



MODELAGEM COMPUTACIONAL DE UM SISTEMA PARA MAPEAMENTO TÉRMICO DE PÉS DIABÉTICOS



Autoras: Claudia Letícia de Lima Dantas e Jéssica Karla da Silva Gaspar

Orientadora: Prof^ª. MSc. Kamila Fernanda Ferreira da Cunha Queiroz

Co-orientador: Prof. MSc. Tiago de Oliveira Barreto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Ceará-Mirim - RN

INTRODUÇÃO

O pé diabético é caracterizado pela presença de úlceras, infecções e/ou necrose gangrenosa do tecido [1]. Cerca de 80% das amputações dos membros inferiores são realizadas em pacientes com diabetes e/ou com doença vascular periférica [2].

A termografia é um método não ionizante, sem contato, indolor e não prejudicial à saúde. O exame termográfico pode ser inserido no acompanhamento dos pés de pacientes diabéticos, uma vez que a inflamação em seus pés pode ser um sinal de alerta precoce e preditivo para ulceração, e a temperatura provou ser um marcador indireto de inflamação [3].

OBJETIVO

Desenvolver um protótipo baseado nas tecnologias da câmera termográfica que possa auxiliar no diagnóstico e monitoramento da neuropatia periférica diabética, utilizando Arduino, sensores de temperatura e modelagem 3D de um aparato portátil.

METODOLOGIA

A simulação computacional do mapeamento térmico foi organizada em etapas:

1. Levantamento dos componentes eletrônicos para simulação dos circuitos;
2. Uso do Arduino e do software Proteus para criação dos circuitos e comandos computacionais destinados ao registro de temperaturas;

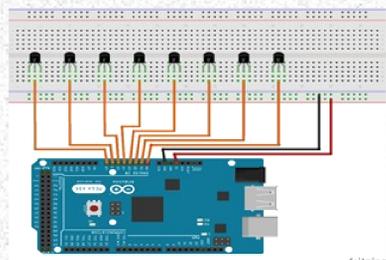


Figura 1 - Circuito para medição da temperatura

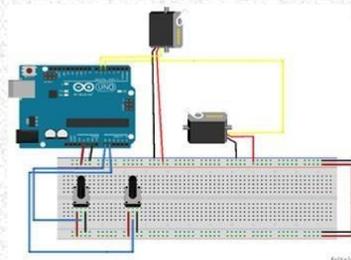


Figura 2 - Circuito para movimentação da malha de sensores de temperatura

3. Determinação do modo de leitura da planta do pé diabético para criação da matriz de temperatura;
4. Uso do software Tinkercad para modelagem computacional do aparato portátil que auxiliará na aquisição de temperaturas plantar do pé diabético;

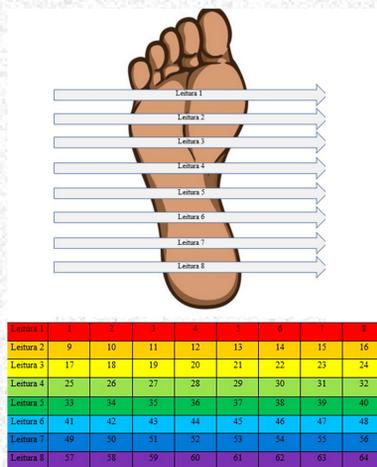


Figura 3 - Esquema da leitura da sola do pé do paciente

RESULTADOS

Os principais resultados obtidos com o trabalho foram: código para o mapeamento das temperaturas no ambiente de desenvolvimento do Arduino e matriz, simulada no Proteus, com dados em tempo real de captura da temperatura em cada sensor (Figura 4 e Figura 5) e um Aparato mecânico criado para impressão 3D em Acrilnitrila-Butadieno-Estireno (ABS) (Figura 6).

Algoritmo 1 Pseudocódigo genérico para mapeamento térmico	
1.	Declaração dos pinos responsáveis pela leitura da saída do LM35
2.	Declaração dos pinos responsáveis de armazenar as temperaturas medidas
3.	INICIO
4.	Definição da matriz para receber os valores de temperatura
5.	Criação de 8 expressões para ser calculado as temperaturas lidas em cada sensor
6.	Criação de uma matriz para imprimir os valores das temperaturas na tela
7.	FIM

Algoritmo 2 Pseudocódigo genérico para circuito de movimentação	
1.	Incluindo a biblioteca para controle dos servomotores
2.	Criação de dois objetos da classe Servo
3.	Definição dos pinos analógicos onde os potenciômetros estarão conectados
4.	Definição dos pinos digitais que serão associados aos controles dos servomotores
5.	Definição das variáveis dos pinos digitais aos objetos da classe Servo
6.	Associação dos pinos digitais aos objetos da classe Servo
7.	INICIO
8.	Leitura do valor do potenciômetro entre o intervalo de 0 e 1023
9.	Mapeamento do valor para a escala do servo entre 0 e 180
10.	Definição do valor posição dos servomotores
11.	FIM

Figura 4 - Pseudocódigos dos circuitos simulados

```

temperatura pisel10101 = 29
temperatura pisel10111 = 30
temperatura pisel10112 = 30
temperatura pisel10113 = 31
temperatura pisel10114 = 31
temperatura pisel10115 = 29
temperatura pisel10116 = 29
temperatura pisel10117 = 31
temperatura pisel11101 = 29
temperatura pisel11111 = 30
temperatura pisel11112 = 30
temperatura pisel11113 = 31
temperatura pisel11114 = 31
temperatura pisel11115 = 29
temperatura pisel11116 = 29
temperatura pisel11117 = 31
temperatura pisel12101 = 29
temperatura pisel12111 = 30
temperatura pisel12112 = 30
temperatura pisel12113 = 31
temperatura pisel12114 = 31
temperatura pisel12115 = 29
temperatura pisel12116 = 29
temperatura pisel12117 = 31
temperatura pisel13101 = 29
temperatura pisel13111 = 30
temperatura pisel13112 = 30
temperatura pisel13113 = 31
temperatura pisel13114 = 31
temperatura pisel13115 = 29
temperatura pisel13116 = 29
temperatura pisel13117 = 31
temperatura pisel14101 = 29
temperatura pisel14111 = 30
temperatura pisel14112 = 30
temperatura pisel14113 = 31
temperatura pisel14114 = 31
temperatura pisel14115 = 29
temperatura pisel14116 = 29
temperatura pisel14117 = 31
temperatura pisel15101 = 29
temperatura pisel15111 = 30
temperatura pisel15112 = 30
temperatura pisel15113 = 31
temperatura pisel15114 = 31
temperatura pisel15115 = 29
temperatura pisel15116 = 29
temperatura pisel15117 = 31
temperatura pisel16101 = 29
temperatura pisel16111 = 30
temperatura pisel16112 = 30
temperatura pisel16113 = 31
temperatura pisel16114 = 31
temperatura pisel16115 = 29
temperatura pisel16116 = 29
temperatura pisel16117 = 31
temperatura pisel17101 = 29
temperatura pisel17111 = 30
temperatura pisel17112 = 30
temperatura pisel17113 = 31
temperatura pisel17114 = 31
temperatura pisel17115 = 29
temperatura pisel17116 = 29
temperatura pisel17117 = 31
    
```

Figura 5 - Leitura das temperaturas simuladas

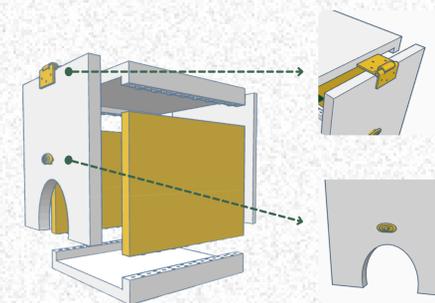


Figura 6 - Aparato mecânico e suas principais estruturas

O valor total estimado do sistema proposto foi de R\$ 1.962,10. Houve uma redução de custo de, aproximadamente, 5 vezes em relação a dispositivos vendidos para fins semelhantes.

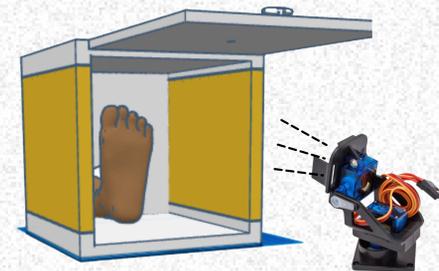


Figura 7 - Exemplo do sistema de aquisição de temperatura da planta do pé de paciente

CONCLUSÃO

O presente trabalho discutiu sobre o planejamento de um protótipo de baixo custo para realização do mapeamento térmico da sola do pé de pacientes diabéticos. Como forma de auxiliar na padronização da aquisição das temperaturas plantar, foi modelado computacionalmente um aparato portátil.

O conjunto circuito+aparato utilizou métodos construtivos pouco complexos, de baixo custo, não invasivos ou ionizantes e podem ser úteis no auxílio do diagnóstico precoce e/ou do acompanhamento de pessoas portadoras de diabetes. Além de ser portátil, o que contribuiria no deslocamento para diversas áreas.

A construção física do protótipo foi inviabilizada pelo agravamento da pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2 e pela falta de recursos para aquisição de material.

Como trabalhos futuros, são sugeridas: a substituição do sensor de temperatura por um infravermelho para captação da temperatura sem contato e possível geração de imagens térmicas; e a implementação de um circuito para resfriamento e/ou aquecimento do aparato e para monitoramento da sua temperatura interna.

REFERÊNCIAS

1. JUAREZ-SALINAS et al. Algoritmo de procesamiento digital de imágenes para la detección y evaluación de heridas de pie diabético. Revista electrónica de Ingeniería y Tecnologías, Universidad Autónoma de Zacatecas <http://www2.uaz.edu.mx/web/www/publicaciones>. Vol. 8, No. 1, maio/agosto. 2014.
2. TARDIVO, JP. et al. Development of the Tardivo Algorithm to Predict Amputation Risk of Diabetic Foot. PLoS One. 2015 Aug 17;10(8):e0135707. doi: 10.1371/journal.pone.0135707. PMID: 26281044; PMCID: PMC4539188.
3. BHARARA, M. et al. Coming events cast their shadows before detecting inflammation in the acute diabetic foot and the foot in remission. Diabetes Metab Res Rev. 2012;28 Suppl 1:15–20.

Fonte das Imagens:

- Figura 1-6: Autoria própria, 2021.
- Figura 7 - https://www.eletrogate.com/suporte-pan-tilt-para-servo-motor?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQiA64GRBhCZARIsAHLrKzS_wopPz-y9IZOM-s0VsAYNYGo0WrCL0runyNf0y5NgnXclhilaAv0aEALW_wcB