

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**GABRIEL TEODORO COBLINSKI HRYSAY
LUCAS PERIN SILVA LEYSER
PAULO HENRICK MARCONATO ZAKALUGEM**

RELATÓRIO FINAL - TEASPOT

**CURITIBA
2022**

**GABRIEL TEODORO COBLINSKI HRYSAY
LUCAS PERIN SILVA LEYSER
PAULO HENRICK MARCONATO ZAKALUGEM**

RELATÓRIO FINAL - TEASPOT

Relatório apresentado aos professores da disciplina de Oficinas de Integração 2, do Curso de Engenharia de Computação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Curitiba, como requisito parcial para obtenção da aprovação na disciplina.

Orientadores: Prof. Dr. César Manuel Vargas Benítez
Prof. Dr. Heitor Silverio Lopes

**CURITIBA
2022**

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores César Manuel Vargas Benítez e Heitor Silvério Lopes pelas orientações durante todo o projeto e ao aluno Giovani Zanelatto pelo auxílio e melhorias no modelo 3D do parafuso de arquimedes utilizado.

RESUMO

Este relatório apresenta, detalhadamente, o processo de desenvolvimento e os resultados obtidos do projeto TeaSpot, uma máquina para o preparo de chá solúvel. Através de várias estações atreladas a um microcontrolador, a máquina pode preparar qualquer bebida que seja solúvel em água, conforme seu abastecimento e o pedido do cliente.

Palavras-chave: Arduino. Solúvel. Motor. Aplicativo. Bebida.

ABSTRACT

This report presents, in detail, the development process and the results obtained from the TeaSpot project, a machine for preparing soluble tea. Through several stations related to a microcontroller, the machine can prepare any beverage that is soluble in water, according to its supply and customer's request.

Keywords: Arduino. Soluble. Motor. Application. Beverage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arduino Uno R3	12
Figura 2 – Módulo Multiplexador CD74HC4067	13
Figura 3 – Sensor Infravermelho	13
Figura 4 – Motor DC com Redução	14
Figura 5 – Motor de Passo	15
Figura 6 – Driver ULN2004	15
Figura 7 – Driver A4988	16
Figura 8 – Servo Motores: (a) MG998R, (b) SG90	16
Figura 9 – Módulo ESP8266	17
Figura 10 – Parafuso de Arquimedes	18
Figura 11 – Diagrama de Blocos	19
Figura 12 – Estação de Aquecimento	20
Figura 13 – Estrutura dos Parafusos	21
Figura 14 – Modelagem do Parafuso	21
Figura 15 – Encaixe para os Motores	22
Figura 16 – Estação de Mistura	22
Figura 17 – Diagrama Esquemático	23
Figura 18 – Placa Perfurada - Visão Superior	24
Figura 19 – Placa Perfurada - Visão Inferior	25
Figura 20 – Diagrama de Estados do Microcontrolador	28
Figura 21 – Componentes	29
Figura 22 – Diagrama de Caso de Uso	30
Figura 23 – Diagrama de Sequência	30
Figura 24 – Telas do Aplicativo	30
Figura 25 – Esteira Finalizada - 1	32
Figura 26 – Esteira Finalizada - 2	32
Figura 27 – Relação de Custos do Projeto	33
Figura 28 – Cronograma - 1	34
Figura 29 – Cronograma - 2	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVOS	8
1.1.1	OBJETIVO GERAL	8
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.1.2.1	REQUISITOS DA MÁQUINA	8
1.1.2.1.1	<i>REQUISITOS FUNCIONAIS</i>	8
1.1.2.1.2	<i>REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS</i>	9
1.1.2.2	REQUISITOS DO APLICATIVO	10
1.1.2.2.1	<i>REQUISITOS FUNCIONAIS</i>	10
1.1.2.2.2	<i>REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS</i>	10
1.1.2.3	ITENS NÃO ABRAGADOS	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	ARDUINO UNO	12
2.2	MÓDULO MULTIPLEXADOR CD74HC4067	12
2.3	SENSORES IR	13
2.4	MOTORES DC	14
2.5	MOTORES DE PASSO	14
2.6	DRIVER ULN2004	14
2.7	DRIVER A4988	15
2.8	SERVOS	16
2.9	MÓDULO WI-FI ESP8266	17
2.10	PARAFUSO DE ARQUIMEDES	18
3	MATERIAIS E MÉTODO	19
3.1	METODOLOGIA	19
3.1.1	VISÃO GERAL	19
3.1.2	PROJETO MECÂNICO	20
3.1.2.1	ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	20
3.1.2.2	ESTAÇÕES DE DESPEJO DE PÓ	20
3.1.2.3	PARAFUSOS	21
3.1.2.4	ESTAÇÃO DE MISTURA	22

3.1.3	PROJETO DE HARDWARE	23
3.1.4	SOFTWARE	26
3.1.5	INTEGRAÇÃO	27
4	EXPERIMENTOS E RESULTADOS	31
5	CRONOGRAMA E CUSTOS	33
6	CONCLUSÕES	36
6.1	CONCLUSÕES	36
6.2	TRABALHOS FUTUROS	36

1 INTRODUÇÃO

Sem dúvidas, em nossa cultura, o café é vencedor em popularidade. Ainda assim, existe um espaço crescente para os chás. Uma pesquisa realizada em 2020 pela agência Euromonitor Internacional aponta um crescimento de 25% no consumo da bebida no Brasil entre 2013 e 2020. O número impressiona à medida que representa quase o dobro do crescimento do consumo mundial no mesmo período, que foi de 13%.

Aliando as considerações apresentadas com o ritmo de grandes centros urbanos, percebe-se uma oportunidade para o desenvolvimento de uma máquina de vendas preparadora de chás solúveis. Além disso, seu funcionamento pode ser facilmente expandido para a preparação de cafés e outras bebidas solúveis, sem grandes alterações mecânicas, bastando ajustes de parâmetros e mudança dos ingredientes abastecidos. Máquinas de vendas apresentam vantagens intrínsecas ao seu propósito, como a fácil utilização, baixa necessidade de manutenção e a ausência de atendentes humanos. Assim, este projeto pretende apresentar uma máquina similar às máquinas de café existentes, mas focada no crescente público de consumidores de chás. O mecanismo construído terá suporte para até três sabores de chás, que poderão ser pedidos pelo usuário através de um aplicativo para Android.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do projeto é desenvolver uma máquina que realize todo o preparo do chá com base nas escolhas do cliente.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Através de um aplicativo Android o usuário poderá solicitar o preparo de um chá, escolhendo um entre três sabores diferentes. Além do sabor, o usuário pode escolher se quer adoçar sua bebida, e se sim, pode escolher entre açúcar e adoçante. Por fim ele ainda pode escolher se quer a bebida em temperatura ambiente ou aquecida.

1.1.2.1 REQUISITOS DA MÁQUINA

1.1.2.1.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

- **RF-01.** A máquina deve dispensar o copo automaticamente.

- **RF-02.** A máquina deve movimentar o copo ao longo das etapas de preparo utilizando uma esteira.
- **RF-03.** A máquina deve detectar se o copo está posicionado no lugar certo antes de iniciar cada etapa do preparo do chá.
- **RF-04.** A máquina deve adicionar a quantidade correta de água ao copo (aproximadamente 120 ml).
- **RF-05.** A máquina deve aquecer a água a 80°C (com variação de até 10°C), se o usuário selecionar a opção de água quente.
- **RF-06.** A máquina deve medir a temperatura da água no momento do aquecimento.
- **RF-07.** A máquina deve adicionar a quantidade correta de cada chá (recomendada pelo fabricante) ao copo com água.
- **RF-08.** A máquina deve dispensar adoçante em pó para a bebida, se o usuário selecionar no app.
- **RF-09.** A máquina deve dispensar açúcar na bebida, se o usuário selecionar no app.
- **RF-10.** A máquina deve mexer o líquido por 20 segundos com os ingredientes selecionados.
- **RF-11.** A máquina deve emitir um aviso sonoro quando o preparo terminar.

1.1.2.1.2 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

- **RNF-01.** A máquina deve armazenar água em um recipiente com capacidade para 1,0 l.
- **RNF-02.** A alimentação será feita via rede elétrica de 127 V.
- **RNF-03.** A máquina deve ser controlada por um Arduino Uno.
- **RNF-04.** A máquina deve se comunicar com o aplicativo via rede Wi-Fi local.
- **RNF-05.** A máquina deve ser abastecida com água mineral ou filtrada.
- **RNF-06.** A máquina deve dispensar os ingredientes secos com parafusos de Arquimedes.
- **RNF-07.** Os parafusos de Arquimedes são controlados com motores de passo para garantir o despejo da quantidade correta dos ingredientes.
- **RNF-08.** A água deve ser aquecida com um aquecedor elétrico (resistência elétrica).

- **RNF-09.** Sensores em cada uma das etapas da esteira devem garantir que o copo esteja na posição correta antes de iniciar o procedimento da etapa.
- **RNF-10.** A máquina não pode derramar líquidos nem ingredientes secos.
- **RNF-11.** A base da esteira será montada com madeira.
- **RNF-12.** O cinto da esteira será feito de lona.
- **RNF-13.** O dispensador de copos funcionará com dois servos motores.
- **RNF-14.** O mecanismo para misturar a bebida deve ser controlado por um motor DC com redutor, para não derramar o líquido fora do copo.
- **RNF-15.** Os parafusos de Arquimedes serão impressos utilizando uma impressora 3D.
- **RNF-16.** O dispensador de copos será impresso utilizando uma impressora 3D.
- **RNF-17.** A água será bombeada para o copo utilizando uma bomba de aquário.
- **RNF-18.** O cinto da esteira será controlado por um motor DC com redução.
- **RNF-19.** A máquina pode guardar até 5 pedidos na fila. Caso contrário, retornará um erro ao aplicativo.

1.1.2.2 REQUISITOS DO APLICATIVO

1.1.2.2.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

- **RF-01.** O app deve permitir ao usuário selecionar entre três sabores de chá solúvel.
- **RF-02.** O app deve permitir ao usuário selecionar se deseja adoçar a bebida com açúcar, adoçante ou nenhum dos dois.
- **RF-03.** O app deve permitir ao usuário selecionar se deseja uma bebida quente ou em temperatura ambiente.
- **RF-04.** O app deve notificar o usuário quando o preparo for concluído.

1.1.2.2.2 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

- **RNF-01.** O app deve impedir a seleção de açúcar e adoçante simultaneamente.
- **RNF-02.** O app deve ser compatível apenas com o sistema operacional Android.
- **RNF-03.** O app deve se comunicar com a máquina através de uma rede Wi-Fi local.

- **RNF-04.** O app deve permitir a escolha de um dos diferentes tipos de chá.
- **RNF-05.** O app deverá ser desenvolvido em Java.
- **RNF-06.** O app deve apresentar uma interface simples.

1.1.2.3 ITENS NÃO ABRAGIDOS

- **NA-01.** A máquina não detectará a falta de ingredientes.
- **NA-02.** O Aplicativo não tratará o pagamento do chá, por razões burocráticas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

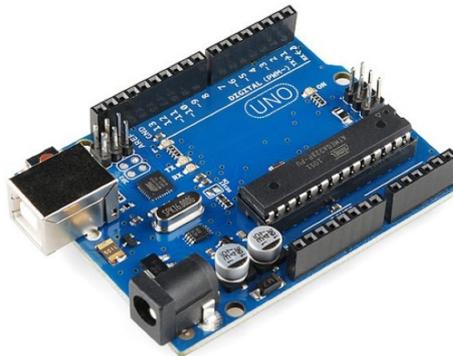
2.1 ARDUINO UNO

O microcontrolador utilizado no projeto é o Uno, da família Arduino. Embora tenha uma quantidade pequena de portas, quando comparado com o número necessário para esse projeto, a escolha se deu, principalmente por ser um componente já adquirido e utilizado pelos integrantes da equipe.

Ele possui um microprocessador ATmega328P de 8-bits e 16 MHz de frequência de operação. Além de contar com 32 KBytes de memória Flash, 2 KBytes de memória de acesso aleatório (RAM) e 1KByte de memória EEPROM.

Existem 20 portas General Purpose In/Out (GPIO), 5 delas com suporte a dados analógicos, as outras 15 lidam apenas com dados digitais. Como já foi dito, uma quantidade pequena quando comparada a necessidade do projeto, a resolução desse empecilho será abordada nas próximas sessões.

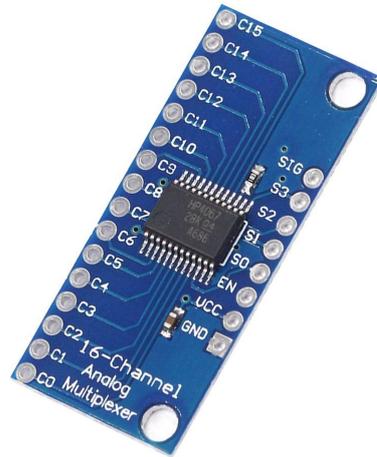
Figura 1 – Arduino Uno R3



2.2 MÓDULO MULTIPLEXADOR CD74HC4067

Para sanar a falta de portas nativas no microcontrolador, foram utilizados dois módulos Mux/Demux CD74HC4067.

Os módulos são alimentados com VCC 5V, contam com 16 saídas cada e funcionam tanto com dados entre 0V e 5V de amplitude, sejam digitais ou analógicos. Seu pino de ativação respeita a "lógica negativa", porém seus canais de saída possuem 0V quando não selecionados.

Figura 2 – Módulo Multiplexador CD74HC4067

2.3 SENSORES IR

Cada uma das estações da máquina possui um sensor infravermelho que desliga a rolagem da esteira quando o copo chega à posição correta. Os sensores são alimentados com 5V e funcionam com lógica negativa, emitem um sinal de 0V quando detectam um obstáculo e 5V caso contrário.

Figura 3 – Sensor Infravermelho

2.4 MOTORES DC

Um motor DC é qualquer um de uma classe de motores elétricos rotativos que converte energia elétrica de corrente contínua em energia mecânica(wiki). Nesse projeto foram utilizados dois motores DC de 3 a 6V de tensão, com uma caixa de redução acoplada, o que aumenta o torque e diminui a velocidade. A necessidade da redução se deve ao fato de que um desses motores é responsável por movimentar a esteira, um movimento que precisa ser lento para não derrubar o copo ou derramar a bebida, mas também, forte o suficiente para transportar o copo cheio de líquido. O outro motor é responsável por girar a colher que mistura os ingredientes, esse não pode ser muito rápido senão o líquido do copo pode derramar.

Figura 4 – Motor DC com Redução

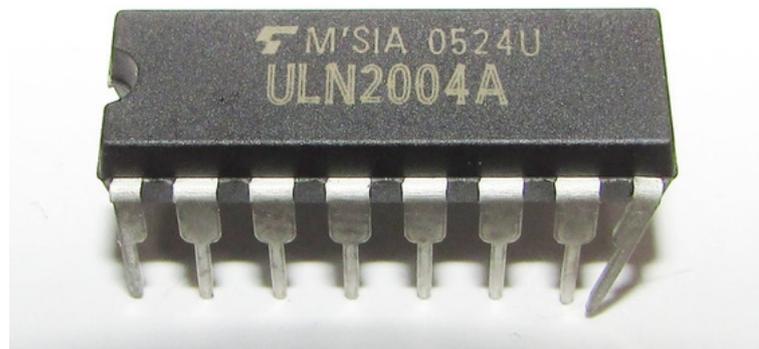


2.5 MOTORES DE PASSO

Cada uma das 5 estações despejadoras de pó possui um motor de passo acoplado ao seu parafuso, a escolha do motor de passo, invés do motor DC se deve à precisão necessária na quantidade do pó a ser colocada no copo. O funcionamento do motor de passo é bastante semelhante com o motor DC, a principal diferença é a possibilidade do motor rotacionar em incrementos constantes, o tamanho desse incremento, em graus, é $360^\circ/N_{passos}$.

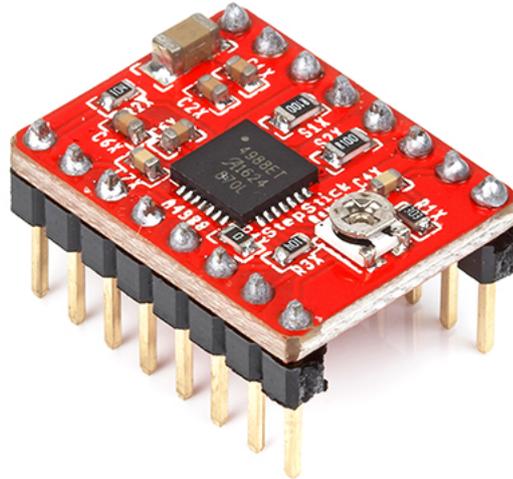
2.6 DRIVER ULN2004

Para interfacear os motores de passo unipolares com o Arduino UNO, foi utilizado o circuito integrado ULN2004, que fornece um ganho de saída capaz de controlar dispositivos com corrente máxima de até 600mA. O motivo de usá-lo é porque sozinho o microcontrolador não possui tensão e corrente suficiente para controlar o motor. Ao todo foram usados três desses drivers, um para cada motor de passo unipolar das estações despejadoras, todos alimentados com 12V de tensão.

Figura 5 – Motor de Passo**Figura 6 – Driver ULN2004**

2.7 DRIVER A4988

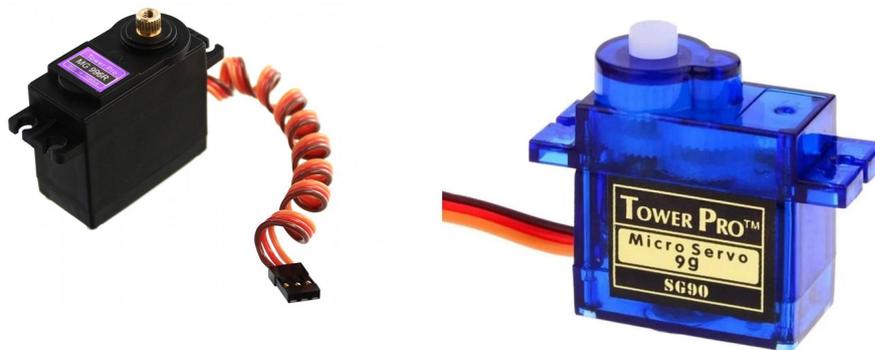
O interfaceamento dos motores bipolares com o microcontrolador é feito pelo driver A4988 que possui internamente um tradutor de pulsos para facilitar a operação, além de fornecer um ganho de corrente de até 2 A, suficiente para controlar o motor. O projeto contém três drivers A4988, dois são responsáveis pelos dois motores bipolares das estações despejadoras e mais um para o elevador da estação de aquecimento, todos alimentados com 12V de tensão.

Figura 7 – Driver A4988

2.8 SERVOS

Servos motores realizam uma rotação, em apenas um eixo, de cerca de 180° , reproduzindo esse movimento com alta precisão. O projeto conta com três servos motores, dois deles no dispensador de copos, modelo MG996R alimentado com 5V que possui torque de $9,4kg.cm$. O terceiro servo é do modelo SG90, utilizado para baixar e levantar a colher acoplada ao motor DC na estação de mistura, este com torque de $1,2kg.cm$, também alimentado com 5V.

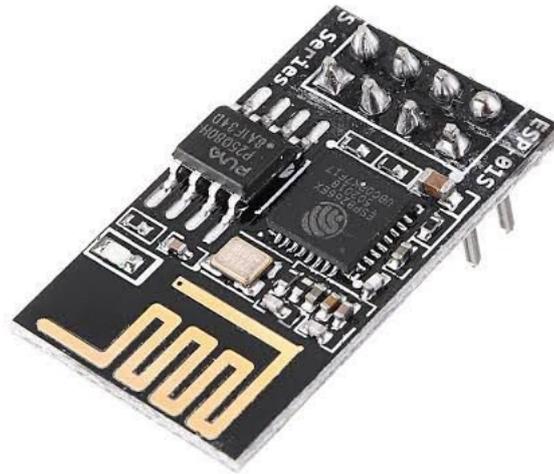
Figura 8 – Servo Motores: (a) MG998R, (b) SG90
(a) MG998R (b) SG90



2.9 MÓDULO WI-FI ESP8266

A comunicação entre o aplicativo e o microcontrolador foi feita utilizando o módulo Wi-Fi ESP8266. O módulo funciona com 5V de alimentação e a comunicação é feita através da interface UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*)

Figura 9 – Módulo ESP8266



2.10 PARAFUSO DE ARQUIMEDES

O parafuso de Arquimedes é um mecanismo utilizado para transferir líquidos entre dois locais com alturas diferentes. Como o próprio nome sugere, essa invenção foi atribuída a Arquimedes.

Esta máquina era originalmente constituída por um parafuso colocado dentro de um tubo cilíndrico oco. Pode ser vista como um plano inclinado (outra máquina simples) envolvido por um cilindro. A extremidade mais baixa é colocada na água e o parafuso é rodado (antigamente por um moinho de vento ou mesmo manualmente, atualmente por um motor elétrico). À medida que a extremidade inferior do tubo roda, este arrasta um determinado volume de água, que, à medida que o veio roda, vai deslizando para cima ao longo do parafuso até sair pela extremidade superior do tubo.

O espaço entre o parafuso e o cilindro não tem que ser estanque, uma vez que a quantidade de água arrastada pelo tubo a cada volta é relativa à velocidade angular do parafuso. Além disso, a água em excesso na secção mais elevada do parafuso é vertida para a anterior e assim sucessivamente, atingindo-se um tipo de equilíbrio durante a utilização desta máquina, o que evita a perda de eficiência da mesma. WIKIPEDIA

Figura 10 – Parafuso de Arquimedes

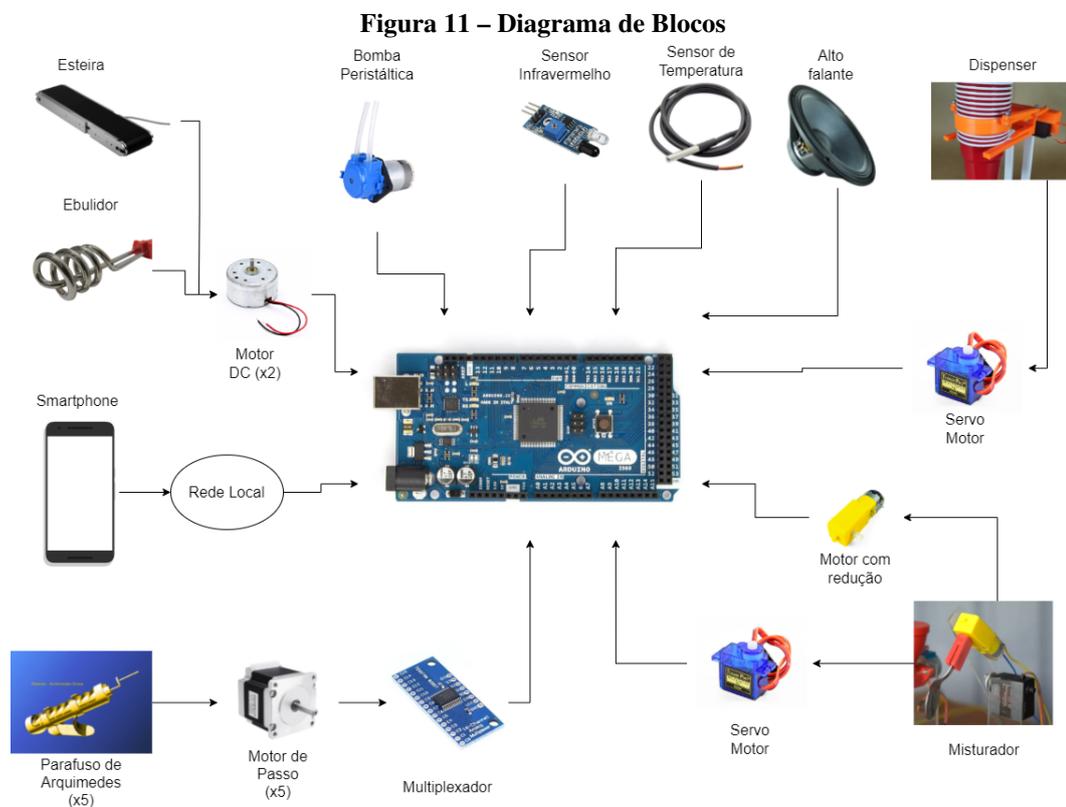


3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 VISÃO GERAL

Com o projeto em mente, a equipe condensou todas as funcionalidades necessárias para cumprir os requisitos definidos previamente. A fim de obter uma visão mais ampla dos componentes do projeto, um diagrama de blocos, em alto nível, foi construído.



O diagrama separa, cada uma das diferentes estações da esteira assim como a interação com um smartphone através da conexão Wi-Fi. O projeto então foi dividido em três etapas: parte mecânica, hardware e software, todas elas divididas entre os integrantes da equipe. A maioria das etapas de integração foram realizadas pela equipe toda reunida presencialmente.

3.1.2 PROJETO MECÂNICO

A parte mecânica representa grande parte do projeto e a esteira é a base para todos os componentes, portanto, foi o estágio inicial de desenvolvimento.

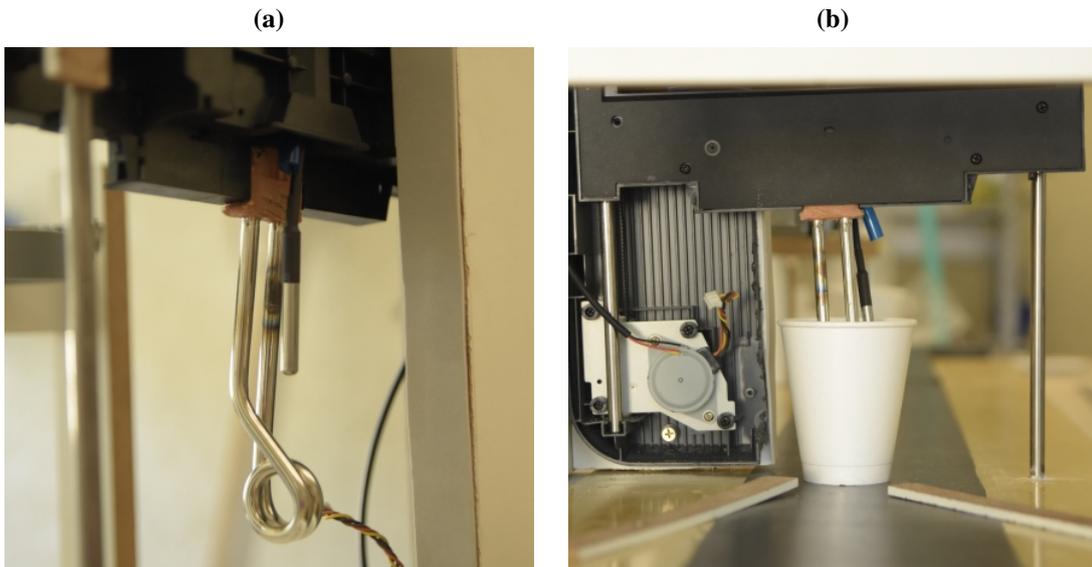
A base da esteira, assim como todos os suportes, foi feita em madeira e MDF, a cinta de rolagem é uma fita de nylon costurada e, para o rolamento no final da esteira, foi reaproveitado o rolo de uma impressora.

O dispensador de copos foi impresso em 3D, o modelo foi encontrado pronto, sendo fixo em dois suportes de madeira.

3.1.2.1 ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

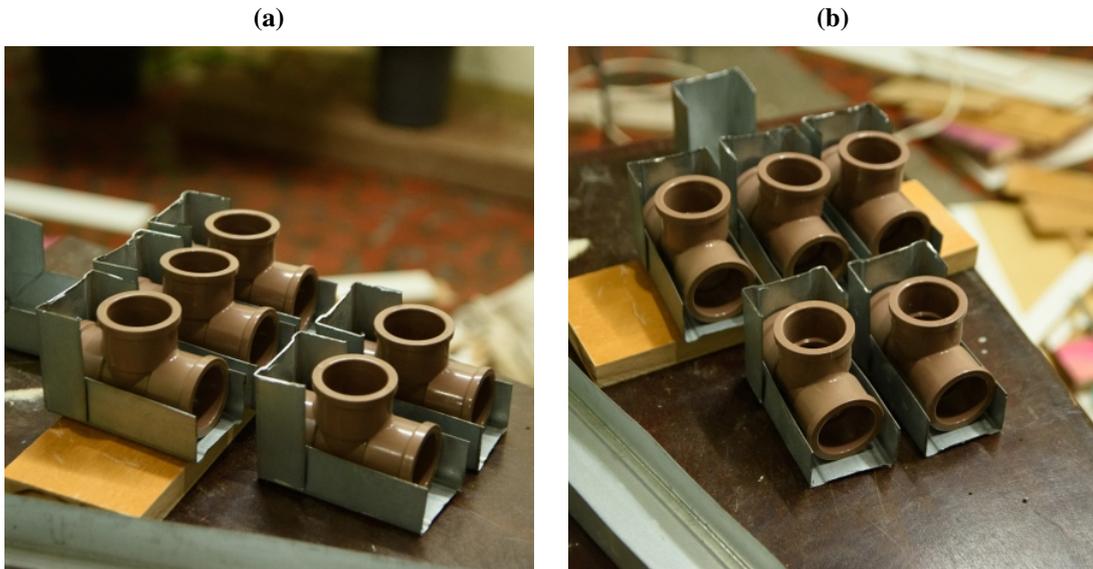
Para a estação de aquecimento, todo o mecanismo de subir e descer foi pegado da estrutura de um scanner antigo, o que facilitou muito esta etapa, em seguida, o ebulidor, a mangueira de água e a sonda térmica foram encaixados internamente na estrutura.

Figura 12 – Estação de Aquecimento



3.1.2.2 ESTAÇÕES DE DESPEJO DE PÓ

Cada uma das estações de despejo de pó, possui um parafuso de Arquimedes. A estrutura foi confeccionada em alumínio com uma conexão em "T" de PVC que abriga o parafuso. Já os recipientes que armazenam os diversos tipos de pó são garrafas pet recicladas, coladas na parte superior com cola quente.

Figura 13 – Estrutura dos Parafusos

3.1.2.3 PARAFUSOS

Os parafusos foram impressos em 3D, a primeira impressão ficou aquém das expectativas da equipe, principalmente com relação à fixação do parafuso ao motor de passo que o controla. Procuramos auxílio de pessoas mais familiarizadas com o processo de modelagem e impressão e então, cada um dos parafusos passou a ter um encaixe específico para o motor de passo que está acoplado.

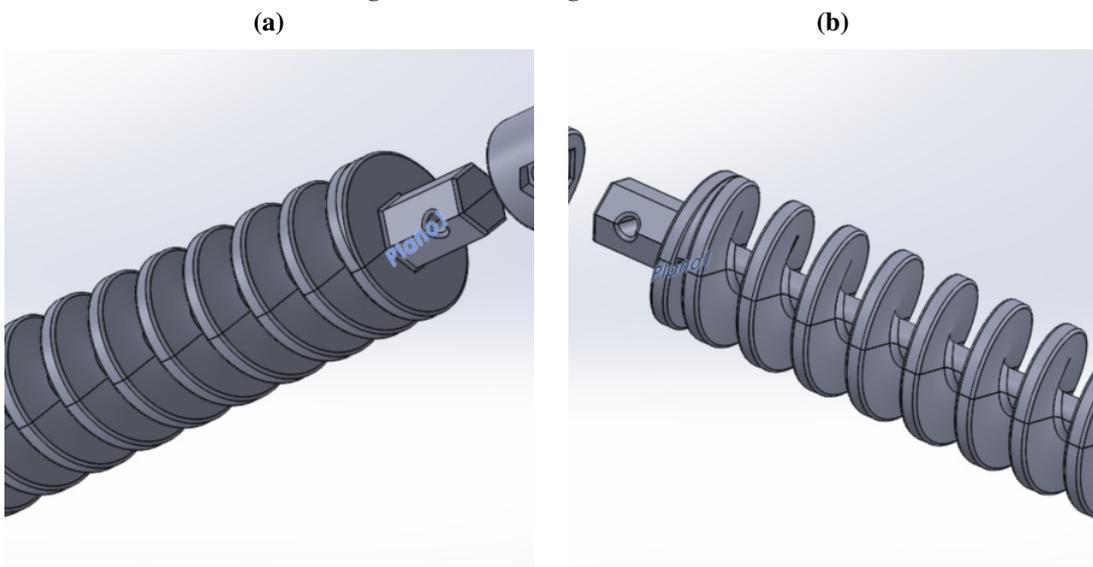
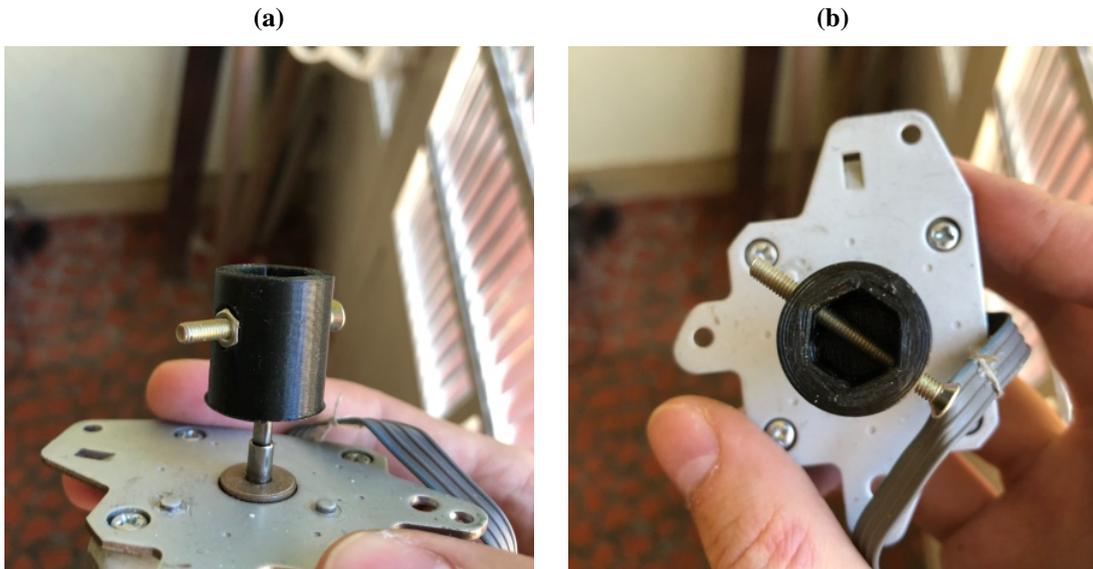
Figura 14 – Modelagem do Parafuso

Figura 15 – Encaixe para os Motores

3.1.2.4 ESTAÇÃO DE MISTURA

O mecanismo de mistura consiste de uma colher de café fixada a um dos motores DC com redução. O motor, por sua vez, está fixo a uma barra de madeira movida pelo servo motor SG90. Após várias tentativas, a equipe conseguiu uma combinação de posições de todos os componentes que resultasse em uma mistura satisfatória.

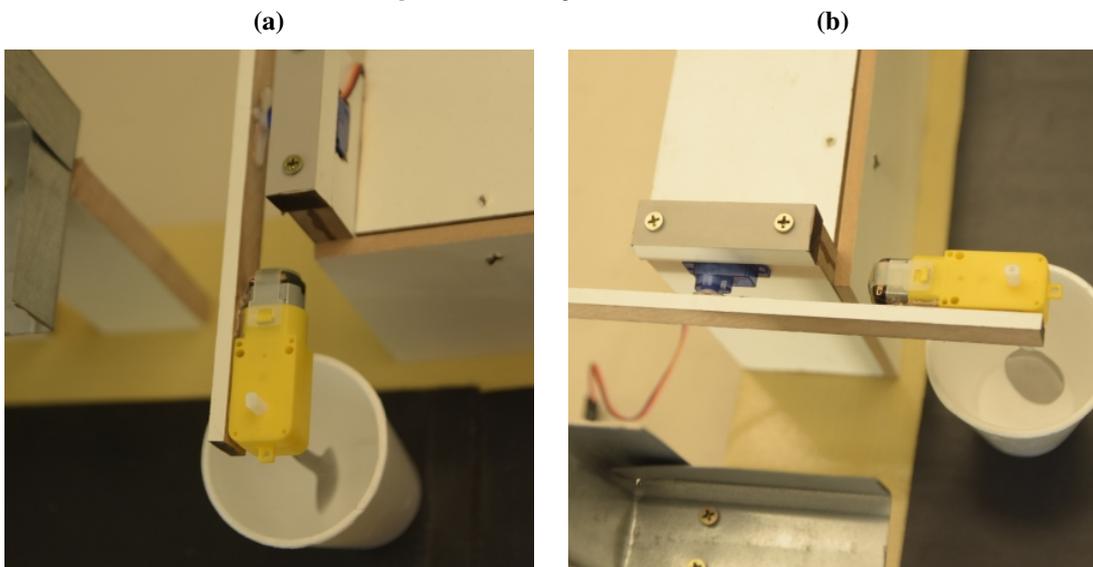
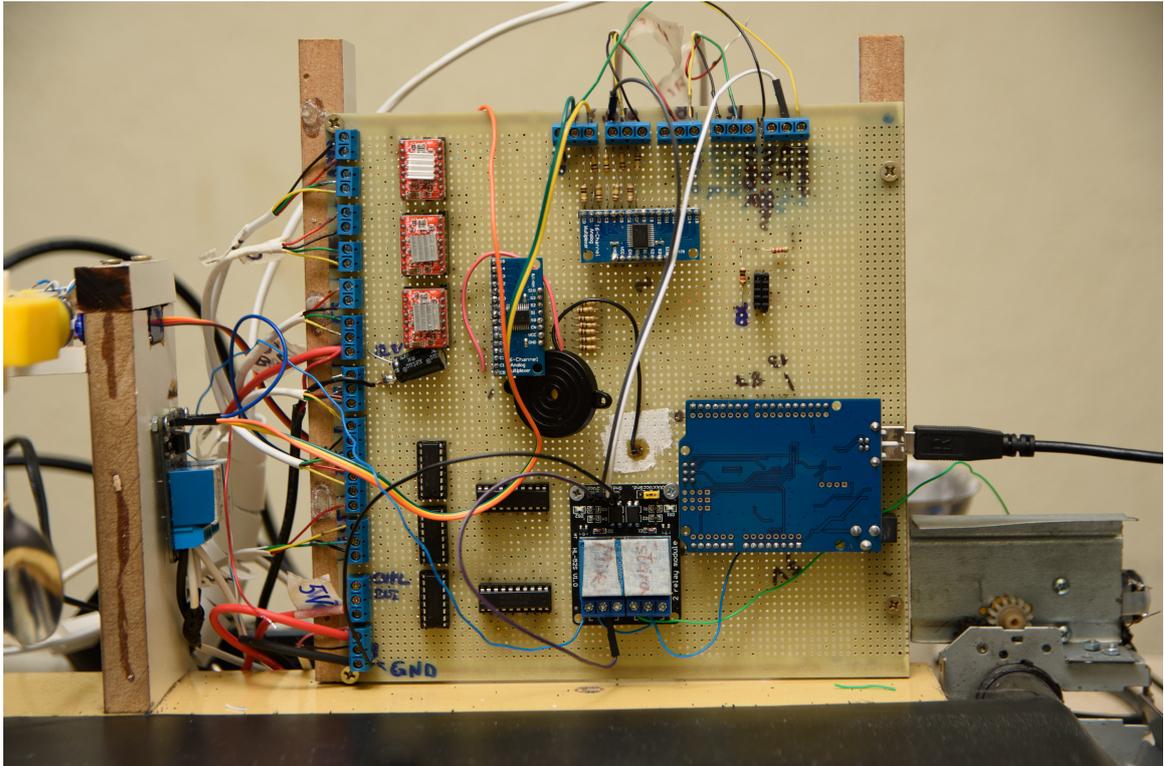
Figura 16 – Estação de Mistura

Figura 18 – Placa Perfurada - Visão Superior



em todos os *enables* dos circuitos de controle dos motores de passo assim como nos pinos de ativação dos relés.

O controle dos motores de passo também é feito através dos multiplexadores. Enquanto sinais de ativação são enviados a todos os circuitos de controle do mesmo tipo de motor (bipolar ou unipolar), o multiplexador fica a cargo de setar o pino *enable* apenas do circuito que controla motor que deve ser ativado naquela etapa do processo.

Alguns componentes do projeto precisaram ser dispostos em multiplexadores diferentes, pois era preciso controlá-los simultaneamente. É o caso dos dois servos responsáveis por dispensar o copo e o motor DC que gira a esteira dos sensores infravermelho que emitem o sinal que deve parar a rolagem da esteira. Mas com as 32 portas disponíveis contando os dois módulos, fazer essa separação foi trivial.

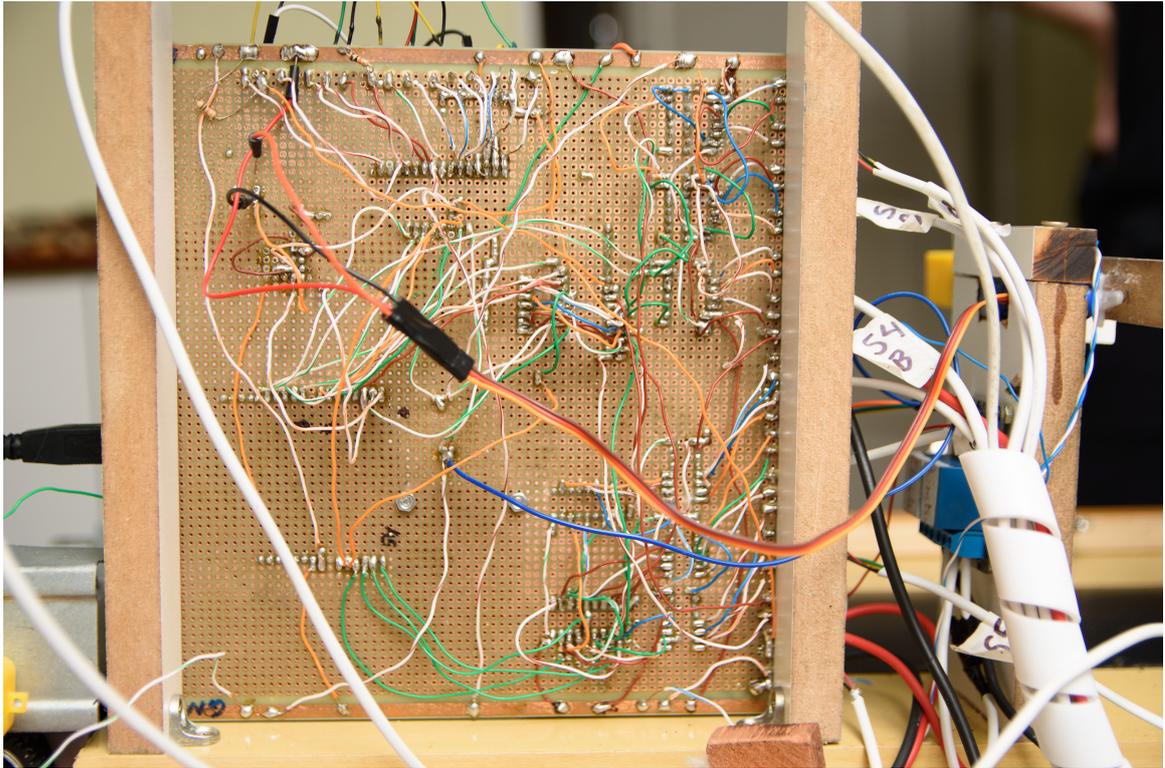
Para guardar as informações do pedido, foi utilizado um vetor binário de 6 posições onde cada posição representa uma das estações e se ela deve ou não ser utilizada. Como são utilizadas em qualquer pedido, as estações do dispensador de copos e o misturador, não entram nessa codificação.

A ordem das estações no vetor segue a mesma da rolagem da esteira:

[Aquecedor | Sabor 1 | Sabor 2 | Sabor 3 | Açúcar | Adoçante]

O código do microcontrolador é bastante direto. Após dispensar o copo, a esteira roda até a próxima estação que será usada, liga os componentes referentes aquela estação e segue para a próxima até que saia da estação de mistura.

Para a comunicação com o aplicativo, foi inserido um código no módulo Wi-Fi que

Figura 19 – Placa Perfurada - Visão Inferior

configura uma rede própria chamada *teaSpot*, para realizar o pedido, é necessário que o cliente se conecte a essa rede. Após o recebimento, o microcontrolador armazena o pedido numa fila com até cinco posições e notifica o módulo quando a bebida for concluída, este que por sua vez, notifica o cliente.

3.1.4 SOFTWARE

A equipe optou por desenvolver um aplicativo para smartphone em vista da facilidade e praticidade do mesmo. Foi escolhida a IDE Android Studio, que se utiliza da linguagem Java, devido ao conhecimento prévio de um dos membros da equipe. A aplicação fica restrita ao sistema operacional Android, pois é o único que a equipe possui acesso.

Após definir os requisitos técnicos, a equipe realizou um planejamento das funcionalidades necessárias para cumprir os requisitos do sistema. Como resultado disso, a equipe definiu os seguintes diagramas:

O diagrama de caso de uso, que define os casos de uso existentes para esse software, bem como os atores participantes. Existe a ocorrência de apenas um caso de uso, a realização do pedido por um cliente.

Diagrama de sequência que demonstra a interação entre os atores com ênfase na ordenação temporal dos acontecimentos.

Em seguida, as telas do aplicativo foram planejadas e desenvolvidas, partindo para um resultado simples e autoexplicativo.

3.1.5 INTEGRAÇÃO

Na etapa de integração, algumas peculiaridades dos componentes que prejudicavam não só o seu funcionamento, mas também o de outros componentes, foram descobertas, por exemplo, a falta de resistores de pull-up internos nos relés e o nível lógico baixo nos pinos não selecionados dos multiplexadores. Com algumas adições no circuito eletrônico, esses empecilhos foram resolvidos.

Outra dificuldade encontrada foi o fato da rede da UTFPR derrubar outras redes criadas na área do campus, isso inviabiliza a comunicação entre o aplicativo e a máquina. A troca para uma comunicação via Bluetooth foi estudada pela equipe, porém a mudança era impraticável no tempo restante para a entrega. Graças aos professores da disciplina, foi possível liberar a permanência da rede teaSpot, assim como a de outros projetos do semestre.

Figura 20 – Diagrama de Estados do Microcontrolador

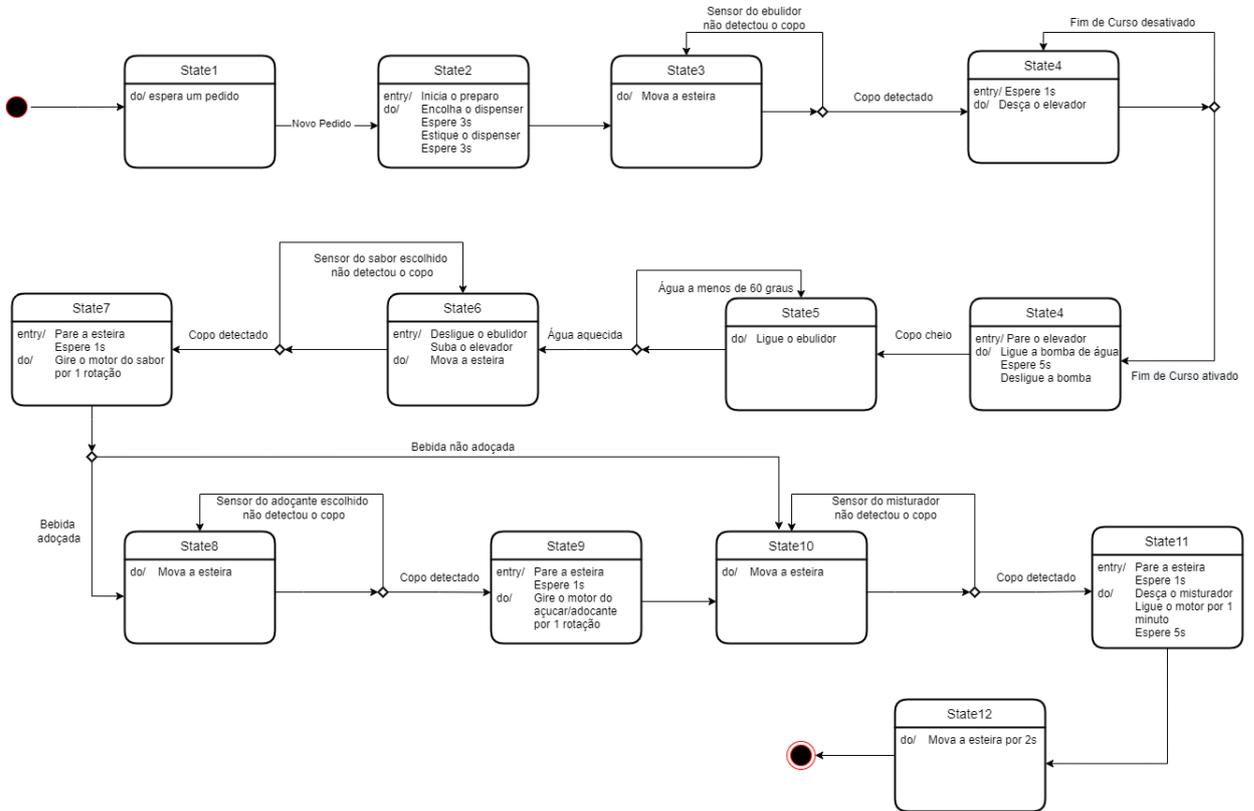
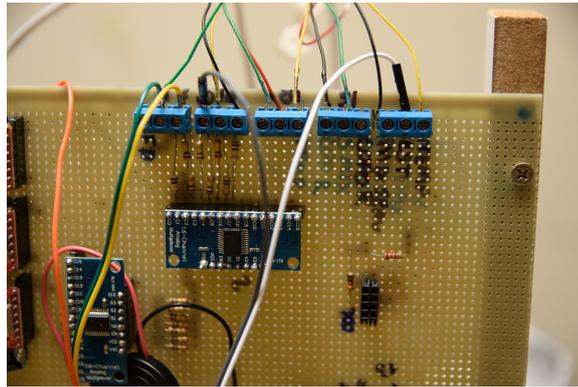
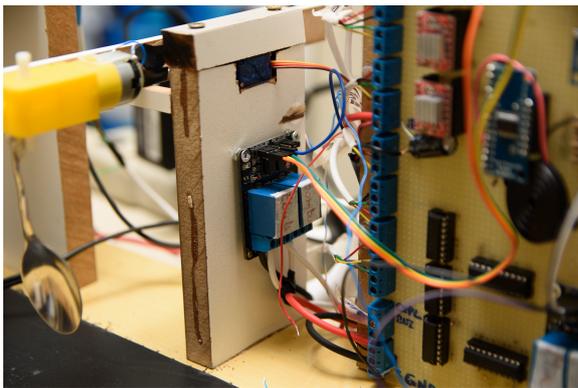


Figura 21 – Componentes

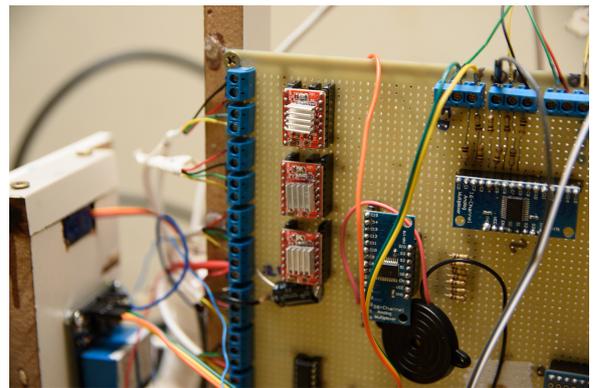
(a)



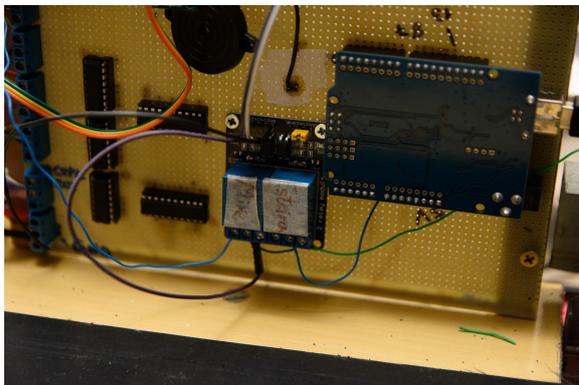
(b)



(c)



(d)



(e)

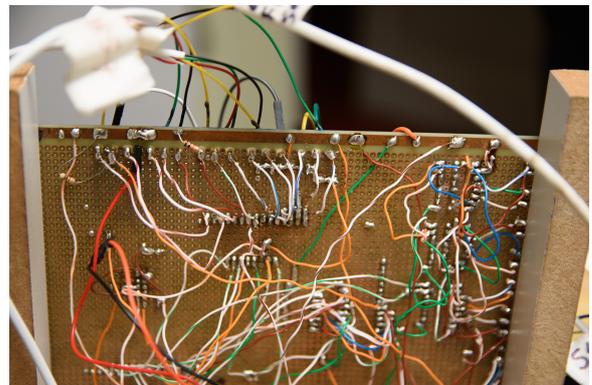


Figura 22 – Diagrama de Caso de Uso

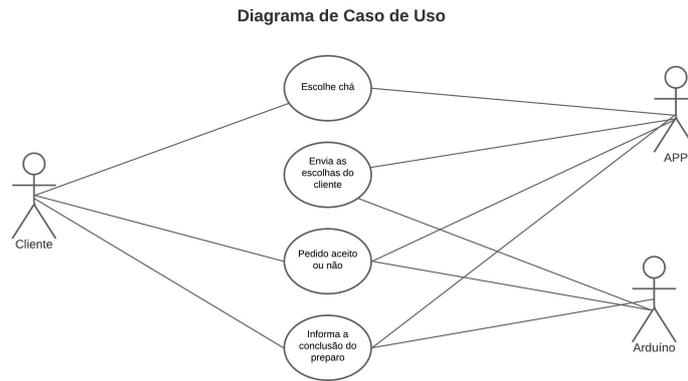


Figura 23 – Diagrama de Sequência

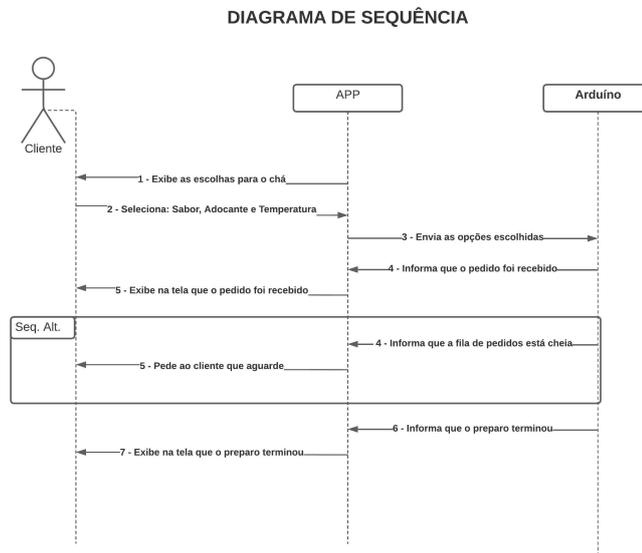
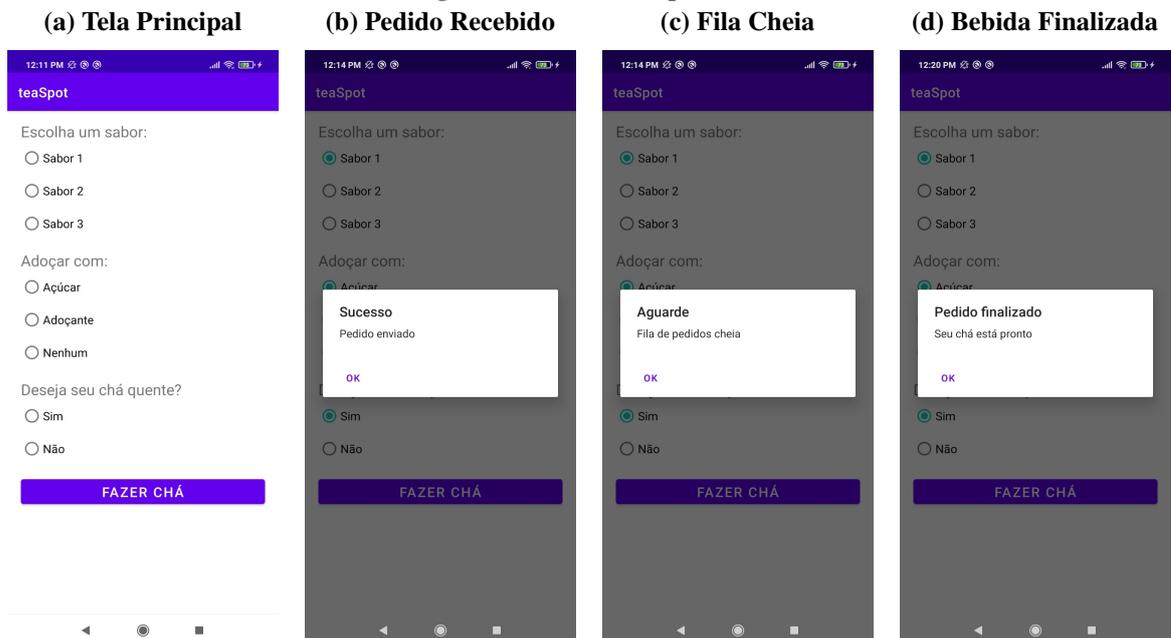


Figura 24 – Telas do Aplicativo



4 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

A experimentação modularizada foi presente durante todo o decorrer do projeto, foi necessário testar cada um dos componentes, das estações compostas por alguns desses componentes e, por fim, do projeto na totalidade. Todas as estações, após serem projetadas e montadas, foram testadas individualmente diversas vezes, até que o seu funcionamento fosse o esperado.

As peças impressas, demandaram uma quantidade de testes e ajustes bem maior que o esperado, algumas delas quebraram durante as tentativas e se iniciaram mais rodadas de experimentos com relação ao conserto das mesmas.

A experimentação também esteve muito presente em cada uma das estações de despejo, o próprio encaixe dos parafusos impressos nas conexões de PVC demandou várias tentativas e ajustes finos, além disso, foram utilizados diferentes motores de passo controlando os parafusos e, para cada um deles, vários testes foram feitos para ajustar a quantidade de passos necessários para despejar a quantidade correta de pó no copo.

Como resultado, a equipe obteve a máquina completa e funcional, realizando a tarefa proposta.

Figura 25 – Esteira Finalizada - 1

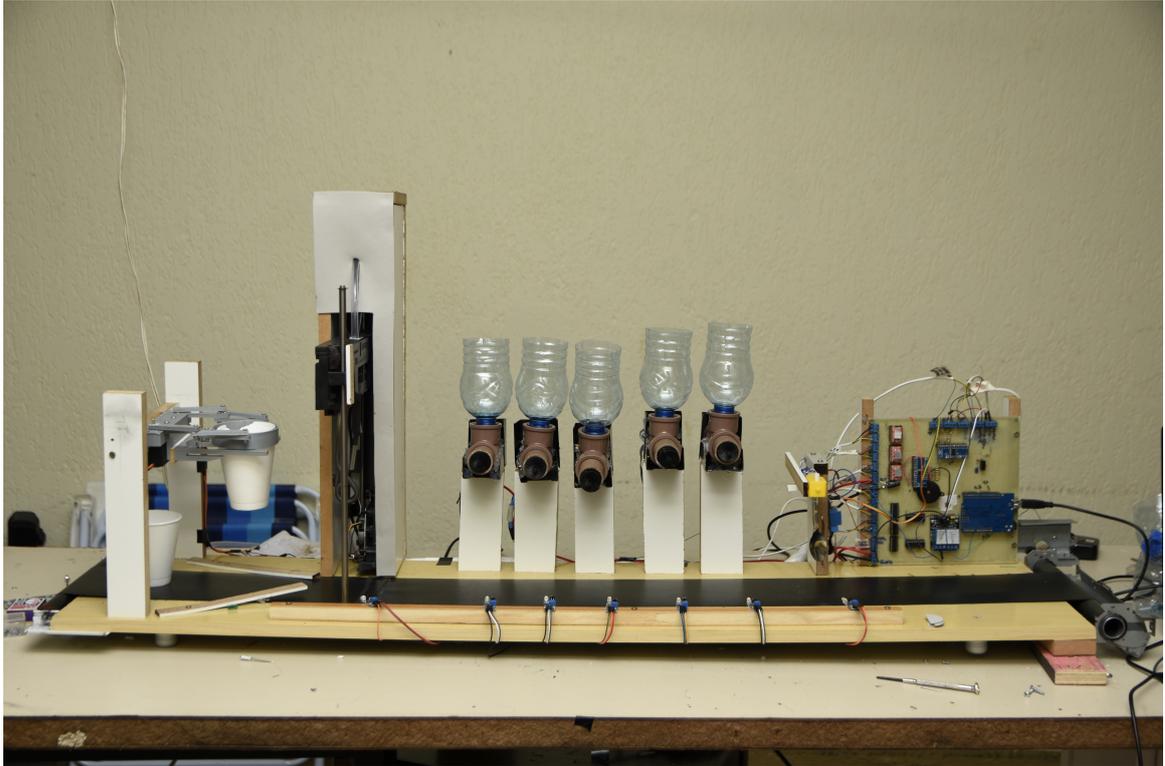
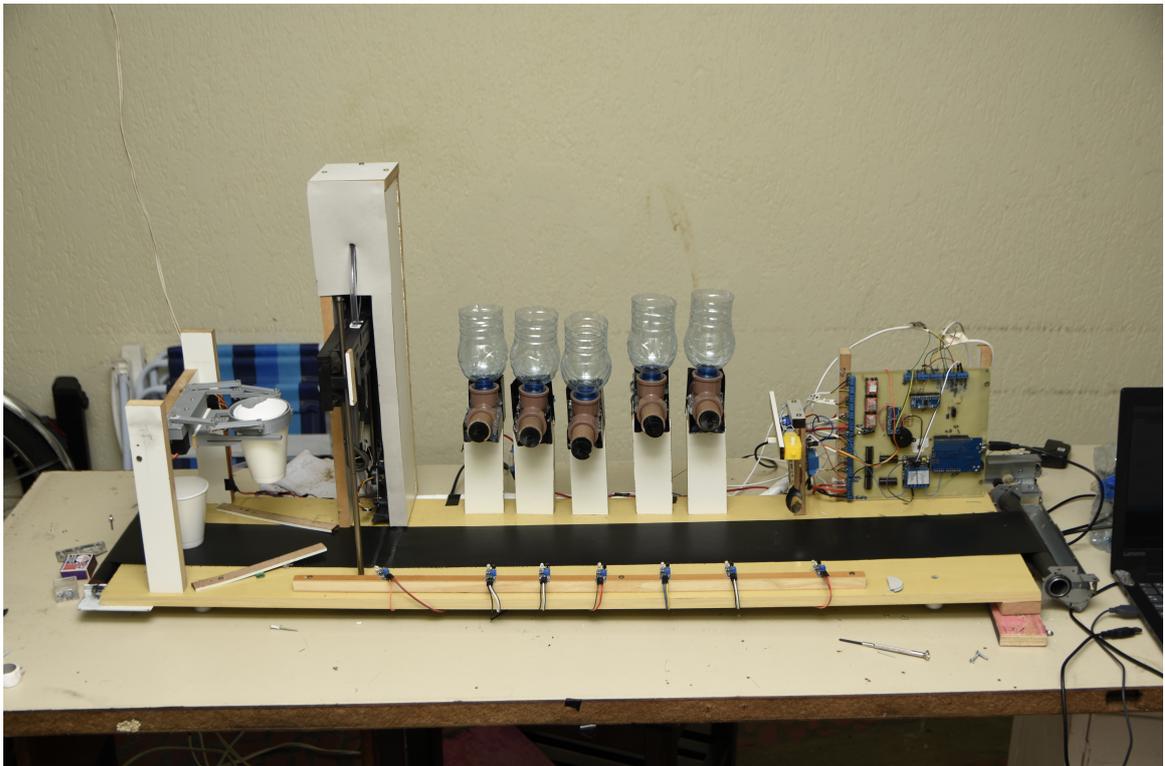


Figura 26 – Esteira Finalizada - 2



5 CRONOGRAMA E CUSTOS

Os custos do projeto podem ser conferidos na Figura 27, alguns componentes mais baratos, assim como os gastos com locomoção, não foram contabilizados.

Figura 27 – Relação de Custos do Projeto

Item	Preço
Tecido esteira Nylon Linho	R\$ 21,99
ULN2004	R\$ 4,20
Driver motor de passo bipolar	R\$ 14,50
Parafuso e arruelas	R\$ 12,00
Prancheta MDF	R\$ 7,50
Durepoxi	R\$ 13,90
Colher	R\$ 1,99
Cola instantânea	R\$ 7,99
Ebulidor	R\$ 29,90
Sensor de obstáculos IR	R\$ 47,40
Sonda temperatura	R\$ 16,90
Parafuso e arruelas	R\$ 12,40
ULN2004	R\$ 7,61
Driver motor de passo bipolar	R\$ 44,00
Chá solúvel 50G	R\$ 24,99
Módulo WiFi ESP-01	R\$ 19,59
Jumper FxF x10	R\$ 8,00
Jumper MxM x32	R\$ 9,00
Bomba aquário	R\$ 30,00
Mangueira 5/16" x 1mm	R\$ 4,00
MUX 16x1	R\$ 44,88
Barra de pinos 1x40	R\$ 1,40
Servo Motor MG996R	R\$ 51,80
Copo de papel 250ML MAK	R\$ 9,50
Impressão 3D dispenser	R\$ 70,00
Motor 5V	R\$ 44,00
kit rele arduino 5v 2 canais	R\$ 21,09
Sensor de nível de água	R\$ 7,90
Kit jumper MF com 10	R\$ 16,00
Kit jumper MM com 10	R\$ 12,00
Placa perfurada 20x20	R\$ 16,00
Barra de pinos Femea	R\$ 1,80
Solda	R\$ 22,00
TOTAL	R\$ 656,23

6 CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÕES

O projeto possibilitou uma grande consolidação e aplicação dos conhecimentos abordados no curso até então e, sendo praticamente, o primeiro contato com microcontroladores de maneira tão aprofundada, se mostrou um grande desafio a ser superado, com constantes aprendizados atrelados.

Apesar de todos os contratemplos enfrentados e dos atrasos nos entregáveis, na data final, o projeto estava concluído com sucesso e segundo os requisitos estipulados na etapa de planejamento.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento do projeto, a equipe pôde notar certas melhorias e funcionalidades extras que podem ser incluídas no protótipo atual. Possibilidades como a expansão para outros tipos de bebidas, aumento da fila de pedidos, possibilidade do cliente realizar um pedido estando conectado à qualquer rede com acesso à internet e a inclusão de um meio de transação para o pagamento da bebida são algumas delas.