

ENDOVENOUS MEDICATION INFUSION: A LOW COST PROPOSAL FOR MONITORING USING ARDUINOWill Ribamar Mendes Almeida - UNIVERSIDADE CEUMA - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5999-7536>Gylmara Kylma Feitosa Carvalhêdo Almeida - UNIVERSIDADE CEUMA - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5993-3874>Yonara Costa Magalhães - UNIVERSIDADE CEUMA - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5502-9634>Leonardo Costa Lindoso - UNIVERSIDADE CEUMA - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3017-6483>

Develop a prototype of an integrated embedded system, hardware and software, capable of monitoring and alerting about the intravenous drug infusion procedure. Propose an automated and low-cost solution to assist patients, nursing technicians, nurses in relation to medication monitoring for intravenous infusion. The prototype was built using Arduino, a liquid level sensor and a bluetooth module; and, for the MedicalMonitor application, the MitAppInventor was used. For the validation of the prototype, functionalities/reliability, simulation situations were carried out, as well as an evaluation of its use by 3 health professionals. The results of the simulations and the experience of using the health professionals were satisfactory, with good acceptance, as well as the contribution of the solution in improving the routine of monitoring this procedure and reducing the occurrence of embolisms. For the conception, modeling and beta prototyping of MedicalMonitor, analyzes and requirements gathering, modeling and the choice of the tool for the creation of the application were carried out, as well as the choice of components for the development of the prototype in Arduino. All three interviewed professionals supported the idea of the proposed system, application and embedded hardware, stating that it would help significantly in times when the demand for assistance becomes high or when there are several beds that need to be visited in a short period of time.

Keywords: Intravenous medication, Monitoring, IoT, Arduino, MIT App Inventor.

INFUSÃO DE MEDICAÇÃO ENDOVENOSA: UMA PROPOSTA DE BAIXO CUSTO PARA O MONITORAMENTO UTILIZANDO ARDUINO

Desenvolver um protótipo de sistema embarcado integrado, hardware e software, capaz de monitorar e alertar quanto ao procedimento de infusão de medicamento via endovenosa. Propor uma solução automatizada e de baixo custo para auxiliar pacientes, técnicos de enfermagem, enfermeiros em relação ao monitoramento de medicação a infusão endovenosa. O protótipo foi construído utilizando o Arduino, um sensor de nível de líquidos e um módulo bluetooth; e, para o aplicativo MedicalMonitor, utilizou-se o MitAppInventor. Para a validação do protótipo, funcionalidades/confiabilidade, foram realizadas situações de simulação, bem como foi feita uma avaliação de utilização por 3 profissionais de saúde. Os resultados das simulações e da experiência de utilização dos profissionais de saúde foram satisfatórios, com uma boa aceitação, bem como, em relação à contribuição da solução na melhoria da rotina de monitoramento deste procedimento e redução da ocorrência de embolias. Para a concepção, modelagem e prototipação beta do MedicalMonitor, foram realizados análises e levantamento de requisitos, modelagem e a escolha da ferramenta para a criação do aplicativo como também a escolha dos componentes para desenvolvimento do protótipo em Arduino. Todos os três profissionais entrevistados apoiaram a ideia do sistema proposto, aplicativo e hardware embarcado, afirmando que este ajudaria significativamente em momentos em que a demanda de atendimentos se tornasse alta ou quando houvesse vários leitos que precisariam ser visitados em um curto período de tempo.

Palavras-chave: Medicação endovenosa, Monitoramento, IoT, Arduino, MIT App Inventor

INFUSÃO DE MEDICAÇÃO ENDOVENOSA: UMA PROPOSTA DE BAIXO CUSTO PARA O MONITORAMENTO UTILIZANDO ARDUINO

Resumo: A tecnologia aplicada à saúde tem desenvolvido várias soluções que envolvem Realidade Aumentada, Inteligência Artificial, robôs, *Internet of Things* (IoT) e automação para a resolução e apoio em diversos problemas, apoiando a equipe médica nos cuidados com os pacientes. Em muitos casos, os pacientes ambulatoriais precisam receber medicação de forma endovenosa, cuja velocidade de dosagem e duração precisam ser monitorados para que não haja o agravamento do quadro ou outras intercorrências como embolias. A infusão de medicamentos via endovenosa em pacientes, requer profissionais competentes, bem como atenção e manuseio cautelosos. Neste cenário, desenvolveu-se um protótipo de solução integrada de hardware e software para o monitoramento de infusão endovenosa de medicamento de baixo custo para auxiliar técnicos de enfermagem e enfermeiros na realização deste procedimento, tendo em vista que no atendimento ambulatorial há um grande fluxo de pacientes. Foram realizadas pesquisas bibliográficas para fundamentar o processo de seleção dos componentes eletrônicos do protótipo de hardware e do desenvolvimento do aplicativo de comunicação. O protótipo foi construído utilizando-se o Arduino Uno R3 SMD CH340, um sensor de nível de líquidos e um módulo de comunicação bluetooth HC-08; e, para o aplicativo MedicalMonitor, utilizou-se o Mit App Inventor. Para a validação do protótipo, em termos de funcionalidades e confiabilidade de respostas entre o aplicativo e o protótipo de hardware, foram realizadas situações de simulação, bem como foi feita uma avaliação de utilização da solução por um profissional de enfermagem e dois técnicos de enfermagem. Os resultados das simulações e da experiência de utilização dos profissionais de saúde foi satisfatória, conseguindo-se uma boa aceitação em relação à facilidade de utilização do protótipo, bem como em relação ao potencial de contribuição da solução para auxiliar na realização do procedimento de infusão de medicamento via endovenosa, para melhorar a rotina de monitoramento deste procedimento e reduzir a chance da ocorrência de embolias.

Palavras-Chaves: Medicação endovenosa, Monitoramento, IoT, Arduino, MIT App Inventor.

Summary: Technology applied to healthcare has developed several solutions involving Augmented Reality, Artificial Intelligence, robots, Internet of Things (IoT) and automation to solve and support various problems, supporting the medical team in patient care. In many cases, outpatients need to receive medication intravenously, whose dosage speed and duration need to be monitored so that there is no worsening of the condition or other complications such as embolism. Intravenous infusion of drugs in patients requires competent professionals, as well as careful attention and handling. In this scenario, a prototype of an integrated hardware and software solution for monitoring low-cost intravenous infusion of medication was developed to assist nursing technicians and nurses in carrying out this procedure, considering that in outpatient care there is a large flow of patients. Bibliographic research was carried out to support the selection process of the electronic components of the hardware prototype and the development of the communication application. The prototype was built using the Arduino Uno R3 SMD CH340, a liquid level sensor and a HC-08 bluetooth communication module; and, for the MedicalMonitor app, the Mit App Inventor was used. For the validation of the prototype, in terms of functionality and reliability of responses between the application and the hardware prototype, simulation situations were carried out, as well as an evaluation of the

use of the solution by a nursing professional and two nursing technicians. The results of the simulations and the experience of using the health professionals were satisfactory, achieving good acceptance in relation to the ease of use of the prototype, as well as in relation to the potential contribution of the solution to assist in carrying out the infusion procedure. intravenous drug, to improve the routine monitoring of this procedure and reduce the chance of occurrence of embolisms.

Keywords: Intravenous medication, Monitoring, IoT, Arduino, MIT App Inventor.

1. INTRODUÇÃO

O tratamento de pacientes, via infusão endovenosa, é uma prática comum nos centros hospitalares. Esse tipo de atividade consiste na introdução de medicamentos na corrente sanguínea requerendo atenção e manuseio de forma cautelosa.

A administração de medicamentos é de responsabilidade dos enfermeiros e técnicos de enfermagem que estão no ambiente hospitalar. Segundo Motta e Miranda (2020) para a aplicação de medicamentos em pacientes, é necessário que o profissional tenha pleno preparo, tanto no momento da aplicação, quanto no manuseio dos medicamentos.

Em um cenário no qual os profissionais de saúde estão sobrecarregados com múltiplas tarefas ou fadigados, algumas atividades podem ficar comprometidas, inclusive pode haver a demora na troca dos medicamentos ministrados via infusão endovenosa. Tanto os auxiliares, quanto enfermeiros, bem como os acompanhantes precisam ficar atentos ao monitoramento da medicação, pois caso não seja feita adequadamente ou a mesma não seja trocada ou suspensa no tempo correto, o ar do recipiente vazio pode entrar na veia e bloquear o fluxo sanguíneo, trazendo riscos de embolia ao paciente e, em alguns casos, levando-o a quadros mais complicados, e às vezes à morte. É importante destacar que, às vezes, as pessoas que estão tomando a medicação, via infusão endovenosa podem não estar acompanhadas ou podem desconhecer os riscos envolvidos quando não há a interrupção, a tempo, do medicamento quando este acaba.

Com a evolução da informática na área da saúde, surgiram inúmeros dispositivos tecnológicos para auxiliar este setor e apoiar a gestão e a administração dos serviços de saúde em hospitais e clínicas. A partir deste cenário, propôs-se elaborar uma solução automatizada para ajudar pacientes, técnicos de enfermagem, enfermeiros e seus acompanhantes em relação ao monitoramento de medicação à infusão endovenosa. Este protótipo é composto por uma aplicação mobile que trabalha em conjunto com uma placa Arduino que medirá a quantidade de medicação endovenosa em cada leito e emitirá alertas aos responsáveis quando essa medicação chega ao seu término, de forma a contribuir com o monitoramento desse tipo de medicação e evitar riscos aos pacientes.

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido no Núcleo de Sistemas e Tecnologia da Informação (NuSTI) da Universidade CEUMA, como parte de um Projeto de Iniciação Científica. Trata-se de uma pesquisa ação, de cunho quanti-quali, voltada para a prototipação de uma solução de baixo custo que realize o monitoramento de medicação endovenosa utilizando Arduino e Mit App Inventor, cujo protótipo foi avaliado por técnicos de enfermagem.

Esta pesquisa realizou um levantamento bibliográfico sobre automação, medicação endovenosa e Arduino, que serviu para fundamentar o escopo deste trabalho. Também foi realizada uma pesquisa com intuito de buscar soluções semelhantes que estejam disponíveis no mercado, bem como foi elaborada uma modelagem que melhora e amplia as

soluções existentes. Por fim, a pesquisa utilizou um ambiente de simulação para o teste do protótipo. O desenvolvimento do protótipo desta solução foi organizado em três etapas, sendo:

- a) 1ª Etapa – Concepção da arquitetura do protótipo do app MedicalMonitor: nela foi utilizada a linguagem UML 2.3 utilizando a ferramenta Astah versão 7.0, para elaborar o Diagrama de Casos de Uso, o Diagrama de Classes e o Diagrama de Estrutura para delinear as funcionalidades e o modo de operação da solução proposta. Para o desenvolvimento do modelo lógico, foi utilizada a ferramenta brModelo;
- b) 2ª Etapa – Construção de uma tecnologia Arduino e de um protótipo do aplicativo MedicalMonitor: para codificação do app foi utilizada a ferramenta de construção da aplicação MIT App Inventor, versão beta, e para programação da placa Arduino foi utilizada a linguagem C/C++ da própria plataforma Arduino. Para a construção do protótipo em Arduino foram utilizados LEDs, sensor de nível de líquido sem contato, protoboard, Jumper, uma placa Arduino Uno R3 SMD CH340 e um módulo bluetooth HC-08;
- c) 3ª Etapa – Validação do protótipo: A validação foi realizada em um ambiente de simulação no qual um profissional da saúde, enfermeiro, utilizou a solução proposta e a avaliou em termos de sua funcionalidade, usabilidade e eficiência. A validação do aplicativo foi realizada no mês de agosto, tendo sido selecionados três auxiliares de enfermagem que realizam procedimentos de aplicação de medicação via endovenosa e seu respectivo monitoramento. Para a realização do teste, foi utilizada a técnica do questionário, dividida em duas etapas: um questionário Pré-teste e outro após a utilização da aplicação. Ao final do preenchimento das avaliações foram feitas as análises e a geração dos resultados.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Medicação endovenosa

Segundo Motta e Miranda (2020), há diversas técnicas de infusão de remédios utilizados nos seres humanos, como: Via Sublingual, Retal, Intramuscular, Intradérmica, Subcutânea e Endovenosa. A técnica de infusão por via sublingual é bastante conhecida e consiste em colocar o medicamento sob a língua para que o paciente venha a ingerir o medicamento. A técnica via retal refere-se à aplicação do medicamento diretamente no ânus do paciente. A técnica via intramuscular é utilizada quando é necessário realizar a aplicação de uma substância através da pele, ou seja, diretamente no músculo por meio de agulha. A técnica via intradérmica introduz o medicamento na derme e é frequentemente usada na aplicação de vacinas. Já a técnica via subcutânea introduz substâncias nas regiões da barriga, coxa, braço, dentre outros locais subcutâneos, sendo de absorção um pouco mais lenta do que por via intramuscular. A técnica via endovenosa consiste na introdução de medicamento diretamente na veia do paciente por meio de algum instrumento médico que perfure.

Ainda segundo Motta e Miranda (2020), alguns acidentes podem ocorrer quando se manipula medicamentos de forma endovenosa, tais como: esclerose da veia (ocorre quando há sucessivas aplicações em um mesmo local), hematomas (decorrente do extravasamento de sangue da veia quando o enfermeiro perfura a veia chegando a atravessá-la), êmbolos

(quando a passagem de ar pelas veias impedindo o fluxo normal do sangue) ou choque (quando se aplica um medicamento pode sofrer efeitos colaterais como: palidez, vertigem, agitação, ansiedade, tremores e outros efeitos).

A má aplicação de medicamentos via endovenosa pode apresentar alguns hematomas ou traumas nos pacientes, mas o acidente mais perigoso dentre os citados são os êmbolos. Segundo AbcMed (2015), a embolia gasosa é quando uma grande bolha de ar, introduzida devido aos procedimentos endovenosos, se desloca ao longo da artéria até bloqueá-la, impedindo a passagem sanguínea para o coração e podendo causar a morte se uma grande bolha chegar até ao coração.

Quando o médico prescreve um medicamento que precisa ser aplicado de forma endovenosa, é necessário fazer um cálculo de gotejamento no qual a quantidade de substância aplicada deve ser administrada para que seja infundida no tempo prescrito. Em alguns hospitais, a bomba de infusão é bastante utilizada facilitando a vida do enfermeiro. Inicialmente o controlador deverá ser fechado para que não deixe bolhas de ar em seu interior e a câmara de gotejamento deverá parcialmente preenchida. No caso do soro, por exemplo, este ficará posicionado de 30 a 40 cm acima do aparelho, encaixando o segmento de silicone na bomba e o seu sensor na câmara de gotejamento acima do nível do líquido. Ao ligar a bomba será permitido programá-la através de seu display de acordo com as prescrições médicas (ENFERMAGEM NOVIDADE, 2015).

A bomba de infusão tem diversos pontos positivos, mas seu custo não permite que ela seja adquirida em grandes quantidades e, geralmente, são utilizadas em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs). Por esse motivo, a administração endovenosa é realizada de forma manual em atendimentos de baixo risco e dependendo das condições do paciente. Deste modo, a proposta aqui é apresentar uma solução da mais baixo custo que possa monitorar a infusão de medicamentos de forma eficiente e de fácil manipulação aos profissionais de saúde, para aqueles casos em que a medicação possa ser administrada em ambulatórios e em condições de baixo risco ao paciente.

3.2. Arduino e Sensores

Para construir soluções automatizadas é necessário fazer o uso de plataformas de hardware para realizar o controle de dispositivos. Existem diversas plataformas, mas a mais comum é o Arduino.

Segundo Oliveira e Zanetti (2017) o Arduino é uma plataforma de hardware totalmente *open source* desenvolvida sobre o microcontrolador Atmel AVR, que pode ser programado através da linguagem C/C++, permitindo a criação de projetos com conhecimentos mínimos ou até mesmo nenhum de eletrônica. Foi desenvolvido com o intuito de fornecer uma plataforma de fácil compreensão e prototipação com projetos interativos unindo software e hardware. Para o desenvolvimento de projetos utilizando Arduino, é comum utilizar sensores variados que vão desde a células de cargas, sensores de movimento, sensores de temperatura e sensores de nível.

O sensor de nível de líquido, sem contato, WS03 indicado na Figura 1, segundo o Usinainfo (2019), consiste em um módulo eletrônico capaz de verificar a altura da água, grãos ou pó em um recipiente sem qualquer tipo de contato. A instalação é simples, podendo posicionar o medidor do lado externo do recipiente por meio de um suporte, fita dupla face ou liga para que não haja nenhum contato com a substância. A detecção é realizada quando a substância atinge o nível que o sensor está posicionado no recipiente, enviando um sinal elétrico emitindo qualquer tipo de aviso de acordo com sua

programação. Sua utilização depende totalmente da necessidade do usuário e sua gama de aplicação se estende devido seu posicionamento externo (USINAINFO, 2019).



Figura 1: Sensor de nível de líquido sem contato (Fonte: <https://www.banggood.com/pt/Contactless-Water-Level-Switch-Inductive-Liquid-Level-Switch-Water-Level-Sensor-p-1103869.html>)

Para o processamento das informações, após a coleta dos dados, pode ser utilizada a placa Arduino UNO R3 SMD CH340 (Figura 2). Segundo o site Usinainfo (2018), este tipo de placa permite que projetos de automação sejam desenvolvidos bastando apenas conectá-los a um computador e juntamente a plataforma de desenvolvimento o usuário possa programá-la de acordo com sua necessidade, podendo ser usado juntamente com outros tipos de acessórios. A placa possui um botão reset, 14 portas digitais, microcontrolador, portas de alimentação, 6 portas analógicas, LED para representar o power, conexão USB com tensão de 5V, regulador de tensão, chip para comunicação do Arduino com outros dispositivos de transmissão de dados, ICSP, ICSP2 e conector de alimentação (USINAINFO, 2018).



Figura 2: Placa Arduino Uno R3 (Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/compativeis/arduino-uno-smd-4485.html>)

O módulo bluetooth Arduino HC-08 (Figura 3) é bastante utilizado na criação de redes sem fio para permitir a troca de informações entre a placa Arduino e os smartphones, isso se dá deve a sua fácil utilização e seu baixo custo. Segundo o site Usinainfo (2018), o módulo foi desenvolvido para permitir que informações sejam trocadas sem que se utilize um cabo entre os dois equipamentos, dando mais mobilidade ao usuário. O módulo *bluetooth* HC-08 é compatível com os diversos sistemas operacionais, incluindo iOS e

Android, garantindo maior praticidade para o usuário em relação as plataformas mais utilizadas (USINAINFO, 2018).

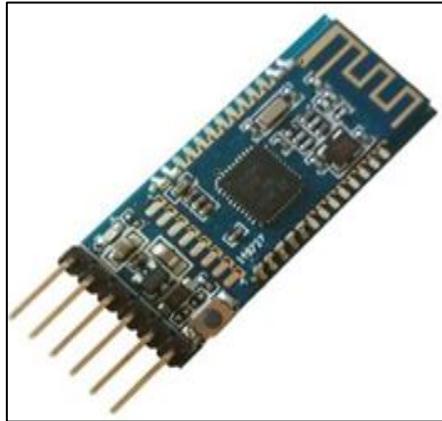


Figura 3: Módulo bluetooth HC-08 (Fonte: https://www.ebay.com/itm/HC-08-BLE-Bluetooth-4-0-2-4G-6-PIN-modulo-wireless-per-Arduino-Android-IOS-/282203337769?_ul=AR)

A escolha da tecnologia *bluetooth* se deu em primeiro momento pela falta de disponibilidade de internet (Wi-Fi e 4G) nos ambulatórios, verificada em três hospitais privados da capital Maranhense. Em um segundo momento verificou-se que a distância entre o centro de atendimento, ambulatório, e a zona de atuação do enfermeiro para o atendimento procedimento de infusão de medicamento via endovenosa, era menor que 10 metros e que o recurso tecnológico utilizado tinha um alcance aproximado de 10 metros para receber e enviar as informações referente a quantidade dos medicamentos em uso, mensagem de alerta e o aviso sonoro, quando houver necessidade de troca.

3.3. Trabalhos correlatos

Dentre algumas propostas de soluções existentes no mercado que se propõem a construir um sistema de monitoramento de medicação, há o OpenSerum. Que apresenta uma solução *open source* que utiliza tecnologias de comunicação móvel para o acompanhamento em tempo real do serviço de infusão intravenosa de soro hospitalar. Para a concepção desta solução, Silva e Sarinho (2016) montaram um circuito elétrico baseado em sensores infravermelhos para a monitoração da queda das gotas e codificaram um sistema servidor para manter os dados de configuração e enviar mensagens de texto de status para dispositivos móveis cadastrados. Foram utilizados para esta solução: o Arduíno Mega 2560 (para coleta e envio de dados), placa Shield Ethernet (para comunicação ethernet entre Arduíno e o servidor), emissor e receptor infravermelhos e um *buzzer*. Segundo os autores, o sistema de monitoramento permitiu detectar, por meio de mudanças na faixa de valores analógicos do receptor infravermelho, se o soro estava em atividade ou não e interagiu com dispositivos móveis quando necessário informando o status de atividade do soro monitorado.

4 SOLUÇÃO PROPOSTA

A construção do protótipo MedicalMonitor divide-se em duas grandes etapas:

- a) A primeira etapa consiste na construção dos componentes físicos com a placa de Arduino Uno R3 SMD CH340, sensor de nível de líquido, sem contato, WS03, um módulo bluetooth HC-08, Protoboard, Jumpers e LEDs;
- b) A segunda etapa consiste na implementação do app de interface feito com a ferramenta MIT App Inventor, versão beta, e com base nos requisitos de software elicitados.

4.1. Prototipação do app MedicalMonitor

Como parte da solução aqui apresentada, foi também desenvolvido um aplicativo para dispositivo móvel voltado para a plataforma Android. Este aplicativo faz a comunicação, via bluetooth, com a Placa Arduino para coletar os dados que permitem sinalizar ao usuário o status do monitoramento do leito. Para o desenvolvimento desse aplicativo foram definidas algumas características quanto às funcionalidades que o profissional da saúde precisa que sejam garantidas: realizar o cadastro dos leitos, visualizar os leitos cadastrados, conectar-se com o protótipo do hardware (via bluetooth), ligar alarme (para sinalizar quando a medicação estiver chegando ao seu fim) e desligar alarme (após o atendimento). Também foram definidos que: o “Número do Leito” deve ser obrigatoriamente preenchido, para poder realizar a exclusão de algum leito, ou a alteração das informações.

Ressalta-se que a aplicação funciona apenas em dispositivos com o sistema operacional Android, sendo que os dados são armazenados em um banco de dados MySQL. A Figura 4, abaixo, apresenta o respectivo Diagrama de Casos de Uso do MedicalMonitor.

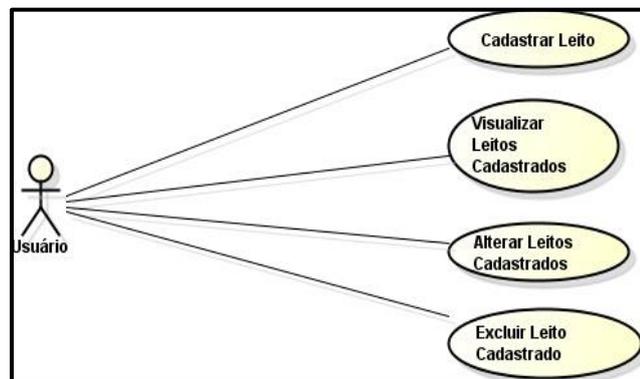


Figura 4: Diagrama de Casos de Uso do MedicalMonitor. Fonte: o autor.

O Quadro 1, abaixo, apresenta uma breve descrição dos Casos de Uso implementados no aplicativo da solução proposta, com as funcionalidades essenciais para o profissional de saúde realizar o monitoramento.

Identificador	Nome	Descrição
UC01	Cadastrar Leito	Este caso de uso permite que o usuário cadastre o leito no aplicativo.
UC02	Visualizar Leitos Cadastrados	Este caso de uso permite que o usuário, visualize a lista de leitos já cadastrados
UC03	Alterar Leitos Cadastrados	Este caso de uso permite que o usuário altera o número de qualquer leito já cadastrado.
UC04	Excluir Leitos Cadastrados	Este caso de uso permite que o usuário exclua qualquer leito já cadastrado.

Quadro 1: Resumo dos Casos de Uso do aplicativo. Fonte: o autor.

Na versão inicial do aplicativo foram utilizados sensores de peso que serviriam para validar a indicação de quando o medicamento estivesse chegando próximo ao seu fim. Também na 1ª versão do aplicativo foram criados dois botões para o ligar e desligar o alarme que avisa sobre o término do medicamento. Entretanto, após análise e testes preliminares, percebeu-se que esta abordagem tinha uma falha metodológica grave, pois o profissional da saúde poderia desativar o alarme do aplicativo e, com a grande demanda no ambiente hospitalar, esquecer de ligar o alarme. Logo, acabaria não sendo avisado pelo aplicativo e a proposta não atingiria o objetivo, pois o profissional de saúde não realizaria a troca ou a suspensão do medicamento em tempo hábil.

Em uma segunda versão, os sensores de peso foram substituídos por um sensor de nível de líquido, que pode ser ajustado de acordo com a quantidade de líquido que o paciente precisa receber e retirou-se a opção de desligamento do alarme via aplicativo. Assim, quando o nível de líquido termina, a plataforma Arduino enviará uma mensagem de alerta, exibida no aplicativo e acompanhada de um alarme sonoro, sinalizando o leito que precisa de atendimento. Como o plantonista não tem mais a opção de desligar o alarme via aplicativo, ele é obrigado a dirigir ao leito, realizar a troca ou suspensão do medicamento. Isto fará com que o alarme do aplicativo cesse e evitará riscos ao paciente.

Ressalta-se ainda que a mensagem de alerta e o aviso sonoro continuarão até que um destes procedimentos será realizado. Para iniciar o aplicativo foi criada uma tela de *Splash Screen* (de abertura), onde é apresentado o nome do aplicativo. Esta tela fica ativa até que as funcionalidades apareçam (Figura 5). Ainda na Figura 5, após a tela de *Splash Screen*, o usuário será direcionado para a tela principal, onde poderá realizar atividades de: Cadastrar leitos, Visualizar leitos já cadastrados, Alterar Leitos e Excluir Leitos.



Figura 5: Telas de *Splash Screen* e Principal do MedicalMonitor. Fonte: o autor.

Para realizar um cadastro, o usuário precisa inserir o número de um leito na caixa de texto “Número do Leito”, depois clicar em “Cadastrar Leito”, destacado em verde (Figura 6). Na mesma tela o aplicativo informa que o cadastro foi realizado com sucesso. Logo após realizar o cadastramento dos leitos, clicando no botão “Visualizar Leitos Cadastrados” (Figura 6), destacado em amarelo, o usuário será redirecionado para uma lista contendo todos os leitos já cadastrados e em seguida seleciona o que deseja.

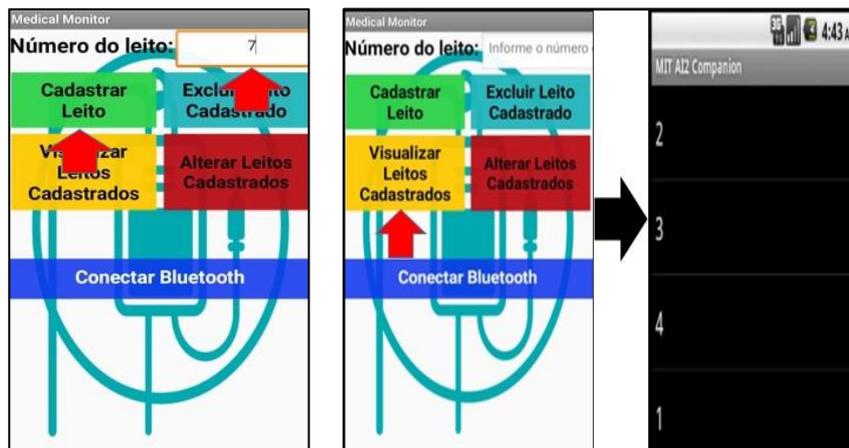


Figura 6: Telas Cadastrar Leitos e Visualizar Leitos cadastrados. Fonte: o autor.

No aplicativo há uma funcionalidade que está embutida no código fonte, porém não aparece como um botão. No momento em que o usuário ativar o bluetooth o programa lê o que o sensor de nível de líquido armazenou na variável e envia para o aplicativo. Caso o nível do medicamento esteja regular ele emitirá essa mensagem realizando uma leve vibração. No momento em que o aplicativo realizar a conexão via bluetooth com o módulo que está localizado na protoboard, se caso o medicamento estiver chegando ao seu fim, o dispositivo emitira a seguinte mensagem “É necessário realizar a troca do medicamento” (Figura 7).

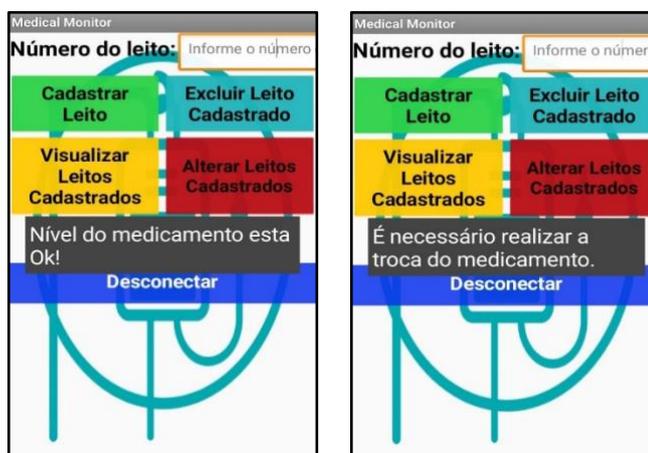


Figura 7: Telas de alerta de nível de medicamento. Fonte: o autor.

Ao clicar no botão “Alterar Leitos Cadastrados”, destacado na cor vermelha, o usuário será alertado que precisa selecionar um leito já cadastrado para que possa realizar esta operação. Logo após selecionado, o número do leito surge no campo “Número do leito” e, basta apenas, o usuário limpar o campo e inserir o novo número e clicar em “Alterar Leitos Cadastrados”. Se o usuário desejar excluir algum leito cadastrado, é necessário clicar em “Visualizar Leitos Cadastrados” e selecionar o leito desejado. Logo após selecionar o leito, o usuário deve clicar em “Excluir Leitos Cadastrados”, destacado com a cor azul, e o aplicativo informará se a operação foi realizada com sucesso ou não.

4.2 Prototipação do hardware do MedicalMonitor

Para o projeto foram utilizados alguns componentes em Arduino. A proposta desse protótipo é apresentar uma solução que possa realizar o monitoramento da medicação

endovenosa. Para o desenvolvimento deste protótipo foram utilizados 8 portas digitais, uma GND e uma porta de 5 Volts, todos na placa Arduino, um display LCD, para que possa ser acompanhado o nível do líquido, um potencializador para gerar mais energia ao display e um módulo bluetooth para a troca de informações. A Figura 8, abaixo, apresenta tanto as ligações entre a placa e a protoboard, quanto um display LCD para informar se o nível do medicamento está “ok” ou está “baixo”. Há também um potencializador para gerar mais energia ao display.

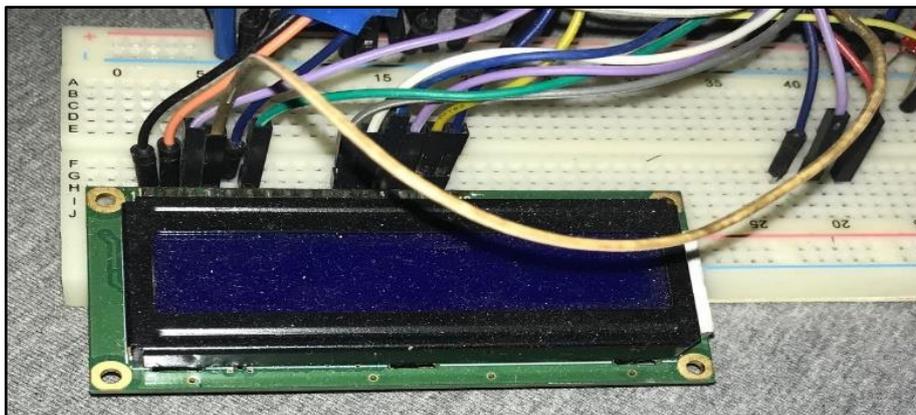


Figura 8: Display LCD do protótipo e *protoboard*. Fonte: o autor.

Já a Figura 9, a seguir, apresenta o sensor de nível de líquido sem contato, que é o dispositivo de entrada das informações e que alimenta o código fonte que já foi carregado para a placa Arduino, bem como o display LCD e suas conexões com a placa *protoboard*. Neste display será informado o nível de líquido do medicamento. Quando ele estiver cheio, o visor informará “Nível Ok”, e quando o estiver próximo do fim ele informará “Nível Baixo”. Ainda na Figura 9, são apresentadas as ligações entre a placa Arduino, a protoboard e o display LCD. O dispositivo *bluetooth* enviará informações quando o LED apagar. Essas informações serão processadas na placa Arduino e enviadas através do módulo, para que o aplicativo informe ao usuário que o medicamento está cheio ou está chegando ao seu fim.

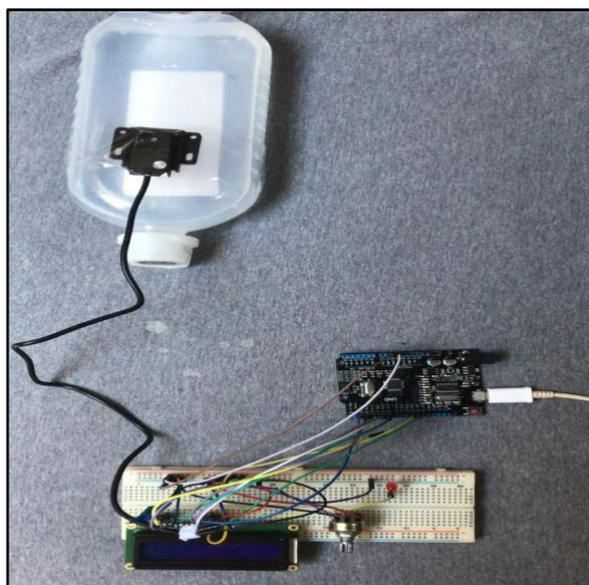


Figura 9: Protótipo MedicalMonitor Arduino, sensores e display LCD. Fonte: o autor.

Para o realizar a leitura do sensor de nível de líquido foi desenvolvida uma função com o propósito de verificar o status do medicamento a cada 2000 milissegundos, sendo conectada a porta digital 11 da placa Arduino, tendo sido utilizado um LED para a sinalização. Quando o sensor detectar a presença de líquido o LED permanece acesso informando a saída ao Arduino como HIGH e, quando não detectar, altera para LOW (Figura 10).

```

void read_sensor() //função para leitura do botão
{
  if(!digitalRead(sensor)) //saída do sensor em HIGH?
  { //sim...
    disp.setCursor(0,1); //posiciona cursor na coluna 1 linha 2
    disp.print("Nivel OK "); //imprime
    delay(2000);
    digitalWrite(led, LOW); //desliga bomba
  } //end if

  else //senão,
  { //saída do sensor em low
    disp.setCursor(0,1); //posiciona cursor na coluna 1 linha 2
    disp.print("Nivel baixo"); //imprime
    delay(2000);
    digitalWrite(led, HIGH); //liga bomba
  } //end else
} //end read_sensor

```

Figura 10: Função para detecção de líquido. Fonte: o autor.

No momento em que for detectado o líquido no recipiente o LED continuará acesso, mas a partir do momento em que não houver mais líquido no recipiente o LED apagará e envia uma informação para o smartphone, via *bluetooth*, que se encontra com o profissional da saúde. A Figura 11, a seguir, apresenta o trecho de código que corresponde ao envio das informações do protótipo de hardware para o aplicativo do profissional de saúde.

```

if(Serial.available()>0){//Verifica se algo chegou via Bluetooth
readBluetooth=Serial.read();//Grava esse algo lido na variável
if(readBluetooth == '3'){
  digitalWrite(led,!digitalRead(led));//Alterna estado da lâmpada
  delay(250);
  Serial.write(digitalRead(led));//Checa estado da lâmpada
}else{
if(readBluetooth == '5'){
  delay(250);
  Serial.write(digitalRead(led));//Checa estado da lâmpada
}
}

```

Figura 11: Trecho de código de envio das informações, via bluetooth.

Quanto aos custos estimados para este protótipo no Quadro 2, a seguir, são apresentados valores aproximados para o custo de produção deste protótipo.

Componente	Preço R\$
Placa Arduino UNO R3 SMD CH340	60,00
Módulo <i>bluetooth</i> HC-08	50,00
Display LCD	20,00
Sensor de nível de líquido, sem contato, WS03	160,00
Protoboard	10,00
Soro Fisiológico 250 MI	10,0
Desenvolvimento do aplicativo, produção e testes.	0,0
TOTAL:	310,00

Quadro 2: Estimativa de custos do protótipo. Fonte: o autor.

4.3 Validação do protótipo MedicalMonitor

Para a validação do aplicativo, foram criadas perguntas com o intuito de averiguar a percepção dos usuários em relação à aplicação de medicamento via endovenosa e um questionário focado, especificamente, na usabilidade do aplicativo. A validação do aplicativo foi realizada no mês de agosto por três auxiliares de enfermagem que atuam em unidades de atendimento de saúde pública e que, frequentemente, realizam procedimentos de aplicação de medicação via endovenosa e seu respectivo monitoramento.

O primeiro questionário foi aplicado antes dos participantes terem contato com o aplicativo, consistindo em perguntas sobre as técnicas de aplicação de medicamento de forma endovenosa e possíveis problemas que podem ocorrer. Já o segundo questionário foi aplicado no intuito de avaliar a usabilidade do aplicativo, sendo aplicado após a experiência de utilização dele. Este questionário contém oito questões, sendo elas sete fechadas e uma aberta, para que o participante emitisse sua opinião e comentários.

Quanto aos resultados do 1º momento de avaliação – Pré-teste:

- Caracterização dos participantes: auxiliar técnico de enfermagem que atuam na rede pública de saúde. Todos realizam, rotineiramente, aplicação de medicamentos via endovenosa, bem como o monitoramento deste tipo de medicação de forma manual, ou seja, sem auxílio de qualquer dispositivo automatizado para ajudar na realização dessas atividades;
- Caracterização do local de trabalho: os participantes relataram que os múltiplos atendimentos, superlotação e cansaço são os fatores que mais contribuem para a ocorrência de falhas de esquecimento ou demora, relacionados ao monitoramento de medicação endovenosa;
- Caracterização dos problemas: todos os participantes relataram que acham importante ter algum dispositivo automatizado que possa facilitar o monitoramento de pacientes que estejam recebendo medicação via endovenosa.

Pela análise dos resultados desse Pré-teste pode-se delinear o contexto de um cenário real na qual a proposta de solução aqui apresentada poderia ser útil para reduzir os possíveis riscos de embolia, bem como tornar a atividade de monitoramento feito pelos profissionais da saúde mais eficiente. Constatou-se que os participantes da validação têm dificuldades para realizar o monitoramento dessa técnica, bem como todos os envolvidos nesse processo, pacientes e profissionais da saúde, se beneficiariam, sendo inclusive uma alternativa de baixo custo que poderia ser adotada mais facilmente.

Quanto aos resultados do 2º momento de avaliação – Pós-teste:

- Clareza das informações do aplicativo: todos consideram “Muito bom”, “Bom” ou “Razoável”;
- A aparência do aplicativo foi considerada por 67% dos participantes como “Muito bom”;
- Grau de dificuldade ao utilizar o aplicativo: apenas 33% consideraram “Muito difícil” (ressalta-se aqui que foi a 1ª experiência de utilização do aplicativo de cada participante);
- Utilidade da solução: 100% dos entrevistados consideraram que o aplicativo poderia ajudar na rotina de monitoramento das medicações endovenosas;

Necessidade de uso: 100% dos participantes consideraram que este aplicativo era “Muito necessário” para auxiliar de forma eficiente a realização deste tipo de atividade;

- Grau de satisfação: 67% dos participantes consideraram seu grau de satisfação com a solução proposta como “Muito bom” e 33% como “Excelente”.
- Todos os participantes afirmaram que utilizariam o MedicalMonitor em sua rotina profissional.

Comentários e sugestões:

- Sugestões do Participante 1: que fosse modificado a forma como a funcionalidade “Excluir Leitos Cadastrados” funciona, de forma que ao invés de abrir uma nova janela para realizar esta ação, a exclusão fosse feita na tela atual. Comentou também que “é uma boa opção um aplicativo para realizar o monitoramento do da medicação endovenosa”.
- Sugestões do Participante 2: este participante fez uma ressalva sobre o aplicativo, pois informou que as funcionalidades de exclusão de leitos cadastrados e a alteração de leitos cadastrados poderiam ser realizados em uma só tela. Além disso, afirmou que “é que um aplicativo de monitoramento facilitaria sua vida com relação a essa atividade”.
- Sugestões do Participante 3: O terceiro alegou que ainda tem pouca experiência quanto ao procedimento de aplicação de medicação endovenosa, pois está atuando recentemente no ambiente hospitalar. Afirmou também que tem dificuldades em relação a aplicação da medicação via endovenosa e informa que tem pouco tempo para visitar todos os leitos. Este participante comentou que sentiu dificuldade com algumas funcionalidades do aplicativo, e embora não tenha descrito em quais teve esta dificuldade, solicitou ajuda ao aplicador nas funcionalidades: “Excluir Leitos Cadastrados” e “Alterar Leitos Cadastrados”. O participante 3 afirma que utiliza aplicativos no seu dia a dia e apoiou muito a ideia com relação ao aplicativo.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram realizados estudos, a descrição e o protótipo inicial de um aplicativo integrada a um protótipo em Arduino para o monitoramento de medicação endovenosa, com o intuito de melhorar o trabalho dos profissionais de saúde.

Para a concepção, modelagem e prototipação beta do MedicalMonitor, foram realizados análises e levantamento de requisitos, modelagem e a escolha da ferramenta para a criação do aplicativo como também a escolha dos componentes para desenvolvimento do protótipo em Arduino.

O protótipo desenvolvido nesse trabalho atingiu seus objetivos, dentre os quais foi possível realizar a leitura do nível da medicação que estava dentro do recipiente, permitiu também que se pudesse enviar informações para um dispositivo móvel afim de sinalizar ao usuário que deverá realizar a troca do medicamento. Todos os dados coletados nessa aplicação foram capturados e tratados localmente sem utilizar base de dados externa. A partir das análises dos questionários de cada participante, foi possível observar suas experiências após a utilização do aplicativo. As repostas permitiram que fosse possível classificar características de usabilidade.

Dois dos três participantes da pesquisa sugeriram que funcionalidades de exclusão e alteração de leitos pudessem ser alteradas pois eram tarefas difíceis de se realizar alegando dificuldade no momento da utilização e que só era possível com a ajuda do aplicador. Todos os três participantes entrevistados apoiaram a ideia do aplicativo, afirmando que ajudaria em momentos em que a demanda de atendimentos se tornasse alta ou quando houvesse vários leitos que precisariam ser visitados em um tempo muito curto

O aplicativo realiza as funções essenciais para monitoramento, de forma satisfatória podendo ser uma alternativa para realizar este tipo de atividade reduzindo os custos, em relação às alternativas comerciais existentes no mercado. E, ajudando os profissionais de saúde para a realização mais eficiente do monitoramento de medicação via endovenosa e reduzindo os riscos nesta atividade.

REFERÊNCIAS

- ABCMED. 2015. Embolia gasosa. Disponível em: <https://www.abc.med.br/?act=search&q=embolia>. Acessado em: 17 abr. 2019.
- ENFERMAGEMNOVIDADE. Bomba de infusão e os cuidados de enfermagem. Disponível em: < <http://www.enfermagemnovidade.com.br/2015/01/bomba-de-infusao-e-os-cuidados-de.html> > Acesso em: 18 abr. 2019.
- Motta, Ana Letícia Carnevalli; Miranda, Renata Pinto Ribeiro; Sanmya Feitosa Tajra. Normas, rotinas e técnicas de enfermagem. 7. ed. São Paulo: Erica, 2020.
- Oliveira, Cláudio Luís Vieira; Zanetti, Humberto Augusto Piovesana. Arduino Descomplicado: Como elaborar projetos de eletrônica. 1. ed. São Paulo: Erica, 2017.
- Silva, Celiano da Silva; Sarinho, Victor Travassos. OpenSerum – Um Sistema Aberto de Monitoramento de Soro Hospitalar. Em: J. Health Inform. 2016 Abril-Junho; 8(2):66-72. Disponível em: <http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/viewFile/414/262>. Acessado em: 20 de abril de 2019.
- USINAINFO. Arduino. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/>. Acessado em: 17 abr. 2019.