

DISPOSITIVOS IOT EM HOSPITAIS: UM ESTUDO DE SIMULAÇÃO DE SOLUÇÕES DE EHEALTH NA REDE HOSPITALAR

Gabriel Krauss Costa¹ (IC), Edvard Martins de Oliveira¹ (PQ)

¹ UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Internet das coisas. E-Health. Sobrecarga de rede. Balanceamento de carga. Simulação computacional

Introdução

A Internet das Coisas (IoT) representa uma inovação tecnológica revolucionária que está transformando diversos setores, incluindo a área da saúde. A integração de dispositivos IoT na saúde, conhecida como eHealth, oferece oportunidades inovadoras para aprimorar o cuidado ao paciente, otimizar processos clínicos e utilizar recursos de forma eficiente. Equipamentos IoT em clínicas e hospitais prometem monitoramento em tempo real, tomada de decisões baseada em dados e melhorias nos resultados dos pacientes.

No entanto, a infraestrutura de rede é um fator crítico que merece atenção especial. A operação eficaz depende de uma rede robusta e confiável, o que pode ser um desafio, especialmente em países em desenvolvimento com limitações de largura de banda, conectividade intermitente e infraestrutura inadequada.

Este artigo se concentra em quantificar e analisar o impacto dos dispositivos IoT no desempenho da rede, abordando questões como latência, utilização de largura de banda e congestão. Para isso, utiliza o simulador IFogSim, que fornece um ambiente realista para modelar e avaliar a sobrecarga de rede em ambientes de saúde. Os resultados ajudarão a compreender a escalabilidade e eficiência das redes de computadores em instalações de saúde com serviços de monitoramento baseados em IoT.

A pesquisa propõe uma abordagem inovadora para mitigar desafios de infraestrutura de rede, utilizando o IFogSim como ferramenta de simulação para identificar problemas antes da implantação real, evitando sobrecarga na rede de computadores. Os resultados também oferecem percepções sobre o uso eficiente de recursos de rede, atrasos no processamento de dados e pontos de congestionamento potenciais. Esse estudo é fundamental para administradores de saúde, engenheiros de rede e projetistas de sistemas, contribuindo para a evolução da eHealth em direção a um futuro mais interconectado e eficiente.

Em suma, este estudo contribui para uma

melhor compreensão das implicações da implementação da IoT em instalações de saúde, especificamente no que diz respeito à sobrecarga de rede associada. As descobertas fornecem informações valiosas para administradores de saúde, engenheiros de rede e projetistas de sistemas, facilitando a tomada de decisões informadas e garantindo um desempenho ótimo da rede em ambientes de saúde habilitados para IoT. Esta pesquisa contribui para a evolução da eHealth em direção a um futuro mais interconectado, eficiente e centrado no paciente.

Vários estudos abordam o uso de tecnologias suportadas por computador para diagnósticos rápidos, monitoramento preciso e disponibilidade de dados. No trabalho de (LV; LOU; LV, 2022), é proposto um sistema inteligente para prevenção de doenças infecciosas. Ele utiliza algoritmos na borda para gerar um modelo de estratégias de prevenção de baixo custo e segurança aprimorada. Os autores apresentam uma avaliação generosa de seu modelo, sem demonstrar como a segurança dos pacientes é garantida. O trabalho de (MISHRA et al., 2022) argumenta que a interoperabilidade é o aspecto mais desafiador da indústria de cuidados de saúde. Os autores propõem um sistema para acessar, analisar e melhorar a comunicação das informações de saúde dos pacientes, garantindo ao mesmo tempo a privacidade e a segurança dos dados. Seu framework é proposto com funcionalidades limitadas e espera-se mais pesquisas.

O artigo de (BANDAY; BHAT, 2022) introduz um modelo de e-saúde sob medida para Doenças Tropicais Negligenciadas (DTN). Esse tipo de doença é prevalente em países em desenvolvimento, e um sistema desse tipo beneficiaria muito os pacientes que, de outra forma, seriam negligenciados pelos principais centros de pesquisa. Além disso, os países em desenvolvimento carecem de redes bem estruturadas, o que ajuda a entender por que a previsão de sobrecarga é necessária antes da instalação de soluções de e-Health complexas. O trabalho de (AHMED et al., 2020) apresenta uma solução que utiliza Algoritmo Genético (GA) para otimizar o consumo de energia em Cloud IoT, com

simulações numéricas demonstrando que a abordagem proposta alcança uma melhor eficiência energética no tratamento de solicitações de tarefas, embora não considerem o impacto do número de dispositivos por interação. Da data da realização deste trabalho, não foram encontradas abordagens semelhantes para avaliar o impacto das soluções nas redes de computadores hospitalares. Portanto, o objetivo deste trabalho é contribuir para a literatura com um modelo para estimar a capacidade de instalação de dispositivos IoT e prever o comportamento da rede.

Nas seções subsequentes deste artigo, aprofundam-se os desafios apresentados pela infraestrutura de rede no contexto das aplicações de IoT para a eHealth. Exploram-se as características e capacidades do simulador IFogSim e delinea-se sua relevância na simulação de implantação de dispositivos IoT. Além disso, apresenta-se uma metodologia abrangente para a realização de simulações, destacando os parâmetros e variáveis a serem considerados. Ao utilizar o IFogSim como plataforma de simulação, esta pesquisa se esforça para contribuir para a integração sem problemas de aplicações de IoT em uma rede e-Health, especialmente em regiões com ambientes de rede com recursos limitados.

Metodologia

Na busca por integrar perfeitamente dispositivos IoT no ecossistema de eHealth, os desafios apresentados pela infraestrutura de rede não podem ser negligenciados. A necessidade de abordar esses desafios deu origem à aplicação de ferramentas de simulação, como o IFogSim, para avaliar de forma abrangente a implantação de equipamentos IoT em ambientes de saúde.

Este capítulo apresenta um argumento convincente para o uso do IFogSim, elucidando sua configuração, importância, capacidades e os resultados esperados em termos de otimização das implantações de IoT para resultados aprimorados em eHealth. Isso não apenas aumenta a probabilidade de implantações bem-sucedidas, mas também ajuda a identificar e abordar preventivamente gargalos relacionados à rede.

O IFogSim permite a especificação de vários tipos de equipamentos, nós de névoa e servidores de nuvem, cada um equipado com capacidades distintas de processamento e latências de comunicação. Além disso, o IFogSim acomoda a modelagem de padrões de mobilidade, topologias de rede e estratégias de disseminação de dados, permitindo uma análise abrangente dos ecossistemas de IoT (MAHMUD et al.,

2021).

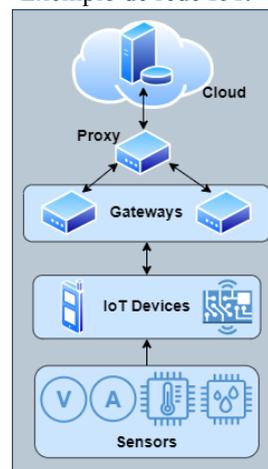
O ambiente de experimento foi configurado na versão 2 do IFogSim. A ferramenta oferece as seguintes opções: suporte à mobilidade, gerenciamento de migração, orquestração de microsserviços, agrupamento distribuído dinâmico e cenários de saúde.

Tabela 1 - Cenários analisados.

Consumo de Energia (MJ)	Quantidade de Dispositivos	Uso de Rede por Dispositivo (MB)	Experimento
Ligado = 90 Desligado = 25	75	100	1
		1000	2
	150	100	3
		1000	4
Ligado = 180 Desligado = 50	75	100	5
		1000	6
	150	100	7
		1000	8

Como plataforma de teste para os experimentos, foi utilizado um computador desktop com processador Intel Core i5-10400 CPU @ 2.90GHz, 8 GB de RAM e um SSD de 240 GB. O sistema operacional utilizado foi o Windows 10 de 64 bits.

Figura 1 - Exemplo de rede IoT.



Após definir a configuração do simulador, é necessário escolher parâmetros para compor um cenário de avaliação. Foi analisado o comportamento da rede em diferentes configurações de número de dispositivos IoT, quantidade de consumo de energia e uso da rede. Esses detalhes são fundamentais para a estimativa de infraestrutura e podem impactar significativamente no desempenho de um sistema de eHealth complexo.

O sistema opera de acordo com o esquema representado na Figura 1: sensores transmitem dados para os equipamentos IoT, que os direciona para um gateway. Esse gateway age como intermediário, encaminhando os dados para um servidor na nuvem, onde são processados e retransmitidos para os aparelhos IoT.

Logo depois de consolidar os dados referentes à

estrutura do sistema, procedeu-se com a configuração do código do simulador, com o objetivo de modelar uma simulação fiel de uma rede hospitalar. Esse processo resultou na elaboração de um código-base que serviu como a fundação inicial, na qual adicionou-se os parâmetros previamente identificados.

Tabela 2 - Parâmetros de simulação.

Valores Constantes				
	Dispositivo IoT	Gateway	Cloud	Proxy
Quantidade	75 - 150	2	1	1
Velocidade (MIPS)	1500	92500	6890500	2376800
RAM (GB)	4	64	32	4
Uplink (MBPS)	150	1000	16000	10000
Downlink (MBPS)	150	1000	16000	10000
Ligado (MJ)	90 - 180	107.3	1716.8	107.3
Desligado (MJ)	25 - 50	83.4	1331.2	83.4
Valores Aleatórios				
Uso de CPU (MB)	Latencia Sensor (ms)	Latência Gateway (ms)	Latência Proxy (ms)	Latência IoT para Gateway (ms)
50 - 500	0.1 - 0.6	1.0 - 15.0	1.0 - 4.0	1.0 - 4.0

Visando aprimorar a fidedignidade dos resultados, classificou-se os parâmetros do simulador em duas categorias: valores constantes e valores aleatórios, conforme detalhado na Tabela 2. Para garantir a consistência dos resultados, repetiu-se cada cenário dez vezes e calculou-se a média dos resultados correspondentes.

Resultados e discussão

Todos os parâmetros e situações mencionados foram implementados com o objetivo de obter resultados plausíveis para análise. A partir da análise dos dados fornecidos pelo simulador, iniciaram as seguintes discussões:

Internet total utilizada: A partir da Figura 3, é possível observar que o número de dispositivos IoT é um dos principais contribuintes para o aumento do valor total. Surpreendentemente, ao aumentar o custo da rede por aplicação o total não parece sofrer alterações significativas. Esse aspecto pode ser confirmado pela comparação entre os experimentos 7 e 8 na Figura 2, onde nota-se que mesmo com o aumento de custo da rede, o resultado diminuiu. Da mesma forma, pode-se assumir que o consumo de energia por aparelho não interfere consideravelmente nesse resultado, Figura X.

Consumo de energia: Na Figura 4 observa-se que o consumo de energia das máquinas IoT é o principal responsável pelo gasto total de energia. Portanto, ao duplicar a quantidade de produtos IoT, o consumo total de energia apresenta um comportamento semelhante. O mesmo padrão ocorre com o custo de energia desses equipamentos, como evidenciado pela diferença entre os experimentos 1-2 e 5-6.

Figura 2 - Análise da influência da quantidade de dispositivos IoT sobre o consumo de rede total.

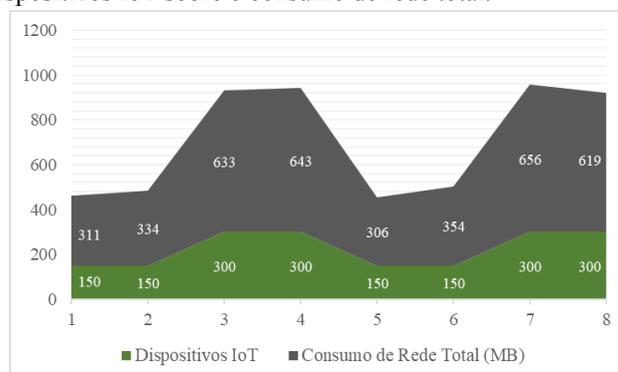


Figura 3 - Análise da influência do custo de rede sobre o consumo de rede total.

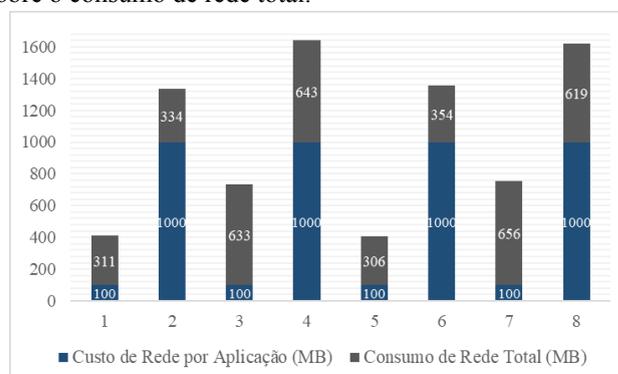
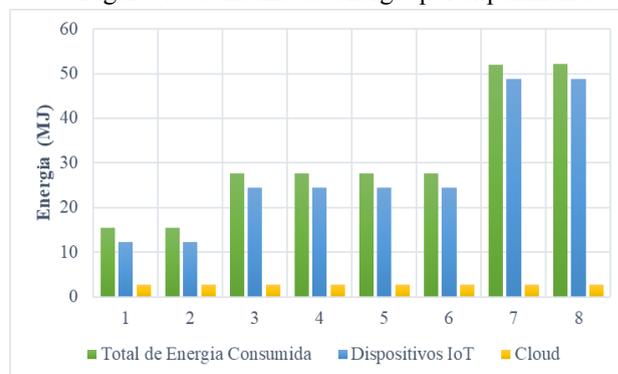


Figura 4 - Consumo de energia por experimento.



Tempo de simulação: Na Figura 5 pode-se analisar que a quantidade de dispositivos é novamente o fator mais significativo, devido à baixa quantidade de gateways em comparação com a quantidade de informações transmitidas pelos equipamentos IoT, que acaba sobrecarregando o processamento e atrasando a transmissão das informações. Além disso, através da Figura 6 a diferença na magnitude entre o tempo de transmissão e o tempo total da simulação é muito grande, o que demonstra a insignificância desse fator. Portanto, o tempo de processamento das informações é o principal agente nesse caso.

Figura 5 - Tempo de simulação por experimento.

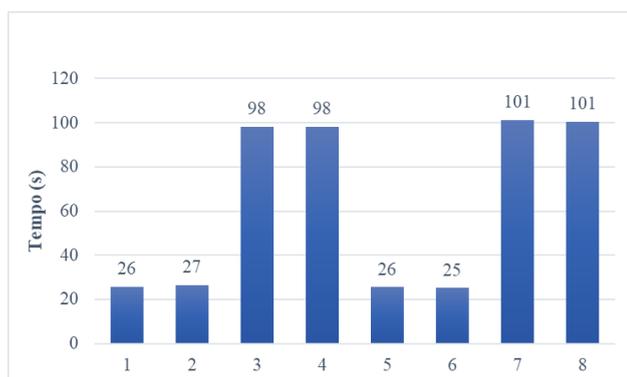
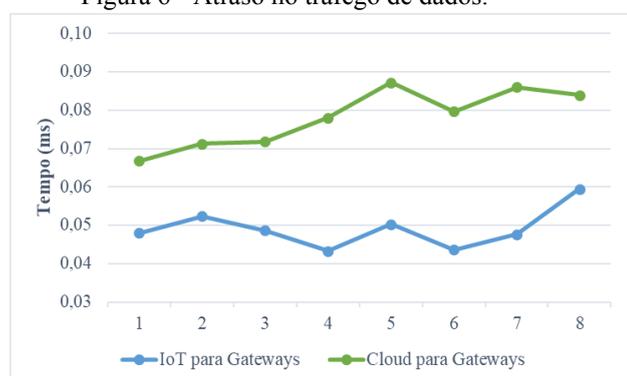


Figura 6 - Atraso no tráfego de dados.



A partir dos resultados obtidos, é evidente que os valores implementados no simulador, conforme especificados na Tabela 1, exercem um impacto linear sobre os resultados da rede e do consumo de energia. Em outras palavras, ao duplicar a quantidade de IoT devices, percebe-se que o valor de saída se aproxima consideravelmente do dobro do esperado. No entanto, esse fenômeno não se manifesta da mesma forma nos resultados de tempo: quando se dobra a quantidade inicial, a diferença nos resultados é aproximadamente quatro vezes maior em relação ao valor esperado.

Conclusões

A convergência entre IoT e eHealth promete imenso potencial para transformar a entrega de serviços de saúde. No entanto, os desafios apresentados pela infraestrutura de rede, especialmente em países em desenvolvimento, exigem soluções inovadoras para garantir o funcionamento ótimo dos dispositivos IoT. Este artigo defende o uso do simulador IFogsim como meio de simular instalações de aparelhos IoT e abordar preventivamente desafios relacionados à rede. Ao fazer isso, nosso objetivo é abrir caminho para uma implementação mais eficiente, eficaz e escalável de aplicações de IoT em ambientes de eHealth.

A integração do IFogSim como um framework de simulação representa um passo fundamental na realização de aplicações de IoT para eHealth. Através de

sua configuração abrangente, importância e capacidades poderosas, o IFogSim oferece uma plataforma controlada, porém intrincada, para avaliar a implantação de dispositivos IoT em configurações de saúde.

Algumas dificuldades foram enfrentadas ao compreender as classes e o comportamento do simulador; no entanto, acredita-se que uma melhor documentação e refatoração de código seriam bem-vindas em futuras versões.

Além disso, durante os testes foram enfrentados desafios com relação à capacidade de processamento do simulador. Ademais, deparou-se com questões relacionadas à magnitude de certos valores, que careciam de especificações detalhadas ou estavam desatualizados.

Os resultados obtidos não apenas validam a precisão da simulação, mas também fornecem percepções valiosas para o projeto de sistemas IoT robustos e eficientes em ambientes de saúde.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fornecimento da bolsa por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

Referências

- AHMED, Z. E. et al. Optimizing Energy Consumption for Cloud Internet of Things. *Frontiers in Physics*, v. 8, p. 358, 23 out. 2020.
- BANDAY, M. T.; BHAT, L. Towards Building Internet-of-Things-Inclusive Healthcare for Neglected Tropical Diseases: Em: PANDEY, R.; GUPTA, A.; PANDEY, A. (Eds.). *Advances in Medical Technologies and Clinical Practice*. [s.l.] IGI Global, 2022. p. 39–75.
- LV, Z.; LOU, R.; LV, H. Edge Computing to Solve Security Issues for Infectious Disease Intelligence Prevention. *ACM Transactions on Internet Technology*, v. 22, n. 3, p. 1–20, 31 ago. 2022.
- MAHMUD, R. et al. **IFogSim2: An Extended iFogSim Simulator for Mobility, Clustering, and Microservice Management in Edge and Fog Computing Environments**. arXiv, 15 set. 2021. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/2109.05636>>. Acesso em: 16 abr. 2023
- MISHRA, R. et al. Establishing Three Layer Architecture to Improve Interoperability in Medicare Using Smart and Strategic Api Led Integration. *SSRN Electronic Journal*, 2022.