

# WatchAlert: Uma evolução do aplicativo fAlert para detecção de quedas em smartwatches

Rodrigo L. A. Almeida<sup>\*</sup>  
Universidade Federal do  
Ceará  
Fortaleza, Ceará  
rodrigoalmeida  
@great.ufc.br

Alysson A. Macedo<sup>†</sup>  
Universidade Federal do  
Ceará  
Fortaleza, Ceará  
alyssonmacedo  
@great.ufc.br

Ítalo Linhares de Araújo<sup>‡</sup>  
Universidade Federal do  
Ceará  
Fortaleza, Ceará  
italoaraujo  
@great.ufc.br

Paulo Armando Aguiar<sup>§</sup>  
Universidade Federal do  
Ceará  
Fortaleza, Ceará  
pauloaguiar@great.ufc.br

Rossana M. C. Andrade<sup>¶</sup>  
Universidade Federal do  
Ceará  
Fortaleza, Ceará  
rossana@ufc.br

## ABSTRACT

One of the biggest problems faced by the elderly population is the occurrence of falls. To help in the detection of such situations, sensors can be used. Based on this, firstly, it was created fAlert, an app that runs in a smartphone and uses accelerometer and microphone to detect falls. However, for a more precise drop detection, the smartphone would be located in the user's chest. Due to the limitations of this, we not only evolve it to run in a smartwatch but also improve the way of fall detection. This evolution, called WatchAlert, uses the same sensors, accelerometer and microphone, and adds the gyroscope. Thus, WatchAlert performs the detection of falls with a less invasive and more natural way.

## Keywords

Deteção de Quedas, Smartwatches, Idosos, Dispositivos Móveis

## 1. INTRODUÇÃO

Sistemas de cuidados de saúde (healthcare) tem se popularizado com a evolução das tecnologias de informação e comunicação (TIC). Os diversos tipos de sistemas de auxílio podem vir a ter um público bastante heterogêneo, porém es-

sas aplicações têm se tornado importantes para a assistência à população idosa. Por exemplo, um dos maiores problemas enfrentados pelos idosos é a ocorrência de quedas [8]. Um em cada três idosos caem pelo menos uma vez ao ano [1]. Ao sofrer uma queda, o idoso pode vir a ter sérias consequências como traumas ou fraturas. Estudos comprovam que ao passar dos anos a probabilidade de uma pessoa vir a cair tende a aumentar [8].

Além da tendência do aumento de quedas, outro fator preocupante é que os danos podem vir a ser mais graves. O tempo em que a pessoa é socorrida é um fator crucial para reduzir os danos e, em alguns casos, pode vir a ser determinante para salvar vidas. Como observado em busca de amenizar a gravidade de quedas, vários estudos vem sendo conduzidos ao longo dos anos visando propor soluções que auxiliem na detecção de quedas e na assistência aos usuários [2, 3, 6, 10].

Para o cenário de detecção de quedas, várias tecnologias vem sendo utilizadas com este propósito [10]. As soluções mais adotadas atualmente consistem no uso de sensores, tais como câmera, acelerômetro, giroscópio e magnetômetro [10]. Assim, esses sensores podem integrar soluções de monitoramento de quedas baseadas em visão computacional [2] ou em sensores vestíveis [8].

No intuito de atingir um largo espectro de usuários, muitas das soluções propostas vem sendo baseadas em dispositivos do cotidiano, tais como smartphones [10]. Além de ser um artefato comum a realidade dos usuários, ele dispõe de uma variedade de sensores e poder computacional, permitindo o desenvolvimento de aplicativos capazes de detectar quedas de forma simples e eficiente. Além disso, a conectividade é outra vantagem, permitindo o processamento dos dados em nuvem, ou a gestão de alarmes por entidades responsáveis.

Deste modo, o aplicativo fAlert [9] foi desenvolvido visando contribuir para o suporte à detecção de quedas por meio do uso de sensores no smartphone, tais como acelerômetro, magnetômetro e microfone. No entanto, para que o sistema proposto possua um bom desempenho, é indicado a utilização do dispositivo no tórax, o que pode vir a ser incômodo para os usuários. Além do incômodo causado por

<sup>\*</sup>Bolsista da Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura

<sup>†</sup>Bolsista de Iniciação Científica

<sup>‡</sup>Bolsista de Doutorado da CAPES

<sup>§</sup>Bolsista de Pós-Doutorado da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

<sup>¶</sup>Bolsista de Produtividade CNPq em Desenvolvimento Tecnológico (DT-2)

não ser um dispositivo propriamente vestível, o dispositivo é normalmente retirado do corpo quando o usuário vai tomar banho ou dormir [8], deixando-o vulnerável nessas situações que possuem uma alta incidência de quedas.

Visando promover um uso mais natural para os usuários do aplicativo fAlert, bem como assegurar o monitoramento de usuários durante o banho e o sono, este trabalho tem como objetivo realizar a evolução do aplicativo fAlert para smartwatches, chamado WatchAlert. A evolução consiste na adaptação do algoritmo de detecção de quedas para o braço e na utilização de alguns sensores também utilizados anteriormente pelo fAlert, como o acelerômetro e o microfone, e com o acréscimo do giroscópio.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Para a realização da evolução do fAlert para smartwatch, uma revisão do estado da arte foi realizada. Dentre os trabalhos relacionados, quatro trabalhos foram selecionados para este estudo, os quais são descritos a seguir.

No trabalho desenvolvido por Hsieh et al. [3] são utilizados dois dispositivos, um em cada pulso, embutidos com dois sensores, o acelerômetro e o giroscópio. O sistema primeiro observa os dados obtidos pelo giroscópio, que ao detectar um incidente, verifica os dados obtidos pelo acelerômetro para a validação de queda. O sistema considera os três eixos (X, Y e Z) dos dois sensores. Como resultados, o sistema consegue ser preciso na detecção de quedas, conseguindo eliminar a ocorrência de falsos positivos em interações como bater palmas, deitar ou pular. No entanto, o autor ressalta que os dispositivos podem apresentar um uso incômodo por ser utilizado em cada pulso, além de não ser natural para os usuários como um smartwatch.

O trabalho [4] trata do sistema de detecção de queda F2D para smartwatch. O F2D utiliza o acelerômetro como único sensor, o que leva a um alto número de falsos positivos. Além disso, o F2D não necessita realizar integração com outros dispositivos, porém, devido ao algoritmo e a não integração, há um consumo maior da bateria do smartwatch o que acarreta numa necessidade de recarga em menos tempo, tornando seu uso menos viável para os usuários. O F2D possui um sistema de alerta das quedas que se comunica de forma direta com os cuidadores de idosos. O alerta é emitido por meio de SMS, email, ligação ou mensagem de áudio.

Outro aplicativo de detecção de quedas é proposto por Vilarino et al. [11]. O aplicativo utiliza o smartwatch e o smartphone de forma conjunta para a detecção e verificação de quedas. Ele utiliza o giroscópio e o acelerômetro como sensores. Os algoritmos utilizados no estudo não foram precisos para a identificação de incidentes. O trabalho traz como umas das principais contribuições as situações de quedas para melhorias dos algoritmos de detecção.

O foco do trabalho de Maglogiannis et al. [5] é o monitoramento de atividades dos usuários, tendo como uma das funcionalidades do sistema a detecção de quedas. O smartwatch utiliza o acelerômetro para a detecção e o bluetooth para comunicação com o smartphone. A taxa de precisão do algoritmo é muito baixa. Outro problema é que o smartwatch Pebble utiliza algoritmos de machine learning para a detecção, o que acaba por consumir muito processamento do smartwatch e tornar o tempo de duração da bateria reduzido.

Os trabalhos listados nessa seção demonstram algumas iniciativas de realizar a detecção de quedas por meio de

smartwatch, smartphones e outros dispositivos por meio do uso de sensores. Em resumo, [3, 5] utilizam algoritmos que tomam muito processamento ou combinam um grande número de sensores, que tendem a comprometer o tempo de vida útil da bateria. O nosso aplicativo executa em um smartwatch capturando dados de dois sensores e o processamento das informações é todo feito em um smartphone com um algoritmo de threshold para melhorar a detecção com um menor consumo da bateria.

## 3. FALERT

O fAlert [9] é um aplicativo que monitora as atividades do usuário, realizando a identificação de quedas e a emissão de alertas de socorro quando necessário. O aplicativo foi desenvolvido para a plataforma Android e utiliza três sensores para o monitoramento do usuário: acelerômetro, magnetômetro e microfone. As três atividades realizadas pelo fAlert são: monitoramento das atividades do usuário, detecção de quedas e emissão de alertas de socorro.

Ao detectar um comportamento atípico do usuário por meio do acelerômetro, o fAlert emite uma notificação perguntando ao usuário o seu estado. Caso o usuário responda que está bem, por meio de interação de voz ou toque na tela, o aplicativo torna a monitorar o usuário, caso contrário (inexistência de resposta em tempo hábil ou resposta negativa), o fAlert emite um alerta de socorro a um contato previamente cadastrado pelo usuário, realizando uma ligação ou envio de um SMS. O fAlert utiliza de fusão de dados dos sensores (acelerômetro e microfone) para realizar a validação das quedas.

Para que o aplicativo execute todas as funcionalidade propostas (monitoramento, detecção de quedas e emissão de alertas), é necessário que o usuário configure algumas informações. Dessa forma, é necessário que o usuário realize o preenchimento das seguintes informações: nome, e-mail, telefone, endereço e idioma. O idioma é uma informação importante, pois o fAlert oferta suporte, além do português, aos idiomas inglês e espanhol. Esse dado é importante principalmente após a detecção de um incidente e verificação do estado do usuário. O usuário pode informar o seu estado para o aplicativo através de um “Estou bem”, “Ok” ou “Estoy bien”, dependendo do idioma escolhido. Na Figura 1 é apresentada a interface do fAlert com a tela de ativação do monitoramento e de configuração das informações no aplicativo.

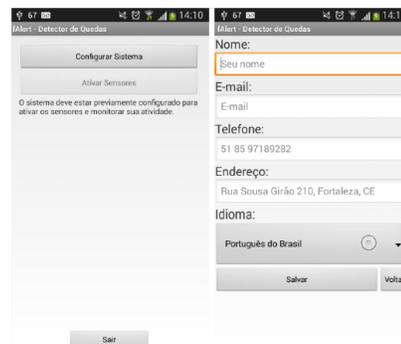


Figura 1: Interface do fAlert [9]

Conforme mencionado na seção 2, a principal limitação

do fAlert é o fato de que o local onde há um maior nível de precisão de detecção de incidentes é no tórax. Apesar do aplicativo realizar a detecção de quedas, o posicionamento ideal do smartphone tende a ser muito incômodo e desconfortável. Outro aspecto a ser considerado é que em situações de banho ou quando o usuário vai dormir, o monitoramento não é executado, pois o usuário tende a tirar o dispositivo.

Além dessas deficiências, a interface do fAlert não apresenta diferenciação entre os elementos gráficos. Todos os elementos apresentam o mesmo visual, o que pode levar o usuário a ter dificuldades de memorizar a forma de uso do aplicativo. Tal critério de usabilidade [7] é importante devido ao fato da aplicação ter como foco idosos.

## 4. WATCHALERT

O WatchAlert é a evolução do aplicativo fAlert, com o intuito de integrar o smartphone com o smartwatch para a detecção de quedas. Essa evolução para o smartwatch propõe um uso mais confortável e contínuo do aplicativo. Assim, o WatchAlert monitora as atividades do usuário com o objetivo de detectar incidentes (quedas) realizando a emissão de alertas quando necessário.

Na evolução da aplicação, mantivemos o processamento das informações no smartphone para evitar um alto consumo da bateria do smartwatch, porém evoluímos o algoritmo para permitir a detecção por meio dos movimentos do braço. Para cumprir tal objetivo, acrescentamos o giroscópio como sensor para ser analisado e mantivemos o acelerômetro. Dessa forma, o aplicativo utiliza os seguintes sensores: acelerômetro, giroscópio e microfone. O microfone funciona como instrumento de validação do bem-estar do usuário, caso uma possível queda seja detectada.

A funcionalidade de cadastro e edição de informações dos contatos do usuário ainda se mantém na parte do aplicativo para smartphone. O smartwatch possui as funcionalidades de monitoramento das atividades e validação de quedas de maneira análoga ao processo de emissão de alertas do fAlert. Ao detectar uma queda, pela resposta negativa ou ausência de confirmação do bem-estar, o smartwatch se comunica com o smartphone que emite o alerta de queda para o contato cadastrado. Tal processo só ocorrerá se as informações do contato tiverem sido previamente cadastradas. Na Figura 2 é apresentada a interface do WatchAlert para smartphone.

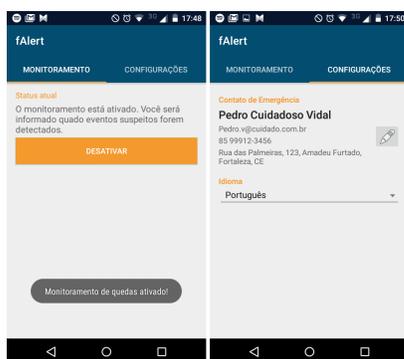


Figura 2: Interface do WatchAlert no smartphone

A detecção de quedas a partir do monitoramento do comportamento do usuário só é realizado após a ativação de tal funcionalidade. Essa função deve ser assim rea-

lizada para melhorar o desempenho do dispositivo e evitar que nos momentos em que o usuário não se encontra só, o monitoramento continue a executar. As telas do smartwatch podem ser visualizadas na Figura 3. Mais informações sobre o aplicativo podem ser obtidas em: <http://watchalert.wixsite.com/watchalert>.



Figura 3: Interface do WatchAlert no smartwatch

### 4.1 Funcionalidades

O WatchAlert é uma aplicação Android que executa em um smartwatch e um smartphone. A comunicação entre os mesmos ocorre através do bluetooth e é uma comunicação nativa entre os dispositivos Android.

O smartwatch possui diversos sensores, dentre os quais o acelerômetro, o giroscópio e o microfone. O acelerômetro mede as acelerações nas direções dos eixos X, Y e Z, em  $m/s^2$ . O giroscópio fornece as velocidades angulares em torno dos eixos X, Y e Z, em  $rad/s$ . Tanto o acelerômetro quanto o giroscópio foram configurados para enviar dados a uma frequência média de 50 Hz. O uso dessa frequência é importante, pois possibilita ao algoritmo de detecção de quedas uma maior taxa de dados para serem analisados.

Tais sensores foram escolhidos ao avaliar duas características. A primeira delas é obter a maior taxa de acerto usando um algoritmo de *threshold*. A segunda avalia o consumo da bateria dos dispositivos, pois o consumo da mesma pode variar conforme a quantidade de sensores utilizados bem como da frequência de amostragem utilizada [6].

Uma representação do funcionamento da aplicação pode ser vista na Figura 4. A aplicação, como visto nesta Seção, possui um módulo para captura dos dados, cuja execução é realizada no smartwatch, e um módulo para o processamento de tais dados, cuja execução ocorre no smartphone.

No módulo associado ao smartwatch, a leitura dos dados do acelerômetro e giroscópio é feita continuamente, a partir do momento em que o usuário ativa tal funcionalidade. Em seguida, envia os dados coletados ao smartphone. Esse, por sua vez, faz o processamento dos mesmos utilizando o algoritmo de detecção de quedas descrito na seção 4.2. Ao identificar um evento de queda, o smartphone envia uma notificação ao smartwatch para que o usuário possa informar a sua situação. Em ambos os módulos, o algoritmo de detecção de quedas é implementado como um serviço que roda em background e que pode ser ativado e desativado pelo usuário a qualquer instante. Essa funcionalidade permite que no caso de existir alguém no ambiente com o idoso, o monitoramento possa ser interrompido momentaneamente.

### 4.2 Algoritmo de Detecção de Quedas

O algoritmo utilizado no WatchAlert baseia-se no descrito em [3] e utiliza limiares para avaliar se houve uma queda ou não. Esse algoritmo verifica os valores dos sensores e compara com os valores característicos de queda.



Figura 4: Funcionamento do WatchAlert

Heieh et al. [3] descreve que existem três estágios para identificar uma queda. O primeiro deles é o de queda livre. Neste, nota-se uma redução da velocidade de aceleração do corpo, uma vez que a direção da sua aceleração e a da gravidade são a mesma. O segundo estágio é o de impacto, no qual observa-se uma repentina mudança da velocidade de aceleração. O último estágio é o de inatividade, onde o usuário permanece total ou parcialmente imóvel no chão. Segundo o autor, a duração entre os dois primeiros estágios não deve ser maior que 40 ms.

O algoritmo de detecção de quedas utiliza como entrada três atributos que são analisados com limiares pré-definidos experimentalmente. O primeiro deles é a aceleração ( $VA_i$ ) em cada ponto, que reflete o movimento da mão e o impacto da queda. A velocidade da aceleração é calculada segundo a equação 1 e tem  $A_x$ ,  $A_y$  e  $A_z$  representando as acelerações nos eixos X, Y e Z, respectivamente, em um instante  $t_i$

$$VA(t_i) = \sqrt{A_x^2(t_i) + A_y^2(t_i) + A_z^2(t_i)} \quad (1)$$

O segundo atributo é um valor ( $GS_i$ ) que representa a rotação do pulso/braço. Ele é calculado através de  $G_y$  e  $G_z$  que representam os valores do giroscópio nos eixos Y e Z, respectivamente, a partir da equação 2, descrita a seguir:

$$GS(t_i) = \sqrt{G_y^2(t_i) + G_z^2(t_i)} \quad (2)$$

O último atributo ( $SA_i$ ) representa o estado de movimento do corpo (ativo, inativo ou parcialmente ativo). Ele é calculado conforme apresentado na equação 3:

$$SA_i = \sum_{i=1}^N [|A_x(i)| + |A_y(i)| + |A_z(i)|] \quad (3)$$

$A_x$ ,  $A_y$  e  $A_z$  representam as acelerações nos eixos X, Y e Z, respectivamente, em um instante  $i$  e  $N$  corresponde o número de amostras coletadas.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a evolução do aplicativo fAlert para o aplicativo WatchAlert. O WatchAlert consiste na utilização conjunta do smartwatch e do smartphone para a detecção de quedas por meio de sensores. O aplicativo tende a trazer um uso mais natural e contínuo do monitoramento de pessoas idosas por meio do smartwatch, além de permitir que o monitoramento possa ser realizado em situações que

não seriam possíveis com o smartphone. Como trabalhos futuros deseja-se adicionar novas funcionalidades, tais como o reconhecimento de atividades (andar, correr, deitar, sentar, dormir, entre outros), monitoramento cardíaco e localização, visando melhor contextualizar e detectar as situações de risco do usuário.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] AGEING, W. H. O., AND UNIT, L. C. *WHO global report on falls prevention in older age*. World Health Organization, 2008.
- [2] CUCCHIARA, R., PRATI, A., AND VEZZANI, R. A multi-camera vision system for fall detection and alarm generation. *Expert Systems* 24, 5 (2007), 334–345.
- [3] HSIEH, S.-L., CHEN, C.-C., WU, S.-H., AND YUE, T.-W. A wrist-worn fall detection system using accelerometers and gyroscopes. In *Networking, Sensing and Control (ICNSC), 2014 IEEE 11th International Conference on* (2014), IEEE, pp. 518–523.
- [4] KOSTOPOULOS, P., NUNES, T., SALVI, K., DERIAZ, M., AND TORRENT, J. Increased fall detection accuracy in an accelerometer-based algorithm considering residual movement. In *International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods* (2015).
- [5] MAGLOGIANNIS, I., IOANNOU, C., AND TSANAKAS, P. Fall detection and activity identification using wearable and hand-held devices. *Integrated Computer-Aided Engineering* 23, 2 (2016), 161–172.
- [6] MELLONE, S., TACCONI, C., SCHWICKERT, L., KLENK, J., BECKER, C., AND CHIARI, L. Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: the farseeing approach. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 45, 8 (2012), 722–727.
- [7] NIELSEN, J. *Usability engineering*. Elsevier, 1994.
- [8] PEEL, N. M. Epidemiology of falls in older age. *Canadian Journal on Aging/La Revue canadienne du vieillissement* 30, 01 (2011), 7–19.
- [9] PIVA, L. S., FERREIRA, A. B., BRAGA, R. B., AND DE CASTRO ANDRADE, R. M. falert: Um sistema android para monitoramento de quedas em pessoas com cuidados especiais. *Workshop de Ferramentas e Aplicações do Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web* (2014).
- [10] SCHWICKERT, L., BECKER, C., LINDEMANN, U., MARÉCHAL, C., BOURKE, A., CHIARI, L., HELBOSTAD, J., ZIJLSTRA, W., AMINIAN, K., TODD, C., ET AL. Fall detection with body-worn sensors: a systematic review. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 46, 8 (2013), 706–719.
- [11] VILARINHO, T., FARSHCHIAN, B., BAJER, D. G., DAHL, O. H., EGGE, I., HEGDAL, S. S., LØNES, A., SLETTEVOLD, J. N., AND WEGGERSEN, S. M. A combined smartphone and smartwatch fall detection system. In *Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing (CIT/IUCC/DASC/PICOM), 2015 IEEE International Conference on* (2015), IEEE, pp. 1443–1448.