

Desenvolvimento de um Tapete Capacitivo para o Monitoramento de Pessoas com Necessidades Especiais

Caio Henrique Oliveira Cunha*, Luíz Antônio Alves Brandão*, Everaldo Lima Teixeira, Jonatas Leite Souza; Maximiano Maicon Batista Lopes, Lêda Sandriny Correia Batista.

Abstract—Due to the great vulnerability to fall, the elderly need a lot of attention and care, especially not night time because of the low light. Thus, this work had the objective of developing a carpet that allows identifying and alerting the movement of an elderly to the assistant of the time to assist him. A tape and medium working base of capacitive sensors. In the construction of the sensors was selected as aluminum as the best conductor for plates as sulphite paper as dielectric. The carpet with capacitive sensors presents good results in the variation of the capacitive sensitivity when exposed to an axial load. The algorithm allowed to manage the capacitive resources, and send the warning signals. Please, this project has fulfilled with its development goal a device that helps protect people in need of special attention.

Resumo: Devido à grande vulnerabilidade a queda, o idoso necessita de muita atenção e cuidado, principalmente no período noturno por causa da baixa luminosidade. Deste modo, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento um tapete que permite identificar e alertar o movimento de um idoso para que o assistente tenha tempo hábil de auxiliá-lo. A base do funcionamento do tapete é por meio de sensores capacitivos. Na construção dos sensores foi selecionado o alumínio como o melhor condutor para as placas com papel sulfite como dielétrico. O tapete com sensores capacitivos apresentou bons resultados na variação da sensibilidade capacitiva, quando exposto a uma carga axial. O algoritmo permitiu gerenciar os sensores capacitivos, e enviar os sinais de alerta. Portanto, este projeto cumpriu com o seu objetivo de desenvolver um dispositivo que ajude a proteger pessoas que necessitam de atenções especiais.

Palavras-chave: Capacitor, Idoso, Monitoramento, Segurança.

I. INTRODUÇÃO

O idoso pertence ao grupo populacional com maior vulnerabilidade a quedas. Esse tipo de acidente pode, na maioria dos casos, devido à fragilidade do corpo humano no decorrer dos anos alterar a sua capacidade funcional. O que interfere na autonomia e independência dos idosos. Acarretando na necessi-

dade de cuidados e auxílio para realização de atividades rotineiras [1].

A estabilidade do corpo está baseada na qualidade das informações sensoriais, cognitivas, cerebrais e dos músculos de forma integrada, e o envelhecimento faz com que efeitos cumulativos possam alterar essas informações [2]. Tais efeitos cumulativos, relacionados às doenças, medicamentos, circunstâncias sociais e ambientais são desafios para o condicionamento físico e sensorial de um idoso, agravando o número de quedas para essa parcela da sociedade. [3]

Como consequência direta das quedas pode-se incluir mortalidade, deterioração funcional, hospitalização e consumo de serviços sociais e de saúde. As consequências indiretas estão na restrição das atividades devido a dores, incapacidades, medo de novas quedas e aconselhamento de familiares e profissionais de saúde [4].

A figura 1, mostra o índice de quedas de idosos conforme as atividades diárias, segundo Holzbach.

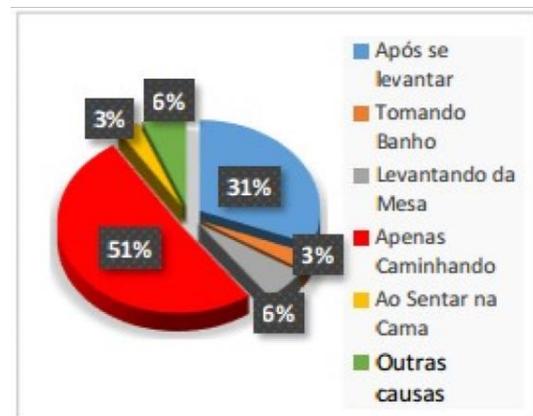


Fig. 1: Porcentagem das quedas de idosos por causas [5].

Percebe-se na figura 1 que, cerca de 34% das quedas ocorrem ao se levantar e sentar na cama. É visível perceber que, para os idosos, ações rotineiras simples, como caminhar, sentar, levantar e tomar banho podem apresentar grandes riscos de quedas e, conseqüentemente, causar machucados e lesões graves.

Além disso, de acordo com Ferretti, mais de 70% das quedas ocorrem no interior da residência, sendo que as pessoas que vivem sozinhas apresentam maior risco [6]. Dessa

Caio Henrique Oliveira Cunha, Luíz Antônio Alves Brandão, estudantes do curso de engenharia da computação pela Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros;(caiocomputacao2014@gmail.com, luizantonioab@hotmail.com)
 Everaldo Lima Teixeira, estudante do curso de engenharia mecânica pela Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros;(everaldo.preto@gmail.com)
 Jonatas Leite Souza, egresso do curso de engenharia da controle e automação pela Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros;(jonatas_ls@live.com)
 Maximiano Maicon Batista Lopes, mestre em engenharia dos materiais pela UFOP; (maximianoaicon@yahoo.com.br)
 Lêda Sandriny Correia Batista, mestre em Engenharia elétrica pela UFSJ. (ledasandriny@yahoo.com.br)

maneira, um acompanhamento mais eficiente e seguro pode diminuir os riscos, e amenizar as consequências de uma queda.

Assim, torna-se importante o desenvolvimento de um aparelho que alerte ao assistente, o momento em que o assistido se levante ou tenha a intenção de se deslocar. O aparelho tem como base para o funcionamento, um capacitor cuja capacitância varia com a intensidade de carga axial aplicada.

A. CAPACITOR

O capacitor é um componente de dois terminais, armazenador de energia, constituído por duas placas condutoras separadas por um material isolante [7].

O capacitor desenvolvido neste trabalho para a função de sensor, possui 4 placas paralelas de alumínio e três lâminas de material isolante papel sulfite, por apresentar maior capacitância que outros modelos, de acordo com testes realizados e apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Capacitância é a medida do quanto o capacitor pode armazenar de energia elétrica na forma de cargas separadas ou de um campo elétrico [7].

Desconsiderando o efeito de borda, o valor da capacitância é diretamente proporcional a área das placas e inversamente proporcional a distância entre elas. A capacitância C é dada pela equação 1.

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \tag{1}$$

Onde, C é a capacitância medida em Faradays [F], ε é uma constante de proporcionalidade, conhecida como constante dielétrica em Faradays por metro [F/m], A é a área das placas [m²] e d é a distância entre as placas em metros [m].

II. METODOLOGIA

A. Equipamentos

Para o desenvolvimento desse trabalho, previamente realizou-se diversos estudos sobre os melhores componentes, principalmente aos capacitores usados, sua geometria, montagem e materiais utilizados para a sua fabricação. Pois, é necessário o uso de condutores eficientes, dielétricos com maior capacidade de permissividade dielétrica e demais componentes eletrônicos que potencializem o projeto final. Outro quesito importante é o algoritmo a ser utilizado, pois este deve ser o mais preciso em questões de sensibilidade, por meio de plataformas de maior acessibilidade.

Os componentes utilizados na montagem dos capacitores (dielétrico e o condutor das placas) foram escolhidos após diversos testes e pesquisas com intuito de melhorar a sensibilidade à presença de uma carga axial, conforme as tabelas 1 e 2.

TABELA I

TESTES DE DIELETRICOS

1 camada de papel sulfite	35 cm X 43 cm	0,85n F até 11,6n F
1 camada de papel Jornal	35 cm X 43 cm	0,5 n F até 10n F

Dielétrico	Dimensão (Comprimento x Largura)	Variação de Capacitância [nF]
2 camadas de plástico	35 cm x 43 cm	0,45n F até 3,5n F
1 camada de papel Jornal	18,5 cm X 14 cm	0,14n F até 6,5n F
1 camada de Papel sulfite	18,5 cm X 14 cm	0,18n F até 5,5n F
2 camadas de plástico	18,5 cm x 14 cm	0,20n F até 2,8n F
1 camada de Papel sulfite	7 cm x 7 cm	0,08n F até 2,5n F
1 camada de papel Jornal	7 cm x 7 cm	0,06n F até 2n F
2 camadas de plástico	7 cm x 7 cm	0,06n F até 1,5n F
1 camada de papel Jornal	35 cm X 43 cm	0,5n F até 10n F
2 camadas de plástico	35 cm x 43 cm	0,45n F até 3,5n F
1 camada de papel Jornal	18,5 cm X 14 cm	0,14n F até 6,5n F
1 camada de Papel sulfite	18,5 cm X 14 cm	0,18n F até 5,5n F
2 camadas de plástico	18,5 cm x 14 cm	0,20n F até 2,8n F
1 camada de Papel sulfite	7 cm x 7 cm	0,08n F até 2,5n F

Tabela com os valores da capacitância encontrados em função da capacitância.

TABELA II

PESQUISA DE CONDUTORES PARA AS PLACAS

Metal	Condutividade [m ⁻¹]
Prata	62,5
Cobre puro	61,7
Ouro	43,5
Alumínio	34,2
Tungstênio	18,18
Zinco	17,8
Bronze	14,9
Latão	14,9
Níquel	10,41
Ferro puro	10,2
Platina	9,09
Estanho	8,6
Manganina	2,08
Constantan	2
Mercúrio	1,0044

Tabela com os valores pesquisados para condutor das placas dos capacitores [8].

É possível perceber através da tabela 1, que quanto maior for a dimensão dos capacitores maior será a capacitância medida, uma vez que a área é diretamente proporcional a capacitância, porém, capacitores menores apresentam maior variação. Outro fator é o dielétrico, alguns dielétricos utilizados nos capacitores apresentaram capacitâncias diferentes e variações diferentes.

Com os dados obtidos referentes aos dielétricos, analisou-se os dados a procura da amostra que apresentasse maior variação de capacitância submetido a uma carga axial. Dos materiais com maior variação, observou que uma área maior apresentava maior resistência a uma força aplicada, assim influenciando na variação da capacitância.

Dentre os condutores pesquisados, o alumínio e o zinco apresentaram uma boa variação na capacitância. O alumínio e o zinco foram escolhidos devido à facilidade de encontrá-los no mercado regional.

B. Módulo de Controle

O módulo de controle é dimensionado a partir do micro controlador ATMEGA 318p que condicionado aos outros componentes na placa impressa realiza todo o controle do sistema recebendo informações e tomando as decisões.

O ATMEGA 318p, quando usado na placa ARDUINO, possui 14 pinos digitais para entradas e saídas com aplicações PWM, 6 saídas analógicas, cristal oscilador de 16MHz, conexão USB e entrada para alimentação. A escolha do micro controlador deve-se ao seu baixo custo, o que diminui o custo final do projeto e é claro a sua facilidade de interface, pois a sua tecnologia *opensource* traz diversas bibliotecas e funções que são utilizadas em diversos projetos.

O módulo de controle é composto por um micro controlador AT Mega 382p, resistores e conexões para os alarmes. Este módulo controlador é projetado em um *software* de prototipagem genérico, que permite otimizar o circuito a ser impresso na placa de fenolite. Os componentes que compõem o módulo de controle são soldados na placa e são diferenciados em dois grupos, um para o monitoramento do sensor e o outro para ativação e desativação dos alarmes.

Para esse controle é necessário que o micro controlador esteja em um circuito independente, assim, pode ser implementado com portabilidade, pois um circuito independente permite um projeto mais eficiente, sem desperdícios de recurso. Conforme apresentado na figura 2.

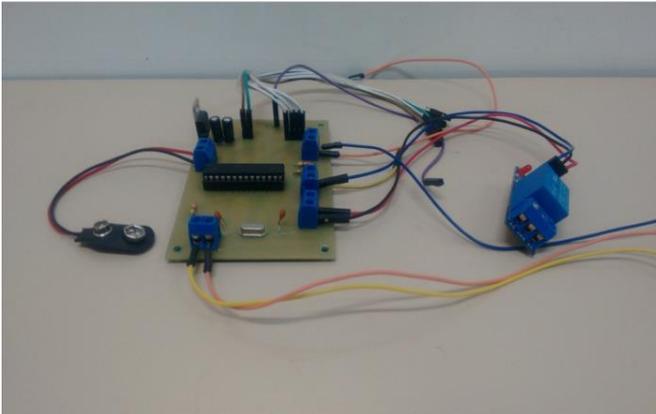


Fig. 2: Módulo Controlador

C. Código Controlador e Circuito

O código utilizado no micro controlador é desenvolvido para que possa funcionar com rapidez e precisão na detecção do peso do indivíduo e na ativação do sistema de alarme.

Esse código é desenvolvido para que os capacitores do sensor fossem carregados e descarregados continuamente, e ao mesmo tempo em que realizasse a leitura da tensão nas placas. Quando a tensão nos capacitores atinge 63% da tensão aplicada, é obtida a capacitância atual dos capacitores por meio do tempo gasto no carregamento, se este valor for superior ou igual ao desejado para a ativação, são enviados os sinais de alarme.

Os alarmes são acionados por meio de funções diferentes no código. Um *buzzer* é ativado enviando um nível alto na porta do controlador onde o mesmo está conectado. Lâmpadas podem ser acessas ativando um relé conectado à placa. Outros

computadores ou servidores podem receber o alerta através do interfaceamento serial ou comunicação via internet.

A comunicação via internet visa a futura implementação da arquitetura cliente-servidor, possibilitando que o cuidador seja alertado de algum acontecimento mesmo estando distante. Para que esta funcionalidade seja implementada, é necessário ter um programa servidor e outro programa cliente. O programa cliente é desenvolvido com a biblioteca “<Ethernet.h>” que possibilita enviar e receber dados pela internet por meio do módulo *Shield Ethernet Arduino*. Com auxílio das funções dessa biblioteca e do módulo *Shield Ethernet*, o algoritmo envia dados como a hora da leitura, o valor atual da capacitância e o estado do tapete.

Para a realização do teste do programa cliente, não é utilizado e nem desenvolvido um programa servidor, uma vez que demandaria de recursos não disponíveis. Como alternativa para a realização do teste do programa cliente utiliza-se um navegador de internet, que possibilita a visualização dos dados enviados pelo módulo *Shield Ethernet*.

Além disso, é necessária a utilização de um circuito que garante que o processo de carga e descarga dos capacitores ocorra em uma frequência compatível com a do microcontrolador, conforme a figura 3.

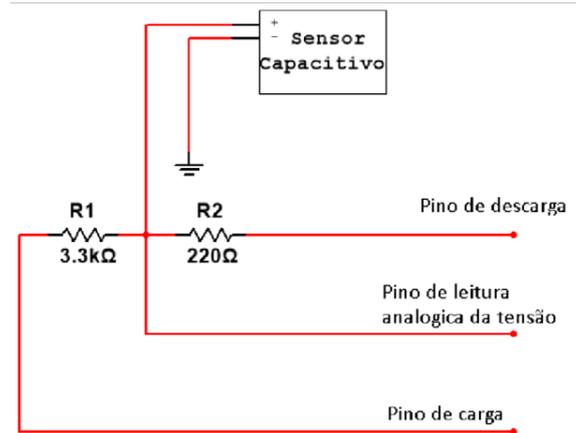


Fig. 3: Circuito auxiliar com o sensor capacitivo.

D. Sensor Capacitivo

Como parte essencial do projeto, o sensor é composto por uma rede de capacitores planos dispostos lado a lado e ligados em paralelo na malha elétrica do tapete. A confecção do tapete com os sensores é necessária, pois o mercado atual não disponibiliza tal dispositivo. Qualquer aplicação de carga axial sobre o capacitor implica na alteração da sua capacitância, e por meio da aquisição desses dados pode-se gerenciar por meio do microcontrolador.

III. RESULTADOS E DISCURSÃO

Para a realização das etapas da pesquisa e desenvolvimento do projeto, é necessário obter informações acerca dos materiais e componentes eletrônicos do projeto.

De acordo com os testes, o alumínio é selecionado por apresentar características como, melhor condutor para as placas do sensor capacitivo, devido ao seu custo, acessibilidade e sua alta condutividade.

Na escolha do dielétrico do capacitor é usado alguns critérios como: acessibilidade, custo e rigidez dielétrica. Esses critérios permitem obter maior variação da capacitância e consequentemente maior sensibilidade. Depois de testados vários dielétricos, conforme a figura 4, e o que apresenta maior rigidez elétrica é o papel sulfite.

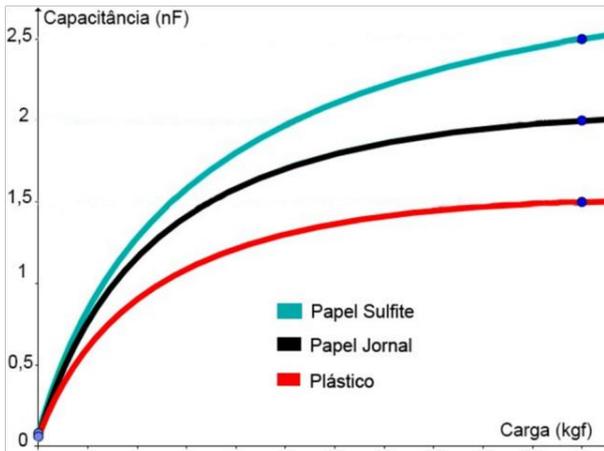


Fig. 4: Gráfico com as variações das capacitâncias em função da carga axial para os dielétricos testados.

Cada sensor capacitivo no tapete possui quatro placas quadradas e com uma área de 30,25 cm² intercaladas com o dielétrico de papel sulfite. A primeira placa é conectada a terceira e a segunda é conectada com a quarta o que resulta em três capacitores ligados em paralelo, conforme a figura 5.

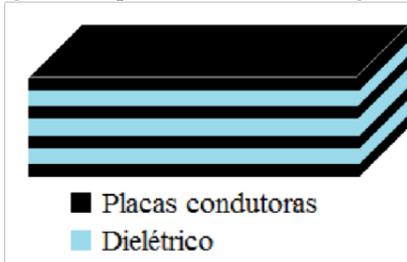


Fig. 5: Representação esquemática do sensor capacitivo.

São utilizados 42 capacitores dispostos de forma regular sobre a superfície do tapete de dimensão 0,23 m².

O sistema de alarme desenvolvido é capaz de ativar lâmpadas, alto-falantes e outros equipamentos através de reles, além de enviar um sinal de ativação para um servidor monitorado por um aplicativo que informa ao cuidador quando o tapete é pressionado.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do tapete com sensores capacitivos apresenta bons resultados na variação da sensibilidade capacitiva, quando exposto a uma carga axial. Isto significa,

que o dispositivo permite uma melhor sensibilidade na detecção de um peso sobre o dispositivo. Para isso, os capacitores são desenvolvidos com dielétrico de papel sulfite que possui uma maior constante dielétrica em relação aos demais materiais testados, como provado nos testes realizados. As placas dos capacitores por sua vez foram feitas com alumínio devido sua alta condutividade. Um protótipo do tapete capacitivo pode ser visto na figura 6.

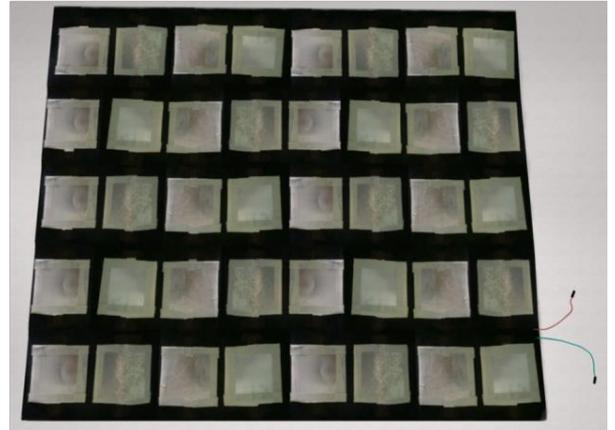


Fig. 6: Foto do protótipo do tapete com sensores capacitivos.

A placa de circuito impresso é desenvolvida com o objetivo de tornar o projeto autônomo e de fácil portabilidade. O algoritmo permite gerenciar o sensor capacitivo, e enviar os sinais de alerta para se comunicar com o responsável pela assistência ao indivíduo com necessidade de cuidados especiais.

Sendo assim, tem-se a convicção de que o resultado final deste projeto cumpre com o seu objetivo de desenvolver um dispositivo que de alguma forma ajude a proteger pessoas que necessitam de atenções especiais, especialmente idosos.

V. AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências e Tecnologia de Montes Claros e a FAPEMIG por disponibilizarem laboratórios, equipamentos e recursos necessários para o desenvolvimento e incentivo da pesquisa.

REFERENCES

- [1] FABRÍCIO, S.C.C.; RODRIGUES, R. A. P. Percepção de Idosos Sobre Alterações das Atividades da Vida Diária Após Acidentes por Queda. RevEn-ferm, UERJ, 2006, ago.
- [2] PEREIRA, S.; BUKSMAN, S.; PER-RACINI, M.; PY, L.; BARRETO, K.; LEITE V. Quedas em idosos. Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia, Rio de Janeiro; 2001.
- [3] Adalgisa Peixoto Ribeiro; Edinilsa Ramos de Souza; Soraya Atie; Amaro Crispim de Souza; Arthur Orlando Schilithz. A influência das quedas na qualidade de vida de idosos. Ciênc. saúde coletiva vol.13 no.4 Rio de Janeiro July/Aug. 2008
- [4] DOWNTON, J.; FALLS, I.; TALLIS, R.; FILLIT, H.; BROCKLEURST, J. Brocklehurst's Textbook of Geriatric Medicine and Gerontology. 8th ed. London: Churchill Livingstone; 1998. p. 1683.
- [5] HOLZBACH, V; BEUTER, C. R. Índice de Quedas em Idosos Institucionalizados. Revista Nova Fisio. 2016.

- [6] Fatima Ferretti, Diany Lunardi, Larissa Bruschi, Causas e consequências de quedas de idosos em domicílio. Fisioterapia em Movimento. vol.26 no.4 Curitiba Sept./Dec. 2013.
- [7] DORF, Richard C., SVOBODA, James A. Introdução aos circuitos elétricos / Richard C.Dorf, James A.Svoboda . 7th ed. Rio de Janeiro: LTC; 2008. p. 233.
- [8] VILLATE, Jaime E. Eletricidade e Magnetismo. 3th ed. ISBN 978-97299396-2-4. 11 jun. 2013.