

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA BASEADO EM INTERNET DAS COISAS PARA MONITORIZAÇÃO REMOTA DE PACIENTES COM DOENÇAS CARDIOVASCULARES EM ANGOLA

DEVELOPMENT OF AN INTERNET OF THINGS-BASED SYSTEM FOR REMOTE
MONITORING OF PATIENTS WITH CARDIOVASCULAR DISEASES IN ANGOLA

DESARROLLO DE UN SISTEMA BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS PARA LA
MONITORIZACIÓN REMOTA DE PACIENTES CON ENFERMEDADES
CARDIOVASCULARES EN ANGOLA

Josemar de Aragão Vicente¹

RESUMO: Esta investigação apresenta o desenvolvimento de um sistema baseado na Internet das Coisas (IoT) para a monitorização remota de pacientes com doenças cardiovasculares em Angola, Contexto marcado pelo aumento da incidência dessas patologias e por limitações nas infraestruturas hospitalares e na disponibilidade de profissionais de saúde. O sistema proposto integra dispositivos *wearable* capazes de recolher dados vitais, como pressão arterial, frequência cardíaca e níveis de oxigénio no sangue, transmitindo-os automaticamente para uma plataforma em nuvem acessível por meio de uma aplicação móvel. Essa integração permite o acompanhamento em tempo real do estado clínico dos pacientes, a geração de alertas automáticos em caso de anomalias e a produção de relatórios que auxiliam a tomada de decisões médicas. O desenvolvimento do sistema seguiu uma abordagem iterativa de prototipagem, possibilitando ajustes contínuos conforme as necessidades dos utilizadores. Foi desenvolvido um protótipo funcional e realizados testes preliminares para avaliar o desempenho e a usabilidade da solução. Os resultados indicam níveis satisfatórios de eficiência do sistema, embora tenham sido identificados desafios relacionados à conectividade, autonomia energética e conforto no uso contínuo dos dispositivos. Conclui-se que a solução apresenta potencial para fortalecer a monitorização remota e apoiar estratégias de saúde digital em Angola.

Palavras-chave: Internet das Coisas (IoT). Monitorização remota. Doenças cardiovasculares. Saúde digital.

ABSTRACT: This study presents the development of an Internet of Things (IoT)-based system for the remote monitoring of patients with cardiovascular diseases in Angola, a context characterized by the increasing incidence of these conditions and limitations in healthcare infrastructure and medical personnel. The proposed system integrates wearable devices capable of collecting vital data such as blood pressure, heart rate, and blood oxygen levels, transmitting them automatically to a cloud platform accessible through a mobile application. This integration enables real-time monitoring of patients' health status, the generation of automatic alerts in case of abnormal values, and the production of clinical reports that support medical decision-making. The system was developed using an iterative prototyping approach, allowing continuous adjustments according to user needs. A functional prototype was implemented and preliminary tests were conducted to evaluate the system's performance and usability. The results indicate satisfactory efficiency levels, although challenges related to connectivity, energy autonomy, and comfort in continuous device usage were identified. The findings suggest that the proposed solution has significant potential to support remote patient monitoring and strengthen digital health strategies in Angola.

Keywords: Internet of Things (IoT). Remote monitoring. Cardiovascular diseases. Digital health.

¹Mestre em Engenharia Informática – Universidade Gregório Semedo, Angola.

RESUMEN: Esta investigación presenta el desarrollo de un sistema basado en Internet de las Cosas (IoT) para la monitorización remota de pacientes con enfermedades cardiovasculares en Angola, un contexto caracterizado por el aumento de la incidencia de estas patologías y por las limitaciones en la infraestructura sanitaria y en la disponibilidad de personal médico. El sistema propuesto integra dispositivos *wearable* capaces de recopilar datos vitales como presión arterial, frecuencia cardíaca y niveles de oxígeno en la sangre, transmitiéndolos automáticamente a una plataforma en la nube accesible a través de una aplicación móvil. Esta integración permite la monitorización en tiempo real del estado de salud de los pacientes, la generación de alertas automáticas ante valores anómalos y la elaboración de informes clínicos que apoyan la toma de decisiones médicas. El sistema fue desarrollado mediante un enfoque iterativo de prototipado, lo que permitió realizar ajustes continuos de acuerdo con las necesidades de los usuarios. Se implementó un prototipo funcional y se realizaron pruebas preliminares para evaluar el rendimiento y la usabilidad del sistema. Los resultados indican niveles satisfactorios de eficiencia, aunque se identificaron desafíos relacionados con la conectividad, la autonomía energética y la comodidad en el uso continuo de los dispositivos.

Palabras clave: Internet de las Cosas (IoT). Monitorización remota. Enfermedades cardiovasculares. Salud digital.

I. INTRODUÇÃO

O presente artigo investiga a aplicação da Internet das Coisas (IoT) na área da saúde, com ênfase no desenvolvimento de um sistema baseado em IoT para o acompanhamento de pacientes com doenças cardiovasculares em Angola.

A relevância do tema é evidenciada pelo aumento progressivo das doenças cardiovasculares tanto em Angola como em nível global. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2016), 17,9 milhões de pessoas faleceram por causas cardiovasculares em 2016, e estima-se que esse número alcance 23,6 milhões até 2030. Em Angola, estas doenças representam aproximadamente 27% das mortes, destacando-se a hipertensão, o acidente vascular cerebral (AVC) e o enfarte do miocárdio. Entre os factores que contribuem para esta situação, destacam-se o limitado conhecimento da população acerca dos factores de risco, o difícil acesso a serviços especializados, um sistema de saúde deficitário — com menos de 200 cardiologistas para cerca de 30 milhões de habitantes — e as restrições socioeconómicas enfrentadas pela população.

No contexto angolano, as doenças cardiovasculares impõem elevados custos aos sistemas de saúde, demandando investimentos significativos por parte do governo para prevenção, diagnóstico e tratamento. Contudo, observa-se que tais investimentos ainda são insuficientes, especialmente na capacitação de profissionais especializados em cardiologia e na expansão de infra-estrutura hospitalar adequada para atender à crescente procura.

Paralelamente, os avanços tecnológicos, em especial a IoT, oferecem novas possibilidades para o monitoramento remoto de pacientes. Sensores vestíveis (*wearables*), como

monitores de frequência cardíaca, oxímetros e dispositivos de pressão arterial, permitem a recolha contínua de dados fisiológicos, que são transmitidos para sistemas médicos integrados, possibilitando acompanhamento e intervenção em tempo real (BUCHOLZ et al., 2018).

Neste cenário, o presente estudo propõe uma abordagem inteligente e personalizada para o acompanhamento de pacientes com doenças cardiovasculares em Angola. O trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema baseado em dispositivos de baixo custo, capazes de integrar diferentes tecnologias para monitoramento contínuo, proporcionando diagnósticos precoces e acompanhamento regular da saúde cardiovascular, mesmo em contextos com recursos limitados.

2. Abordagens sobre internet das coisas

A Internet das Coisas (IoT) refere-se à interligação de objectos físicos à internet, permitindo que dispositivos, sensores e sistemas comuniquem e troquem dados automaticamente. Segundo Kopetz (2011), a IoT envolve a interação entre dispositivos, pessoas e o ambiente por meio da rede. Magrini (2018) destaca que não existe uma definição única para o conceito, mas que, de modo geral, ele se refere a um ecossistema de objectos conectados, dotados de sensores e capacidade de processamento, voltado à automação de tarefas e à recolha de informações em tempo real.

A arquitetura da IoT apresenta desafios relacionados à diversidade de aplicações e às exigências de desempenho, custo e eficiência energética. De acordo com Taivalaari e Mikkonen (2018), a definição de uma arquitectura adequada exige decisões complexas sobre escalabilidade e gestão de recursos. Entre os modelos existentes, destaca-se a arquitectura de cinco camadas proposta por Khan et al. (2012), composta pelas camadas de percepção, rede, *middleware*, aplicação e negócios. A camada de percepção é responsável pela recolha de dados por meio de sensores; a camada de rede realiza a transmissão das informações; a camada de *middleware* armazena e processa os dados; a camada de aplicação disponibiliza os serviços ao utilizador final; e a camada de negócios gere o funcionamento global do sistema.

As aplicações da IoT são amplas e abrangem diversos domínios, incluindo cidades inteligentes, gestão ambiental, indústria e saúde. No âmbito social, as cidades inteligentes utilizam sensores para monitorizar tráfego, clima, poluição e iluminação pública, contribuindo para a otimização dos serviços urbanos. No domínio ambiental, a IoT é aplicada na agricultura

de precisão, na monitorização de ecossistemas e na gestão de recursos hídricos, permitindo a recolha de dados que auxiliam na preservação ambiental e na tomada de decisões sustentáveis.

Na área da saúde, a IoT é frequentemente designada como Internet das Coisas Médicas (IoMT) e tem sido aplicada em dispositivos vestíveis, sistemas de monitorização remota e na gestão de equipamentos hospitalares. Dispositivos como pulseiras inteligentes e relógios conectados possibilitam a recolha e transmissão de dados fisiológicos em tempo real, apoiando o diagnóstico médico, o acompanhamento de pacientes e a adesão ao tratamento. Essa integração tecnológica contribui para o desenvolvimento de uma medicina mais preventiva, personalizada e centrada no paciente.

2.1. O panorama das doenças cardiovasculares em Angola

No contexto angolano, as doenças cardiovasculares constituem um dos principais desafios de saúde pública. Essas doenças, que afectam o coração e os vasos sanguíneos, são responsáveis por uma parcela significativa das mortes registadas nos hospitais do país. Dados indicam que aproximadamente 27% das mortes em hospitais públicos angolanos estão associadas a patologias cardiovasculares, incluindo acidente vascular cerebral, hipertensão arterial, enfarte do miocárdio, arritmias cardíacas e outras complicações cardíacas.

4

Apesar da magnitude do problema, o conhecimento sobre o perfil epidemiológico dessas doenças ainda é limitado, uma vez que muitas patologias crónicas não integram sistemas de notificação obrigatória. Essa falta de dados dificulta a elaboração de políticas públicas eficazes e estratégias de prevenção baseadas em evidências. Além disso, a escassez de especialistas em cardiologia, a ausência de programas regulares de rastreio e as limitações de infraestrutura hospitalar comprometem o diagnóstico precoce e o acompanhamento adequado dos pacientes.

Muitos hospitais públicos enfrentam carência de equipamentos essenciais, como aparelhos de eletrocardiograma e ecocardiograma, o que dificulta a realização de exames diagnósticos em tempo oportuno. Como consequência, grande parte dos pacientes precisa recorrer a clínicas privadas para obter atendimento especializado, enfrentando custos elevados. Diante desse cenário, o uso de tecnologias digitais, como sistemas baseados em IoT para monitorização remota, apresenta-se como uma alternativa promissora para melhorar o acompanhamento de pacientes com doenças cardiovasculares e fortalecer as estratégias de saúde digital em Angola.

3. MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma investigação aplicada de natureza descritiva, com abordagem qualitativa e suporte quantitativo, voltada para analisar a utilização da Internet das Coisas na prevenção e monitorização de pacientes com doenças cardiovasculares em Angola. Para fundamentação teórica, foram utilizadas fontes bibliográficas e documentais, bem como dados secundários provenientes de estudos científicos e relatórios institucionais sobre tecnologias digitais aplicadas à saúde.

A abordagem qualitativa permitiu compreender as percepções e experiências dos participantes relativamente à utilização da IoT na prática clínica, conforme as orientações de Cooper e Schindler (2016). Paralelamente, foram aplicados métodos quantitativos para avaliar a eficácia do sistema desenvolvido, mediante análise estatística de indicadores de desempenho e satisfação dos utilizadores, em consonância com Richardson (1999).

O público-alvo incluiu profissionais de saúde (médicos, enfermeiros e técnicos) e pacientes diagnosticados com doenças cardiovasculares em unidades de saúde locais. A amostragem foi intencional, contemplando indivíduos directamente envolvidos na utilização ou supervisão do sistema. A recolha de dados primários foi realizada por meio de entrevistas estruturadas, contendo questões abertas e fechadas.

O desenvolvimento do sistema ocorreu em quatro fases: identificação do problema, revisão bibliográfica e tecnológica, concepção e desenvolvimento do sistema com integração de sensores e aplicação móvel, e avaliação por meio de testes funcionais. A implementação adoptou uma metodologia híbrida, combinando práticas do Scrum e do *Rational Unified Process* (RUP), permitindo desenvolvimento interactivo e documentação estruturada.

Os dados foram analisados por interpretação temática e estatística descritiva, respeitando princípios éticos de consentimento e anonimato dos participantes.

4. RESULTADOS

O sistema desenvolvido apresenta uma arquitectura em quatro camadas, permitindo colecta, transmissão, armazenamento e visualização de sinais vitais em tempo real, com foco em acessibilidade para pacientes e médicos, independentemente da localização geográfica.

1. Camada de percepção: responsável pela colecta de sinais vitais via dispositivos *wearables*, dentre eles: frequência cardíaca, pressão arterial, oxigénio no sangue, temperatura

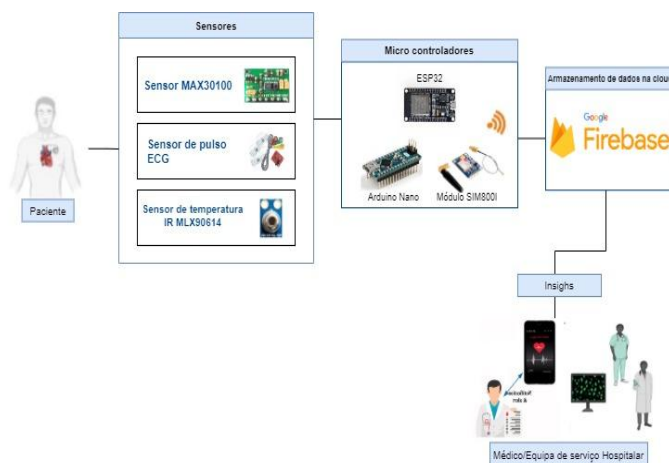
corporal e eletrocardiograma (ECG). Cada dispositivo foi testado para garantir conforto e precisão na captura de dados.

2. Camada de rede/*Gateways*: processa os dados colectados e realiza a transmissão para a nuvem, utilizando protocolos seguros. Durante os testes, observou-se que a estabilidade da conexão variou conforme a região, refletindo desafios comuns em contextos com infraestrutura limitada.

3. Camada de gestão de dados: baseada em computação em nuvem, centraliza o armazenamento, processamento e segurança das informações, permitindo acesso remoto e confiável aos profissionais de saúde.

4. Camada de aplicação: oferece interface móvel híbrida, onde médicos e pacientes podem visualizar dados em tempo real, receber alertas automáticos e acompanhar histórico de saúde.

Figura 1: Diagrama de bloco da arquitetura do sistema IoT.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1. Tecnologias e protótipos

O sistema integra sensores ECG (AD8232), sensores de frequência cardíaca, sensores de temperatura (MLX90614), microcontroladores ESP32 e Arduino, plataforma *Firestore*, framework Flutter/Dart e Ubidots para visualização de dados.

Foram projectados três protótipos de dispositivos *wearable*, para monitorar sinais vitais dos pacientes de forma contínua e portátil. O colecte de electrocardiograma destina-se à pacientes internados ou que necessitem de medições detalhadas da actividade cardíaca,

integrando o microcontrolador ESP32, o sensor de ECG AD8232 e sensores de temperatura. A cotoveleira de frequência cardíaca foi concebida para colectar batimentos cardíacos e temperatura corporal, utilizando os sensores correspondentes e o microcontrolador ESP32, permitindo monitoramento em tempo real em ambientes ambulatoriais. A pulseira de frequência cardíaca, de menor porte, foi desenvolvida para uso em crianças e para pacientes que requerem mobilidade, combinando sensores de batimentos cardíacos e temperatura com microcontrolador ESP32, garantindo portabilidade e conforto.

Figura 1 – Protótipos dos dispositivos *Wearable* (colete, pulseira e cotoveleira).



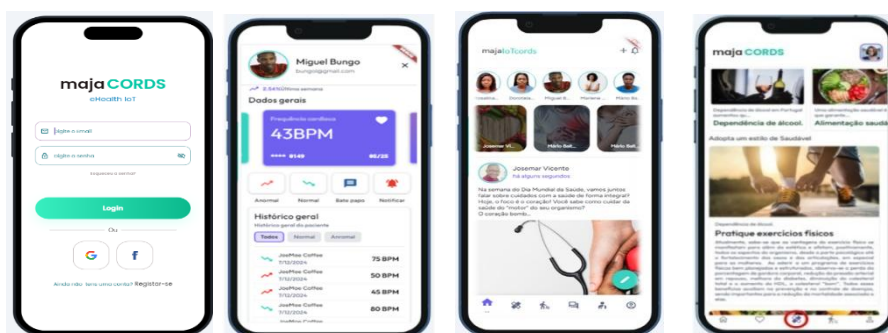
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2. Funcionalidades do aplicativo móvel

O aplicativo móvel desenvolvido para o sistema IoT oferece funcionalidades que permitem a pacientes e médicos acompanhar a saúde cardiovascular em tempo real. A autenticação de usuário garante a privacidade e segurança dos dados, permitindo o acesso apenas mediante login com *email* e senha. O *feed* de notícias possibilita a partilha de informações, dicas, eventos e publicações relacionadas à saúde cardiovascular, permitindo interações por meio de comentários e *likes*. O *dashboard* apresenta os dados colectados pelos dispositivos *wearable*, permitindo que pacientes visualizem seu próprio histórico e médicos acompanhem múltiplos pacientes em tempo real. A secção de promoção de estilo de vida saudável disponibiliza conteúdos educativos sobre dietas equilibradas, exercícios físicos, prevenção do sedentarismo, tabagismo e consumo excessivo de álcool. Finalmente, o aplicativo incorpora notificações e

alertas personalizados, que informam sobre níveis anormais de frequência cardíaca, pressão arterial ou hábitos de saúde, permitindo intervenções rápidas e prevenindo complicações.

Figura 2 – Funcionalidades do aplicativo móvel: autenticação, *feed*, *dashboard*, promoção de estilo de vida e notificações.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3. Testes e resultados

Vinte (20) pacientes com condições cardiovasculares diagnosticadas participaram dos testes do sistema, com idade média de 51,8 anos, sendo 70% homens e 30% mulheres. Este perfil é consistente com a maior prevalência de doenças cardiovasculares em homens de meia-idade.

Os resultados da avaliação dos dispositivos foram os seguintes:

Satisfação: 35% dos pacientes classificaram a experiência como “boa ou excelente”.

Eficiência: 45% avaliaram a eficiência como alta, enquanto 30% consideraram-na moderada, indicando a necessidade de ajustes técnicos adicionais.

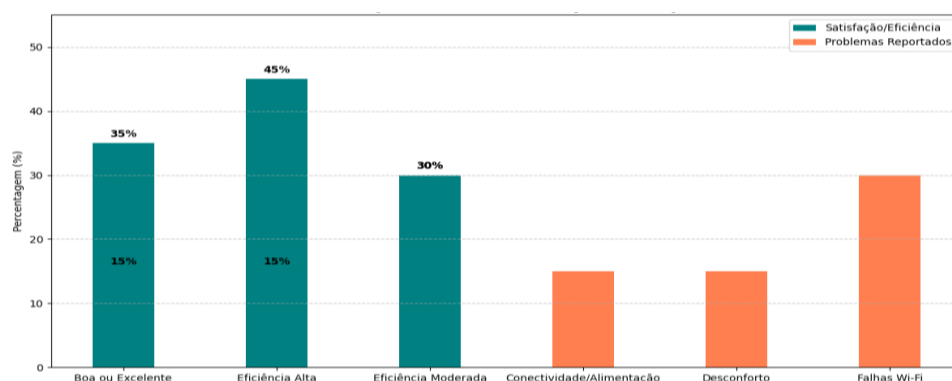
Quanto aos problemas relatados durante o uso dos dispositivos:

Conectividade e alimentação: 15% relataram dificuldades de conexão à internet ou problemas na alimentação dos dispositivos.

Desconforto no uso contínuo: 15% mencionaram desconforto ao utilizar os dispositivos vestíveis por longos períodos.

Falhas na conectividade Wi-Fi: 30% enfrentaram interrupções na transmissão de dados em tempo real, afectando a monitorização contínua.

Gráfico 1- Resumo da satisfação, eficiência e problemas reportados pelos pacientes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pacientes mais idosos precisaram de suporte inicial, mas adaptaram-se após acompanhamento guiado. Ajustes técnicos no ECG reduziram ruídos e otimizaram a captura de frequência cardíaca. Os médicos destacaram conectividade, autonomia de bateria e ergonomia como áreas prioritárias para melhoria.

5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam que a implementação de um sistema baseado em IoT para monitorização de pacientes com doenças cardiovasculares em Angola apresenta potencial significativo, mas também desafios que devem ser superados para maximizar seu impacto. A satisfação dos pacientes, com 35% classificando a experiência como boa ou excelente, e a percepção de eficiência, com 45% alta e 30% moderada, indicam que os dispositivos foram bem aceitos, corroborando estudos internacionais nos quais fatores como design ergonômico, facilidade de uso e suporte técnico contínuo influenciam positivamente a adesão (Muniswamaiah et al., 2021; França, 2019).

No entanto, problemas reportados, como falhas de conectividade e alimentação dos dispositivos (15%), instabilidades na transmissão Wi-Fi (30%) e desconforto físico no uso prolongado (15%), destacam limitações técnicas e ergonômicas que devem ser abordadas. Pacientes mais velhos apresentaram maior dificuldade de adaptação, o que evidencia a necessidade de treinamento contínuo e *interface* intuitiva.

A capacidade do sistema de integrar sensores e aplicações móveis permitiu a monitorização em tempo real, favorecendo a intervenção precoce e acompanhamento remoto,

alinhando-se com práticas de medicina preventiva e redução de hospitalizações observadas em países como Brasil e Índia (Tractica, 2016; McKinsey Global Institute, 2015). Apesar disso, diferenças estruturais em Angola, como limitações de conectividade e infraestrutura hospitalar, ainda impactam a eficiência do sistema.

Em termos de aplicabilidade prática, os resultados sugerem que a IoT pode otimizar a gestão de doenças cardiovasculares, reduzindo consultas emergenciais e melhorando o acompanhamento contínuo. Contudo, para garantir impacto amplo e sustentável, são necessários investimentos em infraestrutura tecnológica, ergonomia dos dispositivos, capacitação de usuários e integração com sistemas de saúde eletrônicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que a Internet das Coisas (IoT) representa uma tecnologia indispensável na área da saúde cardiovascular, oferecendo soluções que aprimoram diagnósticos e o acompanhamento de pacientes. A análise teórica realizada permitiu compreender, por meio das contribuições de diversos autores, o potencial transformador da IoT para o sector da saúde em Angola, especialmente na identificação precoce de patologias e na intervenção rápida, aumentando a eficácia dos tratamentos.

A arquitetura desenvolvida, que integra sensores de frequência cardíaca, electrocardiograma, temperatura, dispositivos de comunicação e plataformas de armazenamento e análise de dados na cloud, mostrou-se eficiente e funcional. Essa integração permite a colecta de dados em tempo real e garante que as informações estejam acessíveis para médicos e pacientes por meio de uma aplicação móvel, promovendo monitorização contínua e tomada de decisões mais ágeis.

Os protótipos de dispositivos *Wearable* desenvolvidos demonstraram que é possível monitorar pacientes com problemas cardiovasculares utilizando soluções de baixo custo, que quando adequadamente integradas, podem melhorar significativamente o bem-estar dos pacientes. Medidas de segurança, como criptografia e autenticação, mostraram-se essenciais para proteger dados sensíveis e garantir confiança dos usuários.

Os testes realizados com pacientes indicaram que 35% avaliaram a experiência como boa ou excelente e 45% classificaram a eficiência como alta, embora 30% considerassem a eficiência moderada devido a limitações técnicas. Entre os problemas identificados destacam-se dificuldades de conexão (15%), desconforto no uso prolongado (15%) e falhas de conectividade

Wi-Fi (30%), apontando áreas de melhoria em conectividade, autonomia da bateria e ergonomia, principalmente para pacientes com pouca familiaridade tecnológica ou localizados em áreas remotas.

De forma geral, o uso do sistema IoT desenvolvido mostrou-se eficaz na detecção precoce de problemas cardíacos, na melhoria da gestão da saúde cardiovascular e na redução de consultas de emergência, promovendo maior segurança e bem-estar aos pacientes. Os resultados reforçam que a IoT constitui uma estratégia promissora para modernizar os cuidados de saúde em Angola, alinhando-se com evidências internacionais que destacam a redução de custos operacionais e a melhoria da qualidade de vida proporcionadas por essa tecnologia.

REFERÊNCIAS

BUCHOLZ D, et al. Wearable sensors for remote monitoring of cardiovascular patients. *Journal of Medical Systems*, 2018; 42: 235.

COOPER DR, SCHINDLER PS. *Business Research Methods*. 12th ed. New York: McGraw-Hill, 2016; 720p.

FRANÇA D, et al. User adherence to wearable health devices: factors influencing effectiveness. *Health Informatics Journal*, 2019; 25(4): 1587-1602.

KHAN R, et al. A five-layer architecture for the Internet of Things. *International Journal of Computer Applications*, 2012; 42(3): 1-7.

KOPETZ H. *Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications*. 2nd ed. Berlin: Springer, 2011; 450p.

MAGRINI G, et al. Internet of Things and healthcare: current trends and future perspectives. *Journal of Network and Computer Applications*, 2018; 108: 1-15.

MC KINSEY GLOBAL INSTITUTE. *The Internet of Things: mapping the value beyond the hype*. 2015; 92p.

MUNISWAMIAH N, et al. Human factors in wearable device adoption for chronic disease management. *Journal of Biomedical Informatics*, 2021; 115: 103690.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Cardiovascular diseases (CVDs)*. WHO Fact Sheet, 2016; 4p.

TRACTICA. *Internet of Things in healthcare: market forecast and analysis*. 2016; 56p.

TAIVALSAARI A, MIKKONEN T. Architecting Internet of Things systems: patterns and best practices. *Software: Practice and Experience*, 2018; 48(9): 1713-1735.