



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LEONARDO DA VINCI**

**RICARDO CAMPAGNIN**

**9ª Fase**



**PROJETO DE ESTÁGIO I**

**Timbó**

**2016**



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LEONARDO DA VINCI**  
**RICARDO CAMPAGNIN**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO OBRIGATÓRIO:**  
**MANUTENÇÃO EM SISTEMAS ELETRÔNICOS COM O AUXÍLIO DA**  
**TERMOGRAFIA**

Timbó

2016

**RICARDO CAMPAGNIN**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO I:  
MANUTENÇÃO EM SISTEMAS ELETRÔNICOS COM O AUXÍLIO DA  
TERMOGRAFIA**

Relatório de Estágio Curricular Obrigatório apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Leonardo da Vinci como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Ricardo Guilherme Radünz Filho

Timbó  
2016

Agradeço a Deus pela saúde e força para vencer esta etapa. Dedico aos meus tios Ivo e Mariazinha, minha irmã Lilian e meu cunhado Aldelir e minha família pelo apoio e ajuda.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a SPS – Soluções para Soldagem pela oportunidade de desenvolver e aplicar meus conhecimentos ao longo desses mais de 10 anos ao qual trabalho para ampliar meus conhecimentos e desenvolver novos produtos.

Agradeço ao meu supervisor de estagio Raul Gohr por ser um exemplo de simplicidades, humildade e pelos conhecimentos passados.

Agradeço ao meu orientador de estagio Prof. Ricardo Guilherme Radünz Filho por sempre exigir mais qualidade do trabalho e aceitar o desafio de me orientar.

Agradeço os colegas de trabalho Cleber Marques, Fernando Costenaro, Alberto Bonamigo Viviani, João Facco de Andrade, Marcelo Pompermaier Okuyama, por estarem sempre compartilhando os conhecimentos adquiridos e me ajudarem sempre na solução dos problemas, de fato formamos uma boa equipe de pesquisa, basicamente a base do desenvolvimento do laboratório, mesmo sendo cada um de nós em uma área de atuação diferente.

Agradeço ao Prof. Jair Carlos Dutra, Prof. Régis Henrique Gonçalves e Silva, Mateus Barancelli Schwedersky, pelo tempo em que atuo no Labsolda como técnico em pesquisa e coordenar toda a parte de desenvolvimento de hardware dos equipamentos.

Agradeço a toda equipe do Labsolda por me aturarem a mais de dez anos que faço parte da equipe, mas o objetivo é estarmos cada vez mais a frente dos concorrentes nas questões tecnológicas e zelar a nossa estrutura.

“Ninguém nasceu sabendo tudo, mas a determinação, persistência e o trabalho suado é o que nos guiam para um objetivo, quem busca e vence obstáculos e faz coisas admiráveis, sempre vá em busca do conhecimento, não tenha medo de arriscar, o mundo é feito de tomada de decisões e agilidades para sempre estarmos na frente dos adversários.”

## RESUMO

Em circuitos eletrônicos ontem passa bastante energia os detalhes de montagem de um equipamento são essenciais para não se tenha falhas e evitar problemas futuros. Todos os equipamentos quando usados em condições extremas de trabalho devem ser bem projetados e montados com muita qualidade para que não haja falhas e estes precisam ser bem testados inclusive testes de mau contato. Quando uma montagem apresenta uma falha e o equipamento não tem um bom desempenho, é que se começa a fazer uma inspeção mais elaborada a fim de diagnosticar as possíveis falhas. A Termografia é uma ferramenta espetacular na localização de falhas em estrutura de potencia, pois, com este recurso é possível identificar os pontos de aquecimento causados por mau contato. Nem sempre as ferramentas desenvolvidas para uma aplicação são as melhores saídas na hora de montar o equipamento, existem algumas maneiras de executar o trabalho com mais qualidade, o problema é que as vezes a demora é maior. Todas as trilhas dos circuitos de potencia devem ser bem dimensionadas para evitar aquecimento e manutenções futuras. Uma solda deve ser bem feita para evitar a famosa “solda fria”.

Palavras-chave: Circuitos de potência. Termografia. Manutenção.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Notícias sobre prêmios da SPS .....	19
Figura 2 – Minha bancada de trabalho a mais de 10 anos.....	22
Figura 3 - IHM.....	26
Figura 4 - Unidade de controle .....	26
Figura 5 - Montagem interna do gabinete .....	27
Figura 6 - Sistema de deslocamento fixado numa parede vertical .....	27
Figura 7 - Trilho fixação do sistema de deslocamento instalado numa parede vertical.....	28
Figura 8 - Câmera térmica usada no Labsolda .....	30
Figura 9 - Osciloscópio TPS2024 Tektronix.....	31
Figura 10 - Ponteira de medir tensão.....	32
Figura 11 - Ponteira de medir corrente com o osciloscópio .....	33
Figura 12 - Funcionamento do motor de passo .....	33
Figura 13 - Motor de passo.....	34
Figura 14 - Testes motor e driver em condições normais de operação .....	35
Figura 15 - Driver para motor de passo .....	36
Figura 16 - Bancada de trabalho e testes. ....	37
Figura 17 - Medições realizadas no driver antes da manutenção .....	42
Figura 18 - Medições realizadas no driver após a manutenção .....	43
Figura 19 - Temperatura no motor antes da manutenção .....	44
Figura 20 - Temperatura no motor após a manutenção .....	45
Figura 21 – Placa de freio com problemas nas conexões .....	47
Figura 22 - Fios montados de forma errada.....	48
Figura 23 – Placa de freio após a manutenção .....	48
Figura 24 - Placa de freio versão antiga .....	49
Figura 25 - Placa de freio nova versão .....	50
Figura 26 - Placa de freio nova montada.....	50
Figura 27 - Imagem do gabinete antes de resolver o problema da placa de freio .....	51
Figura 28 - Imagem térmica após a solução dos problemas.....	52
Figura 29 - Temperatura no gabinete com tampa antes da manutenção .....	53
Figura 30 - Comportamento térmico do gabinete depois de realizada a manutenção.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Deslocamento triangular.....	55
Tabela 2 - Deslocamento Trapezoidal .....	56
Tabela 3 - Deslocamento linha reta .....	56
Tabela 4 - Movimentação manual .....	57
Tabela 5 - Tabela de identificação dos responsáveis pela construção do equipamento .....	57
Tabela 6 - Cronograma de atividades executadas e cumpridas .....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação torque x velocidade do motor de passo .....	34
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>A EMPRESA.....</b>	<b>16</b>
4.1	CONTEXTO E EVOLUÇÃO DA SPS .....	16
4.2	DOMÍNIO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO COMO POTENCIALIZADOR DO SUCESSO.....	18
4.3	INOVAÇÃO TECNOLÓGICA PARA UMA MAIOR PRODUTIVIDADE E COMPETITIVIDADE .....	20
4.4	PARCERIAS.....	21
4.5	SETOR DE ESTÁGIO .....	21
4.6	COLABORADORES .....	22
<b>5</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>24</b>
5.1	TARTÍLOPE V2F.....	24
5.2	CÂMERA TÉRMICA .....	28
5.3	OSCIOSCÓPIO TPS-2024.....	30
5.4	MOTOR DE PASSO .....	33
5.5	DRIVER PARA MOTOR DE PASSO.....	35
5.6	BANCADA DE ENSAIO.....	36
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>38</b>
6.1	TARTILOPE.....	38
6.2	OSCIOSCÓPIO .....	38
6.3	DRIVER.....	39
6.4	MOTOR.....	39
6.5	CÂMERA TÉRMICA .....	40
<b>7</b>	<b>ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....</b>	<b>41</b>
7.1	ENSAIOS NO DRIVER .....	41
7.2	MEDIÇÃO DE TEMPERATURA NOS MOTORES.....	43
7.3	PROBLEMA DE CONEXÃO .....	45
7.4	TESTE DA PLACA DE FREIO.....	49
7.5	TESTE DO GABINETE.....	50
7.6	TESTES REALIZADOS NOS EQUIPAMENTOS .....	55

<b>8</b>	<b>CRONOGRAMA</b> .....	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>59</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O estágio é uma etapa importante para que o aluno comece a aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula, muitas vezes o primeiro contato que o aluno terá com a indústria é durante o estágio.

Vivemos em um meio tecnológico avançado, desse meio podemos tirar muitos recursos para facilitar nosso dia a dia e aumentar a produtividade industrial.

Nesse contexto de tecnologias e recursos que facilitam nossa vida está inserido os equipamentos desenvolvidos no LABSOLDA – UFSC em parceria com SPS – Soluções para Soldagem Ltda.

A automação industrial torna as empresas mais competitivas, reduz os custos com mão de obra, e diminui o índice de falhas na linha de produção e torna as empresas mais eficientes.

Todos os equipamentos devem ser desenvolvidos e montados com certo rigor de qualidade, ainda mais se este possui um valor alto agregado, isso aumenta a vida útil do equipamento e pode ser inserido um valor no custo final, pois, o equipamento fica parado para manutenção pouco tempo, a empresa passa e ser respeitada por produzir equipamentos de qualidade, se torna referencia no que faz aí o mais difícil é manter o nome herdado.

Quando alguma falha de montagem é cometida o equipamento pode sofrer vários danos ao longo do tempo. Com as experiências adquiridas os padrões de qualidade dos equipamentos passam a ser mais elevados, tirando vantagem no mercado em relação aos concorrentes.

## 2 JUSTIFICATIVA

O trabalho realizado no LABSOLDA é algo desafiador na questão de conhecimento, visto que, os equipamentos comercializados pela SPS são desenvolvidos neste laboratório, ao qual a empresa tem parcerias.

Sempre que possível é bom trabalhar em laboratórios de pesquisa, o inconveniente são os baixos salários, mas, o gratificante é quem gosta de ser desafiado nos conhecimentos e a cada dia de trabalho podemos saber que temos um planejamento, mas a cada dia isso pode mudar e surgir um novo desafio que passa a ser prioridade em relação ao anterior.

O bom de trabalhar em um laboratório com destaque nacional e internacional é que você não pode se acomodar na vida, sempre outros parceiros ou empresas precisam de algum equipamento novo para uma certa automação ou processo, ou até mesmo quer parceria para desenvolver algum equipamento ao qual ela não tem o domínio completo de todas as tecnologias, mas sabe que pode contar com alguém que já possua esta experiência.

Nos últimos anos o LABSOLDA tem investido em muitas tecnologias para auxiliar as pesquisas, dentre estas foi adquirida uma câmera térmica para medir temperatura de arco da soldagem, dos equipamentos, mas também estamos suando para resolver problemas e melhorar os equipamentos nos pontos que estão mais sujeitos a falhas.

Muitas vezes podemos realizar uma manutenção ou projeto e o equipamento funciona bem em determinadas situações, mas quando colocado para operar 24 horas por dia no seu limite é que podem aparecer os defeitos depois de anos de operação ou até mesmo após dias, com o auxílio da termografia é possível avaliar os pontos mais críticos do projeto e melhorar a robustez.

O bom de trabalhar em laboratório é que todos são alunos e professores, cada um tem sua função e todos estão ali porque gostam de ser desafiados e quebrar alguns paradigmas da engenharia, sempre os conhecimentos acabam sendo multidisciplinares, já que tem uma equipe base que define os rumos dos projetos e que cada uma entenderá da sua parte e algo da parte do colega, todos os sistemas e etapas de um projeto estão interligadas.

### 3 OBJETIVO

O objetivo principal é adquirir cada dia mais conhecimento, desafiando alguns paradigmas e mitos existentes sobre os sistemas de soldagem e equipamentos para afins e processos envolvidos.

Realizar as manutenções dentro do prazo mais curto possível, tornar os equipamentos mais confiáveis e robustos.

Outra meta como estudante é não ficar acomodado no meio tecnológico, pois, como desenvolvedores de equipamentos, precisamos estar sempre correndo atrás da necessidade da indústria para atendê-los da melhor forma.

A manutenção com o auxílio de termografia é algo novo e precisa ser muito explorado ainda para dar subsídios as empresas que pretendem usar esta tecnologia para facilitar o dia a dia dos técnicos de manutenção.

Outro objetivo que não pode ser deixado de lado é validar as especificações de materiais que são comercializados por empresas que nem sempre estão em conformidade com seus datasheet ou normas vigentes.

Também não menos importante a obtenção da nota mínima na disciplina para avançar nos estudos e na obtenção do título de engenheiro.

## 4 A EMPRESA

A SPS é uma empresa nacional, nova no mercado, mas inovadora em tecnologias, fundada por professores e alunos / ex-alunos do LABSOLDA - UFSC.

### 4.1 CONTEXTO E EVOLUÇÃO DA SPS

A SPS – Sistemas e Processos para Soldagem surgiu dentro de um contexto amplo, o qual tem como meta global possibilitar a identificação de problemas de soldagem de empresas brasileiras e provê-las com as respectivas soluções, com tecnologia nacional. Como base filosófica, tecnológica e científica de nossa empresa se faz presente o Laboratório de Soldagem da Universidade Federal de Santa Catarina (LABSOLDA - UFSC), no qual a SPS foi incubada.

Sempre em busca de reais inovações no campo da soldagem a arco elétrico e sua automação, o LABSOLDA adotou um modus operandi particular, diferenciado de outros laboratórios de pesquisa. A necessidade identificada foi a completa flexibilidade nos sistemas (fontes de energia e equipamentos para automação), possibilitando a manipulação de todos os parâmetros e variáveis de soldagem, fugindo das limitações de equipamentos comerciais. Somente desta maneira o potencial para investigações aprofundadas, resultando na geração de conhecimento básico e inovativo, seria conseguido. Consolidou-se, então, como objetivo, o desenvolvimento de tecnologia própria em fontes de soldagem, instrumentação e equipamentos para mecanização da soldagem.

A estratégia adotada baseou-se na concretização de uma infraestrutura adequada e na formação de uma equipe interdisciplinar, capaz de identificar necessidades e executar a concepção, projeto, construção, teste e avaliação de equipamentos ligados à soldagem a arco elétrico. As áreas representadas na equipe vão desde as engenharias (mecânica, elétrica, de materiais) até a física, informática e design. Dentro desta gama, se inserem técnicos, graduandos e pós-graduandos, que executam suas atividades numa conotação acadêmica, porém também sempre com potencial de aplicabilidade prática dos resultados.

Nesta conjuntura, surgiu a empresa IMC–Soldagem, parceira da SPS, fabricante de fontes de energia especiais e sistemas de monitoração de soldagem a arco. Hoje, a IMC tem como clientes de pequenas a grandes empresas, com necessidades costumeiras ou especiais em soldagem. Como consequência das características dos equipamentos o mercado se expandiu também para instituições de ensino e pesquisa em soldagem.

Como passo seguinte, se atuou no sentido de viabilizar a colocação no mercado também dos equipamentos de mecanização e outros instrumentos para monitoração da soldagem, que surgiam como desdobramentos e continuidade de trabalhos acadêmicos. Em 2006 se consolida a nova SPS – Sistemas e Processos de Soldagem, após uma reformulação em sua equipe. Esta conta com engenheiros mecânicos, eletricitistas e um físico, detentores de prêmios e autores de diversos trabalhos em congressos e revistas especializados.

Os primeiros produtos colocados no mercado foram o Tartflope V2 e V2F (dispositivo de deslocamento em dois eixos, opção de trilho flexível, ganhador de dois prêmios) cujo desenvolvimento esteve atrelado a um trabalho de mestrado e o Cabeçote TIG Orbital, atrelado inicialmente a um trabalho de graduação e colocado em 3º lugar no então Prêmio Petrobrás de Tecnologia de Dutos. Seguiram-se a nova versão do Tartflope V1, a Caneta TIG, o Sistema para Soldagem TIG Orbital (englobando cabeçote e fonte de soldagem interfaceados) e o Tartflope V4 /Cabeçote MIG Orbital, também ligado a um mestrado), com 4 graus de liberdade. Este último foi desenvolvido dentro de um projeto cooperativo com a TRACTEBEL ENERGIA, planta de geração termoelétrica Jorge Lacerda, para a recuperação mecanizada de tubos de caldeira. Neste projeto também se desenvolveu o procedimento de soldagem para o material especial de adição. Um dos mais novos desenvolvimentos é o Sistema Avançado de Controle (SAC, ligado a um mestrado), ferramenta computacional para monitoração e controle de processos de soldagem a arco, com total flexibilidade no desenho das formas de onda e métodos de controle dos processos.

Hoje, além de fornecer sistemas customizáveis de mecanização e monitoração, a SPS também presta serviços de desenvolvimento de procedimentos de soldagem para aplicações especiais.

#### 4.2 DOMÍNIO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO COMO POTENCIALIZADOR DO SUCESSO

Tendo em vista o fato de que todo o P&D em processos de soldagem que viesse a ser conduzida nos equipamentos comerciais já estaria ultrapassado desde o princípio, pois não se pode experimentar além dos limites do equipamento nem alterar suas características, a SPS, em parceria com o LABSOLDA e a IMC, concentra sua atuação na capacitação em desenvolvimento de sistemas (processos e equipamentos para automação) e de instrumentação.

Alguns dos esforços do suor nos trabalhos podem ser vistos na imagem da Figura 1 que detalham alguns dos prêmios de tecnologias alcançados ao longo dos anos de trabalho da equipe, os prêmios e histórico do Labsolda podem ser vistos no site do Labsolda ([www.labsolda.ufsc.br](http://www.labsolda.ufsc.br)) e no site da SPS mais informações sobre os prêmios que a empresa vem conquistando, o site é <http://www.sps-soldagem.com.br/>

Figura 1 - Notícias sobre prêmios da SPS

**Prêmio Stemmer de Inovação 2011**



**SPS-Soldagem, uma Empresa Inovadora!**  
Junho 2011

A **SPS - Soluções para Soldagem Ltda** foi contemplada com o 3º lugar na categoria Micro e Pequena Empresa Inovadora, pelo desenvolvimento de um Manipulador Robótico para Processos de Soldagem.

O **Prêmio Stemmer Inovação** visa reconhecer esforços de instituições, empresas e pessoas que se destacaram com contribuições em inovações de processos, bens e serviços efetivados entre 2008 e 2010, com significativo impacto na economia e desenvolvimento social e ambiental de Santa Catarina. A cerimônia de entrega da 2ª edição do prêmio ocorreu no dia 22 de junho em Florianópolis e foi promovida pela FAPESC.

Jair Carlos Dutra (Supervisor Geral do LASSOLDA/UFSC); Rogério Henrique Gonçalves e Silva (Diretor de P&D SPS-Soldagem); Mateus Samodini Schwedensky (Gerente Técnico Administrativo SPS-Soldagem)

**Cerimônia de entrega do Prêmio Prof. Caspar Erich Stemmer (22/06/2011)**



Auditorio da Epagri



Audíenbels presentes



Prof. Caspar Erich Stemmer (Homenageado); Mairunilo Colombo (Governador Estadual de SC); Paulo Roberto Berrito Berrutozen (Secretário do Desenvolvimento Econômico Sustentável)



Prof. Caspar Erich Stemmer (Homenageado); Mairunilo Colombo (Governador Estadual de SC); Rogério Henrique Gonçalves e Silva (Diretor de P&D SPS-Soldagem); Paulo Roberto Berrito Berrutozen (Secretário do Desenvolvimento Econômico Sustentável)



Certificado



Troféu

ASPS

Copyright © 2012, SPS. Todos os direitos reservados. Website design by Okuyama

Fonte: [www.sps-soldagem.com.br](http://www.sps-soldagem.com.br), (2016).

Cria-se, assim, a possibilidade de se ousar além dos limites das máquinas comerciais, aumentando a flexibilidade e potencial de sucesso dos desenvolvimentos, com alta carga inovativa. Através da aliança eficaz entre teoria e prática, se viabiliza a customização efetiva das tecnologias às mais diversas necessidades de cada empresa / instituição cliente.

Além disso, o domínio da base científico-tecnológica proporciona a possibilidade de continuidade e constante evolução das linhas de pesquisa.

A operação é interdisciplinar e altamente especializada (doutores, mestres, pós-graduandos), com acesso ao estado-da-arte em tecnologia da soldagem (eletrônica, instrumentação, software, sistemas integrados de soldagem). Faz parte da equipe pessoal de eletrônica (potência e controle), software, mecânica, soldagem e design. Esta equipe recebe ou prospecta os problemas dos clientes, analisa e conceitualiza as possíveis soluções, realiza as customizações / desenvolvimentos necessários (projeto e construção), testa e aprimora os resultados.

#### 4.3 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA PARA UMA MAIOR PRODUTIVIDADE E COMPETITIVIDADE

A soldagem é um processo de fabricação de vital importância para os setores produtivos ligados à indústria metalomecânica, pois dela depende a integridade das estruturas e equipamentos. Não só a construção, mas também a montagem, o reparo e manutenção destes elementos são realizados, em grande escala, por soldagem. Muitas dessas atividades exigem grandes tempos de paradas de equipamentos e respectivos custos (como usinas termelétricas ou plataformas petrolíferas) ou representam grande percentual do tempo de fabricação, acarretando em grande parcela de custos totais. Além disso, quando se trata de reparos emergenciais, a rapidez na execução se torna fundamental.

A automação de procedimentos de soldagem elimina fatores que tornam a soldagem mais lenta, como por exemplo, fadiga do soldador, ou paradas devidas às dimensões e/ou geometria das peças. Além disso, a automação garante a repetibilidade dinâmica e da qualidade das soldas. Por outro lado, o soldador se torna operador, podendo se afastar do arco elétrico, reduzindo sua exposição à insalubridade dos gases e respingos gerados. A produtividade de seu trabalho é aumentada.

A equipe de desenvolvimento da SPS está inserida num ambiente que representa as mais novas tecnologias ligadas à soldagem. Assim, os equipamentos inovadores e customizáveis da SPS fornecem aos clientes flexibilidade na automação de operações de solda e a repetibilidade necessária para incremento na produtividade, contribuindo significativamente para redução de custos e aumento da competitividade

no mercado. Fazem parte do portfolio da SPS sistemas para soldagem TIG Orbital, MIG Orbital, dispositivos de deslocamento para TIG e MIG (sobre trilhos fixos ou flexíveis), dispositivo para alimentação de arame automática controlada para TIG, instrumentos de medição de consumo de gás e arame e software de controle avançado de processos de soldagem (desenho de onda). Todos os equipamentos são customizáveis e interfaceáveis com fontes de soldagem compatíveis.

#### 4.4 PARCERIAS

Em aplicações críticas nas quais elevados níveis de qualidade e repetibilidade são exigidos, muitas vezes os próprios processos não convencionais de soldagem não são prontamente suficientes. É necessária uma interação efetiva com o cliente, que apresenta suas necessidades e as condições presentes. Muitos de nossos resultados finais, sejam processos ou equipamentos, são frutos de um trabalho colaborativo no qual conhecimento científico-tecnológico de nível global é aplicado à realidade local do cliente. Como exemplo, citamos o desenvolvimento do Tartílope V4, dentro de um projeto cooperativo com a TRACTEBEL ENERGIA, dentro de seu programa institucional de P&D, a própria Petrobrás que mesmo na crise investe em projetos no Labsolda.

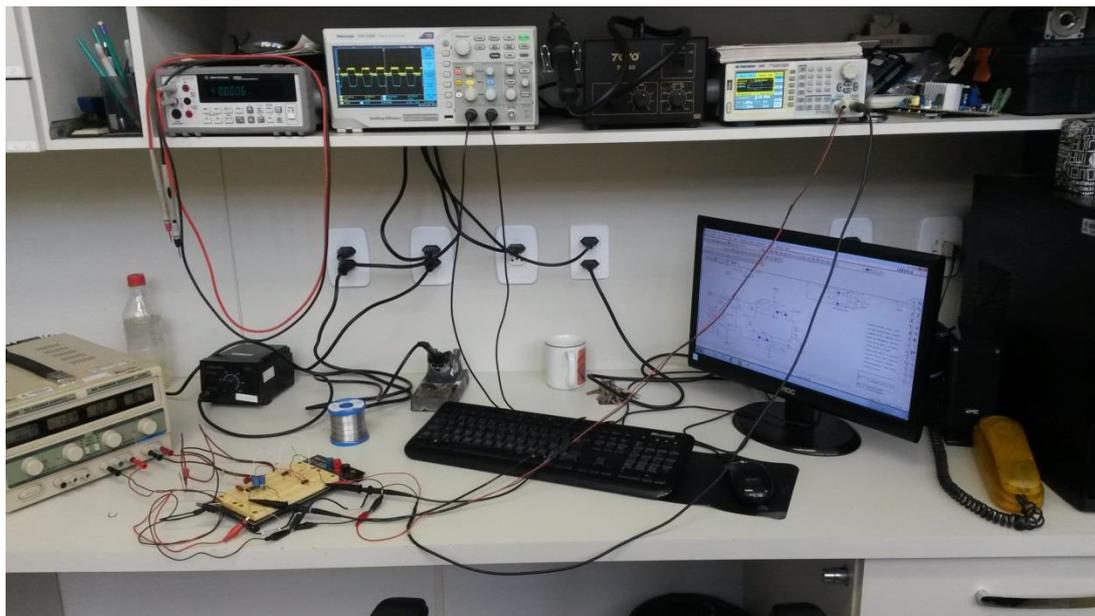
#### 4.5 SETOR DE ESTÁGIO

O estágio foi realizado no Labsolda UFSC ao qual a empresa está encubada.

O local onde as atividades são desenvolvidas é a sala de eletrônica onde são desenvolvidos todos os equipamentos comercializados pela empresa.

A Figura 2 mostra a bancada de trabalho já ocupada a mais de 10 anos, claro que em 2011 fizemos uma reforma e a adequamos para atender a necessidade, como podemos ver a bancada está preparada para atender as necessidades do dia a dia para manutenções e desenvolvimentos de equipamentos.

Figura 2 – Minha bancada de trabalho a mais de 10 anos.



Fonte: autoria própria (2016).

A sala está dividida em dois setores, sendo:

- a) Desenvolvimento de software de todos os equipamentos comercializados, a principal linguagem de programação usada é a C++, todo o desenvolvimento de hardware e software estão interligados e junto com isso o projeto mecânico;
- b) Desenvolvimento de hardware e manutenção de equipamentos, nesse local é desenvolvido o hardware, montado os equipamentos e realizado os testes funcionais, desenvolvido todos os procedimentos de calibração, orientação de bolsistas, validação de circuitos projetados, simulação, compra de componentes, especificação de materiais adequados para os desenvolvimentos.

#### 4.6 COLABORADORES

Atualmente o laboratório conta com aproximadamente 52 (cinquenta e dois) colaboradores contando os bolsistas de graduação, pós-graduação, técnicos, contratados, administradores e secretária.

O fundador do Labsolda Jair Carlos Dutra está aposentado e passou a administração para o Prof. Regis que responde pelo laboratório perante a universidade.

Alguns dos colaboradores projetam a parte mecânica, e montam os protótipos, outros estão envolvidos com os processos de soldagem e os meios para atender eles.

Outros bolsistas fazem o mestrado, doutorado ou pós doutorado e dão sequência as necessidades tecnológicas do mercado, o grande sucesso do Labsolda se dá devido a equipe base que é mantida com os recursos da SPS quando o laboratório não tem projetos ou algum bolsista de grande importância precisa de matérias que não estão especificados nos projetos para compra.

A equipe base do Labsolda que desenvolve os produtos e os adequa para as necessidades do mercado, inclusive para novos desenvolvimentos e quebra de mitos existentes no meio, hoje pode ser dividida em:

- Pesquisa de processos: Regis, Mateus, Jair, Cleber;
- Desenvolvimento de software: Raul e Costenaro;
- Desenvolvimento de hardware: Ricardo, Raul;
- Desenvolvimento mecânico: João, Mário;
- Gerenciamento operacional da estrutura: Cleber e Rafael;
- Designer: Marcelo;
- Soldagem aplicada: Cleber.

## 5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O avanço da tecnologia cada vez mais torna o mercado mais competitivo, com a automação dos processos industriais os custos de produção são reduzidos, nesse contexto em que o LABSOLDA desenvolve equipamentos que são comercializados pela SPS – Soluções para Soldagem.

Toda parte de desenvolvimento pratica tem uma fundamentação teórica por trás, para um inicio de entendimento da aplicação do trabalho uma breve história sobre os materiais usados envolvidos no meio.

O manipulador Tartílope é um sistema de deslocamento da tocha de soldagem. O deslocamento pode ser:

- Coordenada cartesiana X;
- Coordenada cartesiana Y;
- Coordenada cartesiana Z;
- Coordenada cartesiana A;
- Coordenada cartesiana W;

Para que seja possível o deslocamento em todas as coordenadas citadas é preciso adquirir o equipamento com tais movimentos automáticos nas devidas coordenadas. O tecimento é um movimento oscilatório parecido com um zig-zag no eixo.

Conforme BROERING, C. E. (2005, p. 74):

O tecimento é o movimento oscilatório da pistola de soldagem realizado perpendicularmente à trajetória de deslocamento.

Os processos de soldagem podem ser com adição de material como o MIG, o plasma, CMT, o TIG alimentado e o key hole e em processos não alimentado como TIG. Os processos citados são os mais usuais.

### 5.1 TARTÍLOPE V2F

O sistema de deslocamento TARTÍLOPE V2F, equipamento sem similares, produzidos no Brasil, possui as seguintes funções:

- Movimento de tecimento trapezoidal;
- Movimento de tecimento triangular;
- Movimento linear;
- Movimento de tecimento angular (opcional);
- Sistema de seguimento de junta (opcional);
- Sistema de controle de altura do arco (opcional);
- Comunicação coma fonte de soldagem para troca de programas;
- Controle da fonte de soldagem via serial.

Conforme BROERING, C. E. (2005, p. 21):

A automação da soldagem pode ser dividida em duas grandes categorias: soldagem mecanizada e soldagem automática. Na soldagem mecanizada, o operador deve posicionar manualmente a peça a ser soldada para que um equipamento poça realizar a solda. Na soldagem automática utiliza-se uma máquina dedicada, ou um conjunto delas, para uma determinada aplicação. Nesta categoria, as máquinas têm a função de carregar a peça a ser soldada, colocá-la na posição adequada, posicionar a pistola, realizar a soldagem e monitorar a qualidade da solda realizada. Dependendo da aplicação, um operador pode ou não ser necessário.

O nome TARTÍLOPE vem da mistura do nome de dois animais, a tartaruga e o antílope. A tartaruga por possuir um movimento lento, mas de grande precisão e o antílope por conseguir alcançar velocidades muito elevadas. Então o TARTÍLOPE V2F une as boas características desses dois animais, velocidade e precisão no movimento.

O Tartílope é composto por uma unidade de processamento (gabinete), interface homem-maquina (IHM), o sistema de deslocamento (tartaruga), e um trilho sobre o qual o sistema se desloca.

Conforme BROERING, C. E. (2005, p. 73):

As funções de interface com o usuário que fariam parte do “Tartílope V2”, foram feitas de forma facilitar a criação dos menus e tornar mais fácil a e amigável com o usuário. Também foram identificados os tipos de informações que o usuário deveria fornecer em cada uma das funções. Com isso, foi possível definir como seria o fluxo de informações, ou seja, como as mesmas seriam indexadas através da interface.

Na Figura 3 temos a IHM, esta deve ser conectada no gabinete na indicação teclado. A IHM é usada para fazer as programações e configurações do equipamento.

Figura 3 - IHM



Fonte: Manual Tartílope V2F (2015, p. 6), própria autoria.

A Figura 4 mostra o gabinete, no gabinete contém uma unidade de processamento, fontes de alimentação, lógica de intertravamento do sistema.

Conforme LUCAS, R. P. (2011, p. 55):

Houve um trabalho árduo para escolher uma CPU para controle do equipamento e acessórios. A seleção da CPU para o gerador dos comandos de movimento foi uma das tarefas mais críticas, pois a escolha errada poderia influenciar diretamente em trabalhos futuros. Sempre se teve a preocupação de dimensionar um hardware que suportasse o Tartílope V2F e também tivesse flexibilidade para aplicar a outros equipamentos.

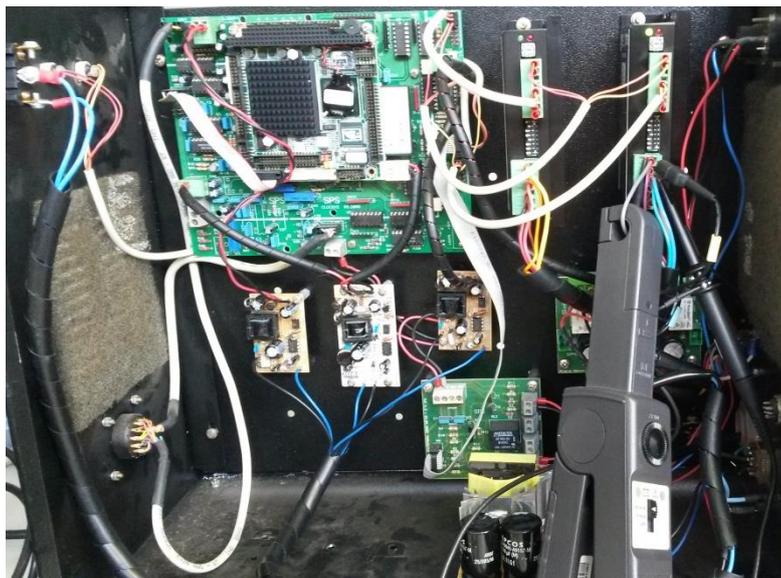
Figura 4 - Unidade de controle



Fonte: Manual Tartílope V2F (2015, p. 7), própria autoria.

A montagem interna do gabinete pode ser observada na Figura 5. No gabinete estão instaladas todas as placas de controle e de potência do manipulador.

Figura 5 - Montagem interna do gabinete



Fonte: própria autoria (2015).

Na Figura 6, é observado o sistema de deslocamento da tocha, que possui 3 motores de passo, sendo um para deslocamento em X (trilho), outro para movimentação em Y (deslocamento horizontal da tocha) e outro em Z para movimentação vertical da tocha.

Figura 6 - Sistema de deslocamento fixado numa parede vertical



Fonte: Própria autoria (2016).

A última parte que compõe o equipamento é o trilho, como se observa na Figura 7, ele serve para a tartaruga se deslocar. Existem três opções de trilho, um fixado em uma base rígida, outro flexível fixado por bases magnéticas e outra a fixação é por ventosa com o auxílio de um compressor. O mostrado abaixo é fixado magneticamente,

ele adere apenas em superfícies ferromagnéticas, para superfícies onde os imãs não aderem é recomendado fixar com sistema de ventosa ou por pinos (parafusos).

Figura 7 - Trilho fixação do sistema de deslocamento instalado numa parede vertical



Fonte: Própria autoria (2016).

## 5.2 CÂMERA TÉRMICA

O princípio do funcionamento da câmera térmica é que qualquer corpo aquecido à temperatura maior que o zero absoluto emite ondas eletromagnéticas cuja intensidade total, distribuição espectral de energia e frequência de máxima emissão mostra-se dependentes fundamentalmente da temperatura dos corpos.

Uma das aplicações é em manutenção eletrônica para identificar painéis defeituosos e, ou, componentes eletrônicos que podem estar funcionando acima da capacidade nominal ou com defeito utilizando uma imagem térmica.

Existem dois tipos básicos de sensores térmicos. O primeiro é o sensor refrigerado. Esse tipo de sensor fica selado dentro de uma caixa selada a vácuo geralmente resfriada criogenicamente. O arrefecimento é necessário para o funcionamento dos materiais semicondutores utilizados. Sem isso eles seriam inundados pela própria radiação e deixariam de funcionar. Geralmente esses equipamentos utilizam nitrogênio para o resfriamento, o gás fica “engarrafado” em alta pressão.

A vantagem desses modelos é a resolução do sensor que pode ser muito grande. Isso permite que imagens infravermelhas sejam captadas a grandes distâncias e com muitos detalhes. Porém, o seu custo é muito superior ao dos sensores não refrigerados. Já o segundo tipo de sensor é o não refrigerado, que trabalha à temperatura ambiente. Esse tipo de sensor trabalha com a mudança de resistência tensão ou corrente quando é aquecido pela radiação infravermelha. Essas alterações são medidas e comparadas com os valores na temperatura de funcionamento do sensor.

Esse tipo de sensor é bem mais simples que os refrigerados e, conseqüentemente, mais baratos. Esses sensores geralmente são baseados em materiais ferroelétricos. Devido à simplicidade dos componentes eles também possuem resolução limitada.

A câmera SC700 utiliza o modelo de resfriamento através de uma caixa selada refrigerado com gás.

A câmera SC7000 é especialmente concebida para os mais exigentes usuários de tecnologia de infravermelho, a realização de medições térmicas e radiométricas com maior sensibilidade, precisão e velocidade. O detector, com o formato de 320x256 640x512 ou oferece maior sensibilidade, enquanto mantendo uma gama dinâmica extraordinária, bem como uma perfeita linearidade.

A frequência de imagem é programável e os modos de sub-janelas são simples e flexíveis. O tempo de integração é ajustável em incrementos de 1 $\mu$ s. Disparo externo permite a sincronização da imagem com a tensão ou corrente, sendo necessário para isso um equipamento externo. A imagem da câmera térmica que o Labsolda tem para uso pode ser vista na Figura 8.

Figura 8 - Câmera térmica usada no Labsolda



Fonte: Manual de atualização do usuário DC021U-C SC \_MCT, FLIR Advanced thermal Solutions.

A câmera térmica tem alguns requisitos para a instalação do software em um notebook, como capacidade de memória, espaço em disco e sistema operacional.

As configurações para medição de temperatura são feitas da seguinte forma:

- Faixa de medição de temperatura;
- Numero de quadros por segundo;
- Indicação da faixa de leitura;
- Ajustar o foco no ponto de medição.

### 5.3 OSCILOSCÓPIO TPS-2024

O osciloscópio serve para realizar a medida de grandezas elétricas como sinais com amplitude em tensão ou corrente desde que se usa uma ponteira adequada para medição de corrente. A vantagem de utilizar um osciloscópio de canal isolado é que o controle e a potencia podem ser medidos simultaneamente, como o osciloscópio tem 4 canais isolados, podemos medir 4 grandezas simultâneas, sendo necessário referenciar cada medida em relação a seu ground (GND).

Osciloscópio digital TPS 2024 mede sinais de frequência de até 200 MHz, possui 4 canais isolados, taxa de amostragem mínima 2GS/s por canal simultaneamente para medidas em tempo real, 4 digitalizadores independentes. Tela de cristal líquido colorido de 5,7 polegadas com resolução de 320 pixels na horizontal por 240 pixels na

vertical. Resolução vertical 8 bits, sensibilidade vertical de 2mV a 5V/div nas entradas BNC.

Máxima tensão entre o sinal e referência terra na entrada BNC de 300VRMS CAT III. Comprimento de registro 2.500 amostras. Faixa da base de tempo: de 5ns a 50s/div. Interpolação da forma de onda tipo (seno x)/x. Modos de aquisição: amostras, médias, sequência única. Análise FFT, 11 medidas automáticas e medidas com cursores para amplitude e tempo. Tipos de trigger: borda, largura de pulso e vídeo.

Entrada para trigger externo isolado. Alimentação por rede ou bateria, com autonomia de 4 horas com possibilidade de aumento para 8 horas. Deve atender às normas de segurança UL61010-1: 2004. CAN/CSA22.2 No. 1010.1: 2004. EN61010-1: 2001.

Dimensões máximas: 340mm de largura x 160mm de altura x 130mm de profundidade, peso máximo 2Kg. A Figura 9, mostra o osciloscópio usado nos experimentos.

Figura 9 - Osciloscópio TPS2024 Tektronix



Fonte: Própria autoria (2016).

Para fazer a medição de tensão é preciso uma ponteira osciloscópio dedicada para essa medição. As ponteiras normalmente são para medir tensão de 300 Vrms, para fazer esta medição é preciso usar a ponteira de medição com uma divisão de 10 x 1, quando as medições forem inferior a 50 Vrms não é preciso usar o divisor de tensão da ponteira. A imagem da ponteira pode ser vista na Figura 10.

Figura 10 - Ponteira de medir tensão



Fonte: Própria autoria (2016).

Para realizar a medição de corrente é preciso uma ponteira de corrente, o modelo usado no Labsolda é a A622, com ela é possível medir corrente AC/DC com capacidade de medição de correntes entre 50mA e 100A de pico, com frequências de DC a 100kHz, baseado em sensor de efeito hall sem necessidade de abertura de circuito, compatível com qualquer multímetro e osciloscópio ou equipamento de medição de tensão com entrada tipo BNC com 0,2 0,5V/div, com impedância de entrada mínima de 1M $\Omega$ .

Faixa de valores do sinal de saída para 10 mV/A CA/CC e 100mV/A CA/CC a tensão de trabalho máxima de 600V( CAT III) e tensão de alimentação com bateria alcalina de 9V. O diâmetro do condutor do condutor onde será medida a corrente deve ser inferior a 11,8mm que é o máximo diâmetro que a ponteira consegue medir, com essa ponteira é possível medir corrente CC e CC. A ponteira de medir corrente com o osciloscópio pode ser vista na Figura 11.

Figura 11 - Ponteira de medir corrente com o osciloscópio



Fonte: Própria autoria (2016).

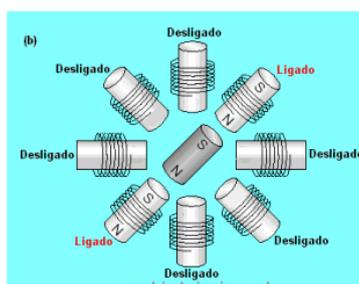
#### 5.4 MOTOR DE PASSO

O motor de passo é um motor que possui controle em corrente ou tensão, os modelos mais comuns são os controlados em corrente. A grande vantagem de um motor de passo é que em muitas vezes não é preciso realimentar para sabermos o posicionamento.

A cada pulso que enviamos para o sistema de controle do motor ele desloca na maioria das vezes  $1,8^\circ$  no eixo do rotor, ou seja, precisamos jogar 200 pulsos para termos uma volta completa no eixo do motor.

Se for colocado uma redução no eixo no motor a quantidade de pulsos por volta deve ser multiplicada pelo valor da redução, a relação de redução normalmente vem especificada no corpo da caixa de redução. O principio de funcionamento pode ser visto na Figura 12.

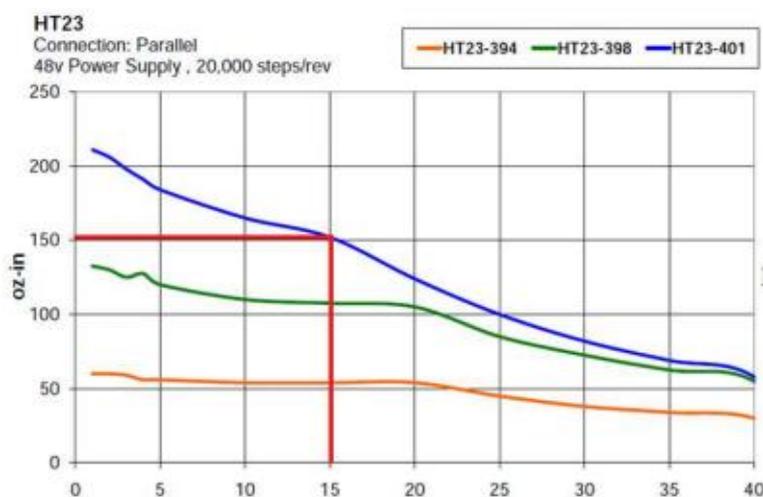
Figura 12 - Funcionamento do motor de passo



Fonte: conheça os tipos de atuadores e motores, Laboratório de garagem. Disponível em: [https://www.google.com.br/search?q=funcionamento+do+motor+de+passo&espv=2&biw=1366&bih=643&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAcQ\\_AUoAmoVChMI\\_uHmLDSyAIVRe-ACh2WvQjo#imgsrc=VjdPILPh4DNLcM%3A](https://www.google.com.br/search?q=funcionamento+do+motor+de+passo&espv=2&biw=1366&bih=643&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAmoVChMI_uHmLDSyAIVRe-ACh2WvQjo#imgsrc=VjdPILPh4DNLcM%3A).

O motor de passo que a SPS utiliza nos equipamento é o HT401, por possuir bom torque em relação a velocidade. O que podemos perceber é que com o aumento da velocidade o torque diminui, o principio é o mesmo de um carro morro acima se reduz a marcha para aumentar o torque, isso serve para conceituar o torque. No gráfico podemos ver a torque x Velocidade.

Gráfico 1 - Relação torque x velocidade do motor de passo



Fonte: motor de passo, Kallatec automação (2015)

O motor de passo é configurado com as bobinas em paralelo para que a velocidade resultante final seja maior, a consequência é que o torque diminui, para ajudar a ter torque é adicionado uma caixa de redução em cada motor. O motor usado pela SPS pode ser visto na Figura 13.

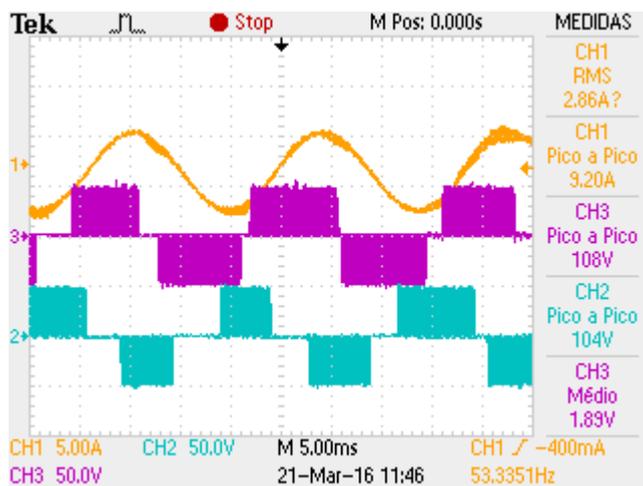
Figura 13 - Motor de passo



Fonte: motor de passo, HT23-401 - NEMA 23 High Torque Step Motor, Aplid Motion (2015)

O motor de passo que o laboratório trabalha o modelo 401, com padrão de fixação Nema 23, isso equivale a 2,3 polegadas, então ele pode ser fixado com mais facilidade para que a saída de for não seja prejudicado por uma parede ou suporte de fixação, possui tensões e correntes de acordo com a Figura 14, isso já o conjunto driver e motor.

Figura 14 - Testes motor e driver em condições normais de operação



Fonte: Própria autoria (2016).

## 5.5 DRIVER PARA MOTOR DE PASSO

O Driver para o motor é o elemento que converte um sinal de comando em acionamento no motor fazendo com o eixo do motor gire em condições normais.

O Driver STR8 é o drive de motor de passo mais robusto do mercado, é o modelo mais confiável e o preferido dos principais fabricantes de máquinas do Brasil. O STR8 contém proteções internas e 7 tipos de alarmes que o torna quase que indestrutível.

Possui ajuste e configurações para micro passo, que torna o movimento do motor mais suave. As configurações que podem ser feitas no Driver são:

- Corrente de 2,35 a 8,0A;
- Alimentação de 24 a 75VDC;
- Resolução: 200 / 400 / 2000 / 5000 / 12800 / 20.000 PPR;
- Sinal Pulso: 5 ~ 24V (NPN / PNP);
- Alarmes: 7 tipos de alarmes;

- Proteções Internas: Curto-circuito, baixa tensão e alta tensão;
- Filtro Digital Interno (150KHz ou 2MHz);

A Figura 15 A imagem do Driver pode ser vista na Figura 12. As correntes indicadas e tensões são de pico. A máxima corrente suportada no sinal de comando é de 20 mA. Como mostrado acima este Driver impõe corrente sobre o motor e a tensão é uma consequência, conclui-se então que o motor a ser usado deverá ser controlado em corrente. A única representando da Applied Motion que comercializa o driver STR8 no brasil é a Kalatec Automação.

Figura 15 - Driver para motor de passo



Fonte: Própria autoria (2016).

## 5.6 BANCADA DE ENSAIO

A bancada de trabalho pode ser vista na imagem da Figura 16, nela é que são realizadas a maioria das manutenções e testes, sem que a manutenção não pode ser realizada numa bancada onde está instalado o equipamento , ele é levado para a minha bancada de trabalho.

Figura 16 - Bancada de trabalho e testes.



Fonte: Própria autoria (2016).

## 6 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento pratico das atividades antes de realizar cada medição devem ser seguidos alguns critérios sobre cada equipamento.

Vamos explicar passo a passo o uso de cada um deles e como ajustar da melhor forma possível.

### 6.1 TARTILOPE

Todo equipamento antes de ser usado precisa-se ler o manual de instruções. Para usar o Tartílope procedemos da seguinte forma:

- Selecionar a chave seletora de tensão se necessário;
- Conectar a energia;
- Conectar a IHM;
- Conectar o sistema de deslocamento;
- Ligar o equipamento;
- Fazer as principais medições como intertravamento, sinais de comando, fontes de alimentação e corrente dos motores;
- Para fazer a medição térmica o equipamento precisa ficar ligado e funcionando com o limite de potencia por 4 horas, isso garante o equilíbrio térmico do equipamento, por padrão é esperado 30 minutos, mas nós usamos acima do limite para garantirmos a eficiência do equipamento, até os driver operam acima do fator de trabalho estipulado pelo fabricante.

### 6.2 OSCILOSCÓPIO

Para fazer as medições de corrente e tensão do equipamento devemos seguir os seguintes passos:

- Ligar o osciloscópio na energia;
- Selecionar o canal a ser usado;
- Ajustar o tipo de medição do canal;

- Selecionar o trigger do canal;
- Configurar as medidas de interesse daquele canal em measure (medidas);
- Se for medir tensão conectar em paralelo com o ponto a ser medido;
- Se for medir corrente é necessário colocar o alicate em apenas um dos condutores respeitando o sentido do fluxo de corrente;
- Para medir corrente é preciso ajustar a escala no osciloscópio e na ponteira de corrente, não esquecer de manter a bateria de alimentação da ponteira com tensão superior a 7 volts.

### 6.3 DRIVER

Para usar o driver é preciso ajustar de acordo com o tipo de motor, os ajustes que devem ser feitos no driver:

- Verificar a máxima tensão de alimentação, sempre colocar uma margem de segurança de 10%;
- Ajustar o numero de passos por volta do motor;
- Ajustar a máxima corrente do motor;
- Ajustar o freio eletrônico do driver para não aquecer muito o sistema enquanto não operando;
- Selecionar o percentual de corrente que será enviado ao motor, 70%, 80% ou 100%;

Obs.: Lembar que a corrente especificada no driver é a de pico.

### 6.4 MOTOR

Para usar o motor no driver devemos nos atentar ao seguinte:

- Ligação em série ou paralelo, em sério temos um aumento do torque e a redução da velocidade, em paralelo aumento da corrente e aumento da velocidade, pois, redução do torque;

- Respeitar a máxima capacidade de corrente por fase, esta vem indicada de pico, então, dividir pela  $\sqrt{2}$ ;
- Verificar se o motor é comandado em corrente ou tensão;
- Respeitar a máxima impedância do motor.

## 6.5 CÂMERA TÉRMICA

Para a câmera térmica devemos proceder da seguinte forma para o uso:

- Ajustar o tripé (base de fixação) na distancia a adequada para a medição, se esta for pontual a distancia deve ser em torno de 1 a 2 metros do ponto de medição, se a distancia for para medição global pode chegar até 4 metros de distancia;
- Conectar todos os cabos de alimentação, não esquecendo de verificar a chave seletora de tensão quando houver a necessidade;
- Retirar cuidadosamente a proteção da lente e colocar o filtro da câmera de medição adequado para cada faixa de temperatura;
- Ligar a câmera;
- Conectar no notebook via cabo USB;
- Abrir o software da câmera;
- Ajustar a escala de medição;
- Ajustar o foco para ter melhor qualidade de medição;
- Fazer a aquisição das imagens e salvar;
- Desmontar o equipamento;
- Acomodar dentro da caixa do equipamento e guarda-lo.

## 7 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades foram desenvolvidas na sala de eletrônica onde são desenvolvidos os equipamentos, realizada as devidas manutenções.

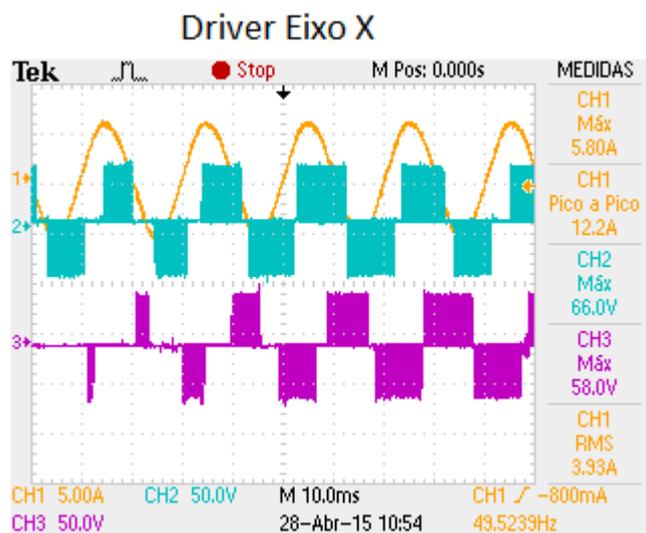
Na sala de eletrônica estão concentrados os desenvolvimentos de hardware e software, sendo estes integrados para chegar a um fim mais rapidamente.

### 7.1 ENSAIOS NO DRIVER

Após fazer uma inspeção visual do dispositivo mecânico é preciso fazer a verificação de funcionamento. As medições a serem feitas são a tensão nas bobinas do motor e mais a corrente dos motores. Idealmente a corrente deveria ficar em 6 A.p. (ampere de pico), essa está dentro do esperado conforme observado na Figura 17 no canal 1 (CH1). A tensão estava acima do limite esperado, o pico deveria estar abaixo de 52 V.p., ou seja, abaixo de 2,4 V med. A tensão alta é um indicio de mau contato em algum ponto do circuito de potencia, a tensão eficaz de pico do motor é de 2,4 V /1,41, e pico média, ou seja 2,45, e uma resistência por bobina de 2 Ohm. A tensão atingiu um limite de 58 ou 66 Vp (volts de pico) pelo fato  $V = L (di/dt)$ , onde:

- L = indutância;
- di = variação da corrente;
- dt = variação do tempo.

Figura 17 - Medições realizadas no driver antes da manutenção



Fonte: própria autoria (2015)

Como a tensão estava acima do limite de 52 V<sub>p</sub>, é um indicio de alta resistência do circuito. Como as bobinas são conectadas em paralelo a resistência equivalente das bobinas A e B deveria ser 1 Ohm. A resistência do cabo é desprezível e pode ser calculada da seguinte forma:  $R = \rho * l/a$  (Ω.m), onde:

- R = resistência do cabo;
- $\rho$  = coeficiente de resistividade do material;
- l = comprimento do condutor em metros;
- a = seção do condutor em m<sup>2</sup>.

Após a correção dos defeitos a medição da tensão em cima dos motores ficou de acordo com a Figura 18, a tensão mostrada nos canais 2 e três precisam ser multiplicadas por 10, motivo é que ponteira estava com divisor por 10 e a medida do canal estava multiplicada por 1.

Figura 18 - Medições realizadas no driver após a manutenção



Fonte: própria autoria (2015)

## 7.2 MEDIÇÃO DE TEMPERATURA NOS MOTORES

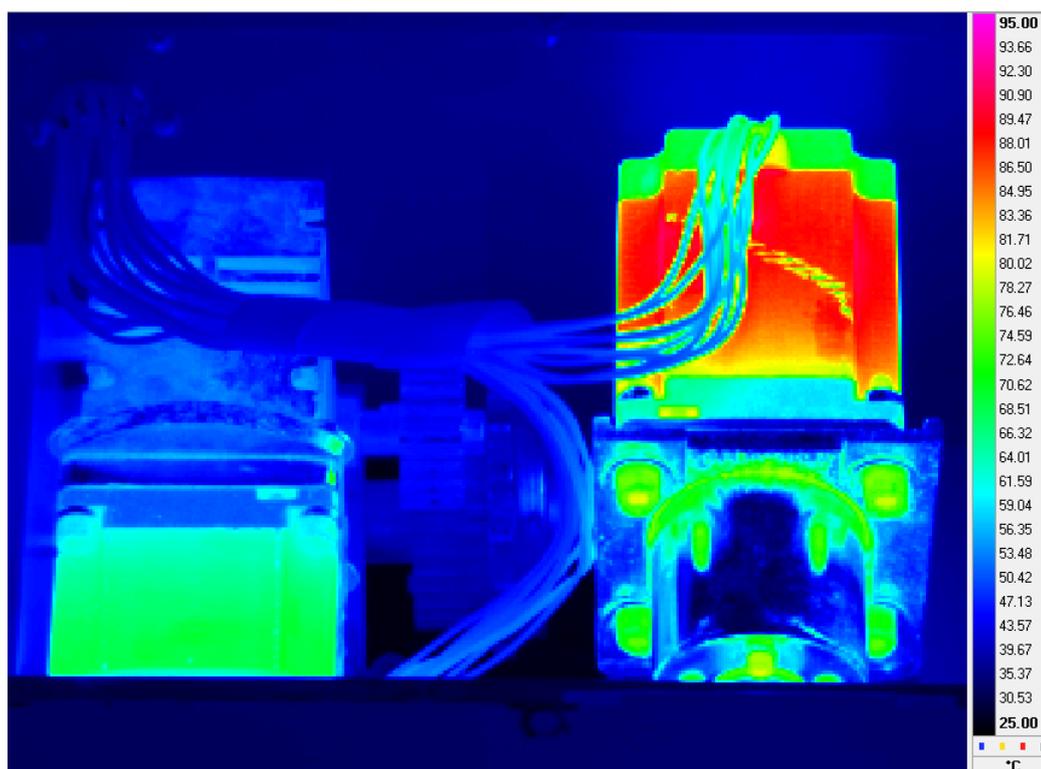
Medir a temperatura nos motores serve para validar se o motor está dentro das condições normais de operação.

A medição de temperatura indicou que o motor estava acima com uma temperatura acima do esperado, essa deveria estar no máximo com 95 °C. A Figura 19 está mostrando o motor antes de fazer a manutenção devida nos pontos de mau contato.

O tempo de acionamento do motor foi de 4 horas para fazermos a medição, o tempo de espera é necessário para que a temperatura se distribua uniformemente no dispositivo e entre em equilíbrio.

Este tempo de espera foi algo que especificamos no laboratório, é um tempo em que observamos que a estrutura está em completo equilíbrio, ou seja, a temperatura para de variar sua distribuição nas superfícies de interesse de medição.

Figura 19 - Temperatura no motor antes da manutenção



Fonte: própria autoria (2015)

Após a manutenção nos pontos de mau contato, os motores ficaram com a temperatura dentro do esperado que foi de aproximadamente 80 °C, conforme observado na Figura 20. A temperatura ambiente estava em aproximadamente 22 °C. Esta temperatura deve ser levada em consideração nos ensaios, porque a temperatura ambiente durante a operação irá ser somada na máxima temperatura suportada pelo motor.

Considerando a resistência do cabo desprezível, podemos fazer uma relação para a temperatura alta no motor com a tensão. Se o motor é classe B, temos que a máxima temperatura no motor é 110°C, porque a isolação das bobinas derrete a 130°C, considerando a temperatura ambiente de 50°C, sendo que podemos ter uma máxima variação de 60°C na temperatura descontando a temperatura ambiente.

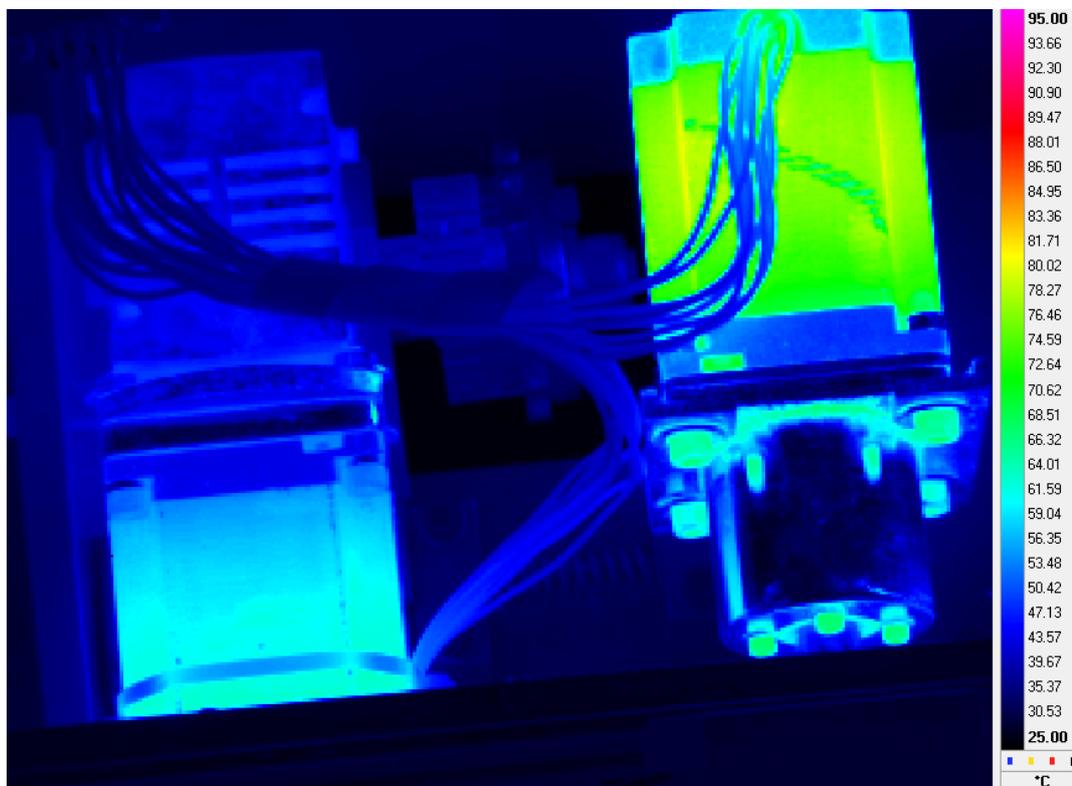
Considerando a temperatura ambiente em aproximadamente 22°C a temperatura máxima no motor deveria ser de 88°C, com a tensão de pico de 52 Vp nas bobinas, isso porque 9º sistema do driver é controlado em corrente. Devido a mau contato nos terminais de fio dentro dos conectores da placa de freio, a tensão em cima das bobinas em media estavam com um pico de 62 V, fazendo uma relação entre o normal e o medido podemos chegar a conclusão que a temperatura

máxima no motor devia ser aproximadamente 97°C, a conta usada para estimar a temperatura foi uma regra de três simples sendo:  $T_a = (T_i * V_a)/V_i$ , onde:

- $T_i$  = temperatura ideal;
- $T_a$  = temperatura atual;
- $V_a$  = tensão atual nas bobinas;
- $V_i$  = tensão ideal nas bobinas.

Após as correções dos problemas a temperatura ficou em aproximadamente 80°C, ficando assim dentro dos limites de operação normais.

Figura 20 - Temperatura no motor após a manutenção



Fonte: própria autoria (2015)

### 7.3 PROBLEMA DE CONEXÃO

Com o uso da Termografia é possível identificar problemas nas conexões, uma conexão com mau contato aquece com a passagem da corrente. Este aquecimento aparece quando o equipamento é ligado por um tempo prolongado, depende de cada aplicação, para o nosso caso foi deixado ligado por 5 horas.

As conexões apresentaram alguns problemas nos terminais acoplados nas pontas dos fios, estes terminais haviam sido colocados com ferramentas específicas, mas, descobrimos que nem sempre a ferramenta indicada é a melhor solução. A Figura 21 mostra os problemas encontrados nas conexões de potencia que geraram os problemas de superaquecimento nos motores.

Uma maneira de estimar a resistência nos contatos é  $R_c = ((V_a * R_b) / V_i) - R_b$  onde:

- $R_c$  = resistência do contato;
- $V_a$  = tensão atual;
- $R_b$  = resistência da bobina;
- $V_i$  = tensão ideal nas bobinas.

A resistência total entre contato nos terminais e nas bobinas é de 1,27 Ohm, os cálculos são  $R_c = ((66 * 1) / 52) - 1$ , sendo que  $R_c = 0,27$  Ohm, idealmente isso deveria ser 0,025 Ohm. Esta resistência pode aumentar ainda com o aumento da temperatura, todo material quando aquecido sofre uma dilatação linear. Como os terminais e os condutores são de cobre estanhado o coeficiente de dilatação ( $\alpha$ ) deles é de 0,00382 [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]. A vantagem da utilização de cobre estanhado é que a oxidação quase não ocorre, aumentando assim a vida útil do material e reduzindo o numero de falhas nas conexões. A dilatação do material pode ser calculada da seguinte forma:  $L = L_0 * (1 + \alpha * (T_f - T_i))$ , onde:

- $L$  = comprimento final;
- $L_0$  = comprimento inicial;
- $\alpha$  = coeficiente de dilatação do material;
- $T_f$  = temperatura final;
- $T_i$  = temperatura inicial.

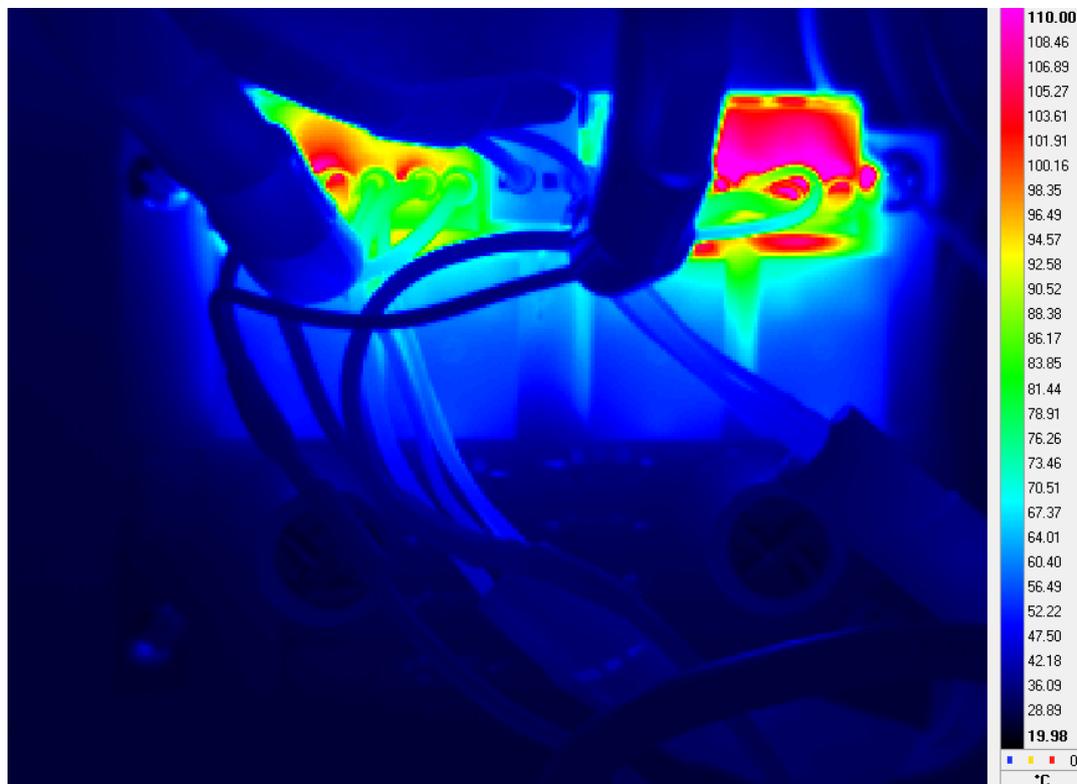
Para calcularmos a resistência nos conectores que apresentaram o problema podemos prosseguir da seguinte forma:  $P = R * I^2$ , onde:

- $P$  = Potencia;
- $R$  = Resistencia;
- $I$  = corrente.

O valor da resistência nos terminais dentro dos conectores mais a resistência dos contatos dos conectores ficaram em aproximadamente,  $R = (110 / 6^2) = 3,1$  Ohm. A resistência ficou alta devido o rompimento de algumas vias

do condutor, camada de oxidação criada no contato do conector devido a carbonização causada pelo aquecimento, e por não ter sido estanhado o terminal no fio.

Figura 21 – Placa de freio com problemas nas conexões



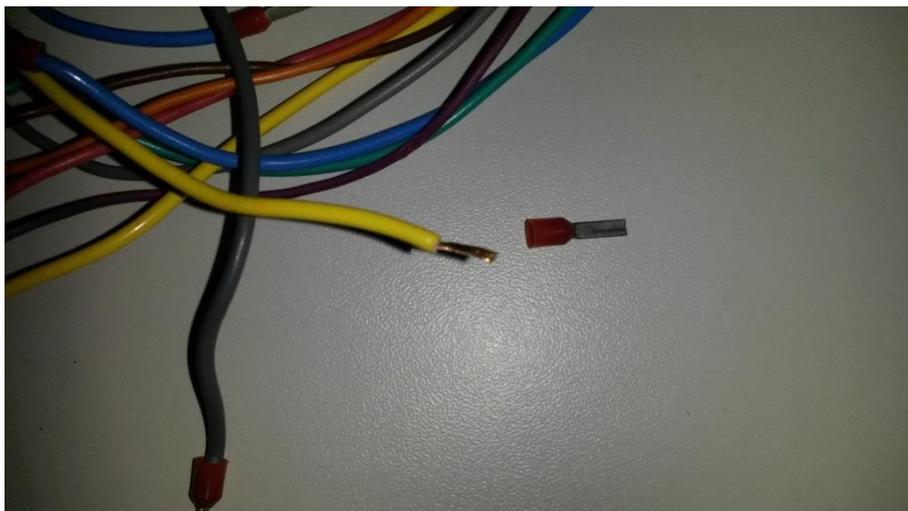
Fonte: própria autoria (2015)

Os conectores que apresentaram a temperatura elevada tinham os seguintes motivos:

- Fio com uma alta resistência de contato no terminal que estava fixado no conector;
- Fio com vias rompidas dentro do terminal;
- Prensar 2 vezes o terminal com o alicate;
- Não soldar a ponta do fio no terminal.

Na Figura 22 podemos observar os problemas citados anteriormente. Uma montagem correta dos terminais nos fios não causaria tantos problemas num equipamento como a queima de transformadores, fontes de alimentação, aquecimento de placas, troca de conectores porque o material cria uma oxidação na superfície dos conectores aumentando a resistência deste, outro problema encontrado foi que vias do cabo estavam rompidas devido uma montagem incorreta mesmo com as ferramentas para o devido fim.

Figura 22 - Fios montados de forma errada



Fonte: própria autoria (2015)

Para resolver o problema recomendo usar um alicate universal e estanhar a ponta do terminal para evitar que isso cause algum prejuízo no equipamento. Após colocar um reforço nas trilhas para melhorar a condutividade e refazer os cabos de potencia com os novos terminais montados de forma adequada com o uso de um alicate universal para prensar o terminal e em seguida soldado a ponta e cortado o excesso, a placa ficou com uma temperatura dentro do esperado, isso pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 – Placa de freio após a manutenção



Fonte: própria autoria (2015)

## 7.4 TESTE DA PLACA DE FREIO

O sistema de deslocamento se fixado em uma parede pode escorregar se não inserido um sistema de frenagem, este pode ser através de uma redução no eixo dos motores ou colocar uma placa de freio eletromecânica que atue quando o equipamento está desligado, isso é possível porque o motor é confeccionado com imã permanente.

A placa de freio projetada pela primeira vez apresentou algumas falhas, como posicionamento dos componentes, espessura das trilhas, e também a largura das trilhas. A Figura 24 mostra a placa na primeira versão.

Figura 24 - Placa de freio versão antiga



Fonte: própria autoria (2015)

Diante dos problemas que a placa antiga apresentou, foi preciso reprojeter uma placa nova com correções dos problemas, a nova placa ganhou um reforço nas trilhas novo reposicionamento dos componentes, uma ilha maior para solda dos componentes, outro detalhe é que a placa não estava com um aspecto bonito, varias trilhas fazendo muitas voltas para acionar a bobina dos reles.

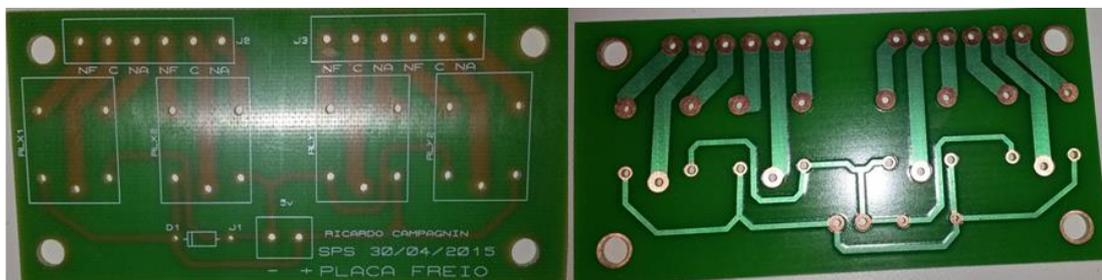
As trilhas foram dimensionadas através de uma tabela que indica a corrente que a trilha suporta, em função da sua espessura. Para projeto da placa foi levado em consideração 8A, para uma trilha com 2 Oz (onça) de espessura e mais 125mils / th (12,5% de uma polegada) de largura. A capacidade de corrente já foi deixada acima do limite superior para evitar qualquer tipo de problema futuro relacionado aquecimento de trilha ou resistência alta.

Cada relê da placa possui uma capacidade de condução de corrente de 15A, então irá trabalhar com uma corrente na metade da sua especificação, isso evita a carbonização dos contatos, evita que o contato Do rele fique colado e aumenta a vida útil do rele, a bobina de alimentação do rele é de 5Vcc com um

consumo de 70mA no modelo mais simples, o modelo usado atualmente é de 50mA ou de 35mA.

Na Figura 25, podemos observar a nova placa reprojeta para atender a necessidade.

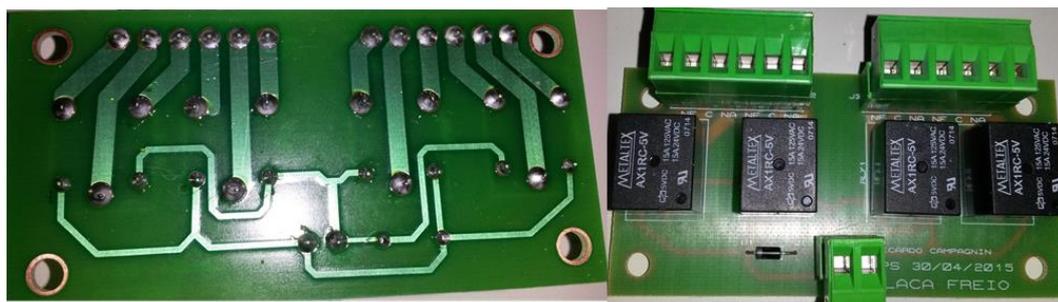
Figura 25 - Placa de freio nova versão



Fonte: própria autoria (2015)

A nova placa funcionou perfeitamente, na Figura 26, podemos observar a nova placa montada pronta para os testes.

Figura 26 - Placa de freio nova montada



Fonte: própria autoria (2015)

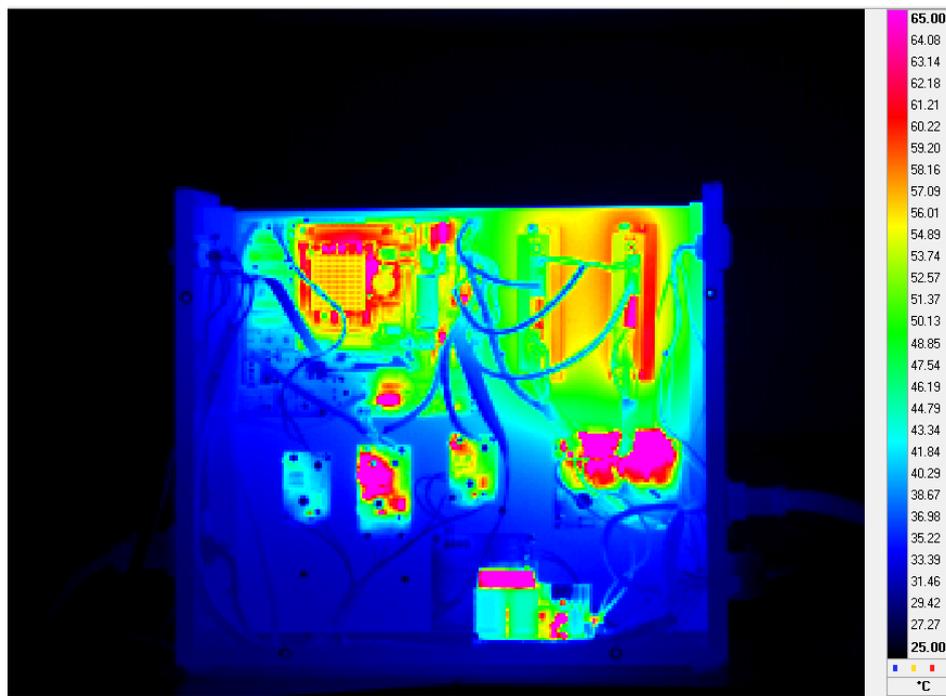
Os testes da nova placa foram promissores, nenhum problema foi detectado, os equipamentos montados com a nova versão operam dentro do esperado. Foi colocado as trilhas com camadas de 2 oz (onça), e dobrado a largura da trilhas e por consequência aumentado a ilha de soldagem dos componentes.

## 7.5 TESTE DO GABINETE

A análise térmica do gabinete é importante para termos uma visão geral dos pontos críticos ou com defeitos, essa é a primeira etapa a ser executada, pois, após a análise da termografia é possível tomar as providências para manutenções corretivas ou preventivas.

A medição precisa ser feita após deixar o gabinete funcionado por mais de 4 horas, ao remover a tampa foi feita uma medição como pode ser vista na Figura 27.

Figura 27 - Imagem do gabinete antes de resolver o problema da placa de freio

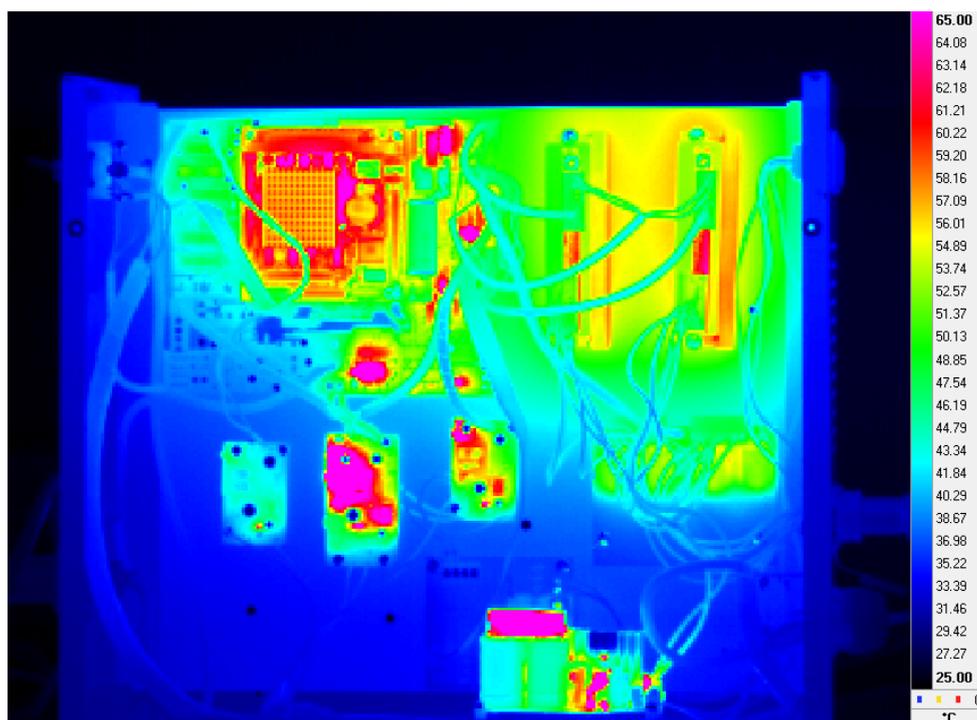


Fonte: própria autoria (2015)

Após resolver os problemas que apareceram no equipamento é chegada a hora de fazer um novo teste geral do equipamento a fim de identificar algum problema que possa surgir no futuro. Na Figura 28 podemos ver a imagem do equipamento com menor aquecimento interno depois de corrigidos os problemas da placa de freio.

Todos os componentes devem ser posicionados de forma estratégica dentro do gabinete para evitar interferências elétricas, magnéticas ou térmicas.

Figura 28 - Imagem térmica após a solução dos problemas

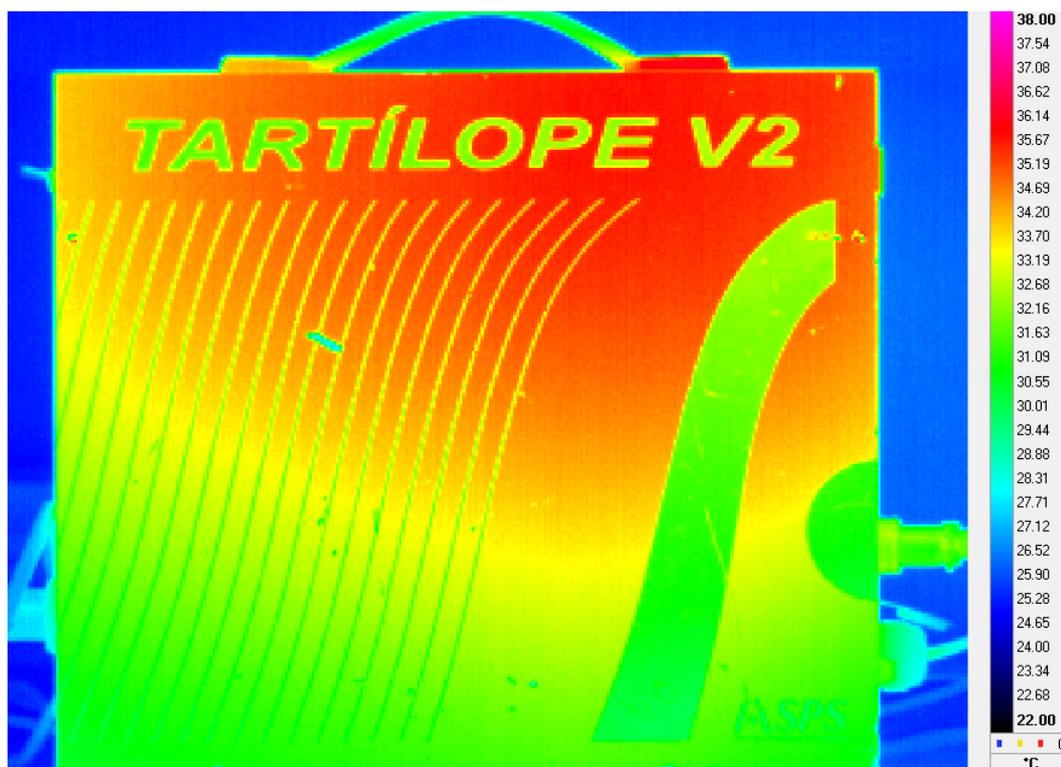


Fonte: própria autoria (2015)

Como o teste no equipamento sem a tampa não foi muito produtivo, foi medido a temperatura do gabinete com a tampa a fim de verificar o comportamento térmico. Na Figura 29, podemos ver o comportamento térmico do gabinete antes de realizar a manutenção, o tempo de operação do gabinete foi de 4 horas para que fosse realizada a medição.

Fato que pode ser observado é que o calor sempre tende a ficar na parte superior, então por estratégia a montagem da parte de potencia sempre deve ser feita na parte superior do gabinete, isso comprova que os fenômenos físicos fazem sentido, quando a tampa do gabinete é retirada é bom fazer a medida rapidamente para que o calor não seja redistribuído para o ar baixando a temperatura e causando um erro de medição maior.

Figura 29 - Temperatura no gabinete com tampa antes da manutenção

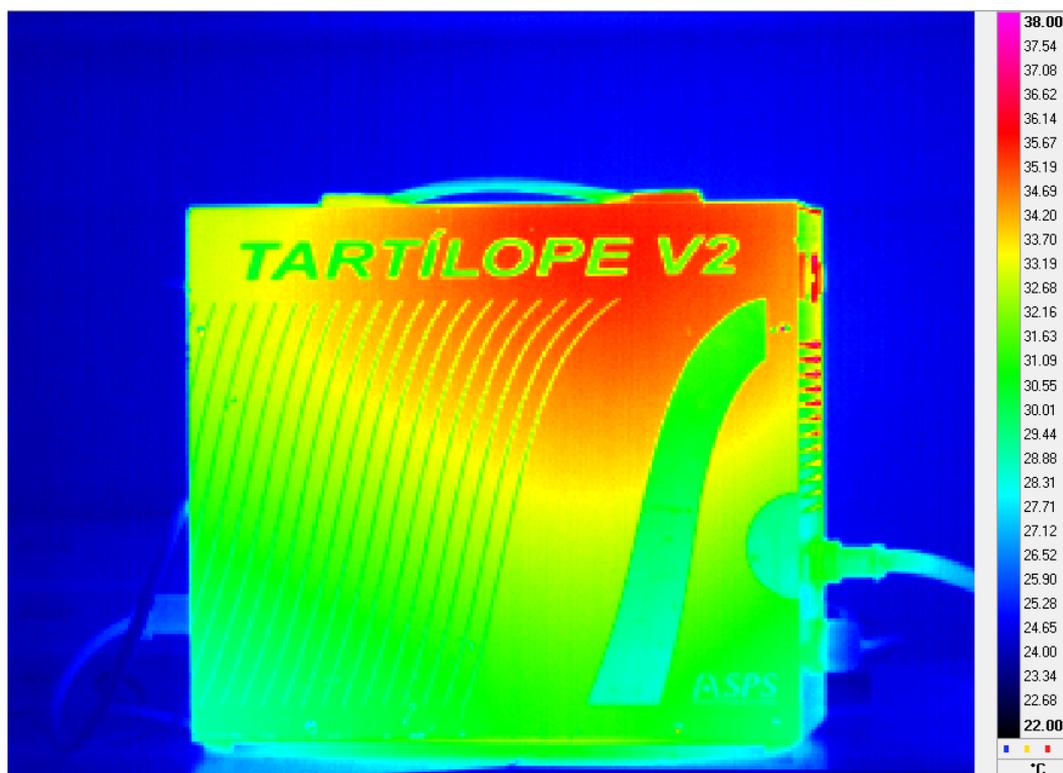


Fonte: própria autoria (2015)

Mais um teste no equipamento foi realizado com a tampa no gabinete, agora nesse teste o equipamento já estava consertado. Na Figura 29, podemos ver o comportamento térmico do gabinete após realizar a manutenção, o tempo de operação do gabinete foi de 4 horas para que fosse realizada a medição, já é bem visível que a temperatura interna diminuiu bem, e que devemos sempre deixar respiros para que o ar quente saia e seja trocado com o meio externo, e sempre colocar a potencia na parte superior e criar um caminho para que o ar circule de forma livre dentro do equipamento.

Houve uma redução significativa na temperatura do gabinete após a manutenção, fatos que levaram a isso foi um menor consumo de energias dos drivers, e menor dissipação de energia dos conectores de potencia. Como o driver trabalha com controle em corrente e a resistência estava alta nos conectores para que a corrente fosse imposta corretamente nos motores o driver sempre fornecia mais tensão ao circuito.

Figura 30 - Comportamento térmico do gabinete depois de realizada a manutenção



Fonte: própria autoria (2015)

Como o gabinete ainda apresenta uma temperatura elevada, resolveu-se colocar um cooler (ventilador) dentro do gabinete para que fosse removido o calor, o cooler irá operar no modo exaustor, ou seja, retirando o calor de dentro do gabinete e o ar irá entrar pelas janelas existentes no gabinete.

Com o novo cooler a temperatura no gabinete reduziu de 35 °C em no geral para 28 °C, isso mostra que o equipamento está operando pouco acima da temperatura ambiente e que os resultados obtidos foram excelentes. Com a renovação do ar dentro do gabinete a temperatura ficou pouco acima da temperatura ambiente.

O cooler possui um alimentação de 24Vcc, 120mA, uma vazão de ar de 18 litros/segundo, 3000 RPM e dimensões de 80 x 80 x 25 mm.

Para evitar a entrada de poeira e fumos metálicos dentro do gabinete é preciso colocar filtros nas áreas destinadas a entrada e saída de ar. Esse procedimento evita que partículas metálicas causem algum curtos nos terminais dos componentes dentro do gabinete, já houve caos em que o acumulo de fumos metálicos queimou o processador, o custo de um processador gira em torno de R\$ 1.800,00 e o custo de um filtro em torno de R\$ 8,00. É muito mais vantajoso

proteger o sistema ao invés de arriscar a queima de alguma parte do equipamento podendo levar a um dano sério no equipamento, tendo em vista que se o equipamento está na garantia o custo para manutenção é bem mais elevado do que o custo inicial do material e o tempo despendido para a montagem é irrisório se comparado ao da manutenção posterior.

## 7.6 TESTES REALIZADOS NOS EQUIPAMENTOS

Todos os equipamentos precisam passar por uma serie de verificações após a montagem. Todos os testes são realizados três vezes e realizado a media a fim de diminuir o erro de deslocamento e posicionamento.

Todo equipamento após passar nos testes é gerado um relatório dos testes, feito um histórico do equipamento a fim de ajudar num suporte pós venda.

Os ensaios de deslocamento triangular do equipamento são realizados dentro dos seguintes parâmetros conforme a Tabela 1 - Deslocamento triangular. O nome triangular é porque o deslocamento da tocha de soldagem fica na forma de um triângulo, a velocidade indicada na quinta coluna é a imposta no equipamento e as da sétima, oitava e nona são as medidas, destas medidas é feita uma media, lembrando que sempre tem o erro embutido do tempo de iniciar e parar o cronometro.

Tabela 1 - Deslocamento triangular

Testes a serem realizados nos Tartilope V2 e V2F							
Tecimento Triangular					Posição plana		
freq.	amp.	TP 1	TP 2	Velocidade (cm/min)	Distância percorrida em 1 minuto (cm)		
1,5H z	7,5 mm	0 s	0 s	10	10	9,8	10
1,5H z	7,5 mm	0 s	0 s	30	30	29,8	29,9
1,5H z	7,5 mm	0 s	0 s	60	60	60	60
1,5H z	7,5 mm	0 s	0 s	90	44,9 (30s)	45 (30s)	44,8 (30s)
1,5H z	7,5 mm	0 s	0 s	120	60,5 (30s)	60,1 (30s)	60,4 (30s)
1,5H z	7,5 mm	0 s	0 s	160	80,1 (30s)	79,7 (30s)	79,6 (30s)c

Fonte: procedimentos de teste, própria autoria (2015, p. 1).

O ensaio de deslocamento trapezoidal do equipamento é realizado dentro dos padrões de acordo com a Tabela 2 - Deslocamento Trapezoidal. O nome trapezoidal é porque o deslocamento da tocha de soldagem fica na forma de um trapézio, a velocidade indicada na quinta coluna é a imposta no equipamento e as da sétima, oitava e nona são as medidas, destas medidas é feita uma média, lembrando que sempre tem o erro embutido do tempo de iniciar e parar o cronometro.

Tabela 2 - Deslocamento Trapezoidal

Tecimento Trapezoidal					Posição plana		
freq.	amp.	TP1	TP2	Velocidade (cm/min)	Distância percorrida em 1 minuto (cm)		
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	10	10	9,7	10
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	30	29,6	30	30
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	60	59,7	60	59,8
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	90	45(30s)	44,3 (30s)	45 (30s)
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	120	58 (30s)	59 (30s)	59 (30s)
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	160	79,4 (30s)	78,8 (30s)	80 (30s)

Fonte: procedimentos de teste, própria autoria (2015, p. 1).

O ensaio de deslocamento linear se faz conforme Tabela 3 - Deslocamento linha reta. O nome linear é porque o deslocamento da tocha de soldagem fica na forma linear, a velocidade indicada na quinta coluna é a imposta no equipamento e as da sétima, oitava e nona são as medidas, destas medidas é feita uma média, lembrando que sempre tem o erro embutido do tempo de iniciar e parar o cronometro.

Tabela 3 - Deslocamento linha reta

Deslocamento Linha Reta					Posição plana		
freq.	amp.	TP1	TP2	Velocidade (cm/min)	Distância percorrida em 1 minuto (cm)		
-	-	-	-	10	10	10	10
-	-	-	-	30	29,9	30	29,8
-	-	-	-	60	60	60	60
-	-	-	-	90	45 (30s)	44,7 (30s)	44,7 (30s)
-	-	-	-	120	60 (30s)	59,7 (30s)	59,8 (30s)
-	-	-	-	160	79,8 (30s)	79,5 (30s)	79,6 (30s)

Fonte: procedimentos de teste, própria autoria (2015, p. 1).

O ensaio de movimentação manual se faz conforme a Tabela 4 - Movimentação manual. Este tipo de deslocamento serve para validar as velocidades ajustadas de posicionamento do equipamento através dos botões ou joystick. Nesse teste os equipamentos precisam estar com as velocidades de posicionamento VL E VR (velocidade lenta e velocidade rápida), esses valores

podem ser ajustado dentro das configurações dos motores no modo avançado de uso mediante senha de acesso, os dados são protegidos por conta de que o operador altere os valores e descalibre o equipamento. Sempre há um erro do tempo do operador acionar o cronometro, por isso, são realizados três ensaios para garantir maior precisão de medição e ajuste.

Tabela 4 - Movimentação manual

Movimentação manual					Posição plana
freq.	amp.	TP1	TP2	Velocidade (cm/min)	Distância percorrida em 1 minuto (cm)
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	10	OK
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	30	OK
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	60	OK
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	90	OK
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	120	OK
1,5Hz	7,5 mm	0 s	0 s	160	OK

Fonte: procedimentos de teste, própria autoria (2015, p. 1).

Todos os ensaios realizados são enviados ao cliente para mostrar que o equipamento foi ensaiado dentro daquelas condições. Isso dá mais credibilidade e confiabilidade ao cliente, isso exige mais responsabilidade de quem monta o equipamento ou testa. A Tabela 5 - Tabela de identificação dos responsáveis pela construção do equipamento mostra um tipo de identificação do equipamento.

Tabela 5 - Tabela de identificação dos responsáveis pela construção do equipamento

Detalhes da verificação
Tipo do equipamento: Tartilope V2F – PC104
Versão do software: VSS (Felipe)
Manutenção: Ricardo Campagnin
Testes realizados por: Ruy Leonardo Baron / Ricardo Campagnin
Aprovação final: Ricardo Campagnin (Hardware)
Data: 03/05/2015
Cliente: João da Silva
Observação: Fontes chaveadas, Motores de passo (70%), senha, rel x 101,

Fonte: procedimentos de teste, própria autoria (2015, p. 1).

## 8 CRONOGRAMA

Para que uma atividade seja executada com eficiência é preciso fazer um bom planejamento prevendo todos os imprevistos e trabalhando com uma margem de segurança. O cronograma organizado para o estagio que foi cumprido foi o de acordo com a Tabela 6:

Tabela 6 - Cronograma de atividades executadas e cumpridas

FASES	PERÍODO	ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS NO LOCAL DE ESTÁGIO	RESPONSÁVEL PELA INFORMAÇÃO OU SETOR DE COLETA DE DADOS
ETAPA 1	20:00 H	Manuseios da câmara térmica	Cleber Marques
ETAPA 2	10:00 H	Manuseio e ajuste do osciloscópio	Cleber Marques
ETAPA 3	20:00 H	Preparação do equipamento para medições e medições	Cleber Marques
ETAPA 4	20:00 H	Estudo do esquemático para solução dos problemas	Cleber Marques
ETAPA 5	10:00 H	Projeto da placa de freio nova com correção dos problemas e montagem	Cleber Marques
ETAPA 6	60:00 H	Escrita do relatório	Cleber Marques
ETAPA 7	10:00 H	Compra de material para nova placa e orçamento para fabricação da placa	Cleber Marques

Fonte: própria autoria (2016).

## 9 CONCLUSÃO

Todas as montagens devem ser feitas com precisão, com calma e com o máximo de atenção nos mínimos detalhes.

Muitas ferramentas especiais para uma aplicação não são a melhor solução para evitar transtornos futuros como ter que refazer o trabalho após anos de operação.

A mão de obra qualificada é de extrema importância para que uma empresa consiga permanecer no mercado já que é quase impossível competir com os produtos chineses que possuem preço baixo e baixa qualidade, é preciso ter um diferencial nos equipamentos e se superar cada dia no mercado, a tendência é reduzir custos e aumentar a qualidade.

Quase todos os equipamentos desenvolvidos pela SPS são customizados para cada cliente, sendo assim o grande diferencial em relação aos concorrentes, outra vantagem é que tem um suporte rápido e eficiente caso necessário.

Dominar todo o equipamento para que possa ter facilidade de integração com outros equipamentos em um laboratório ou chão de fábrica.

Os equipamentos passam por um teste de mau contato e pancadas a fim de identificar falhas em conexões, agora com o auxílio da câmera térmica adquirida ficou mais fácil identificar falhas que podem ocorrer ao longo do tempo. Os defeitos no equipamento usado para fazer o relatório ocorreram após 2 anos de operação em campo, mostrando que a ideia é construir um equipamento bem robusto para evitar transtorno para o cliente.

Muitas vezes os fornecedores não respeitam algumas normas e colocam informações equivocadas que nos deixam dupla interpretação, graças a este trabalho a empresa Kalatec automação mudou o site e colocou as informações necessárias para que possamos fazer um projeto de forma mais eficiente e considerar as margens de segurança necessárias.

## REFERÊNCIAS

**BROERING, C. E. Desenvolvimento de Sistema Para a automação da Soldagem e Corte Térmico.** 2005. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

**OLIVARES, E. A.G. Uma Abordagem Técnica e científica do Processo Tig Keyhole à Luz de Novas Tecnologias e Aspectos Comparativos com o Processo Plasma.** 2015. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

**PIGOZZO, I. O. Soldagem Tig Orbital: Otimização de Equipamentos e Prospecções Tecnológicas para Procedimentos de passe de Raiz.** 2015. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

**SILVA, F.C. Desenvolvimento de Algoritmos para Geração de Trajetórias de Revestimento por Soldagem Automatizada Aplicações em Caldeiras de Usinas Termoeletricas.** 2012. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

**Lucas, R.P. Sistema de Geração de Trajetórias em Manipulador Cartesiano para Aplicação em Soldagem Naval.** 2011. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

**FEDELE, R. A. Soldagem na Indústria Naval Moderna: Materiais e Processos.** Revista Soldagem e Inspeção. Ano 6. Nº 9 – Suplemento Técnico BR, 2000.

**SPS. Manual Tartilope V2- Sistema de deslocamento automático que permite a realização de soldas e cortes em qualquer posição, com deslocamento automático em dois eixos.** Florianópolis: SPS, 2009.

**AVOLIO, E. Uma Contribuição ao Estudo e Desenvolvimento de Sistemas de Movimento Utilizando Motores de Passo.** Bauru: Tese de Livre-Docente, Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica, UNESP, 2004.

**FLIR. Advanced Thermal Solutions SC7000 User Manual.** São Paulo: FLIR, 2014.

**TEKTRONIX. Digital Storage Oscilloscopes TPS2024.** São Paulo: Farnell, 2009.