Sistema Domiciliar de Cuidados em Saúde: Mecanismo de Detecção de Quedas de Pessoas.

Renata Gomes da Silva[1], Leandro Camara Ledel[2] , Daniela Marques[2]

[1]Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Câmpus Hortolândia - Instituto Federal de São Paulo (IFSP).
[2]Área de Informática - Câmpus Hortolândia - Instituto Federal de São Paulo (IFSP).
renatinhagol@hotmail.com, ledel@ifsp.edu.br, marquesdaniela@ifsp.edu.br

Abstract: *With the automation of systems gaining momentum in man's daily life and the world's population getting older, the purpose of this work is to develop a fall detection mechanism that will assist in the health care of people. In order to develop this mechanism, the main goal is to detect the fall of a person using low cost equipment and sending a remote distress-alerting signal to previously registered telephones. This idea came after analyzing similar products in the market and realizing that their price was too high. Therefore, building this mechanism with low-cost hardware is one way of trying to reduce the cost of these products.*

Resumo: *Com a automatização de sistemas ganhando força no dia a dia do homem e a população do mundo ficando cada vez mais velha, a proposta para este trabalho é desenvolver um mecanismo de detecção de quedas que irá auxiliar nos cuidados de saúde das pessoas. Ao desenvolver esse mecanismo, o objetivo principal é detectar a queda de uma pessoa utilizando equipamentos de baixo custo e enviando um sinal de alerta remoto de socorro aos telefones previamente cadastrados. Essa ideia surgiu depois de analisar produtos semelhantes no mercado e perceber que o valor dos mesmos era alto. Assim construir esse mecanismo com hardware de baixo custo é uma forma de tentar reduzir o custo desses produtos.*

1 - Introdução

A Internet das Coisas *(IoT – Internet of Things)*, vem ganhando cada dia mais espaço no cenário atual de tecnologia, e a possibilidade de se ter dispositivos conectados à Internet vem sendo está cada vez mais presente no cotidiano do homem moderno.

A Computação como um todo também tem progredido, e uma de suas subáreas em constante evolução é a Computação Ubíqua, ou seja a computação está presente em todos os lugares. Destacando-se a Computação Física, que interage com o ambiente, de forma semelhante ao que a área da Eletrônica faz, porém realizada a partir de computadores e/ou *hardware* de baixo custo. A Computação Física expande as possibilidades de controle e interação da computação tradicional (COMPUTAÇÃO Física BR, 2012). Novos sistemas mecânicos e eletrônicos

permitem a expansão das capacidades de interação entre o homem e a máquina (CAMARATA, 2003).

Outro desdobramento da evolução da computação está na quantidade de outras áreas que a utilizam: indústria, comércio, produção agrícola, serviços etc. Em particular, a área da Saúde tem se beneficiado bastante, sendo possível o diagnóstico e acompanhamento de pacientes mesmo à distância (BATISTELLA, 2017).

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver um dispositivo de *hardware* e *software* - utilizando componentes de baixo custo - que visa detectar a queda de idosos e enviar um sinal de alerta remoto a pessoas previamente cadastradas – as quais podem então prestar o devido socorro o mais rapidamente possível.

2 - Justificativa

A queda pode ser definida como uma mudança inesperada de posição e que leva o indivíduo a um nível inferior do que estava anteriormente em relação ao solo. Em particular, há uma preocupação quanto ao nível de fragilidade do indivíduo. A Área da Saúde sugere que idosos e crianças são o público que tem maior risco mais têm riscos de quedas. Isso acontece porque em geral tais indivíduos têm uma saúde mais frágil. Além disso, em termos de mobilidade são mais sensíveis, e se o atendimento não for rápido o suficiente pode-se agravar os danos, o que inclui possíveis fraturas.

A Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia afirma que:

> A estabilidade do corpo depende da recepção adequada de informações de componentes sensoriais, cognitivos, integrativos centrais (principalmente cerebelo) e músculo-esqueléticos, de forma altamente integrada. O efeito cumulativo de alterações relacionadas à idade, doenças e meio ambiente inadequado parecem predispor à queda (SBGG,2008).

Essa dependência mostra que os perfis que mais podem sofrer uma queda são: as crianças, bebês em fase de engatinhar e andar, pessoas com necessidades especiais e pessoas idosas.

Segundo estatísticas publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o mundo e o Brasil está tendendo a ter muitos idosos. De acordo com os dados e as projeções, em 2030 o grupo de 60 anos ou mais se tornará maior que o grupo de até 14 anos. Assim há um aumento da preocupação acerca do cuidado com os idosos, já que sua participação na sociedade aumenta e consequentemente os riscos eminentes em seu cotidiano (IBGE, 2018).

Evitar uma queda não é tão simples, mas detectar o acontecimento é possível. Essa detecção pode auxiliar no atendimento rápido e eficaz (OLIVEIRA, 2004).
Prestar socorro o mais rápido possível em pessoas que já demandam um cuidado especial é fator decisivo para salvar de morte ou de fraturas graves. Além disso, sabe-se que detectar a queda pode ser uma solução ainda de alto custo no Brasil, pois a maioria dos equipamentos que detectam a queda são importados vem de outros países.

3 - Referencial Teórico

Nesta seção serão abordados os conceitos de diversas áreas importantes para dar andamento no desenvolvimento deste trabalho.

3.1 - Acessibilidade

A definição de acessibilidade está diretamente atrelada à forma que a sociedade vê as pessoas com deficiência. Depois do século XX o conceito foi tomando outras dimensões, que vieram de reivindicações e pressões de grupos sociais preocupados com a inclusão social, assim como direitos e deveres (RCSA, 2015).
A NBR 9050/2004 define que acessibilidade é a possibilidade e a condição de alcance, para que a pessoa possa utilizar com segurança e condições autônomas os equipamentos urbanos e espaços (RCSA, 2015).

3.1.1 - Acessibilidade de idosos

O processo de envelhecimento traz limitações, bem como influência nas necessidades espaciais e na interação do idoso com a moradia. Em muitas residências esse processo gera armadilhas capazes de provocar quedas e danos graves à saúde do idoso (DORNELES, 2006).
Riscos de quedas e acidentes domésticos podem proporcionar riscos maiores aos idosos, dadas a sua mobilização e as dificuldades na realização das atividades diárias. E sua queda, quando não socorrida com rapidez, pode causar mais preocupações aos familiares.
Um ambiente acessível para os idosos é aquele que traz segurança e bem estar. Já que evitar quedas é garantir que pessoas idosas transitem por ambientes sem entroncamentos e sem cair (NEVES; BIFANO, 2015).

3.2 - *Hardware* de baixo custo

Um dos objetivos do trabalho é criar uma solução tecnológica de baixo custo. Por essa razão, os dispositivos a serem utilizados precisam ter um custo baixo, a fim de a solução como um todo ser economicamente viável.
A presente Seção apresenta os principais dispositivos de *hardware* estudados e utilizados no decorrer do projeto.

3.2.1 - Arduino Uno

O Arduino Uno (Figura 1) é uma placa de microcontrolador baseada no Atmega328, sua utilização é simples, bastando conectar o microcontrolador a um computador com um cabo USB e carregar o código a ser executado (ARDUINOa, 2018). O valor do microcontrolador é em média de $16,90 dólares (AMAZONb, 2018).

Figura 1: Arduino Uno.(Fonte: ARDUINOa, 2018)

3.2.2 - NodeMCU

O NodeMCU (Figura 2) é um *firmware* baseado em Elua. É uma placa de código aberto e pré-fabricada com *chip* ESP826-12E. Isso permite que a mesma possa ser conectada a uma rede *WiFi* sem o auxílio de outro dispositivo (NODEMCU DOCUMENTATION, 2018). Segundo o site da Amazon o valor do microcontrolador está em média de $8,98 dólares (AMAZONa, 2018).

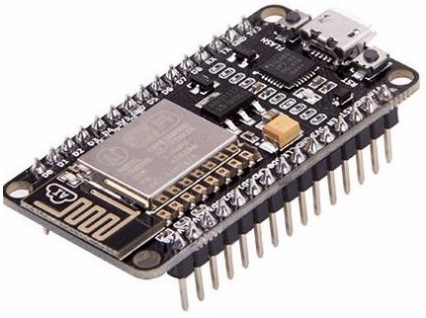

Figura 2: NodeMCU.(Fonte: NodeMCU,2018)

3.2.3 - MPU6050 (Acelerômetro)

O MPU6050 (Figura 3) é um sensor que contém um acelerômetro e um giroscópio em um único *chip*. A leitura das variáveis é feita ao mesmo tempo por meio de um conversor analógico-digital de 16 bits (ARDUINOb, 2018). O valor médio do microcontrolador segundo o site da Amazon é de $9,34 dólares (AMAZONc, 2018).

Figura 3: Sensor MPU6050.(Fonte: ARDUINOb, 2018)

3.3 - Internet das Coisas

A Internet das Coisas (Internet of Things (IoT)), conecta objetos à Internet e promove a comunicação entre usuários e dispositivos. A IoT possibilita várias aplicações, que podem beneficiar inúmeras áreas, dentre as quais podem-se citar a acadêmica, a indústria, a saúde e automação de ambientes (SANTOS, 2017).

Uma das revoluções da Internet vem sendo a IoT. Os seres humanos e as indústrias estão utilizando cada vez mais dispositivos tecnológicos, tais como *smartphones*, *notebooks*, ou até mesmo robôs para facilitarem suas tarefas cotidianas, o que torna mais comum os objetos estarem conectadas à Internet (EVANS, 2011).

3.4 - Modelagem da Queda

Nesta seção, serão abordados conceitos da Física relacionados à queda de um corpo. Tais conceitos foram utilizados no decorrer do trabalho a fim de se calcular e constatar a ocorrência de uma queda, bem como evitar possíveis falsos positivos.

3.4.1 - Modelagem da Queda - Parte I

Física é a ciência que estuda as propriedades da natureza com o apoio da linguagem matemática. A física trata das propriedades da matéria, a energia, o tempo e as suas interações (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

Aceleração (a) é a variação da velocidade de um objeto comparada a um determinado tempo. Seu cálculo pode ser realizado através da equação descrita a seguir:

$$a = (V_1^2 - V_2^2) / (T_1 - T_2),$$

onde V_1 é a velocidade inicial, V_2 é a velocidade final, T_1 é o tempo inicial e T_2 é o tempo final. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

Aceleração (a) em queda livre, além de ser a variação da velocidade em um determinado tempo existem junto uma aceleração constante chamada de gravidade que atua no objeto. A aceleração constante não depende das características do objeto como massa, forma e densidade. O cálculo da aceleração em queda livre se dá pela equação:

$$a = V_1 \times T - (g \times T^2) / 2,$$

onde a é a aceleração, V_1 é a velocidade inicial, T é o tempo de queda,e g é a aceleração da gravidade. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

3.4.2 - Modelagem da Queda - Parte II

Ângulos de Euler, conceito de eixo de aeronaves: *Yaw*, *Pitch* e *Roll*. Estes mecanismos são capazes de reproduzir os ângulos de atitude – rolagem, arfagem e guinada (respectivamente *roll*, *pitch* e *yaw*) (OBEID, NETO, 2014).

Os ângulos são rotações em torno dos eixos coordenados X,Y,Z, Porém cada ângulo tem sua rotação específica em cada eixo, desta forma, a rotação pelo eixo X é o movimento chamado de *yaw*, a rotação pelo eixo Y é chamada de movimento de *pitch* e o movimento pelo Z é chamado de *roll*.

Os ângulos de atitude mencionados podem ser vistos na Figura 4.

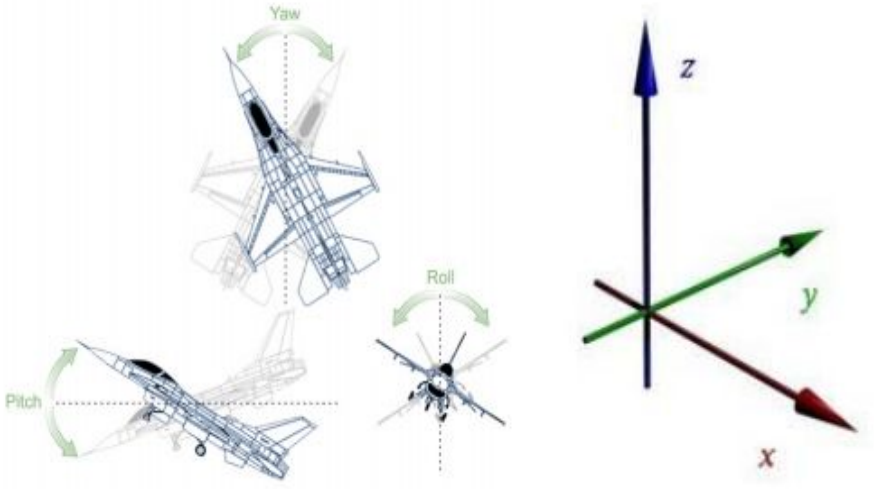

Figura 4: Ângulos de atitude (*Yaw*, *Pitch* e *Roll*).(Fonte: (OBEID, NETO, 2014))

3.4.3 - Modelagem da Queda - Parte III

Equação de Torricelli, mostra o valor da velocidade em queda livre dentro do cenário do trabalho. A equação por sua vez é:

$$V^2 = V_1^2 + 2 \times g \times (S_1 - S_2 / 2),$$

onde V é a velocidade final, V_1 é a velocidade inicial, g é a aceleração da gravidade , S_1 é o deslocamento inicial e S_2 é o deslocamento inicial (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

Energia Cinética (Ec) é a energia que o corpo em movimento possui. A equação usada é:

$$Ec = (m.V^2) / 2 ,$$

onde m é a massa do corpo e V é a velocidade (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

Energia Potencial (Ep) é a energia necessária para que um corpo comece a se movimentar. Sua equação é dada por:

$$Ep = (m.g.h) /2,$$

onde o m é a massa, g é a aceleração da gravidade e h é a altura (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

3.5 - Protocolos de Rede

A aplicação desenvolvida utiliza a rede local e a Internet a fim de enviar mensagens de alerta aos usuários cadastrados. Os protocolos de rede estudados no decorrer do projeto foram o MQTT e o HTTP, descritos sucintamente nas subseções a seguir. Também aborda-se o broker Eclipse Mosquitto, que implementa o MQTT.

3.5.1 - Protocolo MQ *Telemetry Transport* (MQTT)

O protocolo de mensagens MQTT é projetado para um baixo consumo de transmissão de dados subjacente, sendo simples e leve. Isso o torna ideal para a implementação da “Internet das Coisas” (MQTT, 2018).

Para que haja a troca de mensagens o MQTT utiliza do paradigma *publish/subscribe*. O paradigma implementa um *middleware* que é chamado de *broker*, o qual é responsável por encaminhar as mensagens recebidas do *publisher* para os *subscribers*, conforme ilustrado na Figura 5 (DESAI, 2015).

As mensagens do MQTT são organizadas por tópicos, o desenvolvedor de aplicativos tem a flexibilidade de especificar que determinados clientes podem

interagir com determinadas mensagens. É possível também gerenciar esses tópicos com um único broker (DESAI, 2015).

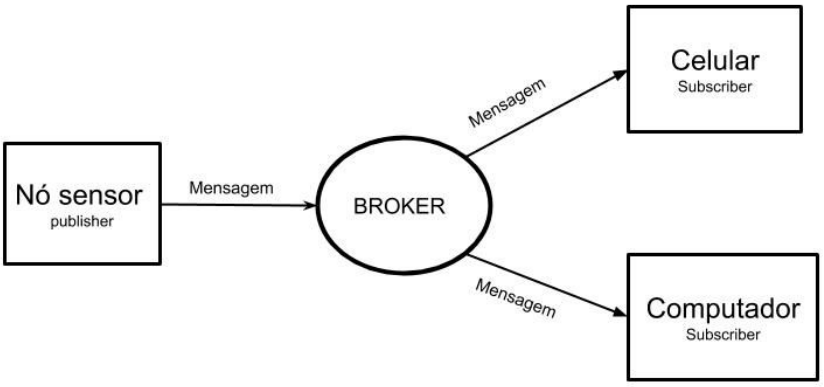

Figura 5: Fluxograma do Protocolo MQTT

3.5.2 - Eclipse Mosquitto

O Eclipse Mosquitto é um *broker* de mensagem *open source* que implementa o protocolo MQTT. O Mosquitto realiza troca de mensagens com *hardware* de baixo custo ou dispositivos *mobile* e pode ser embarcado em computadores e microcontroladores (MOSQUITTO, 2018).

3.5.3 - Protocolo *Hypertext transfer protocol* (HTTP)

Baseado em operações de solicitação e resposta, o HTTP é um protocolo cliente-servidor que articula a troca de informações entre clientes da Internet e servidores (SAUDE, 2017).

3.6 - Trabalhos Correlatos

Como trabalhos correlatos, encontrou-se a pulseira i-Care, da LinCare, e o TeleHelp.

Na pulseira i-Care, da empresa LinCare, a mesma detecta a queda do idoso, os batimentos cardíacos, pressão arterial, número de passos, dentre outras funcionalidades. A venda da pulseira está associada à contratação de um pacote de serviços. Os custos da pulseira mais o serviço variam de quinhentos e noventa reais a aproximadamente mil reais (https://loja.lincare.com.br/, 2018).

Já o TeleHelp - de acordo com o site da empresa - oferece orientações médicas por telefone, botão de emergência e atendimento domiciliar. Os custos variam de acordo com a quantidade de atendimento domiciliar que o cliente deseja. Os valores variam de cento e vinte a duzentos reais, porém existe uma taxa de adesão no valor

de quinhentos e noventa e nove reais. (http://telehelp.com.br/servicos/ - TeleHelp, 2018).

4 - Metodologia

A metodologia de desenvolvimento adotada foi a evolutiva, com o uso de protótipos tanto de *hardware* quanto de *software*.

Dentre as diversas metodologias existentes, adotou-se o Modelo Evolutivo em Espiral. Esse modelo permite que o sistema seja desenvolvido em etapas (ou ciclos), partindo-se dos requisitos e funcionalidades conhecidos, passando-se pela análise de riscos e prototipação, etapas de testes, e acrescentando-se incrementalmente novas funcionalidades à medida que o processo avança na espiral (SOMMERVILLE, 2011). O diagrama da Figura 6 ilustra esse processo de desenvolvimento.

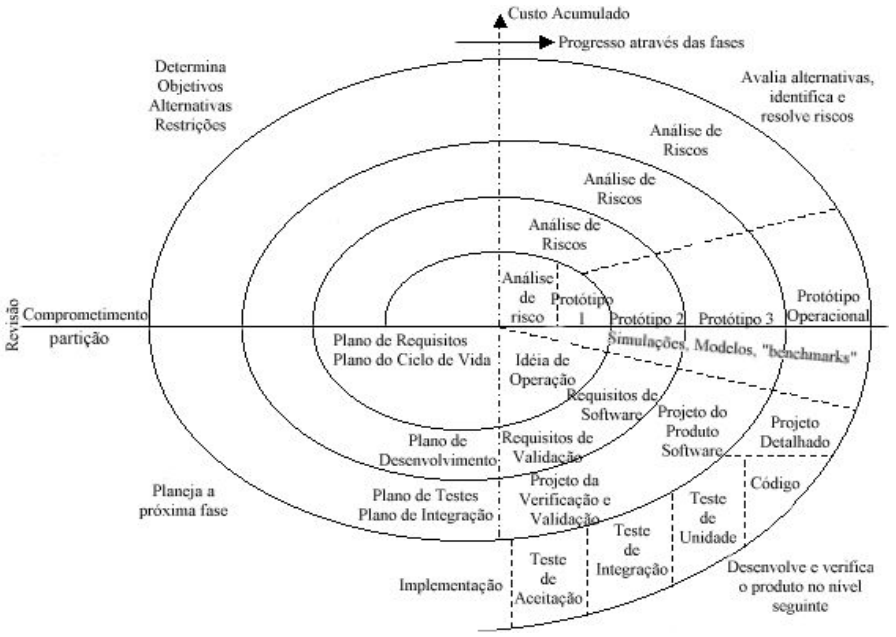

Figura 6: Modelo Evolutivo em Espiral.Fonte: (SOMMERVILLE, 2011).

A prototipação, utilizada no modelo em espiral, é muito útil quando não se tem certeza da eficiência de um algoritmo. Criar um protótipo auxilia a testar tal algoritmo (MEDEIROS, 2017). Unir o modelo evolutivo com a técnica de prototipação pode gerar um resultado de boa qualidade, devido às versões serem geradas por meio de ciclos evolutivos durante os quais os requisitos são gradativamente elicitados (NEGRI, LEDEL, 2016).

Como o sistema requeria, logo em suas etapas iniciais, o reconhecimento de uma queda humana, utilizou-se a prototipação para auxiliar em sua detecção e nos testes – além é claro, de não precisar-se utilizar de seres humanos nesses testes.
O protótipo de *hardware* utilizou uma haste metálica, fixada ao solo em sua base, e com mobilidade suficiente para simular a queda de uma altura de 1 metro (aproximadamente a altura do centro de massa de uma pessoa). As Figuras 7 e 8 ilustram o protótipo físico de simulação de quedas desenvolvido.

Figura 7: Mecanismo de Simulação de Quedas

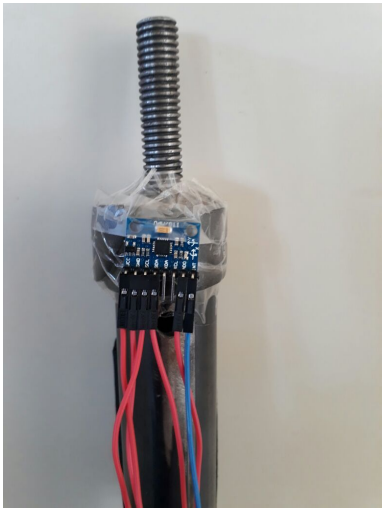

Figura 8: Mecanismo com o Acelerômetro.

Para o desenvolvimento do protótipo de detecção de quedas, bem como do sistema de *hardware* e *software* diretamente ligado à ele, também usou-se o modelo evolutivo, seguindo-se o diagrama de ações descritas na Figura 9.

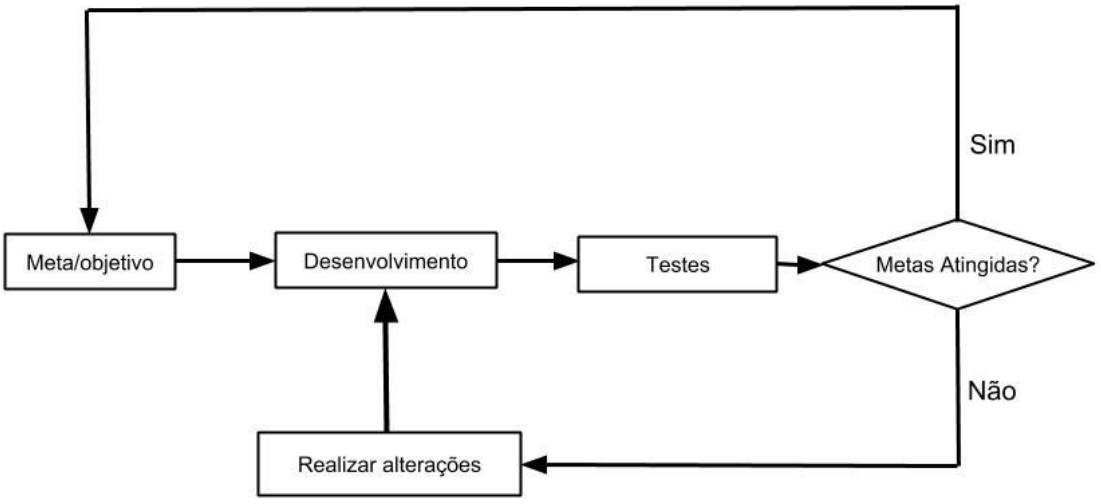

Figura 9: Fluxograma do Modelo Evolutivo

5 - Desenvolvimento

Como primeiro passo do desenvolvimento do trabalho, definiu-se os hardwares necessários para compor o protótipo. As escolhas foram: Arduino Uno, NodeMCU e MPU6050, pois mostraram - se viáveis para a construção do mecanismo.

Em seguida calculou-se as grandezas envolvidas no fenômeno da queda. Neste estudo foi verificada qual seria a velocidade máxima alcançada em queda livre, segundo a equação de Torricelli (1):

$V^2 = V_0^2 + 2.g.\Delta S$

$V^2 = 0 + 2 \times 9,8 \times 0,85$

$V^2 = 16,66$

$V \simeq 4,1$ m/s

Uma decisão de projeto importante foi que a queda de uma pessoa foi considerada apenas na direção frontal, rumo ao solo. Assim sendo, utilizou-se como modelo uma haste, com um metro de comprimento - o que se aproxima bastante de uma pessoa com centro de massa entre 80 a 90 cm de altura.

Para fins de comparação, foi calculada então a velocidade angular máxima que a haste do mecanismo de queda pode chegar. Para chegar a equação final da velocidade utilizaram-se os conceitos de energia cinética e energia potencial tanto no ponto inicial quanto na posição final da haste (Figura 10).

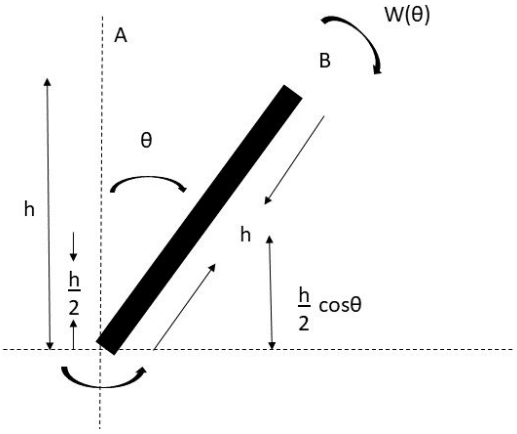

Figura 10: Diagrama de Haste

Ema = Emb

Epa + Eca = Epb + Ecb

$(m.g.h)/2 + (m.Vem^2)/2 = (m.g.h.\cos\theta)/2 + (I.\omega^2)/2$

$\omega = (\sqrt{3g(1-\cos\theta)}) / h$

Após chegar-se na equação da velocidade máxima (2), foi - se calculado considerando o ângulo inicial de 90° e altura de 1.8m:

$\omega = (\sqrt{3g(1-\cos\theta)}) / h$

$\omega = (\sqrt{3.9,8\ (1-0)})/1,8$

$\omega = (\sqrt{24,9})/1,8$

$\omega = 4,04 \times 0,9 \approx 3,6$ m/s

Ao comparar - se os valores de velocidade angular obtidos com as equações [1] e [2] (4,1 e 3.6 m/s, respectivamente), verifica-se que os valores são bem próximos, e dão a ordem de grandeza da velocidade máxima de uma queda. Dessa forma, obteve-se um parâmetro de comparação que permite verificar se uma determinada velocidade angular corresponde a uma queda, ou é apenas um movimento natural da pessoa monitorada.

Com os *hardwares* Arduino uno, NodeMCU e o MPU6050 (acelerômetro), foram montados (Figuras 11 e 12 respectivamente) em uma *protoboard* os dispositivos com as pinagens mostradas na Tabela 1.

Arduino Uno	MPU6050	NodeMCU
5V	VCC	Vin
GND	GND	GND
A4	SDA	D5
A5	SCL	D6
Pino 2 (Digital)	INT	D7

Tabela 1: Pinagens utilizadas na *protoboard*

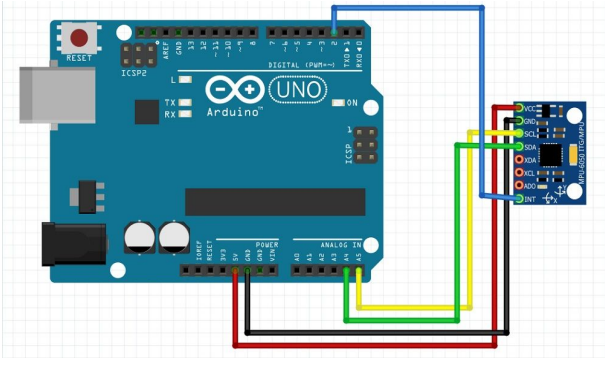

Figura 11: Arduino conectado ao MPU6050

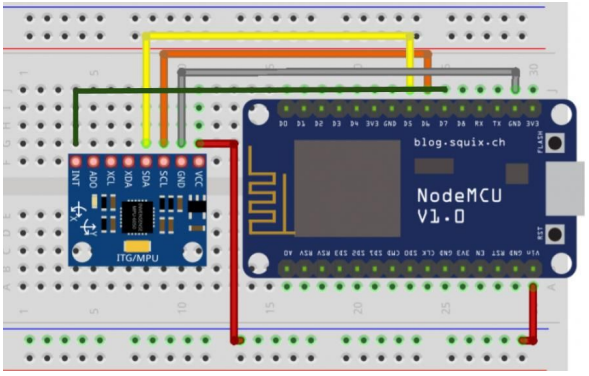

Figura 12: NodeMCU conectado com MPU6050.

Na Figura 13 temos o diagrama completo da solução que apresenta o sentido da comunicação e os protocolos utilizados.

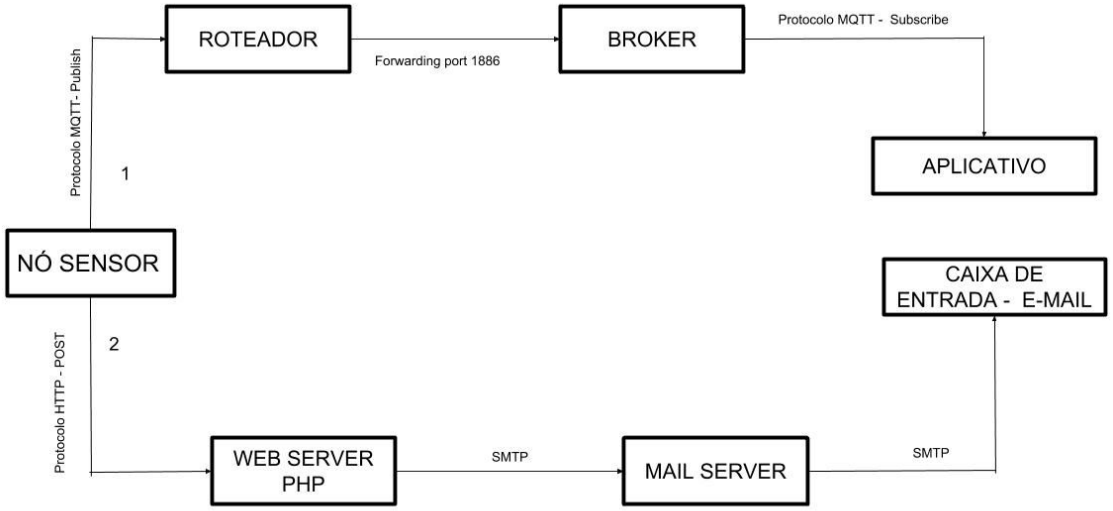

Figura 13: Diagrama geral da Aplicação

Conforme representado no diagrama, a mensagem de notificação de queda será enviada de duas formas.

A primeira forma de envio de notificação utiliza o protocolo MQTT. Quando o nó sensor detecta a queda é mandando um sinal pelo protocolo *publish* com o IP do broker, o tópico do MQTT e a mensagem para o roteador. Ao receber o sinal o roteador verifica se tem alguma configuração de porta e envia a Mensagem e o tópico para o broken. Que por fim o broker verifica o tópico e envia a mensagem usando o protocolo *subscribe* para todos os aplicativo que estiverem esperando resposta do mesmo tópico.

Na segunda forma o nó sensor detecta a queda e realiza a chamada de um arquivo no servidor *web* php por meio do protocolo HTTP POST. Nesse arquivo tem um comando que chama o Mail Server através do Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), que após validar o endereço e a senha da conta de e-mail envia a mensagem para o endereço eletrônico do responsável.

Os testes com o nó sensor empregaram o algoritmo de detecção de quedas, com a variação de dois parâmetros: ângulo de comparação (entre posições sucessivas da haste) e tempo entre as amostragens. Foram elaboradas três configurações do algoritmo: 15°/0.5s, 3°/0.1s e 6°/0.1s.

Essas configurações foram verificadas por meio de ensaios de quedas, para os ângulos de quinze a noventa graus, com intervalos de quinze graus. Para cada posição inicial e configuração, foram repetidos dez eventos de quedas. Finalizados

os testes, a última etapa constituiu-se em enviar uma notificação para o(s) responsável(is) pelo idoso, quando houvesse a queda, usando uma ou ambas as formas descritas na Figura 12.

Para que o desenvolvimento da aplicação por cenários desse sua continuidade algumas configurações foram realizadas.

Para usar o protocolo MQTT foi necessário preparar o ambiente. Foi instalado o Eclipse Mosquitto em um computador, o qual atuará como o *broker*. O mecanismo de detecção de queda será o *publisher* e o celular será o *subscribe*. No celular é necessário instalar o aplicativo MyMQTT.

Após as instalações concluídas, configurou-se o roteador do *broker*, onde foi necessário realizar um encaminhamento de porta no roteador que está o broker para a porta 1883. Sem encaminhar a porta, gera um pré requisito que o celular precisa estar conectada à mesma rede.

A configuração do aplicativo com o ip do broker e a porta é representado na Figura 14.

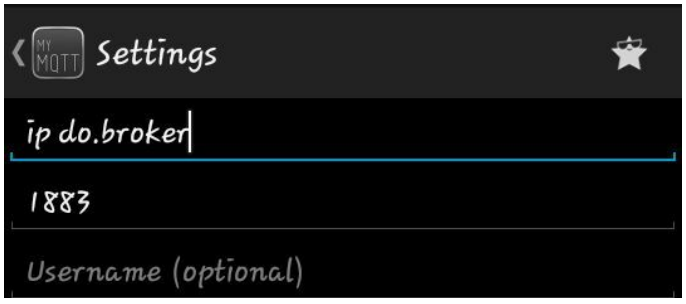

Figura 14: Configuração no aplicativo

Para o envio de notificação pelo protocolo HTTP, foi necessário criar um conta no Gmail, para que essa conta fosse a responsável pelo envio do e-mail juntamente com seu corpo de texto (Figura 15).

```
$caixaPostalServidorNome = 'nodemcutcc@gmail.com'; //'WebSite | Formulário';
$caixaPostalServidorEmail = 'nodemcutcc@gmail.com'; //'usuario@seu-dominio';
$caixaPostalServidorSenha = 'chapolincolorado'; //'senha';

/*** FIM - DADOS A SEREM ALTERADOS DE ACORDO COM SUAS CONFIGURAÇÕES DE E-MAIL ***/

/* abaixo as veriaveis principais, que devem conter em seu formulario*/
$mensagemConcatenada = 'Email gerado do seu NodeMCU'.'<br>';
$mensagemConcatenada .= '----------------------------------------------------------------------
$mensagemConcatenada .= 'Foi detectado uma queda de seu NodeMCU'.'<br>';
$mensagemConcatenada .= 'Entre em contato com os idosos de sua residência'.'<br>';
$mensagemConcatenada .= 'Muito Obrigada!'.'<br>';
$mensagemConcatenada .= '----------------------------------------------------------------------
$mensagemConcatenada .= 'Email Automático, Por favor não Responder.'.'<br/>';
```

Figura 15: Código em PHP

Os e-mails dos responsáveis foram gravados e consultados no banco de dados relacional MySQL. O Modelo de entidade relacional foi projetado e realizado por outro analista que desenvolve o seu trabalho em parceria com esse trabalho.

6 - Resultados

Os primeiros testes foram realizados com o Arduino e o MPU6050, sendo que o primeiro conjunto de parâmetros de amostragem (ângulo e tempo) utilizado foi de quinze graus por 5 milissegundos. Como resultados desse teste temos os dados da Tabela 2, onde os sinais de “ok” e “X” indicam, respectivamente: “queda detectada” e “queda não detectada”.

15°										
quantidade	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Resultado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30°										
quantidade	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Resultado	ok	X	X	X	X	ok	ok	ok	X	ok
45º										
quantidade	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Resultado	ok	ok	X	ok	ok	ok	X	ok	X	X
60º										
quantidade	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Resultado	ok	X	X	ok	ok	ok	X	X	ok	ok
75º										
quantidade	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Resultado	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	X	ok
90°										
quantidade	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Resultado	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Tabela 2: Tabela de ensaios de ângulos.

Podemos observar que para o primeiro conjunto de parâmetros utilizado muitas quedas não eram detectadas. Assim, foram realizados testes com mais dois conjuntos de parâmetros, com o objetivo de detectar a queda a partir de todos os ângulos (Tabelas 3 e 4).

Queda a partir de 15º												
15º / 0.5s	quantidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Resultado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3º / 0.1s	quantidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Resultado	ok	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X
6º /0.1s	quantidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Resultado	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Tabela 3: Comparação dos parâmetros no ângulo de 15º.

Queda a partir de 90º												
15º / 0.5s	quantidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Resultado	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
3º / 0.1s	quantidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Resultado	ok	ok	ok	X	ok	ok	ok	X	ok	ok	ok
6º /0.1s	quantidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Resultado	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Tabela 4: Comparação dos parâmetros no ângulo de 90º.

Ao concluir os testes e analisar as tabelas, observou-se que o terceiro conjunto de parâmetros (seis graus por um milissegundo) foi o que atendeu ao objetivo de detectar a queda em todos os ângulos.

Quanto ao envio de mensagens, na codificação da queda foi inserida a chamada de um arquivo em php que enviará a requisição para o e-mail. A Figura 16 ilustra a chegada do e-mail de notificação de queda.

Figura 16: Validação do E-mail

Para o envio de mensagem usando o MQTT, quando o nó sensor detecta a queda a

mensagem é enviada para dashboard do aplicativo (Figura 17) e para confirmar que passou pelo broker a mensagem aparece no terminal (Figura 18).

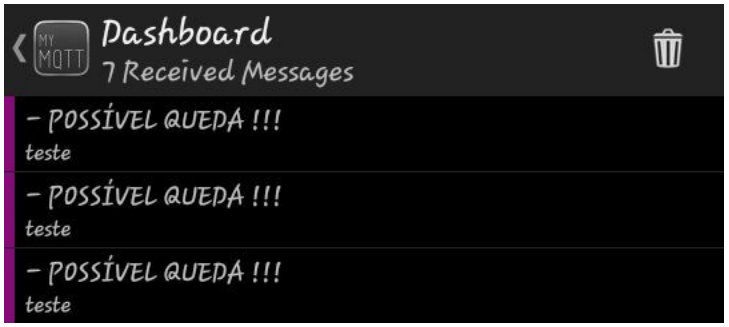

Figura 17: Notificação da *Dashboard* do aplicativo

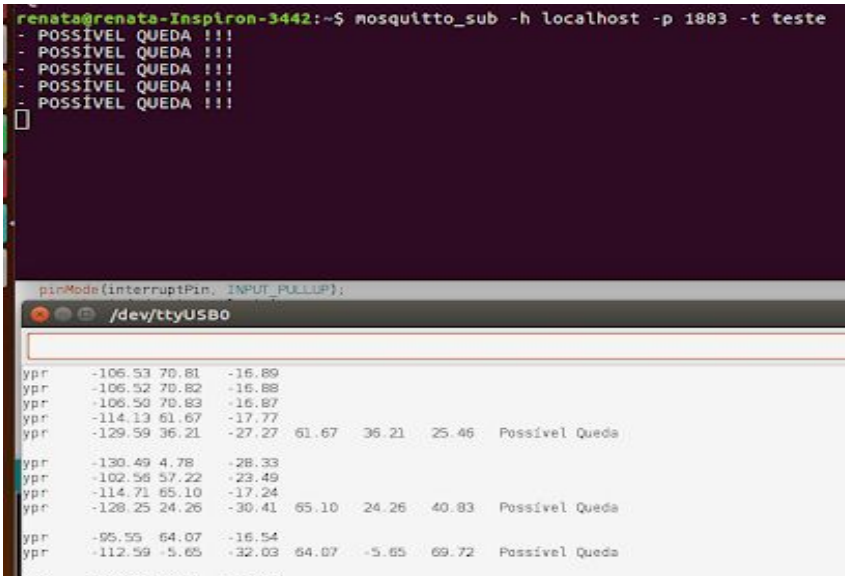

Figura 18: Terminal com a mensagem do Broker

Os resultados atingiram as expectativas e os objetivos iniciais deste trabalho. Como trabalhos futuros pode-se utilizar outros cenários de testes a fim de garantir que em outras situações de possível queda o detector vai de fato detectar esta última.
Além disso, pode-se tentar compactar ao máximo o *hardware* do detector de quedas, pois quanto menor menos incômodo terá o idoso ao utilizá-lo.

7 - Conclusões

Diante dos resultados, concluímos que o dispositivo de detecção de quedas mostrou-se viável para a finalidade proposta.
Também foi bem sucedida a sua construção com dispositivos de baixo custo.
O NodeMCU atendeu às expectativas de detectar a queda juntamente com o MPU6050 e de enviar as notificações usando diversos protocolos. Para a detectar a queda o terceiro conjunto de parâmetros (seis graus por um milissegundo)

apresentou os melhores resultados com relação ao tempo e sensibilidade das respostas.

O presente trabalho logrou êxito, portanto, em detectar a queda de pessoas. Foram apresentadas duas formas de notificar a queda para os responsáveis - por e-mail e através de mensagem em aplicativo instalado em seus *smartphones* utilizando o protocolo MQTT.

Como trabalhos futuros, podem-se citar: a) Mais testes e cenários de casos reais podem permitir a sua utilização em idosos ou pessoas que tenham as mesmas necessidades de monitoramento; b) Os parâmetros de detecção de quedas também podem ser aperfeiçoados; c) Outras formas de envio de mensagens poderiam ser propostas e testadas; e d) O sistema desenvolvido poderia ser compactado e embarcado, facilitando a sua adoção por parte dos interessados.

9 - Referências bibliográficas

ABNT NBR 9050, **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Disponível em: <http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_24.pdf>. Acesso em: 12 de novembro de 2017.

AMAZONa. **Electronics: Computers & Accessories.** Disponível em: <https://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss/142-1488405-8478419?url=search-alias%3Daps&field-keywords=nodemcu+>. Acesso em 18 de setembro de 2018.

AMAZONb. **Electronics: Computers & Accessories.** Disponível em: <https://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss?url=search-alias%3Daps&field-keywords=Arduino+uno+&rh=i%3Aaps%2Ck%3AArduino+uno+>. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

AMAZONc. **Electronics: Computers & Accessories.** Disponível em: <https://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss?url=search-alias%3Daps&field-keywords=MPU6050+acelerometro&rh=i%3Aaps%2Ck%3AMPU6050+acelerometro> Acesso em: 18 de setembro de 2018.

ARDUINOa. **Notas de versão do software Arduino**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno>. Acesso em: 08 set. 2018.

ARDUINOb. **MPU – 6050 Accelerometer + Gyro.** Disponível em: <https://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050>. Acesso em: 08 set. 2018.

BATISTELLA, Carlos. **O território e o processo saúde-doença**. Disponível em <http://www.epsjv.fiocruz.br/pdtsp/index.php?verifica=1&area_id=4&livro_id=6&arquivo=ver_conteudo_2>. Acesso em 12 de novembro de 2017.

CAMARATA, K. et al. **A Physical Computing Studio**: Exploring Computational Artifacts and Environments. International Journal of Architectural Computing. Vol. 1. no 2: 169-190. 2003. Disponível em:

<https://wiki.cc.gatech.edu/designcomp/images/4/4f/IJAC-p169-physcomp.pdf>. Acesso em 15 mar. 2016.

COMPUTAÇÃO Física BR. **Sobre Computação Física** . 2012. Disponível em: <https://computacaofisicabr.wordpress.com/o-que-e-computacao-fisica/>. Acesso em: 10 mar. 2016.

DESAI, **Pratik. Python Programming for Arduino**. Birmingham: packt publishing Ltd, 2015.

DORNELES V G. **Acessibilidade para idosos em áreas livres públicas de lazer**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89090/226213.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 de nov. de 2017.

EVANS, Dave. **A Internet das Coisas Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo.** Cisco, 2011. Disponível em:<https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf>. Acesso em: 12 de nov. de 2017.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**: Mecânica, vol 1. 10 edição. Editora LTC, 2006.

IBGE. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Acesso em 08 de Setembro de 2018.

MEDEIROS, Higor. **Introdução aos Processos de Software e o Modelo Incremental e Evolucionário.** Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/introducao-aos-processos-de-software-e-o-modelo-incremental-e-evolucionario/29839>. Acesso em: 15 de nov. de 2017.

MQTT. **Perguntas Frequentes**. Disponível em: <http://mqtt.org/faq>. Acesso em: 29 de abr. de 2018.

Mosquitto. **Eclipse Mosquitto**. Disponível em: <https://mosquitto.org/> Acesso em: 29 de abr. de 2018.

NEGRI, Felipe; LEDEL, Leandro Camara. **Plataforma de Hardware e Software com Interface de Reconhecimento de Voz**. 2016. Disponível em: <http://hto.ifsp.edu.br/portal/images/thumbnails/images/IFSP/Cursos/Coord_ADS/Arquivos/TCCs/2016/TCC_FelipeNegriDeOliveira.pdf>. Acesso em 16 de ago. de 2017.

NEVES, Flávia Cardoso; BIFANO, Amélia Carla Sobrinho. **O Processo de envelhecimento e acessibilidade**: O idoso no espaço domiciliar. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2015. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/cieh/trabalhos/TRABALHO_EV040_MD4_SA15_ID1537_19072015100623.pdf>. Acesso em 12 de nov. de 2017.

NODEMCU DOCUMENTATION. **NodeMCU Documentation.** Disponível em<https://nodemcu.readthedocs.io/en/master/>. Acesso em: 8 set. 2018.

OBEID, Ingrid Moura; NETO, Mauro Speranza. **Desenvolvimento de Simuladores de Movimento para Análise e Visualização da Dinâmica de Veículos**. 2014. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2014/relatorios_pdf/ctc/MEC/MEC-Ingrid%20Moura%20Obeid.pdf>. Acesso em: 15 de nov. de 2017.

OLIVEIRA, Adriana Sarmento de et al. **Fatores ambientais e risco de quedas em idosos: revisão sistemática**. Revista brasileira geriatria gerontologia, Rio de Janeiro , v. 17,n. 3, p. 637-645, set. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-98232014000300637&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 29 maio 2017.

Revista Científica Semana Acadêmica - ISSN 2236-6717 (RCSA). Conforme a NBR 6023:2002 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), este texto cientifico publicado em periódico eletrônico deve ser citado da seguinte forma: MORAIS. **A IMPORTÂNCIA DA ACESSIBILIDADE NA CIDADE**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXV, Nº. 000068, 06/05/2015.
Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/importancia-da-acessibilidade-na-cidade>. Acesso em: 12/11/2017.

SANTOS, Bruno P.; **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. Disponível em: <http://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 12 de nov. de 2017.

SAUDE, Pedro. **O Protocolo HTTP**. 2017. Disponível em: <https://br.ccm.net/contents/266-o-protocolo-http> acesso em: 29 de abr. de 2018.

SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de Software: Processo de Software. In: SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2011. cap. 2, p. 18-37.

Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia (SBGG). **Quedas em Idosos.** 2008. Disponível em: <http://sbgg.org.br/wp-content/uploads/2014/10/queda-idosos.pdf>. Acesso em 20 de Maio de 2017.