



Revista e-Tec
01-2019

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

e-TEC

e-TEC Revista de Tecnologia e Ciência

Edição ano 2019 – Londrina Paraná

Corpo Editorial

Editor Chefe – Edição V1-2019

Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora

Comitê Executivo

Prof.^a Adriana Gisele Carvalho

Prof.^a Dra. Camila Fogaça de Oliveira

Prof. Dr. Rodolfo Alexandre Hildebrandt

Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora

Editora: Faculdade de Tecnologia Senai Londrina

ISSN: 2358-5528

Direitos reservados

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

Rua Belém, 844 – Londrina PR.

43 -3294-5100 – faculdade.londrina@sistemafiep.org.br

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem a autorização prévia e escrita da Editora Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

Este periódico publica nomes individuais, comerciais e marcas registradas e produtos pertencentes a diversas companhias. O Editor utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus direitos. Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de responsabilidade dos próprios autores.

Editorial

A Revista e-Tec de Tecnologia e Ciência da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, em sua edição primeira de 2019, se apresenta trazendo valiosas contribuições aos interessados em evoluir os estudos e aprendizados nas áreas da automação e de controle em Servo motores; considerando-se as abordagens executadas pelos autores que constam deste exemplar.

Destaca-se que mesmo se tratando de temática diferenciada, cada artigo revela pelo autor, as preocupações em provocar questionamentos a fim de ampliar, aprofundar e mesmo trazer à tona as diversas questões.

Os artigos ora publicados contribuem para o avanço do conhecimento e a disseminação das informações produzidas pela Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina; sendo desta forma caracterizada como veículo das informações das áreas que estão em sintonia com os cursos ofertados; estabelecido pelas linhas de pesquisa da Faculdade.

Nesta edição também iniciamos com depoimentos de alunos egressos dos cursos da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

Os Autores e o corpo executivo da Revista de Tecnologia SENAI Londrina agradece o apoio e o envolvimento da comunidade acadêmica da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina para a realização e divulgação desta publicação.

SUMÁRIO

Depoimento	5
Novidades em 2019	6
VIº Simpósio do meio ambiente - 2019	6
Projeto Triciclo Solar	7
CONTROLE DE ESTOQUE AUTOMATIZADO	9
PROPOSTA DE AUTOMATIZAÇÃO EM FORNO PASTEUR.....	21
DESENVOLVIMENTO DE DRIVE PARA SERVO MOTOR CC	45

Depoimento

Aluno Egresso do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

Sou o Tecnólogo ISRAEL DE SOUZA JÚNIOR, fiz o curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, na Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina no período de 2014 a 2016.

Escolhi a graduação no SENAI por ser uma instituição diretamente ligada com a indústria e também para dar continuidade a minha carreira didática e profissional dentro do SENAI; que, se iniciou em 1999 no curso de Eletricista de Manutenção, na escola SENAI “José Polizotto” na cidade de Marília-SP.

Na sequência cursei programação de micro controladores na escola SENAI “Anchieta” em São Paulo-SP; participei da olimpíada do conhecimento no período de 2001 a 2005 onde fui competidor nas modalidades de Eletrônica e Robótica Industrial; obtendo o 1º lugar em 10 agosto de 2004 na cidade de Belo Horizonte MG na etapa nacional.

Fui também treinador de novas equipes de competidores nas modalidades manufatura integrada, eletrônica e polimecânica, no período de 2007 a 2009.

Atuei como prestador de serviços como docente, nos cursos de eletricidade básica, instalações elétricas, comandos elétricos cursos ministrados na escola SENAI de Marília-SP.



Após, este período, me dediquei a trabalhos em indústrias, nos estados de SP e PR; e, em paralelo cursei o curso Técnico em Eletrônica EAD no município de São Paulo-SP; e, sucessivamente a graduação na Faculdade de Tecnologia SENAI em Londrina.

Então tenho uma vivência, junto ao SENAI, que data de 1999 a 2016 diretamente; e, até a data de hoje indiretamente, dando a mim total confiabilidade na instituição.

Ingressei na graduação no SENAI em Londrina com o objetivo de adquirir conhecimentos técnicos, tecnológicos e administrativos na área de manutenção industrial.

Ao termino do curso constatei que as minhas expectativas foram atendidas na íntegra e com aditivos extras.

No período de 3 anos “degustei” da oportunidade de me relacionar com professores de altíssimas qualificações nas mais variadas áreas, como física, matemática, engenharia, mecânica, tecnologia, informática, administração, gestão, segurança industrial. Neste período também desfrutei de toda a estrutura da Faculdade em laboratórios, oficinas salas de aula onde aproveitei no máximo para aquisição de conhecimento.

Os conhecimentos adquiridos tiveram fundamental importância para o meu dia a dia; atualmente tenho uma empresa de prestação de serviços de manutenção preventiva e corretiva. Empresa que planejei ao longo do curso de graduação (tomando bastante forma após as aulas de empreendimento) e na data de 22/12/2017 coloquei em prática todo este planejamento; até a data de hoje, a mantenho sempre recorrendo a revisões de conhecimentos adquiridos durante a minha graduação.

Em paralelo ao comando da empresa me dedico também a ministrar aulas na área de automação no SENAI de Londrina, onde me graduei. Assim sendo, a graduação no SENAI eu recomendo!

Novidades em 2019

A Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina obteve autorização no final do ano de 2018, para iniciar as turmas do curso de Engenharia Elétrica. Esperamos que este novo curso traga também novos desafios e estimulem tanto docentes quanto discentes a estarem evoluindo no processo de aprendizagem. O SENAI em Londrina é muito forte nas questões de Tecnologia em Informação e Automação Industrial. O novo Curso de Engenharia Elétrica, autorizado pelo MEC com nota 4! Agregará enorme valor as ênfases nas áreas de eletrônica, sistemas embarcados e inteligentes, eletrônica industrial; além da, robótica industrial e Eletrotécnica. Esperamos continuar transformando a vida de muitos alunos!



**NOVIDADE FACULDADE SENAI
LONDRINA 2019!**

**CURSO SUPERIOR DE
ENGENHARIA ELÉTRICA**

Inscrições abertas para o
Vestibular de Verão.

Início das aulas: 18/02/2019

VESTIBULAR 2019
faculdadesdaindustria.com.br

FACULDADES DA
INDUSTRIA
SISTEMA FIEP

Sistema Fiep **SENAI**

VI° Simpósio do meio ambiente - 2019

Marca constante na Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina este evento atrai os alunos pelo fato de haver palestrantes da área industrial relatando estudos de casos reais que ocorrem na indústria. Este ano o VI° Simpósio do meio ambiente, contará com três ilustres palestrantes, discutindo o tema “Poluição do Ar”; e para direcionar os trabalhos o prof. Dr. Edgard Menezes da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Estão todos convidados para este grandioso evento que ocorrerá no Auditório do SENAI em Londrina. Maiores informações, pelo fone 3294-5100; ajudem a divulgar!

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

Sistema Fiep

VIº Simpósio do Meio Ambiente

Convite
Entrada franca
Data: 13/05

Local: Auditório SENAI Londrina

Horário: 19:00 - "Pensando coisas legais no FaSeTech"

19:30 - Mesa Redonda com os convidados especiais:

Luciana de Paiva Luquez / Gestora IPULL

Leila D. Martins / UTFPR

José Carlos / Secretário do Meio Ambiente em Tamarana Pr.

Tema: Poluição do Ar!



Projeto Triciclo Solar

Ilustração: Triciclo Solar em desenvolvimento.



APÓS ALGUM TEMPO NA
PRANCHETA DE PROJETOS, O TRICICLO
SOLAR SAI DO PAPEL E, ESTÁ SENDO
IMPLEMENTADO PELAS TURMAS DE
TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA E
TECNOLOGIA EM
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL! NA FOTO O
PROF. DR. RODOLFO HILDEBRANDT
INSPECIONA O
PROTÓTIPO, QUE ESTÁ SENDO
DESENVOLVIDO. SALIENTA-SE QUE AS
PLACAS SOLARES FOI
UMA CORTESIA DA EMPRESA Balfar
SOLAR INDÚSTRIA FOTOELÉTRICA, CUJA
UNIDADE
ENCONTRA-SE SITUADA NA CIDADE DE
PARANAVAÍ, NO ESTADO DO PARANÁ.
PELO QUAL
AGRADECEMOS MUITÍSSIMO A
SIGNIFICATIVA COLABORAÇÃO NO
DESENVOLVIMENTO DOS
TRABALHOS ACADÊMICOS, REALIZADO
PELA FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI
LONDRINA.

CONTROLE DE ESTOQUE AUTOMATIZADO

Edson Da Silva Bueno¹
Marco Aurélio Arbex²

RESUMO

Tendo como objetivo de fazer controle e posicionamento de motores elétricos de baixo custo, utilizando motores DC com encoders magnéticos ao invés de servo motores, placa de controle baseada na linguagem de programação C++ e processador de 32 bits com *clock* de 84MHZ para poder ter uma resolução adequada dos sinais dos motores e ao mesmo tempo controlar o drive dos mesmos para se obter *setpoint* com precisão exigida no processo, contudo logo foi perceptível a dificuldade na leitura da quadratura do encoder por haver ruído nos sinais, sendo necessário filtra-los, como também foi difícil separar o que faz parte do controle e supervisão por estarem tão bem amarrados, entretanto para cada problema encontrado já havia solução disponível, contudo pouco conteúdo disponível em português, tais problemas evidenciaram ainda mais a necessidade de aprofundar nos conceitos envolvidos e perceber que já existem tecnologia disponível para a indústria 4.0 mas ainda temos dificuldade em aplicar na indústria ou nosso dia a dia .

Palavras chave: Transelevador. Técnicas digitais. Sistema Supervisório. Manufatura avançada.

Automated stock Control

ABSTRACT

Aiming to control and position low-cost electric motors using DC motors with magnetic encoders instead of servo motors, control board based on the C ++ programming language and 32-bit processor with clock of 84MHZ to be able to have a resolution of the signals of the motors and at the same time control the drive thereof to obtain a setpoint with precision required in the process, however, it was soon noticeable the difficulty in reading the quadrature of the encoder because there is noise in the signals, it is necessary to filter them, it was difficult to separate what is part of the control and supervision because they are so well tied, however for each problem found there was already available solution, however little content available in Portuguese, such problems highlighted even more the need to deepen in the concepts involved and realize that already technology is available for the industry 4.0 but we still have difficulty of in applying in the industry or our day to day.

¹ Titulação. Discente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: ed3857@gmail.com

² Mestre em Administração. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: marco.arbex@sistemafiep.org.br

Key words: Transelevator. Digital techniques. Supervisory system. Advanced manufacturing.

1. INTRODUÇÃO

É evidente que para algumas empresas o controle de estoque é mais relevante que para outras, mas em qualquer caso, ele recebe grande atenção, sendo que uma indústria média gasta mais da metade de seu faturamento (MARTINS, Petrônio; ALT,2011 pag.117). Em sistemas de *Justin time* de produção em que busca se redução de estoques ou mesmo eliminados, paralelamente um aumento de maquinas cada vez mais sofisticadas e caras, gerando grandes transtornos e prejuízos em quebras, desta forma as empresas buscam otimizar estoque e políticas de manutenção em quebra zero. (MARTINS, Petrônio; ALT,2011 pag.312).

Em um mercado cuja necessidade de aumento de produtividade, escassez de terrenos em localização privilegiada, custo de mão de obra, vem estimulando a automatização na logística sendo que um sistema de armazenagem e recuperação automatizado se mostra eficaz no controle de estoque (IMAN ,2018). Embora este sistema ser normalmente instalado nas indústrias ele pode ser utilizado em comércios, almoxarifados, armazéns, sala de arquivos e em qualquer setor que mantém estoques com determinada rotatividade, segundo a Mecalux (2018) este sistema apresenta baixo custo se considerado benefício, contudo apesar de gerar economia significativa tal implantação pode ser onerosa para empreendedores com capital escasso.

Apesar de não ser uma tecnologia nova, não é explorada em todo seu potencial pelo fato de não ser atrativo para empresas de pequeno e médio porte, pois o alto custo em sua instalação afeta diretamente no *payback* (BRANCO, 2018). Tendo como objetivo otimizar tempo e organização de estoque, a fim de aumentar eficiência do controle de entradas e saídas, além de estreitar a relação entre os setores de administração, projeto, manutenção e produção.

Sendo a proposta a busca de implementação de hardware de baixo custo para este controle mas mantendo qualidade suficiente para ser integrada em toda indústria fazendo uso de tecnologias compatíveis e com a indústria 4.0 tendo a ciência que apenas poderão ser aplicados para pequenos e médios volumes mas com a vantagem de implementar em vários seguimentos que necessitem armazenar e recuperar materiais rapidamente e através de monitoramento e controle por supervisorio a possibilidade de comunicação com a rede industrial e nuvem.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais utilizados

Arduino Due;
Motores DC de 300 rpm com encoder de 244 pulsos por rotação;
Ponte H (LN 982);
Fim de Curso;
Motor de passo;
Fonte de computador;
Protoboard;

Fuzo passo 2;
Pilow Block;
Guias lineares 8mm;
Perfil de alumínio;
Estrutura em aço carbono (Prateleiras e suportes);

2.2 Ferramentas utilizadas

Planta didática: Construída a partir dos materiais citados por autor e alunos de tecnologia SENAI. PR;

Notebook: Para fazer a interface homem maquina (IHM) e instalar softwares necessários para o controle da planta didática;

IDE Arduino: Software do fabricante da placa Arduino utilizada, onde é elaborado o projeto de controle da planta, afim de passar para a mesma o programa de controle do sistema;

ScadaBr: Software de supervisão utilizado para dar facilidade ao usuário através de interface mais amigável além de dar entradas e monitorar saídas de dados a placa de controle de forma fácil a usuários sem a necessidade de entender programação

Linguagem de programação C++: Linguagem de alto nível utilizada pelo Arduino para facilitar a programação do microprocessador;

Osciloscópio: Ferramenta para monitorar sinais dos encoders e motores, com intuito de analisar comportamento da planta em relação ao controle;

Multímetro: Ferramenta para auxiliar de forma rápida análise de pequenos problemas;

Protocolo ModBus: Protocolo de comunicação utilizado na comunicação entre supervisão e placa de controle;

2.3 Métodos

Pesquisa exploratória: Procura de possibilidades e melhor custo benefício;

Pesquisa qualitativa: Objetivo de filtrar conteúdo e viabilidade;

Desenvolvimento planta didática: Montagem de componentes predefinidos;

Desenvolvimento do algoritmo: Controle e monitoramento de posicionamento;

Desenvolvimento supervisão: Montagem de interface gráfica de forma intuitiva para operador;

Revisão : Procura de erros e viabilidade de implementação;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme LIMA (2014), em qualquer cadeia de abastecimento que demande produção ou controle, os benefícios da automatização podem ser ilimitados garantindo maior eficiência e acompanhamento das informações obtendo maior assertividade nas tomadas de decisões, se da pelo principio na implantação de equipamentos, afim da substituição de rotinas manuais por procedimentos automáticos proporcionando melhor gestão, reduzindo falhas e melhor competitividade além de rentabilidade. Para alcançar tais objetivos as empresas devem avaliar, projetar e adquirir componentes a fim de montar um sistema automatizado, estabelecendo adequações de acordo com sua realidade e necessidades a partir das tecnologias disponíveis.

3.1 MODBUS

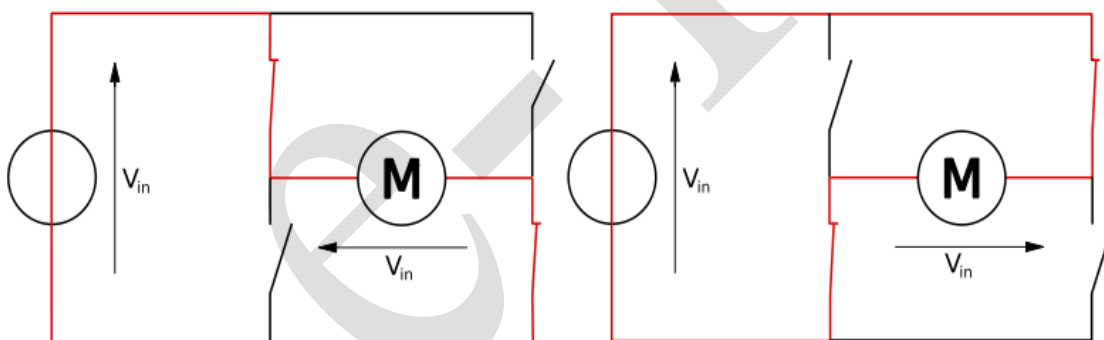
Independentemente do tipo de rede em que o controlador programável esteja, o protocolo modbus estabelece um formato comum de comunicação definindo a estrutura de comunicação, determinando como cada controlador vai reconhecer dispositivos na rede podendo encaminhar mensagens, endereçar ou extrair dados e se necessário determinar ação ou resposta a ser encaminhada aos demais dispositivos. Existem dois modos de transmissão: ASCII ou RTU, cada modo basicamente determina como as informações empacotadas nos campos de mensagem e decodificadas (HONEYWELL, 2013).

3.2 PONTE H

De acordo com REIS (2017) ponte h é um circuito que permite a inversão da polaridade da corrente que flui por uma carga, além de poder ligar e desligar a carga, constituído por quatro chaves eletrônicas independentes, podendo controlar velocidade de motores utilizando sinal PWM como entrada de tensão, além de controlar sentido de rotação dos motores DC dependendo de como são combinadas as chaves assim como é apresentado na figura 1.

Figura 1 -Inversão polaridade Ponte H

1



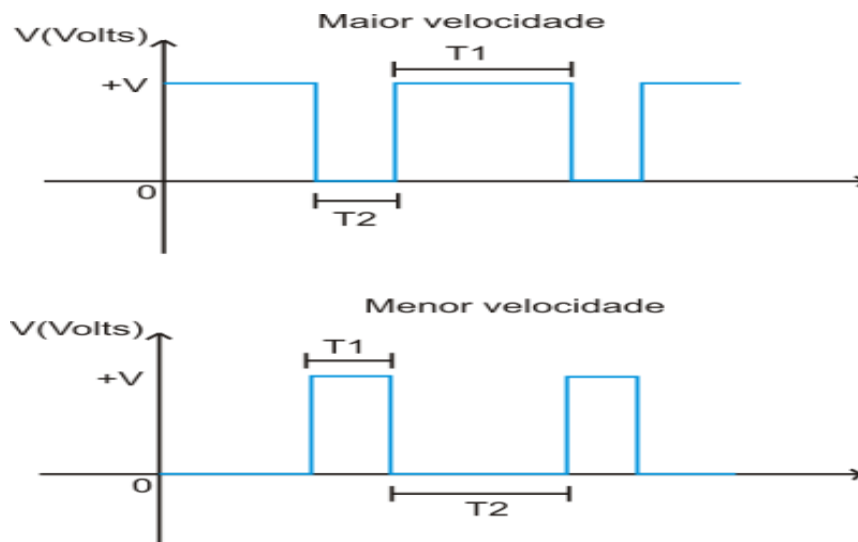
Fonte: Reis F.

3.3 CONTROLE PWM

Este controle consiste em variar a velocidade de um motor a partir da modulação do tempo em que a tensão é aplicada no mesmo, assim como mostrado na figura 2, sendo que além de controlar a velocidade este método também apresenta a vantagem de manter o torque mesmo em baixas rotações (Soares ,2002)

¹ <http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/como-funciona-uma-ponte-h-controlar-direcional-de-motores-dc/>

Figura 2 - Modulação por largura de pulso (PWM)

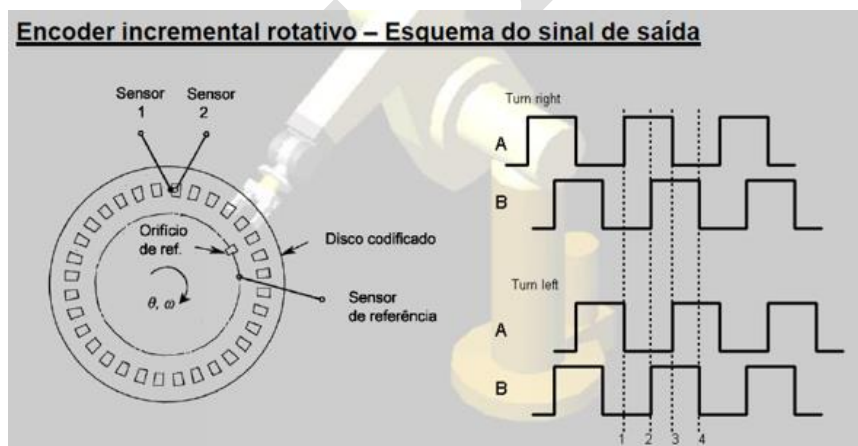


Fonte: Soares M.

3.4 ENCODER

De acordo com Costa (2018), encoders são transdutores capazes de converter movimentos em sinais elétricos, fornecendo quantidade fixa de pulsos por unidade de deslocamento, podendo ser rotativos ou lineares, sendo o encoder incremental o de construção mais simples tendo seu funcionamento a partir de dois sinais defasados entre si, podendo assim além da contagem de pulsos definir sentido do movimento assim como na figura 3 tendo assim condição de determinar posição através da soma destes sinais a partir de uma posição de referência.

Figura 3 - Sinais de Encoder rotativo



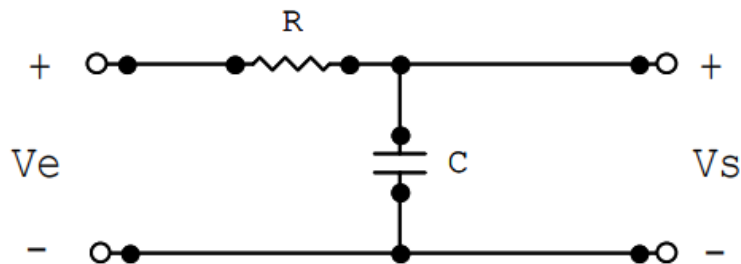
¹Fonte: Professor Cesar Costa.

3.5 Filtro RC

¹ <http://professorcesarcosta.com.br/disciplinas/n7srv>.

Conforme MUSSOI(2004), um circuito RC similar o da FIGURA 4 se comporta como um filtro passa baixa, o capacitor em sinais de baixa frequência se comporta como circuito aberto pelo reatância capacitiva ser maior que a resistiva, podendo se calculado a frequência de corte por $\omega_c = \frac{1}{RC}$.

Figura 4 – Filtro Passa Baixa RC



Fonte: Mussoi F.

3.6 Interrupção em Microcontrolador

Segundo KINOSHITA, CUGNASCA e RIYUITI (2004) interrupções externas são desvios na rotina de processamento para blocos de códigos de interrupção sendo que assim que executados retorna-se ao ponto em que houve o desvio, podendo ser virtuais ou externos, sendo sua principal característica melhor aplicação em aplicações em tempo real. Em interrupções externas podem ocorrer por meio de portas paralelas, seriais ou sinais de hardware, já em interrupções por software são provocadas por operações iniciadas pelo software como por exemplo divisão por zero. Em aplicações em tempo real que em que não podem ser interrompidos, seu tratamento pode ser adiado como (por exemplo alarmes).

3.7 Linguagem C++

De acordo com Miranda (2018), C++ é uma linguagem de programação com finalidade geral, em qualquer plataforma, sendo uma linguagem flexível, além de permitir programação orientada a objeto e genérica, podendo ser utilizada em aplicações com pouco poder de processamento e pouca memória e diferente de algumas linguagens C++ não restringe, assim o programador tem a liberdade de correr riscos ou não, podendo explorar ao máximo a plataforma em que é programada.

3.8 Supervisório SCADABR

“A sigla SCADA é uma sigla do inglês para Supervisory Control And Data Acquisition, o que significa Controle Supervisório e Aquisição de Dados” (SCADA, 2010). Segundo scadaBr(2010), o sistema é de licença gratuita, estando toda documentação e código livre e a disposição, podendo ser customizado e re-distribuído como na FIGURA 5, tendo por objetivo de fazer interfaces gráficas

entre operador e processo, além de oferecer comunicação com os equipamentos e registro contínuo de dados, sendo possível gráficos em tempo real e interface intuitiva sendo as funções mais utilizadas:

- Geração de gráficos, relatórios e histórico do processo;
- Deteção de alarmes e registro de eventos em sistemas automatizados;
- Controle de processos incluindo envio remoto de parâmetros e set-points, acionamento e comando de equipamentos;
- Uso de script para desenvolvimento de lógicas de automação;

Figura 5 - Scada BR



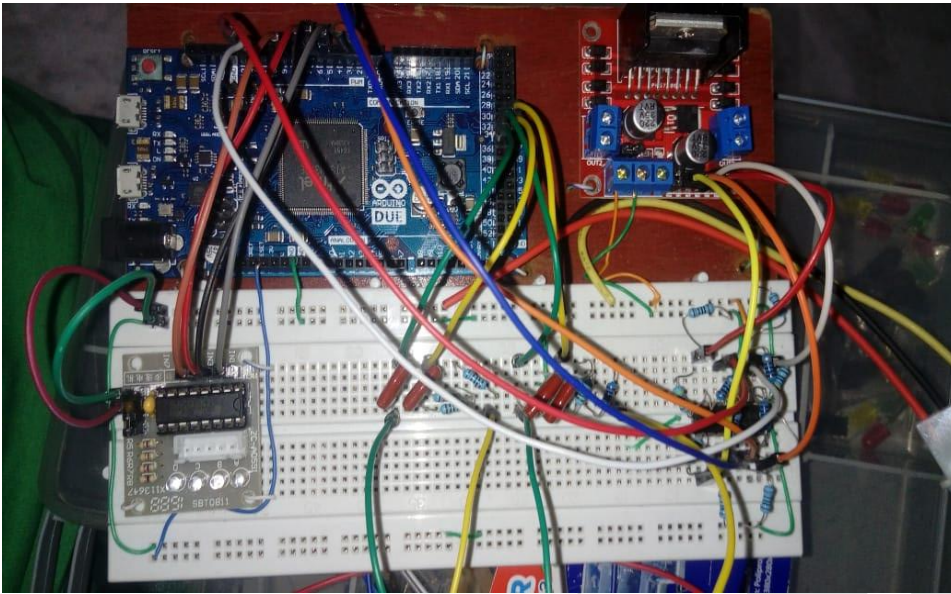
Fonte: Do Autor.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 MONTAGEM

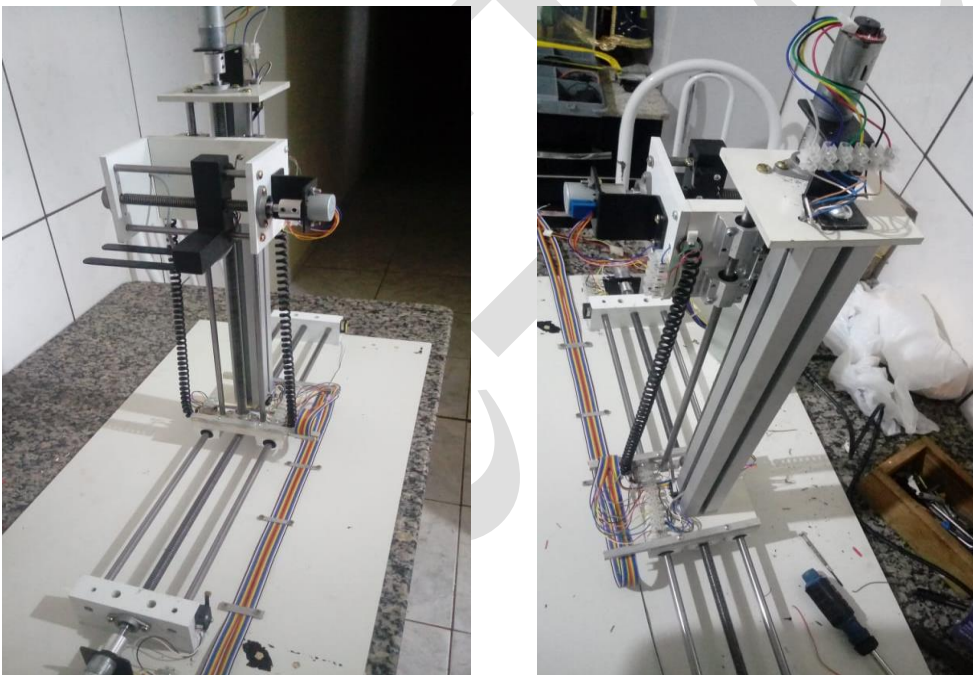
Tendo como objetivo a confirmação da viabilidade do projeto, foi utilizada a planta didática mostrada na figura 7 e com finalidade de orientação foi montado um fluxograma com a expectativa de comportamento da planta. A figura 8 apresenta o comportamento diante a pedidos de entrada e saída de estoque por supervisor. Analisando o fluxograma evidencia se que para garantir segurança a preocupação do fluxo está diretamente ligada estado da lança e para garantir a eficiência sistema o posicionamento da mesma, o estado é facilmente resolvido com um simples fim de curso contudo o posicionamento exige monitoramento constante. A tecnica adotada a para este monitoramento foi a contagem de voltas através de enconder rotativo de 244 pulsos por volta, defazados e acoplado ao eixo do motor , seu sinal pode ser visto na figura 9, contudo ouve a necessidade de condicionar os sinais pois o controlador gera uma saída PWM com uma tensão de pico de 3,3 volts e o CI adotado para variar a velocidade através de uma ponte H precisa de no mínimo de uma tensão de pico de 5 volts, para tal condicionamento foi utilizado LM324n mostrado na figura 6.

Figura 6 – Condicionamento de PWM



Fonte: Autor

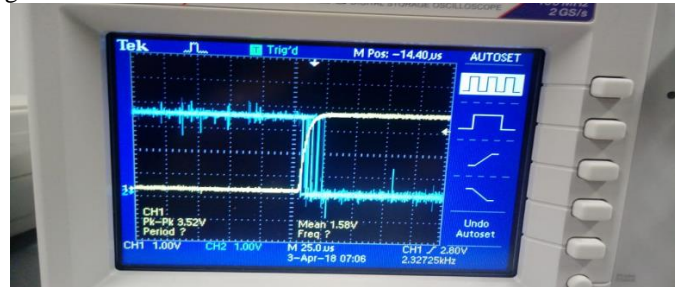
Figura 7 – Planta Didática



Fonte: Autor

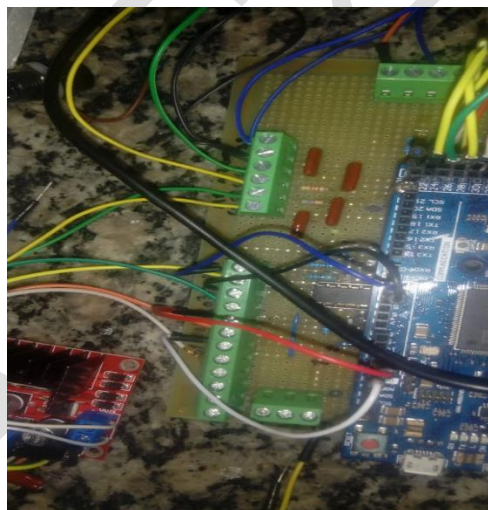
utilização de filtro RC também mostrado na figura 10 pela cor amarela, contudo ainda apresentava problemas intermitentes por outros ruídos ou mau contato dos terminais utilizados, sendo necessário deixar de lado a protoboard para uma placa de circuito impresso para o condicionamento dos sinais de entrada e saída do controlador assim como mostrado na figura 11, contudo o sistema continuou apresentando ruídos devido as tipo de conexões apresentadas no controlador sendo necessário a solda dos terminais

Figura 10 – Sinal com ruído e Filtro RC



Fonte: Autor

Figura 11 – Placa PCI



Fonte: Autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a proposta, é possível afirmar que os resultados foram satisfatórios, apesar dos problemas encontrados sendo viável implantação de hardware de baixo custo, contudo o investimento no mínimo em encoders com sinais de qualidade ou desenvolvimento de filtros para tratamento de sinais, podendo haver algumas limitações caso o usuário final não quiser investir em supervisor já consolidado no mercado, afim de minimizar ainda mais seu custo, dentre estas limitações integrar o banco de dados do estoque com demais setores, outra característica evidente neste sistema foi a necessidade do domínio e integração entre software e máquina, sendo necessário pessoas capacitadas para possíveis manutenções.

Tendo como objetivo futuro, a aplicação de filtro ativo nos encoders com o intuito de reduzir a tolerância de erro no posicionamento eixo do motor e introduzir monitoramento do sistema em nuvem.

REFERÊNCIAS

BRANCO R., Sistema De Armazenamento E Recuperação Automatizado. Disponível em:<<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/3728-sistema-de-armazenamento-e-recuperacao-automatizado>>. Acesso em: 17 março. 2018.

LIMA L. Quais os benefícios de automatizar os controles na sua empresa? Seja o controle de frota ou mercadorias. Disponível em:<<http://www.cabtecgti.com.br/blog/rfid/2014/08/quais-os-beneficios-de-automatizar-o-controle-de-materiais-da-sua-empresa>>. Acesso em 13 de novembro de 2018.

COSTA., Servomecanismo N7SRV. Disponível em:<<http://professorcesarcosta.com.br/disciplinas/n7srv>>. Acesso em 05 de setembro de 2018.

HONEYWELL. Modbus® RTU Serial Communications User Manual. Disponível em: <https://www.honeywellprocess.com/library/support/Public/Documents/51-52-25-66.pdf>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

KINOSHITA J., CUGNASCA C., RIYUITI, A., Interrupções Disponível em:<<http://www.pcs.usp.br/~jkinoshi/2005/e5roberto.doc>>. Acesso em 18 setembro . 2018.

MARTINS L, PETRÔNIO Petrônio G; ALT, Administração de Materiais e recursos Patrimoniais. Editora Saraiva, 3º ed. 2011.

MECALUX. Armazenagem para itens pequenos. Disponível em: <<https://www.mecalux.com.br/manual-de-armazenagem/sistemas-de-armazenagem/armazenagem-itens-pequenos>>. Acesso em: 8 junho. 2018.

Miranda B., Por que aprender C/C++?. Disponível em:<http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/2014/por-que-aprender-c_c.aspx>. Acesso em: 30 outubro. 2018.

MUSSOI F.; Resposta em Frequência Filtros Passivos, Disponível em: <<https://intranet.ctism.ufsm.br/gsec/Apostilas/filtropassivo.pdf>>. Acesso em: 13 novembro. 2018.

EDIÇÃO 2.0 FLORIANÓPOLIS – JULHO, 2004.
SCADABR, ScadaBR 0.7 outubro de 2010. Disponível em:<<https://sourceforge.net/projects/scadabr/files/latest/download>>. Acesso em 16 outubro. 2018.

REIS F., Como funciona uma Ponte H – Controle direcional de motores DC. Disponível em:<<http://www.bosontreinamentos.com.br/electronica/curso-de-eletronica/como-funciona-uma-ponte-h-controle-direcional-de-motores-dc/>>. Acesso em 14 novembro. 2018.

SEBRAE. Compras regulares e promoções ajudam a manter os estoques enxutos. Jan, 2016
Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/compras-regulares-e-promoco-es-ajudam-a-manter-os-estoques-enxutos,b8f974f4fcc5b410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em 11 de março de 2018.

SOARES, M. J. **Largura de pulso do PWM**. Disponível em:<http://www.arnrobotics.com.br/eletronica/Microcontrolador_PIC_pratica_1.htm>. Acesso em 04 setembro . 2018.

E-TEC

PROPOSTA DE AUTOMATIZAÇÃO EM FORNO PASTEUR

Nilton Acosta Filho (Aluno)
Vicente de Lima Gongora (Orientador)

RESUMO

Este trabalho vai mostrar uma proposta de um processo de automatização em um forno Pasteur, um equipamento utilizado em laboratórios para a esterilização de materiais utilizando a circulação de calor seco, mostrando todos os passos desde a especificação dos componentes que serão utilizados na automação, montagem, programação, esquemas elétricos e resultados esperados. Serão descritas algumas maneiras de esterilização, mais eficazes ou menos eficazes, que poderiam ser utilizadas no processo estudado. Para a automação do novo controle de processo, será utilizado um CLP, que nele é feita toda a programação e operação do processo. Devido ao histórico do equipamento, se fará necessário uma proteção contra quedas de energia que, quando ocorre, o processo atual é perdido. O sistema de proteção trabalhará observando o progresso do ciclo, caso houver uma queda de energia, um no-break manterá o sistema "observando" a temperatura do processo, caso ultrapasse um valor mínimo de temperatura por um determinado tempo, ele avisará por forma de alarme que o processo foi perdido, podendo assim, iniciar a contagem do tempo novamente automaticamente após o restabelecimento da energia elétrica e temperatura do processo. Se a queda de energia for curta, não prejudicando o processo, será continuado normalmente. Como resultado, o trabalho pretende mostrar a confiabilidade que a modernização na automação desse processo proporcionará.

Palavras-chave: Automatização. Esterilização. Forno Pasteur. Processo.

AUTOMATION PROPOSAL IN OVEN PASTEUR

ABSTRACT

This work will show a proposal of an automation process in a Pasteur oven, an equipment used in laboratories for the sterilization of materials using dry heat circulation, showing all the steps from the specification of the components that will be used in automation, assembly, programming, electrical schemes and expected results. Some more effective or less effective sterilization methods that could be used in the process studied will be described. For the automation of the new process control, a PLC will be used, which will carry out all the programming and operation of the process. Due to the history of the equipment, it will be necessary to protect against falling power which, when it occurs, the current process is lost. The protection system will work observing the progress of the cycle, if there is a power failure, a UPS will keep the system "observing" the process temperature, if it exceeds a minimum temperature value for a certain time, it will warn by alarm that the process has been lost, therefore, start the time counting again automatically after the restoration of the electrical energy and process temperature. If the power outage is short,

not harming the process, it will be continued normally. As a result, the work intends to show the reliability that modernization in the automation of this process will provide.

Key-words: Automation. Sterilization. Pasteur oven. Process.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, com o avanço da tecnologia em processos e máquinas de indústrias, não é mais preciso ficar preso a equipamentos antigos e com sistemas de controles ultrapassados, qualquer automatização em um equipamento desses, é bem-vinda. Nesse trabalho será elaborado um projeto para automatização do processo de um equipamento, a estrutura em si será mantida. O equipamento abordado, é um Forno Pasteur, tal equipamento responsável por esterilizar materiais, nesse caso, frascos de vidro que são utilizados para envasar vacinas do meio veterinário. Essa esterilização ocorre a seco, ou seja, há apenas a circulação de ar quente por entre os frascos, mantidos a uma certa temperatura por um determinado tempo, assim matando todos os microrganismos existentes no interior e exterior do frasco.

O problema encontrado nesse equipamento é que, por ter um ciclo de longa duração, devido ao tempo de aquecimento pelo tamanho da câmara que ficam os materiais e pela quantidade de materiais, o ciclo não é feito durante o expediente dos operadores, o expediente é aproveitado para preparar as bandejas onde vão os frascos e a limpeza dos mesmos, ao final do expediente é posicionado as bandejas com os frascos no equipamento e iniciado o ciclo, nesse tempo de duração do ciclo, que dura em torno de 5 horas, pode ocorrer diversos problemas, entre eles, a queda de energia, que é um dos problemas que esse setor sofreu algumas vezes, durante a queda de energia, o equipamento é desligado completamente, ao voltar a energia o ciclo é iniciado novamente, porém sem nenhuma supervisão, outro problema, o principal deles, é o controlador utilizado no processo, por ser um equipamento antigo, o fabricante deixou de existir, bloqueando qualquer contato com o mesmo para possíveis auxílios e fornecimento de peças, esse controlador antigo vem apresentando problemas na conclusão do ciclo de esterilização, fazendo com que o ciclo se reinicie no meio do processo sem motivo algum, por mais de uma vez, ao ver o registro feito pelo equipamento, percebe um tempo de duração do ciclo totalmente fora do programado.

Em cima desse problema, está sendo proposto o seguinte projeto, automatizar esse processo de esterilização do equipamento. Substituindo apenas o painel de comando, fazendo o uso de CLP, controlador de temperatura, será inserido um sistema de segurança para queda de energia ou qualquer problema no gerador de calor, que pode causar a perda de temperatura no ambiente do material a ser esterilizado, prejudicando o processo. Este sistema será implantado na programação do CLP, que fará a leitura do processo, entendendo que, se houver uma perda de temperatura significativa, ele irá aguardar o restabelecimento dessa temperatura para continuar a contagem do tempo, se essa perda de temperatura não se restabelecer em um tempo definido, o ciclo será abortado, mostrando em uma mensagem de alarme, o motivo.

Para que o CLP continue monitorando o sistema, mesmo se houver a queda de energia, é necessário a utilização de um no-break, que será responsável por alimentar somente a parte de memórias e entradas do CLP, permitindo a leitura do comportamento da temperatura no interior do forno. Nesse trabalho será abordado os princípios básicos sobre

esterilização a seco, o funcionamento do forno Pasteur, será feito o desenvolvimento da programação do CLP, esquemas elétricos, lista de materiais necessários e preços.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Esterilização

Antes de ser feito qualquer alteração no equipamento, é necessário saber como é o processo de esterilização. A Esterilização é a eliminação por completo de todos os microrganismos presentes no material a ser esterilizado (KALIL; COSTA, 1994). Os processos de esterilização são separados em três categorias, esterilização por agentes químicos, por agentes físico-químicos e por agentes físicos, dentro dessas categorias há diversas técnicas de esterilização, basta encontrar qual a mais apropriada para o tipo de material a ser esterilizado e sua aplicação (MS, 2001).

Segundo MS (2001), a esterilização por agentes químicos consiste em fazer a imersão por completo do material no agente esterilizante, sendo um composto líquido. Porém necessita de certos cuidados em seu manuseio:

- O material deve ser lavado rigorosamente e secado, evitando que a água altere a concentração da solução;
- Ao retirar o material da solução, o contato deve ser feito com luvas estéreis;
- O enxágue do material deve ser em abundância, com água deionizada ou destilada. O uso de soro fisiológico pode acelerar a corrosão do metal e fazer depósitos no mesmo;
- A secagem deve ser feita com compressa ou ar comprimido estéril;
- A utilização do material esterilizado deve ser imediata, proibindo seu armazenamento.

No físico-químico, MS (2001) cita dois métodos:

- Óxido de etileno (ETO), que é um gás incolor de alto poder esterilizante, a ação do ETO é feita pela alquilação das proteínas dos microrganismos, tal ação que dependem de variáveis, como temperatura, tempo de exposição ao gás, concentração e umidade do ambiente. A indicação desse método de esterilização é para materiais termo sensíveis. Por ser um gás inflamável e explosivo, o uso do mesmo é feito em equipamentos especiais, chamados autoclaves para óxido de etileno. Este gás é extremamente prejudicial à saúde,

por isso sua utilização é regulamentada pela Portaria Interministerial n.º 482, de 16 de abril de 1999 (MS, 2001).

- Peróxido de Hidrogênio, indicado para materiais termo sensíveis, é um plasma definido como uma nuvem de íons, elétrons e partículas neutras, altamente reativas. Essas cargas geradas no plasma, tendem a se reorganizar e interagem com a moléculas responsáveis pelo metabolismo e reprodução microbiano. Um ciclo dessa esterilização dura em torno de 1 hora, é compatível com vidros, borrachas, acrílicos e maioria dos metais, incompatível com ferro e celulose. O produto gerado pela esterilização é apenas água e oxigênio, não prejudicial à saúde (MS, 2001).

E por último, o método físico de esterilização, que utiliza o calor para fazer a esterilização do material (BARRIENTOS, 2012). No entanto, a sensibilidade que o microrganismo tem à ação da temperatura, é variado, a inativação do mesmo depende da temperatura em que é submetido, do tempo de exposição e da umidade relativa (ANVISA, 2010 apud BARRIENTOS, 2012). Dentre os métodos físicos de esterilização, estão:

- Por vapor saturado sob pressão, segundo MS (2001), este é o método mais utilizado em centrais de esterilização hospitalares, é indicado para materiais termo resistentes. Segundo MS (2001), o nome de vapor saturado se dá pela temperatura ser equivalente ao ponto de ebulição da água, e é produzido pelo aquecimento da água com níveis de pressão elevados, acelerando o processo de aquecimento e atingindo as temperaturas ideais de esterilização (121°C a 135°C). Os aparelhos que são programados para este tipo de esterilização, possuem uma razão de temperatura e tempo, que, quanto maior a temperatura, menor o tempo de exposição do material e vice-versa (MS, 2001), como mostra na Tabela 1.

Tabela 1: Relação de temperatura e tempo para esterilização por vapor saturado.

Temperatura (°C)	Tempo (min)
121	15
126	10
134	3

Fonte: ISO/TS 17665-2, 2009 apud BARRIENTOS, 2012.

- O processo de esterilização por calor seco é utilizado em materiais que tem dificuldade na penetração do vapor, ou que sofram algum dano pelo calor úmido. Não

forma ferrugem e não danifica materiais de corte. Porém, a desvantagem é que o material precisa ser resistente a altas temperaturas e não esteriliza soluções aquosas. O método de esterilização por calor seco é recomendado para recipientes de vidro, metais, pó, soluções oleosas e tecidos especiais. O equipamento responsável por esse procedimento é a estufa. (ISAACSON, 2009; ANSI, 2010 apud SARAIVA, 2016). Os microrganismos resistem mais ao calor seco do que ao calor úmido, por isso, esse processo necessita de temperatura e tempo de exposição mais elevados. A relação de tempo e temperatura pode ser variada, desde que demonstre que o processo assegure uma taxa de letalidade adequada, como mostra na Tabela 2 (INFARMED, 2009; ANSI, 2010 apud SARAIVA, 2016).

Tabela 2: Relação de temperatura e tempo para esterilização por calor seco.

Temperatura (° C)	Tempo de exposição
170° C	1 h
160° C	2 h
150° C	2 h e 30 min
140° C	3 h
121° C	12 h

Fonte: OPS, 2008 apud BARRIENTOS, 2012.

3. METODOLOGIA

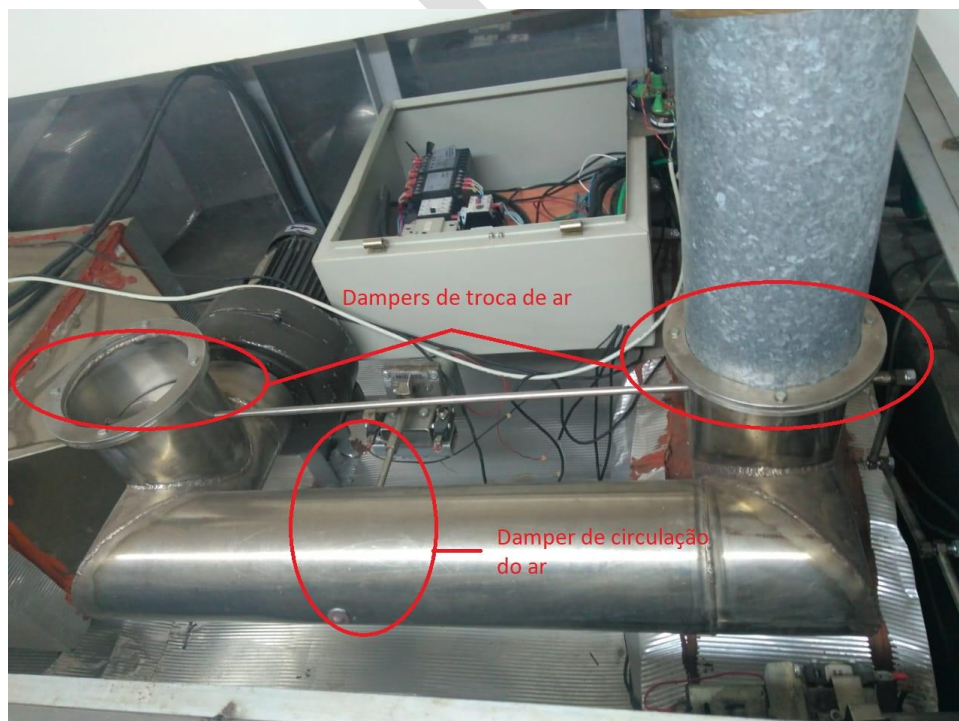
Esta proposta de automatização pretende melhorar apenas a parte de controle de processo do equipamento, não será feita nenhuma alteração na construção do mesmo e serão mantidos os mesmos componentes já instalados na máquina, por exemplo, motores, resistência, sensores e etc. Para início do desenvolvimento do projeto, devemos saber como é o processo do equipamento e quais são os componentes que estão instalados na máquina. As figuras a seguir, mostram como é o equipamento que está sendo estudado e os componentes instalados:

Figura 1: Frente do equipamento com sirene e chave fim de curso da porta 01.



Fonte: Do autor, 2018.

Figura 2: Dampers.



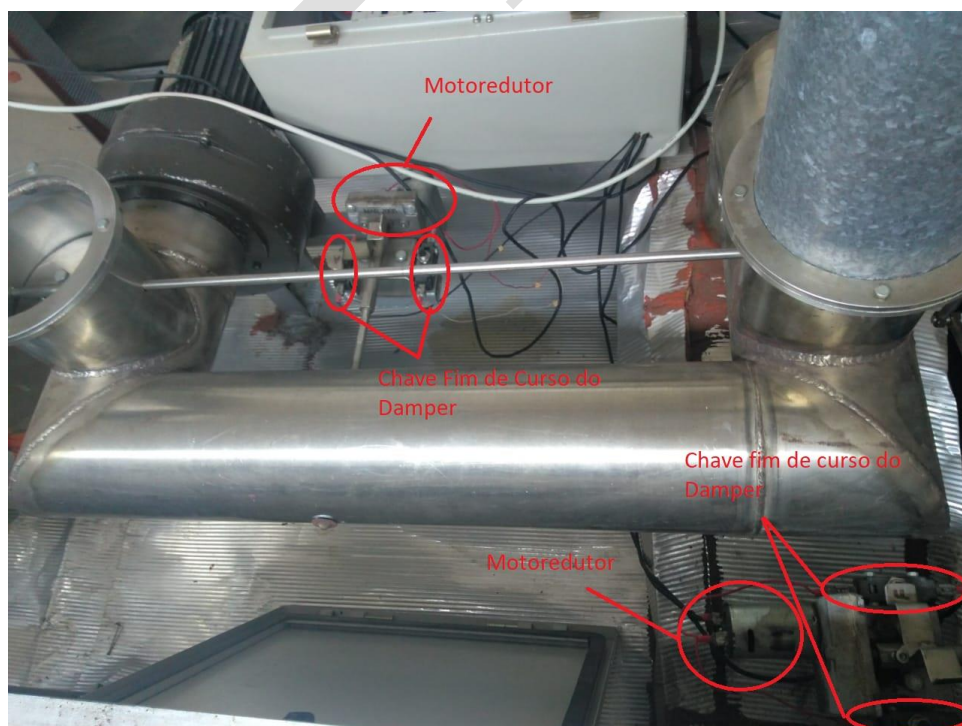
Fonte: Do autor, 2018.

Figura 3: Resistência e Motoventilador.



Fonte: Do autor, 2018.

Figura 4: Acionamento dos dumpers.



Fonte: Do autor, 2018.

3.1 Processo de funcionamento

Após os operadores carregar o equipamento com os frascos nas bandejas, e posicionar as mesmas dentro das gavetas, o operador deve fazer o fechamento correto da porta e travar. No painel de controle, tem uma chave principal que liga o painel, ao ligar essa chave, o controlador deve se inicializar e estar pronto para iniciar o ciclo. Ao pressionar o botão “liga”, o ciclo se iniciará. O ciclo possui 5 etapas:

1ª Etapa

Pré-aquecimento: As resistências e ventilador são ligados, damper de circulação é aberto e dampers de entrada e saída são fechados. Aguarda atingir 200°C. Nesta etapa o equipamento aquece os materiais que serão esterilizados e toda as paredes internas.

2ª Etapa

Secagem: Abre damper de entrada e saída, fecha damper de circulação e continua controle de temperatura, durante 1 hora. Os frascos que foram lavados ainda podem conter resquícios de água, esta etapa seca o material.

3ª Etapa

Aquecimento: Fecha damper de entrada e saída, abre damper de circulação e aguarda atingir 200°C. Depois do material ser seco, o equipamento atinge a temperatura novamente para início da esterilização.

4ª Etapa

Esterilização: Com dampers de entrada e saída fechados, damper de circulação aberto, inicia contagem de 5 horas. Nesta etapa o material já está sendo esterilizado,

5ª Etapa

Secagem final: Desliga resistências e fica em circulação até temperatura interna ficar menor que 60°C. Depois de esterilizado, o equipamento aguarda o material ser resfriado para finalização do ciclo e liberação das portas sem risco de contato com o material quente.

3.2 Componentes

Com os dados do processo em mãos, foi colhido informações com quantidades e especificações dos componentes que estão instalados no equipamento. São eles:

- 01 Motor de indução trifásico 220/380V ½ CV;
Responsável pela circulação do ar no interior da câmara.
- 04 Sensores pt100
Faz leitura da temperatura em 4 pontos diferentes.
- Conversor pt100 / 4 a 20mA;
Converte o sinal da leitura do pt100 e envia sinal de 4 a 20mA na saída.
- 06 Chave fim de curso;
Quatro deles são utilizados nos dois dumper que direcionam a circulação do ar (contato NC), as outras duas chaves estão instaladas nas portas, para indicar porta fechada (contato NA).
- 02 Motoredutores 24 Vcc - MR-710;
Faz a rotação do eixo dos dumpers.
- 01 Contactor 3TF44 Siemens;
Aciona a resistência.
- Sirene;
Avisa quando termina o processo.

4. RESULTADOS

4.1 Acionamento dos Dampers

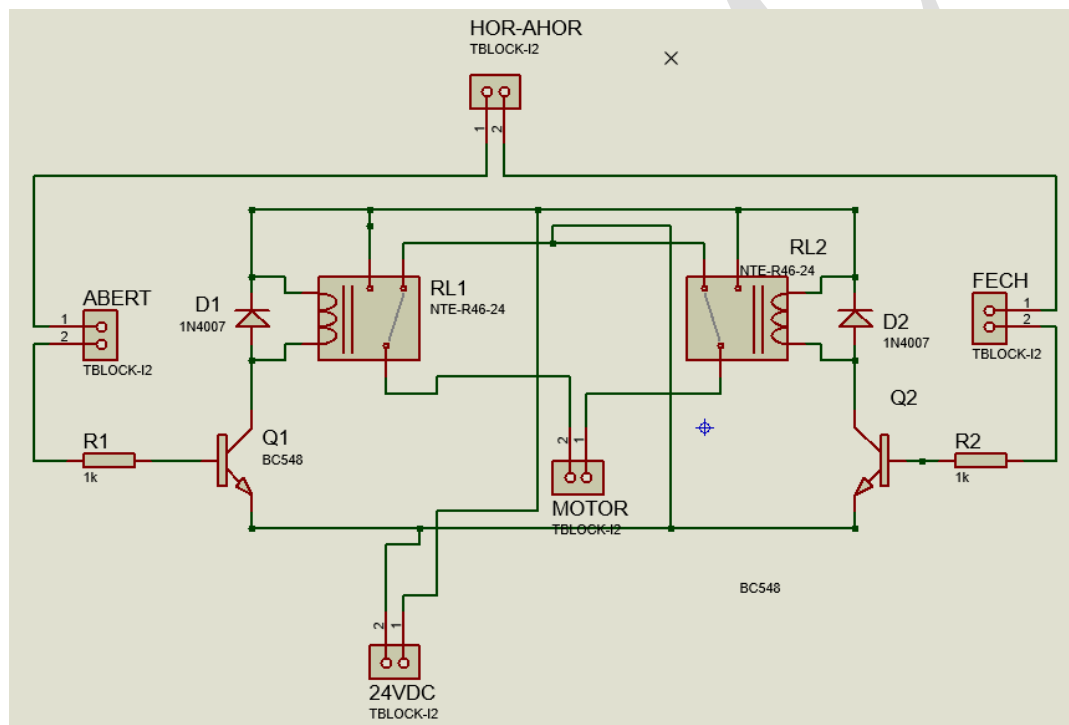
O acionamento do motor que faz a comutação dos dampers de circulação de ar e entrada e saída de ar, será feito por uma placa eletrônica desenvolvida no software *Proteus 8 Professional*, mostrada nas Figuras 5 e 6. No equipamento será utilizado duas placas iguais, uma para cada damper, nela possui bornes de entrada para alimentação 24VCC, contato da chave fim de curso que desliga o motor quando o damper atinge a posição de aberto ou fechado, dois bornes para sentido de giro, horário e anti-horário e dois bornes de saída para o motoredutor 24VCC.

Componentes utilizados em cada placa:

- 05 - Terminal KRE Block 2 vias;
- 02 – Resistor 1/4W 1000Ω;
- 02 – Diodo 1N4007;
- 02 – BC548;
- 02 - Relé 24Vdc 10A;
- Placa Fenolite 60 x 60 mm.

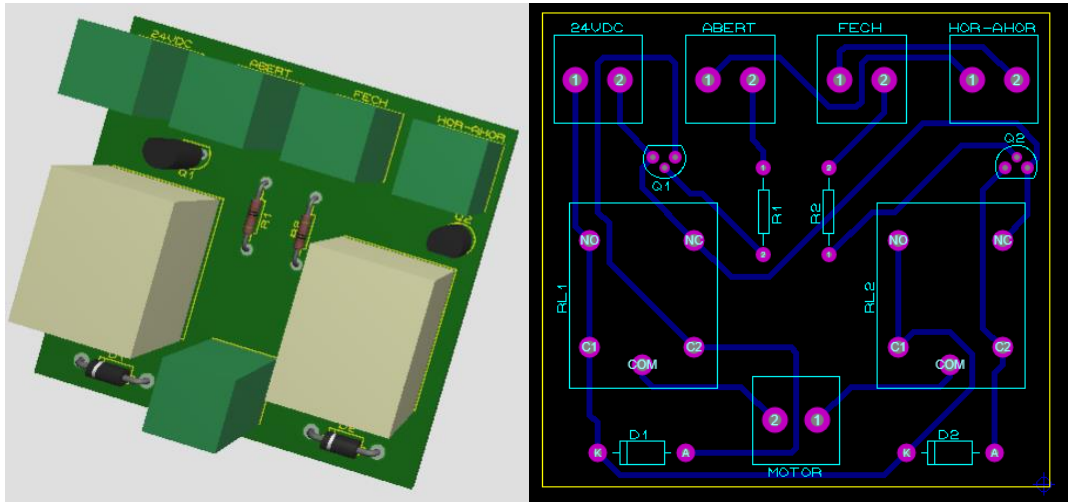
O custo total dos componentes para desenvolvimento das duas placas será próximo de R\$40,00.

Figura 5: Circuito para acionamento do Damper.



Fonte: Do autor, 2018.

Figura 6: Placa em 3D finalizada e layout PCB.

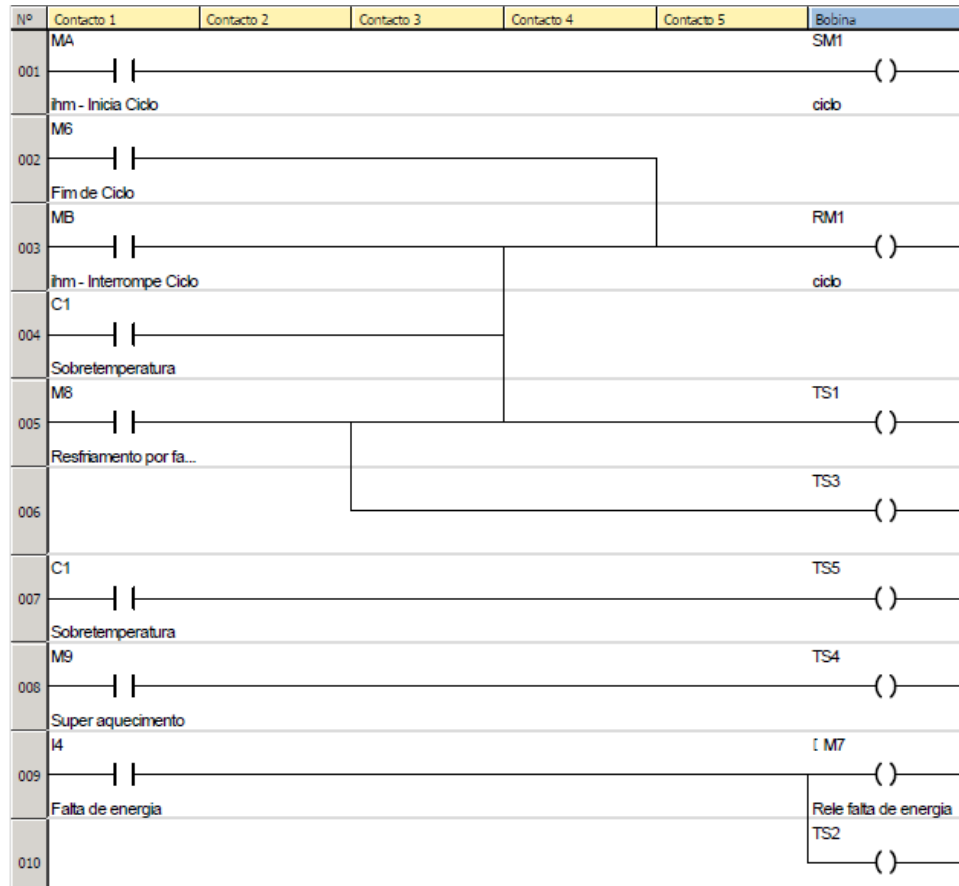


Fonte: Do autor, 2018.

4.2 Programação CLP

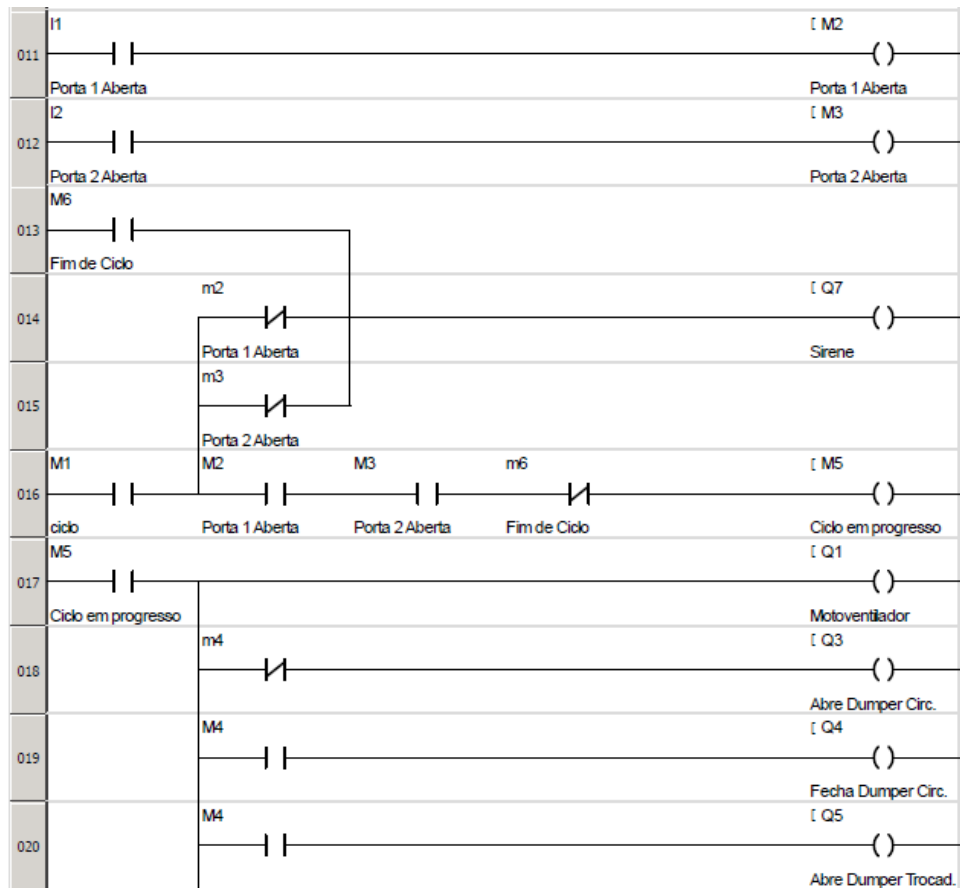
Para elaboração do programa que será utilizado no CLP, foi utilizado o software da Schneider, *ZelioSoft 2*. Para o controle do processo, foi selecionado o CLP SR3B261BD da Schneider Electric que possui alimentação de 24VDC, 10 entradas digitais, 6 entradas analógicas (0-10V) e 10 saídas relé. Foi inserido também, um módulo de comunicação SR2COM01, que é acoplado ao CLP, responsável pelo envio das mensagens para os gestores e manutentores da empresa, com o evento ocorrido no equipamento, em tempo real. Nas figuras 7, 8, 9, 10 e 11 mostram as linhas de programação elaboradas pelo autor, que fazem o funcionamento do processo de esterilização do equipamento. O CLP custa em torno de R\$1350,00, já o módulo de comunicação R\$650,00.

Figura 7: Linhas de programação do CLP (01-10).



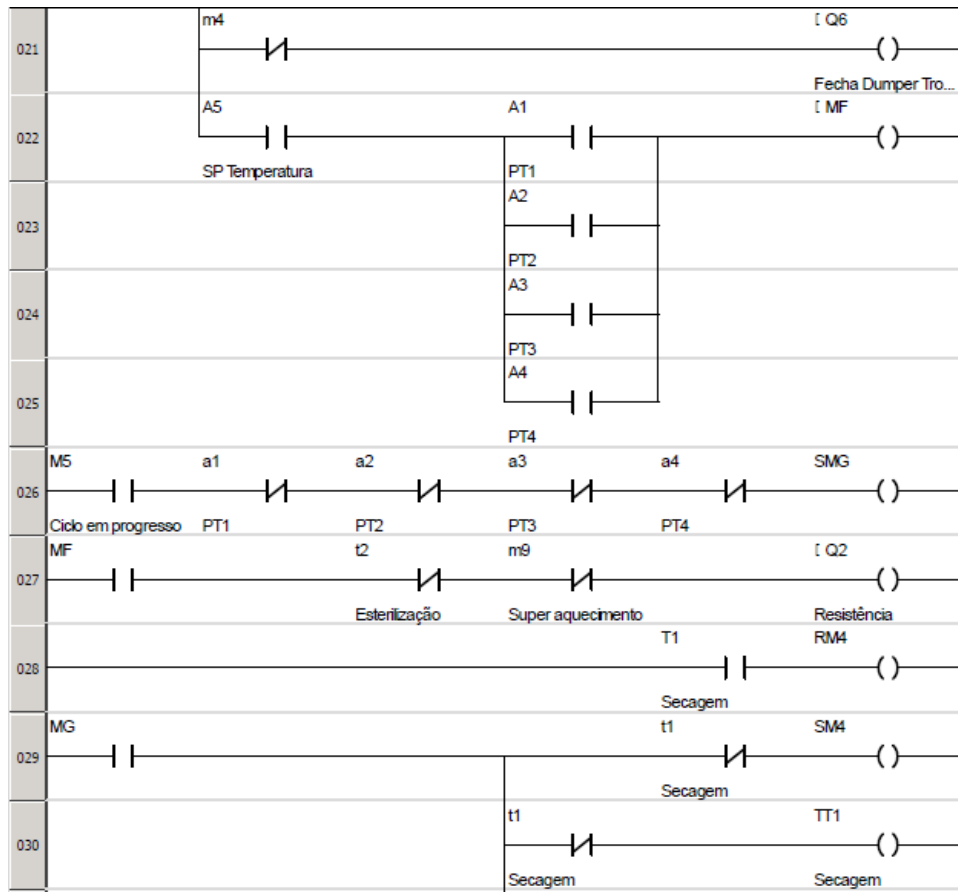
Fonte: Do autor, 2018.

Figura 8: Linhas de programação do CLP (11-20).



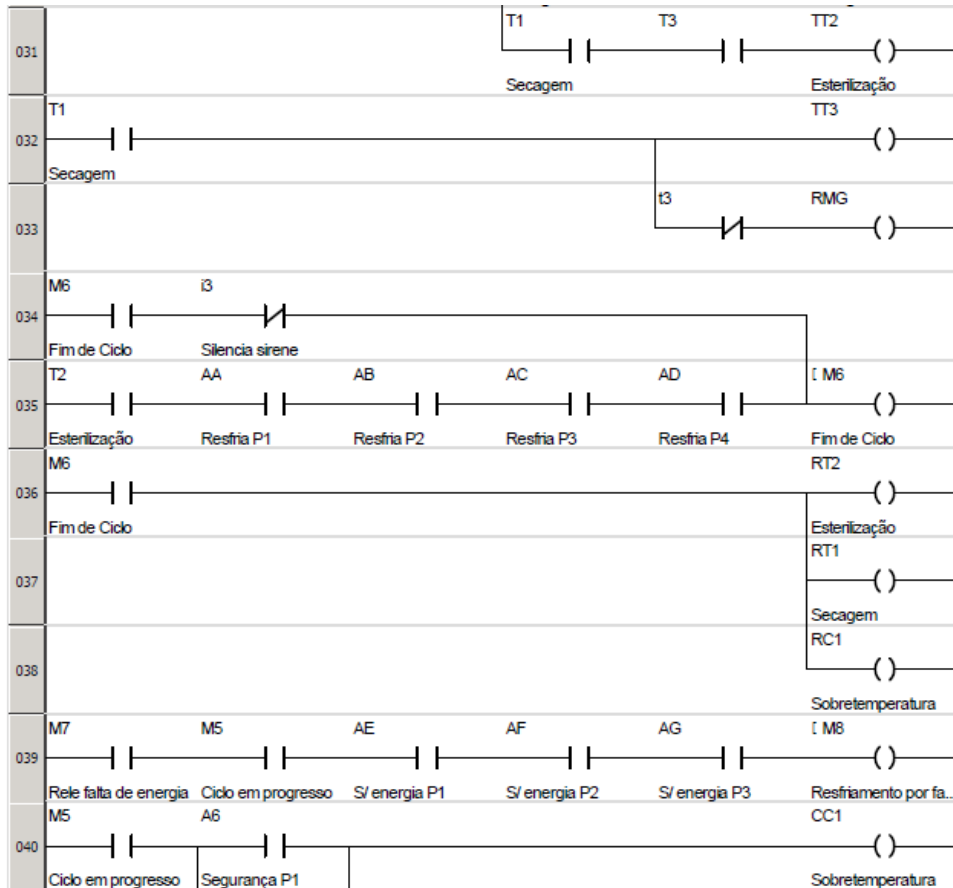
Fonte: Do autor, 2018.

Figura 9: Linhas de programação do CLP (21-30).



Fonte: Do autor, 2018.

Figura 10: Linhas de programação do CLP (31-40).



Fonte: Do autor, 2018.

Figura 11: Linhas de programação do CLP (41-43).



Fonte: Do autor, 2018.

Inserido na programação, tem algumas saídas que possuem a função do envio de mensagens para o celular dos operadores, gestores e mantenedores cadastrados no módulo de comunicação, as saídas que possuem nomenclatura de TS1, TS2, TS3, TS4 e TS5, são as responsáveis por tais ações. Na figura 12 mostra as mensagens que serão enviadas de acordo com o evento ocorrido.

Figura 12: Textos dos eventos configurados para envio das mensagens.

<p>S1 Mensagem</p> <p>Tipo : Alarme Destinatários da mensagem :</p> <table border="1"> <tr><th>Nome</th><th>N° Tel/Email</th></tr> <tr><td>Marcio</td><td>4399888-8888</td></tr> <tr><td>Roger</td><td>4399777-7777</td></tr> </table> <p>Entradas ligadas: DIG : — ANA : — Mensagem a enviar : 001 O ciclo foi interrompido. Condição de criação da mensagem : Transição INACTIVO para ACTIVO</p>	Nome	N° Tel/Email	Marcio	4399888-8888	Roger	4399777-7777	<p>S3 Mensagem</p> <p>Tipo : Alarme Destinatários da mensagem :</p> <table border="1"> <tr><th>Nome</th><th>N° Tel/Email</th></tr> <tr><td>Marcio</td><td>4399888-8888</td></tr> <tr><td>Roger</td><td>4399777-7777</td></tr> </table> <p>Entradas ligadas: DIG : — ANA : — Mensagem a enviar : 003 Resfriamento por falta de energia. Condição de criação da mensagem : Transição INACTIVO para ACTIVO</p>	Nome	N° Tel/Email	Marcio	4399888-8888	Roger	4399777-7777	<p>S5 Mensagem</p> <p>Tipo : Alarme Destinatários da mensagem :</p> <table border="1"> <tr><th>Nome</th><th>N° Tel/Email</th></tr> <tr><td>Marcio</td><td>4399888-8888</td></tr> <tr><td>Roger</td><td>4399777-7777</td></tr> </table> <p>Entradas ligadas: DIG : — ANA : — Mensagem a enviar : 005 Resistencia com sobretemperatura 5 vezes. Condição de criação da mensagem : Transição INACTIVO para ACTIVO</p>	Nome	N° Tel/Email	Marcio	4399888-8888	Roger	4399777-7777
Nome	N° Tel/Email																			
Marcio	4399888-8888																			
Roger	4399777-7777																			
Nome	N° Tel/Email																			
Marcio	4399888-8888																			
Roger	4399777-7777																			
Nome	N° Tel/Email																			
Marcio	4399888-8888																			
Roger	4399777-7777																			
<p>S2 Mensagem</p> <p>Tipo : Alarme Destinatários da mensagem :</p> <table border="1"> <tr><th>Nome</th><th>N° Tel/Email</th></tr> <tr><td>Marcio</td><td>4399888-8888</td></tr> <tr><td>Roger</td><td>4399777-7777</td></tr> <tr><td>Luiz</td><td>4399666-6666</td></tr> </table> <p>Entradas ligadas: DIG : — ANA : — Mensagem a enviar : 002 Falta de energia! Condição de criação da mensagem : Transição INACTIVO para ACTIVO</p>	Nome	N° Tel/Email	Marcio	4399888-8888	Roger	4399777-7777	Luiz	4399666-6666	<p>S4 Mensagem</p> <p>Tipo : Alarme Destinatários da mensagem :</p> <table border="1"> <tr><th>Nome</th><th>N° Tel/Email</th></tr> <tr><td>Marcio</td><td>4399888-8888</td></tr> <tr><td>Roger</td><td>4399777-7777</td></tr> </table> <p>Entradas ligadas: DIG : — ANA : — Mensagem a enviar : 004 Superaquecimento das resistências. Condição de criação da mensagem : Transição INACTIVO para ACTIVO</p>	Nome	N° Tel/Email	Marcio	4399888-8888	Roger	4399777-7777					
Nome	N° Tel/Email																			
Marcio	4399888-8888																			
Roger	4399777-7777																			
Luiz	4399666-6666																			
Nome	N° Tel/Email																			
Marcio	4399888-8888																			
Roger	4399777-7777																			

Fonte: Do autor, 2018.

Figura 13: Entradas e saídas digitais.

Entradas físicas						
N°	Símbolo	Função	Bloqueio	Parâmetros	Localização (L/C)	Comentário
I1		Entradas DIG	—	Sem parâmetros	(11/1)	Porta 1 Aberta
I2		Entradas DIG	—	Sem parâmetros	(12/1)	Porta 2 Aberta
I3		Entradas DIG	—	Sem parâmetros	(34/2)	Silencia sirene
I4		Entradas DIG	—	Sem parâmetros	(9/1)	Falta de energia

Saídas físicas					
N°	Símbolo	Função	Remanência	Localização (L/C)	Comentário
Q1		Saídas DIG	Não	(17/6)	Motoventilador
Q2		Saídas DIG	Não	(27/6)	Resistência
Q3		Saídas DIG	Não	(18/6)	Abre Dumper Circ.
Q4		Saídas DIG	Não	(19/6)	Fecha Dumper Circ.
Q5		Saídas DIG	Não	(20/6)	Abre Dumper Trocad.
Q6		Saídas DIG	Não	(21/6)	Fecha Dumper Trocad.
Q7		Saídas DIG	Não	(14/6)	Sirene

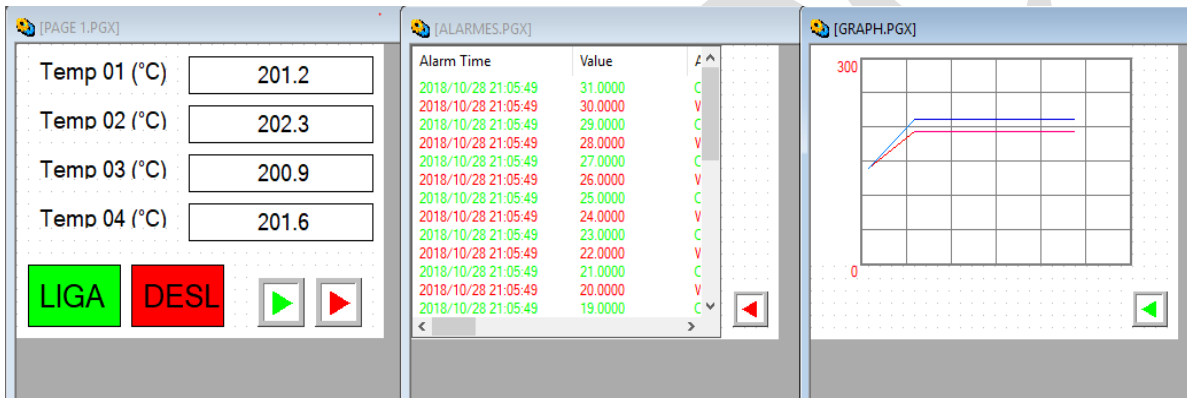
Fonte: Do autor, 2018.

A figura 13 apresenta as entradas e saídas físicas instaladas no CLP, as entradas são as informações que o CLP recebe do equipamento para executar determinadas funções, as saídas são os atuadores que o CLP aciona para determinada função.

4.3 IHM

Foi criada uma interface em uma IHM da Ativa, XT05S de 5.6", através do software do fabricante, o Xpanel Designer, para que o operador possa ter acesso e visualização das temperaturas, alarmes e gráfico de temperatura. Custo da IHM próximo de R\$3700,00.

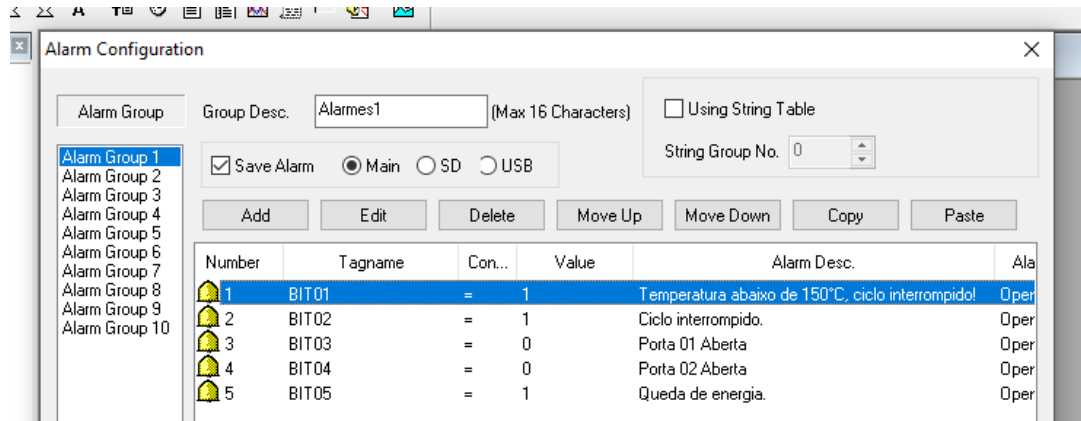
Figura 12: Tela principal, tela de alarmes e tela de gráfico.



Fonte: Do autor, 2018,

Como mostra a figura 12, a tela principal possui quatro campos, em cada campo é mostrado a leitura da temperatura de um ponto no interior do equipamento, abaixo desses campos, tem os botões para início e parada do ciclo de esterilização, as flechas alternam entre as telas. A seta verde muda para a tela de gráfico, que registra em forma de gráfico de temperatura/tempo, todo o processo. A seta vermelha alterna para a tela de alarmes, nesta tela irá aparecer listado, todos os eventos ocorridos durante o processo, que possam causar a anulação do ciclo. Na figura 13 mostra quais os eventos que são mostrados como alarme.

Figura 13: Configuração de alarmes.



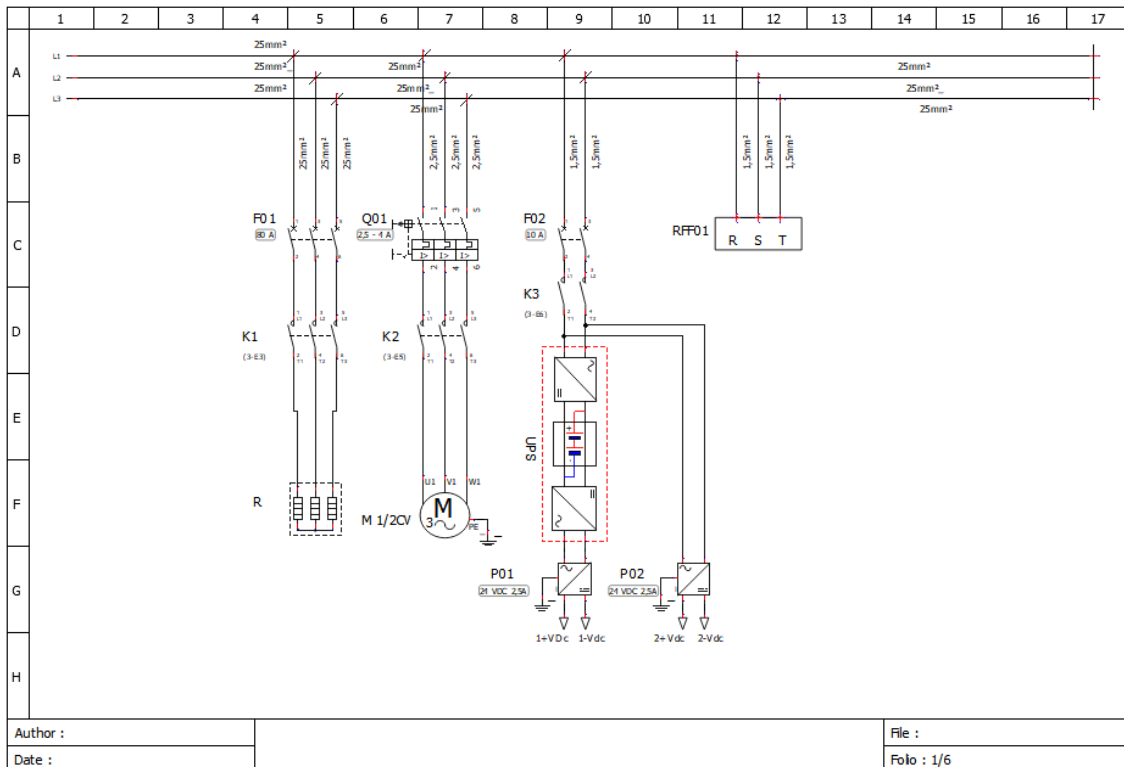
Fonte: Do autor, 2018.

O primeiro alarme da lista, é mostrado quando, durante o ciclo, a temperatura abaixar de 150° C, o 2 é mostrado sempre que o ciclo for interrompido, o 3 e 4 aparecerão caso uma das portas forem abertas, o 5 é para quando houver queda de energia ou falta de fase na alimentação do equipamento.

4.4 Diagrama Elétrico

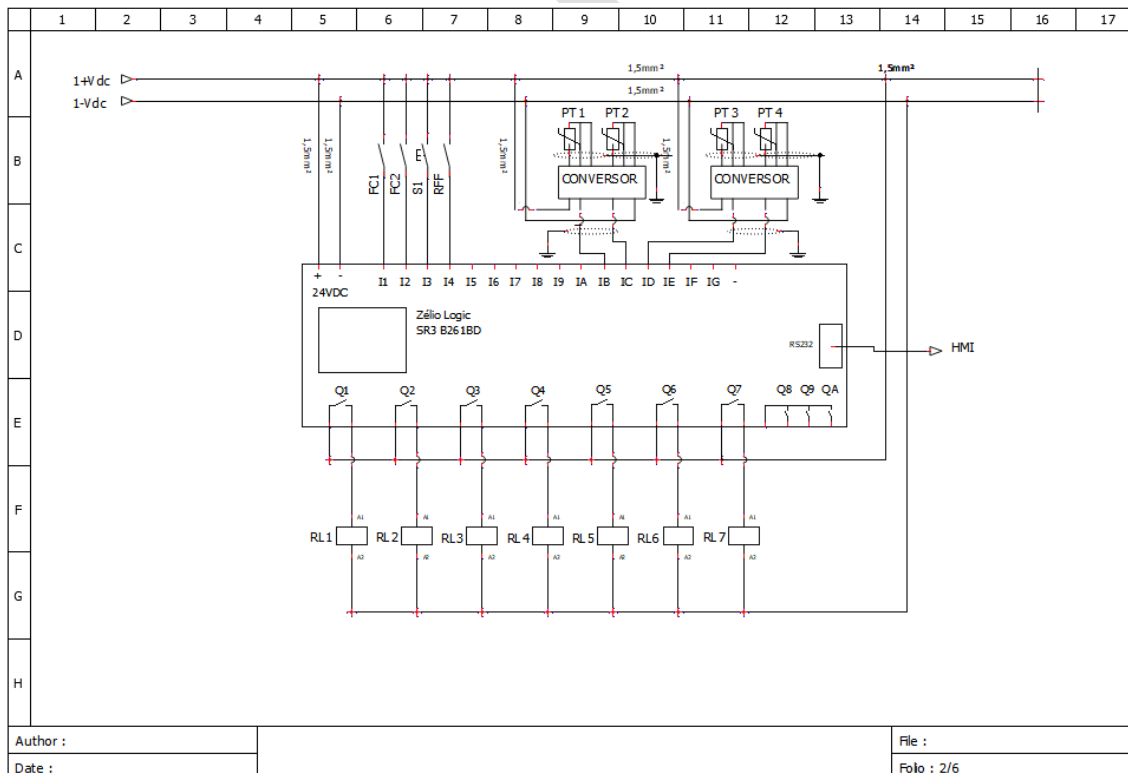
O diagrama elétrico foi desenvolvido no software QElectro Tech, nas seis páginas do diagrama contém o diagrama de potência, comandos, entradas e saídas do CLP, esquema de ligação das placas dos dampers, alimentação da IHM e identificação dos bornes de ligação com componentes externos, como mostram as figuras a seguir.

Figura 14: Diagrama de Potência.



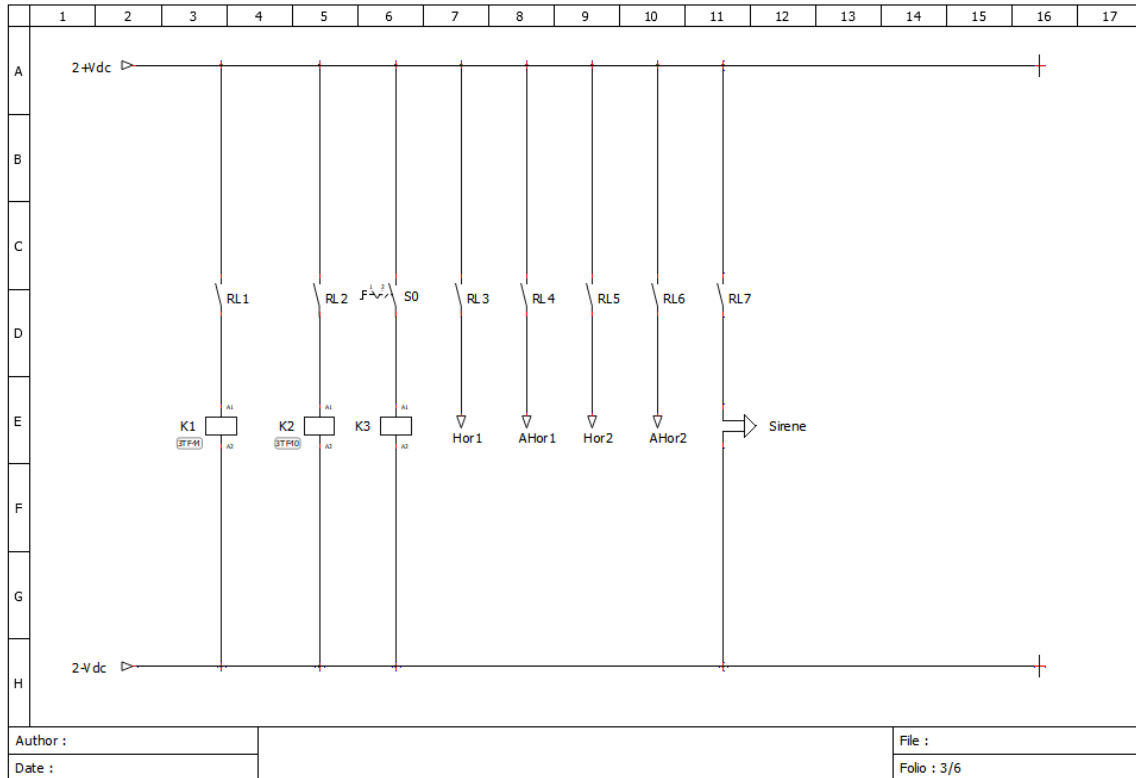
Fonte: Do autor, 2018.

Figura 15: Ligações do CLP.



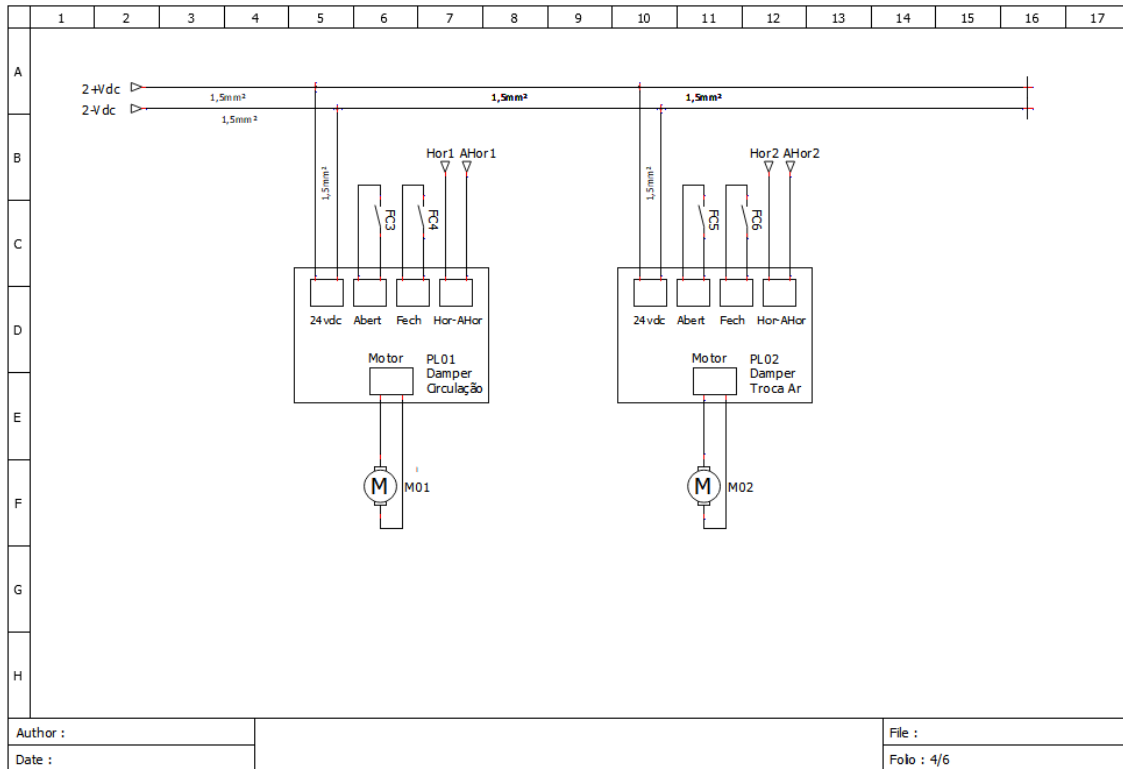
Fonte: Do autor, 2018.

Figura 16: Diagrama de Comando.



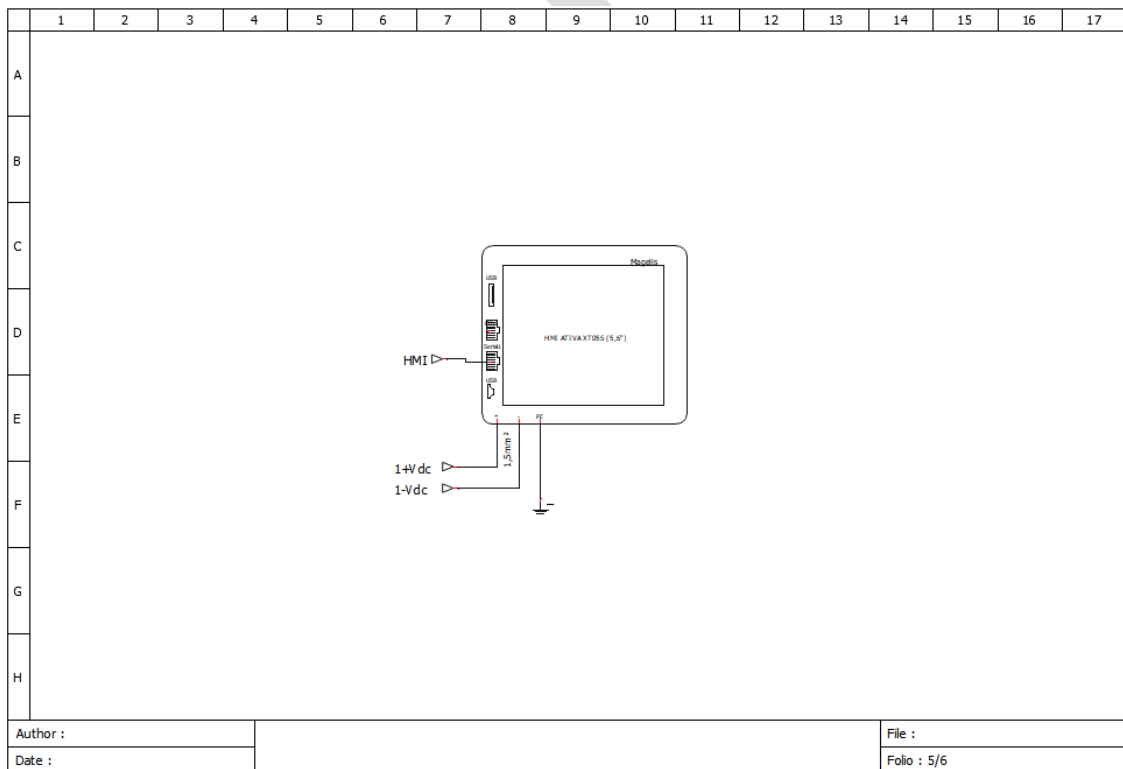
Fonte: Do autor, 2018.

Figura 17: Ligação das placas dos dampers.

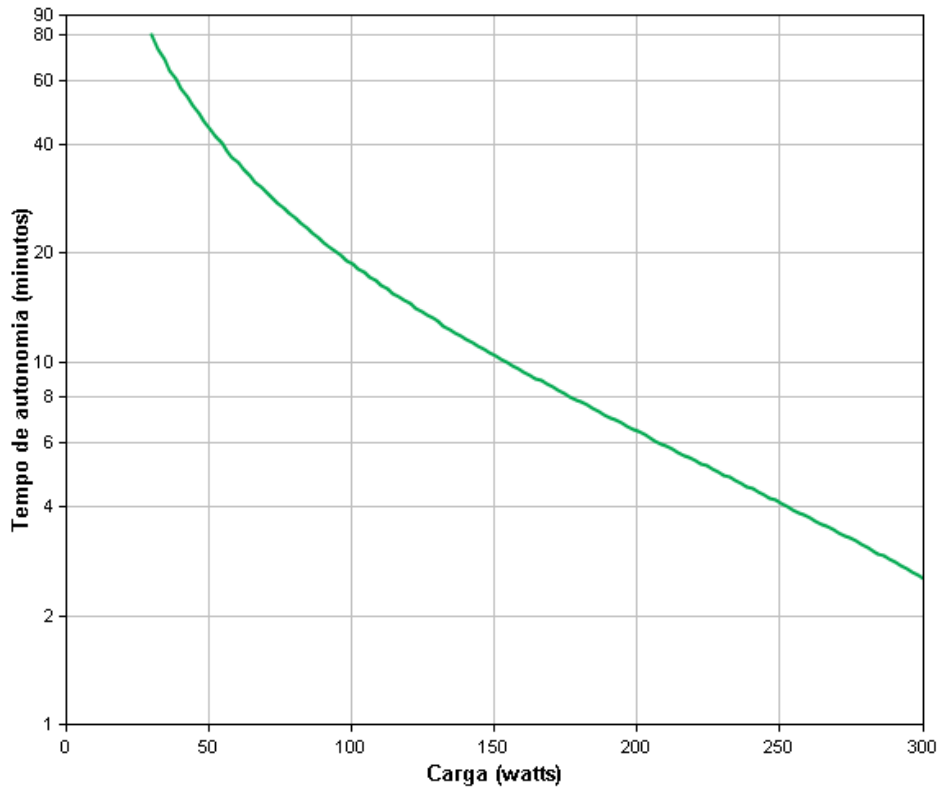


Fonte: Do autor, 2018.

Figura 18: Ligação da IHM.



Fonte: Do autor, 2018.



Fonte: APC (2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo esses documentos em mãos, facilita o processo de automatização do equipamento, tendo uma base dos materiais que serão necessários para montagem do painel e instalação no equipamento. Foi citado, nos resultados, os preços dos itens essenciais para a automação, não foi contabilizado os custos com cabeamentos, infraestrutura e componentes para montagem do painel. Esta proposta de automação fica limitada a documentação apenas, não será feito a automação no equipamento até a data de finalização do artigo.

REFERÊNCIAS

APC. Especificações Técnicas do No-Break BZ600BI-BR. Gráfico de Autonomia. <<https://www.apc.com/shop/br/pt/products/Nobreak-Back-UPS-da-APC-de-600-VA-115-220-V-Brasil/P-BZ600BI-BR>> Acesso em: 24 Out. 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Orientações Gerais para Central de Esterilização**. Brasília, 2001, 50 p. Disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/orientacoes_gerais_central_esterilizacao_p1.pdf> Acesso em: 21 jun. 2018.

BARRIENTOS, Carmen Pilar Castro. **Contribuições à Avaliação Metrológica de Esterilizadores por Vapor Saturado**. 142f. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Metrologia). PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=20713@1> Acesso em: 21 jun. 2018.

KALIL, Erika De Meirelles; COSTA, Aldo José Fernando Da. **Desinfecção e esterilização**. Acta Ortopédica Brasileira, São Paulo, v.2, n.4, out./dez. 1994. Disponível em: <<https://docs.ufpr.br/~microgeral/arquivos/pdf/pdf/esterilizacao.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

SARAIVA, Ana Sofia Bernardo. **Avaliação de riscos, Qualificação de Equipamentos de Esterilização, Despirogenização e Produção**. 181f. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, set. 2016. Disponível em <https://run.unl.pt/bitstream/10362/19556/1/Saraiva_2016.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2018.

DESENVOLVIMENTO DE DRIVE PARA SERVO MOTOR CC

Lucas Vinícius Longhi¹
Vicente de Lima Gongora²

RESUMO

Industrialização, Automatização, Qualidade e Velocidade em Processos Industriais. Analisando esses termos de forma detalhada, é possível concluir que todos eles nos levam à um mesmo destino, esse destino é definido basicamente na capacidade de dominar o controle de Servos Acionamentos, sendo o principal deles o acionamento de Servos Motores que se dá através de um circuito eletrônico chamado de Servodrive. Diante disso, através de algumas topologias de eletrônica de potência e eletrônica analógica o artigo visa expor o desenvolvimento de um servo drive para motor CC. O desenvolvimento de uma fonte chaveada específica também se faz presente nesse artigo para alimentar a placa drive onde ocorrerá o controle de potência do Servomotor.

Palavras-chave: Acionamento. Servomotor. Servodrive. Drive.

DRIVE DEVELOPMENT FOR SERVO MOTOR CC

ABSTRACT

Industrialization, Automation, Quality and Speed in Industrial Processes. Analyzing these terms in detail, it is possible to conclude that all of them lead us to the same destination, this destiny is basically defined in the ability of dominate the control of Servos Drives, being the Servos Motors drive the main one, that occurs through an electronic circuit called the Servodrive. Thus, through some topologies of power electronics and analog electronics the article aims to expose the development of a servo drive for DC motor. The development of a specific switched source is also present in this article to feed the drive board where the power control of the Servomotor will occur.

Key-words: Drive. Servo-motor. Servodrive.

¹ Graduando em Tecnologia em Manutenção Industrial E-mail: lucavilon@gmail.com

² Titulação. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: Vicente.gongora1@gmail.com

6. INTRODUÇÃO

Atualmente é indispensável a utilização de Servomotor na indústria, isso acontece devido à grande capacidade de precisão e velocidade que esse equipamento pode proporcionar. Um Servomotor nada mais é do que um motor de alto torque, velocidade e alta precisão, esse nome é intuitivo, pois a definição “Servo” significa que ele é escravo do seu controle, ou seja, é um motor que obedece exatamente a posição comandada pela eletrônica envolvida. Afinal, o que há de tão especial nesse equipamento que o torna tão valioso na indústria? Esta tecnologia foi desenvolvida durante a segunda guerra mundial, pois o pós-guerra trouxe um aumento considerável na qualidade de vida, conseqüentemente a demanda produtiva aumentou, forçando as indústrias a buscarem por novas soluções, cada vez mais com o aumento de produtividade, robustez e dinâmica (OTTOBONI, 2002). O produto desenvolvido que atendeu todos esses fatores foi o Servomotor, e tem sido ainda mais utilizado nos dias de hoje, pois com o aumento da tecnologia eletrônica e digital esse equipamento vem tomando as indústrias e automatizando grande parte dos processos que antes eram manuais. A utilização mais comum que pode ser vista atualmente no mercado são os braços robóticos em linhas de montagens automotivas, cada articulação e cada movimento feito pelo robô certamente é um Servomotor executando trabalho. Além dessa aplicação existem muitas outras para esta tecnologia, pois tudo que precisa de velocidade, precisão e dinâmica, a melhor opção é o Servomotor.

Um Servomotor tem como características principais um torque constante em larga faixa de rotação (até 4500rpm), uma larga faixa de controle de rotação e variação (até 1:3000) e alta capacidade de sobrecarga. Essas características não são obtidas somente colocando o Servomotor na rede elétrica, não é tão simples assim, e por isso também não é uma tecnologia tão barata e acessível. Todo Servomotor precisa de um Servoconversor, que nada mais é que um circuito eletrônico capaz de converter a energia fornecida pela rede elétrica em sinais elétricos estrategicamente injetados conforme a necessidade do processo e o campo girante do Servomotor (OTTOBONI, 2002). O objetivo desse estudo é a criação de um Servoconversor para controlar um Servomotor de Corrente Contínua que teve seu conversor danificado sem possibilidades de manutenção, a fim de entender e dar os primeiros passos no desenvolvimento dessa tecnologia tão utilizada no mercado industrial mundial e tão restrita por seus fabricantes.

7. HISTÓRIA DO SERVO MOTOR

Essa tecnologia teve seu desenvolvimento durante a segunda guerra mundial.

O pós-guerra trouxe aumento da qualidade de vida, uma crescente preocupação com a saúde e ecologia, uma maior competição entre empresas, novos produtos e serviços.

Esta demanda cada vez maior de produtos e serviços, criou uma crescente necessidade de aumento de produção industrial, mantendo-se e, se possível, aumentando-se os níveis de qualidade, cada vez maiores, nos produtos.

Esta solicitação de incremento de produção em todos os seguimentos do mercado exigiram o desenvolvimento de um novo produto, mais dinâmico, robusto e preciso (OTTOBONI, 2002, p.7).

Agora vamos nos imaginar no lugar de um empresário industrial no pós-guerra, a demanda produtiva aumentando, a qualidade sendo exigida cada vez mais, e o déficit de mão de obra devido ao grande número de mortes na Segunda Guerra Mundial, esse cenário não era vivido apenas por um empresário, e sim por vários empresários, e de vários segmentos. Diante desse problema nasceu a grande necessidade de maquinários com maiores capacidades de produção automatizada, visando a qualidade e a velocidade no processo. A solução era renovar todo o maquinário antigo, ou optar pelos Retrofittings, que significa reprojeter os maquinários existentes com novas tecnologias. “Nesses Retrofittings, uma das tecnologias mais utilizadas é o Servoacionamento, composto por Servomotor mais Servoconversor” (OTTOBONI, 2002, p.8).

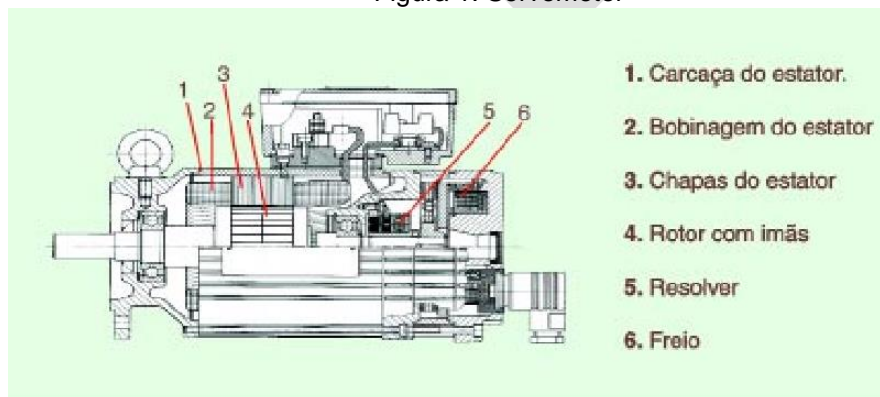
8. FUNCIONAMENTO DO SERVO MOTOR

Servomotor é uma máquina constituída por alguns componentes semelhantes a um motor de indução, que é o rotor e o estator.

O estator no Servomotor são bobinados igual a um motor de indução convencional, porém não pode ser ligado na rede elétrica, pois sua bobinagem é confeccionada para garantir maior precisão e velocidade para a máquina.

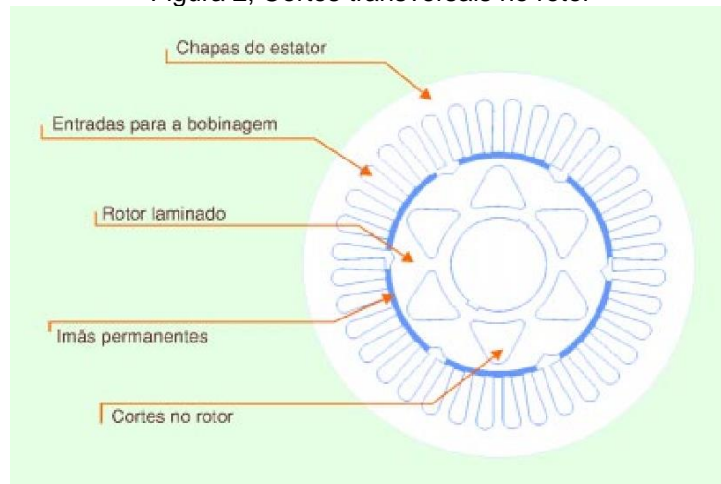
O rotor é confeccionado com ímãs permanentes distribuídos linearmente. Além do rotor e o estator, uma das coisas que mais diferencia visivelmente um Servomotor de um motor convencional, é o encoder ou o resolver que são dispositivos que acompanham o eixo para fazer leitura de posição e velocidade (OTTOBONI, 2002). Na Figura 1 e 2 é possível verificar a construção mecânica de um Servomotor.

Figura 1: Servomotor



Fonte: Ottoboni (2002)

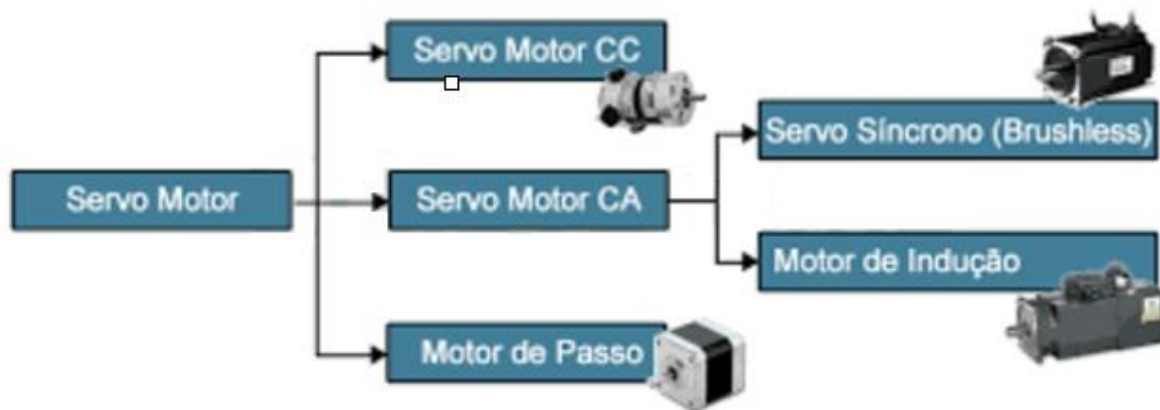
Figura 2, Cortes transversais no rotor



Fonte: Ottoboni (2002)

Existem algumas divisões na família de Servomotores, que está sendo ilustrada pela Figura 3 a seguir.

Figura 3, Tipos de Servomotores



Fonte: Citisystems¹

O Servomotor utilizado nesse projeto é o CC (Corrente Contínua), portanto toda pesquisa é voltada para esse tipo de Servomotor, pois cada Servoconversor é fabricado de acordo com as características intrínsecas do Servomotor.

3.1 Diferença entre servo motor com motores convencionais

¹ Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/servo-motor/>. Acesso em 13/11/2018

Figura 4, Diferença entre Servoacionamento e Motor Convencional

TABELA 1 – Diferenças entre Servoacionamento e Acionamento Convencional

Servoacionamento	Acionamento Convencional
• Grande controlabilidade de velocidade (1:100000)	• Controlabilidade moderada (1:20 a 1:100)
• Realimentação de malha fechada (precisa)	• Realimentação simples ou malha aberta
• Controle sobre o torque	• Menor controle do torque
• Elevada dinâmica: rápida aceleração e frenagem	• Dinâmica moderada
• Elevada capacidade de sobrecarga	• Menor capacidade de sobrecarga
• Menor relação peso/potência	• Maior relação peso/potência
• Especificado pelo torque	• Especificado pela potência

Fonte: UTFPR - Ponta Grossa - Apostila de Servo Motor ¹

3.2 Funcionamento de Servo Motor CC

O Servomotor de Corrente Contínua assim como motores convencionais possui como característica construtiva duas estruturas, que são o Rotor e o Estator.

O estator de um motor CC pode ser constituído de um enrolamento de campo ou de ímãs permanentes. Em ambos os casos, o objetivo do estator é fornecer ao rotor o campo magnético que fará com que os rotores movam quando aplicada uma corrente elétrica. O circuito do rotor é denominado por circuito de armadura (ARRUDA RUSSOLO, 2011, p.5).

Abaixo na Figura 5 vemos um Servomotor CC desmontados, dessa forma é possível analisar cada componente que compõe sua construção.

Figura 5, Servo Motor CC, Vista Explodida

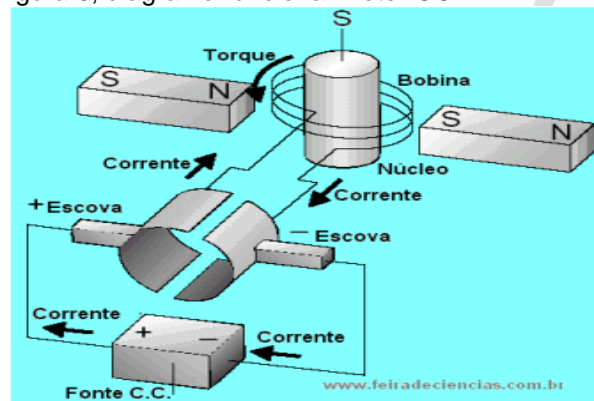


¹ Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/edisonsilva/conversao-de-energia-2/servomotor-cc/Apostila_ServoCC.docx/view. Acesso em 03/02/2017

Fonte: Citisystems¹

A diferença construtiva de um motor CC para um motor AC, é que os motores CC necessitam gerar uma alternância no sentido de polaridade, nos motores AC esse processo é mais simples, pois a tensão é alternada facilitando a alteração de polaridade no magnetismo. Conforme imagem acima, o item responsável por criar essa alternância de polaridade nos motores CC, é o Comutador conhecido induzido, é nele que as escovas fazem a transferência de corrente elétrica para o rotor. Os motores CC normalmente são mais utilizados quando se trata de precisão, pois seu controle de velocidade se dá pela variação de tensão, já nos motores convencionais alternados esse controle de velocidade só é possível através da alteração da frequência da rede, que conseqüentemente diminui a velocidade do campo girante no estator. A Figura 6 ilustra o comportamento de um motor CC.

Figura 6, diagrama funcional motor CC



Fonte: Ferraz Netto²

9. UTILIZAÇÃO DE SERVOMOTOR

Servomotores são utilizados nos processos industriais de diversos seguimentos desde que necessite de algumas características no mesmo processo, são elas: velocidade, torque e precisão. Esses equipamentos é o que a de melhor no mercado industrial atualmente para se desenvolver robótica e automação. Na Figura 7 e 8 é possível analisar algumas aplicações de Servomotores na indústria.

¹ Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/servo-motor/>. Acesso em 13/11/2018

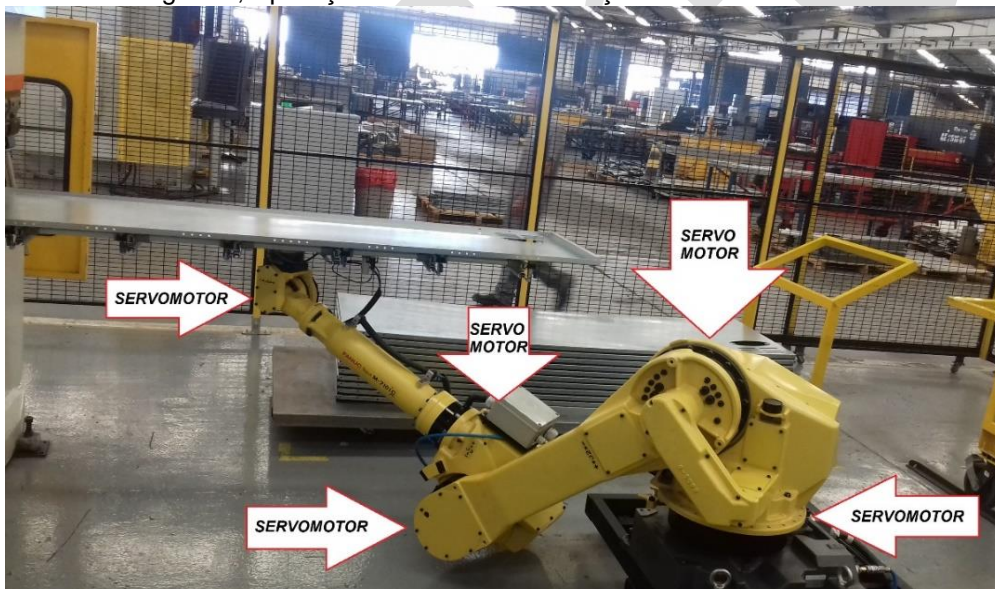
² Disponível em: http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/motor_teor1a.asp. Acesso em: 03/12/2017

Figura 7, Aplicação Servo-motor 1 - Puncionadeiras



Fonte: Autor (2017).

Figura 8, Aplicação Servomotor 2 - Braços Robóticos



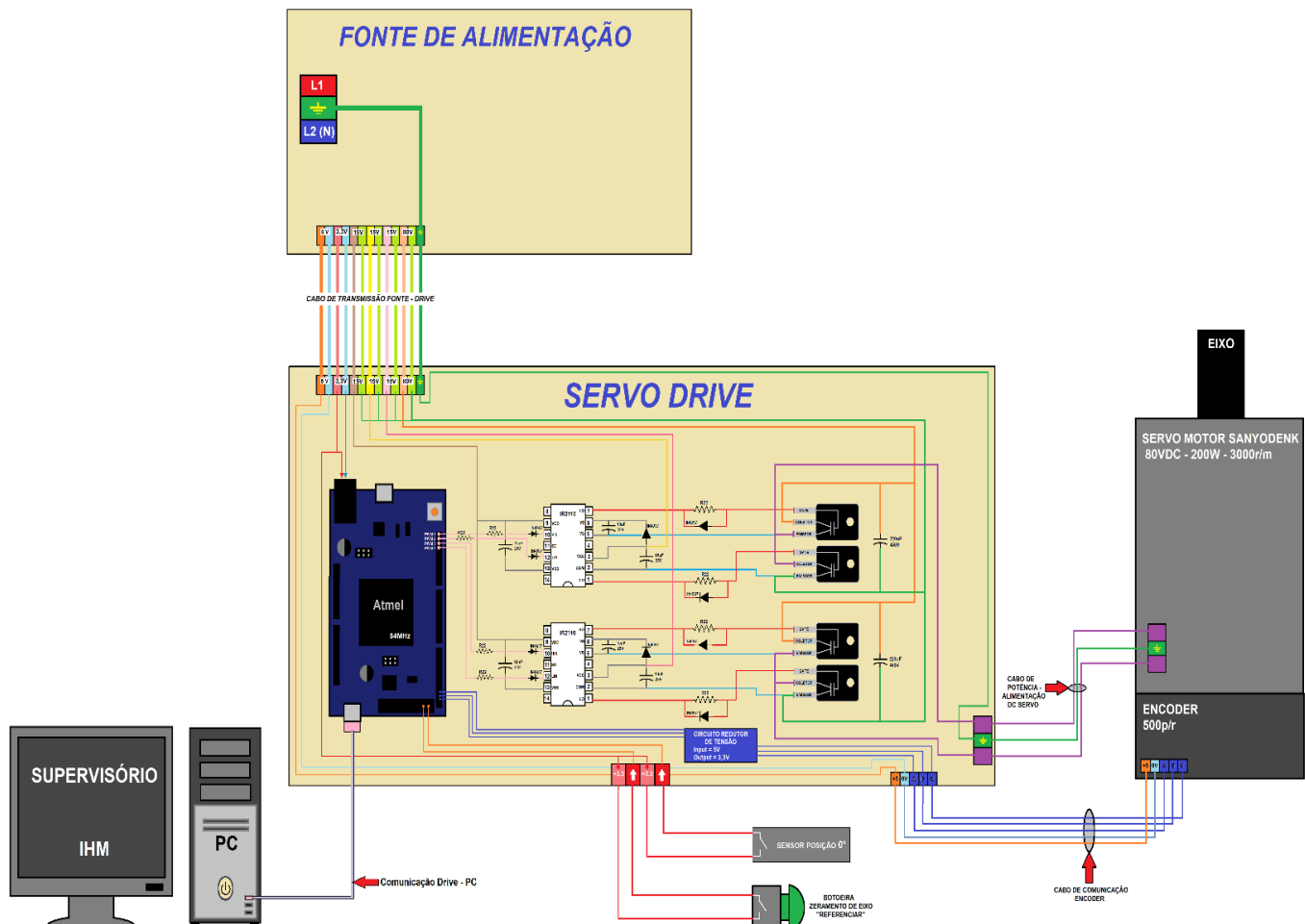
Fonte: Autor (2017)

10. DIAGRAMA FUNCIONAL DO PROJETO

Esse trabalho propõe o desenvolvimento eletrônico de um Servodrive ou em outras palavras Servoconversor para controlar um Servomotor de corrente contínua. Além da confecção do Servoconversor, o projeto visa desenvolver a fonte de alimentação com tensões especiais exclusivas para o uso do Servoconversor, o desenvolvimento de uma bancada didática onde será possível analisar a precisão e velocidade geradas pelo Servodrive juntamente com o Servo motor.

Abaixo na Figura 9 é possível analisar o projeto como um todo, a disposição dos componentes do projeto e as ligações elétricas e eletrônicas principais para o funcionamento pleno do Servomotor.

Figura 9 - Objetivo Principal



Fonte: Autor (2017)

11. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO DO PROJETO

6.1 Servo Motor Utilizado

Saber qual o Servomotor que será utilizado é a primeira coisa a se fazer na confecção de um Servodrive. Pois cada Servomotor possui seu Servoconversor desenvolvido exclusivamente um para o outro.

O Servomotor utilizado nesse projeto é de Corrente Contínua (CC), seu fabricante é a SANYODENKI. As características principais analisadas nesse Servomotor para esse projeto são (SanyoDenki).

: Potência Elétrica = 200W;

- Tensão Max. de Trabalho = 80VDC;
- Corrente Max. de Trabalho = 3 Amperes;
- Leitura do Encoder = 500 pulsos/rotação.

Na Figura 10 observamos a imagem do Servomotor utilizado.

Figura 10, Servomotor CC, SanyoDenki



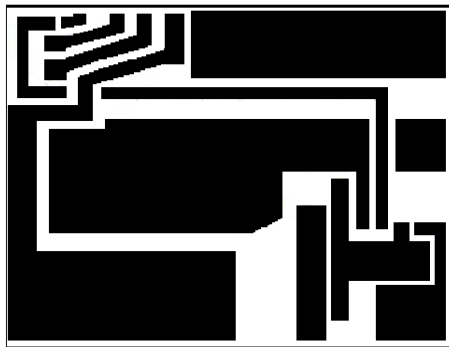
Fonte: Datasheet DC Servo Systems - SANYODENK

6.2 Fonte Chaveada para fornecer as Tensões DC para o Circuito de Controle

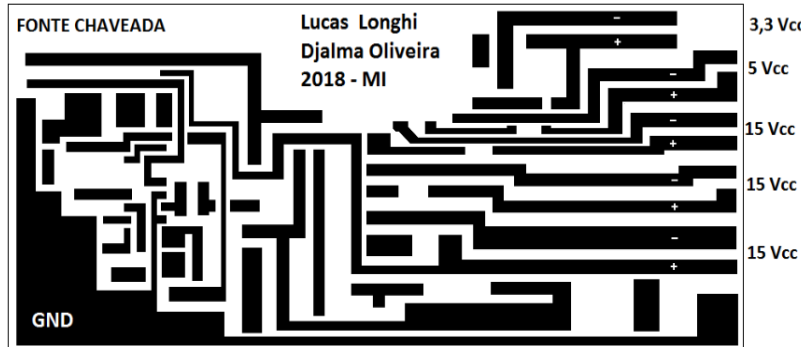
A fonte chaveada desenvolvida nesse projeto, apesar de não ser o foco do trabalho tomou boa parte do tempo em laboratório durante o desenvolvimento. A fonte foi dividida em duas placas, a primeira converte a tensão AC de 100 à 230 Volts para um único barramento CC (corrente contínua) e GND, também nesta mesma placa deriva um barramento de 15Vcc constantes independentes das tensões de entrada.

Na segunda placa é onde se encontra o circuito “Flyback”, nome utilizado para uma topologia de conversores na eletrônica de potência, nesta placa é onde se localiza o controle analógico da fonte e o transformador. As duas placas foram confeccionadas manualmente. A figura 11 ilustra as imagens dos PCB's que foram utilizados na confecção das mesmas.

Figura 11, Imagem PCB da Fonte Chaveada



1° Placa

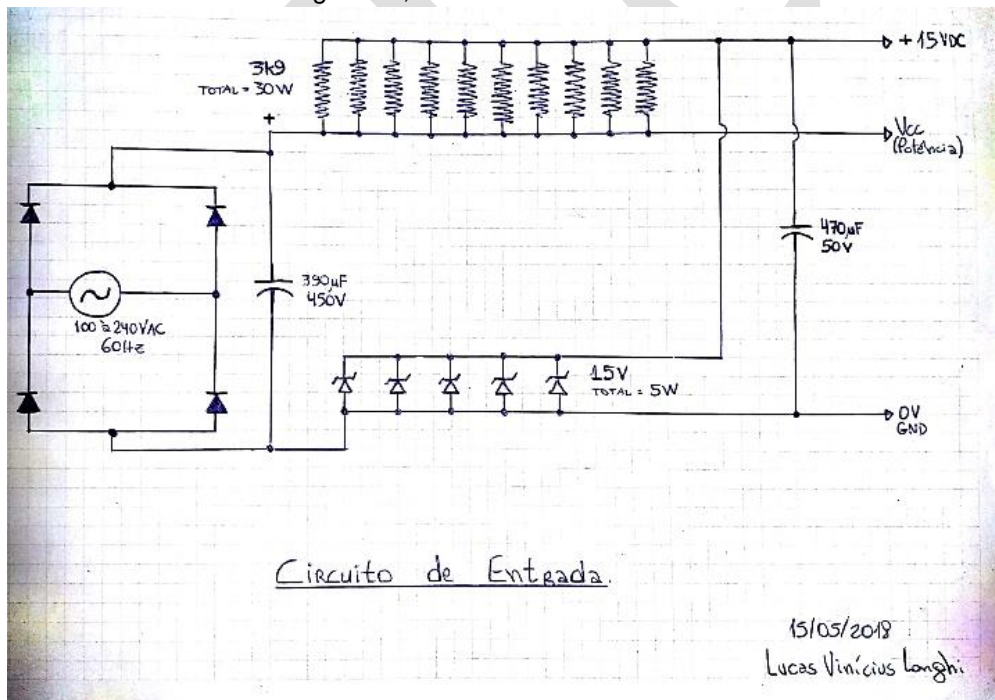


2° Placa

Fonte: Autor (2018)

Explorando melhor a primeira placa podemos analisar na figura 12 seu circuito eletrônico.

Figura 12, Circuito de Entrada Fonte



Fonte: Autor (2017)

O circuito da primeira placa da fonte inicialmente utiliza uma ponte retificadora para converter todos os semi-ciclos de uma rede alternada em positivo. Em seguida em paralelo com a rede temos um capacitor de 390uF 450Volts que impede que os semi-ciclos positivos retornem a zero entre cada período. O capacitor foi inserido no

circuito para garantir que o Vriple (tensão em relação ao tempo da carga e descarga do capacitor) seja nulo, garantindo um sinal liso e contínuo no barramento Vcc de potência, o valor do capacitor está superdimensionado, pois em um projeto futuro pretende-se utilizar essa mesma placa para alimentar um segundo Servomotor. Ao passar por essa etapa a tensão de entrada de 127Vrms passa a ser 180Vcc no barramento de potência, se a tensão de entrada for 220Vrms a tensão no barramento de potência será de 311Vcc. Com isso temos na saída o barramento Vcc de potência e o GND, portanto ainda falta o barramento de 15Vcc, este barramento chegou nesse valor após passar por um circuito de diodo zener paralelo com o barramento de potência, que regula a tensão de entrada de 180 a 311Vcc para 15Vcc, finalizando assim todos os barramentos previsto nessa primeira placa. Na próxima figura vemos a imagem da placa real após finalizada.

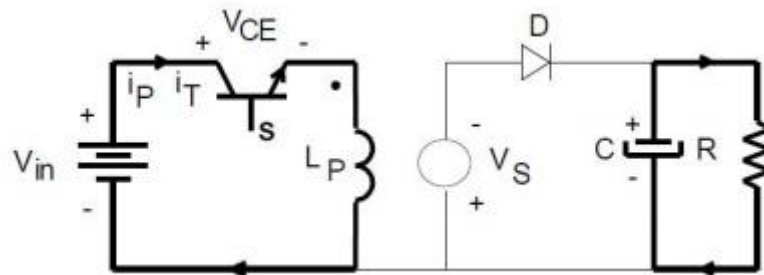
Figura 12, Fonte - Placa 1



Fonte: Autor (2017)

A segunda placa da fonte é a principal, pois é nela que se encontra o transformador e o CI 3525, que foi escolhido devido as suas características para o controle da chave (transistor). A figura 13 mostra o circuito eletrônico da segunda placa da fonte.

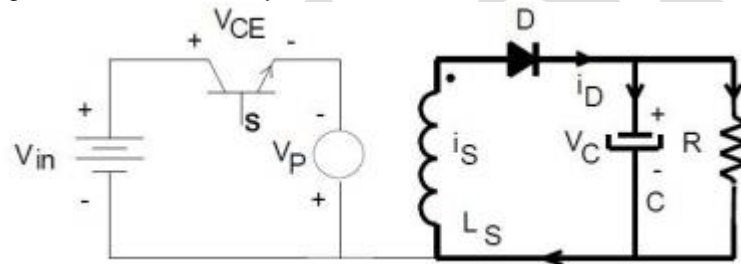
Figura 14, Conversor Flyback – Funcionamento com a chave fechada



Fonte: Instituto Federal de Santa Catarina¹

Na figura 15 podemos visualizar o circuito quando a chave está aberta.

Figura 15, Conversor Flyback – Funcionamento com a chave aberta.



Fonte: Instituto Federal de Santa Catarina²

O controle desse ciclo de funcionamento da fonte Flyback nesse projeto está sendo realizado pelo CI3525. Seu controle é fundamental, pois com ele podemos determinar a frequência do sinal no Gate da chave (transistor) e podemos fazer um controle proporcional desse mesmo sinal. Este controle nada mais é do que o tempo em que o sinal fica alto ou baixo na chave. Quanto mais tempo o sinal ficar em alto, menos tempo o secundário do Trafo fornecerá corrente, e mais tempo o capacitor terá que fornecer corrente para a carga.

Na figura 16, é possível analisar o sinal do Gate na chave com aproximadamente $8\mu\text{s}$ em alto e $15\mu\text{s}$ em baixo. Na figura 17 é possível analisar o sinal do coletor da chave com a amostra tirada em 90Vrms na entrada da fonte. Nesta figura os $8\mu\text{s}$ que antes estavam em alto no Gate aparecem em baixo no coletor, que é o momento em que o Trafo está fornecendo corrente para a carga. Os $15\mu\text{s}$ que antes estavam em baixo no Gate

¹ Disponível em:

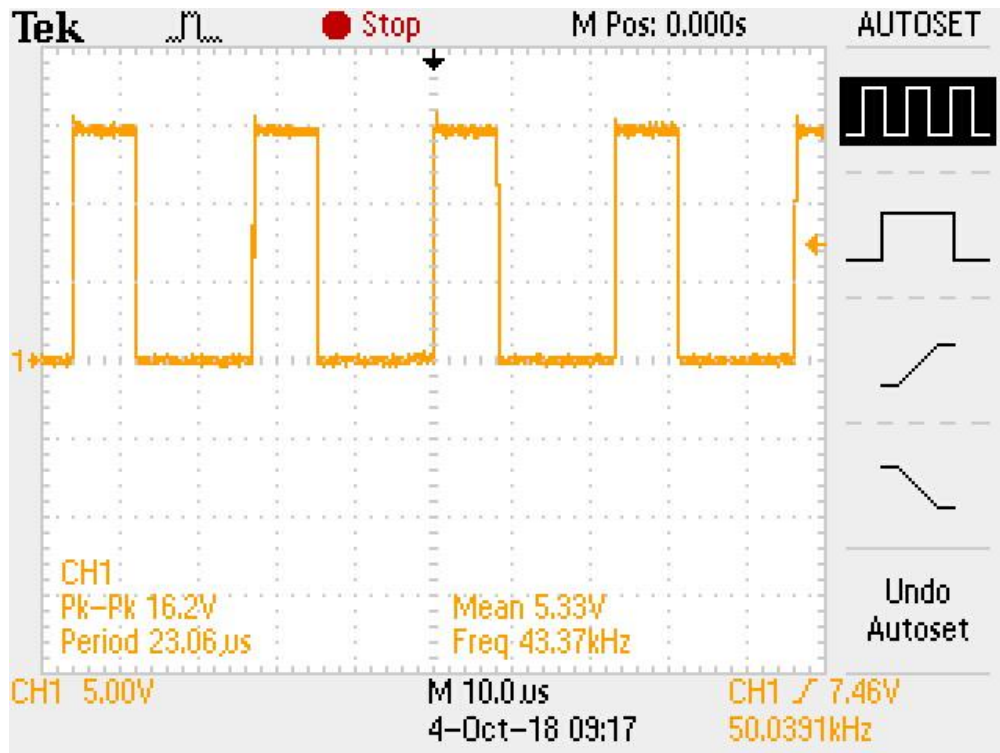
http://www.professorpetry.com.br/Bases_Dados/Relatorios_Alunos/Fonte%20Flyback_Relatorio_De_zan.pdf. Acesso em 02/10/2018.

² Disponível em:

http://www.professorpetry.com.br/Bases_Dados/Relatorios_Alunos/Fonte%20Flyback_Relatorio_De_zan.pdf. Acesso em 02/10/2018.

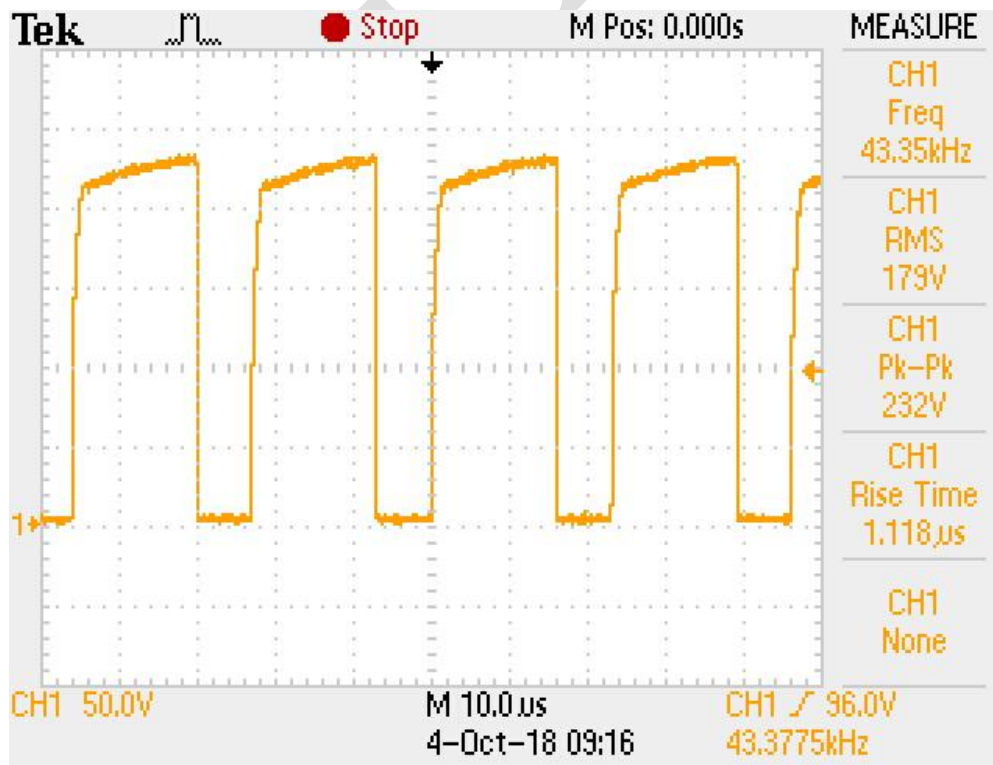
agora aparecem em alto no coletor, que é o momento em que o capacitor fornece corrente para a carga.

Figura 16, Sinal analisado no Gate com a fonte ligada à 90Vrms.



Fonte: Autor (2018)

Figura 17, Sinal analisado no coletor com a fonte ligada à 90Vrms.



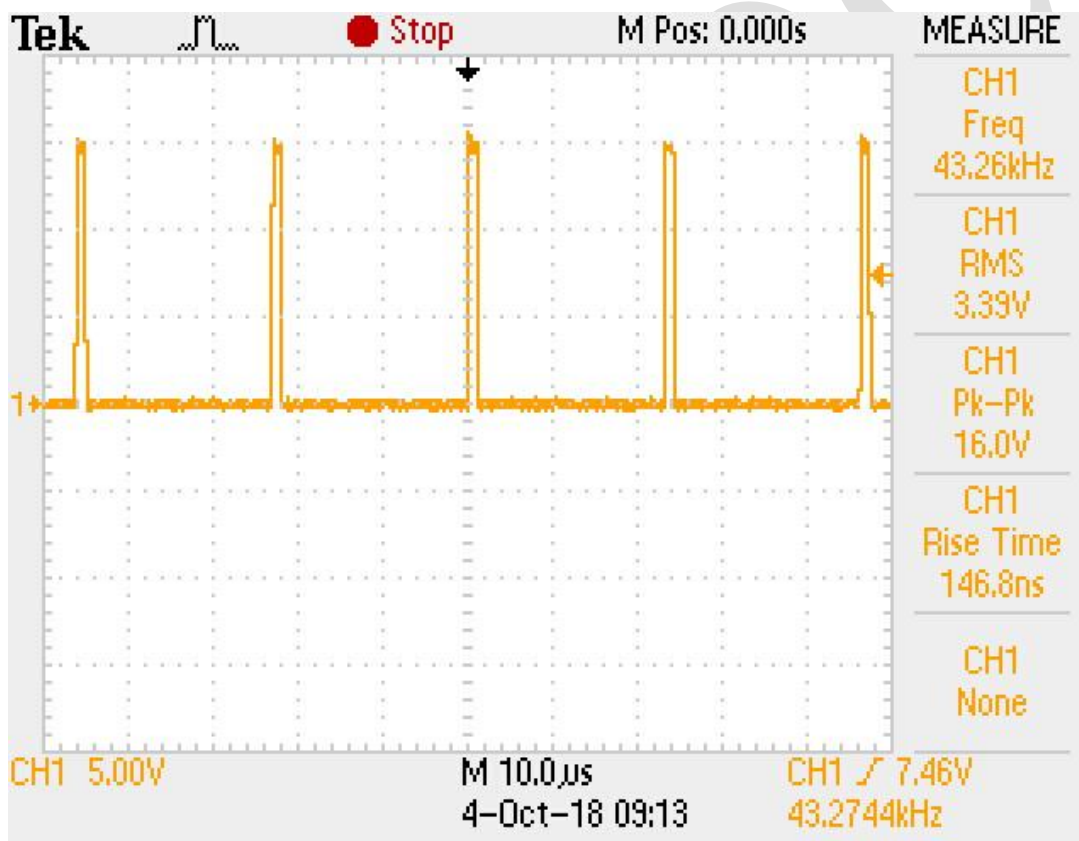
Fonte: Autor (2018)

Quanto mais tempo o sinal ficar em baixo, mais tempo o secundário do Trafo fornecerá corrente, e menos tempo o capacitor terá que fornecer corrente para carga.

Na figura 18, é possível analisar o sinal do Gate na chave com aproximadamente $2\mu\text{s}$ em alto e $21\mu\text{s}$ em baixo. Na figura 19 é possível analisar o sinal do coletor na chave com a amostra tirada em 180Vrms na entrada da fonte. Nesta figura os $2\mu\text{s}$ que antes estavam em alto no Gate aparecem em baixo no coletor, que é o momento em que o Trafo está fornecendo corrente para a carga. Os $21\mu\text{s}$ que antes estavam em baixo no Gate agora aparecem em alto no coletor, que é o momento em que o capacitor fornece corrente para a carga.

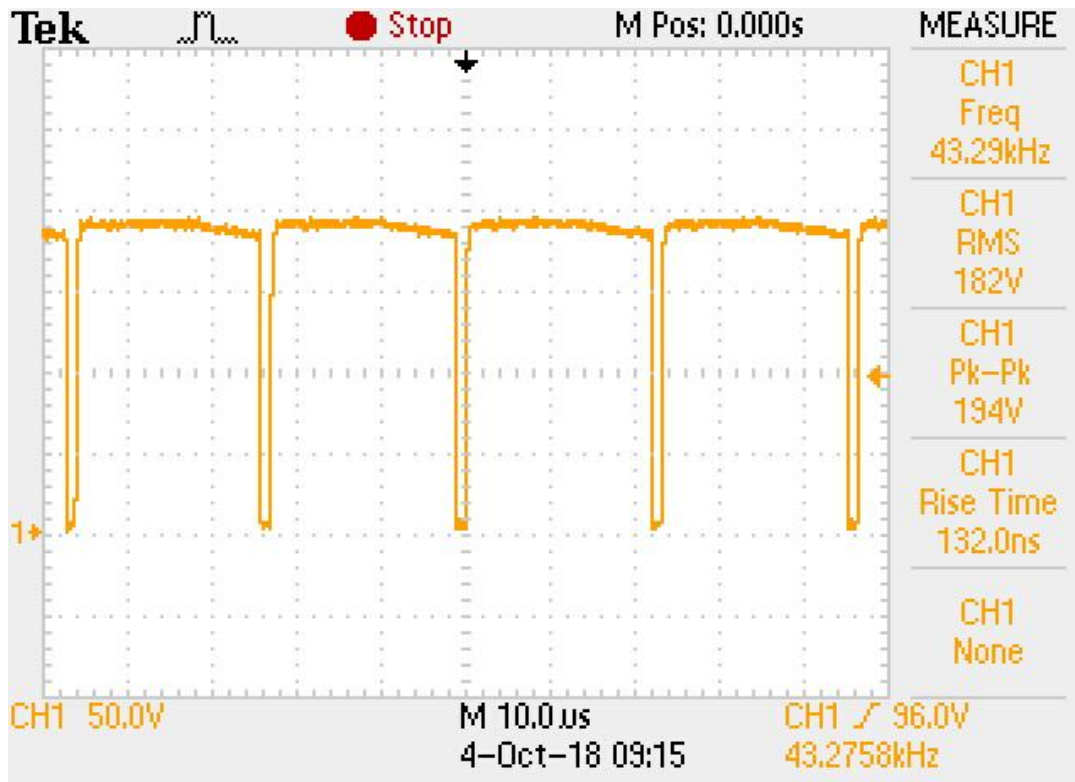
Perceba que o tempo em que o secundário do Trafo fornece corrente para a carga é bem menor, ou seja, o tempo em que o sinal do coletor está em baixo. Pois a tensão de alimentação da fonte nessa amostra está maior do que as amostras tiradas na figura 16 e 17.

Figura 18, Sinal analisado no Gate com a fonte ligada à 180Vrms .



Fonte: Autor (2018)

Figura 19, Sinal analisado no coletor com a fonte ligada à 90Vrms.

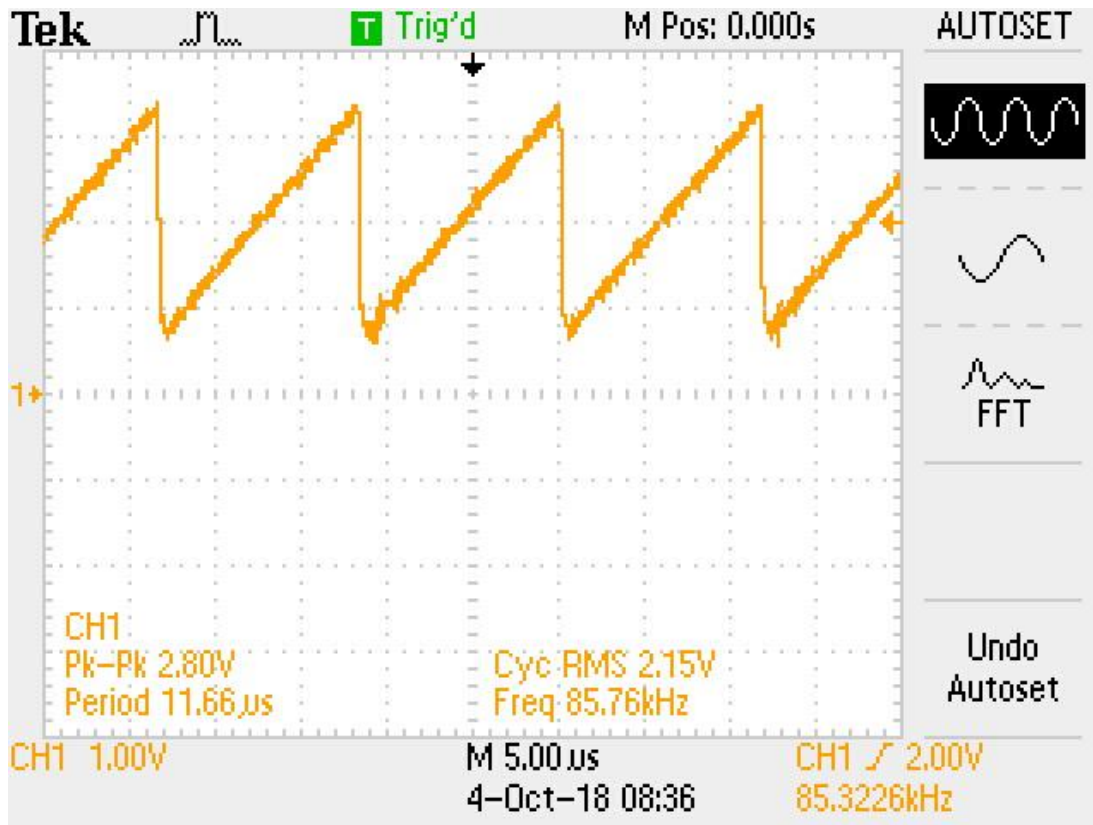


Fonte: Autor (2018)

Para fazer esse controle no sinal do Gate, o CI3525 compara as tensões entre o pino 1 e o pino 2, sendo o pino 1 uma realimentação vinda do secundário do Trafo e o pino 2 uma tensão de referência de 5,1Vcc vinda do pino 16 (Datasheet SG3525A). O pino 1 não recebe uma realimentação direta, antes o sinal passa por um divisor de tensão ajustado por um Trimpot de precisão com 25 voltas de resolução para ajustar a realimentação. Como consequência tem-se o ajuste de tensão na saída de todas as espiras secundárias do Trafo.

A frequência de chaveamento escolhida nesse projeto foi de 43kHz, pois o transformador foi enrolado baseado em cálculos para essa frequência que será explanado melhor a seguir. Essa frequência foi ajustada nos pinos 5, 6, 7 e 8. O pino 5 (CT), ajusta a frequência; o pino 6 (RT) ajusta o período da forma de onda; o pino 7 (Discharge) é a descarga da rampa, quando ela sai do pico positivo para o pico negativo; e por fim o pino 8 (Soft-Start) que é a rampa de subida. (Datasheet SG3525A).

Figura 20, Sinal do ajuste de frequência da chave.



Fonte: Autor (2018)

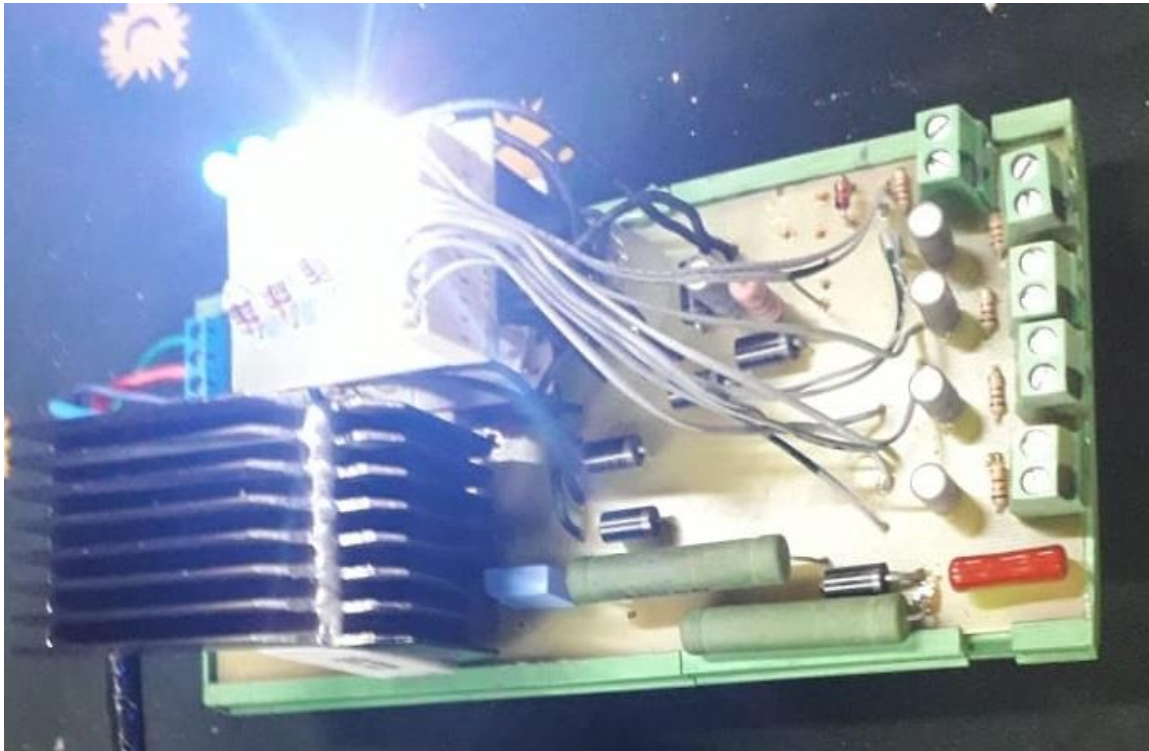
Perceba que a frequência mostrada na figura 20 é de 85,76kHz, e a frequência que utilizaremos em nossa chave é de 43kHz conforme falado anteriormente. Esta frequência mostrada na figura se dividida por 2 o resultado é de 42,88kHz, ou seja, um valor muito próximo de 43kHz que é nosso valor desejado. O que acontece é exatamente essa divisão, pois esse valor medido de 85,76kHz é dividido entre os pinos 11 e 17 (Output A e Output B). Nesse projeto estamos utilizando apenas o Output B (pino 14) para atuar o Gate da chave. (Datasheet SG3525A).

O método utilizado para encontrar o melhor valor de resistor e capacitor no ajuste da frequência foi por tentativa e erro. Inicialmente começamos com os valores sugeridos pelo datasheet do CI, e com o osciloscópio fomos ajustando até que chegássemos no valor desejado de aproximadamente 43kHz.

A alimentação de 15Vcc vinda da primeira placa alimenta os pinos 13 e 15 do CI3525, e os pinos 12 e 10 são ligados diretamente no GND. (Datasheet SG3525A).

Na figura 21 temos a imagem da segunda placa da fonte depois de finalizada e em funcionamento.

Figura 21, Fonte – Placa 2



Fonte: Autor (2018)

Com relação ao transformador, a relação de espiras $\frac{N}{V}$ foi de 0,54 e foi considerado 200V constantes no enrolamento primário para encontrar as espiras secundárias. Os enrolamentos secundários do Trafo foram: três enrolamentos para as tensões de saída de 15Vcc, um enrolamento para uma saída de 18Vcc, e dois enrolamentos para uma saída de 5Vcc. No projeto não será necessário duas fontes de 5Vcc, uma delas foi ajustada com zener para fornecer 3,3V. Foi necessário esse ajuste pois um enrolamento para 3,3V ficaria inviável de enrolar no corpo do transformador, devido à pouca quantidade de cabo para induzir essa tensão. O ajuste do zener ficou assim:

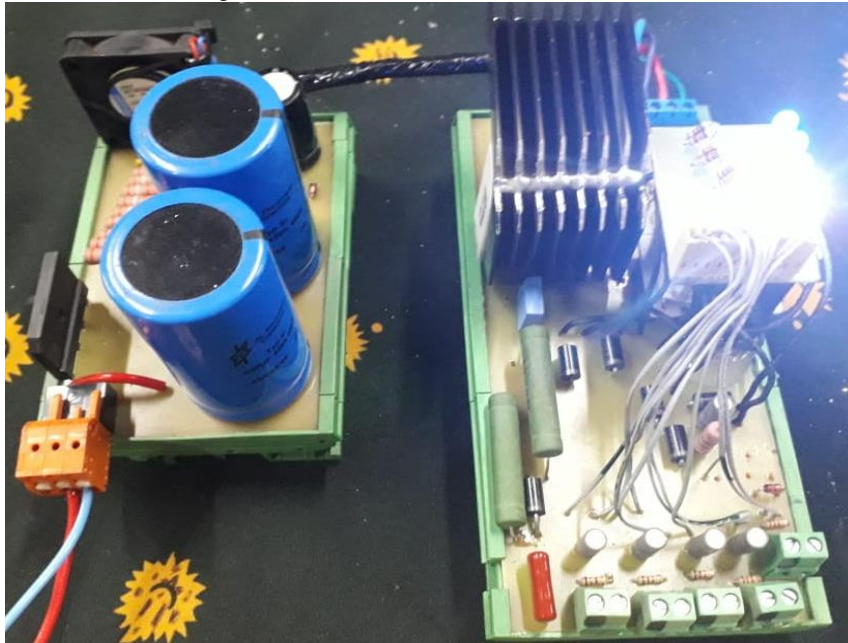
$$V_{in} = 5V_{cc} \quad I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{1\text{ W}}{3,3\text{ V}} = 0,3\text{ A}$$

$$V_{out} = 3,3V_{cc} \quad 5V - 3,3V = 1,7V \Rightarrow \frac{1,7\text{ V}}{0,3\text{ A}} = 5,6\Omega$$

$$V_{rs} = 5,6\Omega$$

Por fim, na figura 22 temos a foto das duas placas fonte interligadas e em pleno funcionamento.

Figura 21, Fonte Finalizada em funcionamento.

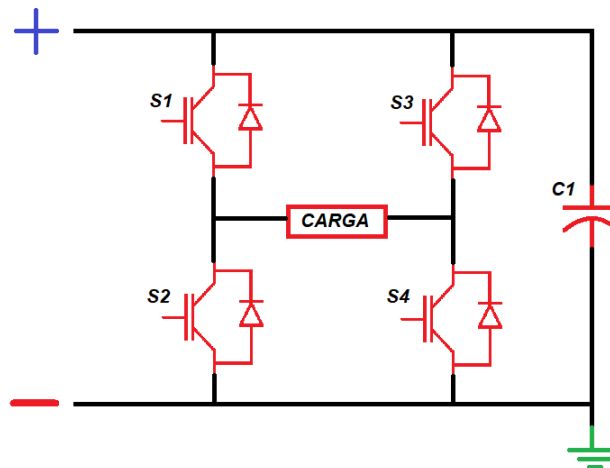


Fonte: Autor (2018)

6.3 Placa Drive - Circuito Ponte Completa para Controle de Servomotor CC

O circuito eletrônico escolhido para controlar o Servomotor CC de 200W da SanyoDenki foi o Ponte Completa, esse circuito se caracteriza pela utilização de quatro transistores e um capacitor. Na figura 23 é possível analisar a disposição dos componentes em um circuito de ponte completa:

Figura 23, Ponte Completa



Fonte: Autor (2017)

O layout dos componentes exibido na Figura 23 lembra o modelo eletrônico de um Inversor Monofásico, é exatamente esse layout de Circuito de Ponte Completa que será

utilizado para controlar o Servomotor CC utilizado nesse projeto. A diferença está na forma em que ocorrerá o acionamento dos transistores.

A forma de funcionamento de um Circuito Ponte Completa em um Inversor Monofásico se dá da seguinte forma:

1° - Chave S1 e S4 fecham, permitindo que o lado direito da CARGA possua carga negativa, e o lado esquerdo da CARGA possua carga positiva;

2° - Chave S1 e S4 abrem cortando a alimentação da CARGA, e dissipando a corrente residual pelos diodos;

3° - Chave S2 e S3 fecham, permitindo que o lado direito da CARGA possua carga positiva, e o lado esquerdo da CARGA possua carga negativa;

4° - Chave S2 e S3 abrem cortando a alimentação da CARGA, e dissipando a corrente residual pelos diodos.

Esse ciclo se repete continuamente enquanto houver necessidade de corrente na CARGA. O que determina a frequência na carga é a velocidade em que as chaves (transistores) abrem e fecham. Com essa técnica é possível controlar a velocidade de um motor. O capacitor C1 no circuito serve de filtro e permanece sempre carregado, garantindo estabilidade nas chaves caso ocorra qualquer oscilação no barramento positivo e negativo, se houver oscilações o capacitor descarrega mantendo o circuito em pleno funcionamento.

As chaves são passadas para os estados ligados e desligados por pares em diagonal. Assim, ou as chaves S1 e S4 ou as S2 e S3 vão para o estado ligado em um semi-ciclo (T/2). Portanto, a fonte CC fica ligada de maneira alternada à carga, em direções opostas. A frequência de saída é controlada pela taxa de velocidade, segundo a qual as chaves se abrem e se fecham (MENDES, GALLANTE, 2009, p.1).

Para se obter o controle do Servomotor CC utilizado nesse projeto o esquema de funcionamento das chaves no Circuito Ponte Completa é diferente de um inversor monofásico comum. Nesse caso as chaves atuarão da seguinte forma:

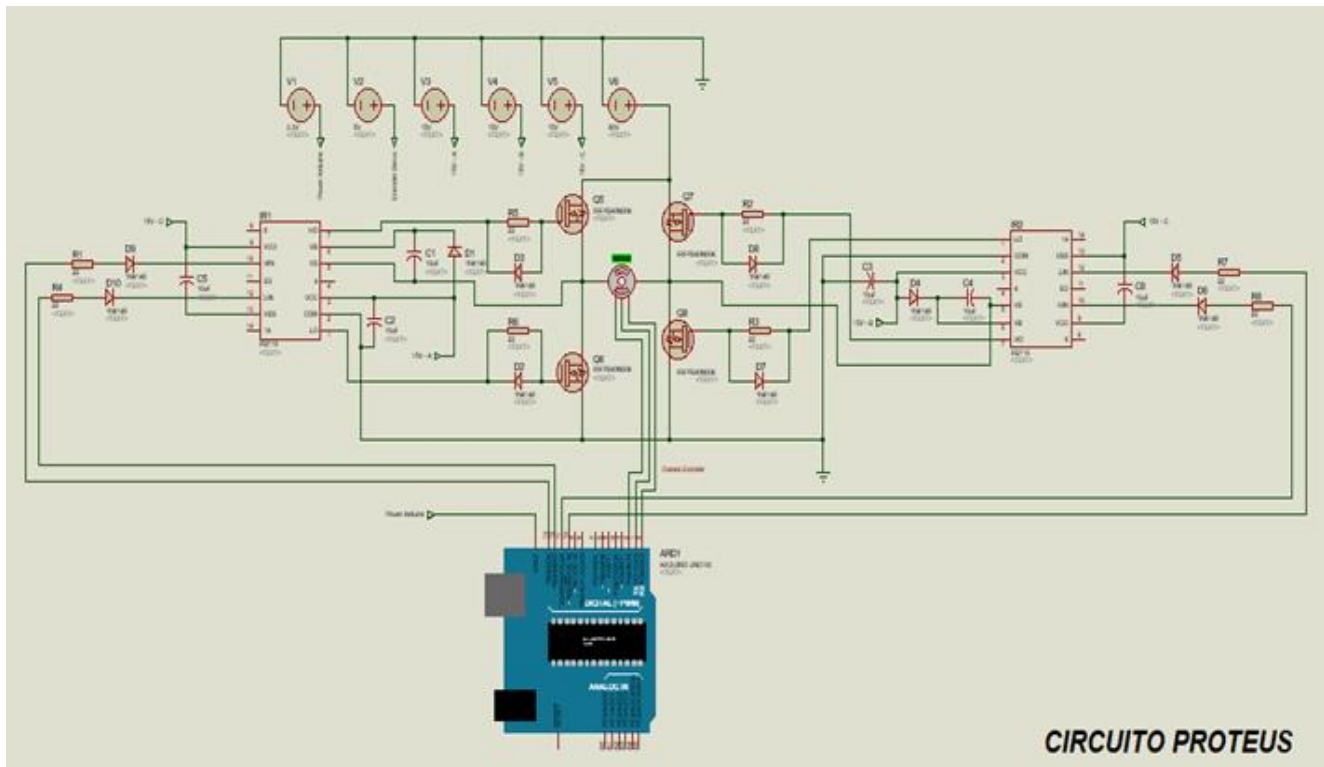
1° - Para definir que o sentido de rotação do motor seja horário, as chaves S1 e S4 fecham mandando potência máxima para o motor. Para se adquirir o controle de velocidade do motor em sentido horário, as chaves S1 e S4 trabalham abrindo e fechando juntas, no mesmo instante de tempo. O tempo em que as chaves S1 e S4 permanecem abertas ou fechadas em um período de onda, é o que irá determinar a velocidade do motor.

2° - Para definir que o sentido de rotação do motor seja anti-horário, as chaves S2 e S3 fecham mandando potência máxima para o motor. Para se adquirir o controle de velocidade do motor em sentido anti-horário, as chaves S2 e S3 trabalham abrindo e fechando juntas, no mesmo instante de tempo. O tempo em que as chaves S2 e S3 permanecem abertas ou fechadas em um período de onda, é o que irá determinar a velocidade do motor.

3° - Para garantir a parada do motor instantaneamente, ou seja, frear o motor, todas as chaves devem estar abertas, e em seguida as chaves S2 e S4 fecham, aterrando a Carga e forçando o motor devido ao seu campo girante.

Na figura 24 temos o circuito eletrônico da ponte completa desenvolvida no Proteus.

Figura 24, Circuito Proteus Drive



Fonte: Autor (2017)

- **Componentes Utilizados no Circuito Ponte Completa**

Foram utilizados na confecção do circuito ponte completa os seguintes materiais:

1° - Transistores – São eles os responsáveis por manipular a potência enviada para o motor a partir de um controle que excita sua entrada conhecida como pino GATE.

Os transistores utilizados foi o GP4063D, foi escolhido esse componente devido suas características intrínsecas atenderem a potência do Servomotor, são elas:

- Temperatura máxima de trabalho = 145°C;
- Tensão Máxima de trabalho = 600V;
- Tensão no pino Gate (Terminal de acionamento) = 15 à 20V;
- Máxima potência dissipada à 25°C = 330W;
- Máxima potência dissipada à 100°C = 170W.

Os dados foram analisados a partir do Datasheet do componente (Datasheet GP4063D).

2° - Diodos – No circuito conforme ilustrado na Figura 12, os diodos estão em paralelo com os resistores dos pinos Gates, sua função é ajudar na drenagem de correntes residuais vindas do transistor. Também é possível analisar outros diodos no circuito, um deles está localizado em serie com um capacitor no Drive (CI – Circuito Integrado) 2110 conforme solicitado pelo datasheet do mesmo, os outros estão na entrada do Drive 2110, sua função é garantir que não retorne tensão para as saídas do processador (Arduino Due – 84MHz).

O diodo utilizado foi o IN4937, devido suas características intrínsecas que atende as necessidades exigidas no circuito do Servoconversor em desenvolvimento, são elas:

- Sua capacidade de tensão reversa repetitiva de pico é de 600V;
- Corrente direta retificada média à 75°C é de 1A;
- Corrente de surto de pico/ não repetitivo é 30A;
- Intervalo de temperatura de atuação = -65°C à +150°C.

Devido essas características, principalmente pela sua resistência a tensão reversa, faz desse diodo ideal nesse projeto (Datasheet IN4937).

3° - Capacitor 10 μ F / 25V – Esses capacitores estão ligados no circuito conforme solicitação do Datasheet do Drive 2110, ou seja, faz parte do esquema de ligação eletrônica do Drive (Datasheet IR2110).

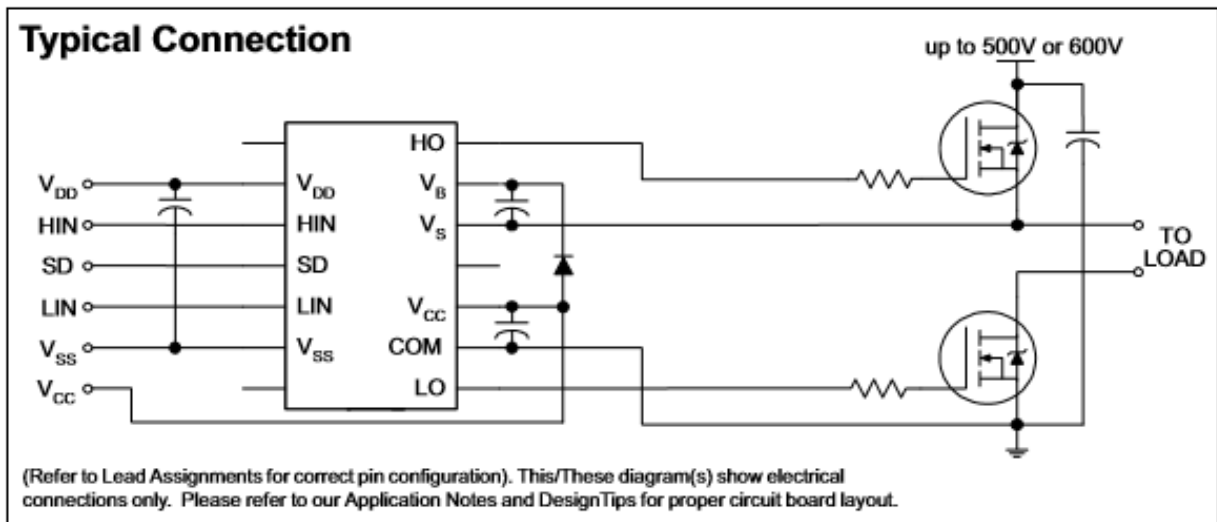
4° - Drive IR2110 – Sua função no circuito é de isolar a potência (transistores) do Processador (Arduino Due – 84MHz). Fazendo uma analogia em sistemas de Automação, é como se o Drive fosse o relé de interface do CLP (Controlador Lógico Programável). Além disso o Drive pode ser atuado com tensões bem menores do que as tensões necessárias para o chaveamento de um transistor, isso permite uma comunicação direta entre Drive e Processador. O Drive é um conversor de alta velocidade independentemente de alto ou baixo nível referenciados.

Características analisadas no Drive para inclusão do mesmo nesse projeto:

- Tensão de entrada na chave alta e baixa é de 3,3V à 20V;
- Pode-se utilizar na operação de Mosfets e IGBT;
- Atraso na correspondência de 10ns;
- Corrente máxima dissipada continuamente = 2A;
- Tensão de saída de 10V à 20V.

No circuito são utilizados dois Drivers IR2110, cada um deles são responsáveis por dois transistores, um Drive é responsável pela chave S1 e S2 ilustradas na Figura 11, e o outro Drive pelos transistores S3 e S4, sendo S1 e S3 os transistores Alto, e S2 e S4 os transistores Baixo. Cada Drive IR2110 possui uma saída HO e LO, funcionando da seguinte forma no circuito, a saída HO do primeiro Drive IR2110 aciona o transistor S1, e a saída LO aciona o transistor S2, o segundo Drive IR2110 aciona o transistor S3 por meio de sua saída HO e o transistor S4 por sua saída LO. Conforme Datasheet do fabricante (Datasheet IR2110). A Figura 25 está a ilustração do esquema de funcionamento do Drive conforme datasheet.

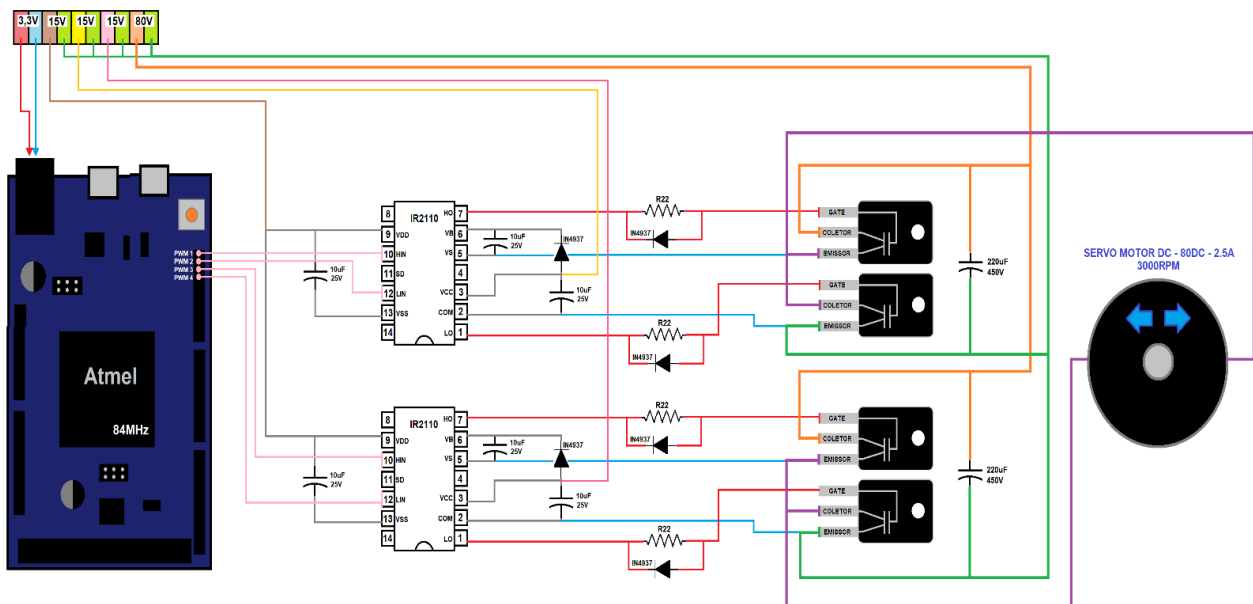
Figura 25, Typical Connection



Fonte: Datasheet IR2110

Após analisarmos o circuito sugerido pelo datasheet IR2110, desenvolvemos o circuito de controle do motor levando em consideração o processador utilizado, Arduino Due de 84MHz. A figura 26 mostra o esquema funcional do projeto de controle do servo.

Figura 26, Circuito Ponte completa do projeto.



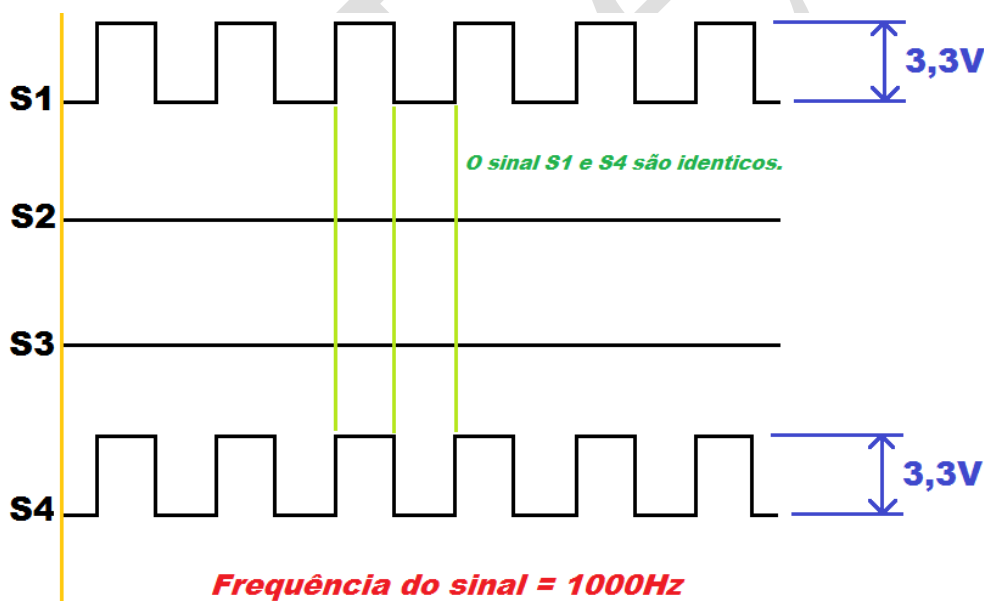
Fonte: Autor (2018)

Explorando melhor o funcionamento da placa Drive, os sinais PWM vindos do Arduino vem numa amplitude de 3,3V e em uma frequência de 1000Hz. A interface entre o pino Gate das chaves e o Arduino são os CI's IR2110. Sempre que a saída 1 do Arduino está enviando o sinal PWM, a saída 4 também envia um sinal idêntico, quem recebe o sinal da saída 1 é o pino 10 do CI (HIN), e quem recebe o sinal da saída 4 do Arduino é o pino 12

(LIN) do outro CI, enquanto isso acontece, é de extrema importância que o Arduino envie GND no pino 12 (LIN) do primeiro CI e no pino 10 (HIN) do segundo CI. Pois se não estiverem ligados no GND, uma flutuação pode causar o fechamento de uma das chaves em algum momento errado, ocasionando um curto circuito de 80Vcc, tensão nominal do motor. Esta forma de funcionamento garante que o motor gire para um sentido, no caso da inversão do sentido de rotação, o procedimento é o mesmo, porém ao invés do pino 10 do primeiro CI e o pino 12 do segundo CI receberem o sinal PWM, quem recebe é o pino 12 do primeiro CI e o pino 10 do segundo CI, e o restante vai para GND.

A inversão de rotação não deve ser instantânea, deve haver um tempo na escala de micro segundo para garantir que as chaves não fecharão curto. Na figura 27 podemos analisar o sinal PWM medido no pino 10 (HIN) do primeiro CI responsável pelo fechamento da chave 1, e o sinal do pino 12 (LIN) medido no segundo CI, responsável pela chave 4.

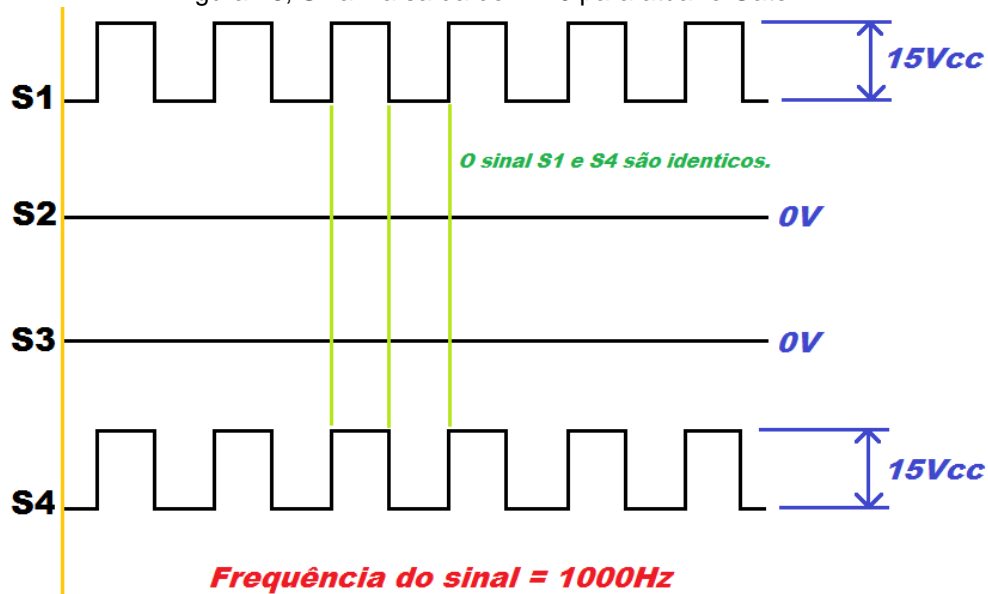
Figura 27, Sinal enviado do Arduino na entrada do 2110.



Fonte: Autor (2018)

Ao receber esta amplitude de sinal, o CI instantaneamente atua sua saída com o mesmo PWM idêntico de entrada, porém com uma amplitude maior o suficiente para atuar o Gate do Transistor. Na figura 28 mostra o sinal medido no pino de saída 7 (HO) que é escravo de tudo que acontece no pino de entrada 10 (HIN), e o sinal medido no pino de saída 1 (LO) que é escravo de tudo que acontece no pino de entrada 12 (LIN).

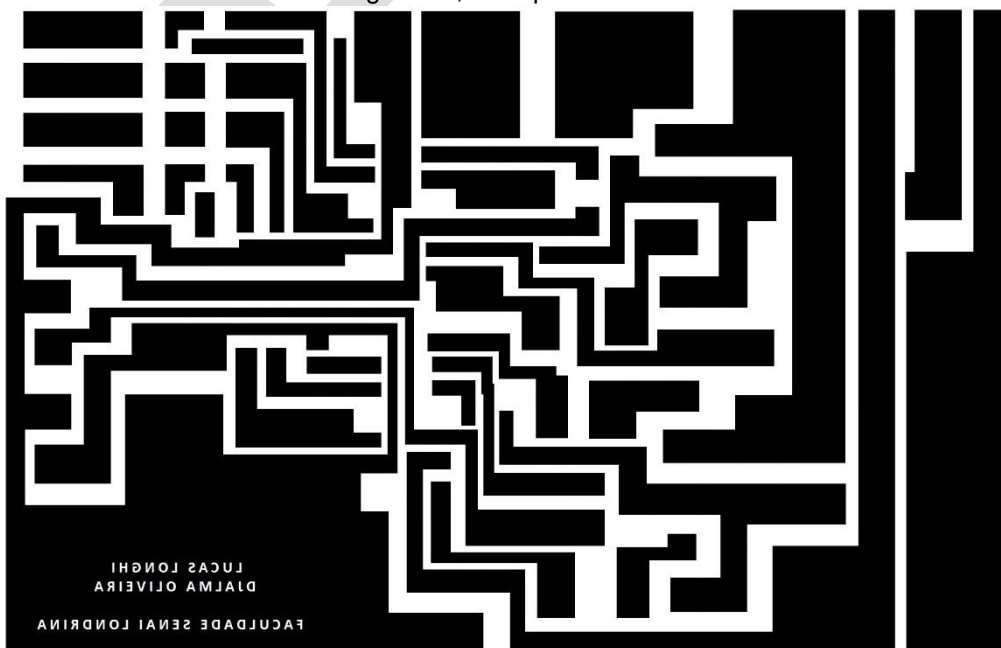
Figura 28, Sinal na saída do 2110 para atuar o Gate.



Fonte: Autor (2018)

A placa Drive onde se encontra o circuito ponte completa, foi necessária ser desenvolvida assim como a fonte, a próxima imagem que é a figura 29 mostra o arquivo PCB para a impressão das trilhas na placa de fenolite.

Figura 29, PCB placa Drive.

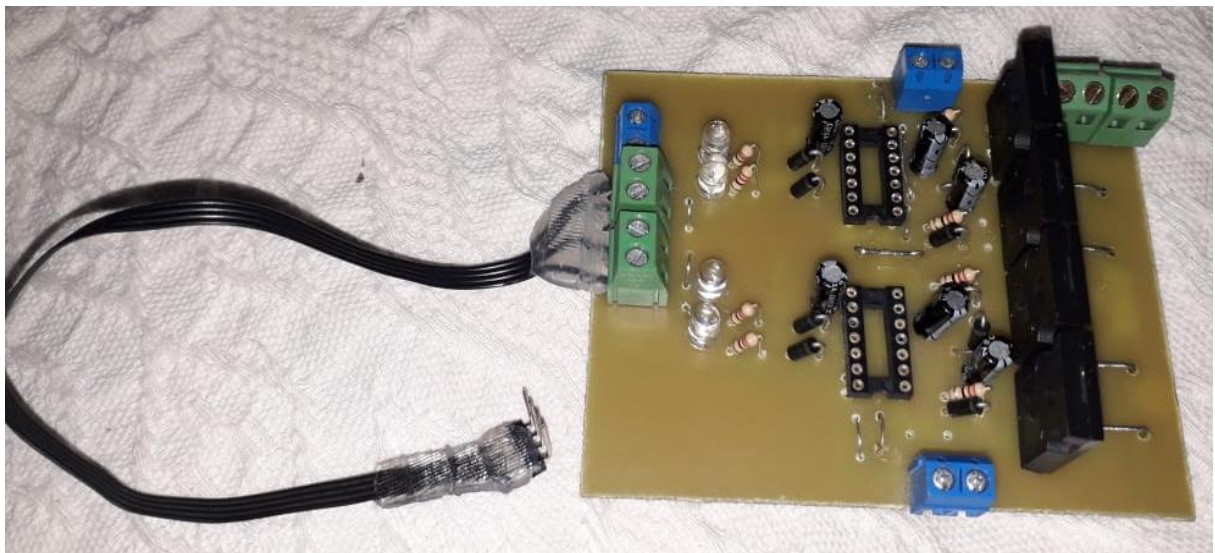


Fonte: Autor (2018)

Por fim a figura 30 mostra a imagem da placa Drive depois de pronta, faltando apenas encaixar os CI's.

Figura 30, Placa Drive.

F



Fonte: Autor (2018)

6.4 Encoder do Servomotor

O que garante a precisão em um Servomotor é o encoder acoplado no eixo da máquina. No Servomotor utilizado no projeto esse encoder possui 5 pinos, são eles: pino **Vermelho**, **Preto**, **Azul**, **Verde** e **Amarelo**, na figura 31 podemos analisar o que é cada pino.

Figura 31, Fechamento do Encoder.

External leads

Lead color	Open collector	Line driver
Red ■	+DC5V	+DC5V
Black ■	GND(0V)	GND(0V)
Shield	Case earth	Case earth
Blue ■	A channel output	A channel output
Brown ■	—	\bar{A} channel output
Green ■	B channel output	B channel output
Purple ■	—	\bar{B} channel output
White ■	—	C channel output
Yellow ■	C channel output	\bar{C} channel output


Fonte: Datasheet DC Servo Systems – SANYODENK

Os sinais enviados do encoder são semelhantes a um sinal PWM, porem quanto maior a rotação do motor, maior é a frequência dos pulsos enviados por cada canal. O canal A e B são defasados 90° um do outro, isso possibilita o controle enxergar em qual sentido o motor está indo, e tomar uma decisão. O canal C gera um pulso alto para cada volta realizada pelo eixo do motor. Todos os pulsos tem amplitude de 5 Vcc, pois sua alimentação no pino Vermelho é de 5Vcc em relação ao pino Preto que é 0V – GND.

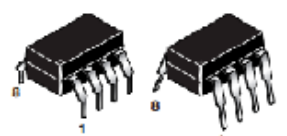
Com todos esses sinais enviados com amplitude 5Vcc, gerou-se um problema, o Arduino que controlará toda a planta do projeto pode receber pulsos de no máximo 3,3V.

Para solucionar o problema foi utilizado o Opto-acoplador 6N137. Na figura 32, grifado em vermelho está o motivo pelo qual este componente foi escolhido.

Figura 32, Datasheet 6N137.



**HIGH SPEED-10 MBit/s
LOGIC GATE OPTOCOUPLEDERS**

<p>SINGLE-CHANNEL 6N137 HCPL-2601 HCPL-2611</p>		<p>DUAL-CHANNEL HCPL-2630 HCPL-2631</p>
---	---	--

<p>DESCRIPTION</p> <p>The 6N137, HCPL-2601/2611 single-channel and HCPL-2630/2631 dual-channel optocouplers consist of a 850 nm AlGaAs LED, optically coupled to a very high speed integrated photodetector logic gate with a strobable output. This output features an open collector, thereby permitting wired OR outputs. The coupled parameters are guaranteed over the temperature range of -40°C to +85°C. A maximum input signal of 5 mA will provide a minimum output sink current of 13 mA (fan out of 8).</p> <p>An internal noise shield provides superior common mode rejection of typically 10 kV/μs. The HCPL- 2601 and HCPL- 2631 has a minimum CMR of 5 kV/μs. The HCPL-2611 has a minimum CMR of 10 kV/μs.</p>	<p>FEATURES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Very high speed-10 MBit/s • Superior CMR-10 kV/μs • Double working voltage-480V • Fan-out of 8 over -40°C to +85°C • Logic gate output • Strobable output • Wired OR-open collector • U.L. recognized (File # E90700)
--	---

Fonte: Adaptado de Fairchild (2018).

A escolha do opto-acoplador se deu devido sua capacidade de resposta suportando sinais de até 10 MBit/s.

O opto-acoplador funcionará da seguinte forma no circuito do encoder: para cada canal do encoder será utilizado um opto-acoplador, o encoder excitará a entrada com o seu sinal PWM de amplitude 5Vcc, na saída do opto-acoplador será ligado uma tensão constante de 3,3V. A cada pulso alto de 5Vcc recebido em sua entrada, será conduzido 3,3V na saída, gerando assim um sinal PWM de 3,3V e solucionando o problema de

amplitude de sinal na entrada do Arduino. Após esse condicionamento é só interligar as saídas dos canais para as respectivas entradas do Arduino.

12. CONCLUSÃO

O domínio sobre a tecnologia de acionamentos de Servomotores não é uma tarefa fácil, pois cada Servomotor possui sua característica própria, conseqüentemente necessita de um Servoconversor próprio, porém após análise feita por esse projeto, é notável que esta tecnologia deixa de ser algo oculto e passa ser algo acessível para darmos continuidade em novas pesquisas, a fim de aprimorarmos ainda mais esse conceito tão valioso no mercado atual.

Conclui-se que é possível controlar um Servomotor utilizando os conhecimentos de eletrônica analógica e eletrônica de potência, desenvolvendo circuitos estrategicamente preparados para as características intrínsecas do Servomotor em questão.

REFERÊNCIAS

OTTOBONI, Augusto. Servo - acionamentos. **Mecatrônica Atual**, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 7- 14, outubro 2002.

Datasheet SanyoDenki - Servo Motor - Modelo: V720-012E17 - 200W / DC 80V / 3.3A. Disponível em: <https://www.semicon.com.pl/files/?id_plik=408> Acesso em 04/12/2017.

BONA, GARCIA, FULLGRAF. **Projeto de Fonte Chaveada com Conversor Flyback**, Instituto Federal de Santa Catarina, Pós Graduação em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos. Disponível em: <http://www.professorpetry.com.br/Bases_Dados/Relatorios_Alunos/Fonte%20Flyback_Relatorio_Dezan.pdf> Acesso em 17/07/2018.

BARBI, Ivo; MARTINS, Denizar Cruz. **Eletrônica de potência: conversores CC-CC básicos não isolados**. Florianópolis: Ed. dos Autores, 2000. vii, 377 p. ISBN 859010463X.

Datasheet SG3525A – Pulse Width Modulator Control Circuit. Disponível em: < <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/SG3525A-D.PDF> > Acesso em 04/12/2017.

MENDES, GALLANTE. **Conversores CC – CA**, Faculdade da Fundação Instituto Tecnológico de Osasco. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAACRkAl/conversores-cc-ca>> Acesso em 03/12/2017.

Datasheet GP4063D – International IOR Rectifier – Transistor Bipolar. Disponível em: <[https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/International%20Rectifier%20PDFs/IRGP4063D\(-E\)PbF.pdf](https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/International%20Rectifier%20PDFs/IRGP4063D(-E)PbF.pdf)> Acesso em 04/12/2017.

Datasheet IN4937 – Motorola – Diodo Rápido. Disponível em:

<<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/2817/MOTOROLA/IN4937.html>>

Acesso em 04/12/2017.

Datasheet IR2110 – International IOR Rectifier – Drive de Alta Velocidade. Disponível em:

<<https://www.infineon.com/dgdl/ir2110.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c80333167e>>

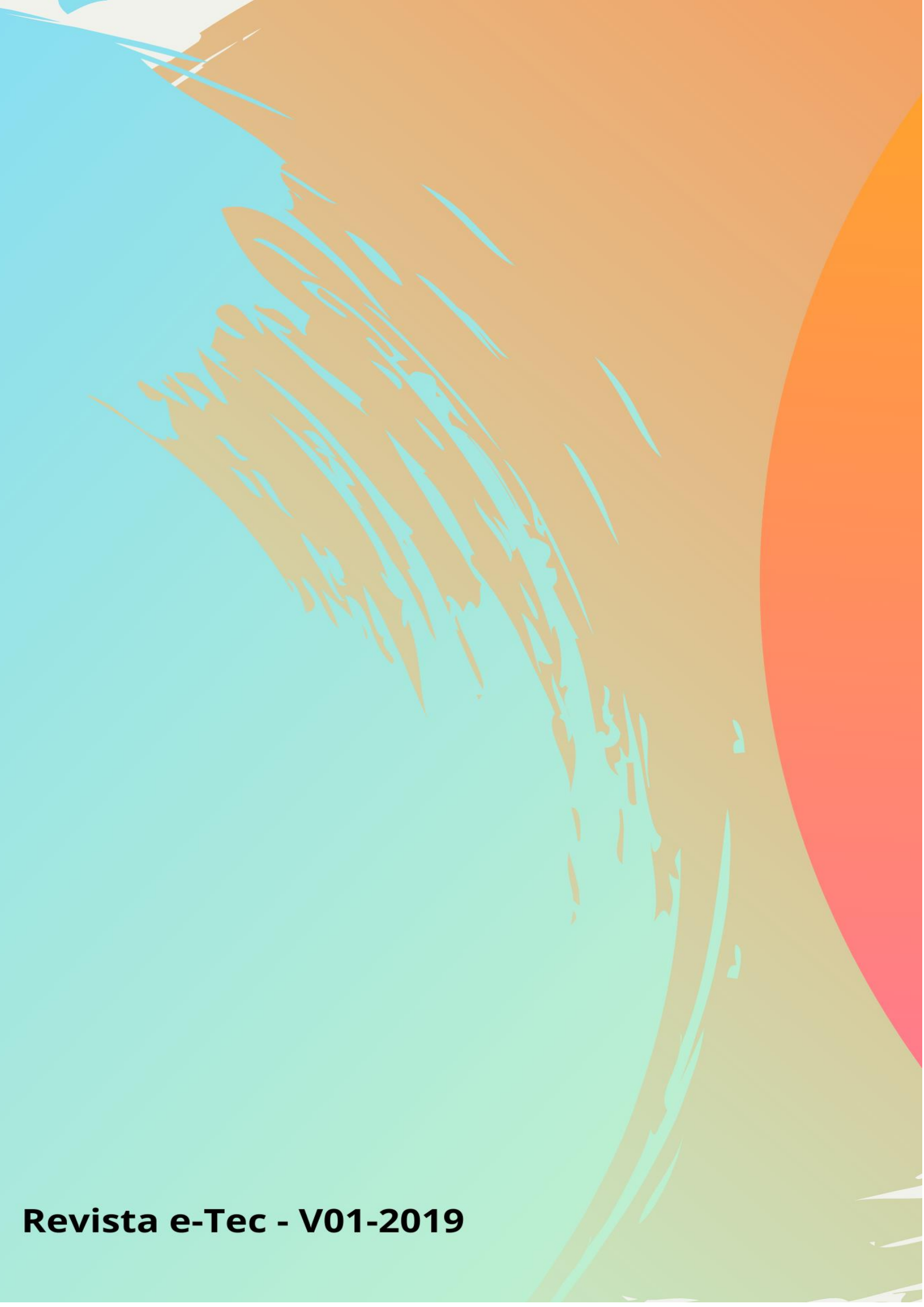
Acesso em 04/12/2017.

Datasheet 6N137 – High Speed 10MBit/s – Logic Gate Optocouplers. Disponível em:

<<http://i2c2p.twibright.com/datasheet/6N137.pdf>>

Acesso em 17/10/2018.

E-TEC



Revista e-Tec - V01-2019