



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA “MINISTRO RALPH BIASI”

Curso Superior de Tecnologia em Têxtil e Moda

Rosângela de Oliveira Wanemacher

A aplicação da tecnologia voltada para o desenvolvimento de tecidos inteligentes na prevenção de lesões musculares em atletas.

Americana SP

2020

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA “MINISTRO RALPH BIASI”

Curso Superior de Tecnologia em Têxtil e Moda

Rosângela de Oliveira Wanemacher

A aplicação da tecnologia voltada para o desenvolvimento de tecidos inteligentes na prevenção de lesões musculares em atletas.

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia em Têxtil e Moda, sob a orientação do Doutor Daives Arakem Bergamasco

Área de concentração: Tecidos Tecnológicos

Rosângela de Oliveira Wanemacher

A aplicação da tecnologia voltada para o de envolvimento de tecidos inteligentes na
prevenção de lesões musculares em atletas.

Trabalho de graduação apresentado como exigência
parcial para obtenção do título de Tecnólogo em
Têxtil e Moda pelo CEETEPS/Faculdade de
Tecnologia – FATEC/ Americana.

Área de concentração: Tecidos Tecnológicos

Americana, 22 de julho de 2020.

Banca Examinadora:

Doutor Daives Arakem Bergamasco_(Presidente)

Doutor

Faculdade Tecnológica de Americana

Carlos Frederico Faé (Membro)

Professor

Faculdade Tecnológica de Americana

Alex Paulo Siqueira Silva (Membro)

Mestre

Faculdade Tecnológica de Americana

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu marido, Alexandre Wanemacher Oliveira Reis, por toda dedicação à nossa família e por todo suporte e incentivo, fundamentais para a conclusão desse ciclo. Dedico à minha filha Esther Wanemacher de Oliveira Reis, inspiração motivadora para muitas das minhas conquistas. Dedico também à minha mãe Lucila Marli de Oliveira e à minha valente avó Lydia Luiza de Oliveira, por terem, antes mesmo dos meus primeiros passos, construído os alicerces seguros sobre os quais pude crescer e me desenvolver.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Daives Arakem Bergamasco, pelo incentivo, pela paciência e principalmente por todo conhecimento passado, contribuições imateriais e das mais valiosas, sem as quais a conclusão deste trabalho não teria sido possível com tal resultado.

RESUMO

Estudo de aplicação de circuitos tecnológicos em roupas, que visa a prevenção de lesões, através do monitoramento via sensores de temperatura, e que seja viável aos praticantes de esporte em geral e em diversos níveis. As análises aqui levantadas, trabalham especificamente com a observação de praticantes de ginástica artística. A prática do esporte, geralmente demanda grande esforço físico, que em algum momento pode vir a gerar lesões nos músculos mais exigidos. Com a tecnologia como aliada, é possível, através de modelos de *Arduinos* monitorar os locais de maior estresse durante os exercícios. Para isto, neste estudo foi aplicado o *Arduino Lilypad* ao *collant* que através de *softwares* apropriados simulou as variações de temperatura, e assim, onde ela apresentava aumento, poderia indicar o risco de lesão, e nestas situações preveni-la. Importante ressaltar que uma vez que a prática esportiva seja algo popular, os estudos de viabilidade e tecnologias sigam a fim de atingir um montante considerável de atletas profissionais, e mesmo amadores nas diversas modalidades de treinos e competições.

Palavras-Chave: Ginástica, Músculos, *Collant*, *Lilypad*

ABSTRACT

Study of application of technological circuits in clothing, which aims to prevent injuries, through monitoring via temperature sensors, and which is viable for sports practitioners in general and at different levels. The analyzes raised here, work specifically with the observation of practitioners of artistic gymnastics. The practice of sports, generally requires great physical effort, which at some point can generate injuries in the muscles most required. With technology as an ally, it is possible, through “Arduino” models, to monitor the places of greatest stress during exercises. For this, in this study the Arduino “LilyPad” was applied to the leotard which, through appropriate software, simulated temperature variations, and thus, where it presented an increase, it could indicate the risk of injury, and in these situations prevent it. It is important to emphasize that once the practice of sports is something popular, feasibility studies and technologies follow in order to reach a considerable number of professional athletes, and even amateurs in the different modalities of training and competitions.

Keywords: *gymnastics, muscles, leotard, lilypad*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Movimentos Voluntários Contração Muscular	13
Figura 2: Músculo Liso	14
Figura 3: Tecido Muscular Estriado Cardíaco.....	14
Figura 4: Friedrich Ludwig Jahn – O Pai da Ginástica	16
Figura 5: Vestuário para a prática de ginástica artística.....	17
Figura 6: Desenho da placa de <i>Arduino</i> Uno.....	19
Figura 7: Tipos de placas de arduino.....	19
Figura 8: Termografia.....	22
Figura 9: <i>LilyPad</i> na roupa	23
Figura 10: Vista Frontal da placa	24
Figura 11: Exemplo de aplicação <i>Wearables</i>	24
Figura 12: Pinagem da placa <i>LilyPad</i> , <i>Hardware</i> do modelo utilizado neste tutorial.....	25
Figura 13: Vista posterior da placa <i>Lilypad Arduino</i>	26
Figura 14: Gráfico Temperatura X Tempo dos sensores.....	27
Figura 15: Sensor de Temperatura.....	28
Figura 16: Montagem do circuito	28
Figura 17: Modelo do <i>collant</i>	29
Figura 18: Desenho técnico da peça	30
Figura 19: <i>Site Tinkercard</i>	31
Figura 20: Configurando o primeiro sensor	31
Figura 21: Simulação do primeiro sensor A0.....	33
Figura 22: Configuração dos cinco sensores de temperatura no <i>Arduino</i> UNO R3	33
Figura 23: Temperatura do primeiro sensor A0	34
Figura 24: conexão dos fios.....	34
Figura 25: "jacarés" conectados ao sensor	35
Figura 26: conexões com a placa <i>Lilypad</i>	35
Figura 27: Montagem do circuito <i>Lilypad</i> na Faculdade de Tecnologia de Americana.....	36
Figura 28: Materiais utilizados	38
Figura 29: Desenho da posição dos equipamentos no <i>collant</i>	38
Figura 30: Posição dos Sensores no <i>Collant</i>	40
Figura 31: Pose de ginasta	41
Figura 32: Cama Elástica, exercício “abre e fecha”	41

Figura 33: Trave	42
Figura 34: Abdominal.....	42
Figura 35: Abertura de perna.....	43
Figura 36: Avião.....	43
Figura 37: Abdominal.....	44
Figura 38: Cadeirinha	44
Figura 39: Abdominal.....	45
Figura 40: Termografia.....	45
Figura 41: Resultados dos cinco sensores de Temperatura da configuração do <i>Tinkercad</i>	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	Sistema muscular.....	13
2.1.1	Músculos Voluntários.....	13
2.1.2	Músculos Involuntários.....	13
2.1.3	Classificação dos Músculos.....	14
2.2	Ginástica artística.....	15
2.3	<i>Collant</i>	16
2.4	<i>Arduino</i>	18
2.4.1	Modelos de Placas <i>Arduino</i>	19
2.4.2	O <i>Arduino</i> e suas aplicações.....	20
2.5	<i>Wearables</i>	20
2.6	Tecnologias existentes: Termografia.....	20
3	MÉTODOS E PROCESSOS.....	23
3.4	Desenvolvimento da roupa.....	23
3.4.2	Linha Condutora.....	26
3.4.3	Sensor de Temperatura.....	27
3.4.4	<i>Tinkercard</i>	28
3.5	Construção do <i>Collant</i>	29
3.6	Simulação do <i>Tinkercard</i>	30
3.7	Configurando o Código.....	32
3	RESULTADOS.....	37
4	PROCESSO DE APLICAÇÃO.....	38
4.4	Montagem do circuito no <i>collant</i>	38
4.5	Adaptação do <i>Lilypad</i> ao <i>collant</i>	38
4.5.2	Posição dos sensores.....	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

Em janeiro de 2019 minha filha iniciou na atividade de ginástica artística na cidade de Americana, e ao acompanhá-la nas aulas comecei a observar que muitas crianças, mesmo com todas as precauções e cuidados tomados, por vezes reclamavam de algum desconforto após as atividades. Não tendo como avaliar o que representaria esse incômodo, pensei na criação de um sensor para controle de temperatura aplicado ao próprio *collant*, para avaliar risco de lesão muscular.

A partir de então surgiu a ideia de iniciar um estudo em que fosse possível o uso de tecnologia e da forma que ela poderia ser aplicada em tecidos, tornando-os assim “inteligentes”.

O uso da tecnologia aliada à prática esportiva poderia abranger diversas possibilidades, entretanto, o objeto deste estudo se atém a utilização desta através da introdução de *Arduinos*, ou sensores de temperatura em tecidos, transformando-os em inteligentes, que aplicados ao *collant*, que é a vestimenta em contato primário com o corpo do atleta, possam monitorar os músculos com maior carga de estresse na região torácica durante a prática esportiva.

O projeto propõe que os *Arduinos* sejam aplicados ao tecido e posicionados em regiões musculares específicas do tórax e assim passem a colher dados quando identifica alteração de temperatura durante os movimentos do atleta.

Estas regiões compreenderiam os músculos intercostais (externo, interno e íntimo) além do feixe intercostal e do diafragma, responsáveis pela respiração, também os músculos que constituem a parede torácica (transverso do tórax, subcostais, levantadores de costelas, serrátil posterior superior e serrátil posterior inferior).

O envio dos dados se dá a partir dos sensores de temperatura, enviados ao aparelho celular ou computador, o qual via aplicativo faz a leitura das variações de calor em tempo real onde identifica as regiões com maior grau de tensionamento.

Uma das finalidades é levar este estudo, desde o treinamento à competição, e acompanhar os resultados, a fim de que seja observado o nível de esforço em ambas as situações.

Os dados são obtidos por meio dos *Arduinos*, que levam a identificar e avaliar os processos inflamatórios, que quando ocorrem há aumento do metabolismo no local de estresse gerando calor, e com isso se dá o aumento de temperatura no mesmo lugar da lesão. Desta forma, através do *Arduino* de temperatura é possível monitorar os riscos de lesões nos atletas, e assim, intervir no diagnóstico e no treinamento físico.

Convém ressaltar que a opção do projeto ser focado na utilização do *Arduino*, se dá também por ser uma alternativa de maior viabilidade, menos custosa ante outras possibilidades avaliadas, pois assim teria probabilidade de alcançar um maior número de praticantes do esporte, inclusive usuários dos sistemas públicos de treinamento e incentivo a sua prática.

No presente estudo, os tópicos listados abaixo tornam-se relevantes para o desenvolvimento do projeto. São eles:

- O Sistema Muscular
- A Ginástica Artística
- A vestimenta utilizada nesta prática (*collant*)
- O *Arduino*
- Os *Wearables*
- O *Lilypad*

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema muscular

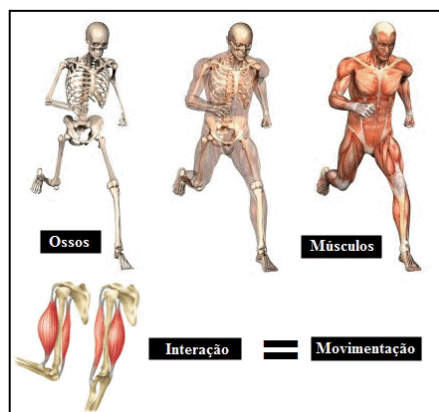
O conceito de sistema muscular, segundo Dangelo e Fatine, compreende as estruturas que movem os segmentos do corpo por encurtamento da distância que existem entre suas extremidades fixadas, ou seja, por contração. A miologia os estuda dentro do aparelho locomotor, por si constituído por ossos, músculos e juntas, que são elementos ativos dos movimentos, sendo assim a musculatura forma a estática do corpo humano, determinando a posição e a postura do esqueleto.

Cada célula muscular está sob o controle do sistema nervoso e cada músculo possui um nervo motor, que o divide em vários ramos, controlando todas as células dos músculos. Algumas divisões microscópicas terminam num mecanismo chamado placa motora, ou seja, quando um impulso passa pelo nervo, transmite um outro ao músculo determinando a contração muscular.

2.1.1 Músculos Voluntários

É quando o impulso para a contração resulta num movimento voluntário. Por exemplo, um exercício da vontade consciente. Apresentam estriações transversais, por esta razão são estriados.

Figura 1: Movimentos Voluntários Contração Muscular

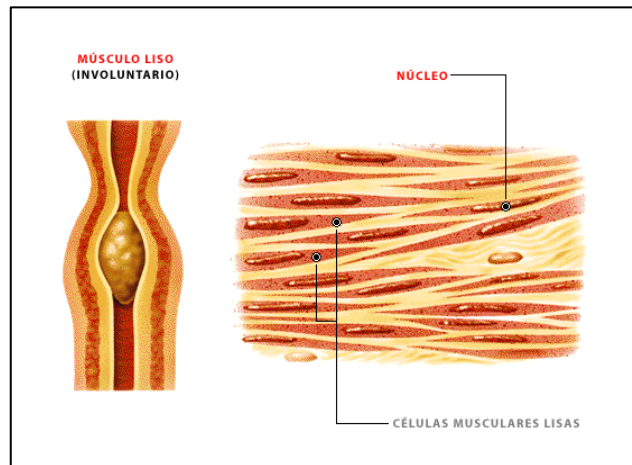


Fonte: Museu Escola Unesp

2.1.2 Músculos Involuntários

Ocorre quando se origina do sistema nervoso, são lisos. Não temos o controle deles. Por exemplo, as vísceras.

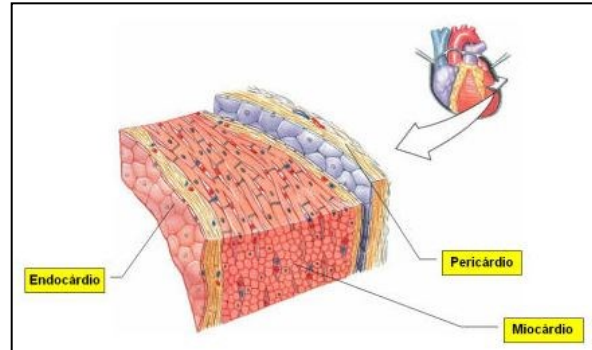
Figura 2: Músculo Liso



Fonte: Pinterest

O músculo cardíaco é um músculo involuntário, porém assemelha-se ao músculo estriado (voluntário), todavia, diferencia-se dos outros dois por várias características próprias.

Figura 3: Tecido Muscular Estriado Cardíaco



Fonte: Só Biologia

Os músculos estriados e lisos também podem ser diferenciados por sua topografia. Os primeiros, esqueléticos, são fixados por uma extremidade ao esqueleto, e os viscerais por sua vez, nas paredes das vísceras. Entretanto, os músculos estriados são encontrados também em algumas vísceras e os músculos lisos podem estar submetidos ao controle da vontade.

2.1.3 Classificação dos Músculos

Segundo Pinheiro, os músculos são classificados de acordo com a função:

- Agonistas: que contraem gerando o movimento;

- Sinergistas: que contraem na mesma direção dos agonistas, participam na produção do movimento;
- Antagonistas: reagem contra o movimento desejado, ou seja, enquanto os músculos agonistas geram o movimento de contração, os antagonistas promovem o relaxamento e alongamento gradual do músculo, e permite que o movimento seja de forma coordenada.

2.2 Ginástica artística

Segundo Groll et al, a história da ginástica remete aos tempos da Antiguidade. Poucos séculos antes da Era Cristã já existia a prática de acrobacias no Egito, que se pareciam com os movimentos da ginástica. Esta seria uma das formas que marcaria sua origem. Contudo, o que de mais concreto é encontrado sobre a origem deste esporte, nos reporta à Grécia Antiga. Especialistas relatam o fato de os gregos sempre praticarem atividades físicas para manterem o corpo em forma e de utilizarem a prática da ginástica como instrumento de treino para o aperfeiçoamento físico de seus militares.

A palavra ginástica vem do grego *gymnastiké*, que significa em tradução literal para o português, “exercitar-se nu”. Muitos séculos depois a ginástica começa a obter maior importância. Entre os séculos XIV e XVI com as teorias e estudos, e a consequente valorização do corpo humano, a ginástica passou a ser incentivada com o uso de alguns aparelhos especiais nos exercícios. Este crescimento deu-se ao longo do período da prática de ginástica na Grécia antiga, até tornar-se bastante popular e ser adotado como esporte por aquela comunidade.

A ginástica por fim, dá seu grande salto e chega a categoria esportiva no século XIX, a partir do ano de 1811, através do professor alemão *Friedrich Ludwig Christoph Jahn*, que a sistematizou e a elevou ao patamar de esporte, tendo inclusive aberto na Alemanha a primeira escola para sua prática ao ar livre.

Figura 4: *Friedrich Ludwig Jahn* – O Pai da Ginástica



Fonte: Travinha.com.br

A ginástica artística engloba várias provas, no masculino e no feminino, são elas:

Masculino:

- Solo
- Cavalo com alças
- Argolas
- Salto sobre o cavalo
- Barras paralelas
- Barra fixa

Feminino:

- Solo
- Salto sobre o cavalo
- Barras assimétricas
- Trave

2.3 Collant

Para a prática da ginástica artística é necessário que se utilize roupas confortáveis, feitas de tecido elástico (lycra, malha), que permitam ampla movimentação do corpo. Em competições femininas as ginastas devem vestir collant (até as olimpíadas de Sidney deveriam

ser de mangas longas, a partir de 2001 as regras passaram a permitir *collants* de mangas curtas ou sem mangas), sendo opcional o uso de sapatilhas e meias soquetes. Os cabelos devem estar firmemente presos. Para os homens, é necessário vestir um *leotard* sem mangas, e para as provas de salto sobre o cavalo e solo, uma calça de malha justa ao corpo, com uma alça que a prenda nos pés, para as demais provas.

Figura 5: Vestuário para a prática de ginástica artística



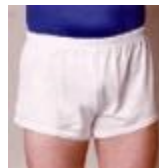
Collant



Leotard



Calça



Short



Sapatilha

Fonte: Travinha.com.br

Segundo Lima os *collants* de Ginástica Artística permitem usar de toda a criatividade, formas, desenhos, cores, combinações e tecidos em sua composição, mas, antes de tudo, o collant deve estar dentro das normas da Federação Internacional de Ginástica (FIG), no Código de Pontuação, para não descontar pontos da ginasta ou conjunto nas competições.

“O *Collant* de ginástica ideal, é não transparente. Os *collants* que tenham uma parte de renda ou tule deverão ser forrados (zona do tronco, até ao peito). Também pode-se usar um corpete discreto na cor da pele por baixo do *collant*.

O decote tanto na parte da frente como nas costas deverá ser correto (não deve passar mais do que a metade do esterno e não deverá ser mais baixo do que as escápulas). *Collant* com ou sem mangas: collants de dança com alças finas não são autorizados.

A cava do collant nas pernas não deve ultrapassar a crista ilíaca (máximo). O *collant* deve moldar o corpo e dar a possibilidade de os juízes avaliarem a posição correta de todas as partes do corpo.” (LIMA, 2016)

É permitido:

1. uma meia-calça longa, até aos tornozelos, sob o *collant*;
2. um *collant* longo (macacão), inteiro, com a condição de ser aderente ao corpo e às pernas;
3. o comprimento e a/as cor(es) do tecido que cobre as pernas deve ser idêntico para ambas as pernas (o efeito “arlequim” não é autorizado). Apenas o desenho (corte ou ornamentação) pode ser diferente;

4. Saia que não ultrapasse a extremidade inferior da bacia (osso púbis), colocada sobre o *collant*;
5. saia que não ultrapasse a extremidade inferior da bacia (osso púbis), colocada sobre a meia-calça ou sobre o macacão inteiro;
6. O modelo da saia (corte e ornamentação) é livre, mas a saia deve cair sobre a anca da ginasta (o efeito “tutu de ballet” não é autorizado);
7. As ginastas podem executar os exercícios com os pés descalços ou com ponteyras;
8. O penteado e a maquiagem devem ser discretos e sóbrios;
9. As bijuterias, de todo o tipo, e os “piercings” que possam representar perigo para a integridade das ginastas não são autorizados;
10. Ginastas em conjunto: os collants das ginastas em conjunto devem ser idênticos na forma e na cor e estar dentro das regras citadas.

2.4 Arduino

Segundo Silva et al, o dispositivo Arduino surge na Itália em meados do ano 2005. A ideia era de ser um dispositivo *open source*, ou seja, acessível, prático e aberto a quaisquer pessoas, sem restrições. Uma vez criado o dispositivo, aplica-se no controle de projetos, ou mesmo protótipos, sejam eles autômatos, ou robóticos.

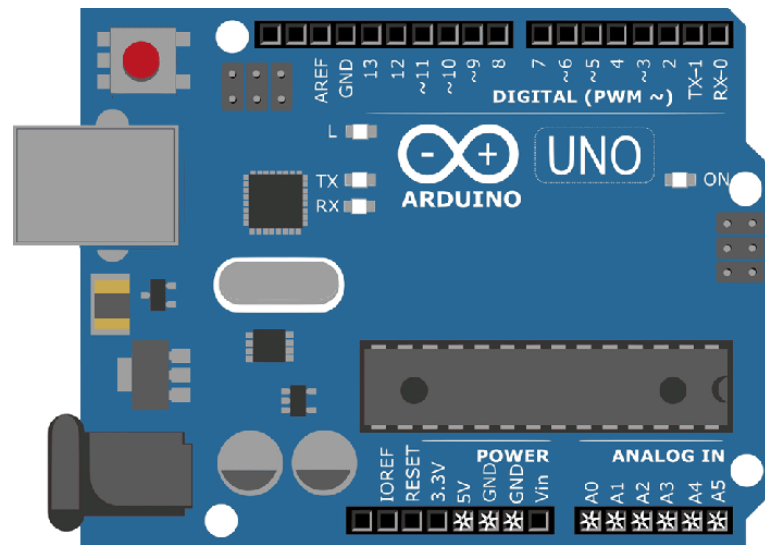
A placa permite adicionar modelos de componentes eletrônicos, customizada conforme a atividade a que se direciona.

Sua plataforma utiliza Microcontrolador ATMEGA (chip controlador gravável) que atua na troca do fluxo de informações, controlada via *software*. (DESHMUKH,2005)

Quanto a sua programação a linguagem utilizada no Arduino compreende na soma de funções de linguagem C/C++ com pequenas modificações. A placa é composta por duas partes importantes: o *Hardware* e *Software*.

O *Hardware* consiste em uma placa eletrônica que possui componente para maioria dos projetos, e pode ser usado em várias fontes de alimentação, permitindo o acoplamento de circuitos externos através de pinos de conexão em posições padronizadas (*Shields*). O esquema da placa é livre, e pode ser facilmente modificado ou adaptado, a placa é programada (*firmware*), e fica gravada no *Software*, sobre o qual será apresentado mais adiante.

Figura 6: Desenho da placa de *Arduino Uno*

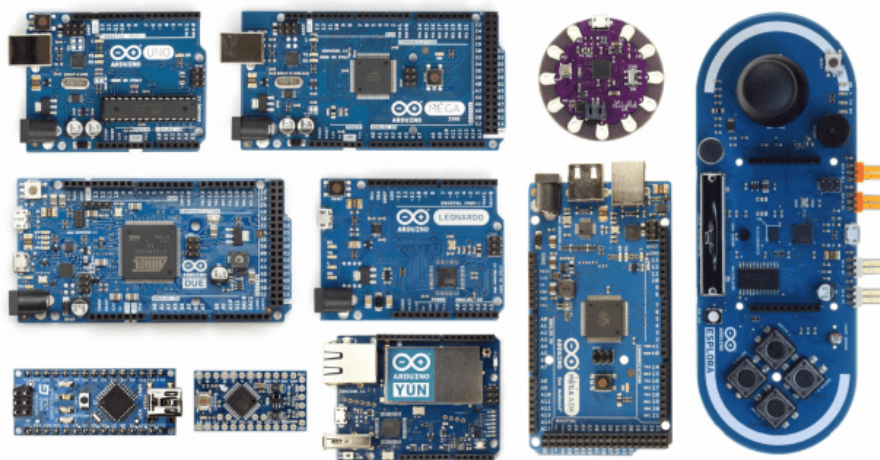


Fonte: Researchgate.net

2.4.1 Modelos de Placas *Arduino*

“O tipo de placa a ser utilizado varia conforme o projeto a ser desenvolvido e o número de portas necessárias. As opções vão das mais comuns, como o *Arduino Uno* e suas 14 portas digitais e 6 analógicas, passando por placas com maior poder de processamento, como o *Arduino Mega*, com **microcontrolador ATmega2560** e 54 portas digitais, e o *Arduino Due*, baseado em **processador ARM de 32 bits** e 512 *Kbytes* de memória.” (THOMSEN, 2014)

Figura 7: Tipos de placas de arduino



Fonte: Arduino Portugal

2.4.2 O *Arduino* e suas aplicações

Devido sua versatilidade, o *Arduino* pode ser utilizado em projetos diversificados, inclusive, criação de roupas inteligentes, os chamados *wearables*, pois os seus variados componentes e sensores permitem esta utilidade. A maior parte do material é disponibilizado em módulos, pequenas placas que abrigam os sensores e outros componentes que o auxiliam, como resistores, *leds* e capacitores.

2.5 Wearables

A palavra *Wearables* em inglês significa vestível. *Wearables* são itens diversificados, como acessórios, roupas e outros dispositivos, que quando integrados a tecnologia, se conectam com outros aparelhos, ou mesmo a internet.

Podem ser relógios, pulseiras, vestimenta etc. Certamente é ainda um mercado em expansão, que em breve estará presente em nichos específicos do universo tecnológico.

Os benefícios desta tecnologia são diversos, como a praticidade e a otimização de desempenho, seja onde for aplicada. Um dos maiores usuários desta tecnologia, atualmente são os atletas, com a utilização de pulseiras, *smartbands*, ou mesmo os relógios, *smartwatches*, em conexão com smartphones.

Existem variadas placas e cada uma com sua aplicação específica, por exemplo o *LilyPad*. Como mencionado anteriormente, uma das áreas relacionadas ao mundo *maker* que tem ganhado força é a dos *Wearables*, área destinada ao estudo e aplicação das “tecnologias vestidas”, em que os componentes e circuitos eletrônicos são integrados à peças de roupas e acessórios para criar sistemas automáticos e interativos. No que se refere a essas soluções vestíveis, a placa de desenvolvimento *LilyPad* tem sido muito utilizada. Ela funciona como uma placa *Arduino*, mas foi projetada com vistas ao uso em roupas e acessórios.

2.6 Tecnologias existentes: Termografia

“A termografia médica infravermelha é um instrumento de análise não invasiva e não radioativa, capaz de analisar funções fisiológicas relacionadas com o controle da temperatura da pele. A termografia detecta a luz infravermelha emitida pelo corpo e visualiza mudanças de temperatura corporal relacionadas à alteração no fluxo sanguíneo” (RAMOS, CORTEL, HERNANDEZ, 2016)

A termografia, atualmente tem sido utilizada como um dos principais processos tecnológicos de prevenção de lesões musculares na competição e no acompanhamento do

treinamento esportivo com a avaliação em tempo real, que se dá a partir dos dados colhidos da carga de trabalho imprimida em ambas as situações. Durante as atividades, os atletas são submetidos a estresse físico constante, portanto a detecção precoce de lesões é de fundamental importância. Desta forma, a termografia é uma ferramenta valiosa que permite monitorar a temperatura da superfície corporal, antes, durante e depois do movimento, colaborando com a detecção das mudanças de temperatura da pele, causadas pela prática da atividade. As lesões causam alterações no fluxo sanguíneo, que conseqüentemente afetam a temperatura da pele. São várias as condições associadas a vasodilatação ou vasoconstrição local, como hiperperusão, hipervascularização e hipermetabolismo que elevam as temperaturas na superfície da pele.

As lesões traumáticas, causadas por esforço físico em esportes de alta performance, via de regra envolvem um longo período de reabilitação, bem como um alto custo em seu tratamento. É certo também que um tratamento de alto nível, deverá reduzir o tempo de retorno ao esporte. Desta forma, a termografia torna-se de grande auxílio, no tratamento e recuperação em menor tempo do atleta, pois permite monitorar informações sobre o estágio de vascularização e evolução do tratamento a partir da ciência, já que quanto mais vascularização apresentar a área lesionada, mais rápida é a cura em comparação as áreas pouco vascularizadas.

Grande parte das análises da energia empregada no corpo humano, quando este é submetido ao exercício e esforço físico, são baseadas na avaliação do trabalho executado e sua eficiência. Neste contexto, portanto, a termografia além de sua aplicação médica, pode servir como valioso instrumento no monitoramento durante o treinamento esportivo, pois permite verificar a região corporal que apresentar maior gasto energético após a realização da atividade.

No Brasil, a termografia na prática esportiva, é utilizada há poucos anos, e um dos relatos sobre sua aplicação, foi na preparação da seleção brasileira de ginástica artística do Mundial de Glasgow, em 2015. Nesta ocasião, além de sua função de prevenir e diagnosticar lesões, também fora empregada na avaliação de desempenho dos atletas, auxiliando em seu aprimoramento. A capacidade de identificar também a funcionalidade do músculo que estaria sendo mais exigido, colaborava na melhora de performance, apontando aos treinadores, por exemplo que no cavalo com alças, utilizava-se mais a região da cintura escapular anterior, e não tanto o peitoral, o que tornava então pertinente, realizar em parceria com a fisioterapia, um trabalho com maior especificidade voltado a força muscular.

Abaixo seguem imagens termográficas dos atletas monitorados na ocasião da preparação para o Mundial de Glasgow em 2015.

Figura 8: Termografia

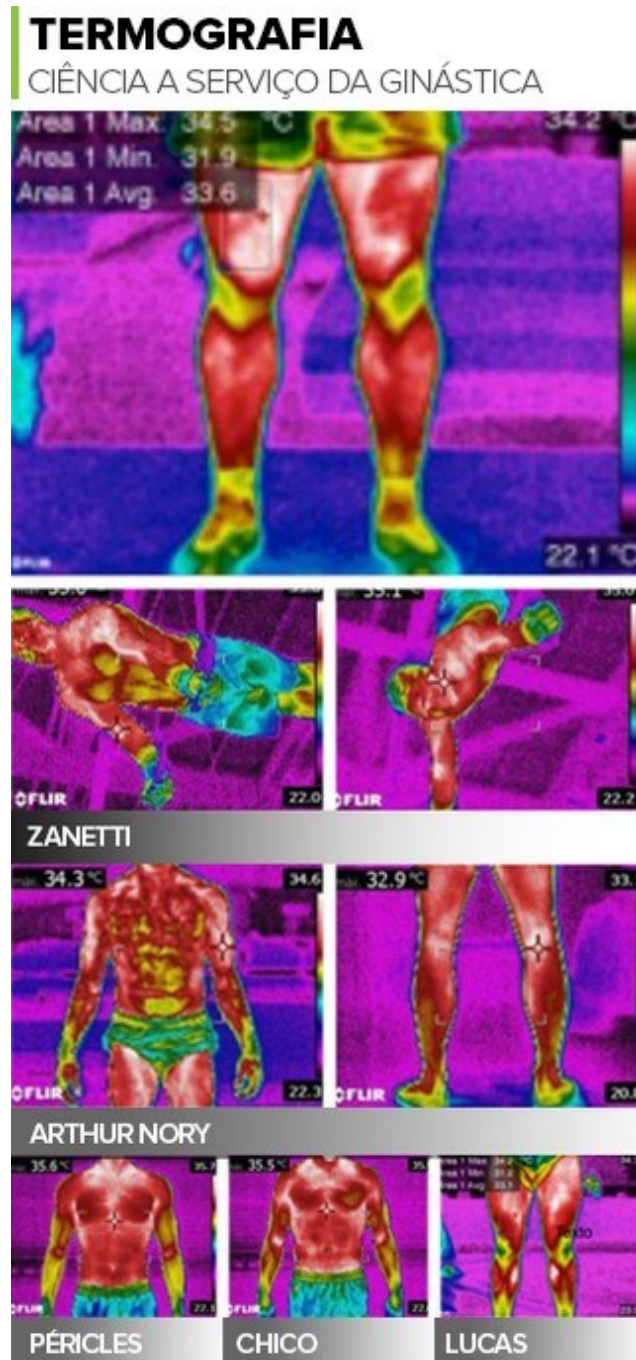


Foto: Editoria de Arte Globo Esporte

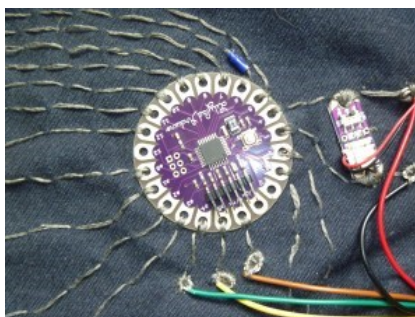
3 MÉTODOS E PROCESSOS

Como citado anteriormente, uma vez desenvolvida a peça vestível, será importante sua aplicação ao treinamento tanto quanto às competições, para que assim seja possível colher e observar os dados do nível de esforço físico e muscular empregado nos dois diferentes momentos.

Os dados são obtidos por meio dos *Arduinos* ou *LilyPad*, que levam a identificar e avaliar os processos inflamatórios, que quando ocorrem há naturalmente aumento do metabolismo no local de estresse gerando calor, com isso se dá o aumento deste no mesmo lugar da lesão. Desta forma, através do Arduino de temperatura é possível monitorar os riscos de lesões nos atletas, e assim preventivamente, intervir no diagnóstico e no treinamento físico.

No presente estudo, aborda-se mais especificamente os seguintes assuntos que tornam-se pertinentes para o desenvolvimento deste projeto: o sistema muscular, a ginástica artística, a vestimenta utilizada nesta prática (*collant*), e os componentes fundamentais para que este tecido torne-se em roupa inteligente: o *Arduino*, o *LilyPad*, *Wearables*, a linha condutora e o sensor de temperatura. Como sequência, a aplicação do sistema introduzido no próprio *collant*, e a observação das respostas do sistema em campo na utilização da vestimenta durante os treinamentos das ginastas.

Figura 9: *LilyPad* na roupa



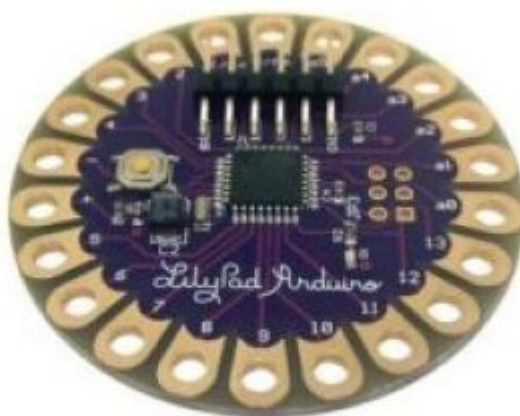
Fonte: Portal Vida de silício

3.4 Desenvolvimento da roupa

A placa *LilyPad* foi desenvolvida pela engenheira e designer Leah Bechley juntamente com a *SparkFun Electronics*, que normalmente lança seus produtos como *hardware* de código aberto. O *LilyPad* é derivado das placas *Arduino*, e direcionado a atender projetos portáteis,

funciona conectado a bateria recarregável, com possibilidade de ser integrado a esquemas *wearable*.

Figura 10: Vista Frontal da placa



Fonte: Portal Vida de silício

Segundo Demetras (2017), esta placa, fora projetada a fim de que se permitisse fácil instalação em tecidos, nos quais é possível montar circuitos utilizando-a integrada a outros módulos, costurando-os com uma linha condutora, como podemos observar abaixo.

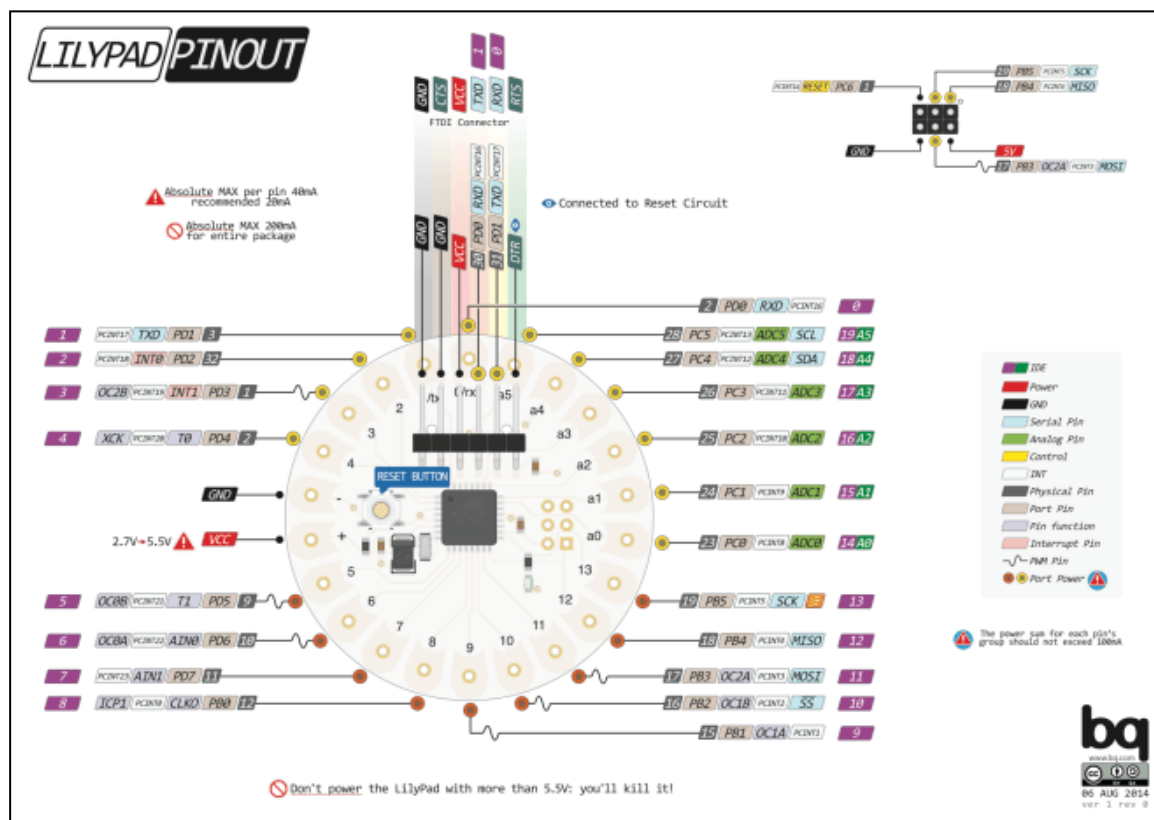
Figura 11: Exemplo de aplicação *Wearables*



Fonte: Blog Vida de silício

O *hardware* da placa pode ser visualizado logo abaixo. Por utilizar o mesmo microcontrolador que o *Arduino* Uno, a pinagem acaba sendo semelhante.

Figura 12: Pinagem da placa LilyPad, *Hardware* do modelo utilizado neste tutorial



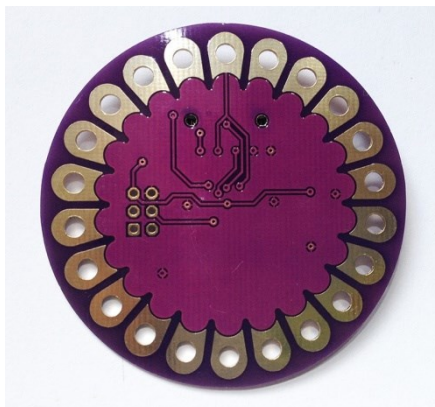
Fonte: Blog Vida de silício

Existem cerca de quatro modelos diferentes da família, que são:

- *LilyPad Arduino Simple*;
- *LilyPad Arduino Main Board*;
- *LilyPad Arduino USB*;
- *LilyPad Arduino Simple Snap*.

“Existe um tipo especial de linha para costura do *LilyPad* e seus módulos que é condutiva (*conductive thread*), que pode agir como fios de ligação em um circuito convencional, além de prender as placas no tecido. Desta forma, é possível construir circuitos completos usando a placa do *Arduino LilyPad*, os módulos adicionais e a linha condutiva.” (REIS, 2016)

Figura 13: Vista posterior da placa *Lilypad Arduino*



Fonte: Bóson Treinamentos

“Existem muitos projetos interessantes desenvolvidos para o *Lilypad*, que incluem seu uso em roupas (camisas, calças, jaquetas), bonés, mochilas, tênis, relógios de pulso e muitos outros. Neste sentido, é também muito empregado em projetos artísticos, no qual a roupa do artista permite a interação controlada com o ambiente, seja na forma de luz, som ou movimento.

É possível lavá-la, sendo recomendada a lavagem à mão com um detergente neutro, e secagem natural – obviamente, removendo-se primeiro a fonte de energia (baterias). Não se deve utilizar máquina de lavar nem secadora de roupas, sob risco de danificar a placa.” (REIS, 2016)

3.4.2 Linha Condutora

A linha condutora foi a forma mais prática e eficiente encontrada para viabilizar a conexão de vários componentes eletrônicos em projetos de roupas tecnológicas com *Arduino Lilypad*. Embora seja um pouco mais grossa que as linhas usuais como as de poliéster ou algodão, ela ainda é fina o bastante para passar no orifício de uma agulha, tornando possível seu uso numa máquina de costura.

Esta linha pode conduzir corrente e sinais, e ainda que não seja tão condutiva quanto as trilhas de um circuito impresso, possibilitam vestir as peças feitas com ela.

Sua composição é de fibra de aço inoxidável, e evita assim a ferrugem. Para costuras a mão, torna-se ideal por ser mais fina e de menor rigidez. Sua resistência é de cerca de 6 a 28ohms por metro.

Segundo o site de vendas Huinfinito, as especificações da linha são:

- Material: Fibra de Aço Inoxidável;
- Espessura do fio: 0,2mm;
- Resistência: 6~28ohms/m;
- Corrente máxima suportada: 50mA.

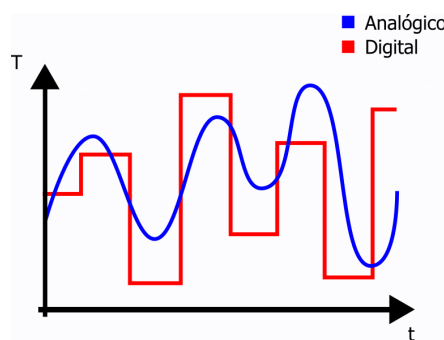
3.4.3 Sensor de Temperatura

“A temperatura é uma das grandezas físicas com maior influência no nosso cotidiano. Ela é peça fundamental para processos que vão desde o controle do aquecimento de equipamentos eletrônicos, até o monitoramento da saúde de um paciente.” (ALMEIDA, 2019)

Segundo Almeida para o blog EasyIOT:

“Os Sensores de temperatura são dispositivos que utilizam características físicas como resistência elétrica, campo eletromagnético ou radiação térmica para medir temperatura. Existe uma vasta gama desses tipos de sensores, que podem ser divididos em passivos ou ativos. Os passivos precisam de uma tensão externa para funcionar, ao passo em que os ativos geram uma tensão com o próprio funcionamento. Outra maneira de diferenciar sensores de temperatura é o formato do sinal de saída. Os analógicos possuem a capacidade de assumir infinitos valores em um intervalo de operação. Já nos digitais, o sinal de saída assume valores finitos para determinados intervalos. Para exemplificar, assumimos que um determinado sinal digital possua somente 4 níveis possíveis, sendo eles 0, 2, 4 e 6, logo, o valor 1 não é um valor válido para esse sinal digital, e por esse motivo possui valores finitos.” (ALMEIDA, 2019)

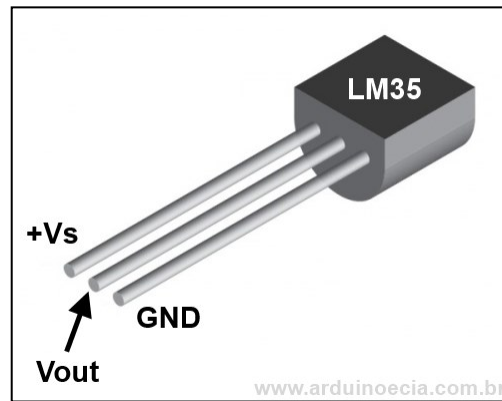
Figura 14: Gráfico Temperatura X Tempo dos sensores



Fonte: Blog EasyIOT

“O LM35 é um sensor de temperatura fabricado pela National Semiconductor. Varia a tensão de saída (pino V_{out}) de acordo com a temperatura medida na superfície do sensor. No Arduino, usamos uma das entradas analógicas para ler esta tensão do LM35 e calcular a temperatura.” (ARDUINO E CIA, 2013)

Figura 15: Sensor de Temperatura



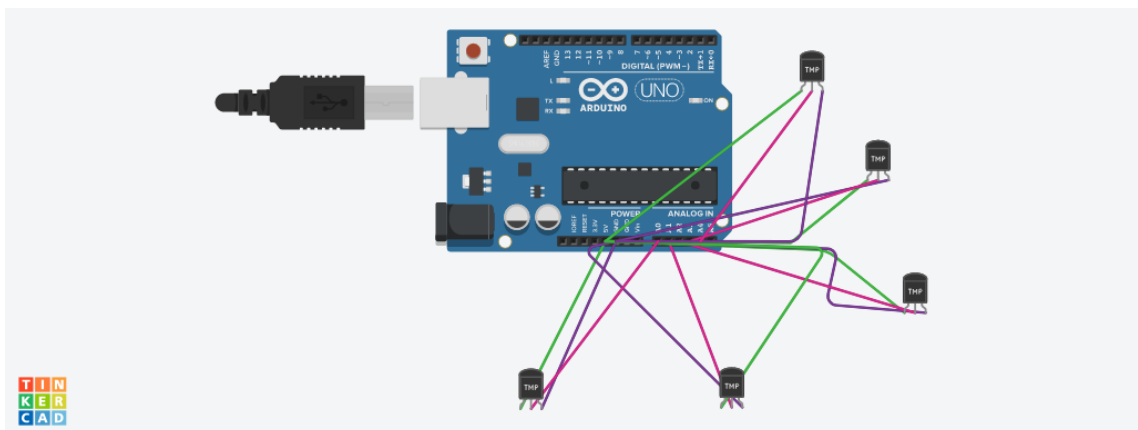
Fonte: Blog Arduino e CIA

3.4.4 Tinkercard

O *Tinkercad* é uma ferramenta *online* gratuita, desenvolvida pela Autodesk, utilizada para design de modelo 3D em CAD, também na simulação de circuitos analógicos e digitais. Devido sua fácil utilização, tornou-se uma plataforma bastante popular para as modelagens citadas acima.

Pelo fato de a ferramenta contar com uma vasta gama de componentes como, resistores, capacitores, indutores, chaves, botões, potenciômetros, circuitos integrados etc., e sua capacidade de simular os circuitos analógicos e digitais, proporciona montar tanto circuitos elétricos, como programar os microcontroladores.

Figura 16: Montagem do circuito



Fonte: Arquivo da autora

A montagem do circuito no *software*, além de se mostrar bastante viável, permite realizar a simulação do vestível dos sensores de temperatura. Este, uma vez montado, permitirá a simulação dos sensores para a criação do código. Todavia, o *software* no *Tinkercad* permite usualmente sua composição com o arduino uno, mas neste protótipo será com o *Lilypad*.

3.5 Construção do *Collant*

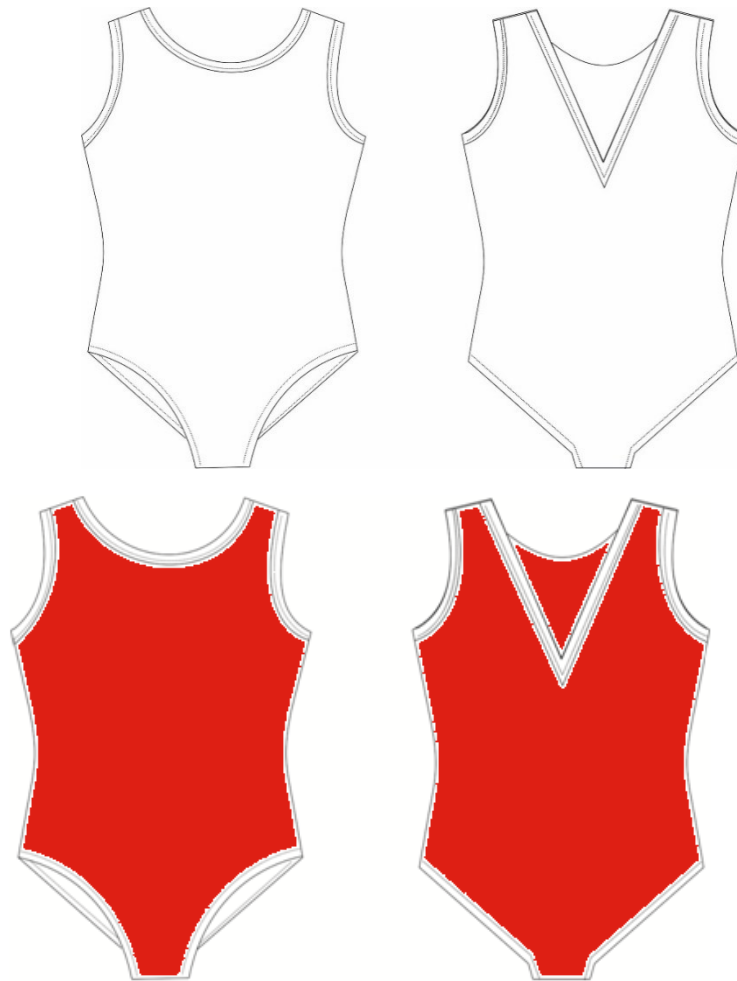
Figura 17: Modelo do *collant*



Fonte: Arquivo da autora

O *collant* utilizado nesta construção é o de mesmo modelo usado pelas ginastas durante a prática do esporte no Centro Cívico de Americana, que em acordo com os responsáveis, foi permitido o teste com as esportistas. Para tanto, foram selecionadas duas ginastas já praticantes de competições.

Figura 18: Desenho técnico da peça



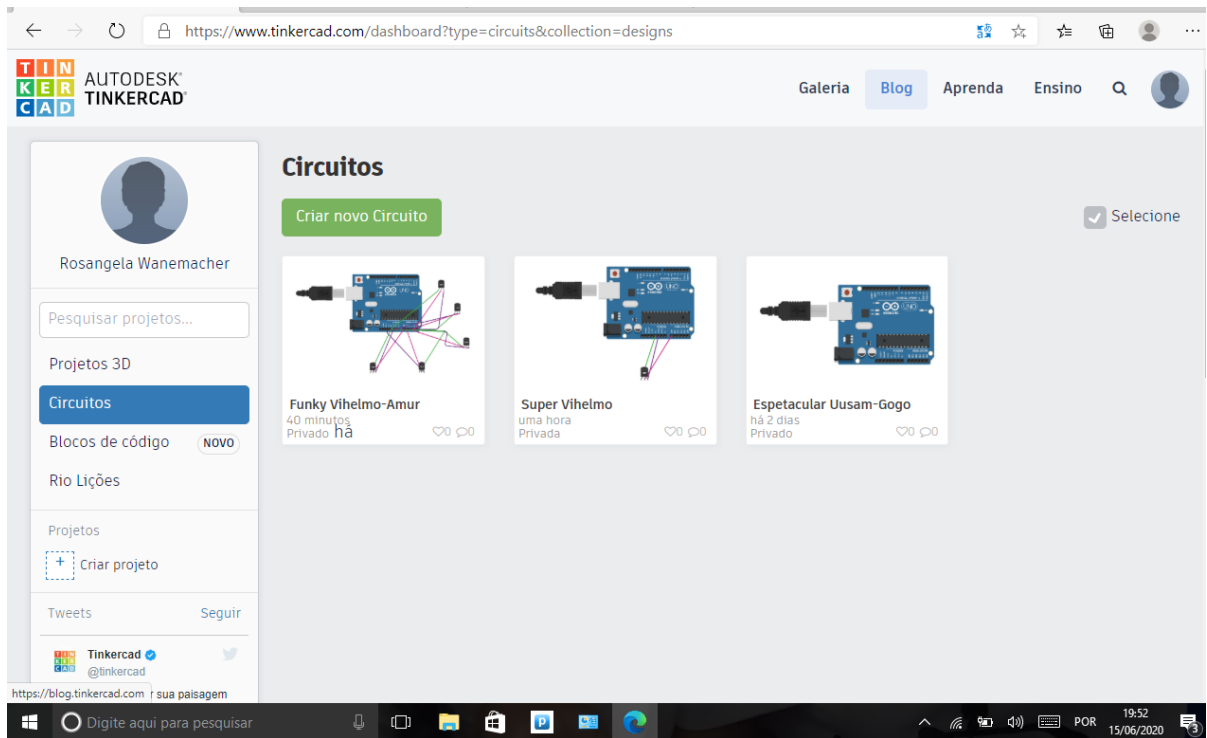
Fonte: Arquivo da autora

3.6 Simulação do *Tinkercad*

Realizou-se a simulação da montagem do circuito no programa *Tinkercad*. Embora, inicialmente o planejamento fosse realizá-lo de forma prática e *in loco*, neste momento foi descartada esta possibilidade, devido à pandemia causada pelo Covid-19, e a quarentena decretada no Estado de São Paulo. Desta forma, seguiu-se com o teste no programa *Tinkercad* que permite simular um sensor de temperatura vestível. Entretanto, teve-se de optar pelo *Arduino Uno* devido as limitações de acesso do programa.

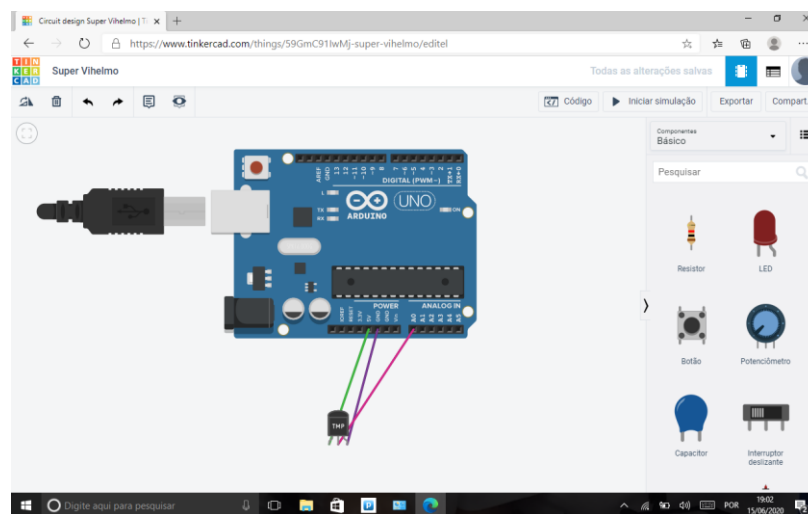
Para acesso ao *Tinkercad*, fez-se necessária primeiramente a abertura de uma conta de *e-mail*. Em seguida no menu de opções “circuitos”, clica-se no *link* “criar novo circuito”. Em “componentes básicos”, como antes mencionado, optou-se pelo *Arduino Uno R3*, e cinco sensores de temperatura.

Figura 19: Site Tinkercard



Fonte: Arquivo da autora

Figura 20: Configurando o primeiro sensor



Fonte: Arquivo da autora

Toma-se a potência do sensor de temperatura e liga-o na potência 5V do *Arduino* Uno, em seguida apanha-se o GND do sensor de temperatura e conecta-o no GND do *Arduino*, e por último o *Volt*, que é a tensão, liga-se na porta A0.

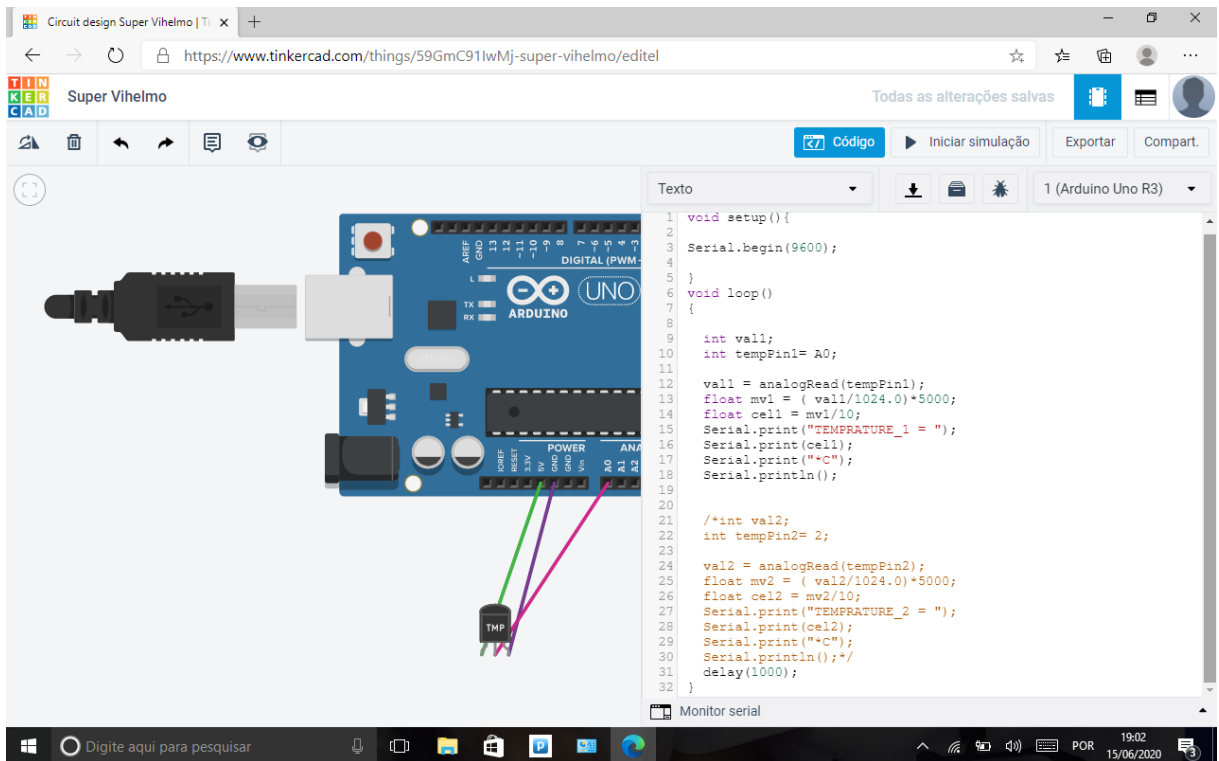
3.7 Configurando o Código

Ao abrir a página do *Tinkercad*, seguem-se os seguintes passos:

Acessar código, dentro deste, ir em “texto.”

- `void setup()` {}, é onde coloca-se o programa.
- `Serial.begin(9600);` }, é a energia que o *arduino* tem para trabalhar.
- `void loop()`, a função em *loop* onde a programação estará inserida.
- {
- `int val1`; cria uma variável, tipo valor inteiro, de 0 a 1023
- `int tempPin1= 1`; Val A0, é a porta que o sensor vai estar ligado no *arduino*, é uma porta analógica.
- `= analogRead(tempPin1)`; o *arduino* recebe a informação do sensor, é a tensão pela porta analógica A0
- `float mv1 = (val1/1024.0)*5000`; *float* número com vírgula, porque precisa-se de um número fracionado na temperatura. Ele vai receber o resultado desta conta, porque é necessário transformar a tensão em temperatura, é uma conta padrão do sensor. Ele está transformando a tensão em milivolts
- `float cell = mv1/10`; ele cria uma variável *cell* do tipo *float* que é o número fracionado da temperatura, obtido da conta do tópico acima e divide por dez, e assim tem-se uma temperatura em C°
- `Serial.print("TEMPERATURA_1 = ");`
- `Serial.print(cell)`; vai lançar o resultado do valor da temperatura acima.
- `Serial.print("°C");`
- `Serial.println()` fecha a parte de impressão.
- `delay(1000)`; } ele fará a leitura, dará espaço e voltará a fazer a leitura. Ele mantém um ciclo de leitura e impressão constante.

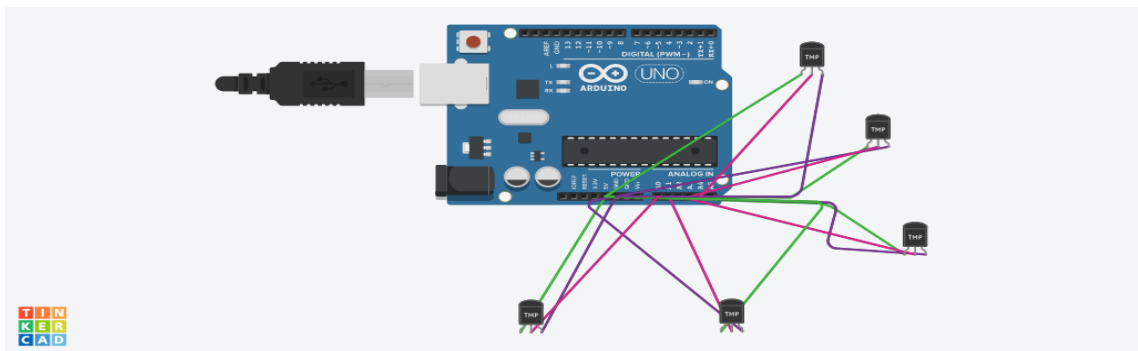
Figura 21: Simulação do primeiro sensor A0



Fonte: Arquivo da autora

A adição dos cinco sensores é do mesmo formato, apenas mudando as portas e as variáveis. Baseadas no mesmo código, só trocando as variáveis.

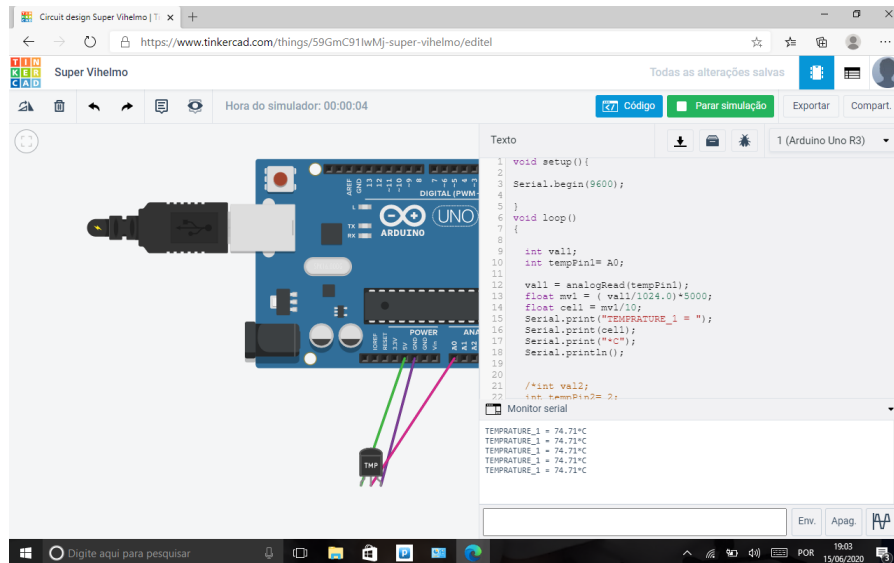
Figura 22: Configuração dos cinco sensores de temperatura no *Arduino* UNO R3



Fonte: Arquivo da autora

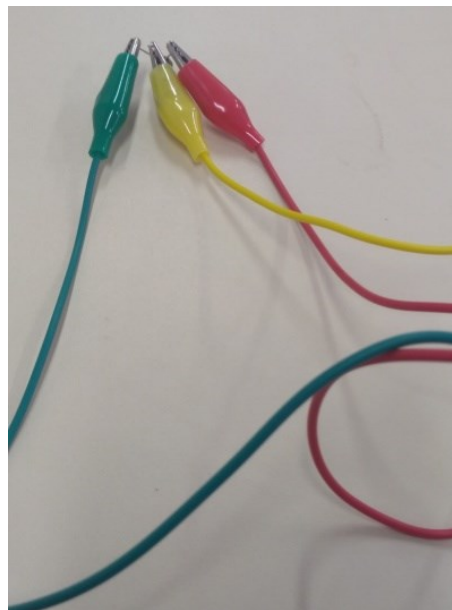
Observou-se que o primeiro sensor deu certo, e obtiveram-se resultados positivos das medições de temperatura.

Figura 23: Temperatura do primeiro sensor A0



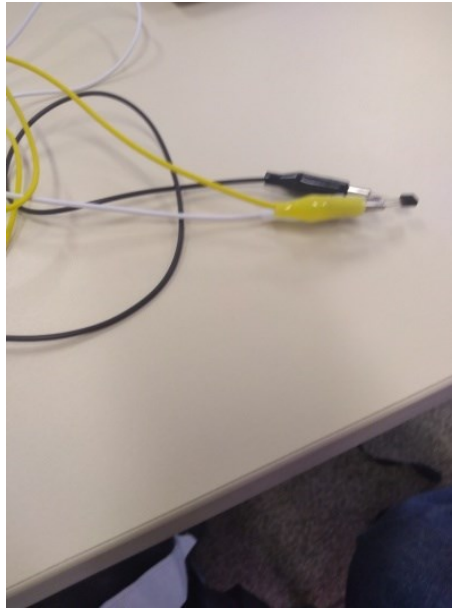
Fonte: Arquivo da autora

Figura 24: conexão dos fios



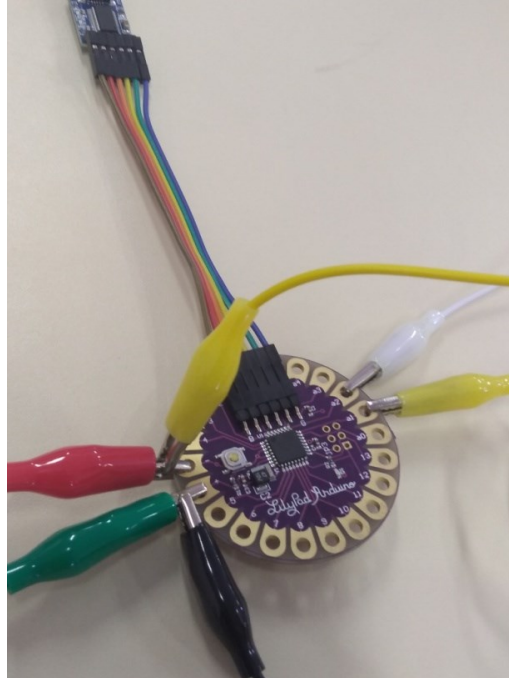
Fonte: Arquivo da autora

Figura 25: "jacarés" conectados ao sensor



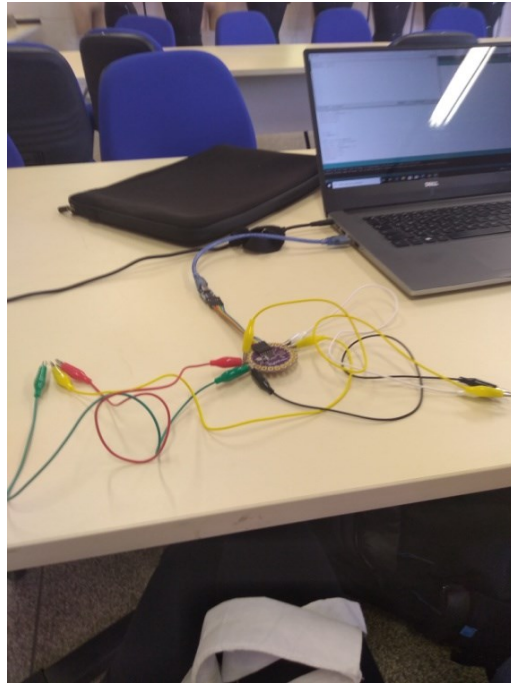
Fonte: Arquivo da autora

Figura 26: conexões com a placa *Lilypad*



Fonte: Arquivo da autora

Figura 27: Montagem do circuito *Lilypad* na Faculdade de Tecnologia de Americana



Fonte: Arquivo da autora

3 RESULTADOS

Foram Realizados testes de forma virtual no *Tinkercad*, também com os circuitos reais, o *Lilypad*, com os quais obteve-se resultados semelhantes. Desta forma, foi comprovado que os circuitos a serem montados funcionam perfeitamente. Assim como já citado antes, outros testes que seriam realizados, contudo não puderam devido a questão relacionada ao Covid-19, não foi possível a conclusão total do projeto e construção da peça, mas será finalizada tão logo esta situação esteja normalizada.

“Durante as competições atléticas de resistência, até mesmo em condições ambientais normais, a temperatura corporal quase sempre aumenta de seu nível normal de 37 para 40°C. Todavia, em condições muito quentes e úmidas, ou com excesso de roupas, a temperatura corporal pode facilmente atingir 42°C. Neste nível, a própria temperatura elevada torna-se lesiva para as células teciduais, sobretudo células cerebrais.” (DI ALENCAR, MATIAS, 2010)

4 PROCESSO DE APLICAÇÃO

4.4 Montagem do circuito no *collant*

No *collant* utilizou-se os seguintes materiais para o seu processo de montagem: o *Lilypad*, o sensor de temperatura, a bateria e a linha condutora.

Figura 28: Materiais utilizados

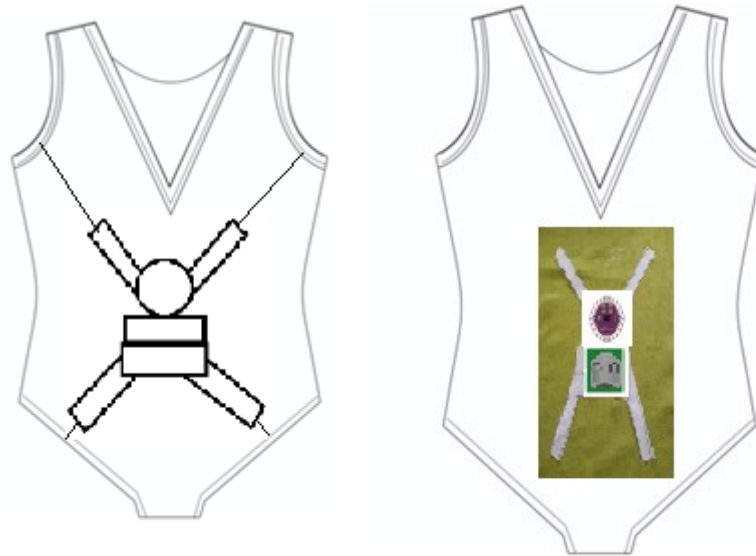


Fonte: Arquivo da autora

4.5 Adaptação do *Lilypad* ao *collant*

Foi desenvolvido um suporte que deverá ficar localizado na região dorsal para o *Lilypad* e a bateria, fixado a partir de costura no *collant* por onde passarão as linhas condutivas.

Figura 29: Desenho da posição dos equipamentos no *collant*

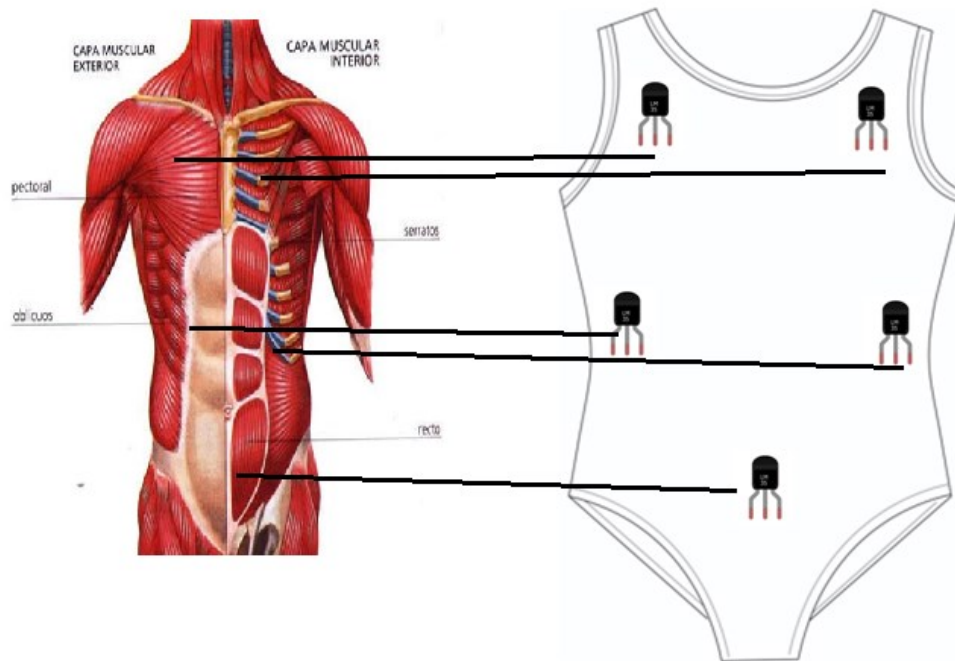


Fonte: Arquivo da autora

4.5.2 Posição dos sensores

Na parte frontal do *collant* cada sensor terá uma ligação com um músculo. Foram posicionados, dois na região muscular peitoral, dois na região dos músculos oblíquos e um no músculo reto. Estes músculos foram estrategicamente escolhidos pelo fato de serem de maior utilização em determinados movimentos dos ginastas.

Figura 30: Posição dos Sensores no Collant



Fonte: Arquivo do Autor e Pinterest.com

Quanto a montagem dos circuitos, foram realizados testes junto ao *Lilypad* simulado no computador, pois não houve a possibilidade da instalação na roupa devido a suspensão das atividades no Centro Cívico, bem como na Faculdade de Tecnologia de Americana, que se deu pela Pandemia causada pelo Covid-19 no Brasil no início de 2020. Desta forma, ajustou-se que os testes práticos com as ginastas ficariam em aberto, para que assim que possível sejam realizados e tenha-se assim a conclusão deste estudo.

Fotos de alguns exercícios das alunas de ginástica olímpica no Centro Cívico. Alunas: Esther e Sara.

Figura 31: Pose de ginasta



Figura 32: Cama Elástica, exercício “abre e fecha”



Figura 33: Trave



Figura 34: Abdominal



Figura 35: Abertura de perna



Figura 36: Avião



Figura 37: Abdominal



Figura 38: Cadeirinha



Fonte: Arquivo do Autor

Figura 39: Abdominal



Fonte: jorgecoluna.com.br

Os resultados apresentados neste estudo deram-se após a realização de exercícios praticados pelo atleta, que durante sua prática fora completamente mapeado. Com isto, identifica-se quais músculos apresentaram elevação de temperatura, logo os que exigiram maior esforço, monitorados pela termografia. Desta forma, através das análises aqui percorridas, objetiva-se o mesmo fim com o desenvolvimento das roupas inteligentes, porém com maior acessibilidade.

Figura 40: Termografia



Foto: Editoria de Arte Globo Esporte

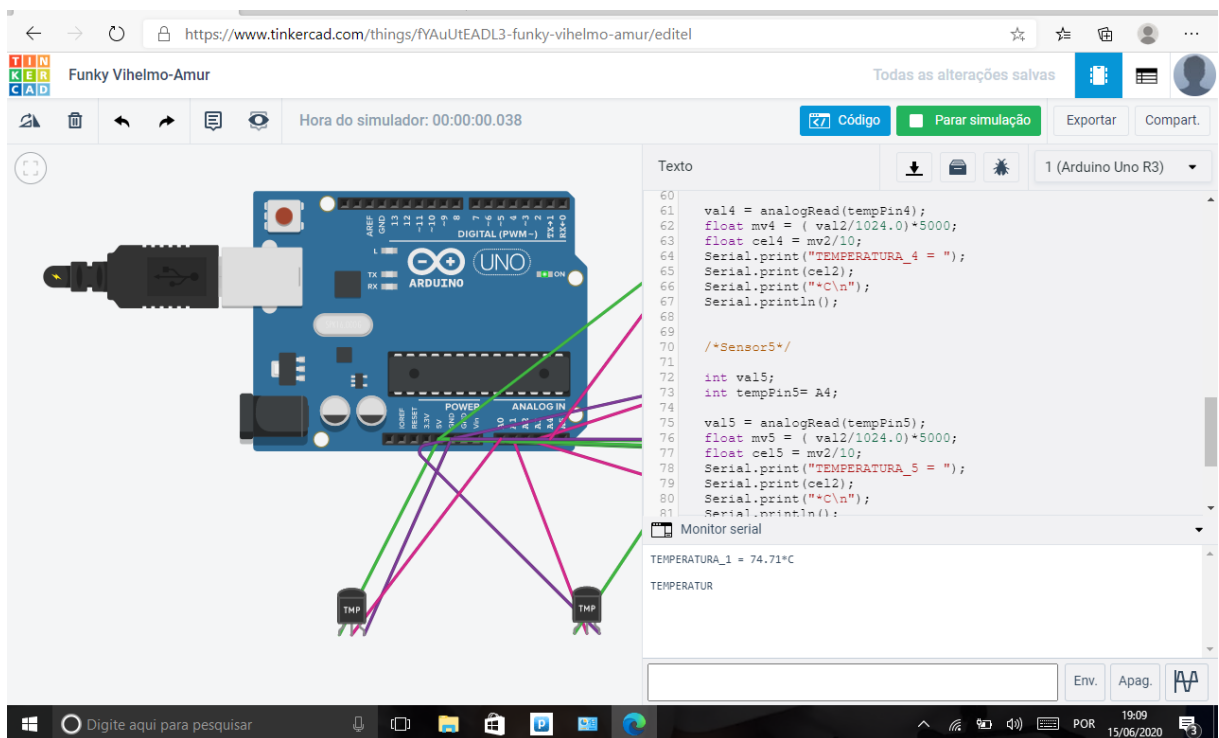
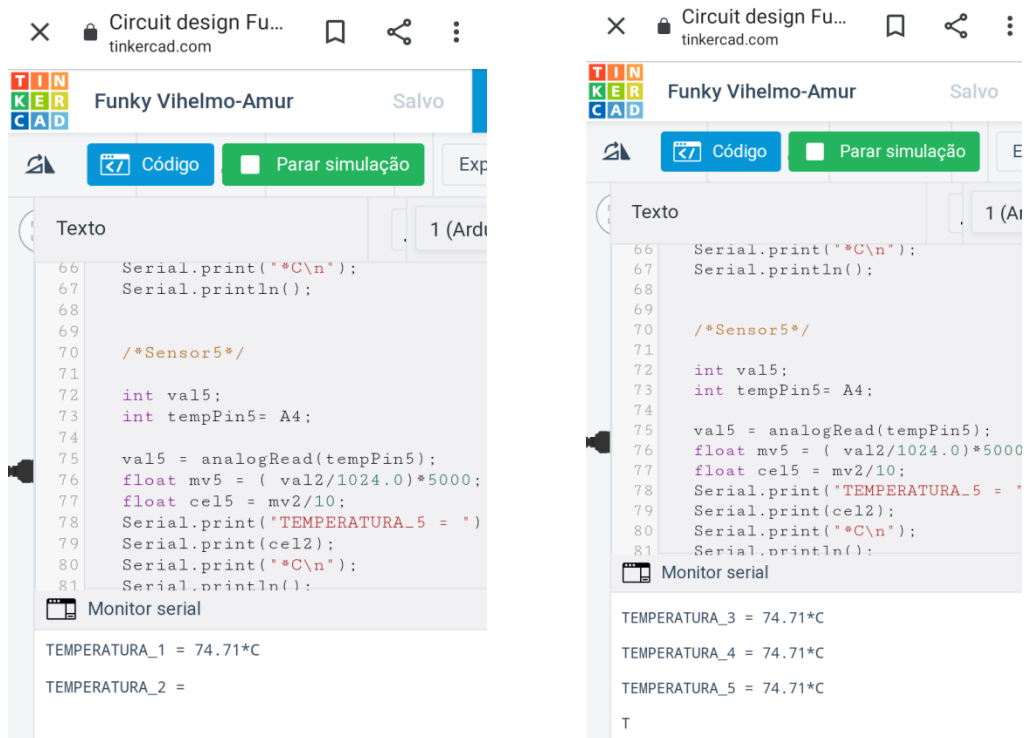
Tabela de Controle durante trinta minutos de aquecimento

	Início do Treino	Aumento do Esforço Físico	Stress do músculo
Sensor A0	35,5 C° a 37 C°	38,8C° a 41,6 C°	41,7C° a 43 C°
Sensor A1	35,5C° a 37C°	38,8 C° a 41,6 C°	41,7C° a 43 C°
Sensor A2	35,5C° a 37C°	38,8 C° a 41,6 C°	41,7C° a 43 C°
Sensor A3	35,5C° a 37C°	38,8 C° a 41,6 C°	41,7C° a 43 C°
Sensor A4	35,5C° a 37C°	38,8 C° a 41,6 C°	43 C°

Fonte: Arquivo da Autora

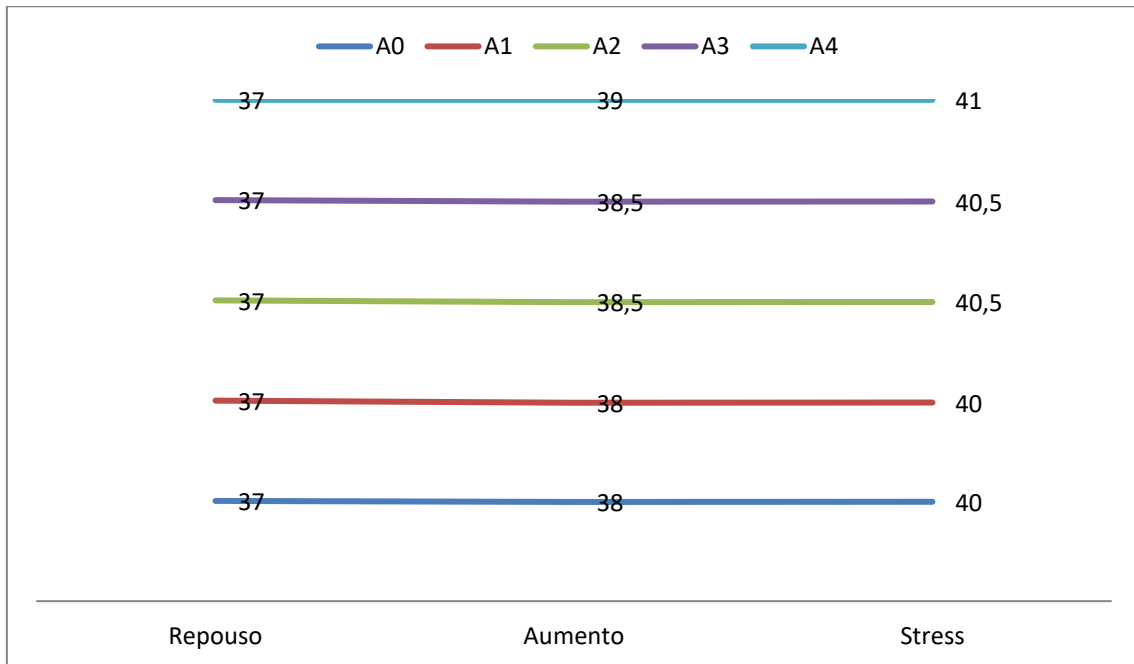
São apresentados no monitor, conforme a figura abaixo os resultados dos cinco sensores simulados no *Tinkercard*.

Figura 41: Resultados dos cinco sensores de Temperatura da configuração do *Tinkercad*



Fonte: Arquivo da Autora

Gráfico de aumento de Temperatura em 30 minutos de aquecimento.



Fonte: Arquivo da autora

Infelizmente não foi possível a realização das medições de temperatura na prática, deixando assim em aberto esse estudo para futuras aplicações em campo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou, por meio de acompanhamento, pesquisa e coleta de dados de atividades físicas praticadas pelas ginastas do Centro Cívico de Americana, pensar em uma forma acessível de monitorar através de sensores de temperatura, como o *Arduino* e *Lilypad*, o esforço físico empregado nas atividades, e assim formas de prevenir lesões.

Para tanto, o projeto contou com a construção de um circuito a ser aplicado à peça vestível, neste caso o próprio *collant*, onde estes devem estar localizados na região do tórax, que é a principal região abrangida pela vestimenta das ginastas. Desta forma, com o monitoramento da região haverá a detecção dos locais em que ocorre maior tensionamento, e conseqüentemente, os de maior risco de lesão, e assim previamente, estes poderão ser tratados.

Convém observar que quanto aos circuitos, este projeto foca-se na utilização do *Lilypad*, que é o protótipo a ser aplicado no *collant*, e assim torná-lo em roupa “inteligente”.

Espera-se com isso, o estímulo a realização de novos estudos que possam vir a ser determinantes acerca do tema abordado neste trabalho, bem como o seguimento deste na prática, o que neste momento não fora permitido, devido a decretação do estado de pandemia pela OMS (Organização Mundial de Saúde), no momento em que desenvolvia-se este projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPELBOOM, Geoff, CAMACHO, Elvis, et al. **Smart wearable body sensors for patient self-assessment and monitoring**. Disponível em:

<<https://archpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/2049-3258-72-28?report=reader>>.

ARDUINO E CIA. **Como usar o Sensor de Temperatura LM35 com Arduino**. Disponível em: < <https://www.arduinoecia.com.br/sensor-de-temperatura-lm35-com-arduino/>>

ARDUINO PORTUGAL. **O que é Arduino**. Disponível em: <<https://www.arduinoportugal.pt/o-que-e-arduino/>>.

BIRA FITNESS. **Ginástica Olímpica**. Disponível em: <http://www.birafitness.com/ginastica_olimpica/esporte.htm 04\05>.

BOAVENTURA, Patrícia Luiza Bremer. **Técnica, dor, feminilidade: educação do corpo na ginástica rítmica**. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/95771/297400.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. 04\05

BRITO, Aryanne Gabrielle Soares de, CASILLO, Leonardo Augusto. **Desenvolvimento de um protótipo de prótese sensitiva de membro inferior**. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4346/2/AryanneGSB_ART.pdf>

DUARTE, Orlando. **A História dos Esportes**. 4ª ed. Editora Senac, SP, 2004.

EUROPA, Editora. **Almanaque dos Esportes**. Editora Europa, 2009.

GROLL, Marcus Von. **História da Ginástica Artística no Mundo**. Disponível em: <<http://travinha.com.br/2010/02/12/ginastica-artistica-a-origem/>>.

LIMA, Lauren. **A História dos Collants de GR**. Disponível em: <<http://mundodaginasta.blogspot.com/2010/09/collants-historia-e-tendencias.html>>.

LIMA, Lauren. **Collants e Regulamentos**. Disponível em: <<http://mundodaginasta.blogspot.com/2010/10/collants-e-regulamentos.html> 04\05\2020>. 15;00hs

PINHEIRO, Marcelle. **Sistema muscular: o que é, classificação dos músculos e tipos**. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/tipos-de-musculo/>>.

REDE NACIONAL DO ESPORTE. **Ginástica Artística – História**. Disponível em: <<http://rededoesporte.gov.br/pt-br/megaeventos/olimpiadas/modalidades/ginasticaartistica-1>>.

ROBERTS, Michael. **Arduino básico**. Editora Novatec, 2015. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=kfZyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=o+que+e+arduino&ots=1QB0u6CUP>>

V&sig=IhYnySbznKBrGhg-kavrToAQwKY#v=onepage&q=o%20que%20e%20arduino&f=false>.

SATO, Valéria (tradução). **Regras para os participantes.** Disponível em: <http://www.yashi.com.br/documentos/2017/codigo_traduzido_2017-2020-atualizado-27.04.17.pdf>.

SILVEIRA, Debora Pricila. **Conheça as tecnologias que auxiliam na preparação dos atletas olímpicos.** Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/post/16966-conheca-as-tecnologias-que-auxiliam-na-preparacao-dos-atletas-olimpicos>>.

SILVA, João Lucas de S., CAVALCANTE, Michelle M., CAMILO, Romério da S., GALINDO, Adailton L., VIANA, Esdriane C. **Plataforma Arduino integrado ao PLX-DAQ: Análise e aprimoramento de sensores com ênfase no LM35.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Michelle_Cavalcante/publication/305771112_Plataforma_Arduino_integrado_ao_PLX-DAQ_Analise_e_aprimoramento_de_sensores_com_ênfase_no_LM35/links/58343f9208aef19cb81f55b6/Plataforma-Arduino-integrado-ao-PLX-DAQ-Analise-e-aprimoramento-de-sensores-com-ênfase-no-LM35.pdf>.

TECNOLOGIA EDUCACIONAL. **O que são Wearables? Saiba mais sobre essa tecnologia!** Disponível: <<https://tecnologia.educacional.com.br/blog-inovacao-e-tendencias/o-que-sao-wearables/>>.

THOMSEN, Adilson. **O que é Arduino?** Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>.

TURCO, Benedito. **Fique por Dentro – Esportes Olímpicos.** Casa da Palavras. Rio de Janeiro, 2006.

VIEIRA, Silvia, FREITAS, Armando. **O que é ginástica artística.** Casa da Palavra. Rio de Janeiro, 2007.

DI ALENCAR, Thiago Ayala Melo, MATIAS, Karinna Ferreira de Sousa. **Princípios fisiológicos do aquecimento e alongamento muscular na atividade esportiva.** Rev Bras Med Esporte [online]. 2010, vol.16, n.3, pp.230-234. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922010000300015&script=sci_abstract&tlng=pt>.