

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA 'JÚLIO DE MESQUITA FILHO'
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

BRUNO GARAVELLI DE PAIVA

**SIMULAÇÃO E PROPOSTA DE DISPENSAÇÃO DE INSUMOS PARA SISTEMA
DE LAVAGEM ELETROMECHANICO**

Ilha Solteira
2023

BRUNO GARAVELLI DE PAIVA

**SIMULAÇÃO E PROPOSTA ALTERNATIVA DE DISPENSAÇÃO DE INSUMOS
PARA SISTEMA DE LAVAGEM ELETROMECHANICO**

Trabalho apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador
Prof. Dr. Carlos Antonio Alves

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Paiva, Bruno Garavelli de.
P149s Simulação e proposta alternativa de dispensação de insumos para sistema de lavagem eletromecânico / Bruno Garavelli de Paiva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
55 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Carlos Antonio Alves

Inclui bibliografia

1. Circuito elétrico de uma lavadora automática. 2. Lavadora de roupas. 3.
Dispensador.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica do Serviço
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
CIB/USP - 9999

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos vinte e sete dias do mês de Janeiro do ano de dois mil e vinte e três, o discente **Bruno Garavelli de Paiva**, matriculado sob o nº 151052255, tendo como banca examinadora o seu orientador, o Prof. Dr. Carlos Antonio Alves, o Prof. Dr. Alexandre Cesar Rodrigues da Silva e o Mestre Rodrigo Serra Daltin, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado "Simulação e Proposta de Dispensação de Insumos para Sistema de Lavagem Eletromecânica", obtendo a nota 9.0 (NOVE) e conceito APROVADO.



Prof. Dr. Carlos Antonio Alves
- Orientador -

Bruno Garavelli de Paiva

Bruno Garavelli de Paiva
- Discente -



Prof. Dr. Alexandre Cesar Rodrigues da Silva
- Membro da Banca -



Doutorando Rodrigo Serra Daltin
- Membro da Banca -

RESUMO

O processo de lavagem de roupas faz parte da história e, se realizado de uma forma automática, é capaz de promover um conforto aos usuários. É um processo que tem se inovado ao longo do tempo, o que é natural de toda tecnologia, acompanhar o avanço da população que a utiliza. Este trabalho tem como objetivo fazer uma simulação das funções principais desse processo de lavagem, utilizando as ferramentas: Proteus e Arduino, no intuito de promover aprendizado e facilitar estudos na área. Também objetiva desenvolver um novo modelo de dispensador de insumos. Os resultados indicam que a tecnologia é eficaz e contribui com o avanço desta tecnologia.

Palavras-chave: Lavadora de Roupas, Dispensador, Circuito elétrico de uma lavadora automática.

ABSTRACT

The process of washing clothes is part of history and, if carried out in an automatic way, it is able to promote comfort to users. It is a habit that has been innovated over time, which is a natural process of all technology, following the advancement of population that uses it. This work aims to simulate the functions of this device, using the tools: Proteus and Arduino, in order to promote learning and facilitate studies in the area. It also aims to propose a way alternative of carrying out an internal function of the product (dispensing with inputs). The results indicate that the technology can be effective and may contribute to the advancement of this technology.

Keywords: Washing machine, washing machine function, electrical circuit of a washing machine, washing machine simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tambor Rotativo de 1915	12
Figura 2: Primeira máquina de lavar roupas (Mueller)	13
Figura 3: Primeira máquina automática de lavar roupas (Brastemp)	14
Figura 4: Modelo atual de uma máquina automática de lavar roupas Colormaq.....	15
Figura 5: Circuito elétrico da Lavadora.....	16
Figura 6: Placa Eletrônica.....	18
Figura 7: Interface para placa eletrônica de controle do produto	18
Figura 8: Máquina de estados da Placa Eletrônica de controle	20
Figura 9: Foto de um sistema de transmissão de energia	23
Figura 10: Foto ilustrativa de uma eletrobomba 127 V (carcaça amarela)	24
Figura 11: Curva de vazão por altura da eletrobomba.....	25
Figura 12: Foto ilustrativa do Termoatuador.....	25
Figura 13: Circuito elétrico do termoatuador	26
Figura 14: Foto ilustrativa do Bloco porta	27
Figura 15: Circuito elétrico do bloco porta	27
Figura 16: Modelo do dispensador proposto	30
Figura 17: Vista Superior do dispensador	30
Figura 18: Dispensador Montado em Produto.....	31
Figura 19: Dispensador Vista em Corte Lateral	33
Figura 20: Dispensador impresso 3D	34
Figura 21: Dispensador ao final do ensaio	35
Figura 22: Agitador ao final do ensaio	35
Figura 23: Circuito da Lavadora Em Ambiente Proteus	39
Figura 24: Simulação do Acionamento de válvula.....	40
Figura 25: Simulação do processo de agitação.....	41
Figura 26: Simulação de utilização de funções da lavadora.....	41
Figura 27: Simulação do mecanismo de segurança da tampa	42
Figura 28: Simulação do início do processo de centrifugação	42

Figura 29: Simulação do processo de centrifugação	43
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ciclos e Funções da Máquina.....	19
Tabela 2: Descrição dos estados da Placa Eletrônica da lavadora	19
Tabela 3: Ações após pausa.....	21
Tabela 4: Estrutura do Ciclo Rápido	32

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

V	Volts
A	Ampères
W	Watts
LED	<i>Light emitter diode</i>
LAP	Laboratório de Análise de Performance
PLA	Ácido Poliláctico
ms	Milissegundos

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVOS	11
2.	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PROCESSO DE LAVAGEM	12
2.1	A ENGENHARIA PRESENTE NO PROCESSO DE LAVAGEM	15
2.1.1	Sistema Elétrico da Lavadora	16
2.1.2	Primeira Etapa - Enchimento	21
2.1.3	Segunda Etapa - Agitação.....	22
2.1.4	Terceira Etapa - Molho	24
2.1.5	Quarta Etapa – Drenagem.....	24
2.1.6	Quinta Etapa – Centrifugação.....	28
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1	PROJETO DA PEÇA PLÁSTICA	29
3.1.1	Testes Experimentais	34
4.	SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM NO ISIS - PROTEUS	36
4.1	PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM DO ARDUINO	36
4.2	SIMULAÇÃO NO PROTEUS	39
5.	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS	45
	APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO:	
	DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS	46
	APÊNDICE B - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO:	
	DECLARAÇÃO DOS ESTADOS DOS PINOS E INTERRUPÇÕES.....	47
	APÊNDICE C - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO:	
	FUNÇÕES DE INTERRUPÇÃO.....	48
	APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO:	
	FUNÇÕES DE LAVAGEM.....	50
	APÊNDICE E - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO:	
	PROGRAMA PRINCIPAL	54

1. INTRODUÇÃO

O processo de lavagem de roupas tornou-se uma necessidade global, assim, qualquer tecnologia que objetive facilitar, melhorar e baratear esse processo será bem-vinda. A utilização de um método de lavagem automático, além de economizar tempo e esforços dos humanos pode melhorar sua qualidade de vida. No entanto, mesmo com todas essas vantagens, a lavagem de roupas acaba sendo um processo feito manualmente por muitas famílias no mundo todo. O principal motivo para isso é o custo elevado da aquisição e manutenção desse tipo de equipamento e dos insumos.

Com isso surge uma importante demanda de engenharia para tornar essa tecnologia mais barata e acessível para a maioria das pessoas, através de proliferação de conhecimento e soluções que visem baratear o produto final.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste projeto de graduação é construir um ambiente de simulação do circuito elétrico e principais funções de uma lavadora de roupas automática, em ambiente Arduino e Proteus e elaborar uma proposta alternativa mais simples e de baixo custo para a dispensação de insumos durante o ciclo de lavagem de roupas.

2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PROCESSO DE LAVAGEM

Ao longo da história da humanidade, o uso de vestimentas sempre esteve atrelado à cultura de diversas civilizações e acredita-se que o uso de roupas teve seu início para prover proteção contra fatores naturais e por questões de aparência. Um caçador pré-histórico, por exemplo, poderia utilizar a pele de um animal de caça para mantê-lo aquecido, ou então para transparecer um sinal de bravura e habilidade como caçador.

Em 1988, na Rússia, foram encontrados vestígios de agulhas primitivas, feitas com ossos e marfim, confeccionadas a mais de 30 mil anos. Com isso, acredita-se que o uso de roupas, produzidas a partir de pelos de ovelha ou fiapos de algodão, já era uma realidade por volta do fim da Idade da Pedra, há 25 mil anos atrás. As técnicas de fabricação de roupas foram melhorando gradualmente com o passar dos anos, o que permitiu a elaboração de peças mais elaboradas, agrupando-se peles de animais.

No século XX, surgiu o primeiro conceito de uma máquina de lavar roupas, na Inglaterra e Estados Unidos, e se tratava de um tambor rotativo, como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Tambor Rotativo de 1915

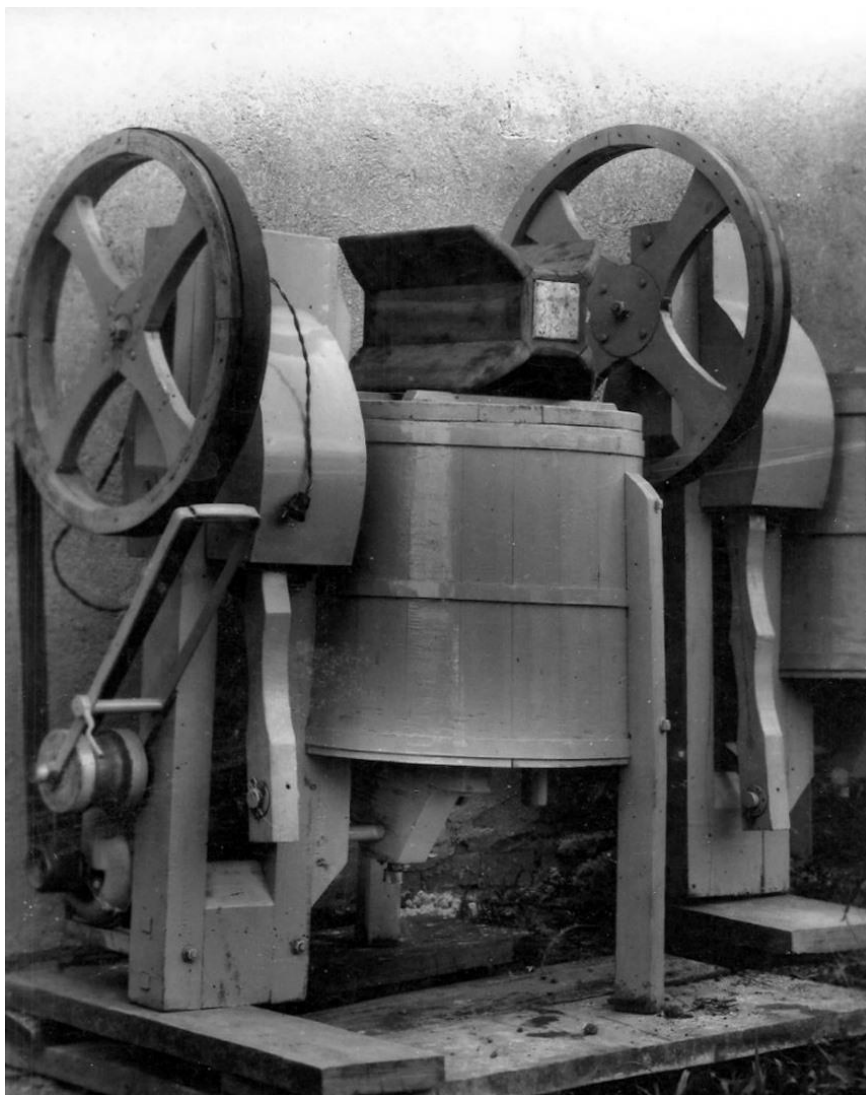


Fonte: (Clube dos Entas, 2011)

Após aproximadamente meio século, em 1949, surgiu a primeira lavadora de roupas

no Brasil, fabricada pela empresa *Mueller*. Empresa pioneira nesse setor e que segue acompanhando o avanço da tecnologia do mercado no século XXI. Na Figura 2 têm-se uma foto da primeira máquina.

Figura 2: Primeira máquina de lavar roupas (Mueller)



Fonte: (Texto Notícias, 2019)

Com o passar dos anos e o avanço da tecnologia, surgiu um novo conceito de lavagem de roupas, que sai das limitações de um produto semiautomático e engloba um processo totalmente automático, em que o operador só tem a preocupação de colocar a roupa e após o ciclo do produto, retirá-la praticamente seca.

Assim, surge, no Brasil, em 1959, a primeira lavadora de roupas automática, denominada Brastemp super luxo, fabricada pela empresa *Brastemp*, líder de mercado até a

atualidade. Essa primeira máquina automática, já possui o sistema mais atualizado de lavagem de roupas automático, que é através de agitação e centrifugação, responsável pela limpeza e secagem de cargas. Na Figura 3, têm-se uma foto ilustrativa do modelo da época.

Figura 3: Primeira máquina automática de lavar roupas (Brastemp)



Fonte: (Brastemp, 2021)

Desde seu lançamento até a atualidade houve algumas mudanças de tecnologia, porém o conceito de lavagem ainda segue como referência. Na Figura 4, tem-se uma foto ilustrativa do modelo atual da lavadora de roupas automática da empresa Colormaq.

Figura 4: Modelo atual de uma máquina automática de lavar roupas Colormaq



Fonte: (Colormaq, 2021)

Com todas as evoluções citadas, chega-se ao limite atual de evolução de conceito e tecnologia envolvidos no processo de lavagem de roupas automático. O intuito desse trabalho é propor uma alteração no conceito utilizado para misturar os insumos com a roupa. A ideia é diminuir a quantidade de peças plásticas, proporcionando todo o sistema de dispensação apenas com duas peças, utilizando conceitos físicos do comportamento de fluídos em alta rotação. Para adequar o produto ao novo conceito, será necessário realizar modificações também na placa eletrônica e circuitos elétricos para otimização do projeto, uma vez que com a efetivação do estudo, é possível retirar um tiristor referente a válvula de água 2, assim, com isso, toda lógica da placa envolvendo esta carga terá que ser modificada.

2.1 A ENGENHARIA PRESENTE NO PROCESSO DE LAVAGEM

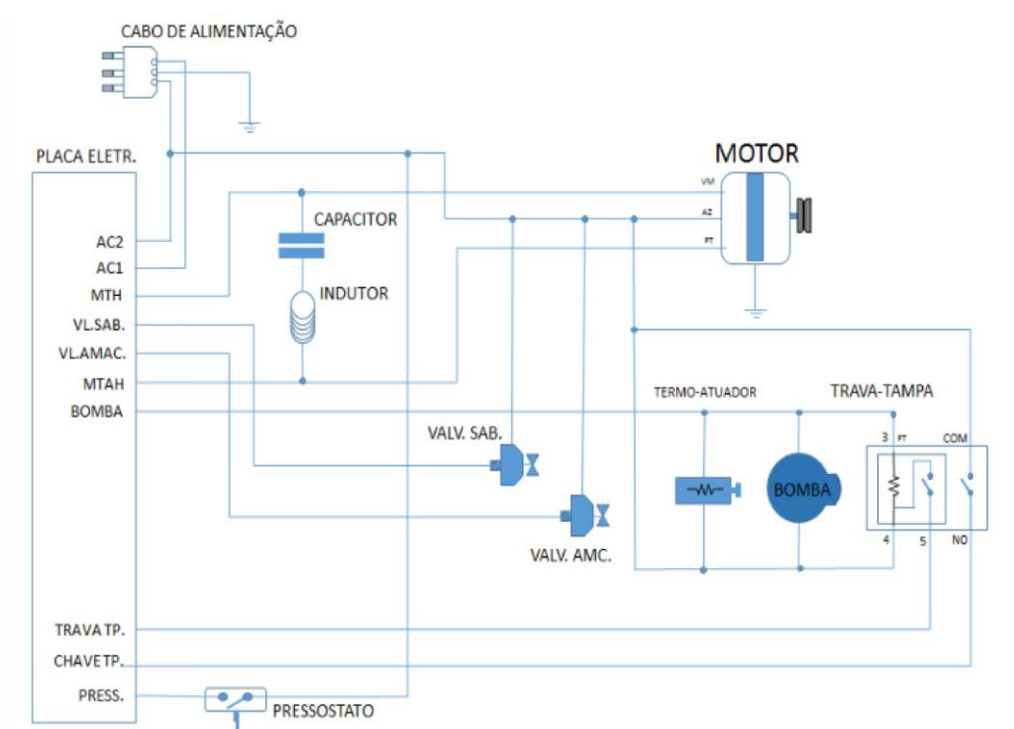
Um ciclo de lavagem normalmente é composto por 4 fases: lavagem, enxágue intermediário, enxágue final e centrifugação. Essas fases são compostas por sequências de tarefas: enchimento, agitação, molho, drenagem e centrifugação.

Nesta seção apresenta-se o funcionamento eletromecânico de lavagem de roupas. O processo é dividido em tópicos, cada um contendo etapas de lavagem seguindo a ordem normal do equipamento. Dentro de cada tópico é explorado os conceitos físicos, sensores e tecnologia aplicados no mecanismo.

2.1.1 Sistema Elétrico da Lavadora

Para iniciar o entendimento do funcionamento de uma lavadora de roupas automática, primeiramente, é explorado o circuito elétrico, detalhando as formas de ligação elétrica e os sensores existentes, com uma breve explicação de cada um. Na Figura 5 é mostrado o circuito elétrico da lavadora.

Figura 5: Circuito elétrico da Lavadora



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

As entradas de energia da placa eletrônica são representadas por: AC1 e AC2, enquanto que as saídas são representadas por: MTH (Motor sentido horário); MTAH (Motor sentido anti-horário); VL.SAB. (Válvula de sabão); VL.AMAC. (Válvula de amaciante); BOMBA (Eletrobomba); TRATA TP. (Trava tampa); CHAVE TP. (Chave tampa); PRESS (Pressostato).

2.1.1.1 Motor

Por meio do motor a placa eletrônica é capaz de movimentar o agitador ou o cesto do produto, realizando as tarefas de agitação e centrifugação.

2.1.1.2 Válvulas

Por meio das válvulas a placa eletrônica permite a entrada de água no produto, realizando também a dispensação dos insumos para a lavagem.

2.1.1.3 Eletrobomba, Termoatuador e Bloco Porta

Esses três componentes: a eletrobomba, o termoatuador e o bloco porta, estão conectados fisicamente em paralelo, assim o acionamento de um implica no acionamento dos demais. Por meio desses componentes a placa eletrônica permite a remoção de água, assim como a habilitação para executar a centrifugação e o travamento da tampa. A placa eletrônica também deve fazer uso das informações provenientes dos sensores da tampa e do bloco porta para definir o estado da tampa.

2.1.1.4 Sensor de pressão

A placa eletrônica faz uso da informação proveniente do sensor de pressão para definir o momento de encerrar as tarefas de enchimento e drenagem. O nível de água é considerado cheio quando o sensor estiver fechado e considerado vazio, quando estiver aberto.

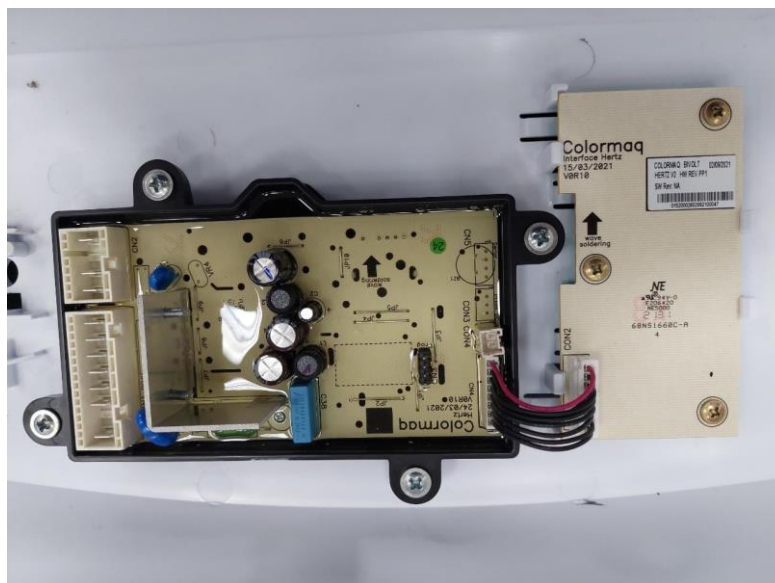
2.1.1.5 Leitura de tensão

A placa eletrônica faz uso da informação proveniente do circuito de leitura de tensão de alimentação para definir se o produto está sendo energizado corretamente ou não

2.1.1.6 A placa eletrônica de controle

A placa eletrônica de controle pode ser considerada o *Core* do produto, uma vez que é a principal responsável por todas suas funções. Suas funções vão desde a leitura de sensores como, por exemplo, do pressostato para ‘medir’ a variação da quantidade de água interna do cesto de lavagem até a resposta a essas leituras, que seria o acionamento de cargas através de tiristores. A placa é responsável por acionar cada terminal da válvula de água dupla, em tempos de funcionamento distintos. Na Figura 6 é representada a placa eletrônica do produto.

Figura 6: Placa Eletrônica



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A placa eletrônica de controle define 9 ciclos de funcionamento e 5 funções de lavagem, conforme mostrado na Figura 7 e descrito na Tabela 1.

Figura 7: Interface para placa eletrônica de controle do produto



Fonte: Especificações técnicas (2021)

Tabela 1: Ciclos e Funções da Máquina

Nome Funcional	Nome Comercial
Ciclo A	Rápido
Ciclo B	Dia a Dia
Ciclo C	Delicado
Ciclo D	Cama e Banho
Ciclo E	Pesado
Ciclo F	Tira-manchas
Ciclo G	Enxaguar
Ciclo H	Centrifugar
Ciclo I	Limpeza de Cesto
Função 1	Iniciar, Pausar, Desligar
Função 2	Turbo Lavagem
Função 3	Reutilizar água
Função 4	Duplo enxágue
Função 5	Centrifugar Extra

Fonte: Especificações técnicas (2021)

A placa eletrônica de controle possui 8 estados de funcionamento, que estão detalhados na Tabela 2.

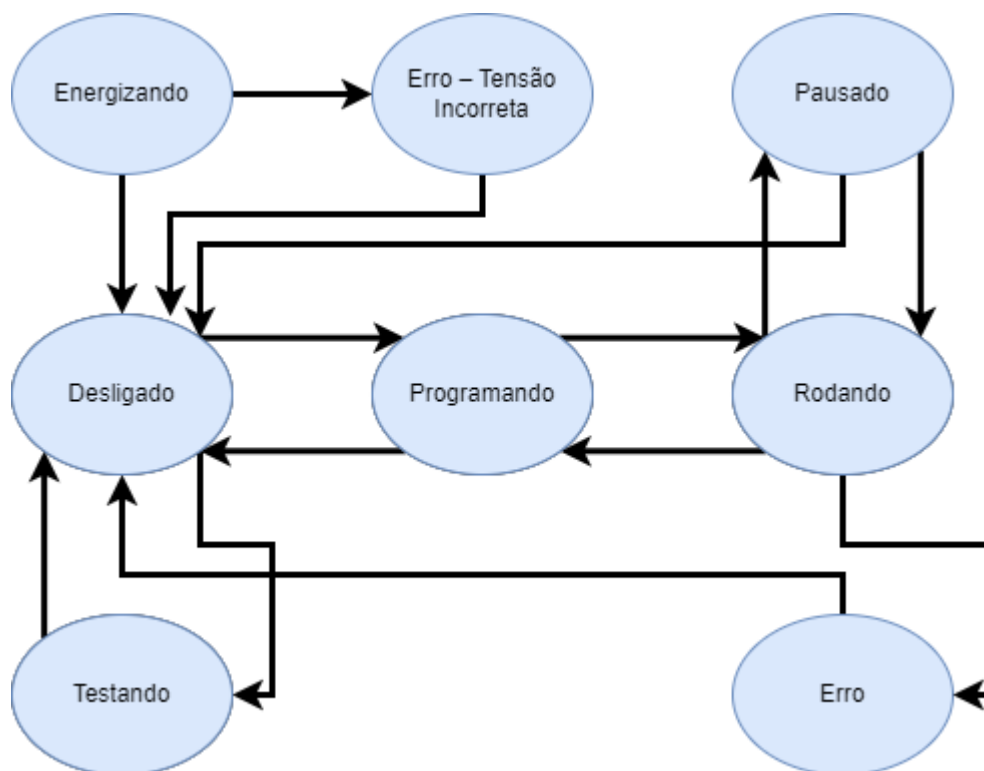
Tabela 2: Descrição dos estados da Placa Eletrônica da lavadora

Estado	Descrição
Energizando	Animação realizada quando o produto é energizado
Desligado	Estado base do produto, com todos os LEDs desligados
Programando	LEDs são ligados conforme seleção do usuário
Rodando	LEDs ligados de forma a indicar ciclo, funções e modificadores em uso
Pausado	Animação realizada com os LEDs enquanto o produto for pausado pelo consumidor
Erro	Animação realizada para indicar a ocorrência de um problema
Testando	Estado especial para realização de testes
Erro – Tensão Incorreta	Animação realizada para indicar a ocorrência de um erro de tensão

Fonte: Especificações técnicas (2021)

Observando-se a Figura 8 é possível visualizar a interação existente entre estes estados de funcionamento.

Figura 8: Máquina de estados da Placa Eletrônica de controle



Fonte: Especificações técnicas (2021)

A placa eletrônica de controle deve entrar no estado de ‘Energizando’ quando for conectada à rede elétrica, após isso, ela deve verificar a tensão de alimentação, caso for submetida a uma tensão incorreta transitará para o estado ‘Erro – Tensão Incorreta’ e desligar após isso. Caso a tensão seja correta, o produto irá para o estado ‘Desligado’ logo após completar a rotina de energização (ligar todos os LEDs).

A placa eletrônica de controle deve sair do estado ‘Desligado’ e seguir para o estado ‘Testando’ somente se a combinação for um padrão de ações dos botões utilizados para testar o produto (linha de produção e LAP). A placa eletrônica de controle deve sair do estado ‘Desligado’ e seguir para o estado de ‘Programando’ quando estiver no estado ‘Desligado’ e qualquer botão individualmente for pressionado ou se o *encoder* (manípulo de escolha de ciclos) for movimentado. Se houver interrupção de energia durante o estado ‘Desligado’, ao retorno da energia a placa eletrônica deve reiniciar no estado ‘Energizando’, normalmente. A placa eletrônica de controle ao entrar no estado ‘Programando’ via estado ‘Desligado’ deve considerar o ciclo selecionado com base na posição do *encoder*. Caso haja interação no

encoder durante o estado ‘Programando’, a placa eletrônica de controle deve alterar o ciclo selecionado com base na posição do encoder. A placa eletrônica de controle deve sair do estado ‘Programando’ e seguir para o estado ‘Desligado’ se o botão ‘Função 1’ for pressionado por mais de 3 segundos ou se não houver interação nenhuma com botão ou encoder durante 30 segundos. A placa eletrônica de controle deve sair do estado ‘Programando’ e seguir para o estado ‘Rodando’ se o botão ‘Função 1’ for pressionado por menos de 3 segundos. A placa eletrônica de controle ao entrar no estado ‘Rodando’ via estado ‘Programando’ deve iniciar a execução do ciclo selecionado. A placa eletrônica de controle ao entrar no estado ‘Rodando’ via estado ‘Pausado’ deve continuar a execução do ciclo selecionado conforme Tabela 3.

Tabela 3: Ações após pausa

Tarefa	Ação
Enchimento	Continua de onde parou
Agitação	Continua de onde parou
Molho	Seguir para próxima tarefa
Drenagem	Reinicia a tarefa
Centrifugação	Reinicia a partir da última tarefa de drenagem executada

Fonte: Especificações técnicas (2021)

Se houver interrupção de energia durante o estado ‘Rodando’, ao retorno da energia a placa eletrônica de controle deve reiniciar no estado ‘Rodando’, continuando a execução do ciclo selecionado seguindo as definições da Tabela 3. A placa eletrônica de controle deve manter todas as cargas desligadas durante o estado ‘Pausado’.

Existem dois estados de erros possíveis: Falha no Enchimento e Falha na Drenagem, caso haja interrupção de energia durante o estado ‘Erro’, ao retorno da energia a placa eletrônica de controle deve reiniciar no estado ‘Energizando’ normalmente.

2.1.2 Primeira Etapa - Enchimento

Essa etapa é responsável por encher o cesto de roupas com água, até o nível selecionado pelo usuário, para isso conta com o funcionamento de um sensor de nível de água (pressostato) e um dispositivo de enchimento controlado por tensão de rede 127 V ou 220 V (válvula de água dupla). O desenvolvimento dessa etapa tem um conceito simples: Aciona-se a válvula de água 1 (válvula de sabão), até que o pressostato sinalize que o nível de água

desejado foi contemplado. A válvula 1 é responsável por injetar água pelo local referente ao uso do insumo sabão, responsável pelo primeiro contato com a roupa.

2.1.2.1 Pressostato

Pressostato é um instrumento sensível à variação de pressão no meio em que se encontra. Numa lavadora automática, esse sensor funciona como uma chave elétrica controlada por pressão de coluna d'água. Com isso, os possíveis níveis lógicos para ele são 0 ou 1, simbolizando, respectivamente, aberto ou fechado. Esse sinal é lido pela placa eletrônica do produto e como resposta, tem-se o desligamento da válvula de água 1, cessando o enchimento e finalizando a primeira etapa. O pressostato possui internamente um conjunto de engrenagens com quatro posições distintas. Cada posição do conjunto de engrenagens reflete em um nível de água que o operador controla, os níveis de água são: extra baixo, baixo, médio e alto. O conjunto de engrenagens é responsável por variar a sensibilidade do sensor, com isso, existem quatro 'colunas d'água' que ativam o sensor. Como a coluna d'água reflete na quantidade de água presente no produto, é possível diferenciar quatro quantidades diferentes de água capazes de ativar o sensor. O tanque do produto possui um orifício no fundo, onde é conectada uma mangueira de silicone responsável por fazer a ligação entre o pressostato e o nível zero de água (fundo do tanque), assim, conforme o nível de água do tanque for aumentando, o nível de água da mangueira acompanha ele, exercendo uma pressão maior ao sensor, até que o ative.

2.1.2.2 Válvula de água dupla

A válvula solenoide é um dispositivo eletromecânico capaz de controlar o fluxo de um líquido ou gás através de corrente elétrica. Possui um núcleo móvel responsável por obstruir ou não a passagem do fluido. Quando a solenoide se encontra desenergizada, o núcleo está com a função de obstrução. Ao ser energizada, a corrente elétrica produz um campo magnético, responsável por atrair o núcleo e desobstruir a passagem da água. Assim, basta ligar a válvula à tensão de rede para permitir o enchimento do produto. Na aplicação em produto, nesta etapa, a válvula de água 1 é ligada no início do ciclo pela placa eletrônica e é desligada quando o sinal do pressostato é recebido como fechado, ou seja, quando o nível de água selecionado foi atingido.

2.1.3 Segunda Etapa - Agitação

Essa etapa segue uma rotina de agitação:

- Gira o agitador no sentido horário;

- Para o agitador;
- Gira o agitador no sentido anti-horário;
- Para o agitador;

Assim, com a troca regular de sentido de agitação das roupas, é possível promover uma ação mecânica nas roupas, removendo suas sujidades com maior eficiência.

Essa etapa também pode ser utilizada pelo operador para adição de insumos específicos.

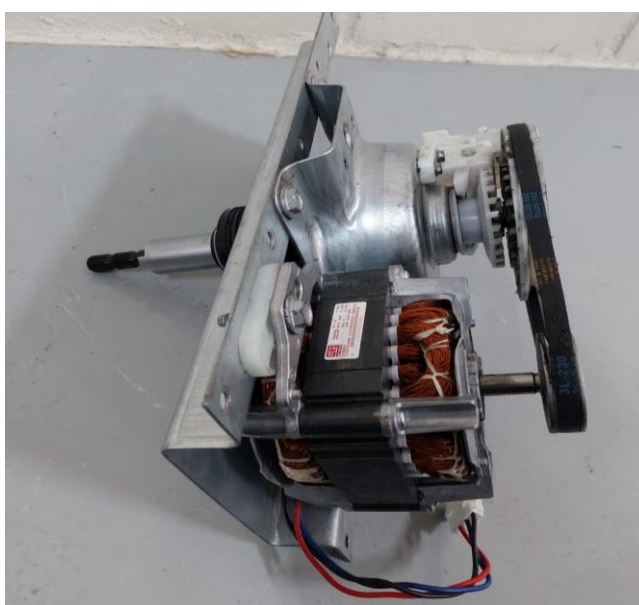
2.1.3.1 Transmissão de Energia para agitação

A transmissão de energia para a agitação do agitador dá-se através de um motor de indução monofásico com três terminais, o que permite facilmente a troca do sentido de giro. Sempre dois dos três terminais devem estar ligados para o funcionamento do motor. O sentido de giro e o tempo ON e OFF é controlado pela placa eletrônica.

Ligado ao agitador tem-se um eixo metálico, que também é ligado ao motor através de uma polia acoplada em seu terminal; uma correia; uma polia motora. Todos esses itens em padrão V (padrão de acoplamento entre correias e polias).

Com essas ligações mecânicas, tem-se a resposta direta do agitador, com um ganho de torque de 4,8, conforme o motor é ligado ou desligado. Assim, para agitar ou não a roupa do cesto, basta ligar ou não o motor do produto. O sistema de transmissão é mostrado na Figura 9.

Figura 9: Foto de um sistema de transmissão de energia



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

2.1.4 Terceira Etapa - Molho

Essa etapa possibilita uma ação química dos insumos utilizados na lavagem com a roupa e permite o resfriamento do motor, já que durante esse período, nenhuma carga do produto é utilizada.

2.1.5 Quarta Etapa – Drenagem

Essa etapa tem o objetivo de remover a água e insumos dissolvidos presentes no conjunto lavante e preparar o produto para a etapa final de centrifugação. A remoção do líquido dá-se através de uma eletrobomba acoplada ao fundo do tanque e a uma mangueira de drenagem de água. Essa etapa também é monitorada através do pressostato, uma vez que não deve acontecer de iniciar a etapa de centrifugação caso ainda haja uma quantidade grande de água no conjunto, pois o atrito do cesto girante com grande quantidade de água ocasiona um torque reverso, o que eleva demasiadamente a temperatura do motor. A preparação para centrifugação que ocorre nesta etapa, dá-se com o acionamento de mais duas cargas além da eletrobomba: o termoatuador e o bloco porta.

2.1.5.1 Eletrobomba

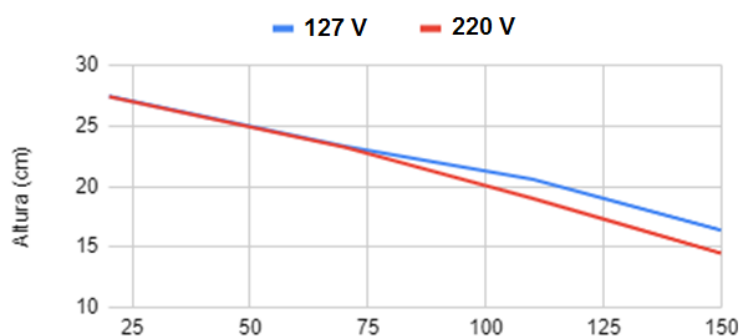
A eletrobomba utilizada no produto trata-se de um motor síncrono cujo rotor possui em seus terminais quatro pás que ao girarem em contato com o fluido, movimenta-o no sentido radial, fornecendo energia cinética suficiente para impulsioná-lo a uma altura aproximadamente de um metro. A entrada de água do sistema é proveniente do tanque do produto e a saída dá-se pela mangueira de drenagem. A comunicação desses dois sistemas é realizada pela eletrobomba. Por se tratar de um motor síncrono, o tempo de drenagem para ambas as tensões (127 V ou 220 V) são próximos. Nas Figura 10 e Figura 11 é apresentada a ilustração de uma eletrobomba e a curva de vazão por altura dela, respectivamente.

Figura 10: Foto ilustrativa de uma eletrobomba 127 V (carcaça amarela)



Fonte: (Mercado Livre, 2021)

Figura 11: Curva de vazão por altura da eletrobomba



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

2.1.5.2 Termoatuador

O termoatuador é um componente bivolt simples, que possui uma pastilha expansível e dois terminais de alimentação. Esse componente possui duas configurações: com o eixo encolhido (sem alimentação) e com o eixo expandido (com alimentação, expande cerca de 16 milímetros). Essas duas configurações tem um grande impacto, pois alteram o perfil de transmissão de energia do motor para o conjunto lavante. Em suma, quando o termoatuador encontra-se desenergizado, o acionamento do motor ocasionará apenas movimento do eixo do agitador, produzindo um perfil de agitação; por outro lado, quando o termoatuador encontra-se energizado e totalmente expandido, o acionamento do motor ocasionará o movimento do cesto de roupas do produto, produzindo um perfil de centrifugação. Na Figura 12 é mostrada uma foto ilustrativa do termoatuador.

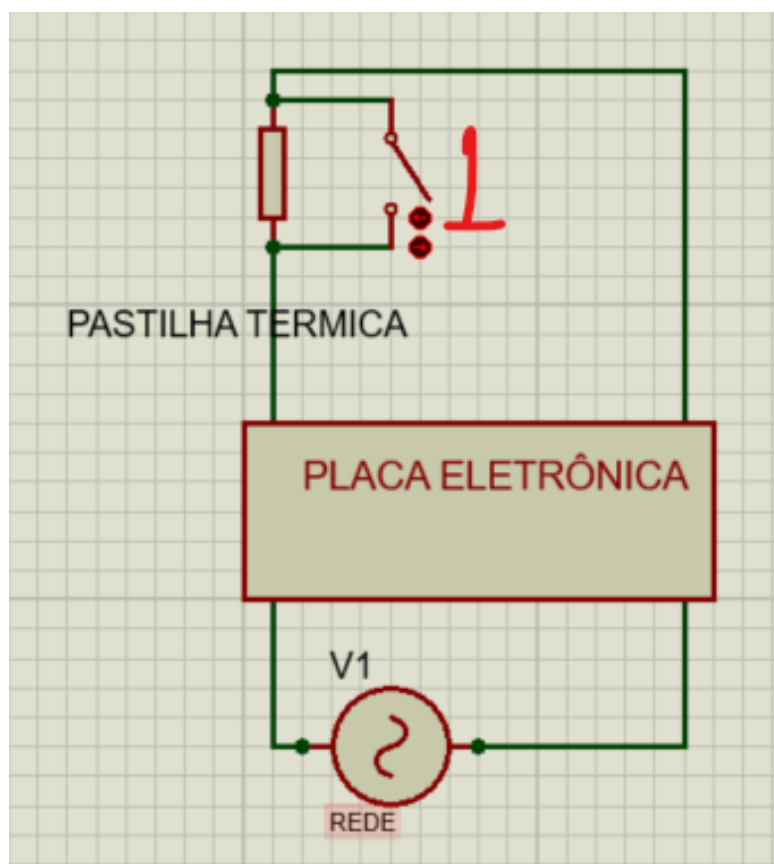
Figura 12: Foto ilustrativa do Termoatuador



Fonte: (Mercado Livre, 2021)

Para facilitar o entendimento do funcionamento de um termoatuador, na Figura 13 é mostrado um esquemático do circuito elétrico interno do termoatuador

Figura 13: Circuito elétrico do termoatuador



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

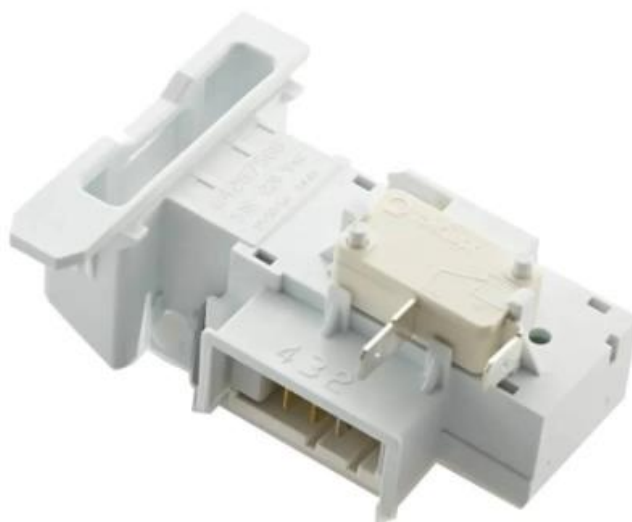
Observando-se a Figura 13, nota-se que o componente indicado pelo número ‘1’ é composto por uma pastilha térmica que possui dois terminais, alimentados pela tensão de rede (127 ou 220V). Essa pastilha ao esquentar se expande e realiza uma ação mecânica no conjunto transmissão, sendo responsável por comutar entre agitação e centrifugação

2.1.5.3 Bloco porta

O bloco porta é um dispositivo de segurança utilizado para que o usuário do produto não consiga abrir a tampa de vidro enquanto estiver em centrifugação. Devido à alta rotação do cesto pode vir a ser algo perigoso o contato direto.

O bloco porta é um componente bivolt simples, que possui uma pastilha expansível, dois terminais de alimentação e três terminais de sensoriamento, responsáveis por sinalizar para a placa eletrônica quando o bloco porta se encontra travado ou destravado. Na Figura 14 é mostrada uma foto ilustrativa de um bloco porta.

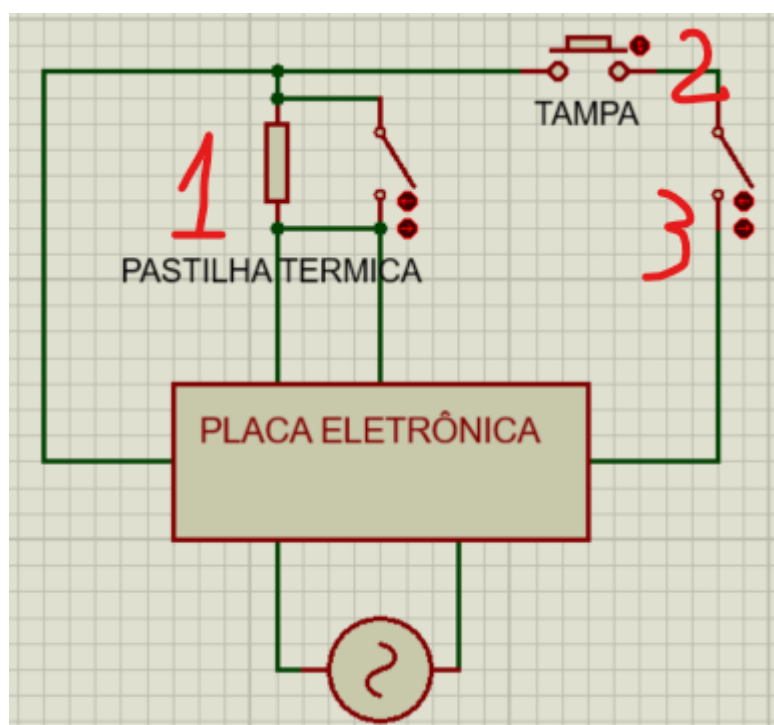
Figura 14: Foto ilustrativa do Bloco porta



Fonte: (Mercado Livre, 2021)

Para facilitar o entendimento do funcionamento de um bloco porta, na Figura 15 é mostrado um esquemático do circuito elétrico interno do bloco porta

Figura 15: Circuito elétrico do bloco porta



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Observando-se a Figura 15, percebe-se que o componente indicado pelo número '1' é composto por uma pastilha térmica, e possui três terminais, dois deles que são alimentados

pela tensão de rede (127 ou 220V). O terceiro que é a parte sensorial, trazendo a resposta para a placa eletrônica se há ou não travamento da tampa, já que esse fechamento de circuito também é mecânico e impede que a tampa seja aberta.

O indicado pelo número ‘2’ refere-se a uma representação da tampa da lavadora, que aciona o switch (indicado por ‘3’) dizendo se a tampa está ou não fechada.

É importante destacar que existem dois sinais de ‘tampa fechada’ :

Sinal 1: tampa apenas fechada (indicativos ‘2’ e ‘3’;

Sinal 2: tampa travada (indicativo ‘1’) impossibilita a abertura da lavadora, por questões de segurança, utilizada nos ciclos de centrifugação, já que essa trava é ligada em paralelo com a eletrobomba, termoatuador.

2.1.6 Quinta Etapa – Centrifugação

Essa etapa é responsável por promover a remoção de água e de insumos impregnados nas roupas, através da rotação do cesto de roupas. Com a alta velocidade a roupa e a água tendem a se afastar do centro do cesto, o limitante para a roupa é a própria parede do cesto, no entanto, essa limitação não se aplica à água, uma vez que o cesto possui pequenas furações o que possibilita a vazão da água. Quando expulsa do cesto, a água aloja-se no tanque, onde se tem a eletrobomba acoplada, responsável por drenar toda a água que for sendo retirada da roupa. Durante toda a etapa de centrifugação a eletrobomba, o termoatuador e o bloco porta devem estar ligados. Caso a eletrobomba não estivesse ligada, a não drenagem de água acarretaria um grande acúmulo de água no tanque, o que geraria o problema citado anteriormente de atrito demasiado entre cesto e água. Caso o termoatuador não estivesse ligado, o perfil do produto estaria para agitação, fazendo com que tivesse rotação apenas do agitador e não secaria a roupa. Caso o bloco porta não estivesse ligado, a etapa funcionaria normalmente, porém seria possível abrir a tampa do produto enquanto estivesse girando, tornando perigoso. A placa eletrônica é responsável por garantir o acionamento. O sistema é realimentado, isto é, a placa tem um sinal de devolutiva do componente informando se o produto realmente está mecanicamente travado, assim, caso tenha falhas nesse componente, a placa terá ciência e não centrifugará. O produto só funcionaria normalmente sem o bloco porta na teoria, pois na prática, por questões de segurança, tem-se esse sistema em malha fechada impossibilitando esse cenário.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo em questão, primeiramente foi projetada uma proposta de peça plástica, em CAD 3D, que seja capaz de entregar os requisitos proposto para o trabalho de dispensação de sabão e amaciante.

Após a parte de desenvolvimento digital, realizou-se a impressão da peça em uma impressora 3D para que se materialize o projeto. Na sequência, a peça desenvolvida é colocada em teste em uma lavadora de roupas automática real para avaliar o impacto e a viabilidade da proposta.

Ao comprovar a funcionalidade da peça, outra alteração precisa ser feita, relacionada à parte elétrica do produto, uma vez que a programação conta com ativação de cargas que só são úteis para o método atual de dispensação. Assim, após alterada a programação da placa, o produto teve seu ciclo testado novamente para avaliação geral do processo e de lavagem e impacto na certificação do produto lavadora automática.

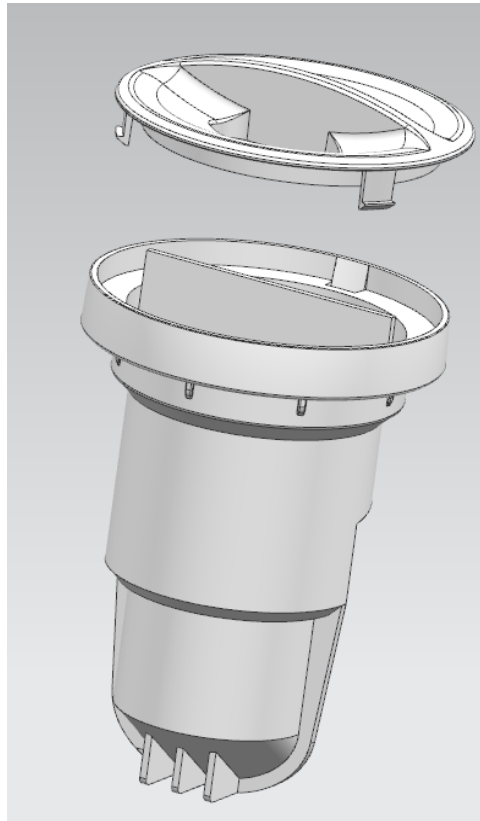
3.1 PROJETO DA PEÇA PLÁSTICA

Foi necessário desenvolver uma peça plástica responsável por dispensar os insumos sabão em pó e amaciante, durante o processo natural de lavagem de roupas, sem nenhuma outra interação humana.

Assim, foi necessário projetar uma peça que, de alguma forma, dispensasse os produtos em momentos diferentes de lavagem, já que os insumos não devem ser colocados na mesma hora. Pensando nisso, foi utilizado como suporte o agitador do produto, uma vez que se trata de um componente da lavadora que pode transferir energia mecânica através da rotação. Na Figura 16 é representada a solução encontrada para o problema.

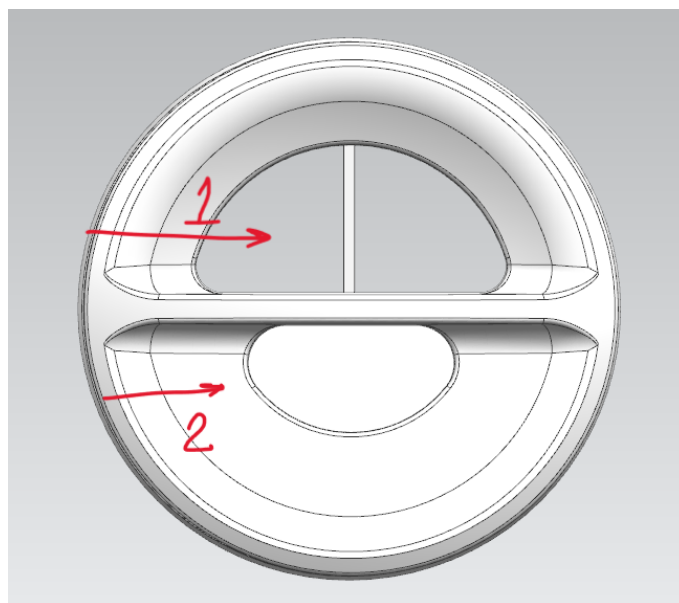
Observando-se a Figura 16 nota-se que a peça final possui dois componentes, o corpo, necessário para alojar o amaciante até a hora correta de ser utilizado e direcionar o sabão em pó e a tampa, que é responsável por impedir que o amaciante saia verticalmente para cima no produto, uma vez que isso geraria um problema de mancha na tampa da lavadora, pois sairia durante a centrifugação com velocidade suficiente para manchar a parte superior, onde não deveria ter insumos. Para facilitar a visualização, é representado uma vista de cima da peça na Figura 17.

Figura 16: Modelo do dispensador proposto



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 17: Vista Superior do dispensador



Fonte: Elaborado pelo autor

Observando-se a Figura 17, são notados dois orifícios distintos:

Orifício 1: Onde deve ser colocado o sabão em pó, é possível perceber que é vazado, ou seja, passará direto pela peça e ficará alojado ao componente logo abaixo, o agitador.

Orifício 2: Onde deve ser colocado o amaciante, é possível perceber que possui parede na parte de baixo, fazendo com que o produto fique retido até o momento certo de ser utilizado.

Observando-se a Figura 18, tem-se a configuração final de como a peça fica montada no produto, com os insumos colocados

Figura 18: Dispensador Montado em Produto



Fonte: Elaborado pelo autor

Os insumos quando utilizados de forma correta serão dispensados ao decorrer de qualquer ciclo de lavagem do produto, como o mostrado na Tabela 4, por exemplo.

Tabela 4: Estrutura do Ciclo Rápido

Fase	Tarefa	Parâmetro de Tempo
Lavagem	Enchimento	-
	Agitação	120
	Molho	120
	Agitação	120
	Molho	120
	Agitação	120
	Molho	120
Enxágue intermediário	Drenagem	-
	Centrifugação	-
	Enchimento	-
	Agitação	120
	Molho	300
Enxágue final	Drenagem	-
	Centrifugação	-
	Enchimento	-
	Agitação	120
	Molho	300
Centrifugação	Drenagem	-
	Centrifugação	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

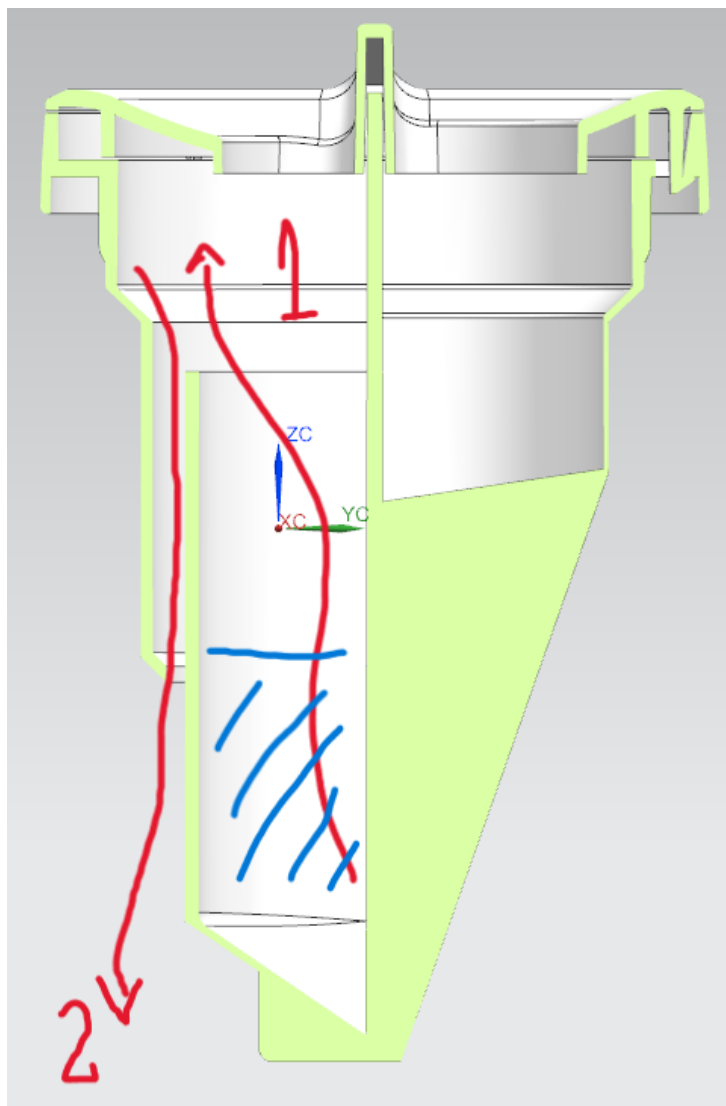
Consultando a Tabela 4, nota-se que a primeira etapa do produto é o enchimento (não consta o tempo na tabela, pois depende da vazão de água da rede hidráulica do usuário). É nessa etapa em que o sabão é utilizado, pois ao encher o produto, a água penetra os orifícios do agitador e dissolve o sabão que se encontra em seu interior, resolvendo assim, o primeiro problema (obs: esse método também impede que o sabão entre em contato direto com as roupas, manchando-as).

Avançando os ciclos, é possível observar que se têm a agitação e o molho. No molho o produto encontra-se sem movimento mecânico e na agitação têm-se o padrão de *Stroke*: acionamento de 310ms no sentido horário, 500ms de pausa, 310ms no sentido anti-horário e 500ms de pausa. Esse padrão de movimento não é suficiente para dispensar o amaciante, o que é algo conveniente, já que não se deve agitar a roupa com a presença desse insumo. O amaciante será dispensado na Fase ‘Enxágue Intermediário’ durante a Tarefa ‘Centrifugação’ em que o produto irá girar de uma forma acelerada (chegando a 750rpm).

Com essa velocidade o fluido sobe, devido a força centrífuga que tende a empurrar o

líquido para fora no sentido radial, como não tem outra saída, e a peça é ligeiramente angulada para cima, o insumo tende a subir. Na Figura 19, é mostrada uma vista em corte da peça para explicar a dinâmica do amaciante.

Figura 19: Dispensador Vista em Corte Lateral



Fonte: Elaborado pelo autor

O Amaciante (representado em azul) ao receber a energia segue o fluxo de movimento 1, subindo pela parede da peça e alojando-se na parte superior entre o corpo e a tampa. O fluido fica nessa posição até perder velocidade, quando isso acontece ele tende a descer, uma vez que foi retirada a força centrífuga. Ao descer o líquido segue o fluxo de movimento 2, escorrendo, e assim, é dispensado no interior do agitador. Na próxima Tarefa de ‘Enchimento’ a água irá penetrar os orifícios do agitador e dissolver o amaciante, dessa forma, o segundo problema estará resolvido.

3.1.1 Testes Experimentais

Com a teoria formulada, o próximo passo foi a confecção de protótipos e o teste experimental em produto. Para isso foi impressa a peça a partir da modelagem 3D em PLA, como mostrado na Figura 20.

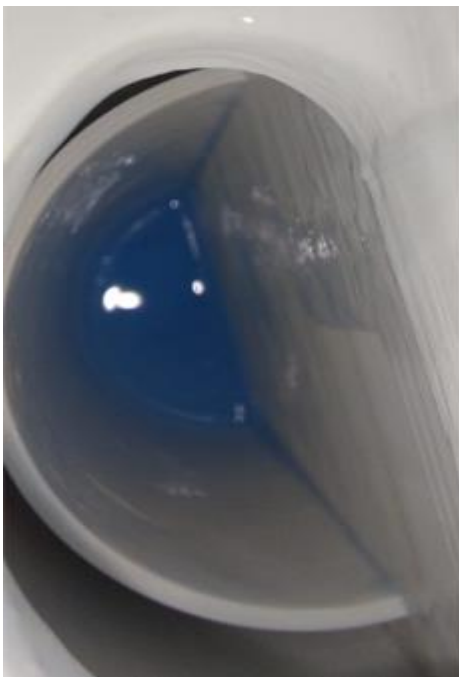
Figura 20: Dispensador impresso 3D



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o procedimento experimental, foi utilizado o ciclo rápido do produto com a função ‘Turbo Lavagem’ ativada, o que caracteriza o pior cenário para o alojamento do amaciante, já que com o turbo, o perfil do *Stroke* é alterado, diminuindo-se o tempo de descanso pela metade. O produto foi montado conforme Figura 18, e colocado para funcionar. O sabão em pó, tem sua aprovação de imediato, pois não necessita de nenhuma energia ou dinamicidade, apenas da água ao encher, que já possui um comportamento previsível. A priori, o problema estaria na saída do amaciante da peça. Nas Figura 21 e Figura 22, são mostrados a peça e o agitador, respectivamente, ao final do ciclo proposto.

Figura 21: Dispensador ao final do ensaio



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 22: Agitador ao final do ensaio



Fonte: Elaborado pelo autor

O conjunto foi testado 10 vezes da mesma forma, e todas tiveram resultados semelhantes. Assim, com uma eficiência de dispensação de cerca de 90% do insumo colocado, constatou-se que o conceito realmente funciona, podendo ser aplicado ao produto.

4. SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM NO ISIS - PROTEUS

Para simular o funcionamento elétrico do produto e a alteração proposta pela melhoria de dispensação de insumos, foi criado em ambiente Proteus e Arduino, uma simulação, utilizando como base o ciclo de lavagem rápido, cuja especificação de eventos e tempos está mostrado na Tabela 4.

4.1 PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM DO ARDUINO

Para simular o funcionamento final da máquina de lavar, com o projeto implantado, foi realizada uma programação em Arduino, seguindo as etapas de lavagem do ciclo rápido da lavadora presente na Tabela 4.

Inicialmente, foram declaradas todas as variáveis que seriam utilizadas na programação, como mostrado no APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO.

Variáveis ‘*bool*’ (booleanas) são utilizadas para indicar a utilização ou não das funções da lavadora (turbo lavagem, duplo enxágue, centrifugar extra, reutilizar água). Em seguida, são declaradas as variáveis de controle de ativação de interrupções (Arduino Mega 2560, possibilita utilização de 6 pinos para interrupções). Após isso, foram declaradas as variáveis referentes às cargas da lavadora (válvula, pressostato, eletrobomba, motor), também foram setados os intervalos de tempo de molhos, drenagem, agitação e centrifugação. Bem como, as variáveis responsáveis por indicar o número de enxágues (alterada pela função duplo enxágue) e a reutilização de água (alterada pela função reutilizar água).

Após isso, foram declarados os estados de todos os pinos utilizados e as interrupções, mostrado no APÊNDICE B - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO: DECLARAÇÃO DOS ESTADOS DOS PINOS

Nota-se, a presença de pinos de entrada (*INPUT*) e saídas (*OUTPUT*), no geral os pinos de saída são representação das cargas e os pinos de entrada são:

Pressostato: Sinal que controle a para de enchimento de água

Pino_Leitor_Turbo_Lavagem: Sinal para ativação de interrupção referente à ativação da função turbo lavagem.

Pino_Leitor_Duplo_Enxague: Sinal para ativação de interrupção referente à ativação da função duplo enxágue.

Pino_Leitor_Centrifugar_Extra: Sinal para ativação de interrupção referente à ativação

da função centrifugação extra.

Pino_Leitor_Reutilizar_agua: Sinal para ativação de interrupção referente à ativação da função reutilizar água.

Pino_Leitor_IniciarPausar: Sinal para ativação de interrupção referente à ativação da função de iniciar ou pausar o produto.

Pino_Leitor_Tampa: Sinal para ativação de interrupção referente à ativação da função de segurança responsável por pausar o produto, caso a tampa seja aberta em qualquer etapa de lavagem.

Função de interrupção (*attachInterrupt*), no geral, é ativada com a operação ‘CHANGE’, isto é, quando o sinal muda de estado, no caso, seria o operador ativando ou não a função desejada (começa desativada com os booleanos em ‘false’, porém, ao interagir a função é ativada/desativada, conforme for mudando a estado desse sinal). Exceto a função referente à abertura da tampa, que ativa toda vez que o sinal é baixo ‘LOW’, sinalizando que, toda vez que a tampa estiver aberta, o produto deve interromper totalmente seu funcionamento, por questão de segurança do usuário.

Cada interrupção chama uma função específica, mostradas no APÊNDICE C - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO: .

Primeira função (Funcao_TurboLavagem) é responsável por alterar o tempo de descanso entre cada agitação, por padrão esse tempo é de 500 milissegundos, mas, ao ativar a função, esse tempo é diminuído para 310 milissegundos, fazendo com que o produto ‘agite mais rápido’.

Segunda função (Tampa_Aberta) é responsável por desligar todas as cargas do produto, até que a tampa seja fechada novamente.

Terceira função (IniciarPausar) é responsável por iniciar ou pausar o produto em qualquer ciclo, caso seja pausado e iniciado, o mesmo voltará para o ciclo que estava, com algumas exceções.

Quarta função (Funcao_DuploEnxague) é responsável por alterar a quantidade de enxágues do produto, por padrão esse número é de apenas um enxágue (para o ciclo rápido) e é alterado para dois, com a ativação da função

Quinta função (Funcao_CentrifugarExtra) é responsável por alterar o tempo de centrifugação final, por padrão esse tempo é de 180 segundos, mas, ao ativar a função, esse tempo é aumentado para 390 segundos.

Sexta função (Funcao_ReutilizarAgua) é responsável por alterar o estado da variável ‘reutilizaca_de_agua’, que é usada como requisito de entrada ou não na centrifugação final.

Caso esteja ativada (valor lógico ‘1’) o produto aguardara a desativação da mesma para iniciar o processo de centrifugação final. O Intuito é do operador alocar a mangueira de drenagem em um recipiente para que ao iniciar a drenagem, essa água seja reaproveitada e não descartada, como seria, por padrão.

Após isso, foram criadas funções para cada tarefa da lavadora, tais como: ‘Encher’, ‘Agitar’, ‘Drenar’, ‘Centrifugar’ e ‘Centrifugação Final’. Isso facilitou a escrita do código final e estão demonstradas no APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO: FUNÇÕES DE LAVAGEM.

Função ‘Encher’ foi realizada com um loop de ‘while’, o que realmente ocorre na prática, uma vez que o não acionamento do pressostato acarreta um transbordo do produto.

Função ‘Agitar’ foi escrita baseada na função já existente ‘millis()’ que funciona retornando o valor do intervalo de tempo (em milissegundos) entre a chamada da função e o início do programa, facilitando a controle de tempo em cada operação. A lógica utilizada é um espelho do funcionamento prático do produto, que consiste em:

- Ligar o motor sentido horário por 310ms
- Desligar o motor por ‘tempo_de_descanso_agitacao’ ms
- Ligar o motor sentido anti-horário por 310ms
- Desligar o motor por ‘tempo_de_descanso_agitacao’ms
- Obs: O ‘tempo_de_descanso_agitacao’ é alterado caso a função turbo agitação esteja ou não ativada, por padrão é 500ms, mas ativada é de 310ms.

Isso se repete até que seja finalizado o tempo de agitação.

Função ‘Drenar’ é simplesmente acionar uma carga e esperar finalizar o tempo de drenagem. É importante destacar que, no circuito elétrico do produto, as cargas: Eletrobomba e Termoatuador são ligadas em paralelo, já que, sempre após drenar a máquina entra na centrifugação e é preciso alterar a configuração da transmissão de energia (acionamento do termoatuador).

Função ‘Centrifugar’ consiste em vários acionamentos e desacionamentos do motor, é possível perceber que os tempos de acionamento são menores no início dessa etapa, isso dá-se pois no começo da centrifugação existe muita água saindo das roupas ao mesmo tempo, fazendo com que a eletrobomba não seja capaz de dar vazão a todo o líquido, e caso o motor continuasse a rodar, nesse cenário, ocasionaria um efeito chamado ‘waterlock’, onde a água comporta-se como um freio, atritando fortemente com o cesto, acarretando um desgaste e um esquentamento do motor.

Centrifugação final, é a última etapa do produto, possui uma característica diferente

das outras centrifugações ‘intermediárias’. Essa função é alterada com a ativação da centrifugação extra, tendo seu ‘tempo_centrifugacao_final’ comutado de 180 para 390 segundos.

Declaradas todas as funções principais, o código principal foi escrito de acordo com a ordem de funcionamento do produto, como no APÊNDICE E - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO: programa principal.

Para facilitar a confecção, o código foi dividido em três processos, sendo eles:

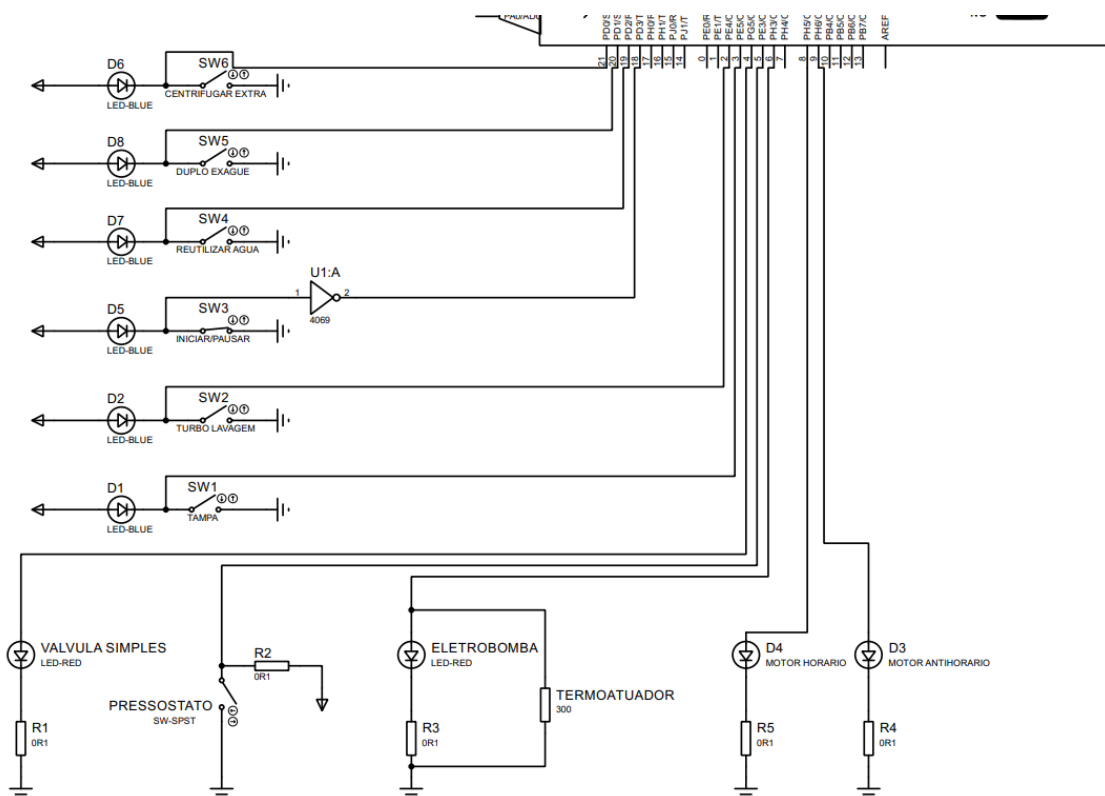
- Processo de lavagem - Encher e Agitar.
- Processo de Enxágues - Drenar, Centrifugar, Encher, Agitar.
- Processo de Centrifugação Final – Drenar, Centrifugar e Centrifugação Final.

Importante destacar o *loop* de ‘while’ presente na centrifugação, que é referente à ativação da função reutilizar água, nessa etapa o produto fica em *stand by*, até que o operador aperte novamente a função desativando-a.

4.2 SIMULAÇÃO NO PROTEUS

Para visualização e simulação do código Arduino, foi desenhado um circuito esquemático da lavadora em ambiente Proteus, conforme Figura 23.

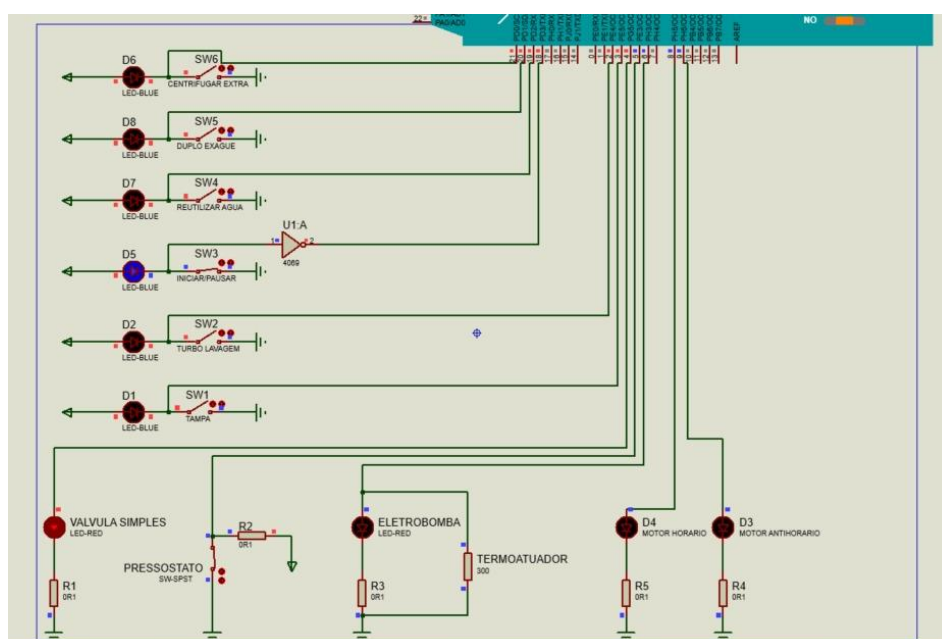
Figura 23: Circuito da Lavadora Em Ambiente Proteus



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Utilizou-se como microcontrolador o 2560 e como plataforma Arduino MEGA, escolhido devido à possibilidade de utilizar seis interrupções. Todas as funções foram representadas por LEDs Azuis e estão dispostos na vertical, na parte esquerda da Figura 23. Todas as funções são pinos de entrada para o Arduino e estão ligadas em pinos que possibilitam o uso das interrupções, assim, a cada mudança de estado do sinal proveniente dos pinos de entrada, são alteradas as variáveis responsáveis pelo controle de ativação das funções, conforme descrito na codificação. Foi utilizada uma porta inversora no *switch3*, já que, por limitação da placa, a interrupção é ativada em nível lógico ‘LOW’, fazendo com que o respectivo LED ficasse apagado quando a função fosse ativada (contradiz a realidade). Todas as cargas foram representadas por LEDs Vermelhos e estão dispostas na horizontal, na parte inferior da Figura 23. O pressostato, foi representado por uma chave *switch*, que inicia aterrada e ao fechar, energizando-o, o produto cessa o enchimento e passa para a agitação do produto, comutando os dois LEDs no canto inferior direito, seguindo os tempos de agitação, já considerando a ativação ou não da função turbo lavagem. Após agitar, o produtor desliga todas as cargas e espera o tempo de molho e, após isso, começa o processo de enxágue que pode ser de uma ou duas vezes (influenciado pela função duplo enxágue). Após finalizar essa etapa o produto entra no processo de centrifugação final, que consiste em realizar uma rotina padrão de centrifugação e avaliar o estado da função centrifugação extra, para dar seguimento a última centrifugação. O início da simulação é representado na Figura 24.

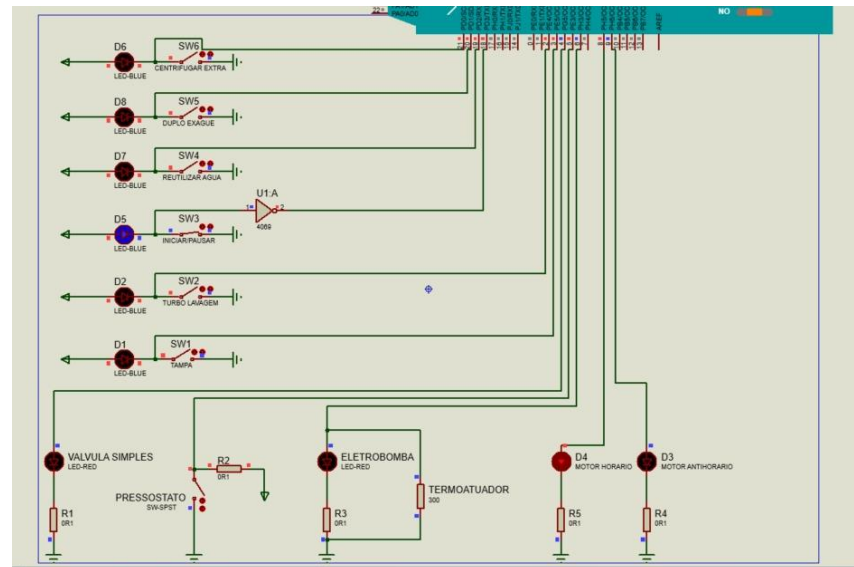
Figura 24: Simulação do Acionamento de válvula



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Observando-se a Figura 24, nota-se que produto foi iniciado (SW3 ativado) e a máquina enche o produto, acionando a válvula de água (LED vermelho do canto inferior esquerdo).

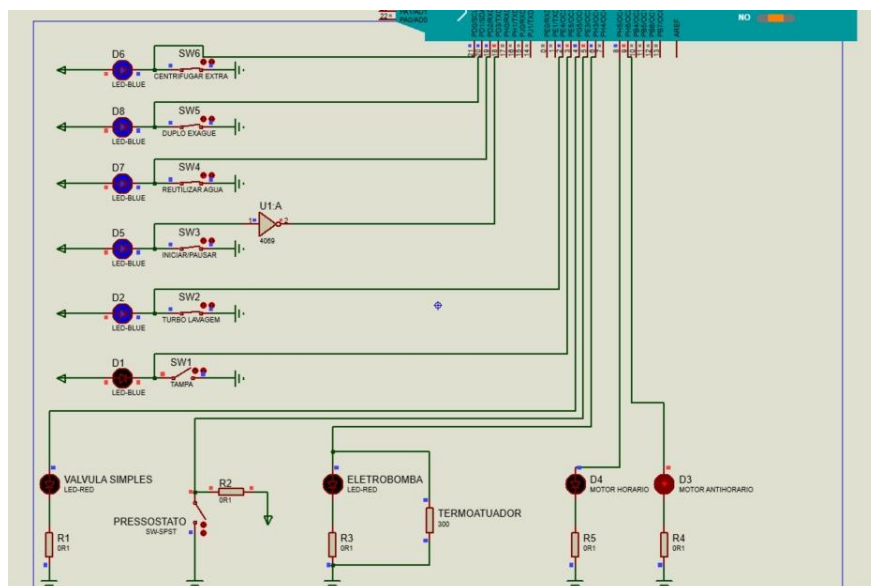
Figura 25: Simulação do processo de agitação



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Observando-se a Figura 25, nota-se que, quando o sinal do pressostato é alterado para nível lógico baixo, cessa-se o enchimento de água (válvula desligada) e inicia-se o processo de agitação, com o acionamento dos motores, representados por LEDs vermelhos, localizados no canto inferior direito da simulação.

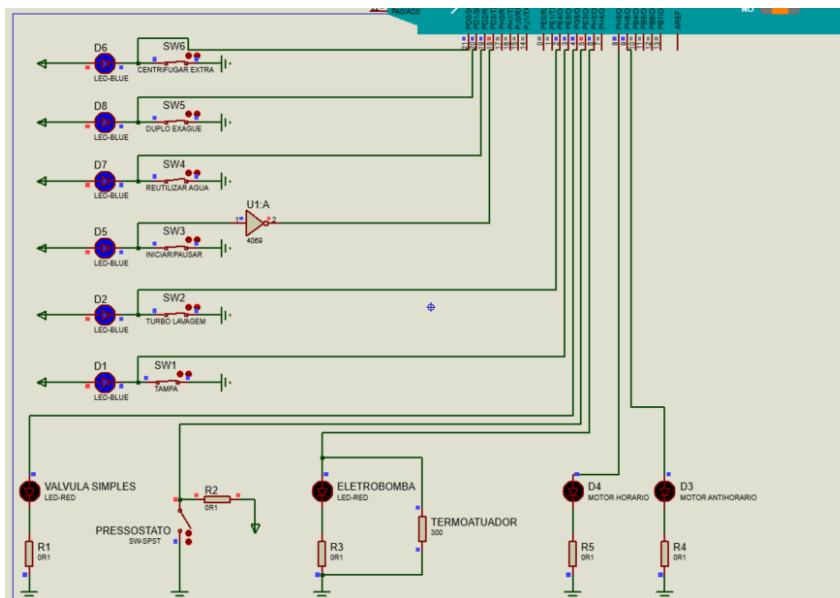
Figura 26: Simulação de utilização de funções da lavadora



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Observando-se a Figura 26, nota-se que foram acionadas todas as funções, que no momento da simulação, alterou o tempo de descanso da agitação e posteriormente ocasionaria alterações no funcionamento das etapas respectivas.

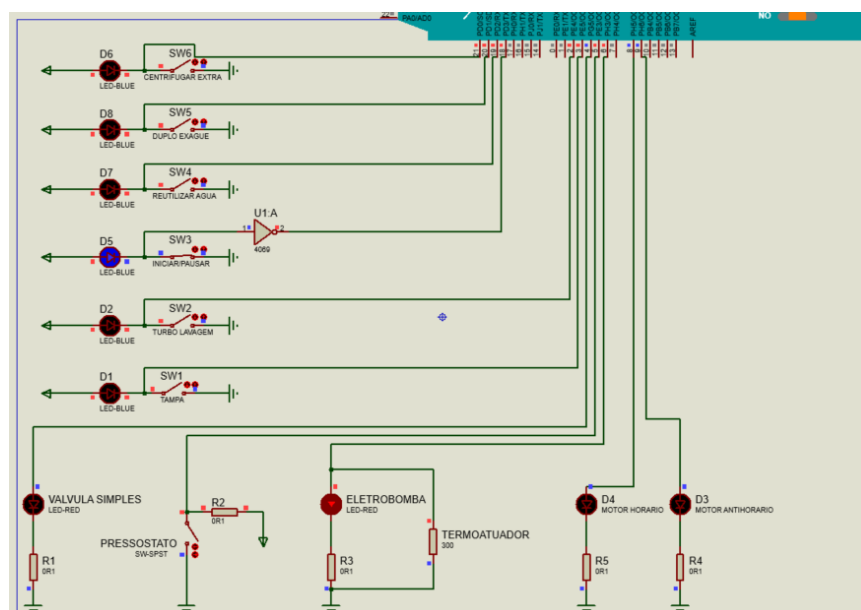
Figura 27: Simulação do mecanismo de segurança da tampa



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Observando-se a Figura 27, nota-se o comportamento da simulação ao ativar o SW1, que representa a abertura da tampa. Todas as cargas foram desligadas e os estados das funções não se alteraram, ao fechar a tampa o produto volta ao ciclo que estava.

Figura 28: Simulação do início do processo de centrifugação



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5. CONCLUSÃO

A ideia para a proposta de novo método e mecanismo de dispensação de insumos em lavadora de roupa automática, foi baseada em conceitos físicos.

A partir do conceito de dispensar os insumos de uma maneira diferente, foi projetado um componente capaz de resolver este problema da maneira mais simples possível, e a solução encontrada é composta por 2 elementos: um corpo e uma tampa, que são capazes de separar o sabão em pó e o amaciante e ainda os aplicar. Assim, se constatado o funcionamento da peça, estará resolvido o problema e, com isso, o objetivo do trabalho estaria concluído, provendo um novo método de dispensação de insumos funcional.

Para constatar o funcionamento do conceito, foi realizado um experimento, que consiste na impressão e ensaio das peças 3D. O ensaio busca simular um funcionamento normal do produto, com a mudança proposta aplicada.

Com os ensaios realizados, foi constatado que a peça atende bem as necessidades do projeto e dispensa cerca de 90% de amaciante, fazendo com que seja viável o uso e aplicação do conceito no produto.

Para utilização final em produto, é necessário adequá-lo ao novo componente, realizando as alterações propostas nesse trabalho em toda a parte eletrônica da lavadora e a confecção de moldes para injeções plásticas das peças.

Com o ambiente de simulação criado a partir do trabalho, cria-se uma facilidade de testes de funções, visualização de requisitos elétricos do produto. Pode promover ideias de melhoramento, por facilitar a visualização de todo o sistema em um único lugar, já que o produto real impossibilita qualquer alteração e interação que foi facilitada neste ambiente único e próprio para simulação.

REFERÊNCIAS

ANACOM ELETRÔNICA LTDA. **Teinamento de PROTEUS VSM**. Teinamento de PROTEUS VSM, [S. l.], p. 1-123, 11 nov. 2010.

ARDUINO. **Documentação de Referência da Linguagem Arduino**. In: Documentação de Referência da Linguagem Arduino. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.arduino.cc/reference/pt/>. Acesso em: 12 jan. 2023.

BARANHUK, LUIZ. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO. **Substituição E Melhoria Do Sistema De Acionamento Do Motor Em Máquina De Lavar Roupas Industrial**, [S. l.], p. 1-58, 9 jul. 2013

COLORMAQ. **Especificações técnicas da placa eletrônica ROMA**. 15ª. Ed. Araçatuba, 2021

COLORMAQ (Brasil). **Lavadora de Roupas Automática Colormaq 12kg**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://loja.colormaq.com.br/lavadora-de-roupas-automatica-colormaq-12kg-branco.html>. Acesso em: 04 Jan. 2022.

COSTA, Valéria Pagliarini. **Nossos eternos agradecimentos á fantástica máquina de lavar roupas!**. [S. l.], 30 ago. 2011. Disponível em: <http://clubedosentadecatanduva.blogspot.com/2011/09/comercial-antigogarotas-propaganda.html#:~:text=A%20primeira%20lavadora%20de%20roupas,donas%2Dde%2Dcasa%20brasileiras>. Acesso em: 04 Jan. 2022.

PORTAL DO ELETRODOMÉSTICO (Brasil). **A História Máquinas De Lavar Roupas**. [S. l.], 2012. Disponível em: <http://www.eletrodomesticos.blog.br/maquinas-de-lava-roupas-a-historia>. Acesso em: 04 Jan. 2022.

TEXTO NOTÍCIAS (Brasil). **Primeira máquina de lavar roupas do Brasil estará em exposição na ExpoTimbó**. [S. l.], 12 jul. 2019. Disponível em: <http://www.testonoticias.com.br/variedades/primeira-m%C3%A1quina-de-lavar-roupas-do-brasil-estar%C3%A1-em-exposi%C3%A7%C3%A3o-na-expotimb%C3%B3-1.2153251>. Acesso em: 04 Jan. 2022.

WHIRLPOOL (Brasil). **Whirlpool atinge a marca de 150 milhões de lavadoras produzidas**. [S. l.], 28 set. 2011. Disponível em: <https://www.whirlpool.com.br/2011/09/whirlpool-atinge-a-marca-de-150-milhoes-de-lavadoras-produzidas/>. Acesso em: 04 Jan. 2022.

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO: DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS

```
bool Indicador_Turbo_Lavagem = false;
bool Indicador_Duplo_Enxague = false;
bool Indicador_Centrifugar_Extra = false;
bool Indicador_Reutilizar_Agua = false;
int Pino_Leitor_Tampa = 3;
int Pino_Leitor_IniciarPausar = 18;
int Pino_Leitor_Turbo_Lavagem = 2;
int Pino_Leitor_Reutilizar_agua = 19;
int Pino_Leitor_Duplo_Enxague = 20;
int Pino_Leitor_Centrifugar_Extra = 21;
int valvula = 4;
int pressostato = 5;
int eletrobomba = 6;
int motor_sentido_horario = 8;
int motor_sentido_Antihorario = 9;
int i;
int tempo_de_agitacao = 120000;
int tempo_de_molho = 120000;
int tempo_de_molho2 = 300000;
int tempo_de_drenagem = 240000;
int tempo_de_centrifugacao = 240000;
int numero_de_enxagues = 1;
int reutilizaca_de_agua = 0;
unsigned long tempo1 = 0;
unsigned long tempo2 = 0;
unsigned long tempo3 = 0;
unsigned long tempo4 = 0;
unsigned long tempo5 = 0;
unsigned long tempo_de_descanso_agitacao = 1000;
unsigned long tempo_centrifugacao_final = 180;
```

APÊNDICE B - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO: DECLARAÇÃO DOS ESTADOS DOS PINOS E INTERRUPÇÕES

```

void setup() {
  pinMode (valvula, OUTPUT);
  pinMode (pressostato, INPUT);
  pinMode (eletrobomba, OUTPUT);
  pinMode (motor_sentido_horario, OUTPUT);
  pinMode (motor_sentido_Antihorario, OUTPUT);
  pinMode (Pino_Leitor_Turbo_Lavagem,INPUT);
  pinMode (Pino_Leitor_Tampa,INPUT);
  pinMode (Pino_Leitor_IniciarPausar,INPUT);
  pinMode (Pino_Leitor_Duplo_Enxague,INPUT);
  pinMode (Pino_Leitor_Centrifugar_Extra,INPUT);
  pinMode (Pino_Leitor_Reutilizar_agua,INPUT);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Pino_Leitor_Turbo_Lavagem),
  Funcao_TurboLavagem, CHANGE);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Pino_Leitor_Tampa),Tampa_Aberta, CHANGE);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Pino_Leitor_IniciarPausar),IniciarPausar,LOW);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Pino_Leitor_Duplo_Enxague),Funcao_DuploEnxague,C
  HANGE);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Pino_Leitor_Centrifugar_Extra),Funcao_CentrifugarExtr
  a,CHANGE);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Pino_Leitor_Reutilizar_agua),Funcao_ReutilizarAgua,
  CHANGE);
}

```


APÊNDICE C - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO: FUNÇÕES DE INTERRUPÇÃO

```

void Funcao_TurboLavagem(){
    Indicador_Turbo_Lavagem = !Indicador_Turbo_Lavagem;
    if (Indicador_Turbo_Lavagem == false){
        tempo_de_descanso_agitacao = 500;
    }
    else
    {
        tempo_de_descanso_agitacao = 310;
    }
}

void Tampa_Aberta(){
    while( digitalRead(Pino_Leitor_Tampa) == 0){
        digitalWrite(motor_sentido_Antihorario,0);
        digitalWrite(motor_sentido_horario,0);
        digitalWrite(eletrobomba,0);
        digitalWrite(valvula,0);
    }
}

void IniciarPausar () {
    while( digitalRead(Pino_Leitor_IniciarPausar) == 0){
        digitalWrite(motor_sentido_Antihorario,0);
        digitalWrite(motor_sentido_horario,0);
        digitalWrite(eletrobomba,0);
        digitalWrite(valvula,0);
    }
}

void Funcao_DuploEnxague(){
    Indicador_Duplo_Enxague = !Indicador_Duplo_Enxague;
    if (Indicador_Duplo_Enxague == false){
        numero_de_enxagues = 1;
    }
    else

```

```
{
    numero_de_enxagues = 2;
}
}

void Funcao_CentrifugarExtra(){
    Indicador_Centrifugar_Extra = !Indicador_Centrifugar_Extra;
    if (Indicador_Centrifugar_Extra == false){
        tempo_centrifugacao_final = 180;
    }
    else
    {
        tempo_centrifugacao_final = 390;
    }
}

void Funcao_ReutilizarAgua (){
    Indicador_Reutilizar_Agua = !Indicador_Reutilizar_Agua;
    if (Indicador_Reutilizar_Agua == false){
        reutilizaca_de_agua = 0;
    }
    else
    {
        reutilizaca_de_agua = 1;
    }
}
```

APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO: FUNÇÕES DE LAVAGEM

```

void ENCHER()
{
    while (digitalRead(pressostato) == 0)
    {
        digitalWrite(valvula,1);
    }
    digitalWrite(valvula,0);
}

void AGITAR ()
{
    tempo1 = millis();
    while ((millis() - tempo1) < tempo_de_agitacao) {
        tempo2 = millis();
        while ((millis() - tempo2) < 310)
        {
            digitalWrite(motor_sentido_horario,1);
        }
        digitalWrite(motor_sentido_horario,0);
        delay (tempo_de_descanso_agitacao);
        tempo3 = millis();
        while ((millis() - tempo3) < 310)
        {
            digitalWrite(motor_sentido_Antihorario,1);
        }
        digitalWrite(motor_sentido_Antihorario,0);
        delay (tempo_de_descanso_agitacao);
    }
}

void DRENAR()
{
    digitalWrite(eletrobomba,1);
    delay (tempo_de_drenagem);
}

```

```
digitalWrite(eletrobomba,0);  
}
```

```
void CENTRIFUGAR(int x)  
{  
    digitalWrite (x,1);  
    delay (15000);  
    digitalWrite (x,0);  
    delay (90000);  
    digitalWrite (x,1);  
    delay (14000);  
    digitalWrite (x,0);  
    delay (6000);  
    digitalWrite (x,1);  
    delay (2000);  
    digitalWrite (x,0);  
    delay (4000);  
    digitalWrite (x,1);  
    delay (2000);  
    digitalWrite (x,0);  
    delay (4000);  
    digitalWrite (x,1);  
    delay (2000);  
    digitalWrite (x,0);  
    delay (4000);  
    digitalWrite (x,1);  
    delay (3000);  
    digitalWrite (x,0);  
    delay (5000);  
    digitalWrite (x,1);  
    delay (3000);  
    digitalWrite (x,0);  
    delay (5000);  
    digitalWrite (x,1);  
    delay (3000);  
    digitalWrite (x,0);  
    delay (5000);  
}
```

```
digitalWrite (x,1);  
delay (4000);  
digitalWrite (x,0);  
delay (5000);  
digitalWrite (x,1);  
delay (4000);  
digitalWrite (x,0);  
delay (5000);  
digitalWrite (x,1);  
delay (4000);  
digitalWrite (x,0);  
delay (5000);  
digitalWrite (x,1);  
delay (5000);  
digitalWrite (x,0);  
delay (4000);  
digitalWrite (x,1);  
delay (5000);  
digitalWrite (x,0);  
delay (4000);  
digitalWrite (x,1);  
delay (5000);  
digitalWrite (x,0);  
delay (120000);  
digitalWrite (x,1);  
delay (15000);  
digitalWrite (x,0);  
delay (4000);  
digitalWrite (x,1);  
delay (6000);  
digitalWrite (x,0);  
delay (4000);  
digitalWrite (x,1);  
delay (6000);  
digitalWrite (x,0);  
delay (4000);  
digitalWrite (x,1);
```

```
        delay (15000);
        digitalWrite (x,0);
        delay (10000);
        digitalWrite (x,1);
        delay (45000);
    }
void CENTRIFUGAR_FINAL(int x)    {
    tempo5 = millis();
    while ((millis() - tempo5) < tempo_centrifugacao_final){
        digitalWrite (x,1);
        delay (15000);
        digitalWrite (x,0);
        delay (5000);
    }
}
```

APÊNDICE E - PROGRAMAÇÃO DA LAVADORA EM LINGUAGEM ARDUINO: PROGRAMA PRINCIPAL

```

void loop() {
  // Processo de Lavagem
  ENCHER();
  for (i=0;i<4;i=i+1) {
    AGITAR ();
    delay(tempo_de_molho);
  }
  // Processo de EnxágueS
  for (i=0;i<numero_de_enxagues;i=i+1){
    DRENAR();
    CENTRIFUGAR(motor_sentido_horario);
    ENCHER();
    AGITAR ();
    delay(tempo_de_molho2);
  }
  // Processo de Centrifugação final
  DRENAR();
  CENTRIFUGAR(motor_sentido_horario);
  while( digitalRead(reutilizaca_de_agua) == 1){
    digitalWrite(motor_sentido_Antihorario,0);
    digitalWrite(motor_sentido_horario,0);
    digitalWrite(eletrobomba,0);
    digitalWrite(valvula,0);
  }
  CENTRIFUGAR_FINAL(motor_sentido_horario);
}

```