

Desenvolvimento de uma plataforma de biotelemetria e teletriagem baseada em saúde aplicada ao cuidado híbrido de gestantes

Development of a biotelemetry and tele-screening platform based on Health applied to the blended care of pregnant women

Antonio Valerio Netto, Juliano Buzzini Pulicci, Antonio Fernandes Moron
Hospital Heliópolis - UGA I - Centro Paulista de Medicina Fetal

RESUMO

Objetivo: Execução das fases de desenvolvimento experimental e validação interna de uma plataforma de biotelemetria e teletriagem baseada em mHealth com foco na promoção do cuidado híbrido de gestantes. **Métodos:** Para o desenvolvimento foi aplicada a metodologia IVPM2 (*Iterative & Visual Project Management Method*). Esse método é utilizado para implantação dos princípios, práticas, técnicas e ferramentas de gerenciamento ágil. Possui cinco fases: visão, concepção, projeto detalhado, validação (interna e externa), além de encerramento e adoção da tecnologia. **Resultados:** Ocorreram os testes de funcionalidades do sistema (*bugs* de tela, *crash*, comunicação, etc.), testes operacionais (lógica e interpretação dos dados), além dos testes de caixa preta (foco nos requisitos da aplicação). Todos estes testes foram aprovados. No caso da lógica utilizada para geração dos alertas, foi criado um simulador computacional que validou a modelagem criada. **Conclusão:** A tecnologia proposta busca promover a identificação de risco para distúrbios hipertensivos da gestação e proporcionar melhor assistência à saúde materno-fetal com impacto na redução da morbimortalidade. A proposta de valor está alinhada com os conceitos de atenção à saúde do indivíduo, isto é, “*Value-based care*” e “*Concierge Medicine*”.

Descritores: eSaúde; tecnologia de informação; telemedicina.

ABSTRACT

Objective: Execution of the experimental development and internal validation phases of a biotelemetry and telescreening platform based on mHealth with a focus on promoting hybrid care for pregnant women. **Methods:** For development, the IVPM2 methodology (*Iterative & Visual Project Management Method*) was applied. This method is used to implement agile management principles, practices, techniques and tools. It has five phases: vision, conception, detailed design, validation (internal and external), as well as closure and adoption of the technology. **Results:** There were tests of system functionalities (screen bugs, crash, communication, etc.), operational tests (logic and data interpretation), in addition to black box tests (focus on application requirements). All these tests were passed. In the case of the logic used to generate alerts, a computer simulator was created that validated the modeling created. **Conclusion:** The proposed technology seeks to promote the identification of risk for hypertensive disorders during pregnancy and provide better assistance to maternal-fetal health with an impact on reducing morbidity and mortality. The value proposition is aligned with the concepts of individual health care, that is, “*Value-based care*” and “*Concierge Medicine*”.

Keywords: eHealth; Information technology; telemedicine.

Correspondência:

Antonio Valério Netto
E-mail: avnetto@unifesp.br
Data de submissão: 03/10/2023
Data de aceite: 29/01/2024

Trabalho realizado:

Hospital Heliópolis - UGA I - Centro Paulista de Medicina Fetal
Endereço: Rua Conego Xavier, 276 - 10º andar - Sacomã - CEP:
04231-030, São Paulo - SP, Brasil.
Telefone: (11) 2067-0409

INTRODUÇÃO

A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) cita a saúde baseada em evidências como uma das grandes tendências da prática médica, assim como a incorporação de tecnologias que permitam adquirir e pré-analisar de forma fidedigna, segura e com acuracidade ¹⁻². As complicações hipertensivas na gestação são a maior causa de morbimortalidade materno-fetal em países em desenvolvimento, tendo repercussões não apenas na gestação, mas também em longo prazo para as pacientes. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), em todo o mundo, 10% a 15% das mortes maternas diretas estão associadas à pré-eclâmpsia ou eclâmpsia ³.

No Brasil, dados do Ministério da Saúde (MS) demonstram que a maior causa de morte materna no país é a hipertensão na gestação, responsável por cerca de 35% dos óbitos, com uma taxa de 140-160 mortes maternas/100.000 nascidos vivos ⁴.

Em relação à mortalidade perinatal, a taxa nacional é de 150/1000 partos; se considerados os diagnósticos de prematuridade, sofrimento fetal e restrição de crescimento fetal, a hipertensão arterial está assinalada como a maior causa de óbitos de feto ou do recém-nascido ³⁻⁴.

Ainda no Brasil, 82.388 gestantes atendidas em 27 maternidades de referência, houve a prevalência geral de 5,2 casos de eclâmpsia por 1.000 nascidos vivos, variando de 2,2:1.000 em áreas mais desenvolvidas a 8,3:1.000 naquelas consideradas menos desenvolvidas ⁵.

Esses dados nacionais demonstram o quão importante é conhecer essa afecção e realizar o diagnóstico precoce, além do tratamento e seguimento adequados. No que se refere ao acompanhamento pré-natal, quanto mais precoce o diagnóstico e mais próximo o seguimento da gestante, melhores

são os resultados com relação à evolução da doença, e menores os custos resultantes com internações e intervenções desnecessárias. Mas, com a grande demanda de atendimentos no sistema público de saúde, muitas vezes esse seguimento pode acabar mais espaçado e muitas medidas preventivas ou de orientação podem acabar não sendo realizadas com a devida efetividade ou em tempo hábil.

Frente ao desenvolvimento tecnológico, a maior acessibilidade à telefonia móvel e aos aplicativos gratuitos das mais variáveis vertentes, tem-se avaliado a telemedicina como ponte para encurtar e melhorar a assistência pré-natal às gestantes e durante o puerpério. A transmissão de informações e dados médicos de um local a outro permite a extensão dos serviços de saúde de centros especializados para regiões que não possuem assistência médica satisfatória ⁶⁻⁷.

Entre as categorias da telemedicina, estão os sistemas baseados em telemonitoramento que podem ser usados para acompanhar pacientes com doenças crônicas e graves, como hipertensão arterial. Há diminuição dos custos de hospitalização e garantia de uma reação adequada às possíveis emergências. Nesse processo, o cuidado híbrido permite uma extensão ao atendimento presencial da paciente, com aumento da capacidade de suporte ao tratamento, diminuição dos custos com a assistência e a internação hospitalar, realização de exames desnecessários. Melhora ainda as condições de bem-estar da gestante e gera maior aderência aos tratamentos. Além do mais, é possível maior empoderamento das pacientes com relação ao auto cuidado ⁸⁻⁹.

Alguns trabalhos ¹⁰⁻¹¹ têm sido desenvolvidos ao longo dos últimos anos com esta temática. Um deles aplicou a biotelemetria e o telemonitoramento no seguimento de puérperas com quadro de pré-eclâmpsia, tendo monitorizado os níveis pressóricos e realizado intervenções clínicas

nos momentos oportunos¹². Inicialmente, os pesquisadores trabalharam com 32 gestantes, com acompanhamento da pressão arterial por um período de quatro meses. Duas pacientes sofreram intervenção medicamentosa em períodos oportunos, de modo que nenhuma apresentou internações hospitalares derivadas de alterações dos níveis pressóricos. O projeto evoluiu para atendimento em escala onde as pacientes inseridas no programa apresentaram maior adesão à consulta de rotina puerperal, representando um valioso ponto de contato para a avaliação do bem-estar físico e mental após o parto. Houve diminuição de 5% para 1% dos casos de readmissão hospitalar obstétrica em sete dias.

Em linhas gerais, o emprego de uma plataforma de cuidado híbrido busca gerar evidências e, posteriormente, intervenções conforme a alteração dos dados biológicos, fisiológicos e de comportamento medidos pela gestante de forma individual. A ação correspondente seguirá conforme um protocolo de operação pré-estabelecido. Futuramente, tenciona-se gerar uma massa de dados suficiente para evidenciar os padrões de tratamentos e comportamentos mais efetivos para a gestão da condição dos distúrbios hipertensivos da gestação, além de colaborar com um banco de dados informativo da distribuição dessa afecção na gestação no país, sobretudo dos desfechos ocasionados por esses distúrbios. Amplia-se também, o cuidado de gestantes com quadros de hipertensão arterial e previne-se desde a primeira consulta pré-natal, por meio de medidas de cuidado, profilaxia e tratamento precoces, com o objetivo de diminuir o número de complicações materno-fetais.

O objetivo deste estudo é apresentar a execução das etapas de desenvolvimento experimental e validação interna de uma plataforma de biotelemetria e teletriagem

baseada em mHealth com foco na promoção do cuidado híbrido de gestantes de risco ou portadoras de estados hipertensivos.

MÉTODOS

O projeto obteve aprovação no conselho de ética e pesquisa (CEP) número do parecer: 4.129.793. Para a execução das atividades foi aplicada a metodologia IVPM2 – *Iterative & Visual Project Management Method*, que se baseia na aplicação dos princípios e práticas do gerenciamento ágil de projetos por meio do uso das estruturas de apoio à gestão de projetos. O método possui cinco fases: visão, concepção, projeto detalhado; validação (interna e externa); encerramento e adoção¹³.

Este artigo relata os resultados obtidos em duas dessas etapas citadas. Na etapa de projeto detalhado ou desenvolvimento experimental, cujo escopo é definir e entregar os componentes do produto em ciclos de entregas reduzidos além de minimizar riscos e incertezas, foi aplicado o método *scrum* (conjunto de atividades que deve ser executado em determinado período) com *sprints* semanais. Em relação à etapa de validação interna, busca-se avaliar os resultados na prática e analisar o desempenho da solução. Os testes de funcionalidade e usabilidade foram realizados por usuários da própria equipe do projeto que simularam as personas (paciente, cuidador digital, médico, etc.) em um ambiente controlado. Nesta etapa nenhuma gestante foi envolvida.

Em linhas gerais, foi desenvolvida uma arquitetura computacional para atender a aquisição de dados vindos de diferentes usuários monitorados ao mesmo tempo (teste de carga), o controle do sistema de processamento em tempo real e o gerenciamento de informações de saída de todos os usuários. A plataforma foi criada com tecnologia de *cloud*

computing onde se destacaram dois módulos: módulo de monitoramento dos alertas e módulo de gerenciamento de ocorrências.

Para isto, foi essencial a modelagem das informações recebidas via os medidores e o próprio *smartphone* onde foi instalado um aplicativo (APP) desenvolvido para capturar os dados e enviar para a plataforma *cloud*. Com essa modelagem (baseada no levantamento de requisitos) foi possível desenhar um sistema com entradas e saídas previamente estabelecidas. Nesta etapa foram definidas quais as intervenções (protocolos de conduta) deveriam ser realizadas conforme os alertas gerados por meio da verificação de cada medida captada pela gestante. Foram analisados dados de dois medidores: pressão arterial (sistólica/diastólica) e peso da gestante. Foram criadas quatro faixas indicativas de alertas: azul (normalidade), verde (atenção), perigo (amarelo) e emergência (vermelho).

Com relação ao módulo de análise, o foco foi no processo da construção do conhecimento baseado em um mapa de regras unificado que utilizou como entrada tanto os dados vindos da tomada da pressão arterial quanto da medida de peso. Diferente de outros projetos de biotelemetria que verificam os dados fisiológicos separadamente, e por consequência, geram alertas separados, o grande diferencial desse sistema foi gerar os alertas mediante a composição dessas duas informações avaliadas ao mesmo tempo (peso e pressão). O propósito foi compreender de que forma os dois tipos de dados poderiam ser interpretados de forma complementar para a construção de um padrão a ser reconhecido.

Por fim, foram modelados e desenvolvidos os protocolos de atendimento que são condutas realizadas pela central de telemonitoramento ativo e que têm como objetivo, a partir dos dados fisiológicos (pressão sistólica/diastólica e peso da

gestante), sugerir ações de autocuidado para a paciente que possam proporcionar melhor condição momentânea. Os dados foram analisados de acordo com os padrões de normalidade pré-estabelecidos para as quatro faixas indicativas de alertas (normalidade, atenção, perigo e emergência). Em posse dos protocolos operacionais, a equipe de atendimento pode atender as ocorrências geradas pelos alertas e promover a orientação adequada. É importante salientar que existem dois níveis de atendimento envolvendo a central de telemonitoramento. O primeiro é o contato com a atendente (cuidado nível 1), responsável por realizar diversos procedimentos, inclusive, acionar um especialista de saúde (cuidado nível 2) para dar continuidade à ocorrência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A solução consistiu no uso de um conjunto variado de tecnologias para composição da solução, que são elas: servidor AWS, interface web (*front-end*), sistema Web (*back-end*), banco de dados e integração com aplicativo móvel em PWA. Os *softwares* foram escritos na linguagem PHP e o banco de dados utilizado foi o MySQL. Com relação aos serviços da Amazon AWS foi utilizado uma instância do tipo EC2 T2.micro com 1 core, 8Gb de RAM e 30Gb de armazenamento SSD, com sistema operacional Linux/UNIX Ubuntu 20.04 configurado com servidor web Apache 2. Essa arquitetura permite escalar seus recursos de acordo com a demanda da aplicação. As linguagens e bibliotecas de desenvolvimento do *front-end* escolhidas foram o HTML 5, o *framework* de CSS Bootstrap e a biblioteca de Java Script JQuery.

As entregas do desenvolvimento foram divididas por módulos. A cada entrega, eram realizados os testes unitários utilizando o *framework* PHP Unit para confirmar a

funcionalidade e verificar se atendia aos requisitos levantados. Depois, era publicada uma versão da plataforma *cloud* no servidor com o objetivo de que os testes pudessem ser realizados pela equipe de médicos e enfermeiros do projeto com o objetivo de que fossem validados todos os fluxos de atendimentos na plataforma e a jornada das gestantes no APP.

Sobre a plataforma *cloud*, para o acesso, é realizada uma autenticação do usuário por meio de uma tela de login onde o usuário pré-cadastrado e vinculado a um perfil entre com sua senha. Os seguintes perfis foram implementados: cuidador digital (atendente N1), profissional de saúde (atendente N2), médico, paciente e administrador. Após realizar o login, o usuário visualiza a tela inicial do seu perfil.

Com relação ao *back-end*, foi desenvolvida uma aplicação multitarefa de execução em segundo plano sem interface gráfica. A linguagem de programação escolhida foi a PHP e o *framework CodeIgniter4*. O *CodeIgniter* é um *framework* PHP focado na produtividade. Utiliza a arquitetura MVC (*Model, View Controller*) e tem o objetivo de deixar o desenvolvimento da aplicação mais ágil, fácil e seguro. Os "*Models*" são responsáveis pela comunicação com o banco de dados, as "*Views*" são as interfaces do usuário e nos "*Controllers*" são desenvolvidas a lógica de negócio do projeto. Esta arquitetura, além de deixar o projeto organizado, facilita o desenvolvimento e também a manutenção dos códigos futuramente. Foi determinada a utilização do sistema *open-source* de gerenciamento de banco de dados MySQL que utiliza a linguagem SQL como interface. O *back-end* também ficou responsável pela integração com o aplicativo móvel. Foi escrito em PHP utilizando conceitos de PWA (*Progressive Web App*). O *back-end* também realiza a integração com *OneSignal* para envio de *Web Push Notifications*, que são as mensa-

gens enviadas para os dispositivos móveis. Inicialmente, seria utilizado o *Firebase* da Google para essa comunicação, porém, foi escolhido o *OneSignal* devido à sua facilidade de implementação e melhor resultado na entrega das notificações para aplicativos desenvolvidos com o PWA.

Quando um alerta é gerado, por exemplo, o N1 é avisado na sua tela de "Monitor". O N1 deverá tentar entrar em contato o mais breve possível com a gestante e seguir o fluxo de atendimento apresentado na tela. Assim que o atendente clicar no botão de atendimento na coluna operação, será apresentada a foto do medidor e a medida enviada (Figura 1) pela gestante. O N1 deve avaliar a qualidade da imagem e se bate com a medida digitada pela gestante. Assim, o mesmo pode aprovar ou reprovar a medição. Caso reprovado, é requisitada nova medição.

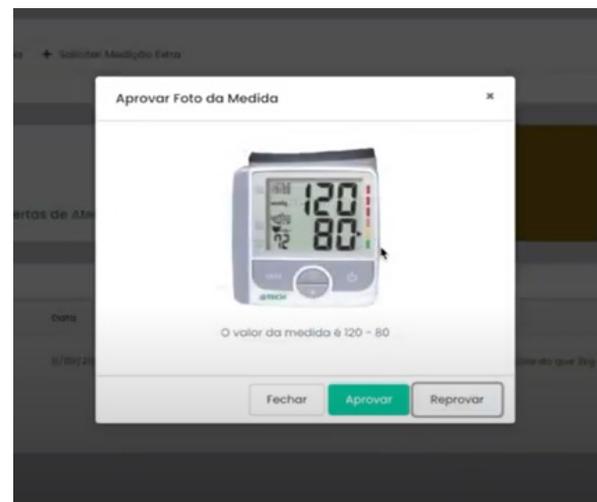


Figura 1 - Tela para aprovação da medida captada.

Com relação ao APP, o mesmo foi desenvolvido utilizando conceitos de PWA. Com isso pode ser escrito na mesma linguagem de programação utilizada no *back-end*, o que torna assim, o aplicativo totalmente integrado ao código-fonte da plataforma *cloud*. Isto facilita sua manutenção e o desenvolvimento de novas funcionalidades. O APP é utilizado exclusivamente pelas gestantes para receber os avisos de momento de coleta e para enviar

as informações das medidas realizadas pelos medidores para o *back-end*. Posteriormente, o dado medido é avaliado conforme as regras de negócios que foram criadas pela equipe médica, e depois é gerado o alerta correspondente que aciona o atendimento (N1 ou N2).

Na Figura 2, são apresentadas três funcionalidades do APP desenvolvido. Na primeira imagem é apresentada a tela do login e senha. A segunda imagem apresenta a tela principal onde ficam informações, como, por exemplo, a próxima medição e a idade gestacional. Por fim, a terceira imagem apresenta a tela para capturar a foto do display do equipamento de medição, neste caso, a balança. Além disso, faz-se necessário o usuário colocar o valor descrito da medida para que ambas as informações sejam avaliadas pelo N1 que irá aprovar ou não a medida captada. Caso seja reprovada, é requisitado para a gestante que realize uma nova medida.

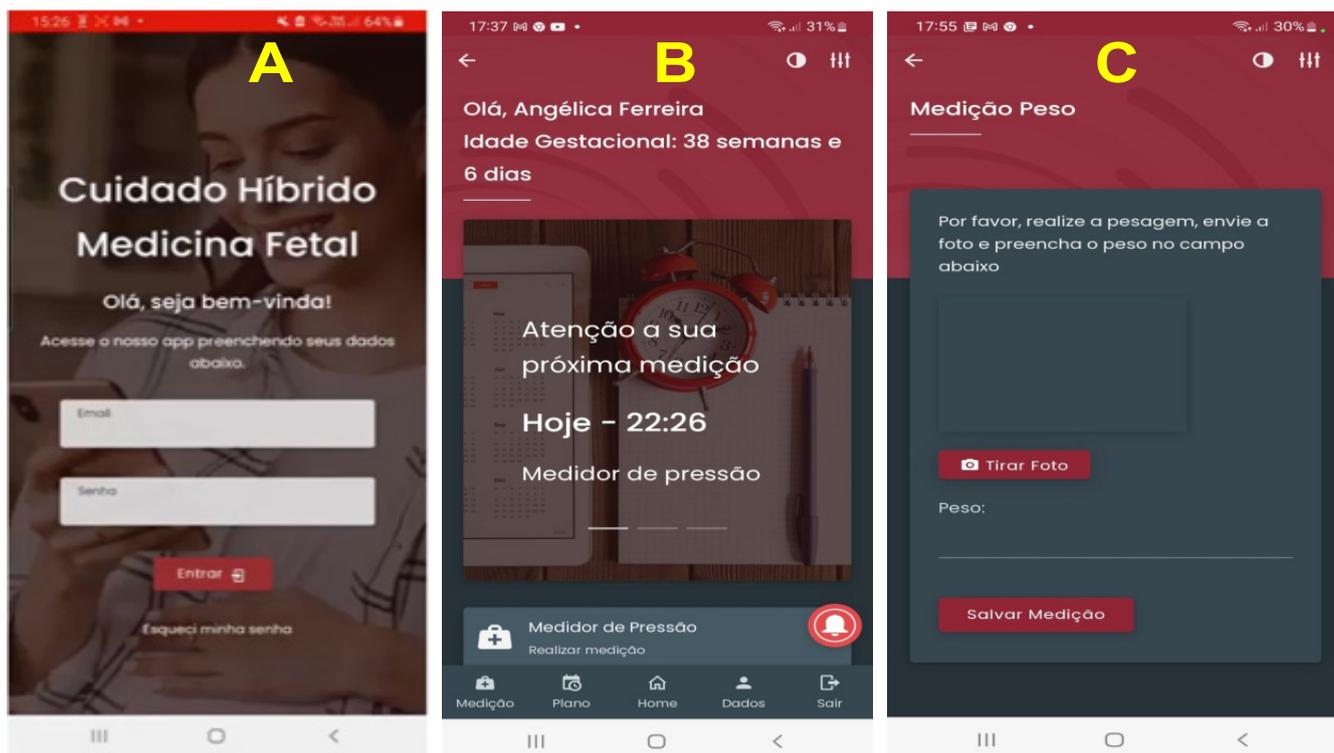


Figura 2 – Telas de três funcionalidades do APP. (A) tela inicial de login. (B) tela principal avisando a próxima medição. (C) tela de captura da foto do display do medidor de peso e sua medida descrita.

CONCLUSÃO

O projeto teve como objetivo principal disponibilizar um serviço baseado em saúde digital para promover a medicina preventiva junto ao mercado de assistência médico-hospitalar. O foco está na construção de um conjunto de ações para garantir o acompanhamento do estado de saúde-doença das gestantes durante o período pré-natal. As evidências geradas poderão ser utilizadas para promover a intervenção precoce em situações apontadas como risco, e também servir de parâmetro da evolução da condição

da gestante, pois apresentará um histórico de informações ao longo do período de acompanhamento da paciente.

Neste contexto, a gestação é um processo que implica em alterações emocionais, sociais e fisiológicas no organismo da mulher. É considerada de baixo risco quando seu desenvolvimento não afeta desfavoravelmente a mulher e/ou o feto. Entretanto, em aproximadamente 20% das gestações incide uma probabilidade de agravos e complicações que expõe o binômio ao risco de vida, instalando-se

uma gravidez de alto risco. Intercorrências na gestação estão associadas à morbimortalidade materna elevada e alto risco de complicações neonatais, como prematuridade, asfixia perinatal e infecções. Com o aumento da capacidade de processamento de dados é possível promover melhor avaliação das informações pertinentes de forma longitudinal, avaliar melhor os pacientes, identificar as populações de risco e sugerir intervenções. Esta abordagem tem o potencial de melhorar

a qualidade dos cuidados, reduzir morbimortalidade materno-infantil e reduzir os custos diretos e indiretos com esta população.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por meio do seu programa inovativo para pequenas empresas (PIPE), número do processo: 20/08578-5.

REFERÊNCIAS

1. Sampaio RF. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista brasileira de fisioterapia*. 2007; 11(1): 83-89.
2. Santana CR. Estudo sobre os limites e possibilidades do programa de internação domiciliar em desospitalizar doentes portadores de doenças crônicas degenerativas na Regional de Saúde do Paranoá. *Revista Eletrônica Gestão e Saúde*. 2014; 5(1): 37-46.
3. CENEP. Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM). [Internet] [citado 2022 fev 25] Disponível em: <http://www.datasus.gov.br/tabnet/tabnet.htm>
4. AMB. Projetos de diretrizes - hipertensão na gravidez. 2002 [Internet] [citado 2022 fev 25] Disponível em: http://www.bibliomed.com.br/diretrizes/pdf/hipertensao_gravidez.pdf
5. Giordano JC, Parpinelli MA, Cecatti JG, Haddad SM, Costa ML, Surita FG. The burden of eclampsia: results from a multicenter study on surveillance of severe maternal morbidity in Brazil. *PLoS One*. 2014; 9(5):e97401.
6. EASP_FGV. 30ª Pesquisa Anual de Administração e Uso de Tecnologia da Informação nas Empresas, realizada pela Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (FGV-SP), 2019. [citado 2022 fev 20] Disponível em: https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/noticias2019fgvicia_2019.pdf
7. Valerio Netto A, Tateyama AGP Tecnologia de telemonitoramento e biotelemetria para apoio a implantação do cuidado híbrido para o idoso com condição crônica. *Journal of Health Informatics*; 2018; 10(4): 103-111.
8. Kiss N, Patai G, Hanak P, Lipic T, Skoda P Vital fitness and health telemonitoring of elderly people. *Proceeding of the MIPRO'11, 34th International Convention*; Croácia. pp. 279-84, May 2011.
9. Netto AV Petraroli AG Modelagem de um sistema para o telemonitoramento de idosos com condição crônica baseado em biotelemetria. *Journal of Health Informatics*, 2020; 12(1): 10-16.
10. Dharmarajan K et al. Hospital readmission performance and patterns of readmission: retrospective cohort study of Medicare admissions. *BMJ*. 2013; 347:6571.
11. Gorthi, J. et al. Reducing Heart Failure Hospital Readmissions: A Systematic Review of Disease Management Programs. *Cardiol Res*. Oct; 2014; 5(5):126-138.
12. Adi Hirshberg A, Mahraj K, Srinivas SK. Heart Safe Motherhood: Applying Innovation Methodology for Improved Maternal Outcomes, Case Study. *Hospital of the University of Pennsylvania*, May 2019.
13. Valerio Netto A, Salvador ME. Desafios inerentes ao desenvolvimento de projetos e estudos científicos em saúde digital e tecnologias móveis. *Revista Brasileira de Enfermagem*. Editorial. 2020; 73(6).