DOI:

ACCIDENT IN THE HOME ENVIRONMENT: AN IOT SOLUTION FOR MONITORING THE ELDERLY

ACIDENTE NO AMBIENTE DOMICILIAR: UMA SOLUÇÃO DE IOT PARA MONITORAMENTO DE IDOSOS

Will Ribamar Mendes Almeida
UNIVERSIDADE CEUMA - ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5999-7536
Gylnara 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
Clemilton Irineu Azevedo Da Silva
UNIVERSIDADE CEUMA - ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9977-246X

Abstract
Develop an integrated hardware and software solution to assist caregivers and caregivers of the elderly in monitoring them when detecting possible fall situations, using the Arduino, a set of sensors and a communication channel of the monitoring device with the application developed at MIT App Inventor .
The differentials of this solution are based on the low cost of building the prototype, the ease of use of the application integrated with the sensors and the possibility of remote monitoring of the elderly via mobile device. Having been used for developing tools based on free software.
An exploratory and interpretive case study, which built a prototype of integrated hardware (microcontroller) and software (application), and for reliability validation a set of representative simulations of situations similar to those experienced by the elderly in the home environment were carried out. , generating alarms to users.
In the prototype simulations, elderly people did not participate, but people who simulated the behavior and reactions characteristic of this profile. The tests checked the reliability and correct functioning of the prototype, contributing to the monitoring of the risk of falls in the home environment.
Related to the application of theoretical knowledge on automation, embedded systems, microcontrollers, sensors and application development for the construction of a fall risk monitoring solution for the elderly in a home environment in a relevant problem-situation in view of the increase in aging of the Brazilian population.
The prototype has a low construction cost, is simple to install and is easy to use, enabling its adoption in residential environments, helping caregivers and family members to monitor the elderly regarding the risks of falling. it also contributes to a more agile service in possible risky situations.

Key words: Risk of falling, Elderly, IoT, Arduino, MIT App Inventor

Resumo
Elaborar uma solução de hardware e software integrada para auxiliar cuidadores e responsáveis por idosos no monitoramento destes ao detectar possíveis situações de queda, utilizando o Arduino, um conjunto de sensores e um canal de comunicação do dispositivo de monitoramento com o aplicativo desenvolvido no MIT App Inventor.
Os diferenciais desta solução baseiam-se no baixo custo de construção do protótipo, na facilidade de utilização do aplicativo integrado aos sensores e à possibilidade de monitoramento remoto do idoso via dispositivo móvel. Tendo sido utilizado para o desenvolvimento ferramentas baseadas em software livre.
Estudo de caso de caráter exploratório e interpretativo, que construiu um protótipo de hardware (microcontrolador) e software (aplicativo), integrados, e que para validação da confiabilidade foi realizado um conjunto de simulações representativas de situações semelhantes às que os idosos vivenciam no ambiente domiciliar, gerando alarmes aos usuários.
Nas simulações do protótipo não houve a participação de idosos, mas de pessoas que simularam o comportamento e as reações características desse perfil. Os testes aferiram a confiabilidade e o correto funcionamento do protótipo contribuindo para o monitoramento do risco de quedas em ambiente domiciliar.
Relacionada à aplicação dos conhecimentos teóricos sobre automação, sistemas embarcados, microcontroladores, sensores e desenvolvimento de aplicativos para a construção de uma solução de monitoramento de risco de queda de idosos em ambiente domiciliar em uma situação-problema de relevância tendo em vista o aumento do envelhecimento da população brasileira.
O protótipo é de baixo custo de construção, de simples instalação e de fácil utilização, viabilizando sua adoção em ambientes residenciais e auxiliando cuidadores e familiares no monitoramento dos idosos quanto aos riscos de queda. E, também, contribui para um atendimento mais ágil dos idosos em possíveis situações de risco.

Palavras-chave: Risco de queda, Idosos, IoT, Arduino, MIT App Inventor

ACIDENTE NO AMBIENTE DOMICILIAR: UMA SOLUÇÃO DE IOT PARA MONITORAMENTO DE IDOSOS

Resumo: O envelhecimento é uma etapa natural do ser humano na qual ocorrem várias alterações de natureza morfológica, funcional, bioquímica e psicológicas. Tais alterações tornam os idosos mais vulneráveis às doenças, menor capacidade de adaptação ao ambiente e suas reações corporais não responderem com a mesma agilidade. Várias tecnologias têm sido empregadas para proporcionar melhoria da qualidade de vida dos idosos, principalmente soluções relacionadas com a automação residencial. O objetivo deste trabalho foi propor uma solução de hardware e software integrada capaz de auxiliar cuidadores e responsáveis por idosos no monitoramento destes, por exemplo, ao detectar possíveis situações de queda. Para isso utilizou-se a plataforma de prototipação Arduino, um conjunto de sensores e um canal de comunicação do dispositivo de monitoramento com um aplicativo desenvolvido no MIT App Inventor. Os testes foram baseados em situações de simulação que aferiram a confiabilidade e o correto funcionamento do microcontrolador e do aplicativo em situações que se assemelham às condições que podem ocorrer. Nas simulações não houve a participação de idosos, mas pessoas que simularam o comportamento e as reações características desse perfil. Após os testes, concluiu-se que a solução desenvolvida contribui para o monitoramento do risco de quedas de idosos em ambiente domiciliar, pois apresentou resultados satisfatórios que permitem a sua utilização para o objetivo proposto.

Palavras-Chaves: Risco de queda, Idosos, IoT, Arduino, MIT App Inventor.

Summary: Aging is a natural stage of the human being in which several morphological, functional, biochemical and psychological changes occur. Such changes make the elderly more vulnerable to diseases, the individual is less able to adapt to the environment and their bodily reactions do not respond with the same agility. Several technologies have been used to improve the quality of life of the elderly, especially solutions related to home automation. The objective of this study was to propose an integrated hardware and software solution capable of assisting caregivers and guardians of the elderly in monitoring them, for example, when detecting possible fall situations. For this, the Arduino prototyping platform was used, a set of sensors and a communication channel between the monitoring device and the application. developed at MIT App Inventor. The tests were based on simulation situations that assessed the reliability and correct functioning of the microcontroller and the application in situations that resemble conditions that may occur. In the simulations, elderly people did not participate, but people who simulated the behavior and reactions characteristic of this profile. After the tests, it was concluded that the developed solution contributes to the monitoring of the risk of falls among the elderly in the home environment, as it presented satisfactory results that allow its use for the proposed objective.

Keywords: Risk of falling, Elderly, IoT, Arduino, MIT App Inventor.

1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento é uma etapa natural do ser humano na qual ocorrem várias alterações de natureza morfológica, funcional, bioquímica e psicológicas. Tais alterações tornam os idosos mais vulneráveis às doenças, menor capacidade de adaptação do indivíduo ao ambiente e suas reações corporais não responderem com a mesma agilidade.

Várias tecnologias têm sido empregadas para proporcionar melhoria da qualidade de vida dos idosos, principalmente soluções relacionadas com a automação residencial e que utilizam IoT (*Internet of Things*) em uma perspectiva da Tecnologia Assistiva.

Para os idosos o ambiente doméstico é um local confiável e isento de riscos. Esta postura, muitas vezes ocasiona uma conduta do idoso de menor atenção ao realizar as atividades rotineiras, executando-as sem o devido cuidado. E isso pode contribuir para expô-lo a um número maior de situações de risco de acidentes. Dentre estas situações, a queda. Embora, haja vários outros fatores que contribuam para isso, desde a própria condição física e mental do idoso, medicação e fatores externos relacionados ao ambiente.

Oliveira (2018) afirma que "a queda em casa que resulta em lesão tem consequências para além da lesão física, pois gera incapacidade funcional, contribui para o aumento da dependência do idoso, e identifica-se como uma das principais causas de institucionalização". Logo, torna-se cada vez mais importante projetar soluções que auxiliem os cuidadores e familiares no monitoramento destes, ajudando-os nos cuidados diários e evitando possíveis quedas e acidentes.

Neste contexto se evidencia a importância de se desenvolver uma solução integrada de hardware e software, fundamentada em IoT, para auxiliar os responsáveis pelos idosos no monitoramento do ambiente domiciliar.

O desenvolvimento deste protótipo embarcado seguiu os princípios da IoT, fez uso de sensores e estabeleceu uma conexão entre hardware e software para coletar e transmitir os dados dessa tecnologia embarcada com o aplicativo móvel. Ou seja, se utiliza um microcontrolador, com um processador dedicado, com a finalidade de executar uma aplicação específica, ou um conjunto de aplicações.

O desenvolvimento desse protótipo visa contribuir para minimizar o tempo de descoberta de uma provável queda com o idoso e, deste modo, permitir que os responsáveis possam prestar o devido socorro mais agilmente no caso da ocorrência de acidentes.

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido pelo Núcleo de Sistemas e Tecnologia da Informação (NuSTI) da UniCEUMA, sendo um estudo de caso de caráter exploratório e interpretativo, no qual para a validação foi realizado um conjunto de simulações foram realizadas para representar situações semelhantes às que os idosos vivenciam em sua rotina domiciliar. Para implementação desta solução foram realizadas as seguintes etapas:

a) Pesquisa bibliográfica sobre os recursos para utilização Tecnologias Assistiva e Embarcada, IoT, sensores e plataforma de desenvolvimento para subsidiar e fundamentar a elaboração da solução, em relação aos requisitos de hardware e software essenciais;
b) Na construção do protótipo de hardware utilizou-se a plataforma de prototipação Arduino, sensor ultrassônico, chaves do tipo *push button*, módulo

bluetooth (para a comunicação entre o aplicativo e o Arduino) e uma protoboard (para a montagem do circuito eletrônico), com preço médio de 150,00 reais no comercio de eletrônicos local. Quanto ao aplicativo que recebe os dados do microcontrolador, este foi desenvolvido no MIT App Inventor;

c) Na fase de testes entre o microcontrolador e o aplicativo, foram: verificados os dados coletados e implementadas as correções necessárias antes da etapa de simulação. As simulações foram caracterizadas em um ambiente similar ao quarto do idoso, bem como a mobilidade dos idosos em diferentes situações, como: levantar-se da cama, sair do quarto, voltar à cama e permanecer imóvel, após sair da cama. Ressalta-se que, embora nenhum idoso tenha participado das simulações, uma pessoa simulou a mobilidade do idoso nas condições propostas. Para o protótipo final do microcontrolador e do aplicativo, outras versões anteriores foram construídas, as quais embasaram os resultados da solução aqui apresentada.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A evolução tecnológica impulsionou o desenvolvimento de ferramentas e soluções que facilitam as atividades do cotidiano, tornando-se essencial ao ponto de ser assimilado a nossa rotina. E, nessa evolução, soluções que envolvam IoT e tecnologia embarcada para automação residencial e para tecnologia assistiva, têm sido amplamente pesquisadas e desenvolvidas.

3.1. Internet das Coisas e Automação residencial

Segundo Magrani (2018, p.20), a Internet das Coisas, ou Internet of Things (IoT), pode ser entendida como:

> [...] um ambiente de objetos físicos interconectados com a internet por meio de sensores pequenos e embutidos, criando um ecossistema de computação onipresente (ubíqua), voltado para a facilitação do cotidiano das pessoas, introduzindo soluções funcionais nos processos do dia a dia. O que todas as definições de IoT têm em comum é que elas se concentram em como computadores, sensores e objetos interagem uns com os outros e processam informações/dados em um contexto de hiperconectividade.

Pode-se então, afirmar que é um ambiente que reúne informações de vários dispositivos interconectados e que necessitam de dados e meios para lhes aceder. Por isso, para alcançar o conceito de IoT é necessário: conectividade de rede, normalmente sem fios; um conjunto de sensores e/ou entradas pelo utilizador de captura ou geração de dados; e, capacidades computacionais, no dispositivo e/ou no *back end*.

Na literatura, existem vários projetos de automação residencial que utilizam soluções com IoT. E, para automatizar uma residência são utilizados dispositivos automáticos, eletrônicos e inteligentes. A automação residencial representa o emprego de sistemas tecnológicos integrados ao ambiente doméstico, com o objetivo de "[...] satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação." (MURATORI e BÓ, 2011).

3.2. Sensores, tecnologia embarcada e Tecnologia Assistiva

Segundo Reis (2018), um sensor é um tipo de dispositivo que permite captar e, também converter um fenômeno físico (temperatura, umidade ou luminosidade, dentre

outros) em um sinal elétrico, sendo que a saída obtida é uma grandeza elétrica pequena (tensão, corrente ou alteração em um valor de resistência elétrica). O sinal fornecido pelos sensores é enviado a um circuito eletrônico ou um microcontrolador para ser realizado o processamento da informação.

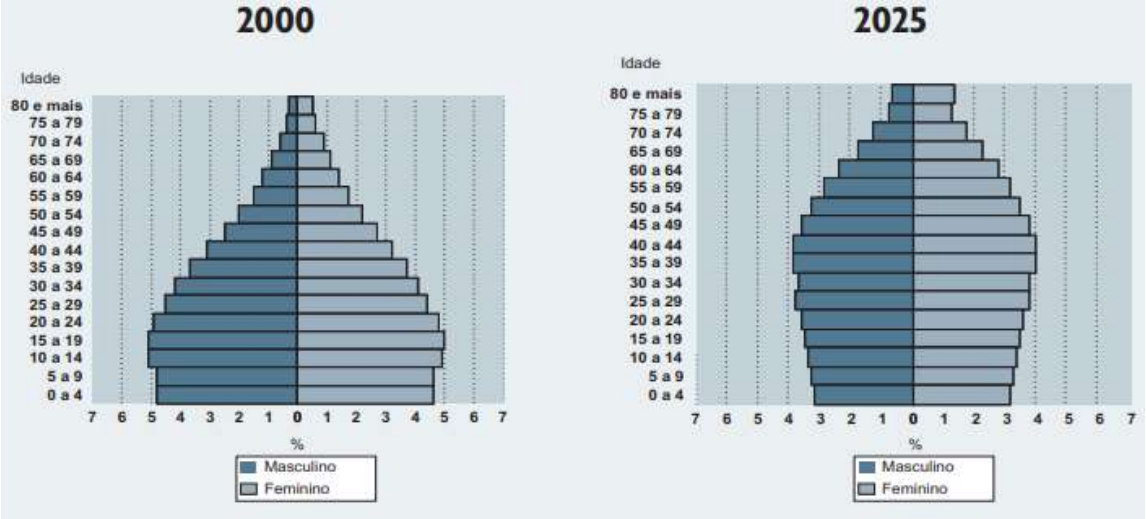
Garcia (2018), contribui corroborando que os microcontroladores possuem um processador dedicado que tem um propósito de realizar uma ação específica, podendo ser programado para executar um conjunto de aplicações funcionando como um único sistema. Ainda segundo Garcia (2018), os sistemas embarcados são como sistemas reativos, já que, para executar uma aplicação necessita capturar dados do ambiente. Então, o microcontrolador do sistema embarcado recebe as entradas, processa e, por fim, gera uma ação, representada pelas saídas. Nesse caso, as entradas e saídas são representadas pelos: sensores, atuadores, dispositivos de comunicação, dispositivos de interface gráfica, entre outros.

Para Bersch (2017, p.2) o conceito de tecnologia assistiva é "[...] utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e, consequentemente, promover vida independente e inclusão.". Logo, a tecnologia assistiva utiliza os recursos tecnológicos para promover vida independente e inclusão de pessoas com algum tipo de limitação e melhorando sua qualidade de vida.

3.3. Cenário da população idosa e a dependência na Terceira Idade

O mundo está envelhecendo e está havendo um crescimento da população idosa. Em anos anteriores, esse crescimento foi de 18%, entre 2012 e 2017. Sendo que em 2012, a população com 60 anos ou mais era de 25,4 milhões somando-se mais 4,8 milhões de novos idosos nesses cinco anos (PARADELLA, 2018). A Figura 1, retrata o crescimento da população idosa brasileira para um período de 25 anos (BRASIL, 2006).

Figura 1 – Envelhecimento da população brasileira, por sexo, nos Anos 2025 e 2025.



Fonte: Brasil (2006).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o índice de envelhecimento para o Brasil no ano de 2020 é de 49,51, em que segundo a projeção do no ano de 2025 o índice será de 58,29 ocorrendo um aumento de 8,78, o que deixa claro o envelhecimento populacional brasileiro (IBGE, 2018).

Quando um idoso, que desfrutou de sua vida de forma independente, muda drasticamente para uma situação de dependência, acaba lidando com o "fantasma" da dependência, o sentimento de vergonha, o preconceito e a baixa autoestima. Entretanto, em muitas situações faz-se necessário manter a atenção e fazer o acompanhamento dos idosos, devido as alterações de natureza morfológica, funcional, bioquímica e psicológicas que os tornam mais propensos aos riscos de queda.

Como já mencionado, os idosos tornam-se mais suscetíveis a acidentes, quedas. Estas quedas em idosos acarretam consequências como a perda da autonomia e de qualidade de vida, requerendo dos seus cuidadores e familiares a realização de cuidados especiais e um constante monitoramento antes e após a ocorrência de quedas. E, o ambiente doméstico não está isento destes riscos.

Quando existe familiaridade com o ambiente, a tendência natural achar que o ambiente é seguro e sem riscos. Como os idosos passam muito mais tempo em suas residências essa familiaridade do ambiente faz com que sua prontidão a possíveis situações de risco seja diminuída, devido a sua autoconfiança no ambiente. Além de ter sua atenção reduzida por desenvolver atividades rotineiras e habituais.

Os fatores que propiciam a queda em ambiente doméstico estão relacionados ao estado de saúde do idoso, já que muitos possuem o controle postural, o equilíbrio, a visão, a audição, e sua força muscular comprometida, mas também podem estar relacionados ao uso de medicamentos, perfil comportamental do idoso (sedentarismo e o índice de atividades dentro de casa), uso de sapatos inadequados, dentre outros. Quanto mais o idoso circula dentro de casa, maior a chance de quedas, pois o ambiente doméstico em si apresenta obstáculos.

A Tecnosenior (2018), empresa de tecnologia assistiva, disponibilizou uma lista com os principais fatores de risco para a queda em idosos, listadas no Quadro 1, a seguir:

Risco de queda relacionado a:		
Idade	**Ambiente**	**Comportamento**
Gênero: o sexo feminino tem maior risco de queda;	Iluminação ineficiente;	Sedentarismo;
Histórico prévio de quedas;	Piso escorregadio;	Alta atividade doméstica.
Uso de 4 ou mais medicamentos simultaneamente;	Ausência de corrimão;	
Dificuldades em andar ou desequilíbrio;	Tapetes soltos;	
Dificuldades cognitivas;	Obstáculos mobiliários;	
Alterações da visão;	Roupas muito largas;	
Alterações ortopédicas	Sapatos inadequados.	
Estado psicológico;		
Grau de dependência.		

Quadro 1 – Riscos de quedas em idosos. Fonte: Adaptado da Tecnosenior (2018).

Pelo Quadro 1, acima, percebe-se que existem vários fatores que influenciam o índice de quedas. O que torna essencial e imprescindível que os responsáveis pelos idosos estejam cada vez mais atentos, além de ser necessário realizar algumas mudanças no ambiente e mudanças comportamentais do idoso. Neste cenário, o uso da tecnologia torna-se um importante aliado no monitoramento dos idosos no ambiente domiciliar.

4 RESULTADOS

4.1. Desenvolvimento do protótipo de hardware

O desenvolvimento de protótipos de automação requer atenção e cuidado na montagem e realização do experimento de um projeto de automação. Para diminuir problemas dessa natureza, utilizou-se aqui uma plataforma de prototipagem baseada em microcontroladores, Arduino.

Para a concepção do hardware foi utilizada a plataforma de prototipação de circuito eletrônico *fritzing* (Figura 2) para visualizar os componentes envolvidos no protótipo e, também, foi utilizada uma *protoboard* para a montagem do circuito eletrônico, que permite visualizar todos os componentes envolvidos.

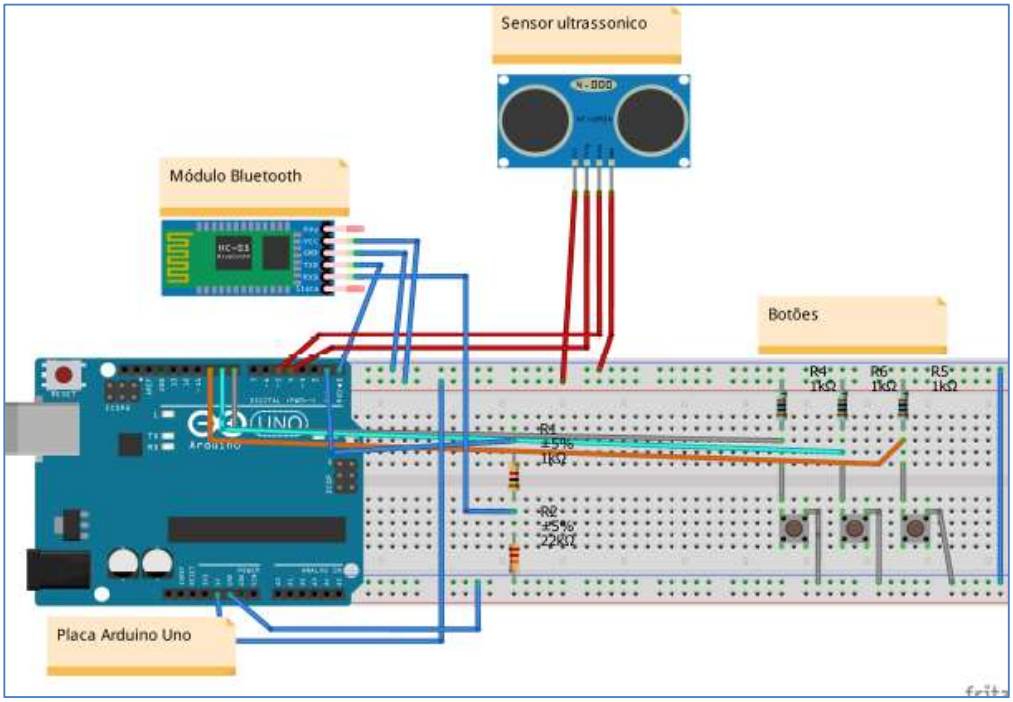


Figura 2 – Circuito eletrônico. Fonte: o autor.

Para realizar a comunicação sem fio entre o microcontrolador e a aplicação foi utilizado um módulo *bluetooth*, com alcance de aproximadamente 10 metros, é de fácil configuração e funciona apenas em modo *slave*, ou seja, permite que outros dispositivos se conectem a ele, mas não permite que ele próprio se conecte a outros dispositivos bluetooth. Tais características são suficientes para atender ao propósito do protótipo.

Também foram utilizados botões de pressão (*push buttons*) que permitem cortar ou permitir a passagem de corrente elétrica, conectando o circuito quando pressionado e abrindo quando liberado. Isto é possível porque os *push buttons* possuem dois condutores separados por uma mola que, quando pressionada, os contatos elétricos entre os condutores fecham de modo que a sua resistência elétrica se torna muito baixa, próximo de zero Ohm.

permitindo assim a passagem de corrente. Normalmente, o contato elétrico está aberto, isto é, bloqueando a passagem de corrente elétrica.

No circuito, o sensor ultrassônico calcula a distância entre o sensor e o objeto detectado. No Arduino, o sensor pode medir de 2cm a 4m de distância, com precisão de aproximadamente 3mm e a sua faixa de detecção (ângulo) é de ±15º com uma margem de erro de aproximadamente 3mm. Características também suficientes para o protótipo proposto.

No site da Tudo Maker (2020), relata o funcionamento do sensor ultrassônico:

> Para começar a medição é necessário alimentar o módulo e colocar o pino Trigger em nível alto por mais de 10us. Assim, o sensor emitirá uma onda sonora que, ao encontrar um obstáculo, rebaterá de volta em direção ao módulo. Durante o tempo de emissão e recebimento do sinal, o pino ECHO ficará em nível alto. Logo, o cálculo da distância pode ser feito de acordo com o tempo em que o pino ECHO permaneceu em nível alto após o pino Trigger ter sido colocado em nível alto.

No circuito, a placa Arduino é a responsável por processar as informações recebidas pelos componentes externos conectados a ele, tais como, a distância fornecida pelo sensor ultrassônico, sendo que este será necessário para identificar se o idoso saiu do quarto, além das chaves do tipo *push button* para determinar se ele se encontra na cama.

Conforme já mencionado, a comunicação entre o dispositivo móvel e a placa Arduino é realizada pelo módulo *bluetooth* que envia informação para o microcontrolador e receber informação já processada. Essa informação enviada para o software refere-se aos dados recebidos da chave táctil e do sensor ultrassônico que trabalham em conjunto para fornecer dados ao microcontrolador, e no qual os *push button*, instalados embaixo do colchão, forneceram, através do seu estado aberto ou fechado, se o idoso está ou não na cama. Caso o idoso não esteja na cama o sensor ultrassônico é ativado e realiza duas leituras em um determinado período. Essas leituras serão responsáveis por identificar se o idoso está saindo do quarto, voltando para a cama, ou encontra-se inerte. O circuito prototipado é apresentado na Figura 3, abaixo:

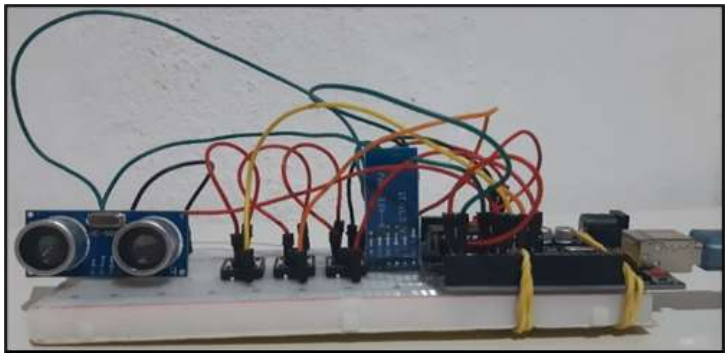


Figura 3 – Protótipo final do microcontrolador. Fonte: o autor.

Ressalta-se que, durante o desenvolvimento do hardware foram realizadas 04 versões anteriores e, com base nos testes e nas análises dos resultados alcançados foram implementadas algumas alterações. Sendo que na 1ª versão do hardware foi utilizado um sensor de peso para identificar se o idoso se encontrava na cama. Essa versão trouxe

dificuldades para o projeto como um todo. E, na 2ª versão foi realizada, este sensor de peso foi substituído e optou-se por utilizar um sensor ultrassônico para sanar a falha encontrada na 1ª versão e isto permitiu abrir um leque de possibilidades com a utilização dele. Na 3ª versão do protótipo foi utilizado apenas o sensor ultrassônico, no entanto, isto gerou uma variação maior de dados que deu margem para erros na interpretação dos resultados. Logo, na 4ª versão, um protótipo suficientemente confiável foi alcançando, que permitiu realizar a coleta dos dados através do sensor ultrassônico em combinação com chaves tácteis.

4.2 Desenvolvimento do aplicativo

Para concepção do aplicativo móvel para Android, foram definidos alguns requisitos, como: permitir conexão via *bluetooth*, receber informações em real-time, plataforma Arduino, utilização da plataforma MIT App Inventor, notificação e verificação automática realizado pelo hardware.

Para este projeto, optou-se por desenvolver o aplicativo no MIT APP Inventor pois essa plataforma fornece uma programação baseada em blocos que permite começar a programar e construir aplicativos totalmente funcionais para dispositivos Android, além de possuir uma versão gratuita que atende as necessidades de implementação requisitadas na concepção do aplicativo. Na Figura 4, abaixo, apresenta-se um diagrama dos Casos de Uso do aplicativo.

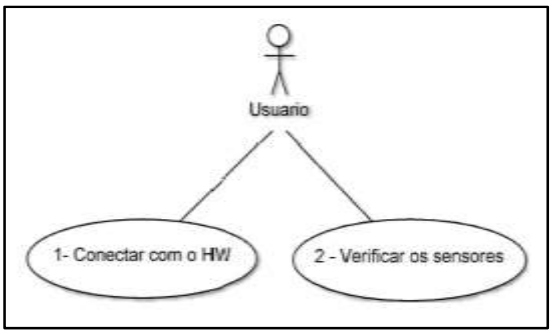


Figura 4 – Diagrama de Casos de Uso do aplicativo. Fonte: o autor.

A conexão do aplicativo com o circuito se dá através do *bluetooth*, sendo necessário conectar-se para o recebimento das informações advindas do hardware. A aplicação conta com um único botão para conectar/desconectar e possui uma interface que permite ao usuário obter informações sobre o status do idoso na cama em tempo real, sendo emitida uma notificação sobre essa situação, representada por ícones.

Na Figura 5 é apresentada, à esquerda, a tela inicial desse aplicativo, sendo necessário pressionar o botão “Conectar” (que após essa ação muda para o estado “Desconectar”. Ainda na Figura 5 à direita, apresenta-se a tela de conexão, via *bluetooth*, que aparece após o usuário clicar em “Conectar”. A conexão, via *bluetooth*, só será possível caso o dispositivo móvel já esteja pareado com o hardware.

Figura 5 – Tela inicial do aplicativo e Tela de conexão *bluetooth*. Fonte: o autor.

As demais funcionalidades de alarme do aplicativo são apresentadas na Figura 6, a seguir, com as sinalizações dos status sobre a situação do idoso. O aplicativo recebe informações do microcontrolador e sinalizar diferentes status do idoso.

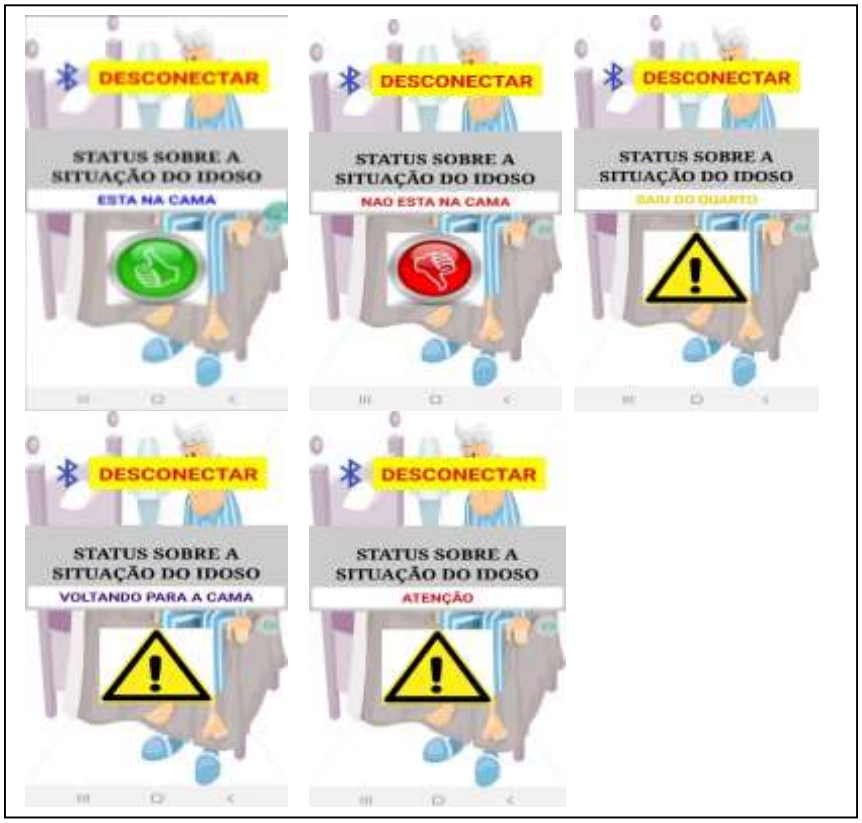


Figura 6 – Telas do aplicativo com os status do idoso. Fonte: o autor.

Com base na Figura 6 verifica-se que o aplicativo sinaliza que o idoso: se encontra na cama (deitado ou sentado); também sinaliza se não está na cama, pois saiu da cama e saiu do quarto (sentido porta); se está se aproximando da cama (retorno à cama); e, se saiu da cama, mas não saiu do quarto, ou seja, sinaliza que pode haver um risco de queda, pois ele não retornou à cama.

4.3 Situações de simulação do ambiente para validação da solução proposta

Para avaliar a funcionalidade da solução criou-se um ambiente caracterizado para realizar as situações de simulação de um quarto. Neste quarto, utilizou-se uma cama mecânica com base em tubo de aço de 50 x 30 x 1,5 mm com pés recuados, possuindo estrados em longarinas de aço de 3,2 mm perfilados em "U", feita em chapa de aço 1,5 mm e com ajuste de altura variando de 0,55 m (min.) e 0,80 m (máx.). A Figura 7, apresenta uma planta básica do quarto que foi utilizado para as simulações e a Figura 8, a imagem real do cenário utilizado.

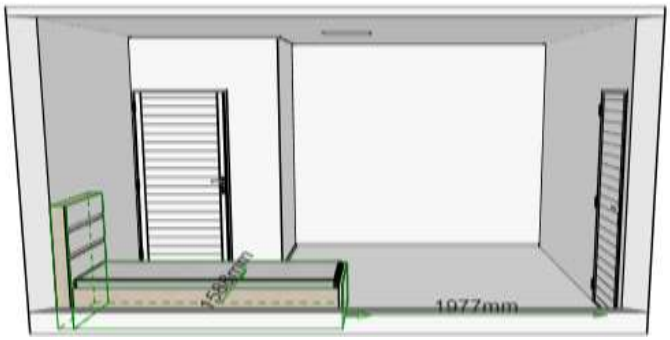


Figura 7 – Planta básica do quarto para as simulações. Fonte: o autor.

Figura 8 – Cenário real do quarto para as simulações. Fonte: o autor.

Para as simulações realizadas manteve-se as condições do quarto e da cama. Ressalta-se que, para esta etapa, o termo idoso descrito nas simulações, a seguir, não se refere-se efetivamente a uma pessoa idosa, pois nenhum idoso participou dessa etapa de simulação, sendo que uma pessoa adulta simulou a passada e a movimentação pelo quarto. Ressalta-se ainda que, antes da realização destas simulações no cenário descrito, foram realizados testes em bancada averiguando se o circuito estava completamente operacional, verificando se todos os sensores estavam bem conectados e se estavam executando suas funções como deveriam. Somente após essas a análises iniciou-se as simulações.

Nas seções seguinte, são descritas quatro situações de simulação realizadas com o protótipo do aplicativo e do microcontrolador que foram desenvolvidos. Para cada situação de simulação, descreve-se: o cenário, a ação simulada e os resultados obtidos.

4.3.1 Primeira situação de simulação

Abaixo, descreve-se a caracterização da simulação e os resultados alcançados.

Protótipo: foi utilizada a primeira versão modelada, em que, a partir desta foram realizadas implementações para que se chegasse ao idealizado.

Cenário: o protótipo do microcontrolador foi instalado embaixo da cama e o sensor de peso foi posicionado embaixo do colchão para poder identificar a ausência ou presença do "idoso" na cama. O protótipo utiliza o Arduino para o processamento de dados, o módulo *bluetooth*, para comunicação, via rádio, com o software, e o sensor de peso para identificar o status do "idoso".

Ação simulada: foi simulada a situação na qual uma pessoa se encontrava deitada e depois saia da cama, mas não saia do quarto. Neste caso, o sensor de peso coletaria os dados para enviar para o Arduino processar e enviar ao aplicativo, via *bluetooth*.

Resultados: A simulação não foi satisfatória uma vez que o sensor de peso necessitava de ajustes constantes, tais como o de tara e calibração, o que inviabilizava sua utilização, pois além do incômodo, requeria que os usuários realizassem frequentes ajustes via software, algo que teria que ser feita por pessoa com conhecimento técnico. Durante a simulação foram identificadas situações nas quais o "idoso" poderia ter se ausentado do quarto e não retornado, o que caracteriza uma possível queda do "idoso".

4.3.2 Segunda situação de simulação

Abaixo, descreve-se a caracterização da simulação e os resultados alcançados.

Protótipo: para uma segunda simulação foi incluída no protótipo anterior o sensor ultrassônico, para coletar mais dados com a finalidade de fornecer uma informação mais confiável aos usuários.

Cenário: Para essa simulação manteve-se o protótipo do microntrolador embaixo da cama sendo que o sensor de peso foi posicionado embaixo do colchão para que o mesmo pudesse identificar se o "idoso" se encontrava deitado na cama ou não e o sensor ultrassônico instalado na base da cama posicionado em direção a porta do quarto, para identificar se o idosos saia do quarto ou não. O protótipo utiliza o Arduino para o processamento de dados, o módulo bluetooth para comunicação via rádio com o software e o sensor de peso e ultrassônico para identificar o status do "idoso".

Ação simulada: foi simulada a situação na qual o "idoso" se encontrava deitado na cama e depois saia da cama. O sensor de peso identificaria o status do "idoso' quanto a sua permanência na cama ou não, enquanto o sensor ultrassônico informaria se o mesmo saiu do quarto ou não, os dados seriam processados pelo Arduino e enviados ao aplicativo via bluetooth.

Resultados: A simulação não foi satisfatória mesmo com a automatização da calibração e da tara do sensor de peso e possuindo a informação de que o "idoso" saiu do quarto ou não aferidas pelo sensor ultrassónico. Foram identificadas situações nas quais o "idoso" poderia estar fora da cama, porém dentro do quarto, o que prejudicaria a tara automática da cama podendo não fornecer uma informação confiável ao usuário.

4.3.3 Terceira situação de simulação

Abaixo, descreve-se a caracterização da simulação e os resultados alcançados.

Protótipo: para essa simulação foi excluído o sensor de peso, utilizado somente o sensor ultrassônico, funcionando como um radar.

Cenário: o protótipo do microntrolador foi instalado atrás da cabeceira da cama, sendo sensor ultrassônico instalado na cabeceira da cama posicionado em direção a cama, para identificar se o "idoso" encontrava deitado na cama ou não. O protótipo utiliza o Arduino para o processamento de dados, o módulo bluetooth para comunicação via rádio com o software e o sensor ultrassônico para identificar o status do "idoso".

Ação simulada: foi simulada a situação na qual o "idoso" se encontrava deitado na cama e depois saia da cama. O sensor ultrassônico identificaria o status do "idoso" quanto a sua permanência na cama ou não, além de verificar se ele saiu do quarto ou não, os dados seriam processados pelo Arduino e enviados ao aplicativo via bluetooth.

Resultados: A simulação não foi satisfatória tendo em vista a alta complexibilidade no processamento dos dados. Foi identificado situações em que o "idoso" não se encontrava na cama, porém um vento causou o movimento do lençol ocasionando um resultado falso-positivo e fornecendo uma informação não confiável ao usuário.

4.3.4 Quarta situação de simulação

Abaixo, descreve-se a caracterização da simulação e os resultados alcançados.

Protótipo: para a última simulação deu-se início a utilização de chaves tácteis para verificar se o "idoso" está ou não na cama, além do sensor ultrassônico, colhendo dados com a finalidade de fornecer uma informação mais confiável aos usuários.

Cenário: O protótipo do microcontrolador foi instalado embaixo da cama sendo que os botões do tipo *push button* foram posicionados embaixo do colchão para que o mesmo pudesse identificar se o "idoso" se encontrava na cama ou não e o sensor ultrassônico instalado na base da cama posicionado em direção a porta do quarto, para identificar se o "idoso" não encontra-se no quarto, se saiu da cama, se está voltando a cama ou se o mesmo permanece imóvel no trajeto. O protótipo utiliza o Arduino para o processamento de dados, o módulo *bluetooth* para comunicação via rádio com o software e a chave táctil e sensor ultrassônico para identificar o status do "idoso".

Ação simulada: nessa simulação foram testadas as situações nas quais o "idoso" realizaria todas as situações previstas: permanência na cama ou não, enquanto o sensor ultrassônico informaria se ele não se encontra no quarto; se saiu da cama, se está voltando a cama ou se ele permanece imóvel no trajeto. Tais dados seriam processados pelo Arduino e enviados ao aplicativo via *bluetooth*.

Resultados: A simulação foi satisfatória uma vez que atendeu aos resultados esperados, realizando a conexão via bluetooth e recebendo a informação do microcontrolador conforme programado, a interface da aplicação móvel se mostrou bem intuitiva e que apresenta o status do "idoso" de forma constante e em tempo real. O protótipo apresentou comportamento e funcionamento confiáveis.

5 CONCLUSÃO

A tecnologia tem sido uma grande aliada ao propor soluções que ajudem na prevenção e no monitoramento de idosos que possuem dificuldade de locomoção. Situações de risco de queda são frequentes com idosos, mesmo em um ambiente domiciliar que é considerado por muitos como seguro, deve-se estar atento pois a condição natural do envelhecimento é a redução da resposta ágil dos movimentos.

O protótipo que integra hardware e software demonstrou, após as simulações, que é uma solução funcional e viável, permitindo alertar a pessoa responsável pelo idoso sobre uma provável situação de queda. Além disso, pelos materiais e dispositivos descritos o custo de produção é relativamente baixo, aproximadamente 150 reais.

A solução é um sistema de monitoramento simples, que utiliza software livre e de fácil manipulação, que pretende contribuir para a redução do tempo de resposta do responsável a uma possível situação de risco, além de auxiliar os responsáveis nos cuidados e atenção diários ao idoso.

REFERÊNCIAS

Bersch, Rita. 2020. Introdução à Tecnologia Assistiva. Disponível em: <https://assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf> Acesso em: 10 de novembro de 2020.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Envelhecimento e saúde da pessoa idosa / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 192 p. il. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos) (Cadernos de Atenção Básica, n. 19). ISBN 85-334-1273-8.

Garcia, Fernando Deluno. 2020. Introdução aos sistemas embarcados e microcontroladores. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/sistemas-embarcados-e-microcontroladores/>. Acesso em: 19 de junho de 2020. Publicado em 04/03/2020.

IBGE – Agência IBGE Notícias. Projeção da População 2018: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/rel eases/21837-projecao-da-populacao-2018-numero-de-habitantes-do-pais-deve-parar-de-cresce r-em-2047>. Acesso em: 15 de setembro de 2018. Publicado em 25/07/2018.

Magrani, Eduardo. 2018. A Internet das Coisas. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.

Muratori, José Roberto; Dal Bó, Paulo Henrique. 2011. Automação Residencial: Histórico, definições e conceitos. Automação Residencial, s.d.: 70-77.

Oliveira, Teresa. 2019. Risco multidimensional de queda em idosos. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/RBPS/article/view/7058/pdf>.Acesso em: 07 de março de 2019.

Paradella, Rodrigo. Número de idosos cresce 18% em 5 anos e ultrapassa 30 milhões em 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-

agencia-de-noticias/noticias/20980-numero-de-idosos-cresce-18-em-5-anos-e-ultrapassa-30-milhoes-em-2017>. Acesso em: 15 de setembro de 2018. Publicado em: 26/04/2018.

Reis, Fabio dos. 2018. O que são sensores. Disponível em: <http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/o-que-sao-sensores/>. Publicado em: 06/02/2018Acesso em: 15 de junho de 2020.

Tecnosenior. Queda em idosos: conheça os principais fatores de risco e saiba como evitá-los. Disponível em: <https://tecnosenior.com/queda-em-idosos/>. Acesso em: 15 de junho de 2020. Publicado em: 11/01/2018.

Tudo Maker. Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04. Disponível em: < https://www.tudomaker.com.br/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04#:~:text=Para%20co me %C3%A7ar%20a%20medi%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9ECHO%20ficar%C3%A1%20em%20n%C3%ADvel%20alto.>. Acesso em: 20 de junho de 2020.