividade na residência do paciente. Os dados são enviados por meio de acesso à banda larga.

Por intermédio de algoritmos preditivos e de inteligência artificial, a aplicação agrega informações e extrai significado dos dados, que são então utilizados na forma de relatório pelos usuários, como pacientes, médicos e planos de saúde. A seguir são descritas as particularidades de cada camada da solução.

4.2.2 Dispositivo

O monitoramento da medição contínua do nível de glicose no líquido intersticial (fluido entre as células corporais bem abaixo da pele), por meio de biosensores eletroquímicos, permite que o médico possa identificar as alterações desses níveis e, com o paciente, possa aperfeiçoar o tratamento.

O sensor é conectado a um transmissor que envia as informações através de radiofrequência para um *gateway* que, usualmente, possui um *display* das medidas e alarmes, podendo ser tanto um elemento dedicado a esse fim ou um aplicativo executado em um *smartphone*. Como tecnologia de sensoriamento, são utilizados biosensores eletroquímicos de glicose.

A utilização de sensores não invasivos, por exemplo, os baseados em tecnologia óptica, está em estudo, mas atualmente não possuem a confiabilidade necessária. Em virtude disso, a certificação dos dispositivos e sensores representa uma barreira a ser transposta pelo fato de serem implantados no corpo humano.

O implante exige baterias e a dificuldade de sua troca se reflete no uso de tecnologias de sistemas embarcados de baixo consumo energético ou de *energy harvesting*, como recarga através de campo eletromagnético induzido.

Com relação ao mercado potencial, segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes, atualmente no Brasil há mais de 14 milhões de pessoas com diabetes. O grande volume desse mercado aliado à necessidade de otimizações de processamento embarcado de baixo consumo, ao armazenamento de energia, aos sensores especializados e à redução do espaço consumido para facilitar o implante abre espaço para o investimento na integração de componentes.

Do ponto de vista de segurança da informação e privacidade dos dados do usuário, torna-se necessário que as informações enviadas pelo dispositivo não sejam transmitidas abertamente, sendo indispensável o emprego de técnicas de criptografia embarcada.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivo tecnologias de:

- Armazenamento de energia.
- *Energy harvesting*.
- Sistema embarcado de baixo consumo.
- Sistema embarcado de compacto.
- Sensores biológicos/químicos.
- Integração de componentes.
- Criptografia embarcada.

4.2.3 Conectividade

Para viabilizar esse uso, duas soluções de conectividade são empregadas para o desenvolvimento do sensor e *gateway*. A primeira diz respeito à comunicação entre sensor e *gateway*, cujas tecnologias utilizadas são de curto alcance e baixa banda, como *Bluetooth Low Energy* (BLE) e *Near Field Communication* (NFC). Para a comunicação entre o *gateway* e a internet, é empregada tecnologia de curto alcance e alta banda, como WiFi.

Por se tratar de um equipamento instalado nas dependências do usuário, o *gateway* é alimentado por fonte principal de energia, podendo contar com bateria auxiliar. *Smartphones* podem, a depender da aplicação desenvolvida, realizar o papel de *gateways*, já que muitos modelos contam com as interfaces de rede necessárias, bem como poder de processamento requerido.

Como a aplicação demanda conectividade com a internet para que os dados possam ser enviados para a aplicação em nuvem, torna-se necessário acesso à banda larga fixa disponível na residência ou móvel, em especial quando o *smartphone* realiza funções do *gateway*.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes de curto alcance e baixa banda.
- Redes de curto alcance e alta banda.

4.2.4 Suporte à aplicação

Para geração de relatórios para o acompanhamento do médico e do paciente, é desenvolvida aplicação em nuvem que se vale de *middleware* IoT, que recebe as medições pelos *gateways*. O armazenamento de dados em banco de dados relacional e os algoritmos de *analytics* identificam a série histórica indicando possíveis problemas e ações a serem tomadas. Como nessa aplicação o *gateway* realiza diversas funções, como armazenamento local dos dados para posterior transmissão e comunicação segura com o dispositivo sensor, segue-se uma abordagem de *edge computing*.

Em nível de aplicação, para que essas informações possam ser utilizadas por outros sistemas, o *middleware* deve prover interoperabilidade de dados. No caso de aplicações para saúde, podem ser adotados modelos de dados, como os definidos pelo *Health Level-7* ou HL7, que é um órgão internacional para a definição e transferência de dados clínicos e administrativos entre aplicativos de *software* usados por vários profissionais de saúde.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte à aplicação tecnologias de:

- *Edge computing*.
- Banco de dados relacional.
- *Analytics*.
- *Middleware* IoT em nuvem.

4.3 Diagnóstico descentralizado

A falta de acesso a exames laboratoriais é um problema para considerável parte da população brasileira, principalmente aquelas que vivem em áreas distantes dos grandes centros urbanos. A realização de testes e diagnósticos de forma descentralizada, evitando o transporte de materiais biológicos para realização de exames, traz benefícios como:

- Maior agilidade na identificação de doenças.
- Redução de custos logísticos para realização de exames.

As subseções a seguir oferecem detalhes da solução para essa aplicação.

4.3.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para diagnóstico descentralizado são:

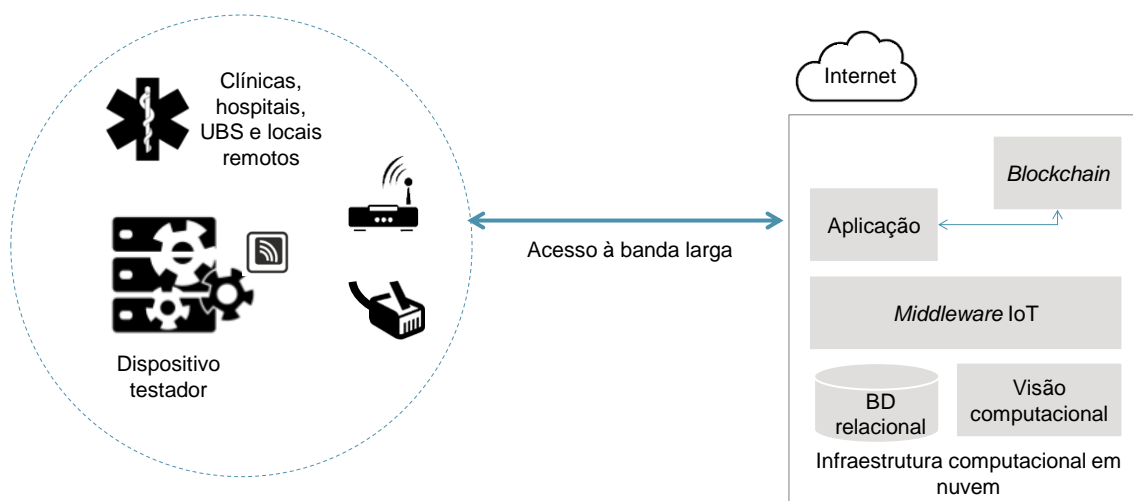
- O ambiente da aplicação compreende as unidades de saúde.
- A aplicação requer confidencialidade e privacidade das informações.
- A aplicação deve ser escalável – milhares de unidades.
- Equipamento portátil para atender demandas de exames remotos.
- Dados gerados de vários megabytes (imagens de alta resolução).

O QUADRO 41 apresenta a visão sistêmica do diagnóstico descentralizado.

QUADRO 41

Diagnóstico descentralizado

Visão sistêmica da solução



FONTE: Sessão de trabalho com especialistas, entrevistas com especialistas, análise do consórcio

A solução baseia-se no emprego de dispositivos testadores que, a partir de amostras de sangue, saliva ou outros fluídos e tecidos corporais, conseguem identificar patógenos de doenças específicas em curto espaço de tempo (em minutos ou poucas horas). Além disso, tais dispositivos podem medir, em tempo real, a frequência cardíaca, a temperatura, os níveis de oxigênio e a pressão arterial dos pacientes.

As informações coletadas são armazenadas na nuvem, mas também podem ser hospedadas de forma temporária no dispositivo para mitigar o risco de perda de informação no caso de instabilidade da conectividade.

Os dados enviados para a aplicação em nuvem são tratados por meio de algoritmos de inteligência artificial que extraem significado dos dados para a geração dos relatórios com o diagnóstico. A seguir são descritas as particularidades de cada camada da solução.

4.3.2 Dispositivo

A identificação e o diagnóstico de patógenos são realizados por meio de biomarcadores baseados em DNA ou RNA do patógeno causador de uma determinada doença. Uma amostra do paciente é coletada e colocada em contato com o reagente específico para o patógeno. Utilizando-se técnicas de identificação do biomarcador e biosensores é identificada a presença do causador da doença.

Para a realização do diagnóstico, diversos tipos de sensores e técnicas podem ser empregados, como sensores ópticos, reação em cadeia da polimerase (PCR) e imunofluorescência. Depois das reações necessárias aos exames realizados, o dispositivo digitaliza as informações para o diagnóstico, em especial com sensores de imagem de alta resolução, enviando-as para a aplicação em nuvem por meio de uma conexão de banda larga. Para a execução dessa tarefa, o dispositivo requer sistema embarcado de alto desempenho.

Essa aplicação possui alta criticidade na privacidade dos dados dos pacientes, assim como a necessidade de garantir a identidade deles para evitar erros de associação dos resultados com os usuários ou até para impedir fraudes. Dessa forma, o dispositivo deve possuir mecanismo de criptografia para envio das informações e assinaturas digitais para fins de identificação.

Quanto ao mercado potencial, apenas no Brasil, a solução pode ser implantada em milhares de hospitais e até centenas de milhares de unidades de saúde públicas e privadas¹⁹. Em uma visão de longo prazo, vale destacar que essa aplicação pode chegar à utilização residencial.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Sistema embarcado de alto desempenho.
- Sensores ópticos/imagem.
- Criptografia embarcada.
- Assinatura digital.

¹⁹ Segundo o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES), no Brasil, há 6.778 hospitais, e 301 mil serviços de saúde cadastrados no Ministério da Saúde.

4.3.3 Conectividade

O dispositivo sensor deve ser conectado com a internet para envio dos dados à nuvem. Como a operação se dá em ambiente *indoor* – hospitais, unidades de saúde ou clínicas – destacam-se o uso de tecnologias *wireless* de curto alcance (por exemplo, WiFi) ou mesmo de rede cabeada (por exemplo, Ethernet). Como os exames resultam na geração de imagens de alta resolução, o encaminhamento dos dados exige conectividade em altas taxas (Mbps), assim como acesso à banda larga no local.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes de curto alcance e alta banda.
- Redes cabeadas.

4.3.4 Suporte à aplicação

As imagens geradas pelos dispositivos são recebidas pelo *middleware* IoT instanciado em infraestrutura computacional em nuvem que as armazena em banco de dados relacional para o posterior acesso da aplicação. O *middleware* IoT também faz o gerenciamento dos dispositivos realizando ações como a atualização remota de *firmware*.

Algoritmos de visão computacional, como *deep learning*, processam a imagem para identificar a patologia. As técnicas de *machine learning* empregadas requerem o uso de dados de treinamento. Isto exige assistência de técnicos especializados nos exames laboratoriais, até que o reconhecimento automatizado atinja grau de precisão adequado.

Considerando a criticidade da aplicação em termos de privacidade dos dados, o emprego da tecnologia de *blockchain* se mostra adequado para endereçar alguns desafios, como a identificação do paciente e o registro do próprio exame. Além disso, a remuneração do serviço laboratorial, seja pelo paciente, plano ou sistema de saúde, pode ser facilitada por essa tecnologia.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte à aplicação tecnologias de:

- Banco de dados relacional.
- Visão computacional.
- *Middleware* IoT em nuvem.
- *Blockchain*.

4.4 Diagnóstico de sepse

A forte reação do organismo às infecções representa um grande risco à vida de pacientes internados em hospitais, além de onerar significativamente os custos do sistema de saúde. Portanto, a rápida identificação de infecções através do monitoramento contínuo e frequente dos sinais vitais do paciente por meio de sensores conectados tem um significativo potencial de impacto na saúde.

4.4.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para diagnóstico de sepse são:

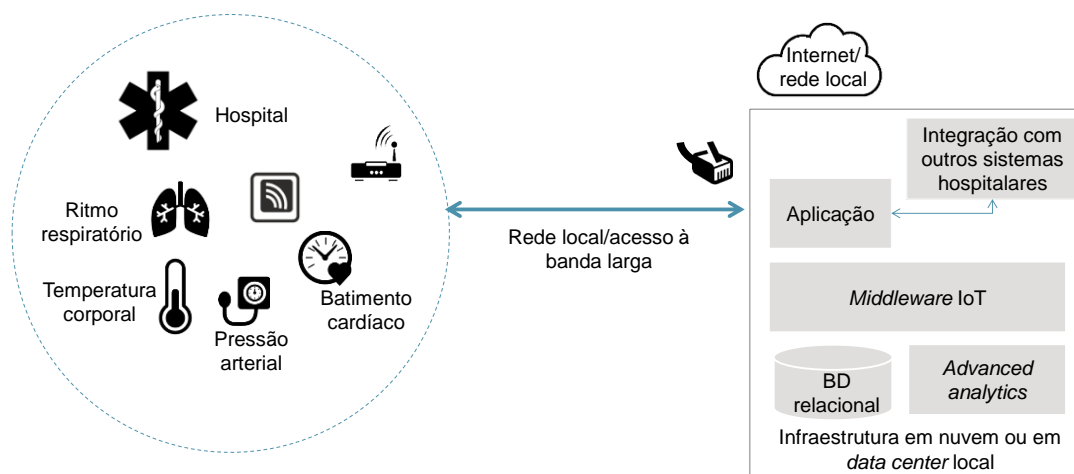
- O ambiente da aplicação está limitado ao hospital.
- A geração de alarmes deve ocorrer em tempo real (poucos segundos).
- Medidas coletadas consomem poucos *bytes*.
- Medidas devem ser coletadas e enviadas a cada 15 minutos.
- A aplicação deve ser escalável – milhares de pacientes em um hospital;
- A solução deve ser capaz de se integrar com outros sistemas hospitalares para fornecimento de informações do paciente, e resultados de exames específicos.
- Baixa criticidade de segurança da informação.

O QUADRO 42 apresenta a visão sistêmica da solução para diagnóstico de sepse.

QUADRO 42

Diagnóstico de sepse

Visão sistêmica da solução



FONTE: Sessão de trabalho com especialistas, entrevistas com especialistas, análise do consórcio

A solução consiste no monitoramento, em tempo real, da pressão arterial, temperatura e frequências cardíaca e respiratória dos pacientes internados no hospital. A captura dessas informações pode se dar por diversos sensores especializados integrados ou não em um mesmo dispositivo.

Por ser uma aplicação de missão crítica, o armazenamento e o tratamento dos dados podem ocorrer em infraestrutura computacional local para a mitigação do risco de indisponibilidade por intermitência do serviço de acesso à internet ou em infraestrutura em nuvem pública quando há redundância de conectividade no hospital. A seguir são descritas as particularidades de cada camada da solução.

4.4.2 Dispositivo

O dispositivo é dotado de sensores capazes de medir pressão arterial, temperatura e frequências cardíaca e respiratória. Esses são sensores simples que empregam tecnologias eletro/mecânicas, como *microelectromechanical systems* (MEMS), ou ópticas, principalmente no caso do monitoramento do batimento cardíaco.

Para viabilizar a utilização, o dispositivo não pode contar com alimentação principal, tendo uma bateria como fonte de energia. Contudo, a realização de muitas trocas de bateria também inviabiliza a solução, de forma que frente à necessidade de medição e transmissão de dados frequentes (15 minutos) o sistema embarcado deve empregar tecnologia de *ultra low power* para possibilitar uma duração mínima de poucos meses.

A necessidade de baixo consumo aliada à oportunidade de congregiar diversos sensores no mesmo dispositivo e volumes na ordem de centenas de milhares²⁰ abre espaço para investimentos em integração de componentes, o que traz também impacto positivo no custo e na miniaturização.

Com o acoplamento de sensores a pacientes, o dispositivo envia as medidas a um *gateway*, que por sua vez encaminha as informações para a aplicação. Assim, com essas informações agregadas a outros sistemas implantados no hospital, é possível identificar padrões que indiquem a sepse em seu estágio inicial.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Armazenamento de energia.

²⁰ Segundo o CNES, o Brasil conta com 494 mil leitos hospitalares.

- Integração de componentes.
- Sensores eletro/mecânicos.
- Sensores ópticos/imagem.
- Sistema embarcado de baixo consumo.

4.4.3 Conectividade

Para a recepção dos dados enviados pelos dispositivos são utilizados *gateways* que utilizam tecnologias de redes de curto alcance e baixa banda, como BLE (*Bluetooth Low Energy*), para a comunicação com os dispositivos. Os *gateways* concentram as medidas para o envio à aplicação centralizada através de sessão TCP/IP segura, e podem também realizar a “bufferização” dos dados para evitar perdas devido a intermitências. O *gateway* interliga-se na rede local por interface cabeada ou sem fio para envio dos dados coletados, demandando largura de banda da ordem de kilobytes por segundo.

Por se tratar de um equipamento que fica instalado nas dependências do hospital, o *gateway* é alimentado por meio do sistema elétrico principal. Quanto ao mercado potencial, estimam-se dezenas de unidades por hospital, podendo atingir dezenas de milhares de *gateways* apenas no Brasil.

4.4.4 Suporte à aplicação

Os dados concentrados e enviados pelos *gateways* são recebidos por *middleware* IoT, executado em nuvem ou localmente. Ele não apenas realiza o armazenamento das informações, como também gerencia os dispositivos, identificando a necessidade de troca de baterias e os problemas de funcionamento.

O frequente envio de medidas e o grande número de pacientes monitorados faz com que essa aplicação gere, ao longo do tempo (meses e anos), uma imensa quantidade de dados, que precisam ser armazenados em banco de dado não relacional, em especial por dois motivos: tornar o custo de armazenamento viável e permitir o acesso mais fluído à imensa quantidade de dados, para que os algoritmos de *advanced analytics* identifiquem padrões que indiquem o risco de sepsis dos pacientes.

Por isso, as tecnologias de computação cognitiva são utilizadas e tornam a análise mais precisa com o aprendizado contínuo a partir dos dados disponíveis. Contudo, é importante destacar que considerável esforço humano é requerido para enriquecer os dados com o resultado das condições clínicas de cada paciente, provendo *inputs* para o treinamento desses algoritmos.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte à aplicação tecnologias de:

- *Advanced analytics*.
- Banco de dados não relacional.
- *Middleware* IoT em nuvem.
- *Middleware* IoT *on premises*.

4.5 Identificação e controle de epidemias

O monitoramento das condições ambientais nas áreas urbanas aliado a dados gerados pela própria população através de aplicativos e informações do sistema de saúde possibilita a rápida identificação e predição de focos epidemiológicos para auxiliar a tomada de decisão nas medidas sanitárias, reduzindo a incidência de doenças, mortalidade e custos.

4.5.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para identificação e controle de epidemias são:

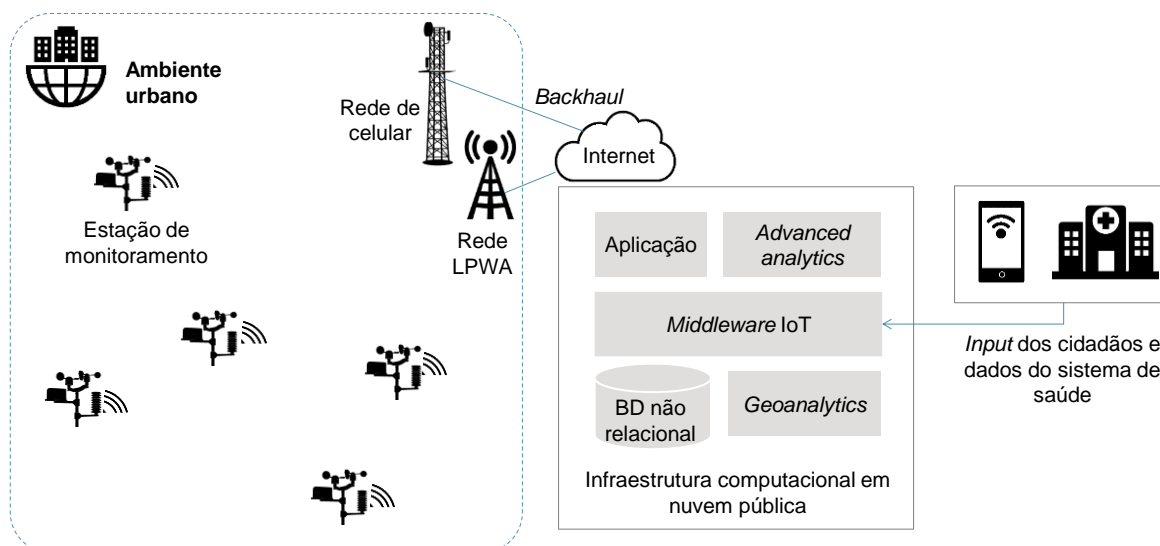
- O ambiente da aplicação compreende áreas urbanas.
- A aplicação deve ser altamente escalável – estações a cada quilômetro quadrado.
- As estações contam com alimentação principal.
- As medidas são enviadas com periodicidade horária.
- A comunicação ocorre através de redes públicas (celular ou LPWA).
- A solução deve ser capaz de se integrar com sistemas de informações de incidência de doenças em hospitais e UBS, assim como de informações geradas diretamente pela população.
- Baixa criticidade de segurança da informação.

O QUADRO 43 apresenta a visão sistêmica da solução para identificação e controle de epidemias.

QUADRO 43

Identificação e controle de epidemias

Visão sistêmica da solução



FONTE: Sessão de trabalho com especialistas, entrevistas com especialistas, análise do consórcio

A solução fundamenta-se no monitoramento contínuo de variáveis ambientais enviadas através de rede pública de acesso para aplicação em nuvem que, por meio de algoritmos preditivos (inteligência artificial), extrai significado dos dados, que então são utilizados em relatórios disponibilizados aos *stakeholders* relevantes.

A análise é enriquecida por dados gerados em unidades de saúde que identificam casos baseados na localização da moradia dos pacientes. O uso de aplicativos específicos ou informações colhidas em redes sociais também pode auxiliar a identificar focos de epidemias.

A solução possui impacto especial na identificação de doenças, como dengue, gripes e doenças respiratórias causadas pela má qualidade do ar. A seguir são descritas as particularidades de cada camada da solução.

4.5.2 Dispositivo

Há uma ampla diversidade de grandezas que podem ser medidas por dispositivos, entre as quais: temperatura, umidade, radiação solar, pressão atmosférica, intensidade da chuva e vento, partículas suspensas (material particulado), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarbonetos (HC) etc. A captura dessas informações é feita por diversos sensores especializados, por exemplo:

- Para a detecção da temperatura, pressão e umidade são utilizados transdutores que convertem as grandezas em sinais elétricos capturados pelas interfaces do microcontrolador local.
- Para detecção de intensidade e direção do vento e intensidade de chuvas são utilizados sensores magnéticos tipo Hall, que detectam a movimentação de pás que se movimentam em função do vento, e uma balança que se move a partir da captação da água da chuva.
- Para a monitoração dos poluentes do ar, são empregados os sensores eletroquímicos, semicondutores e ópticos.

Após obter os dados, o dispositivo envia as medidas para a aplicação pela rede pública de acesso. Com essas informações agregadas a outros sistemas implantados, é possível identificar padrões que detectam com relativa antecedência o surgimento de uma epidemia, permitindo maior assertividade em seu controle, e minimizando as consequências para a população.

Para o aumento da precisão das previsões, os dados devem ser coletados em diversos pontos da cidade, idealmente cobrindo células de 1 quilômetro quadrado, em especial nas regiões de maior incidência de epidemias. Dependendo das características da cidade, são necessárias centenas até milhares de estações, o que configura um mercado total no Brasil de centenas de milhares de unidades.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Sensores biológicos/químicos.
- Sensores eletro/magnéticos.
- Sensores eletro/mecânicos.
- Sensores ópticos/imagem.

4.5.3 Conectividade

Como as estações são instaladas em áreas urbanas, são utilizadas para a comunicação redes públicas de acesso providas pelas operadoras móveis tradicionais ou novas entrantes com oferta de conectividade LPWA. Destacam-se as tecnologias de redes de celular, como GPRS, LTE-M e NB-IoT, e de redes LPWA, como LoRa, Sigfox, RPMA etc.

É importante destacar a necessidade de infraestrutura básica de telecomunicação nas cidades onde se pretende implantar a solução, em especial, rede fixa para o provimento do *backhaul* para as estações rádio base.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes *Low Power Wide Area*.
- Redes de celular.

4.5.4 Suporte à aplicação

Os dados são recebidos por *middleware* IoT em nuvem que também realiza a gestão das estações de monitoramento. Dada a grande quantidade de informações geradas, são aplicadas técnicas não relacionais para o armazenamento dos dados.

Também são armazenadas informações provenientes do sistema de saúde, como registros de casos de doenças resultantes da epidemia, como dengue, associados aos locais na cidade onde esses pacientes habitam ou trabalham. Os dados também podem ser enviados diretamente pela população através de aplicativos ou rede social, em uma abordagem de *crowdsourcing*.

Algoritmos preditivos de *advanced analytics* utilizam os dados para gerar inferências sobre as epidemias que, em conjunto com tecnologias de *geoanalytics*, resultam em relatórios, como mapas de calor das regiões que merecem maior atenção, para a tomada de ações do poder público.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte à aplicação tecnologias de:

- *Advanced analytics*.
- Banco de dados não relacional.
- *Geoanalytics*.
- *Middleware* IoT em nuvem.
- *Middleware* IoT on premises.