

Dispositivo IoT para Detectar e Alertar sobre a Quedas de Idosos

Karine Alessandra Córdova¹, Janine Kniess¹

¹Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada
Universidade do Estado de Santa Catarina

karinealessandracordova@gmail.com, janine.kniess@udesc.br

Abstract. *Population aging is growing and due to this fact, there is an increasing interest in offering more quality of life to the elderly. This paper presents an Internet of Things wearable device for automatic detection of falls aimed at the elderly people. Through the wearable device, the system detects the fall and issues alerts to previously authorized persons.*

Resumo. *O envelhecimento populacional vem crescendo e devido a este fato, há um interesse em mais qualidade de vida aos idosos com soluções automatizadas. Este artigo apresenta um equipamento vestível de Internet das Coisas para a detecção de quedas de idosos. Por meio do dispositivo vestível, o sistema detecta a queda e emite alertas para pessoas previamente autorizadas.*

1. Introdução

Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things - IoT*) [Ashton 2009] propõe a utilização de dispositivos com baixo consumo de energia, capacidade de processamento e memória para diversas aplicações, como monitoramento ambiental, saúde inteligente e mobilidade inteligente [Kniess et al. 2021]. O ambiente domiciliar é reconhecido como a primeira linha de defesa para a saúde e assistência médica, pois a maioria dos pacientes idosos manifestam o seu desejo de permanecer em sua residência durante a necessidade de tratamentos médicos [Su and Shih 2011]. Atualmente é muito comum haver idosos que vivem sozinhos, tornando-se difícil ou demorada a constatação de acidentes, como por exemplo, quedas. Sistemas automatizados para a detecção de quedas de idosos podem reduzir as consequências de um atendimento tardio [Dohr et al. 2010].

Neste artigo, apresenta-se um sistema vestível e não-invasivo integrado com soluções de nuvem para a detecção de quedas de idosos, utilizando-se sensores, atuadores e microcontroladores. O sistema, composto de software e de um hardware, identifica se o idoso sofreu uma queda e automaticamente aciona pessoas ligadas ao idoso via um serviço de mensagem e de sinais sonoros. Os dados medidos pelos sensores podem ser visualizados via internet. Tanto o hardware quanto o software utilizados no desenvolvimento do projeto levam em conta as restrições dos dispositivos de baixa capacidade adotados em IoT.

Este texto está organizado como segue. Na Seção 2, discute-se os trabalhos relacionados, na Seção 3 a abordagem proposta, detalhando o esquemático do sistema e a metodologia de desenvolvimento, seguido dos resultados obtidos na Seção 4, e por fim, na Seção 5 as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Diversos trabalhos voltados a pessoas idosas para melhorar a qualidade de vida através de dispositivos IoT tem sido publicadas. A proposta de [Martín et al. 2011] consiste em um método de detecção de quedas para idosos através do uso de celular. Um agente de sensor usa o acelerômetro do celular para coletar dados do idoso e enviar alertas. A base do sistema são três tipos de agentes inter-relacionados que se coordenam para obter a posição de um usuário a partir dos dados obtidos. Caso o idoso venha a sofrer uma queda, seu cuidador recebe um alerta por *Short Message Service* (SMS).

No trabalho apresentado em [Barbosa et al. 2013], um sistema de telemetria para monitorar sinais fisiológicos foi proposto. Ao haver ajuste na sensibilidade do sensor, é possível detectar uma queda quando há uma repentina redução nos níveis de tensão em uma determinada faixa de tempo. Os autores utilizaram o Arduino, o acelerômetro MMA7260Q e para a comunicação, o Bluetooth. Não há envio de dados para a nuvem computacional. Torres [Torres 2018] desenvolveu um sensor vestível integrado a um sistema de casa inteligente. O monitoramento é realizado através de acelerômetro e giroscópio de 3 eixos, acoplados ao tórax do usuário. A utilização da tecnologia *EnOcean* foi usada para conexão sem fio com a plataforma *Home Assistant*, para acionamento de alarmes na ocorrência da queda.

A solução proposta neste artigo considera as restrições dos dispositivos de baixa potência do contexto da IoT, como memória, processamento e energia, provendo um dispositivo integrado com hardware de baixo custo e soluções gratuitas para disponibilização dos dados na nuvem computacional.

3. Modelo do Sistema

Conforme apresentado na Figura 1(a), o sistema opera em um hardware que deve ser transportado pelo idoso. O equipamento requer o uso de um microcontrolador onde são adicionados os outros componentes de hardware. O protótipo do hardware desenvolvido é apresentado na Figura 1(b).



Figura 1. Esquemático (a), e Protótipo do Sistema (b), Fonte: O Autor.

No Algoritmo 1, descreve-se o funcionamento do sistema. Os valores do acelerômetro e do giroscópio do MPU6050 são constantemente monitorados (linha 4) e ao alcançar uma faixa de valores (linha 7) que representam uma queda, aciona um buzzer e envia uma notificação via um aplicativo de mensagem (linhas 10) para os usuários previamente cadastrados. Com os valores do acelerômetro, a magnitude da aceleração é

calculada para obter as mudanças na velocidade. O giroscópio informa o deslocamento angular por unidade de tempo, ou seja, a velocidade com que um corpo gira em torno do seu eixo. O usuário do dispositivo também pode pressionar um botão de emergência (linha 14) que aciona um buzzer e emite um alerta via Telegram [LLC and Inc. 2013]. O uso do Telegram neste contexto, deve-se ao fato do aplicativo não gerar custos no envio. Os dados obtidos dos sensores são enviados periodicamente para a plataforma ThingSpeak [ThingSpeak 2019] (linhas 22-24). O botão de emergência foi adicionado com o objetivo de aumentar a funcionalidade do dispositivo, por exemplo, o idoso pode necessitar da ajuda de uma pessoa em outro cômodo da casa e através do botão poderá chamá-la.

Algorithm 1 Elderly Fall Detector

```

1: procedure INITIALIZATION
2:   input ← data_sensors
3:   threshold ← 0.5
4:   T_monitoring ← getLocalTime() ▷ Read values from MPU6050
5: end procedure
6: procedure CONTROLLER(input)
7:   if input ≥ threshold then
8:     if button <> ON then
9:       status ← 1 ▷ Detected fall
10:      start buzze and send MSG alert
11:    end if
12:    if button = ON then
13:      status ← 2
14:      emergency button pressed
15:      start buzzer
16:      send MSG alert
17:    else
18:      status ← 0 ▷ Not falling
19:    end if
20:  end if
21: end procedure
22: procedure PUBLISH DATA(status, T_monitoring)
23:   if T_monitoring ≥ time_limit then ▷ publish every time_limit
24:     MQTT publish sensor data ▷ Publish data to Broker
25:   end if
26: end procedure

```

As informações sobre os sinais monitorados do idoso são enviados para um broker MQTT *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) [MQTT.org 2020]. O sistema é alimentado por uma bateria de 3.7 V, gerando a mobilidade necessária para que o hardware possa ficar junto do corpo do paciente.

3.1. Materiais e Métodos

Escolheu-se o módulo NodeMcu da família do ESP8266, que possui entradas e saídas digitais e analógicas e comunicação via IEEE 802.11. Utilizou-se o MPU6050 que contém um acelerômetro e um giroscópio triaxial na mesma placa, que oferece uma boa precisão e contém conversores A/D (analógico/digital) de 16 bits para cada canal. Os dois sensores (acelerômetro e o giroscópio) são os responsáveis por detectar os movimentos do idoso.

Os sensores capturam dados do acelerômetro nos eixos X, Y e Z e do giroscópio nos eixos, Gx, Gy e Gz. O sensor MPU-6050 contém um chip com um acelerômetro e um giroscópio tipo MEMS. São 3 eixos para o acelerômetro e 3 eixos para o giroscópio, sendo ao todo 6 graus de liberdade (6DOF). A Figura 2(a) indica se o idoso caiu ou não. No gráfico, o valor 1 indica que a pessoa monitorada sofreu uma queda e o valor 0 indica o contrário. O valor 2 representa uma emergência, e definiu-se que este valor é obtido após o acionamento do botão de emergência. Caso venha a ocorrer uma queda, é enviada uma mensagem via o aplicativo Telegram, Figura 2(b), e se o idoso pressionar o botão do dispositivo, um alerta também é enviado pelo Telegram, Figura 2(b).



(a) Status Atual do Idoso



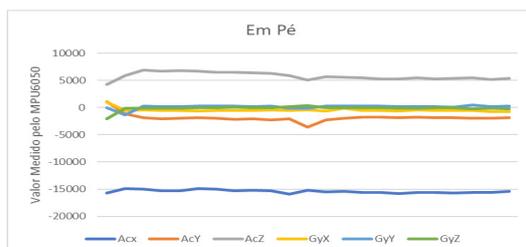
(b) Alerta de Queda e Emergência

Figura 2. Status do Idoso no ThingSpeak (a), Tela do Telegram (b)

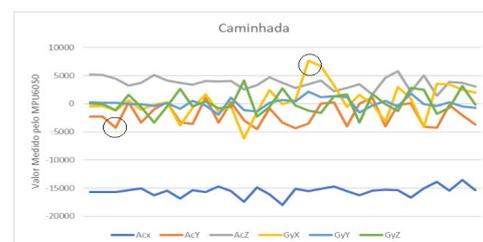
4. Experimentos e Resultados

Foram analisados seis tipos de movimentos: ficar em pé, caminhar, sentar, agachar, deitar e cair. Definiu-se que, caminhar, sentar, agachar e cair são movimentos ativos (possível queda), e que o ato de ficar em pé é não ativo (não há queda). Para tal, um voluntário masculino (idade: 30 anos, altura: 1.86m) participou dos testes. O indivíduo transportou em seu torso o equipamento (como na Figura 1). A periodicidade de envio do status e o valor do *threshold* foi ajustado para 0,5 segundos. Como procedimento para coleta de dados, solicitou-se que o voluntário, ficasse em pé (sem movimento) e depois caminhasse dentro de um cômodo com medidas de aproximadamente 6x3 metros quadrados por 5 minutos. Também, solicitou-se ao voluntário que sentasse e levantasse de um sofá. Por fim, para o teste de queda, definiu-se que o indivíduo simulasse uma queda ao chão.

Na Figura 3(a), apresenta-se o resultado da análise do uso do dispositivo com o voluntário em pé. No eixo y do gráfico, tem-se os valores obtidos pelo MPU6050 para o acelerômetro e giroscópio. Quando o voluntário está caminhando, Figura 3(b), percebe-se uma maior variação nos eixos em relação ao gráfico da Figura 3(a). Isto ocorreu porque o usuário executou o movimento de caminhar. Por exemplo, a região selecionada com um círculo no gráfico corresponde a uma desaceleração. O usuário realizou outros movimentos: sentar em um sofá e agachar no chão. Neste caso, como pode ser visualizado nos gráficos, Figura 4(a) e Figura 4(b) (nos pontos destacados pelos círculos), os eixos do acelerômetro e do giroscópio permaneceram com valores constantes após o usuário realizar o ato de sentar ou agachar.



(a) Voluntário em Pé.



(b) Voluntário Caminhando.

Figura 3. Análise do Dispositivo em Relação ao Movimento do Usuário

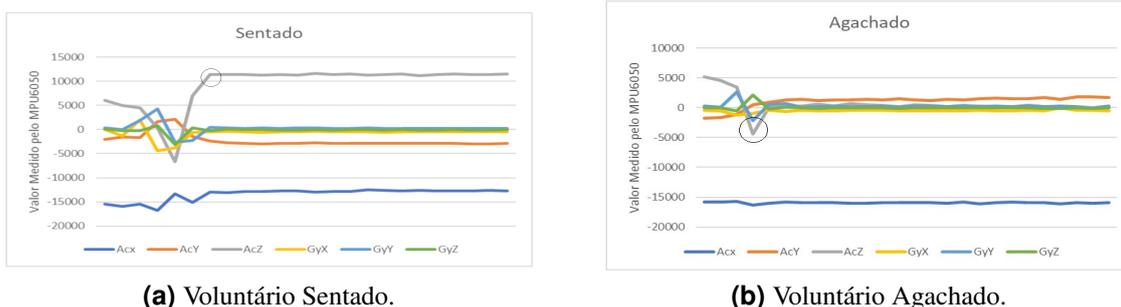


Figura 4. Análise do Dispositivo em Relação ao Movimento do Usuário

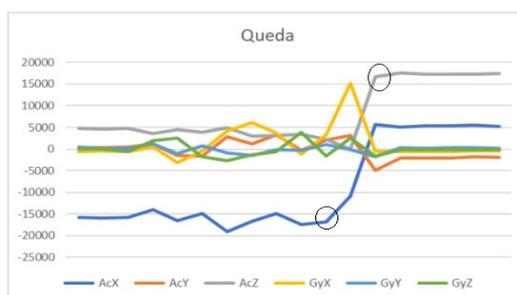


Figura 5. Análise: Voluntário em Queda.

Na Figura 5, apresenta-se o resultado obtido com o movimento de queda. As variações provocadas pela queda (Figura 5) foram maiores (ver gráfico) em relação aos outros movimentos avaliados. Por exemplo, no eixo GyX (giroscópio eixo X) o valor positivo (+15000) se distancia significativamente de 0, e o mesmo pode ser observado com o valor negativo do eixo AcX do acelerômetro (-15000), configurando uma faixa de valores mais larga entre os eixos que os outros movimentos avaliados. A Tabela 1 sintetiza os valores capturados durante algumas quedas para o acelerômetro em (m/s^2) e em dg/s para o giroscópio. Sendo o acelerômetro com uma aceleração de $\pm 2g$ e o giroscópio com uma velocidade angular de -250° /segundos a $+250^\circ$ /segundos. Com base nos testes realizados, observou-se que os valores em $Acx > 3,0 m/s^2$ ou $AcZ > 10 m/s^2$ ou $GyX > 11,61 dg/s$ indicam uma queda.

Tabela 1. Valores Capturados na Queda.

AcX	AcY	AcZ	GyX	GyY	GyZ
-9,42	0,20	2,94	-3,58	1,38	-0,49
-9,42	0,29	2,84	-4,52	1,62	-4,25
-8,34	0,78	2,06	3,81	8,91	14,61
-9,81	-0,88	2,75	-23,90	-8,35	19,36
-8,83	-0,98	2,35	-3,30	5,63	-13,96
-11,38	1,67	2,94	32,23	-6,68	-20,21
-10,00	0,69	1,77	46,39	-11,06	-9,82
-8,83	0,69	1,86	28,79	-1,53	-4,80
-10,40	-0,20	2,06	-9,54	-2,32	29,65
-10,40	1,28	1,37	25,57	8,43	-11,89
-6,47	1,86	-0,10	11,61	-0,87	19,27
3,43	-2,94	10,00	-4,04	-13,40	-12,71
3,04	-1,18	10,50	-4,63	2,26	-0,84
3,14	-1,28	10,30	-4,86	1,40	-0,97
3,14	-1,08	10,40	-3,65	2,01	-0,66

5. Conclusão

Este artigo apresentou um protótipo IoT integrado com soluções de nuvem para detectar e alertar sobre a quedas de idosos. O usuário pode usar o dispositivo fixado no torso ou pode ser adaptado, por exemplo, no pulso. A solução não requer que o usuário carregue consigo o tempo todo um celular. No caso de uma queda ou do acionamento do botão de emergência, o sistema alerta sobre a queda via o aplicativo *Telegram* e um *buzzer* é acionado para alertar outros usuários na residência. Os experimentos mostraram que o protótipo conseguiu identificar corretamente se o usuário caiu e também outras posturas como, caminhar, sentar ou agachar. Além disso, os dados monitorados pelo dispositivo podem ser disponibilizados em plataformas gratuitas da Internet. Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar o sistema com pessoas idosas, aprimorar a interface de visualização o design do dispositivo, além de permitir o envio de mensagens via SMS.

5.1. Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - Brasil (PROAP/AUXPE).

Referências

- Ashton, K. (2009). That 'internet of things' thing. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>. [Online; acessado em 15/05/2018].
- Barbosa, J. V., Lopez, L. R. R., and Goroso, D. G. (2013). Aplicação de sistema multicanal na detecção de quedas para idosos. *Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde-ISSN: 2236-1103*.
- Dohr, A., Modre-Opsrian, R., Drobits, M., Hayn, D., and Schreier, G. (2010). The internet of things for ambient assisted living. In *2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations*, pages 804–809.
- Kniess, J., Rutke, J. C., and Castañeda, W. A. C. (2021). An iot transport architecture for passenger counting: A real implementation. In *2021 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM)*, pages 613–617.
- LLC, T. F. and Inc., T. M. (2013). Telegram: a new era of messaging. <https://telegram.org/>. [Online; acessado em 01/02/2022].
- Martín, P., Sánchez, M., Álvarez, L., Alonso, V., and Bajo, J. (2011). Multi-agent system for detecting elderly people falls through mobile devices. In *Ambient Intelligence-Software and Applications*, pages 93–99. Springer.
- MQTT.org (2020). Mqtt: The standard for iot messaging. <https://mqtt.org>. [Online; acessado em 15/03/2022].
- Su, C.-J. and Shih, S. C. (2011). Building distributed e-healthcare for elderly using rfid and multi-agent. *International Journal of Engineering Business Management*, 3(1):16–26.
- ThingSpeak (2019). Iot analytics: Thingspeak internet of things. <https://thingspeak.com>. [Online; acessado em 16/04/2021].
- Torres, G. G. (2018). Tecnologia assistiva para detecção de quedas: desenvolvimento de sensor vestível integrado ao sistema de casa inteligente. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/180824>. [Online; acessado em 01/02/2022].