



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
CECAU - COLEGIADO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO



FELIPE OTÁVIO PINTO FIGUEIREDO

**RETROFIT DO PROCESSADOR AUTOMÁTICO DE
TECIDOS OMA CM-69**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2017

FELIPE OTÁVIO PINTO FIGUEIREDO

RETROFIT DO PROCESSADOR AUTOMÁTICO DE TECIDOS OMA CM-69

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Professor Dr. Agnaldo José da Rocha Reis

Ouro Preto
Escola de Minas - UFOP
Agosto/2017

Ficha SISBIN:

F475r Figueiredo, Felipe Otávio Pinto.
Retrofit do Processador Automático de Tecidos OMA CM69 [manuscrito]
/ Felipe Otávio Pinto Figueiredo. - 2017.

41f.: il.: color.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis.

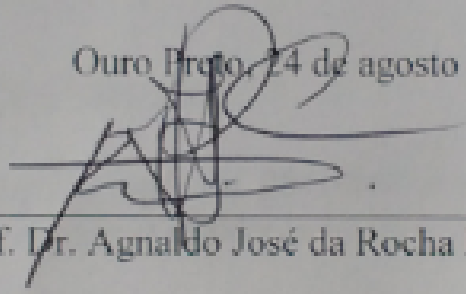
Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Engenharia de automação. 2. Microcontroladores. 3. Programas de computador. I. Reis, Agnaldo José da Rocha. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

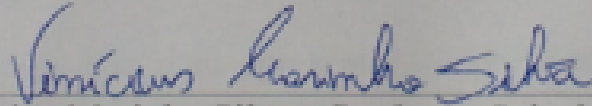
CDU: 681.5

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

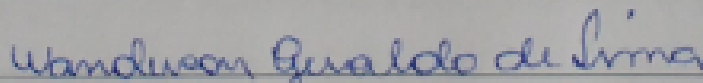
Ouro Preto, 24 de agosto de 2017.



Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis - Orientador



Vinicius Marinho Silva – Professor Substituto Convidado



Prof. Dr. Wanderson Geraldo de Lima – Professor Convidado

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me dado saúde e sabedoria para enfrentar esse desafio de estudar engenharia e superar todos as adversidades encontradas durante o curso. Agradeço à minha mãe Sueli e ao meu pai Clério pelo apoio e por sempre acreditarem em mim; à minha avó Francisca pelo exemplo de superação, perseverança e exemplo de vida, à minha avó Gracida por sempre me acolher quando precisava; aos meus amigos/irmão Arthur, Diego, Leonardo que sempre estiveram e estarão comigo por toda minha vida; a Mariana por tornar essa trajetória mais suave e por me dar suporte nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao Professor Dr. Agnaldo José da Rocha Reis pela dedicação e empenho em me orientar e me incentivar na minha monografia. Ao Professor Dr. Wanderson Geraldo de Lima por ceder gentilmente o Laboratório de Morfopatologia para realização da minha monografia. Ao técnico do laboratório Msc. André Martins Correa de Barros por me dar suporte ao realizar as atividades no LMP. Ao NTI, nas pessoas do Tiago Chaves e Jeferson Afonso pela oportunidade e confiança no meu trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Não tentes ser bem sucedido, tenta antes ser um homem de valor.
Albert Einstein

RESUMO

Com a rápida evolução tecnológica, a todo momento, novos dispositivos e equipamentos são criados, ferramentas e programas são atualizados e, acompanhar esse ritmo é, na maioria dos casos, inviável. Além disso, um equipamento de última geração em pouco tempo estará ultrapassado. Hoje, um equipamento funcionando pode precisar de manutenção e melhorias com o passar dos anos. Nesse sentido, o *retrofit* é uma ótima solução para casos em que o equipamento está obsoleto, com falhas de funcionamento e, que pode ser reaproveitado, deixando a necessidade de aquisição de um novo aparelho de lado, o que poderá, na maioria das vezes, custar muito mais caro que o *retrofit*. Neste trabalho, o *retrofit* foi aplicado em um Processador Automático de Tecidos, modelo OMA CM69, alocado no Laboratório de Morfopatologia da Universidade Federal de Ouro Preto. Neste aparelho, foi trocado o acionamento dos motores que fazem os banhos dos tecidos e a troca da solução alcoólica, trabalho antes realizados pelos temporizadores interruptores eletromecânicos da marca COEL que não funcionavam mais. A solução encontrada foi modificar a forma desse acionamento. Desse modo, os interruptores foram substituídos por relés eletromecânicos e seu acionamento se deu por meio da plataforma Arduino que controla seu funcionamento. O que se desenvolveu nesse sentido foi utilizar o mesmo princípio da contagem de tempo que os antigos interruptores faziam, agora feito por meio do microcontrolador ATMEL do Arduino. Todo processo agora pode ser acompanhado por meio do *display* LCD que fará a interface com o usuário, perguntando qual o tempo de processamento de cada tecido e mostrando o tempo decorrido do referido processo. Após o término do projeto, constatou-se o funcionamento do sistema de acionamento conforme o esperado. Um grande diferencial deste trabalho foi o baixo custo envolvido na sua produção, com relação a troca por um novo equipamento.

Palavras-chave: *Retrofit, Arduino, Processador Automático de Tecidos, Histotécnico.*

ABSTRACT

With the technological evolution, all the time, new devices and equipments are created, tools and programs are updated and, to keep up with this pace is, in most cases, infeasible. Besides that, a brand new equipment will soon be outdated. Nowadays, an equipment that runs continually may need maintenance and improvements for over the years. With that, retrofit is a great solution for cases where the equipment is obsolete, with malfunctions and, that can be reused, leaving behind the need to acquire a new device, which may, mostly, cost more expensive than retrofit itself. In this job, the retrofit was applied in an Automatic Tissue Processor, model OMA CM69, allocated at the Morphology Laboratory of the Federal University of Ouro Preto. In this machine, the activation trigger was replaced inside the engine that is responsible for bathing the tissues and the exchange of the alcoholic solution, previously performed by COEL brand electromechanical switches that did not function anymore. The solution to that was to modify the shape of these triggers. In this way, those switches have been replaced by electromechanical relays and their activation occurred through the Arduino platform that controls its operation. What has been developed in this direction was to use the same principle of time counting as the old switches did, now done using the Arduino's ATMELE microcontroller. Each process can now be accompanied by the LCD display that will interface with the user, asking about the running time of each fabric and showing the elapsed time of that process. After the project was finished, the operation of the activation trigger system occurred as expected. A great differential of this work was the low costs involved in its production, in contrast to the exchange with a new equipment.

Keywords: *Retrofit, Arduino, Automatic Tissue Processor, Histotechnical.*

SUMÁRIO

	SUMÁRIO	9
	LISTA DE FIGURAS	11
1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo Geral	14
1.1.1	Objetivos específicos	14
1.2	Justificativa	14
1.3	Metodologia	15
1.4	Estrutura do Trabalho	15
2	REVISÃO TEÓRICA	16
2.1	Definição de Retrofit	16
2.2	Etapas do Retrofit	16
2.2.1	Avaliação do Equipamento	16
2.2.2	Desenvolvimento do Projeto	17
2.2.3	Compra de Materiais	17
2.2.4	Implementação do Projeto	17
2.2.4.1	Retrofit de Hardware	17
2.2.5	Testes	17
2.3	Histologia	18
2.4	Processamento Histológico	18
2.5	O Histotécnico	19
2.6	O Arduino	21
2.7	Relé Eletromecânico	22
2.8	Teclado Matricial 4x3	22
2.9	Display LCD 20x4	23
2.10	Protocolos de Processamento	23
3	DESENVOLVIMENTO E MÉTODOS	25
3.1	Métodos Gerais	25
3.1.1	Avaliação da Máquina	25
3.1.2	Elaboração do Projeto	26
3.1.3	Compra de Materiais	27
3.2	Fabricação da Placa de Circuito Impresso	28
3.2.1	Confecção e Simulação do Projeto	28

3.2.2	Confecção do Shield	29
3.2.3	Montagem e Simulação 3D da PCI	30
3.2.4	Desenvolvimento da case de proteção do circuito	33
3.2.5	Impressão 3D da case	34
3.2.6	Montagem final do equipamento	34
4	TESTES DE FUNCIONAMENTO	36
5	CONCLUSÕES	38
5.1	Sugestões para Trabalhos Futuros	39
	REFERÊNCIAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dimensão do Retrofitting	13
Figura 2 – Histotécnico OMA CM69	14
Figura 3 – Tipos básicos de tecidos animais	18
Figura 4 – Histotécnico OMA CM69	20
Figura 5 – Histotécnico Carrossel	20
Figura 6 – Sistema de Vácuo	21
Figura 7 – Arduino Mega 2560 ®	21
Figura 8 – Estrutura simplificada de um relé eletromecânico	22
Figura 9 – Matriz de ligação linha x coluna - 4x4	22
Figura 10 – Display LCD 20x4	23
Figura 11 – Protocolo de Processamento	24
Figura 12 – Interruptor Horário COEL danificado	26
Figura 13 – Módulo relé de dois canais	26
Figura 14 – Dados Técnicos do Interruptor Horário COEL modelo RTM	27
Figura 15 – Planilha de compras	27
Figura 16 – Simulação do Circuito no ISIS Proteus	29
Figura 17 – Área de Trabalho do ISIS	29
Figura 18 – Esquemático do Shield	30
Figura 19 – Shield Finalizado	31
Figura 20 – Shield Finalizado	32
Figura 21 – PCI finalizada e acoplada ao Arduino	32
Figura 22 – Desenvolvimento da case no Solidworks	33
Figura 23 – Impressão 3D da case	34
Figura 24 – Filamento do tipo ABS de 1.75mm de diâmetro	34
Figura 25 – Fase final de construção do módulo embarcado	35
Figura 26 – Localização do módulo relé dentro do histotécnico	35
Figura 27 – Interferência do display LCD ao acionar o módulo relé	36
Figura 28 – Funcionamento correto do display LCD	37

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

LMP: Laboratório de Morfopatologia

DECBI: Departamento de Ciências Biológicas

ICEB: Instituto de Ciências Exatas e Biológicas

UFOP: Universidade Federal de Ouro Preto

LED: Light Emitting Diode

LCD: Liquid Crystal Display

IDE: Integrated Development Environment

PCI: Placa de Circuito Impresso

VSM: Virtual System Modeling

ISIS: Intelligent Schematic Input System

CNC: Comando Numérico Computadorizado

CAD: Computer Aided Design

1 INTRODUÇÃO

O *retrofit* ou *retrofitting* de máquinas não possui tradução literal para o português, mas se trata da atualização de um sistema, melhorias, modificações, reformas, integração de parte de um sistema antigo com a tecnologia atual, sendo definido, segundo (CAPELLI, 2007), como readequar, isto é, atualizar uma máquina, mudando algumas de suas características. E serão essas mudanças de características que permitirão o aumento da segurança, o aumento da confiabilidade e/ou o aumento da produtividade.

Ao executar um *retrofit*, as peças e equipamentos, cuja a vida útil estão longe de chegar ao fim, permanecem na máquina. Com isso, o tempo de trabalho assim como o dinheiro investido são menores.

Para se ter uma noção do que engloba o *retrofitting*, observando a figura 1, é possível perceber que essa técnica não é apenas uma simples melhoria, mas engloba reformas, restaurações e atualizações. Deste modo, o *retrofit* é capaz de fazer com que determinado equipamento volte a ter as características de funcionamento para o qual foi projetado podendo haver até mesmo melhoria de performance (PANSIERA, 2012).

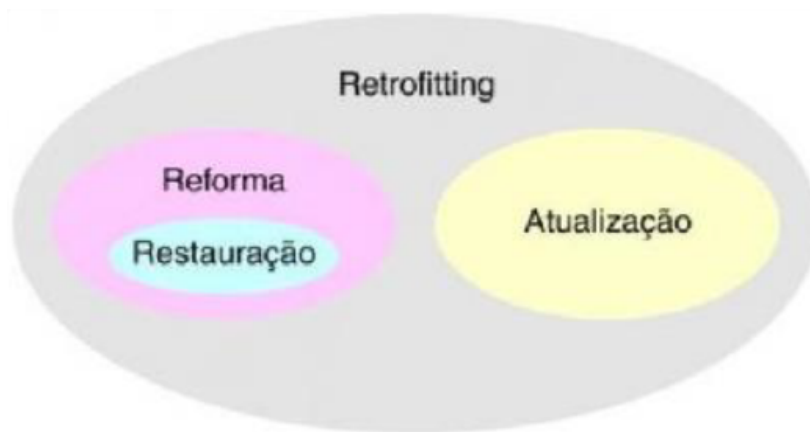


Figura 1 – Dimensão do Retrofitting
Fonte: (PANSIERA, 2012)

Segundo a fabricante (OMA, 2012) um processador automático de tecidos ou histotécnico é um aparelho utilizado para o processamento de tecidos biológicos para realização do exame histológico. Basicamente possui sistema de troca de banhos cronometrados de construção eletro-mecânica e circular, que juntamente ao movimento vertical de forma independente, otimiza a desidratação. Caso haja interrupção energética o equipamento não perde a programação feita, pois o reinício do processo se dá onde foi interrompido. O modelo usado para o *retrofit* está representado na figura 2.



Figura 2 – Histotécnico OMA CM69
Fonte: (OMA, 2012)

É nesse contexto que se insere este trabalho. Apresenta-se aqui um *retrofitting* no processador automático de tecidos da empresa OMA modelo CM69, que possui dois temporizadores interruptores eletromecânicos que não funcionam mais corretamente, pois não são capazes de acionar os motores que farão o agito e a troca de banho no processamento dos tecidos. Nesse sentido, esses temporizadores serão substituídos pelo acionamento de um módulo relé de dois canais por meio da plataforma Arduino objetivando trazer o funcionamento básico da máquina novamente.

1.1 Objetivo Geral

Modernizar/melhorar o funcionamento do Processador Automático de Tecidos OMA CM-69, instalado no Laboratório de Morfopatologia (LMP) do Departamento de Ciências Biológicas (DECBI) - ICEB II da Universidade Federal de Ouro Preto.

1.1.1 Objetivos específicos

- Identificar os problemas enfrentados pelos usuários e suas necessidades de manuseio do equipamento;
- Implementar o programa de acionamento por meio da plataforma Arduino;
- Criar uma *case* para embarcar o circuito desenvolvido.

1.2 Justificativa

O desenvolvimento deste trabalho se baseia, principalmente, na grande importância do processador automático de tecidos para o Laboratório, uma vez que este apresenta problemas tornando o trabalho dos usuários mais dispendioso e propício a falhas em relação ao

tempo que os tecidos devem ser processados. Sua melhoria significará em uma otimização de todo processo e reduzirá os problemas enfrentados pelas pessoas que o usarão. Outro fator importante é dar mais tempo de uso ao equipamento que está fora linha evitando que sejam gastos recursos na compra de um novo produto.

1.3 Metodologia

Este trabalho é fruto de atividade de estágio no LMP do DECBI, ICEB II na UFOP. Inicialmente foi agendada uma visita junto aos principais responsáveis pelo laboratório, Prof. Dr. Wanderson Geraldo de Lima e o técnico do laboratório Msc. André Martins Corrêa de Barros para tomada de conhecimento sobre o problema e estudos sobre abordagem e expectativas/exigências dos profissionais de pesquisa do laboratório.

Nesse sentido, foi realizado um estudo acerca das características de um *retrofit* e do equipamento a ser modificado. Foram utilizados, principalmente, um referencial teórico por meio de um levantamento bibliográfico em livros e materiais da internet.

Posteriormente, foram feitas avaliações das condições em que se encontrava o equipamento, e definiu-se então o que precisava ser feito para colocá-lo em funcionamento. A substituição dos interruptores temporizadores eletro-mecânicos foi a melhor solução, tendo em vista que os demais componentes estavam funcionando normalmente.

Após a etapa de avaliação, foi feita a compra dos materiais necessários bem como a implementação do programa que controlará o histotécnico.

Por fim, a abordagem proposta foi implementada de forma a atender as expectativas dos responsáveis pelo laboratório e seus futuros usuários.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 1 apresenta uma breve introdução do tema aqui abordado e discorre sobre os objetivos e motivação do projeto. O Capítulo 2 traz uma revisão teórica sobre os temas abordados, ferramentas e componentes eletrônicos utilizados neste trabalho. O Capítulo 3 mostra como foi feito o *retrofit* do histotécnico, os recursos utilizados, testes realizados e o resultado final do trabalho. No Capítulo 4 a fase de testes é detalhada mostrando os desafios enfrentados e as soluções encontradas. Por fim, o Capítulo 5 traz as conclusões, análises finais e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Definição de Retrofit

De acordo com (BARRIENTOS, 2004), etimologicamente a palavra *retrofit* é originada da junção entre os prefixos *retro*, oriundo do latim que significa “para trás” e *fit*, verbo em inglês que significa “ficar bem, adaptar”. Ou seja, *retrofit* é um termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma.

No *retrofitting* as características principais do equipamento são mantidas, elimina desgaste, troca de peças com problemas, executa nova pintura, reavalia os itens de segurança e, primordialmente, troca os componentes eletroeletrônicos e acionamentos obsoletos por outros de última geração.

O equipamento é adequado a uma nova tecnologia de controle e acionamento de seus componentes, restaurando-os e tornando-os mais robustos e confiáveis. Outra forma é realizar um trabalho de recuperação da máquina, fazendo com que ela volte ao seu estado original, removendo o que foi alterado por desgaste do uso excessivo e pelo tempo, o que resulta em uma ótima alternativa para as empresas que precisam manter seus equipamentos confiáveis e modernos (MANUTEC, 2017).

2.2 Etapas do Retrofit

O processo de *retrofit* segue as seguintes etapas:

- Avaliação do equipamento;
- Compra de materiais;
- Implementação do projeto;
- Testes.

2.2.1 Avaliação do Equipamento

Em um *retrofit*, a primeira informação a definir é qual é o objetivo do projeto. Após isso, são traçados os caminhos para atingi-lo por meio de uma avaliação inicial da máquina.

Nesta avaliação, o equipamento é vistoriado e as informações dos seus componentes, defeituosos e em não defeituosos, são levantados. Por meio de conversas com os operadores e mantenedores é definida a melhor forma de se executar o projeto.

2.2.2 Desenvolvimento do Projeto

Após a etapa de avaliação e tendo como base a construção original do equipamento é feito um outro projeto contendo as modificações que serão feitas na revitalização da máquina. Para a elaboração deste, foi utilizado uma plataforma de prototipagem chamada Arduino, que será a base de todo desenvolvimento dos acionamentos temporizados dos motores, que farão a movimentação das hastes que compõem o equipamento.

2.2.3 Compra de Materiais

Após a avaliação, levantamento do que será modificado, desenvolvimento do projeto de reestruturação a aprovação do orçamento e o termino do projeto, são definidas ordens de compra para os materiais especificados. Esta etapa é fundamental para a manutenção do prazo estipulado. Apesar do tempo de compra ser levado em consideração no cronograma, qualquer atraso seja de elaboração de pedido ou entrega do produto, poderá influenciar na data de entrega final.

2.2.4 Implementação do Projeto

Após a chegada dos materiais, o projeto entra na fase de execução. Essa etapa será dividida em duas fases: retrofit de hardware e software. Neste trabalho em especial, como o equipamento não tinha software essa etapa foi desconsiderada.

2.2.4.1 Retrofit de Hardware

A primeira coisa a ser feita é a identificação dos componentes que não estão funcionando e descartá-los. Posteriormente os instrumentos novos são implementados à máquina seguindo rigorosamente o esquema elétrico já existente.

2.2.5 Testes

Ao se desenvolver o código, testes são realizados para garantir que a lógica está funcionando de acordo com o desejado. Com o término do código, as peças são produzidas e mais ajustes são realizados. Após a conclusão dessa fase de testes, a máquina continua sendo monitorada por mais algum período de tempo, que varia de acordo com cada caso e com a complexidade de cada sistema.

2.3 Histologia

Histologia é estudo dos tecidos do corpo e como estes tecidos se organizam para construir órgãos. Os tipos fundamentais de tecidos são: tecido epitelial, tecido conjuntivo, tecido muscular e tecido nervoso. Ou seja, a histologia é a ciência que estuda as células no contexto da estrutura tecidual e a inter-relação delas com os constituintes da matriz extracelular (JUNQUEIRA, 2008).

Todas as formas de tecidos fundamentais, figura 3, são constituídos por diversos tipos celulares de características daquele tecido e por associações e arranjos característicos entre células e matrizes extracelulares. Associação esta de tecidos que propicia o funcionamento correto do sistema e do organismo como um todo. A exceção é o sistema nervoso, já que é composto apenas por tecido nervoso.



Figura 3 – Tipos básicos de tecidos animais
Fonte: (JUNQUEIRA, 2008)

2.4 Processamento Histológico

Os tecidos animais propícios ao processamento histológico podem ser utilizados o material oriundo de organismo vivo ou não, e independentemente da forma como são coletadas, as amostras serão trabalhadas para serem utilizadas em lâminas, para posterior apreciação em um microscópio óptico (JUNIOR, 2010).

A técnica utilizada para processamento histológico baseia-se em um conjunto de etapas de forma a condicionar certo tipo de tecido para ser analisado pelo microscópio eletrônico, tanto para servir aos interesses científicos ou apenas para o diagnóstico patológico (MOLINARO, 2010). Os procedimentos realizados são, a coleta do material, fixação, clivagem, processamento, inclusão, microtomia e coloração. Em se tratando de tecidos calcificados, além das etapas citadas, faz-se a descalcificação após a fixação da peça.

O processamento técnico propriamente dito consiste em uma preparação para que as peças sejam, posteriormente, encapsuladas em parafina (ou produtos similares) e cortadas em fatias muito finas, a fim de que possam ser observadas as estruturas teciduais em microscópio óptico (JUNIOR, 2010). Para isso são feitas etapas de desidratação a clarificação ou diafanização e a impregnação ou infiltração em parafina.

Neste TCC, a fase que se considera mais importante é a fase da impregnação, uma vez que o processador automático de tecidos, que é foco deste trabalho, é de fundamental importância para obtenção dos resultados desejados.

2.5 O Histotécnico

O histotécnico é, segundo (OMA, 2012), um aparelho de automação para laboratórios. É um equipamento simples, básico e amplamente utilizado para o processamento inicial de material para a confecção de lâminas histológicas. Esse processamento é feito numa série de 12 recipientes para banhos com reagentes líquidos (Álcool e xilol em diferentes concentrações e parafina aquecida entre 55 e 60 °C), onde o material processado muda de um banho para o outro conforme o protocolo de processamento e o tempo programado, que pode ir de poucos minutos a uma hora, de acordo com o tipo do tecido. Cada troca pode ter seu tempo pré-determinado, somando 12 trocas. Portanto, o tempo de permanência do material mergulhado em cada reagente varia de acordo com a concentração de cada solução e tipo do tecido.

O histotécnico é usado nas áreas de histologia ou histopatologia pelos técnicos de histotecnologia. Em laboratórios de análise histopatológica, humano ou animal, ele principalmente é usado para processamento de material de biópsia, como por exemplo, para verificar se um tumor é do tipo benigno ou maligno. É usado também nas áreas de pesquisa, onde a histologia pode ser aplicada em todo o ramo da biologia, já que a técnica final possibilita uma análise de imagem microscópica muito rigorosa de tecidos íntegros e as vezes computadorizada das alterações dos tecidos e das células. Nas universidades, os laboratórios de histopatologia realizam os serviços de rotina, necropsias e autopsias, além de materiais de biópsias, que são enviados a clínicas e hospitais onde são analisados pelos profissionais da área. O modelo usado pela UFOP é mostrado na figura 4.



Figura 4 – Histotécnico OMA CM69

Há dois tipos de processadores automáticos, histotécnicos ou autotécnicos, de custo mais acessível, um deles é o processador carrossel, figura 5, mais comum e barato, em que os cassetes contendo as frações de tecidos são colocados em uma cesta que é movida mecanicamente para imersão em cada reagente. No outro modelo, o processo ocorre de forma diferente. Existe uma câmara fechada, onde as soluções de reagentes são mudados de recipiente, estes são denominados de processadores com transferência de fluidos. Todos esses equipamentos possuem no total doze ciclos de processamento (MOLINARO, 2010).



Figura 5 – Histotécnico Carrossel
Fonte: (MOLINARO, 2010)

Outros tipos de processadores estão ligados a um sistema onde não há ar, ou sistema de vácuo, conforme figura 6, revelando grande melhora nos resultados em um curto período de tempo, comparado com os resultados conseguidos no processamento que não há vácuo. É importante destacar que os compartimentos com parafina, para o processo de infiltração, têm termostatos que controlam a temperatura ideal para essa fase de infil-

tração. Além do mais, todos os modelos de processadores possuem agitação de forma automática (MOLINARO, 2010).



Figura 6 – Sistema de Vácuo
Fonte: (MOLINARO, 2010)

O trabalho com processadores automáticos é mais confiável, pois não ocorre falha humana durante o processamento. O técnico somente deve programar o aparelho e trocar os reagentes para obter um bom processamento do material. O protocolo de execução também é elaborado pelo próprio técnico e pode ser alterado a qualquer momento de forma simples e rápida. Geralmente, os aparelhos são programados para trabalhar durante toda a noite e, no dia seguinte pela manhã, o material estará pronto para ser incluído. Outro fato considerado é quando se quer ganhar tempo na rotina laboratorial, pois se pode programar o equipamento para trabalhar durante feriados e finais de semana (MOLINARO, 2010).

2.6 O Arduino

O Arduino é uma ambiente livre de prototipagem eletrônica, que possui um microcontrolador com hardware e software de fácil utilização, além de apresentar um baixo custo. A linguagem de programação utilizada é própria da plataforma Arduino, que se parece muito com as linguagem C/C++, facilitando assim a implementação de programas. Seu ambiente de desenvolvimento, ou seja, sua IDE, também é própria, fácil de encontrar, por se tratar de um software livre (ARDUINO, 2017). A versão usada nesta monografia será a do Arduino Mega 2560 ®, modelo identificado na figura 7.

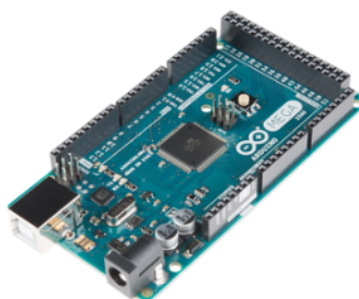


Figura 7 – Arduino Mega 2560 ®
Fonte: (ARDUINO, 2017)

Diversos componentes podem ser conectados ao Arduino, são exemplos: sensores de pressão, sensores de presença, sensores de distância, sensores de temperatura, interrupto-

res, motores, módulos Ethernet, LEDs, displays de matriz de pontos ou qualquer outro dispositivo que possa emitir dados ou possa ser controlado. No caso deste trabalho de conclusão de curso, serão conectados um módulo relé de dois canais, um teclado matricial 4x3 e um *display* LCD 20x4.

2.7 Relé Eletromecânico

Segundo (BRAGA, 2012), "um relé é um dispositivo comutador eletromecânico, capaz de abrir ou fechar circuitos de cargas elevadas (tensões e/ou correntes), é operado eletricamente por aplicação de uma tensão baixa na bobina (comando)". Ou seja, é um componente que requer muito pouca energia para comandar circuitos de elevada energia. Tal característica desse componente é aplicada nesta monografia. O acionamento dos dois motores de 127V alternada é feito com 5V contínuos originados da porta de saída do módulo relé conectado ao Arduino. Sua estrutura simplificada é mostrada na figura 8.

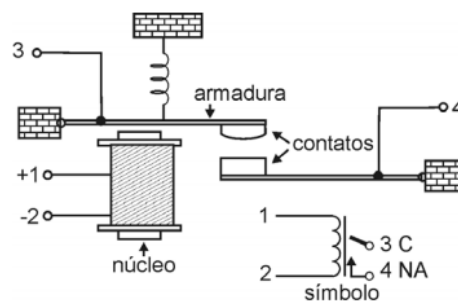


Figura 8 – Estrutura simplificada de um relé eletromecânico
Fonte: (BRAGA, 2012)

2.8 Teclado Matricial 4x3

Teclados são utilizados em ocasiões na qual o operador precisa saber e interagir com uma aplicação, tais como painéis de controle, telefones, caixas eletrônicos, dentre outros. Sua estrutura de formação básica é a forma de organização dos botões, são organizados em linhas e colunas de modo a formar uma matriz conforme figura 9.

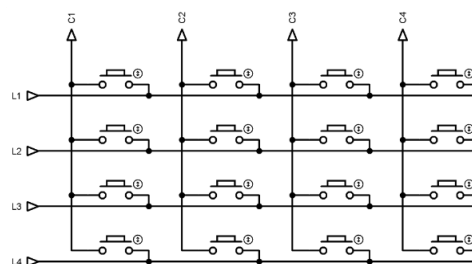


Figura 9 – Matriz de ligação linha x coluna - 4x4
Fonte: (PICORETI, 2014)

2.9 Display LCD 20x4

De acordo com (PEREIRA, 2006), displays LCD possibilitam uma grande capacidade de mostrar uma gama de informações em um espaço físico consideravelmente pequeno. Outro fator importante é apresentar um baixo consumo de energia, cerca de 1 mA funcionando normalmente em plena e sem iluminação de fundo.



Figura 10 – Display LCD 20x4
Fonte: (THOMSEN, 2017b)

2.10 Protocolos de Processamento

Segundo (MOLINARO, 2010) os protocolos de processamento variam de acordo com:

- as dimensões dos fragmentos do material a ser processado;
- tipo de reagentes utilizados;
- tipo do espécime biológico (material humano, de rato, de camundongo, entre outros);
- tipo de tecido;
- processamento automático ou manual;
- presença de vácuo.

Na figura 11 é mostrado um dos protocolos utilizados para processamento de tecidos clivados com 3mm de espessura:

Passo	Estágio	Reagente	Duração
1	Desidratação	Álcool 70 %	1 h
2	Desidratação	Álcool 80 %	1 h
3	Desidratação	Álcool 90 %	1 h
4	Desidratação	Álcool 95 %	1 h
5	Desidratação	Álcool 100 %	1 h
6	Desidratação	Álcool 100%	1 h
7	Desidratação	Álcool 100%	1 h
8	Desidratação	Álcool 100%	1 h
9	Clarificação	Xilol I	1 h
10	Clarificação	Xilol II	1 h
11	Impregnação	Parafina I	1 h
12	Impregnação	Parafina II	2 h

Figura 11 – Protocolo de Processamento

3 DESENVOLVIMENTO E MÉTODOS

3.1 Métodos Gerais

O processo de desenvolvimento do *retrofit* inicia-se com a avaliação do equipamento; nessa etapa identifica-se o problema que impede a máquina de funcionar normalmente. Na etapa seguinte, desenvolve-se o projeto; compreende os recursos e técnicas que serão utilizados para pôr fim ao problema. Em seguida, a compra de materiais; neste caso o módulo relé de dois canais, o teclado matricial 4x3, o *display* LCD 20x4, a plataforma Arduino Mega 2560 e a *case* que irá embarcar todo circuito. Na próxima etapa é implementado o projeto; o código é baseado nas funções do antigo equipamento e é feita a confecção de uma Placa de Circuito Impresso (PCI) que fará a integração da plataforma Arduino com os motores e o *display* LCD, formando um *shield*. Todo sistema será embarcado em uma caixa de plástico construído por uma impressora 3D. Por fim realiza-se testes para verificar o funcionamento da solução encontrada, corrigir o que não funcionou, fazer a filmagem do funcionamento e encerrar o trabalho.

3.1.1 Avaliação da Máquina

A máquina foi produzida no ano de 1981 e não possuía manual do fabricante. Estava sendo usada de forma precária, já que os temporizadores interruptores eletromecânicos não funcionavam, e estava prestes a ser enviada ao setor de desfazimento da UFOP, uma vez que seu uso estava sendo inviável pela falta do mecanismo de sincronização e contagem do tempo. A aquisição de um equipamento similar resultaria em um grande gasto para o LMP, que não dispunha do recurso no momento e, a saída encontrada foi o *retrofit* por resultar em custo bem menor para o laboratório, além de aumentar a vida útil desse equipamento.

3.1.2 Elaboração do Projeto

Os temporizadores interruptores eletromecânicos da marca COEL [®], modelo RTM, figura 12, originalmente utilizados foram substituídos pelo módulo relé de dois canais que passará a fazer o acionamento dos dois motores de corrente alternada 127V.



Figura 12 – Interruptor Horário COEL danificado

Este módulo, figura 13, será conectado nas portas de saída digitais do Arduino e fará o acionamento dos motores durante o tempo especificado pelo usuário de forma a fazer o processado do tecido desejado. O esquema de ligação é mostrado na própria imagem com detalhes coloridos.



Figura 13 – Módulo relé de dois canais
Fonte: (THOMSEN, 2017a)

Exige-se que tais componentes eletrônicos devam respeitar a principal característica do motor, o qual trabalha com tensão de alimentação monofásica 127V a 60Hz e, também, do temporizador COEL que possui os seguintes parâmetros,(COEL., 2012), de funcionamento de acordo com a planilha 14:

RTM - RTL		
Alimentação ($\pm 10\%$)	Vca	110 ou 220 (especificar)
Frequência da rede	Hz	60
Consumo aproximado	VA	1
Precisão (a $+20^{\circ}\text{C}$)	segundos/dia	$\pm 2,5$
Temperatura ambiente (operação)	$^{\circ}\text{C}$	-20 a +55
Nº máx. operações (liga + desliga)		96 / dia
Intervalo mín. entre programações	minutos	15
Contatos de saída	quantidade	1 reversível
Bitola máxima dos condutores	mm^2	2,5
I máximo nos contatos (p/250 Vca)	A	16 ($\cos\phi = 1$); 5 ($\cos\phi = 0,6$)
Carga indutiva máxima	cv	1
Terminais de ligação	parafusos (RTM) ou fast-on (RTL)	
Material de caixa	ABS cinza	
Peso aproximado	gramas	300

Figura 14 – Dados Técnicos do Interruptor Horário COEL modelo RTM
Fonte: (COEL., 2012)

3.1.3 Compra de Materiais

Para desenvolvimento do projeto foi necessário a aquisição de alguns componentes para a execução do *retrofit*. A tabela 15 especifica tal orçamento.

ÍTEM	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO DO PRODUTO	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1	1	Placa Arduino MEGA 2560	R\$ 250,00	R\$ 250,00
2	1	Teclado Matricial 4x4	R\$ 10,90	R\$ 10,90
3	1	Módulo Relé de 2 canais	R\$ 13,00	R\$ 13,00
4	1	Display LCD 20x4	R\$ 32,00	R\$ 32,00
TOTAL				R\$ 305,90

Figura 15 – Planilha de compras

Materiais como resistores, potenciômetros e a *case* impressa na impressora 3D foram fornecidos pela UFOP e não entraram na referida tabela, uma vez que não representou custo adicional ao LMP.

3.2 Fabricação da Placa de Circuito Impresso

Na etapa de fabricação da placa de circuito impresso (PCI) usou-se o PROTEUS, que é um software para montagem e simulação de esquemas elétricos.

"O software de desenho e simulação Proteus VSM é uma ferramenta útil para estudantes e profissionais que desejam acelerar e melhorar suas habilidades para o desenvolvimento de aplicações analógicas e digitais. Ele permite o desenho de circuitos empregando um entorno gráfico no qual é possível colocar os símbolos representativos dos componentes e realizar a simulação de seu funcionamento sem o risco de ocasionar danos aos circuitos. A simulação pode incluir instrumentos de medição e a inclusão de gráficas que representem os sinais obtidos na simulação. O que mais interesse despertou é a capacidade de simular adequadamente o funcionamento dos microcontroladores mais populares (PICS, ATMEL-AVR, Motorola, 8051, etc.)" (BERMÚDEZ, 2000).

3.2.1 Confecção e Simulação do Projeto

Na área de trabalho colocou-se o microcontrolador ATMEL 2560, definindo-se o ponto de partida para montagem do restante do esquema. Utilizou-se os seguintes componentes para montagem do circuito para simulação:

- 01 Microcontrolador ATMEGA 2560;
- 04 Resistores de 10k cada;
- 03 Diodos de gatilho rápido 1N4148;
- 02 Relés eletromagnéticos;
- 01 Osciloscópio.

Posteriormente à montagem com os componentes acima, realizou-se a simulação de funcionamento do circuito conforme a figura 16.

Inseriu-se na área de trabalho o display LCD 20x4 e o teclado matricial 4x3, a partir desses componentes a estrutura do sistema foi montada. Utilizou-se os seguintes componentes para montagem do *shield*:

- 04 Resistores de 10k cada;
- 03 Diodos de gatilho rápido 1N4148;
- 01 Potenciômetro de 10k;
- 03 Conectores de 10 pinos;
- 01 Conector de 6 pinos;
- 03 Conectores de 1 pino.

A montagem do referido circuito é mostrado na figura 18

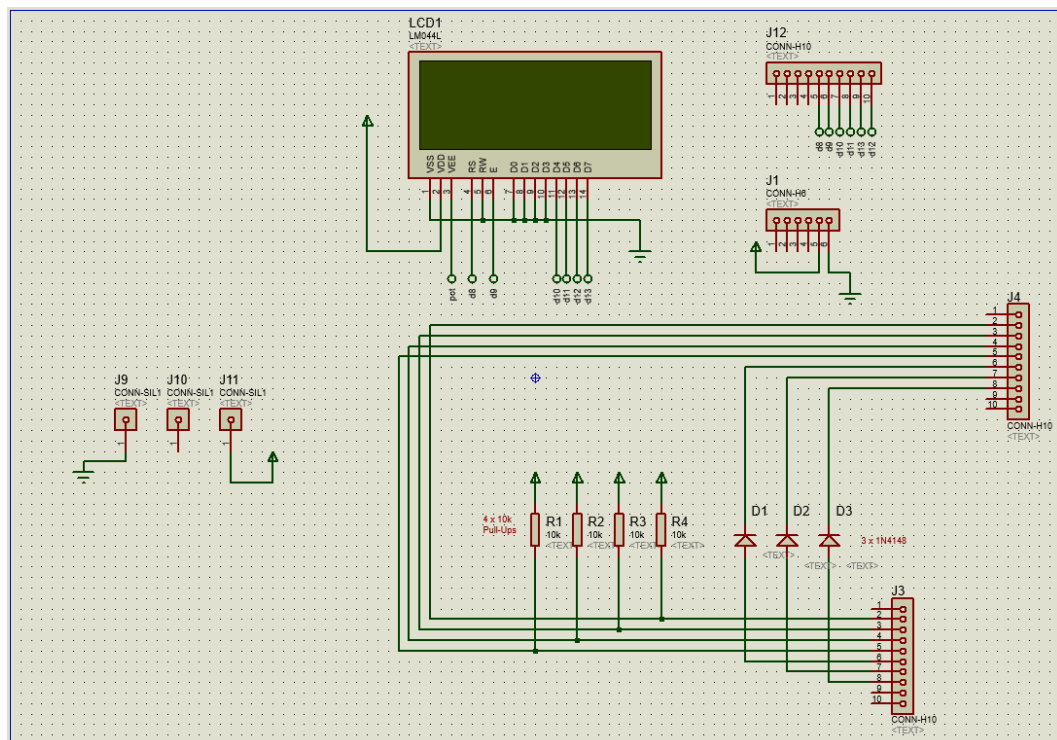


Figura 18 – Esquemático do Shield

3.2.3 Montagem e Simulação 3D da PCI

Terminada a montagem de desenho do circuito, iniciou-se a confecção do desenho da placa que foi usinada no comando numérico computadorizado (CNC) do Laboratório de Máquinas Elétricas da Escola de Minas, para isso, utilizou-se o software ARES Proteus.

Os componentes foram dispostos de forma a adequar o tamanho do shield com o Arduino, bem como ao conectores da placa. Componentes 3D que não estiverem na biblioteca do Proteus, terão que ser adicionado ou desenhados com uma ferramenta CAD. Alguns cuidados são necessários e deverão ser atentados à confecção de um PCI, como:

- Utilizar trilhas mais grossas para Vcc e GND, bem como para outros barramentos de alimentação de forma a garantir que todos os CI's sejam alimentados pela mesma tensão;
- Não realizar ângulos de 90° com as trilhas, já que pode ocorrer concentração de campos na região que podem causar interferências no circuito, principalmente para sinais de alta frequência;
- Para a largura das trilhas sugere-se para alimentação os tamanhos: T40 –T50 e para sinais: T25 –T30;
- Criar ilhas com ferramenta DIL PadMode de tamanho 60-30 ou 70-30 para resistores, capacitores e pinos de circuitos integrados.

A figura 19 mostra como ficou o circuito após a disposição dos componentes e dos cuidados descritos anteriormente.

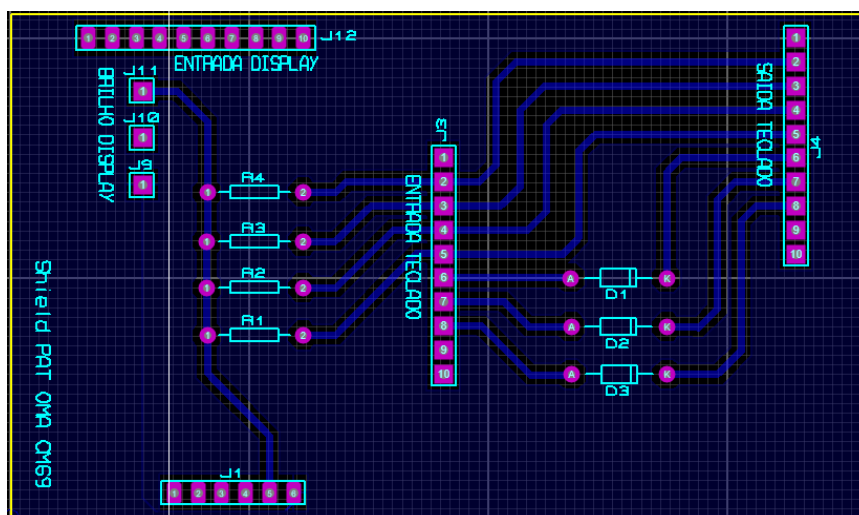


Figura 19 – Shield Finalizado

Com a ferramenta *3D Visualizer* é possível ter uma noção de como ficará a PCI pronta 20.

Após confecção da placa no PROTEUS utilizou-se o torno CNC do Laboratório de Máquinas Elétricas para corte e acabamento final. Posteriormente os componentes ele-

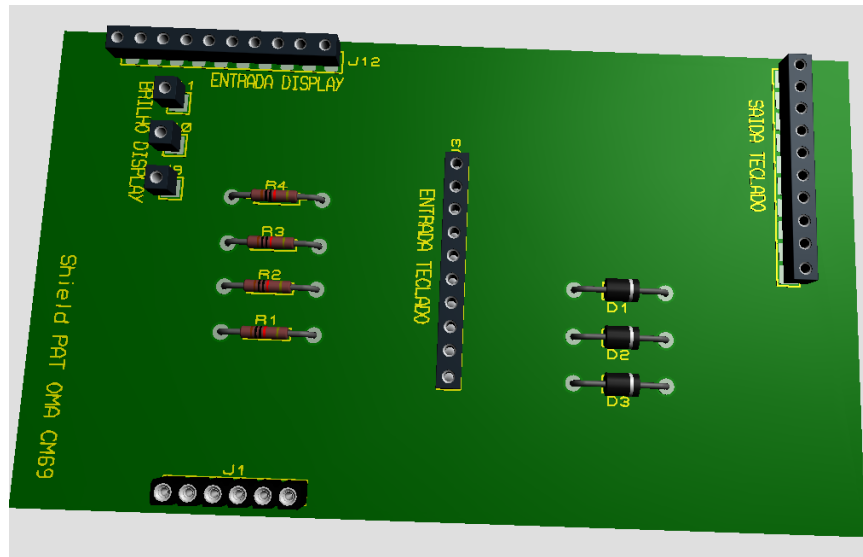
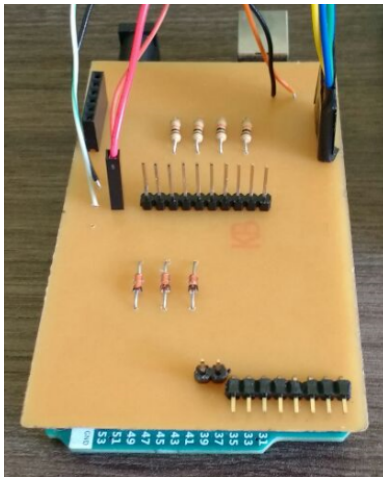
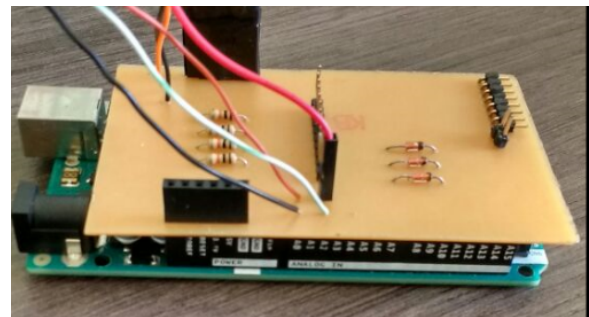


Figura 20 – Shield Finalizado

trônicos foram soldados conforme esquema de montagem descrito, dando fim à etapa de confecção da PCI. O resultado é observado na figura 21.



(a) PCI montada: vista superior

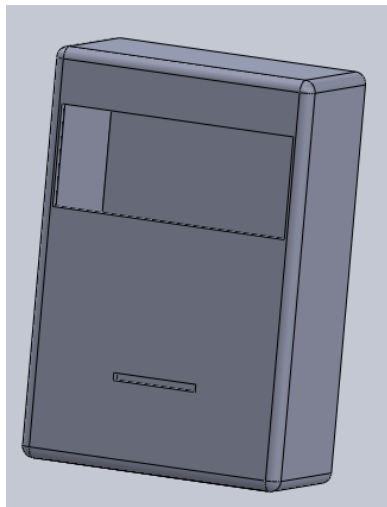


(b) PCI montada: vista lateral

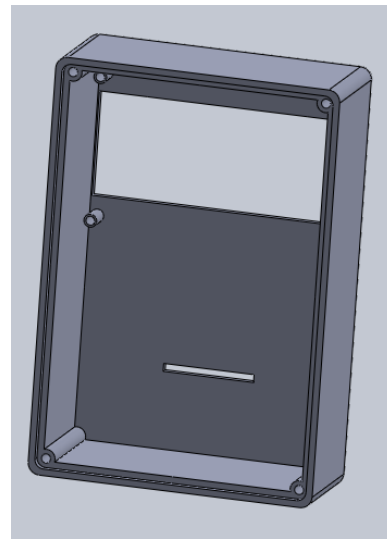
Figura 21 – PCI finalizada e acoplada ao Arduino

3.2.4 Desenvolvimento da case de proteção do circuito

Para embarcar todo hardware que compõe o sistema de atuação utilizou-se o software *Computer Aided Design* (CAD) Solidworks para desenho dessa estrutura. Segundo (COUTINHO, 2000) o Solidworks é um software de desenvolvimento e simulação de sólidos, paramétricos capaz de criar formas tridimensionais derivadas de formas elementares. Utilizou-se informações de datasheets para colher as dimensões do display LCD e do teclado matricial para dimensionamento da *case*. De acordo com tais parâmetros construiu-se o modelo da figura 22.



(a) Case completa



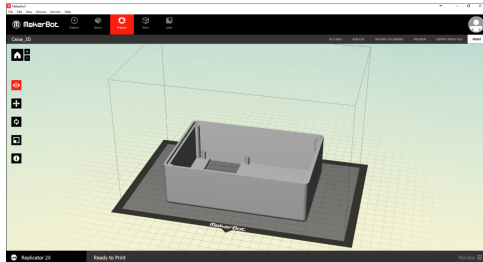
(b) Detalhe interno da case

Figura 22 – Desenvolvimento da case no Solidworks

Terminada a etapa de desenvolvimento da case utilizou-se a impressora 3D do Laboratório de Impressão do Departamento de Arquitetura da UFOP para criação da peça final.

3.2.5 Impressão 3D da case

Após o desenvolvimento da *case* no software de criação Solidworks o arquivo gerado com extensão .SLDASM foi convertido para a extensão .obj própria do software MakerBot da impressora 3D modelo Replicator 2X, como pode ser visto na figura 23.



(a) Ambiente de criação do software MakerBot



(b) Impressora 3D MakerBot

Figura 23 – Impressão 3D da case

Este modelo de impressora possui duas extrusoras colocadas em paralelo sobre a plataforma de impressão. Cada extrusora recebe sua própria alimentação que é um filamento de plástico, figura 24, do tipo ABS ou PLA de 1,75mm de diâmetro, dessa forma, permite imprimir objetos com duas cores diferentes ou dois tipos de plásticos simultaneamente.



Figura 24 – Filamento do tipo ABS de 1.75mm de diâmetro

3.2.6 Montagem final do equipamento

Após a confecção isolada de cada etapa do trabalho, projeto da PCI, soldagem dos componentes eletrônicos e construção da estrutura que embarcará todos o circuito, o resultado final da impressão e o resultado final da montagem é mostrado na figura 25.



(a) Case finalizada



(b) Projeto finalizado embarcado em uma case de acrílico

Figura 25 – Fase final de construção do módulo embarcado

Separadamente, colocou-se o módulo relé de dois canais no interior do histotécnico, em uma posição de fácil acesso, de forma a facilitar uma possível manutenção, além de evitar a violação do conteúdo eletrônico dentro da *case*. A localização precisa dos relés, destacada dentro da circunferência, é mostrada na figura 26.

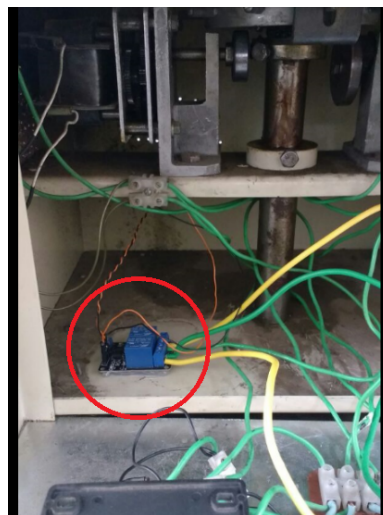


Figura 26 – Localização do módulo relé dentro do histotécnico

Para evitar o contato, e consequentemente o curto-circuito, entre a superfície do circuito do módulo relé e a superfície de metal do processador isolou-se as respectivas partes com um pedaço de borracha e cola quente.

4 TESTES DE FUNCIONAMENTO

As várias visitas ao LMP para a fase de testes foram realizadas para correção dos problemas apresentados ao construir o sistema de acionamento. Nesse sentido, para delimitar essa parte, dividiu-se toda etapa de testes em primeira etapa de testes, que foram para solucionar os problemas iniciais decorrentes do primeiro contato entre a parte simulada e a parte prática e; segunda etapa, para resolver os problemas ainda não solucionados pela etapa anterior.

A primeira etapa de testes ocorreu para verificar o funcionamento do hardware, ou seja, verificar o correto funcionamento do módulo relé ao acionar os dois motores do histotécnico. Os relés acionaram perfeitamente a carga, demonstrando a correta instalação do circuito e do programa. A lógica inicial do código que iria acionar o dispositivo era de fixar o trabalho do histotécnico em dez ciclos com tempos de acionamento do motor 1 e do motor 2 definidos pelo usuário. Verificou-se que o ciclo de acionamento do motor 2, aquele que gira os pratos para troca de banho, era sempre de 55 segundos, dessa forma não haveria necessidade do usuário configurar esse tempo. Decorrente disso, a programação foi modificada para fixar o tempo do motor 2 e manter a opção de configuração de tempo no motor 1, que é o motor que agita o tecido dentro da solução alcoólica. Observou-se que no momento em que o relé mudava de estado os caracteres do display LCD desconfiguravam-se, impedindo a visualização das informações por parte do usuário, conforme pode ser visto na figura 27.



Figura 27 – Interferência do display LCD ao acionar o módulo relé

Constatou-se a possibilidade de queda de tensão causada pelo sobrecarregamento do microcontrolador, uma vez que todas as cargas estavam sendo alimentadas pelo Arduino; a primeira tentativa de correção do problema foi separar a alimentação dos relés com a alimentação da placa e do display LCD. Observou-se também uma o travamento da haste do histotécnico ao mudar o tecido de banho, movimento esse realizado pelo motor 2. Esse travamento ocorre de forma esporádica, possivelmente causado por desgaste da haste ou

má lubrificação.

A segunda etapa de testes foi para correção dos problemas encontrados na primeira fase, além de verificar se mais alguns problemas que poderiam acontecer. A correção do código foi testada de forma a possibilitar que o usuário inserisse apenas o tempo de banho de cada ciclo, modificação esta que atendeu aos requisitos do sistema. Com relação ao problema de queda de tensão a separação da alimentação dos relés e da placa com o display LCD foi suficiente para solucionar o problema de desconfiguração dos caracteres do display LCD, utilizou-se para esse fim uma fonte externa de alimentação de 5V com corrente de 1A. O correto funcionamento é mostrado na figura 28.



Figura 28 – Funcionamento correto do display LCD

Com as correções realizadas na segunda etapa de testes, o sistema funcionou normalmente no que se refere aos ajustes feitos tanto em software quanto em hardware, o que foi confirmado e aprovado por seus usuários. Com relação ao travamento esporádico, esse não foi possível corrigir uma vez que conhecimentos técnicos de mecânica eram necessários para abrir o compartimento da haste do equipamento o que foge do escopo desse trabalho.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho, a técnica de *retrofit* foi aplicada a um Processador Automático de Tecidos, modelo OMA CM69, alocado no Laboratório de Morfopatologia da Universidade Federal de Ouro Preto. O equipamento foi modernizado conferindo uma maior autonomia no processamento de tecidos, além de poupar os usuários de um trabalho excessivamente manual e dispendioso. Dessa forma, o Laboratório ganha em produtividade, já que o usuário fica desobrigado de intervir no equipamento durante o seu funcionamento que pode durar, por exemplo, doze horas ininterruptas.

A aplicação da técnica de *retrofit* se mostrou uma boa alternativa, uma vez que o custo de recuperação do equipamento para o laboratório foi bem menor que a aquisição de um novo produto de características semelhantes.

O controle de ciclos adotado baseou-se nas funcionalidades dos temporizadores atuadores eletromecânicos encontrados no próprio equipamento. Baseando-se nisso, a lógica do programa foi desenvolvida na contagem de tempo de banho e de troca de solução alcoólica, o que se mostrou funcionando como o esperado.

Atualmente, o equipamento encontra-se em fase de testes e validação no LMP. Futuras melhorias e expansões podem ser aplicadas ao estudo desse *retrofit*.

5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

No que tange às possíveis melhorias podemos citar abaixo as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- Sistema de monitoramento de concentração de gases tóxicos via sensores;
- Sistema de prevenção de queda de energia (nobreak ou baterias);
- Controle de temperatura do banho de parafina;
- Implementação de ciclos pré definidos para cada tipo de tecido;
- Programa de alerta ao usuário em caso de problemas ao equipamento.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. **What is Arduino**. 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 08 jun. 2017.
- BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de Edificações**. 2004. 186 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- BERMÚDEZ, A. S. **Proteus (Isis, Ares)**. 2000. Disponível em: <http://www.placompel.com.br/wa_files/Manual_Proteus.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2017.
- BRAGA, N. C. **Relês - Conceitos e Aplicações**. São Paulo: NCB, 2012. 20 p.
- CAPELLI, A. **Automação Industrial: controle de movimento e processos contínuos**. 2. ed. São Paulo: Erica, 2007.
- COEL. **Manual dos interruptores Horários: modelos RTM, RTL, RTQD, RTQDL**. 2012. 2 p. Disponível em: <www.coel.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Manual-de-Instrucoes-RTM_r8.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2017.
- COUTINHO, G. S. **Introdução ao SolidWorks**. São Paulo: Petromec/Jung Systems, 2000. 11 p.
- JUNIOR, J. C. S. **Controle de qualidade em lâminas histológicas: importância da metodologia de H/E no diagnóstico médico**. 2010. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdades Integradas FAFIBE, Bebedouro, São Paulo, 2010.
- JUNQUEIRA, L. C. **Histologia Básica**. 11. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2008. 524 p.
- MANUTEC. **A Importância do Retrofitting de Máquinas e Equipamentos**. 2017. Disponível em: <<http://www.manutec.ind.br/index.php/blog-manutec/52-a-importancia-do-retrofitting-de-maquinas-e-equipamentos>>. Acesso em: 19 jul. 2017.
- MOLINARO, E. **Conceitos e métodos para formação de profissionais em laboratórios de saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV, 2010. v. 4. 496 p.
- OMA. **T70-12e**. 2012. Disponível em: <<http://omanet.com.br/site/category/histotecnico/>>. Acesso em: 24 jun. 2016.
- PANSIERA, P. E. A ciência do retrofitting. **Mecatrônica Atual**, v. 2, p. 3, 2012.
- PEREIRA, F. **Microcontroladores PIC Técnicas Avançadas**. São Paulo: Erica, 2006. 206 p.
- PICORETI, R. **Leitura de Teclado Matricial e Multiplexação**. 2014. Disponível em: <<http://blog.vidadesilicio.com.br/arduino/leitura-de-teclado-matricial-e-multiplexacao/>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

THOMSEN, A. **Controlando Lâmpadas com Módulo Relé Arduino**. 2017. Disponível em: <<http://blog.filipeflop.com/modulos/controle-modulo-rele-arduino.html>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

THOMSEN, A. **Display LCD 20x4 Backlight Azul**. 2017. Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-6b7e6-display-lcd-20x4-backlight-azul.html>>. Acesso em: 08 jun. 2017.