

## **ROUPA COM AQUECIMENTO MICROCONTROLADO PARA MOTOCICLISTAS**

**Rodrigo Margonato** (Centro Universitário Padre Anchieta)  
**Elton Carlos Zacaratto** (Centro Universitário Padre Anchieta)

### **RESUMO**

Devido à necessidade encontrada em uma viagem, surgiu à ideia de criar e desenvolver um produto, uma roupa aquecida para andar de motocicleta. Nesta viagem, por diversas vezes, o piloto e o passageiro tiveram que aquecer as mãos na saída de exaustão do motor. O piloto e o passageiro passaram por situações de risco, onde a preocupação com o frio era maior que atenção em pilotar a motocicleta.

Tendo em vista essa necessidade, foi desenvolvida e criada uma blusa com controle de temperatura, tudo em prol do conforto e segurança do piloto.

### **ABSTRACT**

Due to the need during in a given trip, there arose the idea of creating and developing a product, a heated clothing to ride a motorcycle. On this trip, the pilot and passenger had to warm their hands to the exhaust outlet of the engine several times. The pilot and passenger were at risk, where worry about the cold was greater than attention in piloting the motorcycle.

In view of this need, a blouse with temperature control was developed and created, all for the comfort and safety of the pilot.

## **1. INTRODUÇÃO**

O principal objetivo desse dispositivo é auxiliar o piloto na condução da motocicleta e tornar a pilotagem em condições climáticas não favoráveis, mais agradáveis. Diversos foram os pontos estudados para uma melhor adaptação do dispositivo na motocicleta, como temperatura de controle, tecido utilizado, resistência de

aquecimento, para favorecer uma condução segura da motocicleta. Será desenvolvido um algoritmo matemático para controlar a temperatura.

O homem é um ser homotérmico, isto é, pode manter relativamente constante, dentro de certos limites, a temperatura corporal interna independentemente da temperatura do ambiente.

No ambiente frio o corpo encontra dificuldade de manter seu calor devido à baixa temperatura do meio, os vasos sanguíneos se contraem, diminuindo o volume de sangue sob a pele e também o ritmo cardíaco provocando arrepios e tremores. Tremor é um processo mecânico para gerar calor e os pelos eriçados colaboram na retenção de uma camada de ar junto à pele e o ar, como sabemos, é um bom isolante térmico.

Quando o balanço térmico não é estável a insatisfação com o ambiente térmico pode ser causada pela sensação de desconforto, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente.

O objetivo deste projeto é que esta sensação de desconforto seja minimizada. Por meio de uma blusa aquecida com temperatura controlada por um algoritmo matemático. Será empregado um fio térmico alimentado com energia proveniente de um veículo automotor.

O controle de temperatura será feito por meio de condições de contorno, ou seja, a temperatura lida por um sensor entrará em um algoritmo, que por meio de um circuito de acionamento, ligará o fio térmico que estará indiretamente sobre a pele do ocupante do veículo automotor. Como se trata de um protótipo, o fio térmico será o mesmo usado em lençóis térmicos, ou seja, não será produzido algo específico para atender essa demanda.

Serão realizados testes estáticos e dinâmicos para consolidar o funcionamento da blusa como um todo. Ajustes no algoritmo não serão necessários, uma vez que, será usado o método de curva e reação de Ziegler e Nichols.

O algoritmo matemático será baseado em um controlador PID (Proporcional Integrador Derivador).

## **2. METODOLOGIAS**

A Resistência de aquecimento escolhida é a mesma empregada em lençóis térmicos.

A Empresa STABIL IND. E COM. EIRELI EPP, localizada no Rio Grande do Sul forneceu, inicialmente, amostras para estudo. Após testes em bancada, foi definida qual resistência se adaptaria a necessidade encontrada. Os principais pontos adotados como critério foram:

- Impermeabilidade
- Flexibilidade
- Valor ôhmico de resistência
- Força a tração

A **impermeabilidade** seria algo importante, uma vez que o piloto está diretamente exposto a intemperes da natureza. Os riscos de choques elétricos estão afastados, o sinal elétrico aplicado na resistência é um PWM com níveis de 0 a 13.8 Volts. Mesmo com essa tensão não oferecendo riscos de choques ao piloto, houve a preocupação de se usar uma resistência com blindagem em PVC (Policloreto de Polivinila).

O PVC é totalmente atóxica e inerte, a escolha dessa resina pela empresa STABIL tem como principais objetivos: isolar o fio; custo comercial baixo; resistência a valores elevados de temperatura e resistência mecânica a tração.

A **Flexibilidade** foi um item importante na escolha do fio térmico, o foco principal era não influenciar ou atrapalhar a pilotagem da motocicleta, um fio com grande flexibilidade não será notado, e o que sobrar será apenas o conforto na pilotagem.

O **Valor Ôhmico** foi importante para o cálculo da potência da resistência, pois houve uma preocupação com a potência máxima dissipada na blusa. Dois grandes motivos foram levados em conta:

- Não oferecer riscos de queimaduras ao piloto. Foi dimensionado um valor ôhmico mínimo para que não ultrapassasse 50°C.
- Não interferir no funcionamento da motocicleta. A potência utilizada não poderia ultrapassar 35 Watts, equivalente a 10% da energia total gerada pelo estator da motocicleta.

A **Força a tração** foi importante para que o fio não se rompesse na pilotagem ou na higienização da blusa.

A Empresa STABIL forneceu as especificações da resistência e da isolamento em PVC. A empresa em questão, por motivos comerciais, terceiriza o trabalho de isolamento com a Karina Ind. e Com. de Plásticos Ltda.

### **3. TIPOS DE CONTROLES DE TEMPERATURA**

Por meio de pesquisas, foram encontrados três tipos de controle de temperatura, LIGA E DESLIGA, POR HISTERESE e PID. A seguir, vamos falar um pouco sobre cada um deles e o porquê da escolha do tipo PID para o projeto.

#### **CONTROLE LIGA E DESLIGA**

É o mais simples entre eles. A resistência é energizada ao atingir valores inferiores ao desejado e desligada, ao atingir valores superiores ao desejado. Esse tipo de controle apresenta maior desvio de temperatura, caracterizada pela inércia de aquecimento do material.

#### **POR HISTERESE**

É um Controle LIGA E DESLIGA melhorado, é selecionado o valor de controle e o valor de histerese, como por exemplo, se desejarmos controlar uma temperatura na faixa de 40,0°C com histerese de 0,1°C. Para valores abaixo de 39,9°C, a resistência é ligada e valores acima de 40,1°C é desligada, dessa forma, a resistência é ligada e desligada mais vezes, ocasionando uma variação de temperatura menor.

#### **CONTROLE POR PID (PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO)**

É uma das técnicas mais empregadas quando deseja-se realizar o controle de variáveis contínuas. O controle PID consiste em um algoritmo matemático, que tem por função o controle preciso de uma variável em um sistema, permitindo controlar de forma estável o ponto de ajuste desejado, mesmo que ocorram variações ou distúrbios que afetariam sua estabilidade.

O período em que a resistência fica ligada é variável e por meio de uma equação matemática é definido quando o aquecimento atua. Por proporcionar melhor resposta entre os outros controles, esse foi o método utilizado para controle da temperatura na roupa aquecida.

O controle PID é descrito pela seguinte equação:

$$MV = K_p \cdot E + K_i \int_0^t E \cdot dt + K_d \frac{dE}{dt}$$

MV: Variável manipulada.

Kp: Ganho proporcional.

Ki: Ganho integral.

Kd: Ganho derivativo.

E: Erro ou desvio.

A **Ação Proporcional** elimina as oscilações da variável, tornando o sistema estável, mas não garante que a mesma esteja no valor desejado de *setpoint*, esse desvio é denominado *offset*. A ação proporcional trabalha corrigindo o erro do sistema, multiplicando o ganho proporcional pelo erro, dessa forma agindo com uma maior amplitude de correção a fim de manter a estabilidade da variável.

**Ação Proporcional =  $K_p \cdot E$**

A **Ação Integral** elimina o desvio de *offset*, fazendo com que a variável permaneça no valor desejado para o sistema mesmo após um distúrbio, ou seja, a variável permanece próximo ao *setpoint* mesmo que ocorra uma variação brusca nas condições de operação. A ação integral realiza a integração do erro no tempo, portanto quanto maior for o tempo de permanência do erro no sistema, maior será a amplitude da ação integral.

**Ação Integral =  $K_i \int_0^t E \cdot dt$**

A **Ação Derivativa** tem sua resposta proporcional à taxa de variação da variável do processo, aumentando a velocidade de resposta do sistema caso a presença do erro seja detectada. No projeto da roupa a resposta é lenta, a ação derivativa permite antecipar o aumento do erro e ampliar a velocidade de resposta do sistema.

**Ação Derivativo =  $K_d \frac{dE}{dt}$**

Existem alguns métodos para ajuste do PID, tais como, Método da Curva de Reação, Método da Sensibilidade Limite entre outros. O método utilizado nesse projeto é o da Curva de Reação de Ziegler e Nichols, por ser um dos métodos mais utilizados.

## MÉTODO DA CURVA E REAÇÃO

O procedimento normal no ajuste dos parâmetros por este método consiste na abertura da malha, para que não haja realimentação, e na obtenção da sua resposta há uma

variação de salto (amplitude  $M$ ) na entrada de referência *setpoint*. A resposta é caracterizada por duas constantes, o atraso  $L$  e a constante de tempo  $T$ , sendo estas determinadas pela realização de uma tangente pelo ponto de inflexão da curva.

Nos pontos onde a tangente intercepta o eixo das abcissas e a linha horizontal com ordenada  $K$ , observam-se  $L$  e  $T$ , respectivamente.

Uma vez obtidos, experimentalmente  $L$ ,  $T$  e  $N$  (declive máximo =  $K/T$ ) será possível recorrer às equações para determinação dos valores dos parâmetros do sistema.

$$K_p = 1,2M/NL \quad K_i = 2L \quad K_d = L/2$$

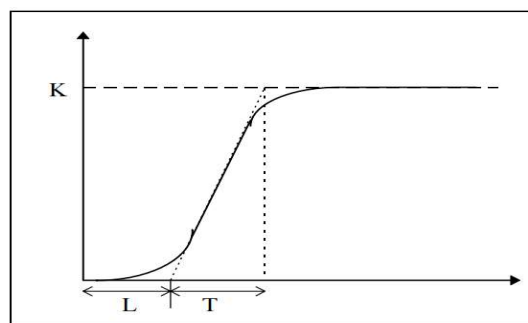


Figura 1 - Método da Curva e Reação

Foram realizados testes iniciais em bancada. Por meio de um Datalogger foi encontrada a curva de resposta.

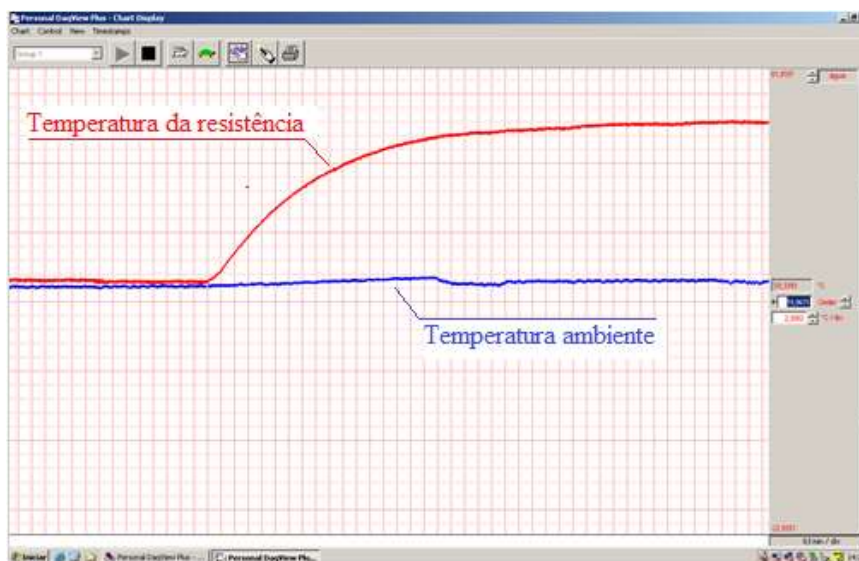


Figura 2 - Software Datalogger OMEGA.



Figura 3 - Hardware Datalogger OMEGA

Portanto, aplicando uma tensão de 12 Volts, é possível obter-se uma temperatura de 40°C na roupa.

$$K_p = 1,2M/NL \quad K_i = 2*L \quad K_d = L/2$$

$$K = 40 \text{ C} \quad L = 1 \text{ s} \quad T = 10 \text{ s}$$

$$N = K/T = 40/10 = 4$$

$$\left. \begin{array}{l} 256 - 13,8V \\ M - 12V \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Aplicando regra de três.} \\ \text{A resolução da saída do controlador é de 8 bits (256).} \end{array}$$

$$M = 222 \quad \left. \right\} \begin{array}{l} \text{Portanto, 222 é o valor da saída do controlador para obter-se uma} \\ \text{resposta de 40 C.} \end{array}$$

Aplicando o Método de Curva de Reação, pode-se obter os seguintes valores para  $K_p, K_i$  e  $K_d$ .

$$K_p = (1,2*222)/(4,00*1) = 67$$

$$K_i = 2*1 = 2$$

$$K_d = 1/2 = 0,5$$

## HARDWARE E SOFTWARE DE CONTROLE

Quando um projeto envolve eletrônica, seja ela analógica ou digital, em que é preciso automatizar algo ou torná-lo inteligente, é preciso utilizar microcontroladores. Atualmente, os microcontroladores mais utilizados em projetos particulares, ou em ambientes de estudo, são os PIC da Microchip e o Arduino da ATMEL. O Arduino é uma plataforma livre de fácil programação, baseada na linguagem C. Devido ao custo baixo e grande simplicidade de programação foi escolhido para o projeto.

### ATMEGA 328

A ATMEGA 328 é uma das menores placas Arduino, ela trabalha com 5V e roda o *bootloader* do Arduino. Por ser indicada para projetos finais, ela não possui gravador acoplado (justamente para minimizar os custos do projeto), portanto, para carregar um código para esta placa você precisará de uma Placa RC FTDI e um Cabo Mini USB. Para deixá-la ainda mais versátil, a placa não possui conectores soldados para permitir que a soldagem seja realizada em qualquer conector ou fio, com qualquer orientação, caso seja necessário.

Como o projeto não requer algo sofisticado e com grande quantidade de saídas e entradas, justifica-se o uso do ATMEGA 328

### DRIVER DE POTÊNCIA (MOSFET FDD8447L)

O drive de potência é necessário para excitar uma carga com corrente elevada a partir de um sinal analógico ou digital de baixa corrente. A corrente de saída do Arduino de 40mA, não é suficiente para aquecer a blusa. Tomou-se o cuidado de dimensionar um circuito que pudesse suprir a corrente necessária e ainda, ter uma boa folga de carga.

O driver utilizado FDD8447 é de fácil obtenção e de baixo custo

### CONVERSOR (LM2596S)

O Conversor é um método simples de conversão de uma tensão contínua em outra de menor valor. O módulo utilizado é o regulador de tensão LM2596, que trabalha como



conversor no modo *Step Down*. A tensão de entrada proveniente do estator pode variar de 10 a 14 Volts, com o regulador é facilmente convertida em 5 Volts estabilizado para alimentação do Arduino e o Display.

### **DISPLAY LCD (NOKIA 5110)**

O display utilizado é o mesmo utilizado no celular Nokia 5110. Pode ser configurado para exibir texto ou imagens em uma matriz de 84x48 *pixels*, com um baixo consumo de energia. Originalmente, destinado a celulares, agora está acoplado a uma placa PCB e pode ser facilmente utilizada em projetos com Arduino. Esse dispositivo possui muita documentação na Internet e uma biblioteca de fácil uso.

### **TECLADO DE MEMBRANA**

O teclado de membrana utilizado é bem simples, não possui led's SMD ou calotas metálicas nas teclas, apenas os materiais essenciais para a funcionalidade do circuito como as camadas de poliéster, pasta condutiva, adesivos e o painel de acabamento.

A membrana é confeccionada em poliéster e possui um relevo nas teclas, como não há presença de componentes, possui um custo mais baixo.

No mercado não foi encontrado membrana de dois botões, portanto, foram retirados o restante dos botões e alteradas a identificação das teclas.

### **SENSOR DE TEMPERATURA NTC**

O Sensor NTC (*Negative Temperature Coefficient*) é um semicondutor que pertence ao grupo dos termistores e tem sua resistência ôhmica diminuída, conforme temperatura aumenta. O motivo da escolha desse sensor é devido ao seu baixo custo, e fácil obtenção em lojas de componentes eletrônicos. No modelo utilizado, sua precisão é de 1% do valor lido e na aplicação da roupa aquecida, é desnecessário uma precisão superior a essa empregada .

Gráfico da variação da **Resistência** em função da **Temperatura**

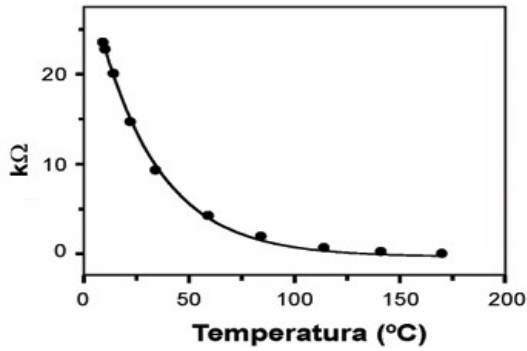


Figura 4 – Curva do NTC



Figura 5 - Sensor NTC

A curva característica do sensor NTC é similar a uma exponencial. Tomou-se o cuidado de utilizar a faixa onde não tivesse grande deflexão, a fim de diminuir o erro proporcionado por essa característica.

## MONTAGEM

Foi contratada uma costureira para confeccionar uma blusa com duas camadas. Na etapa seguinte foram feitas marcações com fita adesiva para serem costuras do lado e formar o canal onde a resistência iria passar.



Figura 6 - Marcação com fita adesiva.

As marcações foram feitas de tal forma que pudesse ser reenchido o maior espaço possível com a resistência. Aberturas foram deixadas para facilitar a passagem dos fios e com isso, evitar o rompimento dos cabos.

O trabalho da costureira foi feito em etapas, a principal preocupação era para que não houvesse obstrução dos canais.



Figura 7 - Costureira fazendo os canais.

Na etapa seguinte, com a ajuda de uma agulha de crochê, foi introduzido o fio térmico no canal costurado.



Figura 8 - Introduzindo o fio resistivo

Foi utilizado um forno e um termopar PT100 calibrado para ajustar a leitura do sensor de temperatura NTC no controlador, o conjunto foi submetido a cinco pontos de

temperatura. O Termopar padrão possui um erro menor que  $0,1^{\circ}\text{C}$  com isso pode-se obter um resultado preciso no valor de temperatura, lido pelo controlador.



Figura 9 - Forno Júpiter utilizado para calibrar o sensor NTC

Todo conjunto foi montado, de tal forma, para que se tenha o máximo de aproveitamento de espaço, uma caixa de controle grande iria inviabilizar a fixação e utilização na motocicleta. Nos testes dinâmicos a caixa de controle foi fixada sobre o tanque de combustível com um

Tomou-se o cuidado com a luminosidade do display, a preocupação era que não atrapalhasse na condução da motocicleta no período noturno.

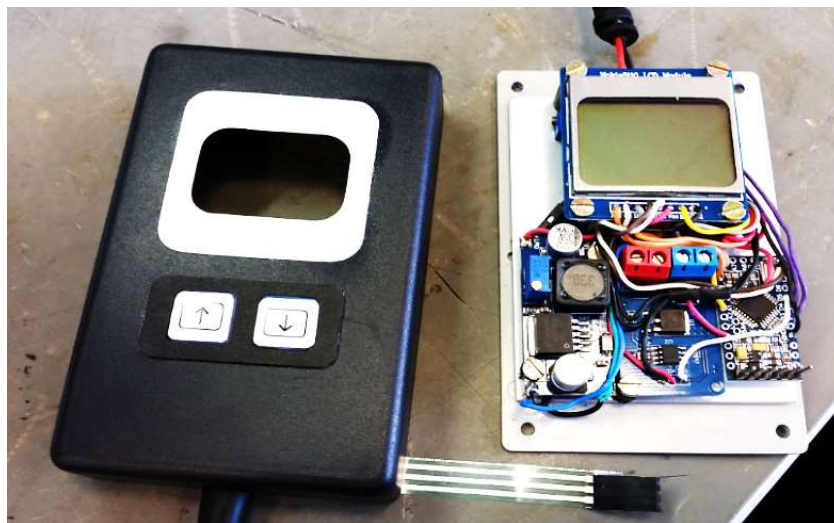


Figura 10 - Detalhe da parte interna.



Figura 11 - Display com valor de Demanda 42°C e valor Atual de 42°C.

Os conectores que interligam a blusa ao controle, são de fácil desconexão. Caso haja um esquecimento do piloto, ou até mesmo um acidente com este, a desconexão é feita sem rompimento do fio, uma leve força é suficiente para separar o conjunto.



Figura 12 - Display integrado a blusa.

## TESTE ESTÁTICO

O teste estático verifica os critérios de projeto estrutural, a integridade estrutural, os efeitos com cargas de trabalho limites e no caso específico da blusa, o comportamento de todo conjunto. O principal objetivo do teste é a redução da probabilidade de se encontrar defeitos ao final de seu ciclo de desenvolvimento, minimizando assim, riscos para a produção em série.

Foram realizados testes estáticos em bancada, com temperatura ambiente e fotografados com uma câmera térmica.

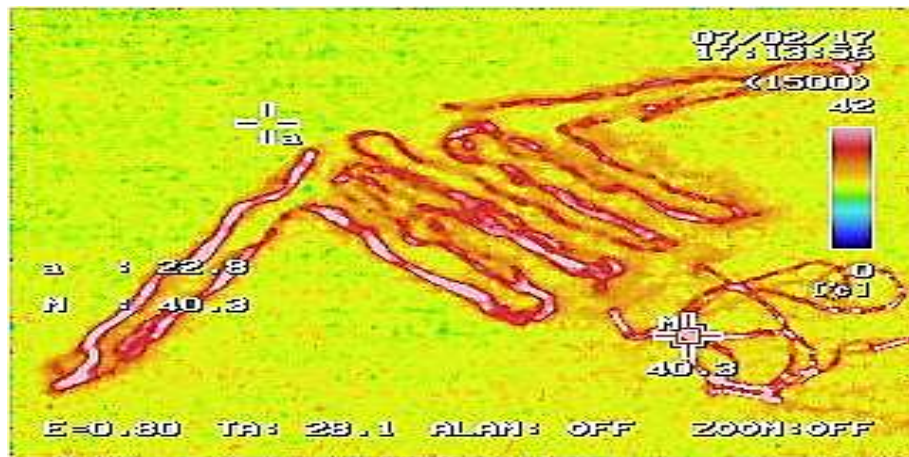


Figura 13 - Dispersão térmica.

Através da câmera é possível observar a dispersão térmica em toda blusa. Para desenvolver um produto são necessárias ferramentas eficazes. A câmera térmica ajuda a detectar problemas rapidamente, ela permite ver com antecedência anomalias térmicas invisíveis a olho nu, geradas pela resistência elétrica na parte interna da blusa. Com a câmera é possível medir ponto a ponto a temperatura com sensibilidade menor que 0,02 °C.

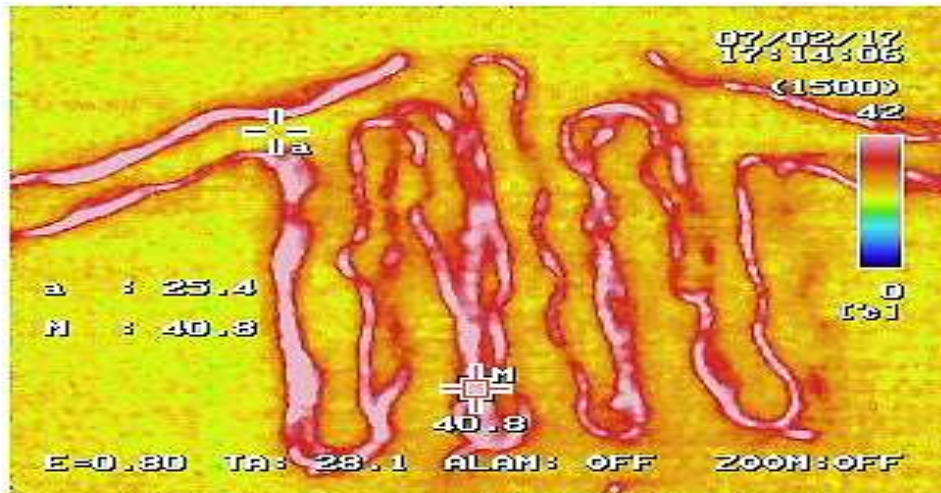


Figura 14 - Dispersão térmica.

Para teste com temperatura controlada foi utilizado um equipamento chamado *HVAC Module Calorimeter* propriedade da Empresa MAHLE METAL LEVE S.A. Este equipamento possui um volume interno de aproximadamente 30m<sup>3</sup> com temperaturas predeterminadas pelo operador.

O Calorímetro é utilizado para testes de eficiência em conjuntos de ar condicionado de veículos automotores. Com esse equipamento é possível variar a temperatura entre -25°C a 60°C, no teste com a blusa, foi configurado para 6°C.

### Primeiro Teste

- Tempo de estabilização de 30 minutos.
- Tempo de aquisição de 10 minutos (aquisição com taxa de 1Hz).
- Blusa com o Controle de Temperatura desligado.
- Blusa com o volume interno preenchido com plástico bolha, com intuito da temperatura corporal não interferir nos resultados finais.
- Pontos instrumentados: Temperatura do braço, Temperatura do tórax, Temperatura ambiente e Corrente de consumo do Controle de Temperatura.
- Calorímetro ajustado para temperatura interna de 6°C.

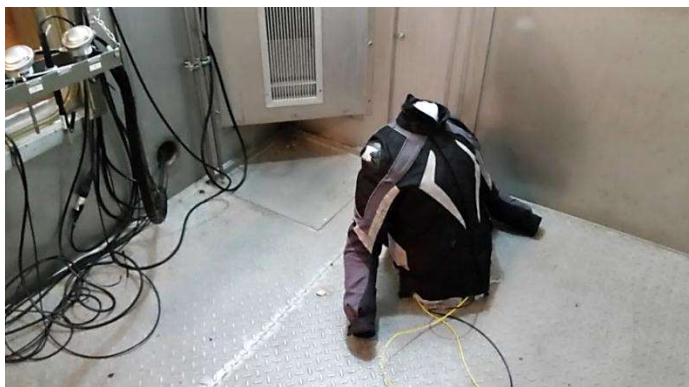


Figura 15 - Blusa preenchida com plástico bolha



Figura 16 - Carrinho de teste.

Gráfico do **Tempo** em função das **Temperaturas e Corrente**.

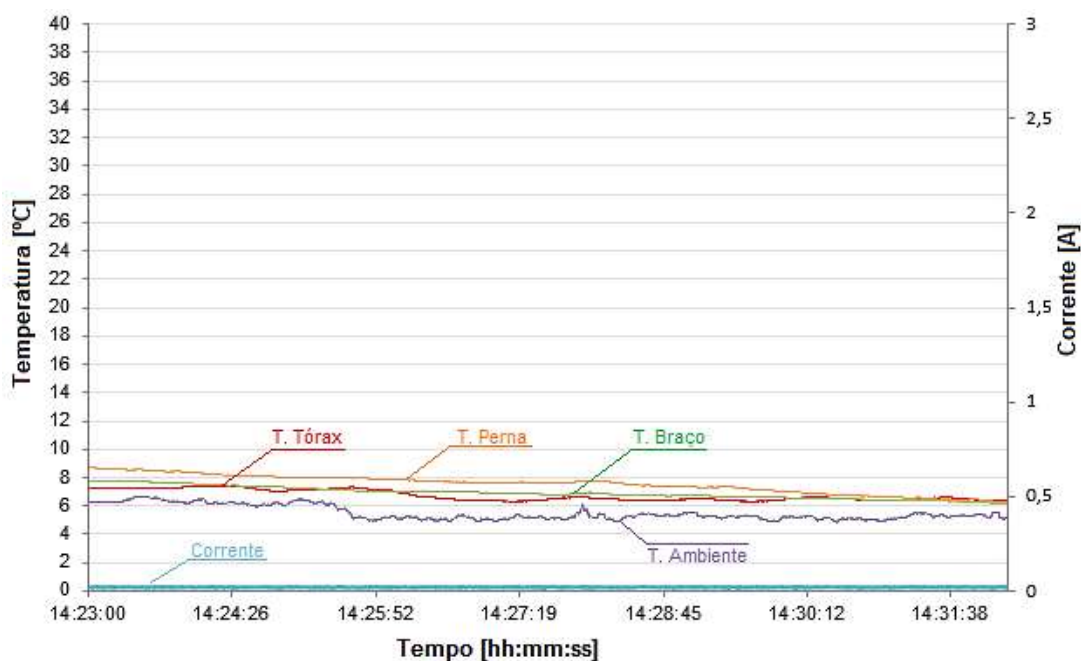


Figura 1718- Gráfico

Utilizou-se uma blusa específica sobre a blusa de teste, para reproduzir condições reais de utilização. Os equipamentos foram alocados em um carrinho, para manter a organização.

No gráfico é possível ver que não há variações consideráveis de temperatura. A temperatura corporal não está aplicada ao processo e o controlador está desligado. Portanto, em um tempo superior a 30 minutos, as temperaturas iriam se igualar a temperatura ambiente.



## Segundo Teste

- Tempo de estabilização de 30 minutos.
- Tempo de aquisição de 10 minutos (aquisição com taxa de 1Hz).
- Blusa com o Controle de Temperatura ligado.
- Blusa com o volume interno preenchido com plástico bolha, com intuito da temperatura corporal não interferir nos resultados finais.
- Pontos instrumentados: Temperatura do braço, Temperatura do tórax, Temperatura ambiente e Corrente de consumo do Controle de Temperatura.
- Calorímetro ajustado para temperatura interna de 6°C.

Gráfico do **Tempo** em função das **Temperaturas e Corrente**.

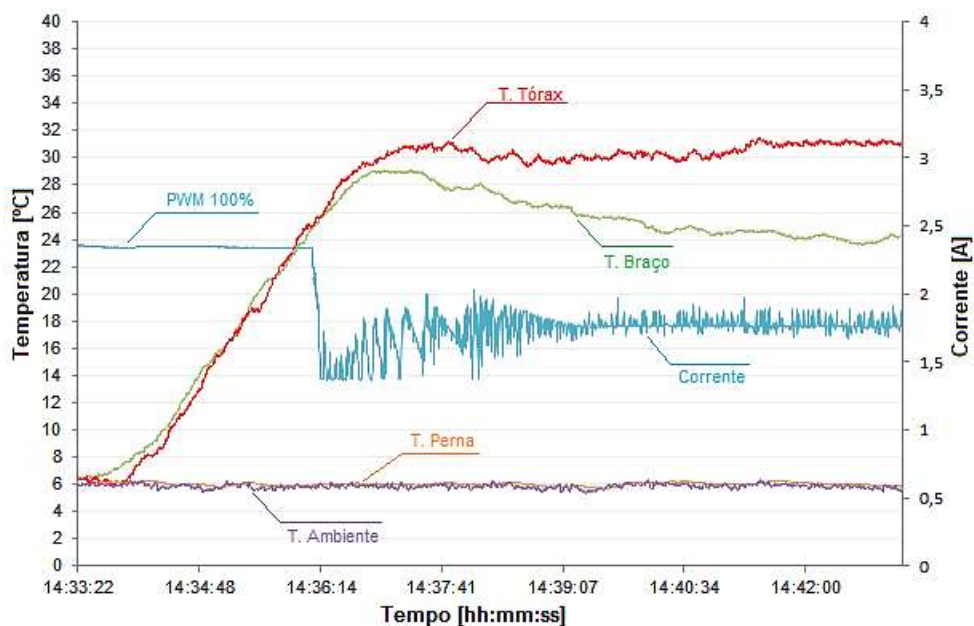


Figura 1819 - Gráfico

Neste caso, a temperatura corporal não está aplicada ao processo, porém, o controle está atuando sobre o isolante térmico (plástico bolha), com isso, é possível ver o sistema mantendo a temperatura de demanda.

A diferença de temperatura de demanda pela aquiritada, possivelmente é devido ao tecido entre o conjunto ou espaçamento de ar. Outro aspecto importante na diferença de temperatura é que, o sensor que aquiritou a temperatura não está em contato direto com a resistência, ao contrário do sensor que controla a temperatura. Lembrando que, o

sinal em azul claro é a resposta média da corrente da resistência interna da blusa e por fim, o valor no final é de 1.7A, o que comprova que o sistema convergiu para uma situação de estabilidade.

### Terceiro Teste

- Tempo de estabilização de 30 minutos.
- Tempo de aquisição de 10 minutos (aquisição com taxa de 1Hz).
- Blusa com o Controle de Temperatura desligado.
- Blusa vestida, temperatura corporal sendo aplicada no processo.
- Pontos instrumentados: Temperatura do braço, Temperatura do tórax, Temperatura ambiente e Corrente de consumo do Controle de Temperatura.
- Calorímetro ajustado para temperatura interna de 6°C.

Gráfico do **Tempo** em função das **Temperaturas e Corrente**.

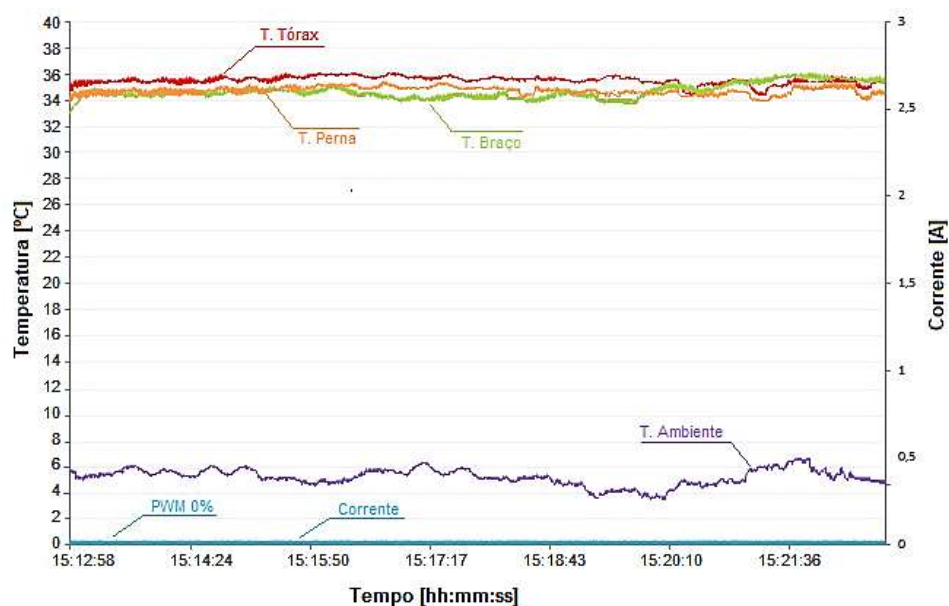


Figura 1920 - Gráfico

Neste caso, o controle de temperatura está desligado (PWM 0%), os sensores registram a temperatura do corpo do usuário.

A sensação do usuário é de frio.

### Quarto Teste

- Tempo de estabilização de 30 minutos.

- Tempo de aquisição de 10 minutos (aquisição com taxa de 1Hz).
- Blusa com o Controle de Temperatura ligado.
- Blusa vestida, temperatura corporal sendo aplicada no processo.
- Pontos instrumentados: Temperatura do braço, Temperatura do tórax, Temperatura ambiente e Corrente de consumo do Controle de Temperatura.
- Calorímetro ajustado para temperatura interna de 6°C.

Gráfico do **Tempo** em função das **Temperaturas e Corrente**.

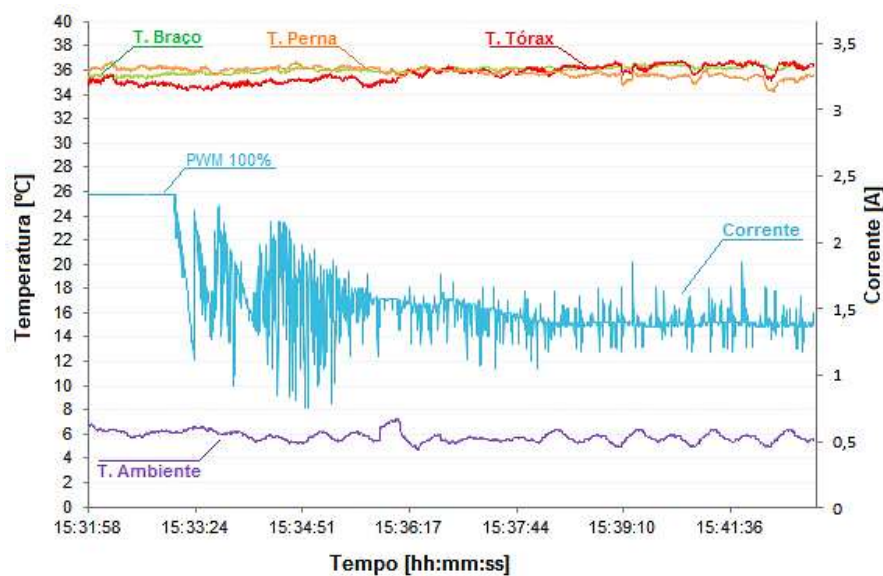


Figura 20 - Gráfico

Neste caso, o controle de temperatura está ligado, dessa forma, é possível ver a corrente sendo aplicada na resistência e convergindo para 1.4A.

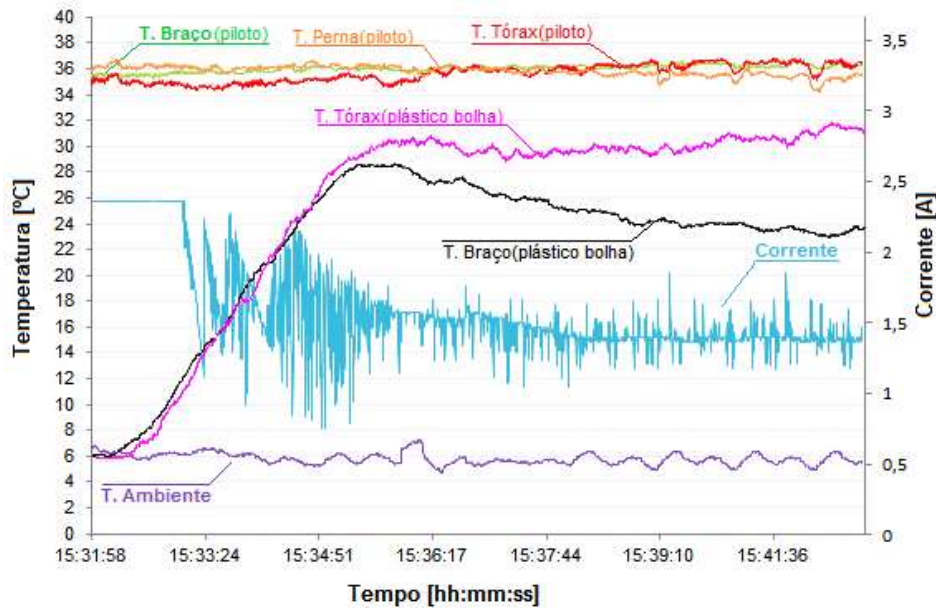
A sensação térmica é de conforto ao usuário.

#### Gráfico Comparativo do Teste 2 com o Teste 4

Teste 2: Blusa preenchida com **plástico bolha** com o Controle de Temperatura ligado e temperatura corporal não aplicada no processo.

Teste 4: Blusa vestida no **piloto** com o Controle de Temperatura ligado e temperatura corporal sendo aplicada no processo.

Gráfico geral do **Tempo** em função das **Temperaturas** e **Corrente**.



No gráfico é possível comparar o funcionamento do controlador com e sem a interferência da temperatura corporal. A temperatura corporal aplicada ao processo faz com que haja uma estabilidade na temperatura final, deixando apenas a sensação de conforto ao usuário. Com o controle sendo aplicado na blusa preenchida com plástico bolha, descarta-se a ação corporal, com isso, é visível observar o comportamento do aquecimento e a manutenção da temperatura ao longo do tempo. Na área mais coberta (tórax) a temperatura é maior e permanece constante, enquanto na área menos coberta (braços) a temperatura é menor, possivelmente por estar na extremidade da blusa e porque o sensor que faz a leitura da temperatura está localizado na região do tórax. A tendência é que na região do tórax tenha valores mais estáveis.

A organização dos equipamentos e sensores teve grande importância para garantir a coleta de dados concisos, tomou-se o cuidado de identificar todos os canais de temperatura e usar uma fonte de alimentação externa para alimentar o *shunt* de corrente.

O *shunt* de corrente utilizado foi da marca *Phoenix Contact*, este equipamento mede a corrente por efeito *hall*, ou seja, sem contato com o circuito de potência.

## TESTES DINÂMICOS

As análises estáticas e dinâmicas são os dois tipos mais populares de abordagem para garantir a qualidade e funcionalidade de um produto. A análise dinâmica atua no complemento da estática.

Nessa parte, as temperaturas ambiente e corporal, não foram adquiridas devido à complexidade e risco de acidentes ao piloto.

A ligação elétrica do controlador foi feita diretamente na bateria da motocicleta por meio de um conector. A corrente drenada da bateria é de 2,4A com o controlador em potência máxima (PWM em 100%) que equivalente a 33W cerca de 10% do total produzido pelo alternador.

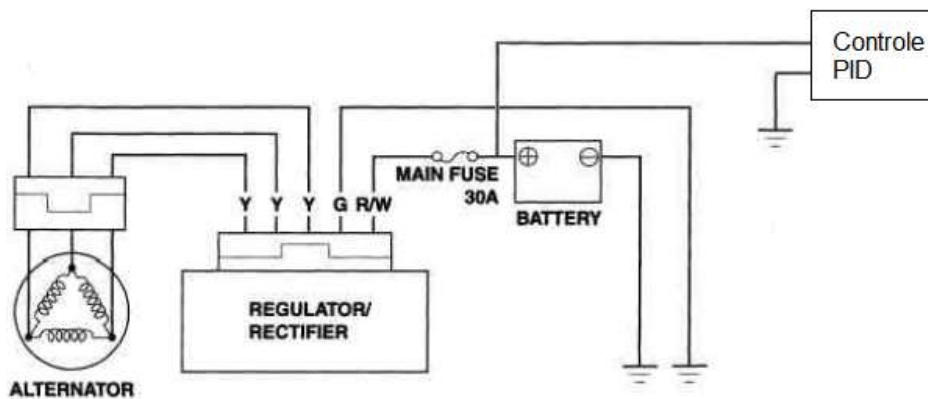


Figura 22 - Diagrama elétrico da motocicleta.

## CONDIÇÕES DO TESTE

As condições do teste são essenciais para evidenciar o funcionamento do controlador.

Foi realizado o percurso da cidade de São Paulo até a cidade de Arujá, foram percorridos cerca de 40km com a blusa acionada. O teste foi realizado no período noturno, devido ao clima ser mais ameno.

A temperatura no dia do teste, dia 11 de março era de aproximadamente 17 °C, conforme AccuWeather.

O percurso foi realizado com uma distância de 80km no total, o trajeto de ida até Arujá aconteceu com a blusa desligada e o trajeto de volta com a blusa ligada.

## PERCEÇÃO DO PILOTO

A impressão do piloto, no percurso de volta com a blusa acionada, foi de extremo conforto. Não houve preocupação com o frio, fazendo com que a atenção na direção tornasse o foco principal.

Foi atingida uma velocidade máxima de 110km/h no percurso (limite da rodovia), a fixação do controlador mostrou-se eficaz, em nenhum momento houve o desprendimento do controlador. A disposição dos fios não causaram nenhuma dificuldade na pilotagem.

Foram forçadas variações de temperatura abrindo frestas na blusa, não houve variação de valor “ATUAL”, o controle por PID mostrou-se eficaz na manutenção da temperatura.



Figura 23 - Teste Dinâmico (Rodovia Presidente Dutra SP060).

## DIFICULDADES

A principal dificuldade na implementação do sistema foi na passagem do fio. Devido à resistência ôhmica do fio ter um valor fixo, houve a necessidade de se associar trechos em paralelo para obter-se a potência máxima desejada. Durante a passagem do fio nos canais da blusa, parte se rompeu sendo necessário à energização da blusa por dois lados, diferente do planejado inicialmente.

Inicialmente, o planejamento dava conta de que a energização ocorreria apenas pelo lado direito da blusa, porém devido a um rompimento na passagem dos cabos, houve a necessidade de criar-se um novo ponto de energização, dessa vez, do lado esquerdo.



Figura 24 – União necessária devido ao rompimento do fio térmico.

## CONCLUSÃO

A necessidade mostra-se muitas vezes um agente de mudanças ou inovações. Foi assim que a partir de uma necessidade surgiu à ideia de desenvolver este projeto. Motociclistas deslocam-se em horários aleatórios e em condições climáticas adversas. Normalmente nestas condições, passam pelo incômodo da baixa temperatura, podendo levar a uma desconcentração no ato de conduzir a motocicleta. A ideia inicial era construir um conjunto, blusa e calça aquecida, em função dos custos e do prazo, foi reduzido para apenas a blusa. Com isso, foi possível validar o conceito da mesma forma.

Neste projeto foi abordada a utilização de um controle PID para controlar uma resistência térmica dentro da blusa, a ideia de criar e desenvolver um produto, foi cumprida como o proposto, o controle se mostrou eficaz na manutenção da temperatura mesmo em situações climáticas desfavoráveis.

Inicialmente, foram realizados testes estáticos. Dessa forma, foi possível, de forma clara e definida, observar a manutenção da temperatura sem e com a interferência do corpo humano. A temperatura corporal aplicada ao processo faz com que haja uma estabilidade na temperatura final, deixando apenas a sensação de conforto ao usuário. Com o controle sendo aplicado na blusa preenchida com plástico bolha, descarta-se a ação

corporal, com isso, é visível observar o comportamento do aquecimento e a manutenção da temperatura ao longo do tempo. Os testes permitiram, por meio de desenvolvimento em bancada, ganhar tempo de aperfeiçoamento do produto final.

Um ponto importante foi à utilização do método da Curva e Reação. Por meio do método obteve-se valores de  $K_p, K_i$  e  $K_d$  que já convergiam para o melhor resultado de controle da temperatura. Dessa forma, não houve a necessidade de adotar valores empíricos para as constantes.

O teste dinâmico em uma estrada foi necessário para complementar o teste estático e dessa forma, garantir a qualidade e funcionalidade do produto final. Foi registrada a impressão do piloto no percurso total. O principal objetivo foi alcançado, que era não haver a preocupação com o frio, fazendo com que a atenção na direção tornasse o foco principal na condução.

O desenvolvimento deste projeto propiciou um maior aprofundamento em técnicas de programação e na compreensão do funcionamento de um controle PID, pode-se entender e avaliar outros tipos de controladores e concluir que para essa aplicação era o mais indicado.

Como aperfeiçoamento para um trabalho futuro, a implementação de um sistema blindado “prova d’água” seria de grande importância, tendo em vista que o motociclista está exposto as intemperes do meio ambiente. Outro item importante, é a fabricação de uma resistência com valor ôhmico desejado, isto faria com que não houvesse a necessidade de colocar trechos em paralelo, isto extinguiria o risco da resistência romper na passagem pelo canal.

## **BIBLIOGRAFIA**

OGATA, KATSUHIKI. Engenharia de Controle Moderno. SP, Person, 2003

<<https://www.embarcados.com.br>> Acesso em 05 de Janeiro de 2017. 15:30:00.

<<https://www.robocore.net/>> Acesso em 08 de Janeiro de 2017. 10:30:00.

<<http://www.mundodoshackers.com.br>> Acesso em 10 de Janeiro de 2017. 14:30:00.

<<https://www.arquilog.com.br/conforto-termico/>> Acesso em 20 de Janeiro de 2017. 19:30:00.



<<http://www.addtherm.com.br>> Acesso em 27 de Maio de 2017. 22:33:00.

<<http://www.flir.com.br>> Acesso em 28 de Maio de 2017.17:05:00.

<<http://larroyd.com.br/termografia/>>Acesso em 28 de Maio de 2017.17:05:00.

<<https://www.arduino.cc/>> Acesso em 02 de Junho de 2017.18:00:00.