



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CÂMPUS CARAÚBAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

JOSÉ AILTON DE OLIVEIRA JÚNIOR

**PROTÓTIPO DE UM SISTEMA MEXEDOR APLICADO NO MELHORAMENTO
DO DESEMPENHO DE CORROSÃO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO**

CARAÚBAS

2018

JOSÉ AILTON DE OLIVEIRA JÚNIOR

**PROTÓTIPO DE UM SISTEMA MEXEDOR APLICADO NO MELHORAMENTO
DO DESEMPENHO DE CORROSÃO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Caraúbas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências e Tecnologia.

Orientador: Prof. Me. José Ailton Leão Barboza Júnior - UFERSA

Co-orientador: Prof. Me. Juan Rafael Filgueira Guerra - UFERSA

CARAÚBAS

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

d 48p de Oliveira Júnior, José Ailton.
PROTÓTIPO DE UM SISTEMA MEXEDOR APLICADO NO
MELHORAMENTO DO DESEMPENHO DE CORROSÃO DE PLACAS
DE CIRCUITO IMPRESSO / José Ailton de
Oliveira Júnior. - 2018.
51 f. : il.

Orientador: José Ailton L.
Barboza Júnior. Coorientador: Juan Rafael
Filgueira Guerra. Monografia (graduação) -
Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de
Ciência e
Tecnologia, 2018.

1. Placas de Circuito. 2. Corrosão. 3.
Mexedor. 4. Controle de Temperatura. I. L.
Barboza Júnior, José Ailton, orient. II.
Filgueira Guerra, Juan Rafael, co-orient. III.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ AILTON DE OLIVEIRA JÚNIOR

**PROTÓTIPO DE UM SISTEMA MEXEDOR APLICADO NO MELHORAMENTO
DO DESEMPENHO DE CORROSÃO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO**

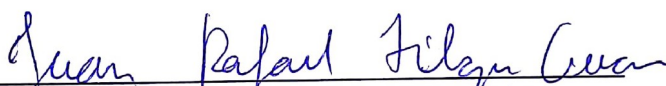
Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado ao curso de Ciências
e Tecnologia da Universidade Federal
Rural do Semi-Árido (UFERSA),
Campus Caraúbas, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Ciências e Tecnologia.

Defendida em: 17 / 09 / 2018.

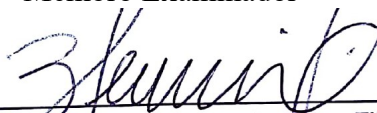
BANCA EXAMINADORA



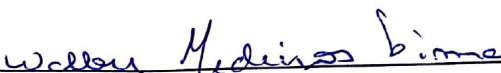
Prof. Me. José Ailton Leão Barboza Júnior. (UFERSA)
Presidente



Prof. Me. Juan Rafael Filgueira Guerra. (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Francisco de Assis Brito Filho. (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Walber Medeiros Lima. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho com bastante satisfação aos meus pais, José Ailton e Edineide Viana, por promover um excelente padrão de qualidade educacional, assim como para todos os docentes e discentes que colaboraram para o progresso deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar sabedoria, força e fé para seguir sempre superando as barreiras da vida, também por revelar o caminho certo a ser percorrido para alcançar meus objetivos.

A meus pais, José Ailton Oliveira e Edineide Viana da Silva Oliveira, que em momento algum deixaram de me motivar e fornecer amor. Agradeço eternamente cada vitória da minha vida a vocês.

As minhas irmãs, Kaline da Silva Oliveira e Karla Emanuelle da Silva, por mostrar que permanecerão sempre ao meu lado independente de qualquer situação, e por contribuírem junto aos meus pais pelo incentivo de cada dia. Mostrando-me o verdadeiro significado de companheirismo e cuidado.

A meus concunhados, Paulo César e Paulo Cézar, que sempre estão me aconselhando e proporcionando melhor entendimento de vida.

O meu co-orientador, Juan Rafael Filgueira Guerra, pelo exemplo de pessoa, ensinamento, instrução adequada sempre com paciência, assim proporcionando clareza, sempre voltado para aperfeiçoamento do projeto.

Ao professor e orientador, José Ailton Leão Barboza Júnior, que contribuiu de forma paciente, precisa e crítica para um projeto mais competente.

Aos amigos que a faculdade proporcionou, Caio César, Yuri Fernandes, Diego Gonçalves, Felipe Araújo, Teresa Moraes, Gesley Alves, que foram parceiros durante todo o tempo de UFERSA.

A todos os docentes e discentes que de forma direta ou indireta contribuíram consideravelmente na ampliação de meu conhecimento e crescimento acadêmico.

“ Peçam, e será dado; busquem, e encontrarão; batam, e a porta será aberta. Pois todo o que pede recebe; o que busca encontra; e àquele que bate, a porta será aberta”.

Mateus 7:7-8.

RESUMO

A corrosão de placas de circuito impresso é parte fundamental do processo de confecção dos diversos circuitos eletrônicos utilizados, portanto é preciso que seja feito da maneira mais eficiente possível. O presente trabalho tem como objetivo propor um protótipo mexedor que desenvolvido com a utilização de dispositivos eletrônicos como o microcontrolador e outros equipamentos. O projeto está direcionado para mexer uma substância corrosiva e ao mesmo tempo controlar sua temperatura de maneira que maximize, dentro dos limites, a corrosão de placas de circuito impresso sem danificar a trilha e o dielétrico da placa. O desenvolvimento do trabalho se dá por meio do projeto do recipiente, sistema mexedor, sistema de aquecimento e controles de velocidade e temperatura. Apresentando, testes e experimentos conforme o desempenho com diferentes situações, que ocasionará em resultados aprimorados gradativamente. Partindo dos resultados mencionados anteriormente, atendendo a verificação cuidadosa do desempenho esperado pelo projeto, é examinada a viabilidade de aplicação do projeto. Verificou-se que com o aumento da temperatura e agitação, obteve-se maior velocidade da corrosão.

Palavras-chave: Placas de Circuito. Corrosão. Mexedor. Controle de Temperatura.

ABSTRACT

Corrosion of printed circuit boards is a fundamental part of the process of making the printed circuit boards used, and it is necessary to make them as simple as possible. The present work aims to propose a prototype on the development with the use of devices such as microcontroller and other equipment. The design is aimed at handling a variable temperature while controlling the temperature in a way that maximizes, within limits, the corrosion of printed circuit boards without damaging the board's dielectric and track. The development of body work, heating system, heating system and speed and temperature control. Presentation, tests and experiments according to the performance with the different situations, that cause improved results gradually. Based on previous results, considering a careful selection according to the project, a feasibility of project application is examined. It was found that the increase in temperature and agitation, resulted in a higher speed of corrosion.

Keywords: Circuit Boards. Corrosion. Mexedor. Temperature control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação das três camadas.	16
Figura 2: Alguns dos vários metais condutores.	20
Figura 3: Esquema comparativo admitindo o fenômeno corrosivo como um processo inverso ao metalúrgico.	22
Figura 4: Microcontrolador PIC12F675.	26
Figura 5: Apresenta a pinagem do PIC12F675.	27
Figura 6: Pinagem do sensor de temperatura LM35.	30
Figura 7: O choque dos elétrons livres com os átomos.	31
Figura 8: Efeito Joule em um condutor.	31
Figura 9: Relé de duas vias e um ponto comum.	32
Figura 10: Componentes internos do Servo Motor.	33
Figura 11: Sinais de controle do servo motor.	34
Figura 12: Alguns servos motores atuais.	35
Figura 13: Estrutura do protótipo.	36
Figura 14: Simulação do projeto no ISIS Proteus.	37
Figura 15: Recipiente de acrílico.	39
Figura 16: Base do protótipo.	40
Figura 17: Circuito na Protoboard.	40
Figura 18: Circuito funcionando com a resistência ligada em paralelo com movimentação mecânica do servo.	41
Figura 19: Circuito funcionando com a resistência desligada em paralelo com movimentação mecânica.	42
Figura 20: Simulação da seleção de velocidade no ISIS Proteus.	42
Figura 21: Amostra de placa para corrosão.	43
Figura 22: Solução corrosiva em contato com a resistência.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características de metais condutores.....	20
Tabela 2: Dispositivos internos de um microcontrolador.	26
Tabela 3: Função de cada pino no PIC12675.	27
Tabela 4: Principais registradores do PIC12F675.	28
Tabela 5: Composição do servo motor.	33
Tabela 6: Classificação dos servos motores.	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Geral.....	15
1.1.2 Específicos	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 PRINCÍPIOS DA CORROSÃO DE METAIS CONDUTORES	16
2.1.1 Introdução aos metais condutores	16
2.1.2 Principais metais condutores.....	17
2.1.3 Corrosão de metais condutores.....	21
2.1.4 Efeito do movimento mecânico e aumento da temperatura	23
2.2 MICRONTROLADORES PIC	24
2.2.1 Introdução aos microcontroladores PIC	24
2.2.2 Família 12F	25
2.3 SENSORES E ATUADORES	28
2.3.1 Introdução a sensores e atuadores	29
2.3.2 Sensor de temperatura.....	29
2.3.3 Resistência para aquecimento	30
2.3.4 Relé Eletromecânico.....	32
2.3.5 Servo motores	32
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1.1 Circuito e simulação	36
3.1.2 Programação	37
3.1.3 Recipiente do protótipo.....	39
3.1.4 Base do protótipo.....	39
3.1.5 Circuito na protoboard	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
6 REFERÊNCIAS.....	45
7 APÊNDICES	48
APÊNDICE A	48
APÊNDICE B.....	49
APÊNDICE C	50

APÊNDICE D	51
APÊNDICE E.....	52

1 INTRODUÇÃO

Os dispositivos eletrônicos são comumente adicionados a Placas de Circuito Impresso – PCI, constituindo um circuito impresso em uma placa com trilhas condutoras. Essa placa é um componente essencial na composição de diversos dispositivos eletrônicos, seja de informática, telecomunicações, automatização, módulo de eletrônica embarcada etc. Devido ao constante avanço da tecnologia, a complexidade dos sistemas eletrônicos vem crescendo em grande escala, exigindo evolução gradativa no processo de fabricação (DORO, 2004).

A placa de circuito impresso proporcionou simplicidade para o corpo dos aparelhos eletrônicos, com ênfase na redução do espaço ocupado por ela. Foram então, eliminados de sua composição alguns dispositivos como, a protoboard e jumpers que conseqüentemente possibilita uma redução de sua estrutura e na probabilidade de problemas acontecerem no circuito (MELO, RIOS, GUTIERREZ, 2001).

A PCI tem sua composição feita por uma placa que se comporta como um isolante (dielétrico) onde são depositadas camadas de cobre, material utilizado devido sua alta condutividade elétrica. Uma etapa do processo de fabricação da PCI é o de corrosão da camada de cobre, basicamente consiste em mergulhar a placa em uma solução corrosiva, para corroer o cobre exposto pelo dielétrico em forma de trilhas e posteriormente eliminar o excesso de cobre sobre as trilhas. Esse processo potencializa a interligação dos dispositivos, melhorando a passagem da corrente elétrica. Porém o processo corrosivo exige certo tempo, que por vezes pode ser um tempo elevado (MELO, RIOS, GUTIERREZ, 2001).

No processo de corrosão, quando a substância é aquecida, resultado da agitação molecular proporcionada pelo crescimento progressivo da energia cinética das moléculas. Elas começam a se chocar e conseqüentemente se distanciar uma da outra. O choque dessas moléculas potencializa a quebra das estruturas no início da reação química de modo que, as substancias passam a ter um maior poder de reação. Na química, a corrosão é geralmente, em altas temperaturas, devida temperatura ambiente o sistema não possui energia suficiente para reação (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2010).

Em virtude disso, o presente trabalho tem por objetivo elaborar um protótipo de um sistema mexedor, que ao mesmo tempo, seja capaz de controlar a temperatura do processo, ambos orientados por um microcontrolador PIC que funciona junto a outros dispositivos visando a melhoria no desempenho da corrosão em placas de circuito impresso.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Desenvolver um protótipo de um sistema mexedor para melhoria do desempenho da corrosão e contribuir de maneira eficaz para fabricação da placa de circuito impresso.

1.1.2 Específicos

- Compreender os fenômenos relacionados a corrosão do material metálico que recobre as PCI's;
- Dimensionar os dispositivos necessários para a construção do protótipo;
- Compreender o funcionamento dos elementos utilizados no protótipo;
- Construir o protótipo;
- Atribuir um controle de velocidade e sentido em um sistema mexedor junto ao microcontrolador;
- Atribuir um controle da temperatura em determinada faixa junto a um termostato;
- Comparar o desempenho da corrosão antes e depois do protótipo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

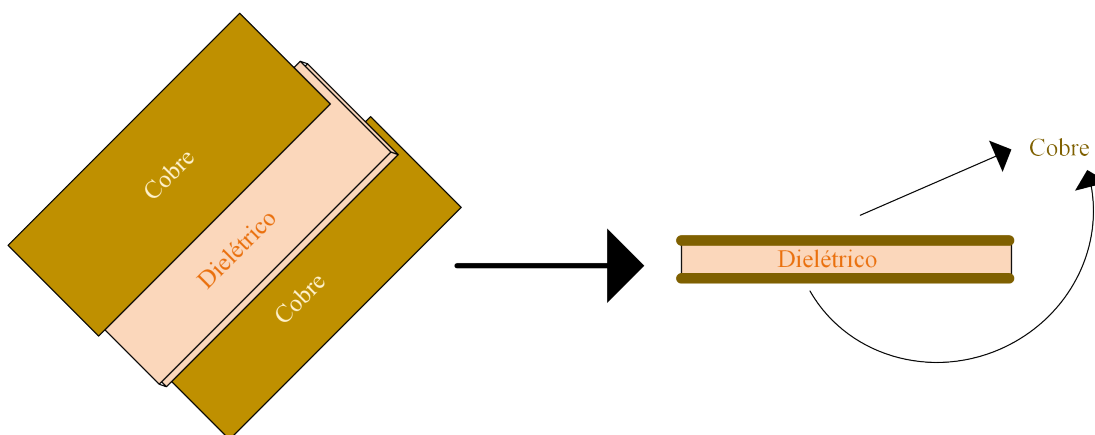
Neste tópico são apresentados os principais conceitos teóricos voltados aos fenômenos relacionados ao desenvolvimento do trabalho.

2.1 PRINCÍPIOS DA CORROSÃO DE METAIS CONDUTORES

Neste subtópico são tratados os assuntos voltados a corrosão dos metais condutores que revestem o as camadas superior e inferior das placas de circuito impresso.

Comumente, uma placa de circuito impresso é composta por três ou duas camadas específicas, sendo duas condutoras e uma dielétrica, para o primeiro caso. E uma condutora e dielétrica para o segundo. A Figura 1 demonstra a representação do arranjo típico de três camadas.

Figura 1: Representação das três camadas.



Fonte: Google imagens.

A camada condutora comumente é constituída de Cobre (Cu), este é responsável por conduzir a corrente elétrica na superfície condutora. Já o dielétrico, é incumbido a isolar as camadas superior e inferior caso existam as duas e proporcionar que no circuito definido, não haja contato elétrico entre trechos que não sejam corroídos (GENTIL, 2012).

2.1.1 Introdução aos metais condutores

Em se tratando de materiais cotutores, é necessário compreender devidamente sobre cada um e sua utilização. Esses materiais são bastante utilizados em dispositivos elétricos, onde sua classificação é dada da seguinte forma:

- I. Condutor elétrico, em materiais condutores, semicondutores e isolantes;
- II. Condutor magnético, em materiais ferromagnéticos, diamagnéticos e para magnéticos.

Existem algumas grandezas que fazem a caracterização de cada material condutor, como: condutividade ou resistividade elétrica, coeficiente de temperatura, condutividade térmica, potencial de contato, comportamento mecânico etc. É preciso tratar estas grandezas de forma fundamental, ora são elas que irão influenciar diretamente na escolha de um material para desempenhar sua função específica. É necessário entender também que, nem sempre o material com maior característica condutiva vai atender e satisfazer determinada utilização, pois existem diversos fatores influentes na escolha do material e que deve ser atendido diretamente (SCHMIDT, 2010).

É importante salientar, a movimentação de corrente elétrica é feita pelos materiais sólidos, líquidos, e sob circunstâncias favoráveis, pode acontecer em materiais gasosos. O grande destaque no grupo dos materiais condutores é dado pelos materiais metálicos. Visto que, o grupo dos metais nobres apresenta excelente condutividade elétrica e a característica de alta condutividade determinam suas aplicações voltadas para áreas como enrolamentos de máquinas elétricas, transformadores etc. Em contrapartida, as ligas naturalmente possuem alta resistência, para fins de fabricação de resistências, aparelhos de calefação, filamentos para lâmpadas incandescentes etc. (SCHMIDT, 2010).

A maioria de materiais condutores encontrados na natureza são metais. Isso porque em suas estruturas atômicas os átomos da camada de valência podem fluir livremente de átomo para outro. No momento em que uma corrente elétrica é especificada em um condutor metálico, vai suceder um aumento no número de elétrons livres que atravessa o condutor, em seguida, os elétrons vão entrar em colisão com os demais e como os átomos que constituem o material, provocando diminuição da passagem de corrente através do material condutor. Lembrando que é indispensável saber que não só os metais possuem boa característica condutora, mas também os não metais, são capazes de atuar como grandes condutores, como por exemplo, grafite, a água salgada ou qualquer material em estado de plasma (PEDROSO, 2008).

2.1.2 Principais metais condutores

Os metais são fundamentais quando se deseja alta condutividade e são utilizados em grande escala na estrutura dos dispositivos eletrônicos. Alguns dos metais mais importantes são: Cobre (Cu), Alumínio (Al), Chumbo (Pb), Prata (Ag), Ouro (Au) e Ferro (Fe).

2.1.2.1 Cobre (Cu)

Possui vantagens que o posiciona com prestígio perante os demais metais condutores. Algumas de suas características são uma pequena resistividade, características mecânicas favoráveis, o cobre oxida vagarosamente, diante de elevada umidade. É importante destacar que o metal posto a altas temperaturas, sofre um processo de oxidação mais acelerado. (ROLIM, 2002).

O cobre também apresenta uma estrutura de fácil deformação a frio e a quente, ou seja, sua seção transversal é facilmente aplainada mesmo diante de frações de milímetros de diâmetro. O máximo grau de pureza no cobre é provocada pelo máximo valor de condutividade, sendo assim, o limite máximo que a pureza pode alcançar é quando o cobre é mantido em ambientes sem oxigênio. O cobre resiste bem à ação da água, de fumaças, sulfatos, carbonos, sendo atacado pelo oxigênio do ar, caso entre em contato com ácidos, sais e amoníaco, o cobre pode sofrer corrosão. (ROLIM, 2002).

2.1.2.2 Alumínio (Al)

O alumínio vem assumindo a segunda posição em se tratando de propriedades numa escala global, visto que, é o segundo material mais utilizado no ramo da eletricidade e também é mais barato que o cobre. A cada ano que passa, o homem está cada vez mais preocupado em trocar o cobre pelo alumínio, uma vez que o foco está em economizar, ora um material de alumínio com diâmetro maior que um de cobre, ainda retém metade do peso do material feito de cobre e conseqüentemente reduz os custos dos elementos de sustentação envolvidos, percepção importante na construção de linhas de transmissão.

Porém, mesmo que seja mais barato, ele apresenta algumas limitações como, por exemplo, é um material frágil mecanicamente e possui uma rápida oxidação, mas não demasiada (ROLIM, 2002). A Tabela 1 abaixo, apresenta comparações de algumas características do cobre e o alumínio.

2.1.2.3 Chumbo (Pb)

A cor do chumbo é cinzenta e quando não oxidado, seu brilho metálico é de certa forma exorbitante. Também possui uma oxidação superficial bastante rápida. Quando esse metal é submetido em contato com água potável desenvolve uma alta resistência contra essa operação. O chumbo é venenoso, não resiste a vinagre, materiais orgânicos em apodrecimento, água destilada e cal. No campo da elétrica é bastante utilizado como finas chapas para blindagens de cabos com isolamento de papel, acumuladores de chumbo-ácido,

paredes protetoras conta a ação de raio X, elos fusíveis, material de solda, etc. (ROLIM, 2002).

2.1.2.4 Prata (Ag)

A prata é um metal nobre que a nível industrial, possui grandes aplicações direcionadas ao contato entre peças. É bela, pois apresenta uma cor prateada e luminosa, porém pode vir a escurecer devido ao óxido de prata e sulfeto de prata que se constitui em contato com ar. Esse metal é extraído de minérios combinados de prata, cobre e chumbo. A prata tem personalidade elétrica, química e mecânica, que lhe proporciona ser utilizada com formato puro ou de liga nas partes condutoras onde uma oxidação ou sulfetação viria causar grandes problemas. É um ótimo material condutor e no seu estado puro é usada em pastilhas de contato, para correntes baixas. Sua prateação também pode ser empregada na proteção de peças de metal mais corrosível (ROLIM, 2002).

2.1.2.5 Ouro (Au)

O ouro é um metal de característica condutiva bastante forte se comparados com a maioria dos outros metais, apresentando estabilidade química, aptidão mecânica, alta resistência contra oxidação, sulfetação, etc. Contudo, é preciso estar atendo as suas limitações, visto que, é um material precioso e caro. Portanto, suas aplicações no ramo da eletricidade, é dada em peças de contato na área de correntes muito baixas, pois qualquer oxidação pode ocasionar em interrupções elétricas no circuito do dispositivo. É aplicado em um formato puro, porque como liga perderia seu perfil altamente qualitativo (ROLIM, 2002).

2.1.2.6 Ferro (Fe)

É um metal muito antigo conhecido desde a pré-história, chamada de idade de ferro. Também era utilizado para fabricação de aço temperado pelos Gregos, 500 anos A.C. Por causa do desenvolvimento industrial nos anos de 1800, o ferro paralelamente também foi otimizado com melhores características e qualidades. As causas da explosão foram: Abundância de ferro na superfície terrestre, alto teor de ferro nos minérios, baixo ponto de fusão, bom condutor de calor e eletricidade, dúctil e maleável, magnetizável, boas propriedades mecânicas, formas limpas de excelentes características, etc. (ROLIM, 2002).

2.1.2.7 Comparação entre os principais metais condutores.

Os metais apresentam diferenças naturais entre suas propriedades, resultando em aspectos físicos como cor, aspereza e densidade diferentes, percebe-se na Figura 2 algumas dessas diferenças visualmente.

Figura 2: Alguns dos vários metais condutores.



Fonte: Resumo Escolar. Acesso em 11.08.2018

Quanto as propriedades físicas, a Tabela 1 expõe as principais.

Tabela 1: Características de metais condutores.

<i>Metal</i>	<i>Resisten- cia a tração (kgf/mm²)</i>	<i>Alonga- mentos %</i>	<i>Peso- especí- fico a 20 °C (g/cm³)</i>	<i>Tempe- ratura de fusão (°C)</i>	<i>Tempe- ratura de evaporação (°C)</i>	<i>Resistividade a 20 °C (Ωmm²/m)</i>
Cobre	Fundido – 15 a 20	35 – 40	8,3 a 8,9	1083	2360	0,0169
	Laminado e Recosido – 20 a 26					0,0179
	Encruado – 35 a 45	2 – 6				0,0182

Alumínio	Recosido – 3,5 – 6	40 – 50				0,0262
	Encruado – 11 – 13	4 a 5	2,7	658	2270	0,0295
Chumbo	1,6	55	11,4	327	1560	0,20 a 0,22
Estanho	1,5 – 4,0	–	7,3 a 7,8	232	2360	0,114
Prata	16 – 30	50	10,5	960	1918	0,0162
Ouro	27	–	19,3	1063	2700	0,021–0,024
Platina	20 – 40	3 – 45	21,4	1773	4300	0,10
Mercúrio	–	–	13,55	Solidf. – 39	357	0,95 – 0,96
Zinco	3 – 36	0,5 a 50	7,14	419	900	0,06
Cádmio	6	–	8,6	321	767	–
Níquel	40 – 45	25 a 30	8,9	1450	3147	0,07 – 0,09
Cromo	–	100– 10⁻⁷	7,2	1920	2660	0,7 – 0,8
Tungstênio	400	1 – 4	19 –20	3400	5000–6000	0,05 – 0,06
Molibdênio	180 – 200	2 – 5	10,2	2630	3600	0,0477

Fonte: ROLIM, 2002.

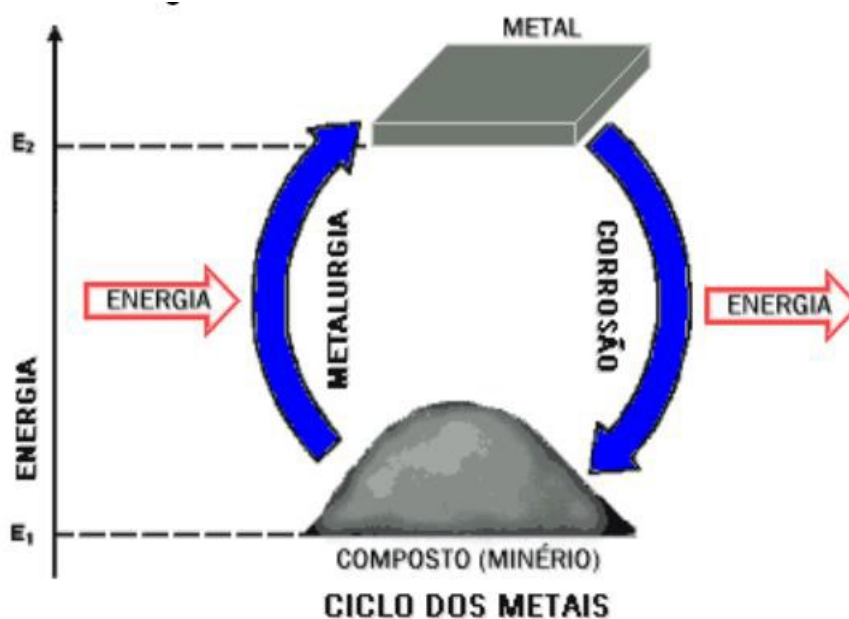
Diante das características observadas na Tabela 2 é notório que o cobre, de um modo geral, apresenta ótimas características para diversos ramos de aplicações e de fato, é um metal de grande contribuição em áreas que se deseja boa condução tanto de eletricidade quanto de calor. Os fios de rede elétrica que vemos na rua é um bom exemplo para compreender sua importância, visto que, são utilizados em grande escala.

2.1.3 Corrosão de metais condutores

A corrosão globalmente é definida como uma deterioração de um certo material que naturalmente são metálicos, ocasionada pela ação de reações químicas ou eletroquímicas desenvolvida pelo próprio meio ambiente espontaneamente. Posterior ao processo de deterioração provocada pela interação físico-química entre o material e o meio operacional, promoverá uma mudança na estrutura desse material de modo a tornar inapropriado sua utilização na função que lhe foi dada. Assim, podemos afirmar que é uma espécie de destruição do material (GENTIL, 2012).

Como foi dito anteriormente, os metais naturalmente se encontram na forma oxidada e muito raramente encontram-se metais na forma pura. É imprescindível que na obtenção dos metais, sejam fornecidas grandes quantidades de energia, consequentemente o material se encontra num estado de grande energia. Por essa razão os metais buscam retornar ao seu estado original, ou seja, de menor energia (FERNANDES, 2015). A Figura 3 demonstra o processo corrosivo metálico como o inverso ao metalúrgico, onde para produzir as peças e equipamentos industriais os materiais são submetidos à uma grande quantidade de energia.

Figura 3: Esquema comparativo admitindo o fenômeno corrosivo como um processo inverso ao metalúrgico.



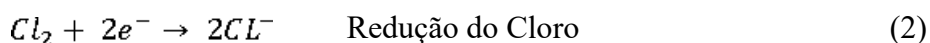
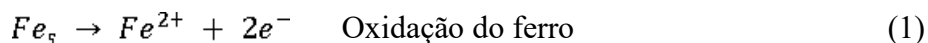
Fonte: PIMENTA, S.D.

Com isso, é notado que a corrosão pode ser dita, de mesmo modo, como o processo inverso, ou seja, a perda de energia do material faz com que o mesmo volte ao seu estado natural.

Os materiais metálicos estão entre os materiais com maior potencial para corrosão, visto que, sofrem do processo por causa das reações de oxirredução, derivada da junção do termo oxidação (ganho de oxigênio por uma substância e perda de elétrons) e redução (retirada de oxigênio por uma substância e ganho de elétrons) (FERNANDES, 2015).

O procedimento de oxirredução é ocorrido pela transferência de elétrons entre espécies químicas de substâncias que reagem entre si. Sendo mais específico, o grande responsável pela corrosão é o oxigênio, visto que, é uma substância considerada não metal e naturalmente tendem a ganhar elétrons, no mesmo tempo em que os metais tendem a perder elétrons para oxigênio. Um bom exemplo é o ferro, que é facilmente oxidado quando posto

em contato com o ar e a umidade chamado de ferrugem. Podemos notar que o ferro possui potencial de oxidação maior que o do oxigênio, ele perde elétrons, ocorrendo a seguinte reação anódica:



Essa perda e ganho de elétrons modifica totalmente as propriedades das substâncias. Assim o ferro perde suas propriedades relacionadas com caráter metálico, e o cloro suas características de um gás altamente tóxico (GENTIL, 2012).

2.1.4 Efeito do movimento mecânico e aumento da temperatura

Elementos externos a uma reação química podem influenciar diretamente na eficácia e velocidade dessa reação, de tal forma, entende-se que haja métodos para favorecer a ocorrência de uma reação específica, criando para isso, mecanismos tais como aumento da energia cinética das moléculas ou garantindo homogeneidade da solução (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2010).

2.1.4.1 Movimento mecânico

A superfície de contato entre partes de uma reação química é um aspecto fundamental para determinar a velocidade e eficácia da reação, de tal modo, considera-se fundamental que impurezas formadas pela corrosão, sejam retiradas afim de evitar que o corpo de fundo resultado da oxidação impeça que a reação ocorra (GENTIL, 2012).

Em um processo comum de decantação, os materiais mais pesados em uma solução tendem a se depositarem no fundo do recipiente onde está ocorrendo o processo químico, desta forma, fazendo com que em regiões volumétricas distintas existam diferentes concentrações da solução, resultando em uma não homogeneização do meio em que o metal está inserido (GENTIL, 2012).

2.1.4.2 Temperatura

A temperatura é um dos diversos fatores que influenciam nas velocidades de reações. Através da observação de como ocorrem as reações em nível atômico e molecular se pode

entender melhor esse fenômeno químico. Para que qualquer reação se realize, a teoria das colisões de velocidades de reação afirmar três circunstâncias devem ser satisfeitas:

- I. As moléculas que reagem devem colidir uma com as outras;
- II. As moléculas que reagem devem colidir com energia suficiente para quebrar as ligações;
- III. As moléculas devem colidir com uma orientação que possa levar ao rearranjo dos átomos.

Por isso, para que haja reação das moléculas é necessário haver colisão entre as moléculas, visto que, a velocidade de reação está associada com número de colisões, que consequentemente tem ligação com suas concentrações (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2010).

A distribuição de energia entre as moléculas de um gás ou líquido acontece de maneira diferente, pois algumas moléculas possuem energia muito baixa, outras, energias muito elevadas, porém o maior número apresenta energia intermediária. É importante salientar que, o aumento da temperatura provoca o crescimento da energia média das moléculas de uma amostra qualquer (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2010).

Energia de ativação é basicamente uma barreira de energia que deve ser ultrapassada, para que as moléculas possam reagir. Em uma reação química exercida em temperatura ambiente, é lenta pelo fato de que algumas moléculas não possuem energia suficiente para que a reação se realize. Contudo, a medida que aumenta a temperatura de determinada amostra, sua velocidade de reação simultaneamente também aumenta, como resultado, observamos uma elevação da fração de moléculas com energia suficiente para superar a barreira de ativação (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2010).

2.2 MICRONTROLADORES PIC

Neste subtópico é exposto os principais conceitos voltados ao microcontrolador *Peripheral Interface Controller* – PIC, ou seja, controlador de interface de periféricos, produzido pela *Microchip Technology*.

2.2.1 Introdução aos microcontroladores PIC

Pode-se afirmar que um microcontrolador é um minicomputador, ou seja, é um computador integrado no interior de um único *chip*. Esse *chip* contém um processador, definido como Unidade lógica e Aritmética – ULA, memória, periféricos, de entrada e de saída, temporizadores, dispositivos de comunicação serial etc. (PENIDO; TRINDADE, 2013).

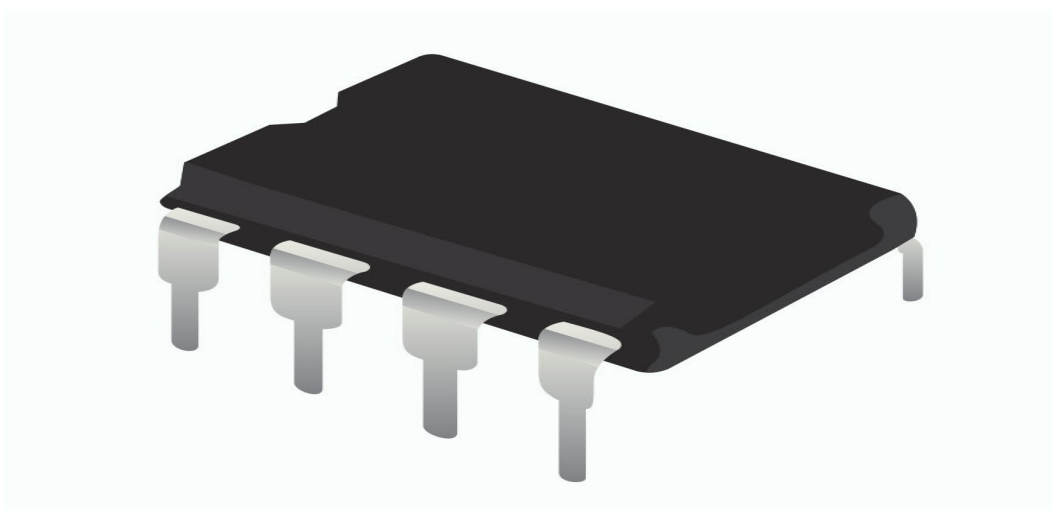
A medida que a tecnologia avança, a complexidade dos dispositivos eletrônicos paralelamente também cresce, daí o surgimento dos microcontroladores como forma de atender e acompanhar a evolução natural dos circuitos digitais. Os microcontroladores eficientes, de tal maneira, que chegam a ser mais baratos e mais compactos, substituem a o uso limitado das portas digitais por um agrupamento de processadores e *softwares* (PENIDO; TRINDADE, 2013).

Os microcontroladores são aplicados nas diversas áreas de atividades humanas, desde o uso no desenvolvimento ou aplicação dos meios de produção, saúde, controle de plantas e em sistemas embarcados específicos, tais como aeronaves e submarinos. Para cada aplicação, se faz necessário por vezes que o microcontrolador atenda a características especiais, como nível de processamento, memória, número de periféricos e outros. Para isso, são determinadas as famílias de micros, que se dividem geralmente em função das suas atribuições (PENIDO; TRINDADE, 2013).

2.2.2 Família 12F

A Microchip é uma das maiores empresas responsáveis pela fabricação de microcontroladores. Ela separa os PICs em diferentes famílias chamadas de Cores, onde são essas famílias que constituem diferentes mudanças na arquitetura interna desses dispositivos. Existem Cores de 12 bits, 14 bits, 16 bits, 16 bits avançado, etc. O número de bits se refere ao barramento que é sempre de 8 bits, o número de bits que uma posição de memória pode armazenar. A medida que o número de bits aumenta, paralelamente a memória endereçável também vai aumentar, ou seja, Cores de 12 bits – PIC12X, Core de 14 bits – PIC16X, Core de 16 bits – PIC16X, Core de 16 bit avançado – PIC18X, onde o X em quaisquer famílias descreve o tipo de tecnologia na memória de programa (PRIMETEC, 2005).

Os microcontroladores PIC da família 12F foram os primeiros a chegarem ao mercado e naturalmente os mais conhecidos e populares. Podem endereçar 1Kbyte de memória de programa, e disponibilizam um máximo de 128 bytes de RAM. É um tipo de arquitetura com parâmetros suportáveis de 35 instruções de programa, além de, também, encontrarem-se disponíveis em encapsulamentos de 8 pinos (PRIMETEC, 2005). Na Figura 4 segue uma imagem de um microcontrolador PIC da família 12F (PRIMETEC, 2005).

Figura 4: Microcontrolador PIC12F675.

Fonte: Microchip Technology Inc., 2012

Tabela 2: Dispositivos internos de um microcontrolador.

Central Processor Unit – CPU (Unidade de Processamento Central)	Interpreta as instruções de programa
Programmable Read Only Memory – PROM (Memória Programável Somente de Leitura)	Gravadas as instruções do programa
Random Access Memory (Memória Programável Somente de Leitura)	Memorizar as variáveis utilizadas pelo programa
LINHAS de I/O	Controlar dispositivos externos ou receber impulsos de sensores, interruptores, etc
Gerador de clock	Conjunto de dispositivos auxiliares ao funcionamento.
Contadores	
UASART (Comunicação)	

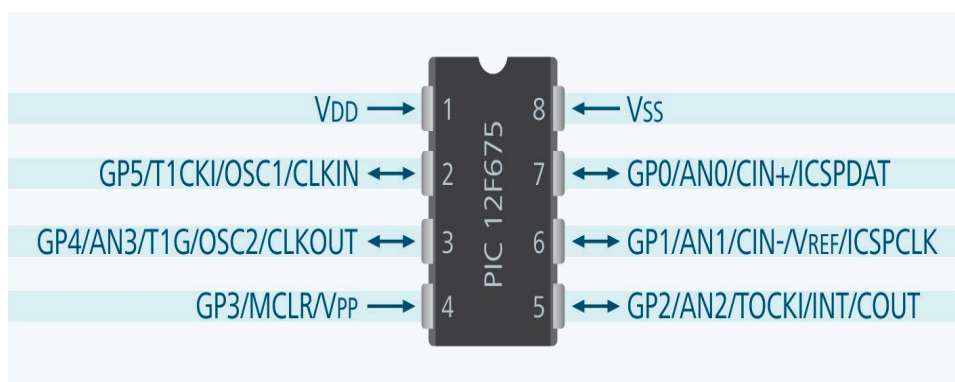
Fonte: PRIMETEC, 2005.

2.2.2.1 PinOUT Família 12F

O microcontrolador PIC da família 12F por apresentar apenas 8 pinos, pode parecer um tanto limitado, porém é altamente versátil e possui um baixo preço. A maioria da família de 12 bits foi fabricada com memória OTP e EPROM apagável por UV, mas há pouco tempo, a Microchip relançou os PICs para o mercado com memória FLASH, que possibilita uma versatilidade quase imensurável (PRIMETEC, 2005). Os pinos desse microcontrolador estão subdivididos em categorias separadas de acordo com sua função, como mostra na Tabela 3 e Figura 5.

O Apêndice A apresenta as principais características do PIC12F675 e o texto, em inglês por se tratar do datasheet (folha de dados), emitido pela Microchip em 2012.

Figura 5: Apresenta a pinagem do PIC12F675.



Fonte: Microchip Technology Inc., 2012.

Tabela 3: Função de cada pino no PIC12675.

Pino 1	Entrada de alimentação positiva
Pino 2	Configurações de entrada e saída (configurável) geral (GP5), clock do timer 1 (T1CK), entrada1 do circuito externo de oscilador de clock (OSC1) ou, ainda, entrada de sinal externo de clock
Pino 3	Configurações de entrada e saída (configurável) geral (GP4), quarta entrada analógica (AN3), entrada2 do circuito externo de oscilador de clock (OSC2) ou, ainda, saída de sinal externo de clock
Pino 4	Configurações de entrada e saída (configurável) geral (GP3), master clear (baixo ativo) ou tensão de programação (VPP)
Pino 5	Configurações de entrada e saída (configurável) geral (GP2), terceira entrada analógica (AN2), clock do timer 0, interrupção externa (INT) ou, ainda, saída do comparador interno (COUT)
Pino 6	Configurações de entrada e saída (configurável) geral (GP1), segunda entrada analógica (AN1), entrada inversora do comparador interno (CIN-), tensão de referência do comparador interno (VREF) ou, ainda, clock da programação in-circuit (ICSPCLK)
Pino 7	Configurações de entrada e saída (configurável) geral (GP0), primeira entrada analógica (AN0), entrada não inversora do comparador interno (CIN+) ou, ainda, dados da programação in-circuit (ICSPDAT)
Pino 8	Terra da alimentação

Fonte: PRIMETEC, 2005.

2.2.2.2 Principais registradores

Definidos como posições da memória os registradores (Special Function Registers – SFR) que herdam nomes e funções específicas, na qual conservam configurações e o estado de funcionamento efetivo de cada PIC. Por padrão, cada bit do registrador vai atuar de maneira específica de acordo como foi programado. Assim, os registradores vão determinar se as portas são entradas ou saídas, ativar e desativar interrupções, apresentar o estado da CPU, entre outros (PENIDO; TRINDADE, 2013). Na Tabela 4 logo abaixo, temos os principais registradores do PIC12F675.

Tabela 4: Principais registradores do PIC12F675.

TMR0 (01H)	Armazena a contagem do timer. Sempre que este contador chegar a zero e o INTCON estiver ativado, a interrupção de timer 0 será ativada
STATUS (03H)	Mostra o estado interno da CPU
GPIO (05H)	Apresenta o estado dos pinos de entrada/saída
INTCON (0BH)	Ativa/desativa o conjunto de todas as interrupções e cada uma delas de forma independente
CMCON (19H)	Apresenta o estado das entradas e da saída do comparador interno
ADCON (1FH)	Apresenta o estado do conversor A/D
TRISIO (85H)	Define-se os pinos de entrada/saída atuarão como entrada ou como saída (individualmente)
ANSEL (9FH)	Seleciona o estado de cada um dos pinos de entrada/saída quanto à sua operação como pino analógico ou digital

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

Os Apêndices C e D apresentam as tabelas do fabricante contendo todos os registradores.

2.3 SENSORES E ATUADORES

Para este subtópico, são elencados os fundamentos relacionados a sensores e atuadores, assim como a abordagem de alguns dos principais tipos.

2.3.1 Introdução a sensores e atuadores

O funcionamento dos sensores se dá basicamente em detectar através de sua alta sensibilidade os valores das variáveis físicas que são formas de energia do ambiente, ou seja, é uma espécie de monitoramento. Esses sensores exercem o papel de comunicar um circuito eletrônico sobre um evento que aconteça externamente, no qual ele vai atuar, ou administrar ações. Algumas das grandezas físicas que o dispositivo faz a medição: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc. Na automação industrial, os principais dispositivos para verificar e interferir em um ambiente sobre certo controle, são os sensores e os atuadores (AMORIM, 2010).

2.3.1.1 Variáveis

Variável na área dos sensores, é o nome dado aos fenômenos físicos, como por exemplo: temperatura, pressão, intensidade luminosa, etc. Os sistemas de medição vão assimilar dados de acordo com sua função específica, por exemplo: indicar a temperatura, totalizar a vazão, registrar a pressão de um sistema, entre outros (AMORIM, 2010).

2.3.1.2 Atuadores

Estes dispositivos fazem o trabalho de conversão de uma determinada variável controlada, ou seja, interpretam o sinal originado pelo controlador e realiza funções que lhe foi dada. Naturalmente trabalham com potência elevada. Alguns exemplos de atuadores são as válvulas (pneumáticas, hidráulicas), relés, cilindros (pneumáticos, hidráulicos), motores, solenoides, entre outros (AMORIM, 2010).

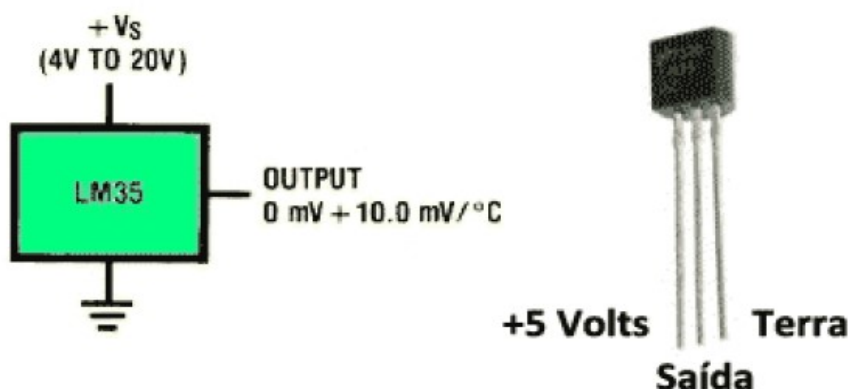
2.3.2 Sensor de temperatura

O sensor de temperatura pode atuar sobre um circuito em função da variação de temperatura do meio em que se encontram. De acordo com a temperatura, pode-se acionar ou desligar uma outra parte do circuito ou fazer apenas a mediação da temperatura normalmente. Existem vários dispositivos eletrônicos que pode atuar com sensores de temperatura, no qual o destaque está para o termistor (Negative Temperature Coefficient – NTC), também o termistor (Positive Temperature Coefficient – PTC), termopares, termômetros, entre outros (AMORIM, 2010).

2.3.2.1 Sensor LM 35

O LM35 é um sensor de precisão, fabricado pela National Semiconductor. Esse circuito integrado possui competência para medir temperaturas em graus centígrados, logo pode ser usado como termômetro preciso e sensível, ainda mais porque é um dispositivo barato e de fácil acesso no Brasil (LUNARDELLI, 2014). Na Figura 6 abaixo, podemos ver a pinagem do sensor de temperatura LM35.

Figura 6: Pinagem do sensor de temperatura LM35.



Fonte: LUNARDELLI, 2014.

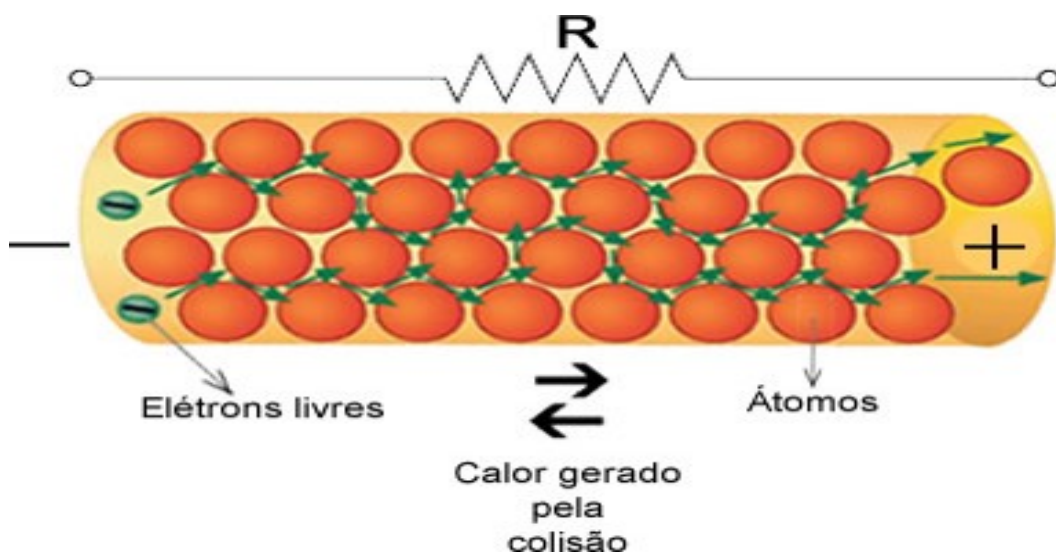
O LM35 tem uma voltagem de saída analógica, tendo sua faixa de medição entre -55°C a $+150^{\circ}\text{C}$ com uma precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e sua tensão de saída é de $10\text{mV} / ^{\circ}\text{C}$. Sua saída pode ser interligada diretamente seja qual for o microcontrolador. Esse dispositivo também funciona de maneira básica, visto que, para cada 10mV na saída simboliza um grau Celsius, então se é medido em sua saída 220mV , significa que a temperatura vai ser de $22,2^{\circ}\text{C}$. Algumas aplicações para o LM35: termômetros para câmeras frias, chocadeiras, controles de temperatura de máquinas, aquisição de dados para pesquisas, proteção para dispositivos industriais (motores, inversores, fontes), entre outros (LUNARDELLI, 2014).

2.3.3 Resistência para aquecimento

A medida que uma corrente elétrica traspasar um condutor com determinada resistência, esse mesmo condutor vai aquecer, havendo conversão de energia elétrica para energia térmica, em virtude da colisão constante dos elétrons livres com os átomos do condutor. Esse fenômeno foi estudado e constatado pelo cientista e físico britânico James P. Joule, que em sua homenagem, lhe deram o nome de efeito joule. É importante destacar que, por causa da colisão contínua dos elétrons com os átomos que pertencem ao condutor, as

moléculas passam a se agitar mais intensamente ocasionando um aumento de energia no sistema e da temperatura no condutor, ou seja, esse efeito é o princípio de funcionamento dos aparelhos elétricos determinados a aquecer. Alguns exemplos são ferro elétrico, chuveiro, estufa elétrica, torneira elétrica, lâmpada incandescente, torradeira, entre outro (SANTOS, 2010). Para melhor entendimento, abaixo temos uma Figura 7 para ilustrar melhor as colisões.

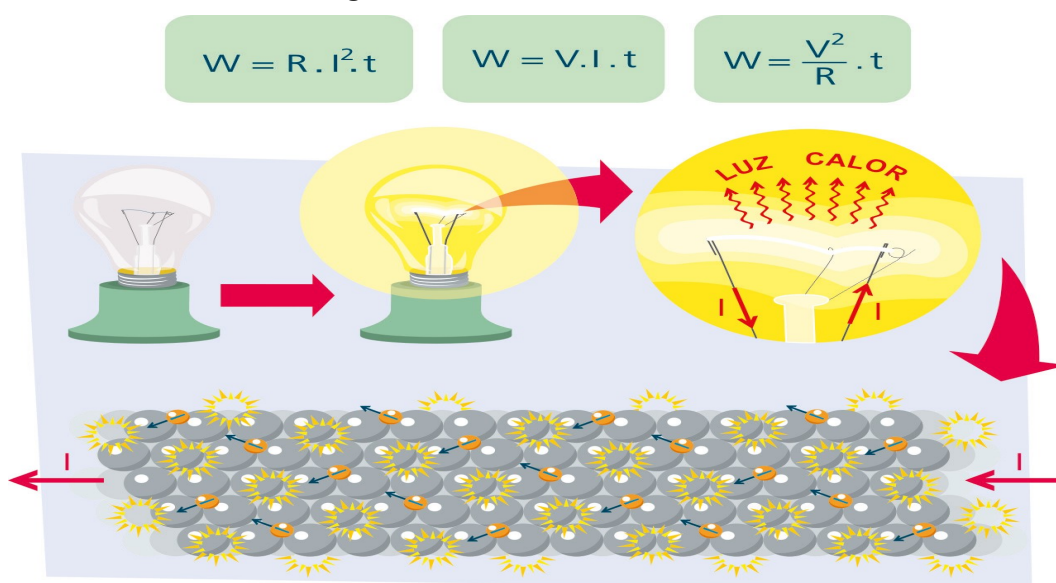
Figura 7: O choque dos elétrons livres com os átomos.



Fonte: Física na veia, 2015.

A energia potencial elétrica (W) dissipada num resistor por efeito Joule, é diretamente proporcional a resistência do resistor, ao tempo de duração da corrente e ao quadrado da intensidade da corrente (FREITAS; ZANCAN, 2010). Na Figura 8, podemos ver o efeito Joule funcionando em um condutor.

Figura 8: Efeito Joule em um condutor.

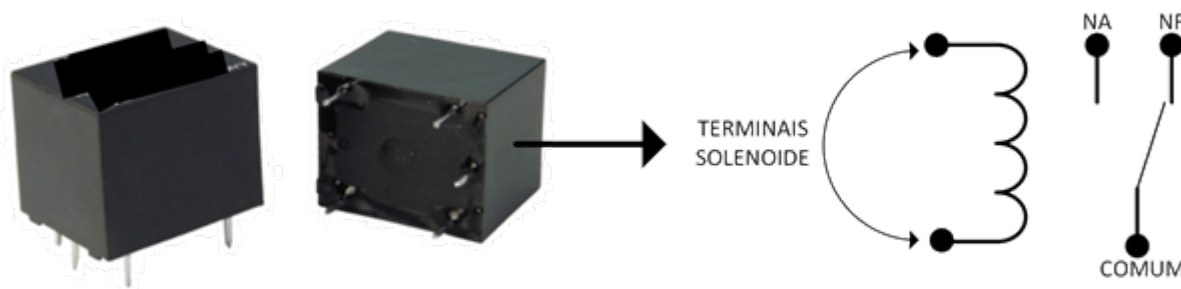


Fonte: CTISM.

2.3.4 Relé Eletromecânico

O relé é um dispositivo utilizado como chave elétrica para permitir ou não a passagem de corrente em um circuito ligado em série a ele. O relé eletromecânico é acionado de acordo com a energização de um solenoide que produz um campo magnético em dada direção que acaba por atrair um contato de metal, realizando assim uma comutação do estado de específicos contatos elétricos (MALVINO; BATES, 2016). A Figura 9 apresenta a imagem e um esboço do circuito interno de um típico relé de duas vias e um ponto comum.

Figura 9: Relé de duas vias e um ponto comum.



Fonte: Google imagens.

A bobina é formada de um fio de cobre que envolve um núcleo de ferro, que fornece um caminho de baixa relutância para o fluxo magnético. A partir do momento que é mandado uma corrente para bobina, ela circula pela bobina gerando um campo eletromagnético que causa atração entre os contatos. Se o relé está desligado, o contato NA está aberto e o NF fechado, porém quando é acionada a bobina do relé os contatos mudam de estado, ou seja, o contato NA é fechado e o NF é aberto. Esse estado permanece enquanto a bobina estiver acionada, e, quando ela é desligada, os contatos retornam para o estado de repouso (MALVINO; BATES, 2016).

2.3.5 Servo motores

Os servos motores são definidos como dispositivos eletrônicos capacitados para controlar o posicionamento do seu eixo em estabelecida posição angular. Esse dispositivo após ser programado no programa de entrada do servomecanismo, faz o controle através dos valores de posicionamento e velocidade atribuídos pelo programador. São pequenos e

possibilitam posicionamentos precisos de seu eixo, ou seja, são usados quando se deseja movimentar algo de forma precisa e controlada. Em um servo motor, pode-se encontrar um sistema eletrônico de controle e um potenciômetro interligado com eixo de saída do servo motor que promove o monitoramento do ângulo.

O servo motor quando identificar que o ângulo definido não é o correto, então o motor é acionado até encontrar o ângulo que se espera. É importante salientar, que em suas engrenagens existe um limitador que irá permitir que o ângulo de giro varie somente de 0° a 180° (SANTOS, 2007). Para entendimento de seu funcionamento é necessário o conhecimento de sua parte interna Figura 10.

Figura 10: Componentes internos do Servo Motor.



Fonte: SANTOS, 2007.

2.3.5.1 Partes do Servo motor

A Tabela 5 mostra a função de cada parte que compõe o servo motor.

Tabela 5: Composição do servo motor.

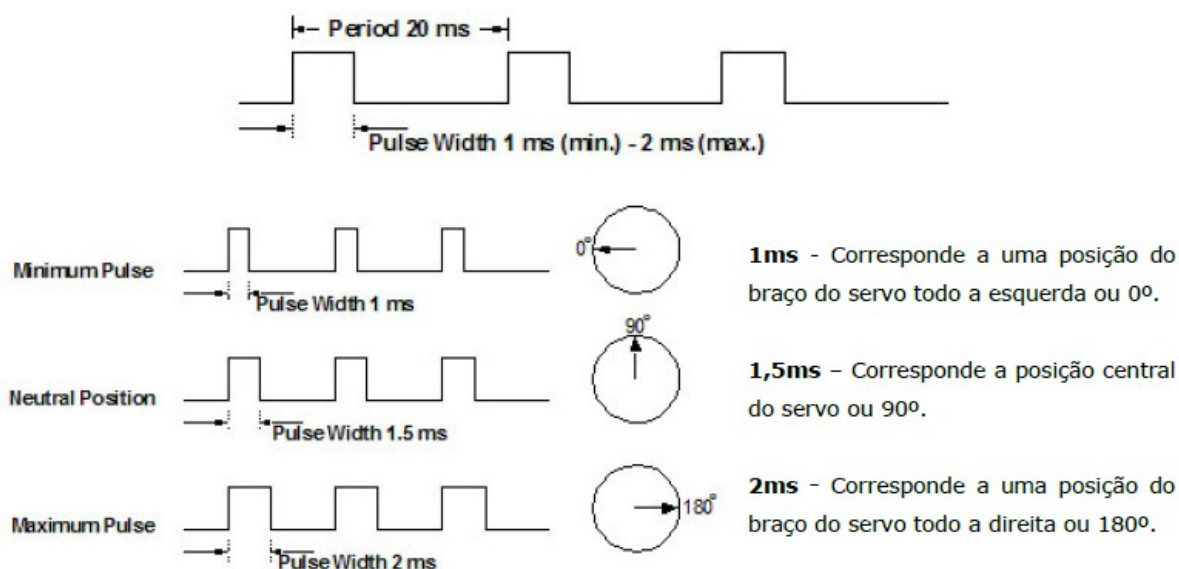
Circuito de Controle	Monitora o potenciômetro e acionamento do motor visando obter uma posição pré-determinada
Potenciômetro	Ligado ao eixo de saída do servo, monitora seu posicionamento
Motor	Movimenta as engrenagens e o eixo principal do servo;
Engrenagens	Reduzem a rotação do motor, transferem mais torque ao eixo principal de saída e movimentam o potenciômetro junto com o eixo;
Caixa do Servo	Caixa para acondicionar as diversas partes do servo

Fonte: SANTOS, 2007.

2.3.5.2 Controle do Servo motor

A duração da largura de pulso (Pulse Width Modulation – PWM) leva um sinal a entrada do servo motor, que irá definir o ângulo escolhido. Este sinal pode ter 0 Volts ou 5 Volts. A cada 20ms o circuito controlado vai supervisionar esse sinal, para então, poder alterar a posição do eixo de acordo com o sinal recebido, seja ele 0V ou 5V (SANTOS, 2007). A Figura 11 logo abaixo, mostra o controle dos sinais de um servo motor.

Figura 11: Sinais de controle do servo motor.



Fonte: SANTOS, 2007.

2.3.5.3 Classificação dos Servo motores

Na Tabela 6 logo abaixo, é feita a separação de acordo com sua classificação estrutural para cada servo motor.

Tabela 6: Classificação dos servos motores.

Standard	Mais usados e com características grandes e robustos, pesam em torno de 35 gramas.
Mini	Menores que os standards pesando entre 20 a 28 gramas;
Micro	Pequenos e leves com um bom torque. Pesam entre 6 a 20

Fonte: SANTOS, 2007.

Na Figura 12 em seguida, mostra alguns modelos de servo motores.

Figura 12: Alguns servos motores atuais.



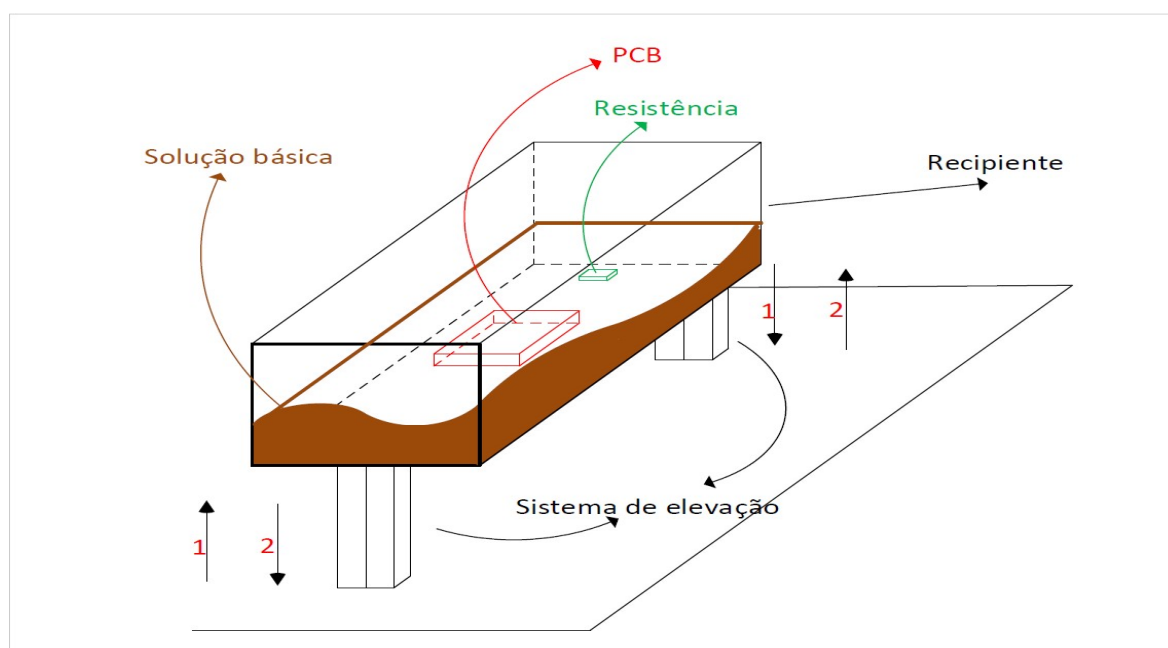
Fonte: SANTOS, 2007.

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, será abordada a metodologia com ênfase na observação dos materiais e métodos utilizados, assim como, os processos e procedimentos pelo qual o protótipo foi desenvolvido. Na Figura 13, é apresentado o corpo do protótipo e como se dá o princípio de seu funcionamento.

Figura 13: Estrutura do protótipo.



Fonte: Autoria própria, 2018.

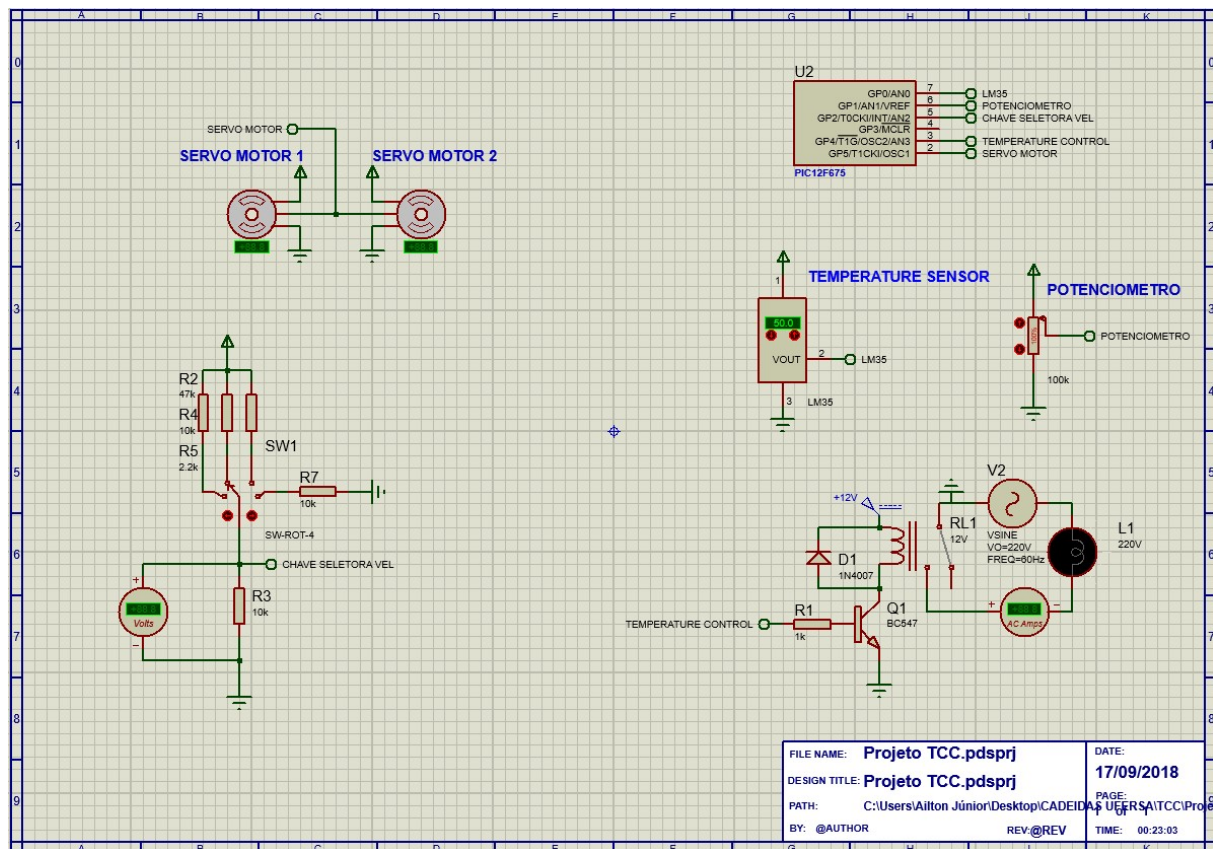
O esquema mostrado apresenta um recipiente contendo uma solução básica a base de perclorato de ferro e água, essa solução tem função de corroer a placa de circuito impressa. Já o sistema de elevação é dado por servos motores responsáveis por mexer a solução corrosiva com o intuito de homogeneizar a solução. A resistência representada é definida como a utilizada para o aquecimento de chuveiro elétrico, portanto, tem como função aquecer a substância contribuindo assim, para agilidade na fabricação da PCI.

3.1.1 Circuito e simulação

No presente trabalho foi utilizado o software ISIS Proteus Professional para criação dos esquemas elétricos além das simulações destes esquemas, visto que, se trata de um *software* de grande competência em se falando de simulações com processadores e microprocessadores. Foi elaborado um circuito contendo componentes como microcontrolador (PIC12F675), potenciômetro, sensor de temperatura (LM35), servo

motores, relé, resistores, chave seletora, fontes de alimentação, etc. A Figura 14, mostra um o projeto simulado no seu formato completo.

Figura 14: Simulação do projeto no ISIS Proteus.



Fonte: Autoria própria, 2018.

É importante frisar que a lâmpada está simbolizando a resistência de chuveiro elétrico que tem função de aquecer a solução corrosiva. O projeto foi elaborado visando a simplicidade de seu funcionamento e ao mesmo tempo, baixo custo para sua produção. Também deve-se observar que o terra no circuito fechado da resistência está aplicada apenas para que o circuito na simulação funcione adequadamente.

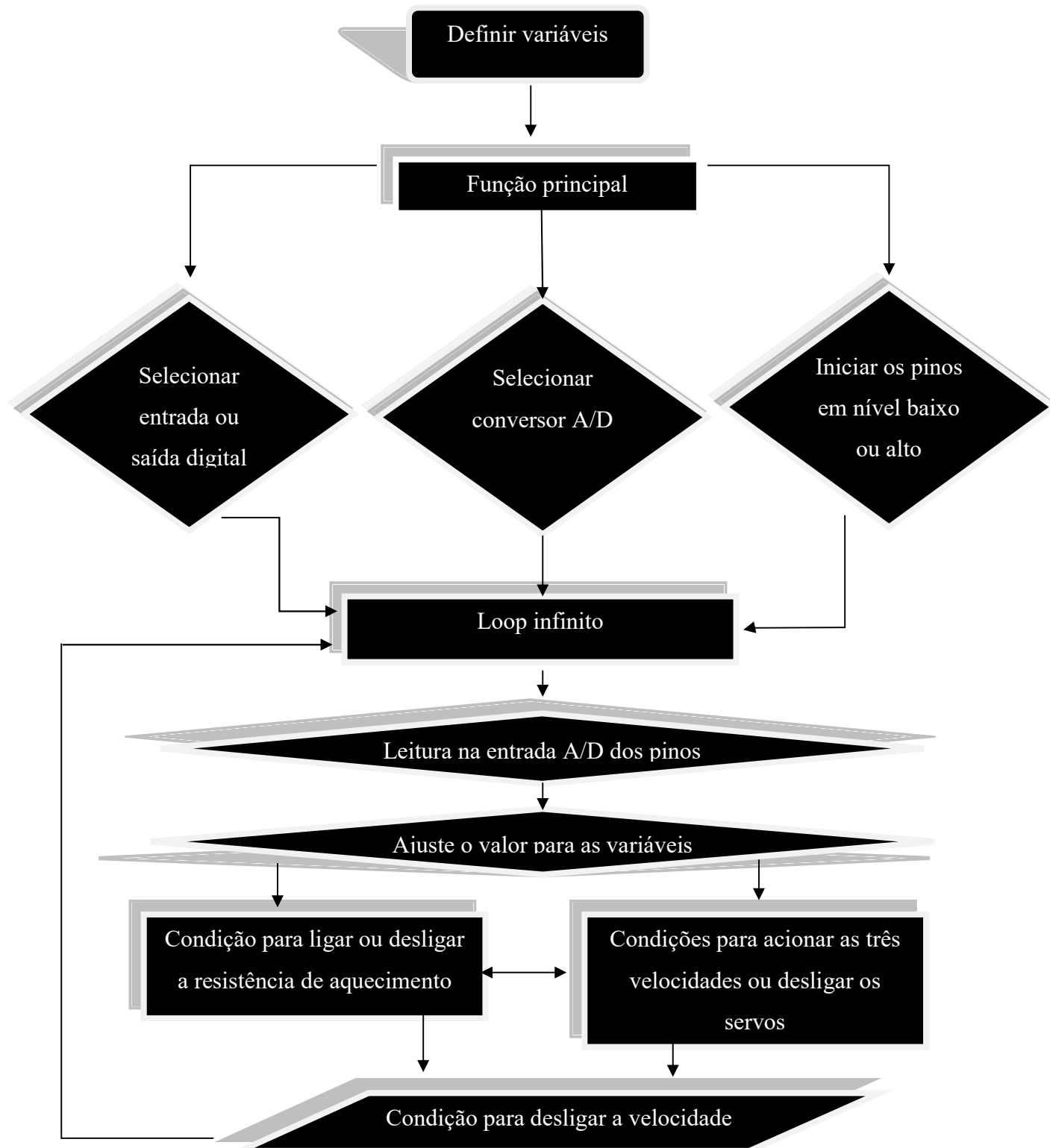
3.1.2 Programação

A programação do projeto foi desenvolvida com o uso da linguagem C (ANSI) através do programa MikroC For PIC, conjunto necessário para o funcionamento correto do microcontrolador.

Partindo da chave seletora, foi programado para que esta selecionar três velocidades diferentes e gradativas com intuito de mexer o recipiente do protótipo e ocasionar aceleração da reação química entre o perclorato de ferro e água. Também foi utilizado um potenciômetro, responsável por manter a temperatura numa faixa aproximadamente de 50°, pois quanto maior

a temperatura, mais rápida a reação devido à alta energia cinética no sistema e a constante colisão entre as moléculas dessas substâncias, conduz para uma reação química rápida e ao mesmo tempo eficaz. O fluxograma abaixo, tem o objetivo de mostrar o passo a passo da programação.

Fluxograma: Fluxograma da programação no MikroC for PIC.



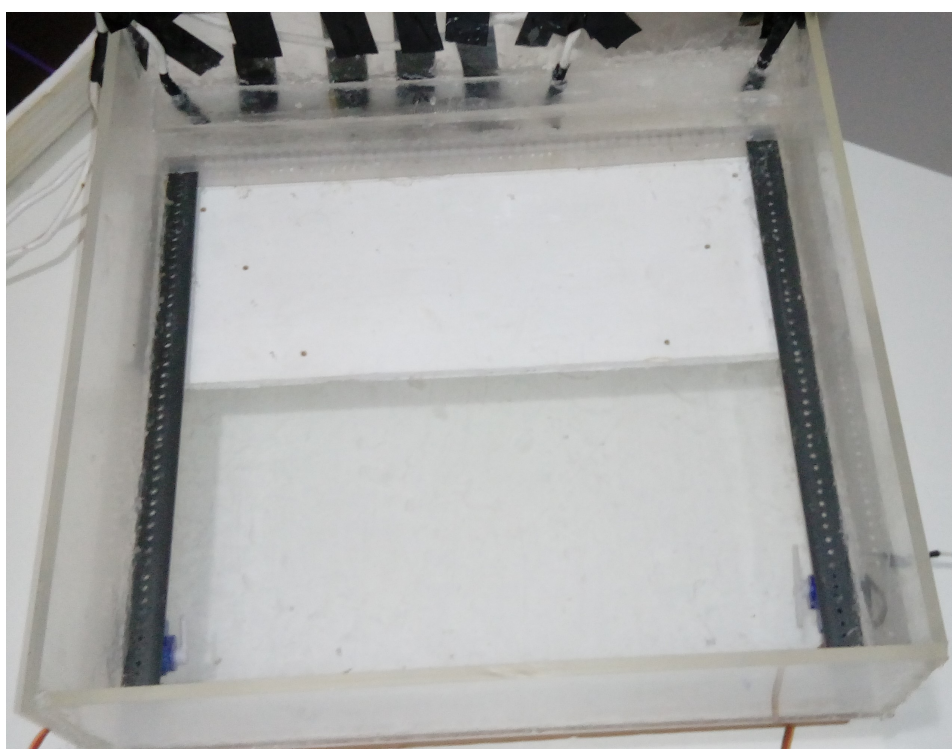
Fonte: Autoria própria, 2018.

Os Apêndices D e E, mostram o código utilizado na programação do PIC12F675.

3.1.3 Recipiente do protótipo

Nesta seção, foi realizada a confecção do recipiente com um material de acrílico que tem característica leve e resistente para trabalhos com soluções corrosivas e temperaturas um pouco acima do normal que é ideal para a reação corrosiva do projeto. O recipiente foi colado em formato cubico para funcionar como uma estrutura para corroer a placa no seu interior. A Figura 15 logo abaixo, mostra o recipiente no seu estado inicial e já colado.

Figura 15: Recipiente de acrílico.

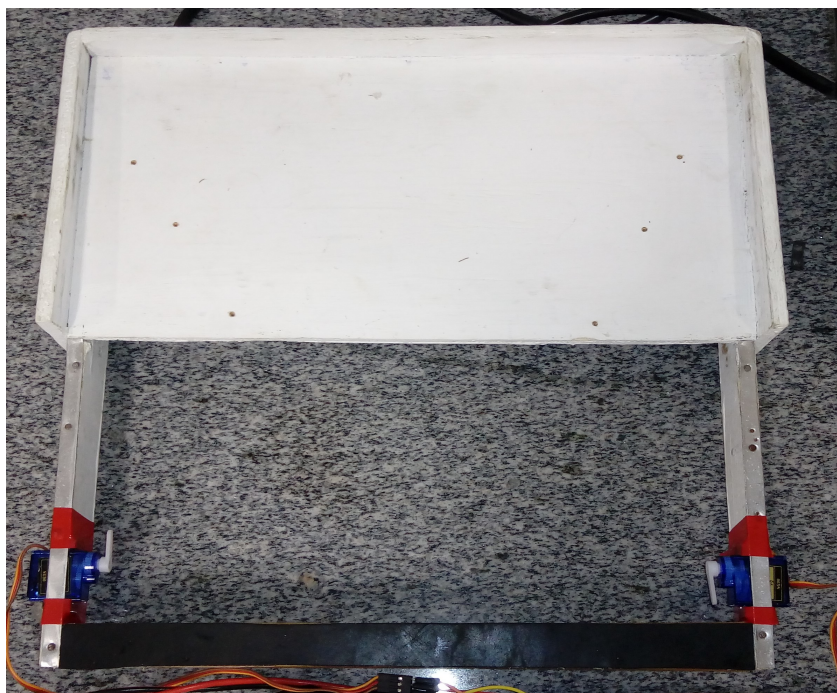


Fonte: Autoria própria, 2018.

3.1.4 Base do protótipo

Nesta etapa, realizou-se a construção de uma base, tanto para fixação dos servos motores, quanto para o amortecimento da constante colisão entre o recipiente e a própria base de modo que vai evitar problemas como derramamento da substancia ou fratura no acrílico. Essa colisão é feita por consequência do acionamento dos servos por movimentar-se de acordo com que foi programado, como dispositivo mexedor. A base também pode funcionar como isolador de meios externos, evitando que venham a danificar o recipiente. Na apresentação da Figura 16 abaixo, temos a base feita por um material de madeira e uma borracha para amortecimento.

Figura 16: Base do protótipo.

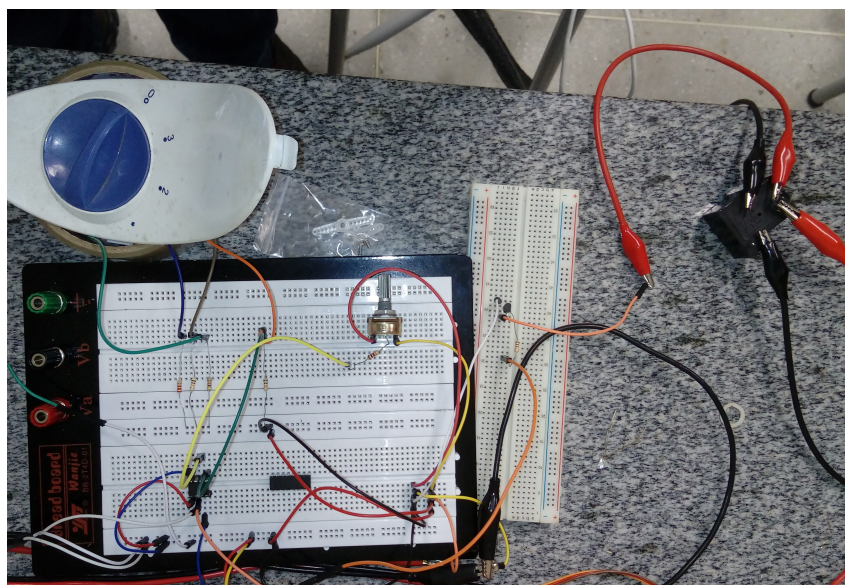


Fonte: Autoria própria, 2018.

3.1.5 Circuito na protoboard

Em seguida, esta seção ajusta-se para projeção do circuito feito pelo ISIS Proteus, só que constituído em uma protoboard que é uma espécie de matriz de contato, usada para fazer montagens provisórias, teste de projetos, além de inúmeras outras aplicações. O circuito da Figura 17, mostra o projeto montado sobre a protoboard e a interligação dos dispositivos eletrônicos com utilização de jumpers.

Figura 17: Circuito na Protoboard.

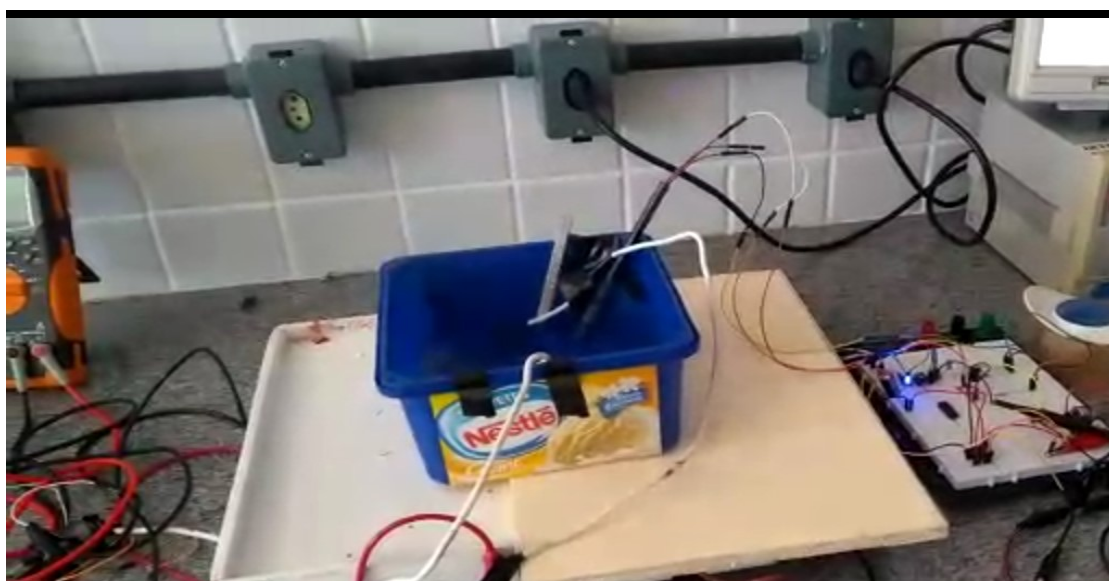


Fonte: Autoria própria, 2018.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foi realizado o teste de seu funcionamento com água para visualizar se o seu circuito está devidamente correto. Através do procedimento feito, podemos observar que o relé está no seu estado normalmente fechado como foi definido inicialmente e na programação, espera-se que a resistência de chuveiro elétrico inicialmente esteja ligada para resultar no aquecimento da solução, por isso, para entender o funcionamento correto no estado inicial, o led quando ligado, representa que a resistência está acionada e a água está aquecendo gradativamente como mostrado na Figura 18 abaixo.

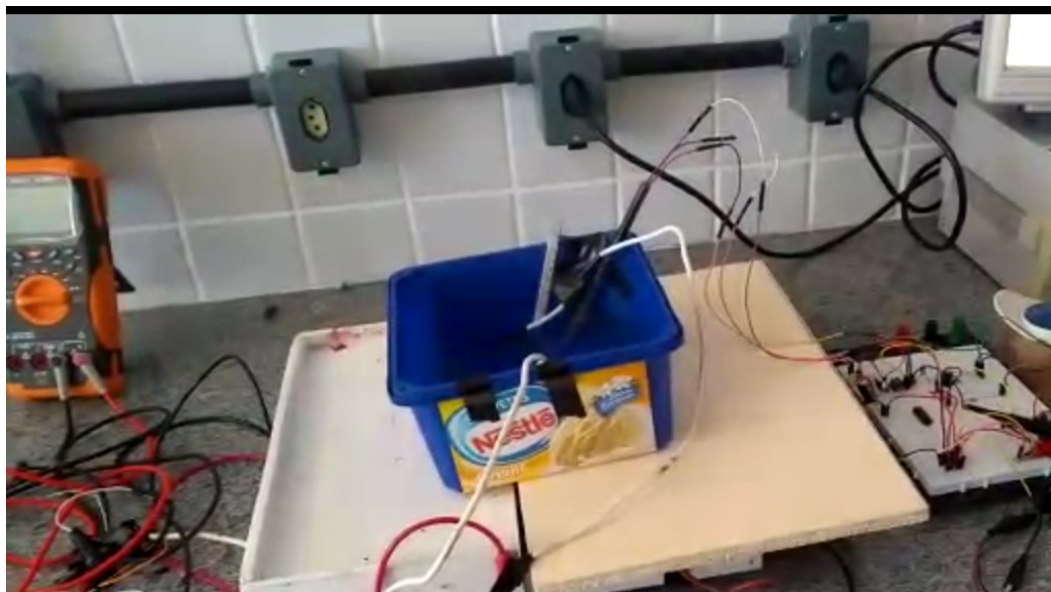
Figura 18: Circuito funcionando com a resistência ligada em paralelo com movimentação mecânica do servo.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Posteriormente, após o aquecimento gradativo da água, espera-se que ao atingir 50° Celsius o sensor de temperatura LM35 que está dentro da água, perceba a temperatura e desligue automaticamente como foi definido para o microcontrolador PIC12F675. Assim como foi designado, o circuito respondeu como esperando desligando automaticamente quando a temperatura do LM35 ultrapassar a faixa de 50°, consequentemente o relé vai passar do seu estado normalmente fechado para o normalmente aberto, ocasionando num circuito aberto e desligando o led como esperado e mostrado na Figura 19.

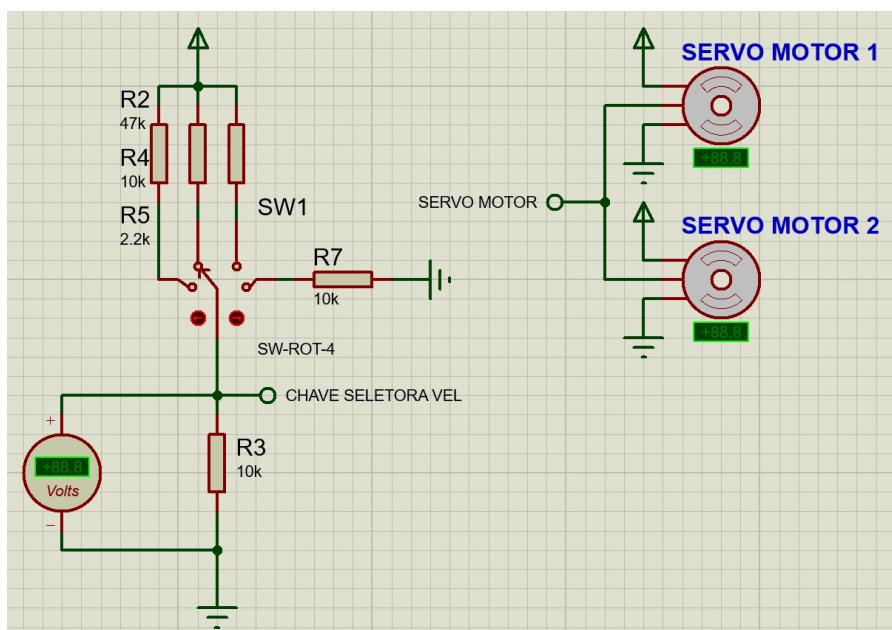
Figura 19: Circuito funcionando com a resistência desligada em paralelo com movimentação mecânica.



Fonte: Autoria própria, 2018.

É importante frisar que em ambos os procedimentos é realizado junto ao microcontrolador PIC12F675 o acionamento das velocidades com que o servo motor vai funcionar através de uma chave seletora, que de acordo com a tensão escolhida para seu estado funcional vai selecionar as velocidades um, dois e três com intuito de controlar a movimentação necessária para retirar as impurezas formadas pela deterioração do cobre. O servo motor executou de forma correta sua função mesmo que realizado apenas com água. Podemos observar e entender um pouco de sua função na Figura 20 logo abaixo.

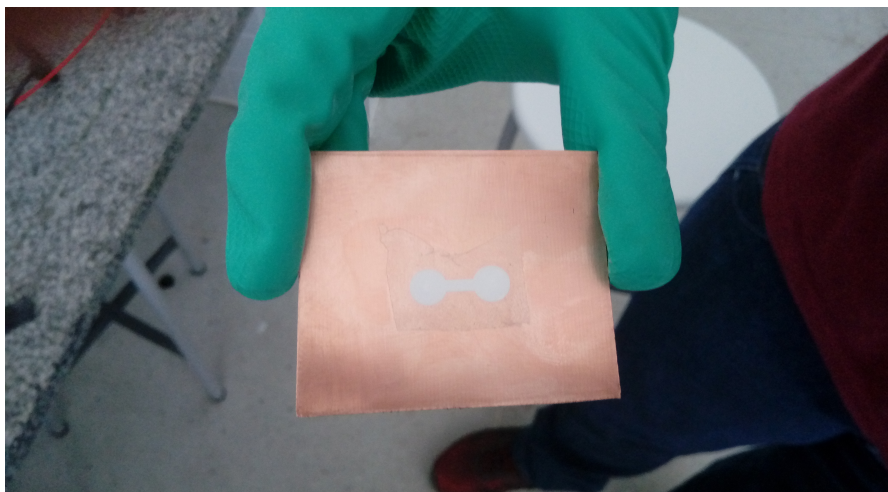
Figura 20: Simulação da seleção de velocidade no ISIS Proteus.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Em seguida, o mesmo procedimento foi realizado para corroer as amostras de placas de circuitos. Porém foi deparado com um imprevisto de vazamento no recipiente de acrílico que foi escolhido para corroer a placa de circuito separando a resistência de chuveiro elétrico da solução corrosiva, fazendo o aquecimento por meio da condução de calor. Como o outro recipiente não fazia a separação da resistência e a solução corrosiva, ocasionou um defeito que a medida com que solução corrosiva aumentava gradativamente sua temperatura, a própria resistência sofria corrosão, visto que, ela estava interligada em fios que se soltavam quando o processo ocorria sendo um procedimento perigoso de lidar. Nas Figuras 21 e 22, podemos observar a amostra de placa que seria posta em corrosão e o percloroeto de ferro já misturado com água para corroer a placa. Portanto, diante do problema, não foi possível dar continuidade na segunda parte do projeto.

Figura 21: Amostra de placa para corrosão.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 22: Solução corrosiva em contato com a resistência.



Fonte: Autoria própria, 2018.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os procedimentos feitos, foi possível obter o funcionamento correto do circuito através dos resultados encontrados. Diante do ocorrido, as discussões pertinentes conduziram às seguintes conclusões:

De acordo com o acionamento da resistência pode-se aquecer a substancia e melhorar o processo de corrosão, visto que, a reação por sua vez vai ocorrer num estado de maior energia e consequentemente mais rápido; O teste feito pelo acionamento mecânico do servo motor trará benefício com relação a retirada das impurezas do cobre que pode impedir que a reação ocorra mais rapidamente. De uma forma geral, o trabalho é viável, pois apresenta um baixo custo e influencia diretamente no desempenho da corrosão, de modo que, estimula a melhoria no processo de corrosão aplicado em placas de circuito impresso.

Dessa forma, determina-se as seguintes propostas para trabalhos futuros:

O desenvolvimento de um recipiente que acomode a resistência, permitindo que a mesma consiga trocar calor de forma eficiente com o meio externo; Uso de outros meios para agitar a solução, como bombas específicas ou sistemas de molas no recipiente; Controle da temperatura utilizando mais de um sensor, para monitorar a ocorrência de diferenças de temperaturas em regiões específicas do recipiente.

6 REFERÊNCIAS

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos, 2012.

LEMOES, Manoel. **Como fazer suas próprias PCBs**. 2014. Disponível em: <<http://blog.fazedores.com/como-fazer-suas-proprias-pcbs-placas-de-circuito-impresso/>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

MELO, P. R. S., GUTIERREZ, R. M. V., ROSA, S. E. S. **Complexo eletrônico: o segmento de placas de circuito impresso**. Complexo Eletrônico, BNDS, Rio de Janeiro, n. 13, p. 93-98, jun. 2018.

MELO, P. R. S.; RIOS, E. C. S. D.; GUTIERREZ, R. M. V. **Componentes eletrônicos: perspectivas para o Brasil**. Complexo Eletrônico, BNDS, Rio de Janeiro, n. 13, p. 3-8, jun. 2018.

MELO, P. R. S.; RIOS, E. C. S. D.; GUTIERREZ, R. M. V. **Placas de Circuito Impresso: Mercado Atual e Perspectivas**. Complexo Eletrônico, BNDS, Rio de Janeiro, n. 13, p. 113-118, jun. 2018.

DORO, M. M. **Sistemática para implantação da garantia da qualidade em empresas montadoras de placas de circuito impresso**. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Metrologia Científica e Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87460/207492.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

BRAGA, Newton C. **A Química da Placa de Circuito Impresso**. 2010. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/home/38-newton-c-braga/conversando/10519-a-quimica-da-placa-de-circuito-impresso-art2410>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

RENDELUCCI, Fábio. **Estados físicos da matéria: Sólido, líquido e gasoso**. 2005. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/quimica/estados-fisicos-da-materia-solido-liquido-e-gasoso.htm>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

SCHMIDT, Walfredo. **Materiais Elétricos: Condutores e Semicondutores**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2010.

PEDROSO, Carlos Marcelo. **Materiais Elétricos**. 2008. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/pedroso/2011/TE144/Aulas/MateriaisEletricos.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

ROLIM, Jacqueline Gisèle. **Materiais Elétricos**. Disponível em: <http://professorpetry.com.br/Ensino/Repositorio/Docencia_UFSC/Materiais_EEL_7051/Apostila_Materiais.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2018.

PENIDO, Édilus de Carvalho Castro; TRINDADE, Ronaldo Silva. **Microcontroladores**. 2013. Disponível em: <<http://www.ifmg.edu.br/ceadp3/apostilas/microcontroladores>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

ZANCO, Wagner da Silva. **Microcontroladores PIC** – Técnicas de software e hardware para projetos de circuitos eletrônicos. Érica: São Paulo, 2006.

CURSO de Microcontroladores Microchip PIC. 2005. Disponível em: <<http://microcontrolandos.blogspot.com/2012/12/apostilas-e-livro-sobre-microcontroladores.html>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

AMORIM, Carlos Augusto Patrício. **Sensores**. 2010. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

LUNARDELLI, Marcus Vinicius Pavret. **Sensor de temperatura Utilizando Plataforma Arduino**. 2014. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2014. Disponível em: <<http://biblioteca.univap.br/dados/000015/00001538.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

RASHID, Muhammad H. **Eletrônica de Potência: Circuitos, Dispositivos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Makron Books Ltda., 1999. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhGfkAE/livro-eletronica-potencia-muhammad-h-rashid>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

SANTOS, A. **Servomotores**. Disponível em: <<http://www.pictronics.com.br/downloads/apostilas/servomotores.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

FERNANDES, Vítor Manuel Carraquico. **Avaliação da corrosão nas tubagens do Terminal de Granéis Líquidos de Sines de 2009 a 2013: Incidências de roturas e custos**. 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2015. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/8152/1/Projeto%20Final%20-%20V%C3%ADtor%20Fernandes%20-%20Aluno%20n%C2%BA%20120266021.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. **O efeito joule e suas aplicações**. 2010. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-efeito-joule-suas-aplicacoes.htm>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

FREITAS, José Abílio Lima de; ZANCAN, Marcos Daniel. **Eletricidade**. 2010. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_automacao/primeira_etapa/eletricidade_2012.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2018.

KOTZ, John C.; TREICHEL, Paul M.; WEAVER, Gabriela C. **Química Geral: e Reações Químicas**. 2. ed. New York: Cengage Learning Edições Ltda., 2010.

PIMENTA, Gutemberg de Souza. **CORROSÃO**. S.d: S.d., . Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAbSgAB/apostila-corrosao>>. Acesso em: 16 set. 2018.

LEMOS, Manoel. **Como fazer suas próprias PCBs.** 2014. Disponível em: <<http://blog.fazedores.com/como-fazer-suas-proprias-pcbs-placas-de-circuito-impresso/>>. Acesso em: 16 set. 2018.

MALVINO, Albert; BATES, David J.. **Eletrônica.** 8. ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda., 2016. Tradução: Antonio Pertence Júnior.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A: Principais características do PIC12F675.



PIC12F629/675

8-Pin FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontroller

High Performance RISC CPU:

- Only 35 instructions to learn
 - All single cycle instructions except branches
- Operating speed:
 - DC - 20 MHz oscillator/clock input
 - DC - 200 ns instruction cycle
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect, and Relative Addressing modes

Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options
 - Precision Internal 4 MHz oscillator factory calibrated to $\pm 1\%$
 - External Oscillator support for crystals and resonators
 - 5 μ s wake-up from SLEEP, 3.0V, typical
- Power saving SLEEP mode
- Wide operating voltage range - 2.0V to 5.5V
- Industrial and Extended temperature range
- Low power Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Detect (BOD)
- Watchdog Timer (WDT) with independent oscillator for reliable operation
- Multiplexed MCLR/Input-pin
- Interrupt-on-pin change
- Individual programmable weak pull-ups
- Programmable code protection
- High Endurance FLASH/EEPROM Cell
 - 100,000 write FLASH endurance
 - 1,000,000 write EEPROM endurance
 - FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years

Low Power Features:

- Standby Current:
 - 1 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
 - 8.5 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
 - 100 μ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current
 - 300 nA @ 2.0V, typical
- Timer1 oscillator current:
 - 4 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical

Peripheral Features:

- 6 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
 - One analog comparator
 - Programmable on-chip comparator voltage reference (CVREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs
 - Comparator output is externally accessible
- Analog-to-Digital Converter module (PIC12F675):
 - 10-bit resolution
 - Programmable 4-channel input
 - Voltage reference input
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Enhanced Timer1:
 - 16-bit timer/counter with prescaler
 - External Gate Input mode
 - Option to use OSC1 and OSC2 in LP mode as Timer1 oscillator, if INTOSC mode selected
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				
PIC12F629	1024	64	128	6	—	1	1/1
PIC12F675	1024	64	128	6	4	1	1/1

* 8-bit, 8-pin devices protected by Microchip's Low Pin Count Patent: U.S. Patent No. 5,847,450. Additional U.S. and foreign patents and applications may be issued or pending.

APÊNDICE B: Registradores do PIC12F675 (parte 1).

PIC12F629/675

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTERS SUMMARY

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOD	Page
Bank 0											
00h	INDF ⁽¹⁾	Addressing this Location uses Contents of FSR to Address Data Memory								0000 0000	18,59
01h	TMR0	Timer0 Module's Register								xxxx xxxx	27
02h	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	17
03h	STATUS	IRP ⁽²⁾	RP1 ⁽²⁾	RP0	TO	PD	Z	DC	C	0001 1xxxx	11
04h	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	18
05h	GPIO	—	—	GPIO5	GPIO4	GPIO3	GPIO2	GPIO1	GPIO0	—xx xxxx	19
06h	—	Unimplemented								—	—
07h	—	Unimplemented								—	—
08h	—	Unimplemented								—	—
09h	—	Unimplemented								—	—
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for Upper 5 bits of Program Counter				---	0 0000	17
0Bh	INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTE	GPIE	T0IF	INTF	GPIF	0000 0000	13
0Ch	PIR1	EEIF	ADIF	—	—	CMIF	—	—	TMR1IF	00-- 0--0	15
0Dh	—	Unimplemented								—	—
0Eh	TMR1L	Holding Register for the Least Significant Byte of the 16-bit Timer1								xxxx xxxx	30
0Fh	TMR1H	Holding Register for the Most Significant Byte of the 16-bit Timer1								xxxx xxxx	30
10h	T1CON	—	TMR1GE	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNCR	TMR1CS	TMR1ON	-000 0000	32
11h	—	Unimplemented								—	—
12h	—	Unimplemented								—	—
13h	—	Unimplemented								—	—
14h	—	Unimplemented								—	—
15h	—	Unimplemented								—	—
16h	—	Unimplemented								—	—
17h	—	Unimplemented								—	—
18h	—	Unimplemented								—	—
19h	CMCON	—	COUT	—	CINV	CIS	CM2	CM1	CM0	-0-0 0000	35
1Ah	—	Unimplemented								—	—
1Bh	—	Unimplemented								—	—
1Ch	—	Unimplemented								—	—
1Dh	—	Unimplemented								—	—
1Eh	ADRESH ⁽³⁾	Most Significant 8 bits of the Left Shifted A/D Result or 2 bits of the Right Shifted Result								xxxx xxxx	42
1Fh	ADCON0 ⁽³⁾	ADFM	VCFG	—	—	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON	00-- 0000	43,59

Legend: — = unimplemented locations read as '0', u = unchanged, x = unknown, q = value depends on condition, shaded = unimplemented

- Note** 1: This is not a physical register.
 2: These bits are reserved and should always be maintained as '0'.
 3: PIC12F675 only.

APÊNDICE C: Registradores do PIC12F675 (parte 2).

PIC12F629/675

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTERS SUMMARY

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOD	Page
Bank 0											
00h	INDF ⁽¹⁾	Addressing this Location uses Contents of FSR to Address Data Memory								0000 0000	18,59
01h	TMR0	Timer0 Module's Register								xxxx xxxx	27
02h	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	17
03h	STATUS	IRP ⁽²⁾	RP1 ⁽²⁾	RP0	TO	PD	Z	DC	C	0001 1xxxx	11
04h	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	18
05h	GPIO	—	—	GPIO5	GPIO4	GPIO3	GPIO2	GPIO1	GPIO0	--xx xxxxx	19
06h	—	Unimplemented								—	—
07h	—	Unimplemented								—	—
08h	—	Unimplemented								—	—
09h	—	Unimplemented								—	—
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for Upper 5 bits of Program Counter					---0 0000	17
0Bh	INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTE	GPIO	T0IF	INTF	GPIF	0000 0000	13
0Ch	PIR1	EEIF	ADIF	—	—	CMIF	—	—	TMR1IF	00-- 0--0	15
0Dh	—	Unimplemented								—	—
0Eh	TMR1L	Holding Register for the Least Significant Byte of the 16-bit Timer1								xxxx xxxx	30
0Fh	TMR1H	Holding Register for the Most Significant Byte of the 16-bit Timer1								xxxx xxxx	30
10h	T1CON	—	TMR1GE	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	-000 0000	32
11h	—	Unimplemented								—	—
12h	—	Unimplemented								—	—
13h	—	Unimplemented								—	—
14h	—	Unimplemented								—	—
15h	—	Unimplemented								—	—
16h	—	Unimplemented								—	—
17h	—	Unimplemented								—	—
18h	—	Unimplemented								—	—
19h	CMCON	—	COUT	—	CINV	CIS	CM2	CM1	CM0	-0-0 0000	35
1Ah	—	Unimplemented								—	—
1Bh	—	Unimplemented								—	—
1Ch	—	Unimplemented								—	—
1Dh	—	Unimplemented								—	—
1Eh	ADRESH ⁽³⁾	Most Significant 8 bits of the Left Shifted A/D Result or 2 bits of the Right Shifted Result								xxxx xxxx	42
1Fh	ADCON0 ⁽³⁾	ADFM	VCFG	—	—	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON	00-- 0000	43,59

Legend: — = unimplemented locations read as '0', u = unchanged, x = unknown, q = value depends on condition, shaded = unimplemented

- Note** 1: This is not a physical register.
 2: These bits are reserved and should always be maintained as '0'.
 3: PIC12F675 only.

APÊNDICE D: Código no MikroC For PIC (parte 1).

```

• int LM35 = 0; // Variável
• int POTENCIOMETRO = 0; // Variável
• int VELOCIDADE = 0; // Variável
• int flagzero=0;

• void main() // Função principal
{
•
• TRISIO = 0x07; // Seleciona os pinos GP0, GP1 e GP3 como entradas
10 • ANSEL = 0x07; // Seleciona os pinos GP0, GP1 e GP2 como configuração AD
• ADCON0 = 0x07; // Seleciona as entradas AN0, AN1 e AN2 como conversores AD
• GPIO = 0x00; // Inicia todos os pinos em nível baixo

• while(1) // Loop infinito
{
• LM35 = ADC_Read(0); // Leitura da entrada AD do pino GP0
• delay_ms(30);
• POTENCIOMETRO = ADC_Read(1); // Leitura da entrada AD do pino GP1
• delay_ms(30);
20 • VELOCIDADE = ADC_Read(2); // Leitura da entrada AD do pino GP2
• delay_ms(30);

• LM35 = LM35*100; // Ajuste o valor para o sensor LM35
• POTENCIOMETRO = POTENCIOMETRO*10; // Ajuste o valor para o POTENCIOMETRO

• if ( POTENCIOMETRO >= LM35 ) GPIO.F4 = 1; // Condição para ligar a lâmpada
• delay_ms(100);

25 • if ( POTENCIOMETRO < LM35 ) GPIO.F4 = 0; // Condição para desligar a lâmpada
30 • delay_ms(100);

• if ( VELOCIDADE < 341 && VELOCIDADE > 0 ) // Condição para VELOCIDADE 1
{
•
• unsigned int i;
• for(i=0;i<15;i++) // Servo na posição 0°
{
• delay_ms(50);
• GPIO.F5 = 1;
• delay_us(500);
• GPIO.F5 = 0;
• delay_ms(19);
• delay_us(500);
• } //End for 1

• for(i=0;i<15;i++) // Servo na posição 90°
{
• delay_ms(50);
• GPIO.F5 = 1;
• delay_ms(1);
• delay_us(500);
• GPIO.F5 = 0;
• delay_ms(18);
• delay_us(500);
• } //End for 2
• flagzero = 0;
• } // end if2

60 • if ( VELOCIDADE < 682 && VELOCIDADE > 341 ) // Condição para VELOCIDADE 2
{
•
• unsigned int i;
• for(i=0;i<15;i++) // Servo na posição 0°
{
• delay_ms(25);
• GPIO.F5 = 1;
• delay_us(500);
• GPIO.F5 = 0;
• delay_ms(19);
• delay_us(500);
• } //End for 1

• for(i=0;i<15;i++) // Servo na posição 90°
{
• delay_ms(25);
• GPIO.F5 = 1;
• delay_ms(1);
• delay_us(500);
• GPIO.F5 = 0;
• delay_ms(18);
• delay_us(500);
• } //End for 2
• flagzero = 0;
80 • } // End if1
• }

```

Fonte: Autoria própria, 2018.

APÊNDICE E: Código no MikroC For PIC (parte 2).

```

10  if ( VELOCIDADE < 850 && VELOCIDADE > 682 ) // Condição para VELOCIDADE 3
11  {
12      unsigned int i; // Variável
13      for(i=0;i<15;i++) // Servo na posição 0°
14      {
15          delay_ms(10);
16          GPIO.F5 = 1;
17          delay_us(500);
18          GPIO.F5 = 0;
19          delay_ms(19);
20          delay_us(500);
21      } //End for 1
22
23      for(i=0;i<15;i++) // Servo na posição 90°
24      {
25          delay_ms(10);
26          GPIO.F5 = 1;
27          delay_ms(1);
28          delay_us(500);
29          GPIO.F5 = 0;
30          delay_ms(18);
31          delay_us(500);
32      } //End for 2
33      flagzero = 0;
34  } // end if2
35  else if ( VELOCIDADE > 850 && VELOCIDADE <1023 && flagzero == 0 ) // Condição para desligar o servo
36  {
37      unsigned int i;
38      for(i=0;i<15;i++) // Servo na posição 0°
39      {
40          GPIO.F5 = 1;
41          delay_us(500);
42          GPIO.F5 = 0;
43          delay_ms(19);
44          delay_us(500);
45      } //End for 1
46      flagzero = 1;
47  }
48
49      delay_ms(100);
50  } // end While(1)
51
52  // end void main

```

Fonte: Autoria própria, 2018.