

Relatório Técnico

Robçom, o Robô Garçom

Ewerton G. Fiel – ewertongodoi15@gmail.com
Guilherme F. de Souza – gsouza.2015@alunos.utfpr.edu.br
Lucas C. Tavano – lc_tavano@hotmail.com
Lucas K. Amin – lucasamin@alunos.utfpr.edu.br
Rubia T. Z. Isobe – isobe.2015@alunos.utfpr.edu.br

Novembro de 2018

Resumo

Em tempos onde a eficiência do atendimento e do serviço em bares e restaurantes pode se tornar um grande diferencial de um estabelecimento, é essencial que façamos uso da automatização para a melhoria deste tipo de processo. Sabendo disso, este relatório apresenta o desenvolvimento de Robçom, o Robô Garçom, uma nova solução autônoma para o preparo e entrega de bebidas em bares e restaurantes. Controlado por de um Arduino, Robçom é capaz de receber pedidos de clientes, por meio de uma página web moderna e interativa, e de deslocar-se da mesa do cliente até a máquina de drinks de forma muito eficiente, fazendo uso de um sensor de 5 vias IR para seguir faixas e de tags RFID. A máquina de drinks por sua vez é capaz de entregar um copo para Robçom de modo completamente autônomo, utilizando um dispenser de copos, e de preparar o drink do cliente com o auxílio de mini bombas hidráulicas, tudo isso sendo controlado através de uma placa Raspberry Pi. Informações e videos no link <https://roborobcom.wordpress.com/>.

1 Introdução

Robçom, o Robô Garçom, é um robô capaz de transportar bebidas de acordo com pedidos feitos por clientes, as quais são preparadas por uma máquina de drinks. A solução eficiente e moderna é destinada a bares, possibilitando o atendimento de seus clientes de forma autônoma. Busca-se também proporcionar ao cliente uma experiência única de serviço automatizado com uma interface amistosa e intuitiva.

O projeto é um sistema composto por estação base e robô, que se comunicam através de sinal bluetooth, intermediados pelo sistema embarcado Raspberry Pi. O robô, omnidirecional, recebe instruções específicas, por meio de um Arduino, para transportar copos ao longo de um trajeto de fita preta, em cima de

um balcão de bar. A estação base é responsável tanto pela reposição do copo, do líquido quanto pelo gerenciamento dos pedidos em uma plataforma web hospedada pela Raspberry Pi.

A visão geral do funcionamento do projeto pode ser resumida no diagrama da Figura 10. As três divisões em branco indicam os estágios do pedido do cliente, desde a escolha do drink no sistema de pedidos até a preparação, seguida pelo transporte do copo.

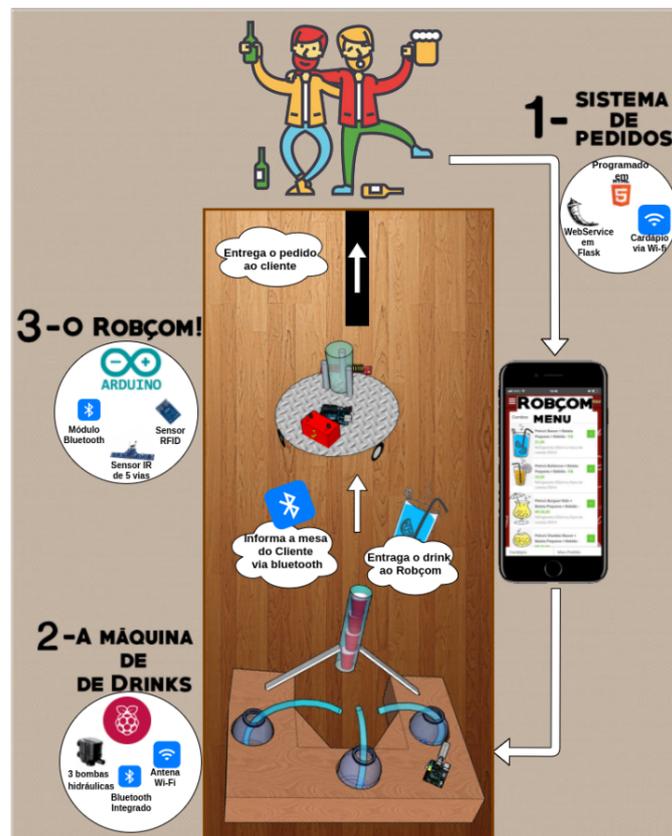


Figura 1: Visão geral do projeto Robçom

No primeiro estágio acontece a interação com o usuário, envolvendo o Sistema de Pedidos, no qual o cliente seleciona um drink dentre diversas opções no menu, indicando sua posição no balcão. Este menu é representado pelo *smartphone*. O pedido será interpretado pela estação base composta pela Raspberry Pi, responsável pela hospedagem da página web.

O segundo estágio é a Máquina de Drinks, onde ocorre a reposição do copo e preparação de drinks. A máquina é composta por uma estrutura física de madeira, que também comporta a estação base, um *dispenser* de copos e bombas

hidráulicas conectadas a três garrafas de vidro.

Por fim, o terceiro estágio é o próprio Robçom, o robô. O Robçom recebe as informações de destino assim que se aproxima da estação base, através da comunicação bluetooth do Arduino com a Raspberry Pi. Quando alcançar o primeiro ponto de parada abaixo do *dispenser* de copos, ele recebe um copo e envia uma confirmação a estação base. Depois continua no trajeto de linha preta até a posição das mangueiras, onde recebe os líquidos. O Robçom transporta o copo até a posição indicada pelo cliente no momento do pedido, e aguarda até que ele seja retirado do chassi.

O funcionamento de todo o projeto foi representado no diagrama de estados a seguir:

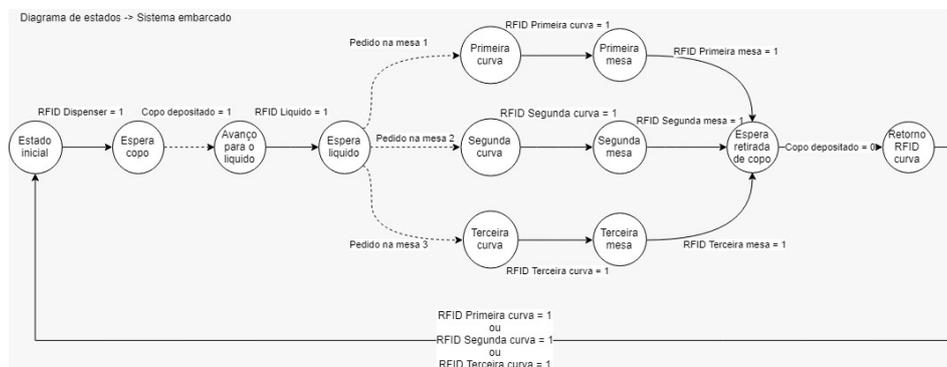


Figura 2: Diagrama de estados do projeto.

Durante a fase de pré-projeto foram estabelecidos todos os requisitos do sistema. Estes requisitos foram utilizados para especificar o comportamento do sistema descrito acima. Requisitos Funcionais:

- RF01 – O sistema deve ser capaz de permitir o cliente se conectar a rede do cardápio.
- RF02 – O sistema deve ser capaz de permitir ao cliente realizar um pedido.
- RF03 – O robô deve ser capaz de ir até o lugar onde recebe a bebida.
- RF04 – O robô deve ser capaz de levar o pedido ao cliente correto.
- RF05 – O robô deve ser capaz de detectar se chegou na mesa do cliente correto.
- RF06 – O robô deve ser capaz de avisar ao cliente que seu pedido chegou.
- RF07 – O robô deve ser capaz de detectar se o cliente retirou o pedido.
- RF08 – O robô deve ser capaz de retornar a máquina de bebidas.

- RF09 – O dispenser de copos deve ser capaz de liberar um copo por vez para o robô.
- RF10 – A máquina de bebidas deve ser capaz de criar uma rede Wifi.
- RF11 – A máquina de bebidas deve ser capaz de receber o pedido do cliente.
- RF12 – A máquina de bebidas deve ser capaz de salvar o pedido do cliente.
- RF13 – A máquina de bebidas deve ser capaz de preparar a bebida do cliente.
- RF14 – A máquina de bebidas deve ser capaz de transmitir ao robô o destino do pedido.

Requisitos não funcionais:

- RNF01 – A identificação da posição do robô deverá ser feita utilizando sistema RFID.[16]
- RNF02 – O robô deverá utilizar sensores infravermelhos para o sistema seguidor de linhas.
- RNF03 – A movimentação do robô será feita com motores DC.
- RNF04 – O robô se comunicará com a base por meio de um módulo bluetooth.
- RNF05 – A conexão do cliente à rede deverá ser feita através de uma conexão WiFi.
- RNF06 – O cardápio deverá estar disponível ao cliente em uma página web.
- RNF07 – A página web deverá ser programada utilizando HTML.
- RNF08 – A comunicação entre front-end e back-end da página web será feita utilizando AJAX.
- RNF09 – Os pedidos realizados pelos clientes deverão ser guardados em uma fila local em arquivo [16].
- RNF10 – A comunicação do robô com a máquina de bebidas deverá ser feita com Bluetooth.
- RNF11 – A estrutura da máquina de bebidas deverá ser feita utilizando madeira MDF.
- RNF12 – O dispenser de copos será controlado utilizando servo motores.

- RNF13 – Os servo motores do dispenser deverão ser controlados pela Raspberry Pi.
- RNF14 – Os copos utilizados no dispenser devem ser de 400ml.
- RNF15 – A máquina de bebidas deverá funcionar utilizando uma placa Raspberry Pi 3B.
- RNF16 – A Raspberry Pi 3B deverá ser programada utilizando Python e Shell.
- RNF17 – A máquina deverá preparar o pedido utilizando bombas hidráulicas.

No restante deste relatório são apresentados a fundamentação teórica (seção 2), onde são detalhadas todas as tecnologias utilizadas no seu desenvolvimento, e na seção 3 é apresentado as etapas e procedimentos feitos para o desenvolvimento do sistema e por fim na seção 4 são apresentadas as conclusões feitas ao decorrer do projeto.

2 Fundamentação teórica

Nesta seção, serão apresentadas as bases teóricas dos principais componentes e ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste projeto. As bases teóricas estão subdivididas em estrutura física, hardware e software.

2.1 Estrutura física

2.1.1 Estrutura da máquina de drinks

A estrutura da máquina de drinks, feita de madeira, foi construída de tal maneira que englobe as três garrafas de bebida e o circuitos eletrônicos. A base, semelhante à letra “U”, deve permitir a entrada do robô em dois pontos de parada sequenciais. Na primeira posição o robô receberá os copos liberados pelo dispenser, e na segunda, a mistura da bebida guiada por três mangueiras de látex vindas das bombas.

2.1.2 Dispenser de copos

A liberação de copos será realizada por um dispenser composto por um reservatório cilíndrico, com dimensões para conter copos plásticos de 400ml. Cada copo será retirado usando três servos motores.

2.1.3 Estrutura e chassi do robô

O robô é montado em um chassi omnidirecional de 3 rodas visando estabilidade e controle em seu movimento. Nesse chassi, são montados 3 motores DC de 12V com caixa de redução. [5]

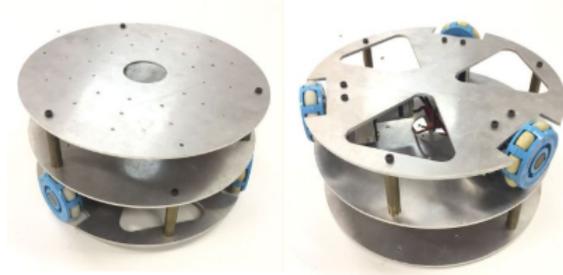


Figura 3: Chassi omnidirecional

2.2 Hardware

2.2.1 Raspberry Pi 3B

A placa Raspberry Pi, utilizada no projeto para o controle da máquina de drinks e para a criação da rede WiFi, é um computador pequeno e de baixo custo. A placa possui um processador Broadcom BCM2837 que inclui o core de alta performance da ARM Cortex-A53 à 1.2GHz. Possuindo 40 pinos GPIO entrada/saída para diversos propósitos. A alimentação da Raspberry Pi é feita por uma fonte +5.1V micro USB. Geralmente a corrente demandada é de 700-1000mA dependendo dos dispositivos conectados à placa, sendo 1A a corrente máxima. Os pinos *GPIO* podem exigir no máximo uma corrente de 50mA distribuídos entre eles, sendo cada pino com capacidade de 16mA. [9]

2.2.2 Arduino Mega 2560 R3

A Placa Arduino Mega 2560 é uma placa de microcontrolador baseada no ATmega2560. Ele possui 54 pinos de entradas/saídas digitais, 16 entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais de hardware), um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação e um botão de *reset*. Ele contém tudo o que é necessário para dar suporte ao microcontrolador; basta conectar a um computador com um cabo USB ou a uma fonte de alimentação e já está pronto para começar. [10]

2.2.3 Alimentação da máquina de drinks

A alimentação do sistema, incluindo a Raspberry Pi, será feita por uma fonte de energia 5V, com capacidade de fornecer 20A de corrente. A necessidade da alta corrente é devido as bombas, que usam aproximadamente 2A cada.

2.2.4 Alimentação do sistema embarcado

A alimentação é feita utilizando 3 carregadores portáteis para celular, 2 em série para alimentar os motores e 1 de forma isolada para alimentar o Arduino. A interface com os carregadores será feita por suas portas USB, qual possui uma tensão de 5V, assim suprindo a demanda do Arduino de 5v e a dos motores de 10V ao utilizar dois carregadores em série. A corrente fornecida pelos carregadores é cerca de 3A no total, fornecendo com folga a necessidade de 2A dos motores e de menos de 0,5A do Arduino MEGA.

2.2.5 Ponte H

A ponte H pode ser simplificada por um conjunto de transistores, que a partir de uma combinação de 2 entradas digitais controla o sentido da corrente gerada pela alimentação externa, assim controlando o sentido de rotação do motor. Os dois módulos que são utilizados no projeto apresentam duas pontes H, possibilitando controle dos três motores. Além disso, os CIs L298 apresentam entradas digitais para controle de velocidade de rotação do motores, através da variação do Duty Cycle de onda quadrada. [14]

2.2.6 RFID

A tecnologia RFID, utilizada no projeto para guiar o robô até as mesas, é baseada em rádio frequência e o método de uso foi desenvolvido recentemente, porém as origens da identificação por rádio frequência se encontram por volta dos anos 40 na Segunda Guerra Mundial em que foi utilizada para a distinção entre aviões aliados e inimigos.

Seu funcionamento se resume em uma antena ou transceptor, que realiza a leitura de uma etiqueta de RF ou *transponder*, que contém um circuito armazenando dados que são lidos através do transceptor e transformados em uma informação digital.[16]

Há uma grande variedade tanto nos usos desta tecnologia quanto em suas características, há diversas tipos de etiquetas, ativas ou passivas e com diversas faixas de frequências de trabalho. Neste projeto foram utilizadas etiquetas passivas de 13.56MHZ em conjunto com um transceptor próprio para integração com Arduino.

2.2.7 Sensor IR 5 vias BfD-1000

O Sensor de Linha Infravermelho BFD-1000 foi desenvolvido para aplicações em projetos robóticos e, é principalmente aplicado no desenvolvimento de projetos de “robôs seguidores de linha”.

Para que o robô possa seguir a linha predefinida, o sensor emite luz infravermelha, que ao refletir na linha demarcada volta ou reflete ao sensor, ajudando a manter o “robô seguidor de linha” no caminho correto. Esse módulo

utiliza cinco desses sensores infra-vermelho que emitem e receptam sinais, tornando-se capaz de identificar faixas não reflexivas em meios reflexivos.[8]

2.2.8 Bombas Hidráulicas

As mini bombas hidráulicas que são utilizadas para bombear a bebida para o copo têm uma tensão de operação de 4-12V, sendo 5V para o fluxo ideal (obtido experimentalmente), neste caso a bomba possui exigência de 1.6A. As bombas são do tipo reversível e não-afogada, ou seja, não precisam estar abaixo no nível d'água para operar.[15]

2.2.9 Servo Motores

O servo motor é um dispositivo eletromecânico, de movimento proporcional e de malha fechada. Desta forma, o dispositivo recebe um sinal de controle, verifica a posição atual e se movimenta para a posição desejada. Assim, através de um sinal PWM (*Pulse Width Modulation*, Modulação por Largura de Pulso) em sua entrada, é possível detectar qual a angulação desejada e assim realizar a rotação necessária para alcançar esta. No projeto são utilizados 3 servo motores para o controle do dispenser de copos. [12]

2.3 Software

2.3.1 Código do funcionamento do robô

O código foi desenvolvido na Arduino IDE na linguagem de programação do Arduino, para a utilização do leitor de RFID foi utilizada uma biblioteca externa chamada MFRC522.lib. Para a realização do processo de seguir linhas foi utilizado um sensor de 5 vias composto de 5 sensores infravermelhos que trabalham de forma digital caso a luz emitida seja refletida ou absorvida. Utilizando esse sensor foi desenvolvido um controlador proporcional para determinar as velocidades nos motores e manter o robô na linha.

2.3.2 Wi-Fi

O Wi-Fi integra os dados enviados pelos clientes através da página web que pode ser acessada em aparelhos móveis com capacidade de tecnologia Wi-Fi, como celulares, notebook e tablets.

A tecnologia utilizada pela equipe no projeto é o protocolo 802.11n, utilizando a modulação por frequência em padrões mais antigos, na frequência de 2,4Ghz que embora tenha muita interferência nesta banda, ainda é a solução mais adequada para o projeto, escolhida por conta da retro-compatibilidade com aparelhos que ainda não suportam o protocolo 802.11ac que se utiliza da modulação por frequência na banda de 5Ghz. [13]

2.3.3 Bluetooth

Além do Wi-Fi, o Bluetooth também foi utilizado pela equipe como um método de comunicação sem fio. A utilização do bluetooth serve como meio de relacionar o "mundo" com o software interno do robô garçom, através da troca de dados bidirecionais *half-duplex* entre a máquina de drinks e o robô. [4]

3 Desenvolvimento

Nesta seção, será abordado o desenvolvimento dos diversos tópicos do projeto, com um descrição detalhada de cada um dos temas desenvolvidos para criação do Robô Robçom.

3.1 Hardware

Ao longo desta seção serão discutidos aspectos do projeto relacionados ao desenvolvimento do Hardware. Essas partes são: Robô Robçom, Máquina de Drinks e Dispenser de Copos.

3.1.1 Robô Robçom

Antes de iniciar a construção do robô foram realizados testes com todos os equipamentos e componentes que se encontrariam no robô. Foram realizados testes relacionados à alimentação dos motores, para realizar a verificação de qual era a demanda de corrente para os 3 motores, observando a velocidade atingida com diferentes níveis de tensão.

Após os motores, foram testados os sensores (RFID e de 5 Vias), já que não possuíamos experiência com tais equipamentos. Para testar o funcionamento do sensor de 5 vias foram utilizados os LEDS acoplados em cada sensor e com isso foi possível entender a sensibilidade do sensor e as distâncias com as quais sua efetividade permanecia.

Para o leitor de RFID foi utilizado um Arduino Mega para receber a informação do leitor e enviá-la pela porta serial para ser visualizada no computador. Com isso foi possível identificar o formato dos dados armazenados em cada tag RFID e determinar qual seria o método mais eficiente para manipular esses dados.

Em seguida, foi decidido que os circuitos do robô seriam construídos em placas perfuradas. Assim, demos início ao processo de modelagem das placas e logo após, a confecção delas. Ao longo da confecção e dos testes houveram alguns problemas como, por exemplo, curtos circuitos nas placas causados por má soldagem, fios danificados, entre outros. Estes problemas atrasaram consideravelmente o andamento do projeto.

Com as placas já confeccionadas e testadas, foi realizada a primeira montagem do robô, porém, o funcionamento não foi imediato. De início notou-se

que, devido a composição metálica e condutora do chassi, seria necessário fazer o isolamento inferior das placas. O primeiro isolamento foi feito com fita isolante, o qual não foi efetivo, e por isso optamos por uma cobertura de E.V.A. do chassi. Evitando assim o contato com o metal e também riscos no polimento das soldas inferiores nas placas. Na figura 4 está o projeto da pcb usada para alimentação do robo. Já a placa de interface com o arduino é usada apenas para organizar a disposição dos cabos dos componentes no interior do robo, sem ligações para projetar.

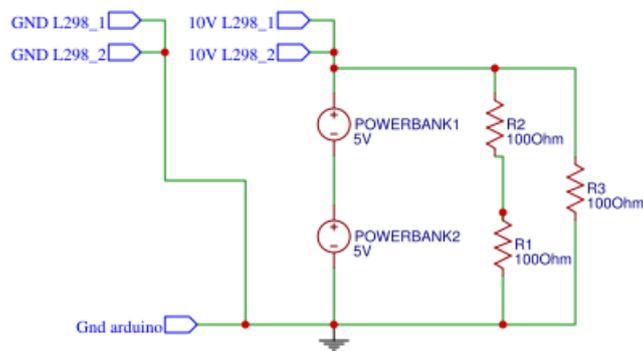


Figura 4: Projeto da PCB de alimentação

Após o isolamento dos chassis, o robô foi novamente montado e todos os componentes demonstraram estar operantes. Com isso, iniciamos os testes de movimentação do robô acoplando os 3 *Power Banks* para energizar o Arduino e os motores.

Logo nos primeiros testes de movimentação foi verificado que uma das rodas tinha menor aderência e por isso deslizava excessivamente. Para resolver o problema as rodas foram alternadas de lugar, posicionando a roda problemática no lado de menor impacto.

Por fim, foi acoplada a cobertura de proteção contra vazamento de líquido feita de material plástico, auxiliando também na recepção do copo. A versão final do robô pode ser vista na Figura 5:



Figura 5: Versão final do Robçom

3.1.2 Máquina de Drinks

A Máquina de Drinks envolve partes de hardware como as bombas hidráulicas e o dispenser de copos, controlados pela Raspberry Pi.

Para o bombeamento do líquido para os copos foi projetado um sistema de controle de três mini bombas hidráulicas 5V com acionamento por relés. Foi descoberto experimentalmente que as bombas demandam corrente de aproximadamente 2A cada, portanto utilizamos alimentação externa de 5V e 20A. Foram utilizadas mangueiras de látex com 6mm de diâmetro para compor o sistema. O circuito foi construído utilizando placas do tipo PCB perfurada, o esquemático do circuito projetado está contido na Figura 6.

3.1.3 Dispenser de Copos

A construção do dispenser de copos foi feita utilizando o corpo de uma garrafa PET envolto em 3 camadas de fita isolante, provendo desta forma uma maior sustentação, e três servos motores do modelo MG90S, responsáveis por controlar o dispenser, onde dois destes são responsáveis por segurar e liberar o próximo copo a ser utilizado pelo robô, e o terceiro responsável por segurar a pilha de copos contida no dispenser.



Figura 8: Dispenser de copos

Inicialmente, o projeto do dispenser de copos previa que a estrutura do mesmo fosse feita utilizando um cano PVC com o mesmo diâmetro dos copos, no entanto, nenhuma das medidas de diâmetro padrão comercial foram capazes de conter os copos de forma eficiente e assim, manteve-se a ideia do protótipo inicial feito a partir da garrafa PET, de material reciclável.

Outro aspecto do dispenser de copos que precisou ser alterado foi a sua própria lógica de funcionamento. Inicialmente foi previsto que o dispenser utilizaria apenas 2 motores para ser controlado, onde eles estariam encarregados por empurrar os copos para baixo, ao invés de segurá-los como na versão final. Esta abordagem se mostrou ineficiente, uma vez que os servo motores não foram capazes de empurrar apenas um copo de cada vez, liberando vários ou então nenhum em vários dos testes realizados. Por fim, resolveu-se adotar uma abordagem mais lógica que utiliza da própria força da gravidade para liberar os copos.

3.2 Software

Ao longo desta seção serão discutidos aspectos do projeto relacionados ao desenvolvimento do Software. Essas partes são: Robô Robçom, Estação Base (Máquina de Drinks) e Comunicação.

3.2.1 Robô Robçom

Para a parte do software do Robçom foi desenvolvido um método de controle de movimento para realizar o seguimento de linha utilizando-se de curvas omnidirecionais (sobre o seu eixo central).

Ao longo dos testes foi verificado que a performance do robô com o algoritmo de controle atual tinha pouca precisão e executava movimentos muito bruscos, gerando riscos para o projeto final com o drink em cima, então foi desenvolvido um outro algoritmo de controle utilizando um controle proporcional, cuja constante foi determinada a partir da experimentação no robô, gerando um resultado mais satisfatório, com movimento mais suaves e precisos.

Após a finalização da parte de movimentação, foram iniciados os testes de parada com RFID, os quais, sendo bem sucedidos, já foram utilizados para simular os pontos de parada e de curva do robô.

Para finalizar a parte de software foi desenvolvido o código para a utilização do módulo bluetooth, que será descrita na seção Comunicação.

3.2.2 Estação Base

Para o software da estação base foi desenvolvida uma plataforma para o pedido dos drinks, integrando um front-end desenvolvido utilizando HTML(Hypertext Markup Language)[1] e CSS(Cascading Style Sheets)[3], e um back-end desenvolvido utilizando a linguagem Python e sua plataforma de desenvolvimento web Flask [11], além da parte de comunicação da máquina de drinks, que será descrita na seção Comunicação.

Para a plataforma de pedidos dos drinks (Cardápio online) foram desenvolvidas páginas web, proporcionando ao cliente a escolha do drink desejado e o cadastro da mesa na qual se localiza. Ao se conectar na rede Wi-Fi, o cliente é redirecionado à página de login onde é feita a identificação do cliente, ele irá digitar seu nome e o número correspondente à sua mesa. Ao clicar no botão de confirmar "Bora", é fornecido ao usuário seis combinações de drinks contendo: nome do drink, bebidas utilizadas na mistura e graduação alcoólica. O usuário poderá então clicar na opção desejada, e será exibida a página de espera até que o drink chegue ao seu destino. As telas são mostradas na figura 9.

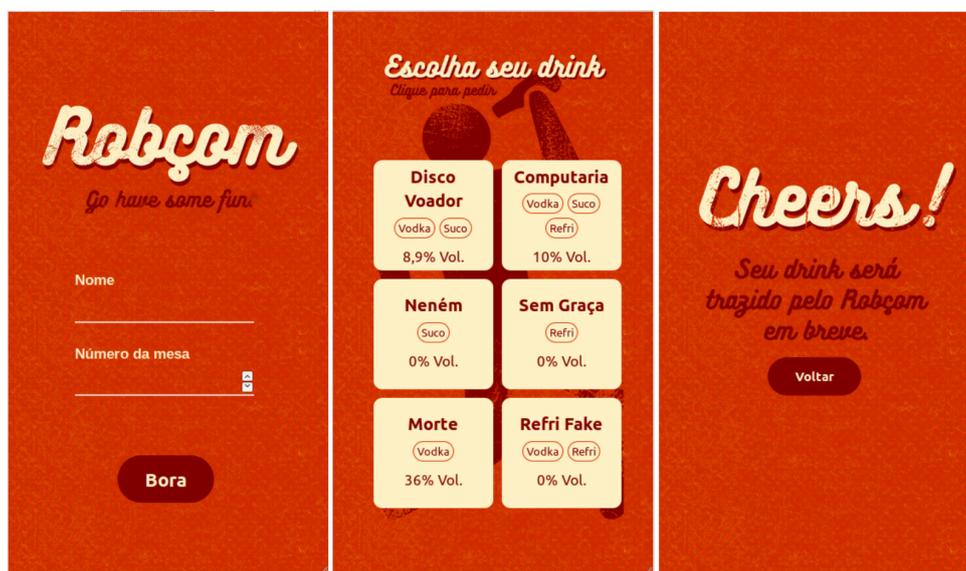


Figura 9: Interface com o cliente na forma de páginas web.

Para o desenvolvimento do *back-end*, foi utilizado a linguagem Python conjunta à biblioteca Flask, junto a 2 softwares, NGINX e gunicorn, para garantir que a página tivesse estabilidade e fosse hospedada em um domínio local usando o protocolo HTTPS. Já o *front-end*, é composto por três páginas web, mostradas na Figura 9, e foi desenvolvido utilizando HTML e CSS, utilizando a linguagem JavaScript para trocar dados com o *back-end*. Os pedidos são dispostos em uma fila, onde são tratados um a um, já que o Robçom pode entregar apenas um drink de cada vez.

Por fim, foi utilizado o módulo *netfilter* (IpTables) [2] nativo do sistema operacional Linux para fazer o redirecionamento do tráfego de dados que se destinava ao cliente, para ir para o gateway, forçando assim, mesmo com internet, com que o cliente só consiga acessar o cardápio online como única página de seu navegador. Além disso, tal redirecionamento produz o efeito de "*Captive-Portal*", e todo cliente, ao conectar-se na rede Wi-Fi, recebe em sua tela de celular a página abrindo, como se fosse um aplicativo web nativo.[6]

O fluxograma do sistema de pedidos pode ser visto na figura [?]:

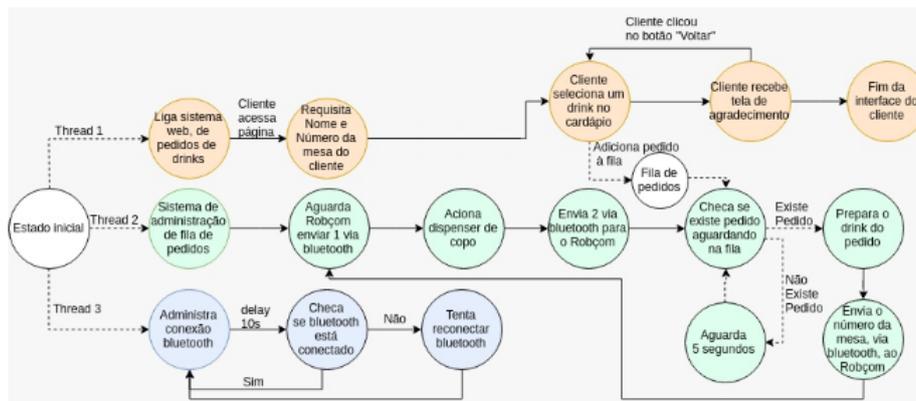


Figura 10: Diagrama de estados do projeto.

3.2.3 Comunicação

Para parte de Comunicação do projeto Robçom, foram criados uma rede Wifi utilizando a Raspberry Pi, para que o cliente pudesse acessar automaticamente o cardápio de drinks, e a comunicação bluetooth, para que a máquina se comunicasse com o robô.

Para realizar a hospedagem da rede Wi-fi, foi utilizado o software *hostapd*, configurando nele os parâmetros gerais necessários, como nome da rede, segurança utilizada, frequência de transmissão, protocolo 802.11 utilizado, dentre outras.[7]

Além do *hostapd*, outro software muito importante para fazer com que a rede Wi-fi funcionasse como esperado, foi o *dnsmasq*, este que, no projeto, tem duas principais funcionalidades. Primeiramente, a funcionalidade de distribuir IPs (Internet Protocol) aos clientes que acessarem a rede, criando assim uma rede 192.168.0.1/24. O segundo ponto, foi a criação e reserva do IP de gateway; O gateway é onde é possível liberar o acesso aos clientes da rede wi-fi para que possam ver o cardápio online, desta forma, esta função foi também de suma importância para o funcionamento deste sistema.[?]

Por fim foi, desenvolvido o software da comunicação Bluetooth, tanto para a máquina de drinks quanto para o robô. A comunicação bluetooth foi utilizada para integração do robô Robçom com a estação de drinks enviando avisos de posicionamento, como no momento em que o Robçom está esperando copo do dispenser ou esperando líquido das bombas e também no sentido inverso, quando a estação precisa avisar a mesa destino do pedido, depois de algum tempo identificando o funcionamento do módulo bluetooth tanto do Arduino quanto da Raspberry Pi foi realizada a comunicação e com isso o software estava terminado.

4 Conclusão

O desenvolvimento do projeto aqui descrito resultou em um sistema automatizado de pedido, preparo e entrega de bebidas, conhecido como Robô Robçom.

Pode-se dizer que o desafio proposto pela disciplina de unificar algumas das diversas áreas lecionadas no decorrer do curso de Engenharia de Computação da UTFPR câmpus Curitiba foi completado com êxito. Diversos conhecimentos de áreas como comunicação de dados, sistemas embarcados, controle, sistemas inteligentes, análise e projeto de sistemas, eletrônica geral, gestão financeira dentre outros foram aplicadas ao projeto.

Durante o progresso do projeto foi possível perceber a importância do planejamento. A análise de riscos feita no início do projeto e o tempo de folga no cronograma original foram cruciais para que conseguíssemos finalizar o projeto dentro do prazo, uma vez que vários problemas foram enfrentados, como por exemplo, o mal contato encontrado em PCBs, inviabilidade da utilização de cano PVC para a construção do *dispenser* de copos, dificuldades na montagem da estrutura física da máquina de drinks, e dificuldades mecânicas com a estrutura física do robô omnidirecional. Comparadas às 360 horas inicialmente planejadas para o projeto, foram gastas cerca 483 horas, o que representa um acréscimo de cerca de 34% no número de horas, número muito próximo dos 30% de folga planejados inicialmente para o projeto. O planejamento inicial também possibilitou que permanecêssemos dentro do orçamento inicial de R\$1000,00.

Além disso, outra questão importante a ser ressaltada foi a grande complexidade enfrentada ao trabalhar com os diferentes sistemas (embarcado, estação base e comunicação) de forma integrada. O trabalho em equipe e a integração entre as partes individuais exigiu um esforço de organização e comunicação entre os membros jamais antes exigido. Com isso, a equipe teve a oportunidade de aprender sobre várias tecnologias, que podem ser úteis no mercado de trabalho ou vida acadêmica. As dificuldades encontradas em cada parte do projeto possibilitaram um aprendizado mais profundo em determinadas áreas. O trabalho de integração também foi importante para o aprendizado, pois cada membro da equipe trabalhou também com outras áreas além da sua própria.

Referências

- [1] D. Eis. O básico: O que é html? URL <https://tableless.com.br/o-que-html-basico/>.
- [2] S. R. Ferrari. Iptables - conceitos e aplicação, 2007. URL <https://www.vivaolinux.com.br/artigo/IPTABLES-Conceitos-e-aplicacao>.
- [3] A. G. O que é css? aprenda sobre css com este guia básico. URL <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-css-guia-basico-de-css/#gref>.

-
- [4] GME. Hc-05 bluetooth module user's manual v1.0. URL <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.772-148.1.pdf>.
 - [5] Instructables. How to make a three wheels vehicle [robot chassis]. URL <https://www.instructables.com/id/How-to-make-a-three-wheels-vehicle-robot-chassis/>.
 - [6] NullByte. Turn your raspberry pi into a wireless hotspot. URL <https://null-byte.wonderhowto.com/how-to/turn-your-raspberry-pi-into-wireless-hotspot-0180133/f>.
 - [7] OpenWrt. Wireless configuration. URL <https://oldwiki.archive.openwrt.org/doc/uci/wireless>.
 - [8] M. PENSKY. Sensor Ótico newway bfd-1000, 2012. URL <https://penskyeletronica.wordpress.com/2012/12/23/arduino-sensor-otico/>.
 - [9] RaspberryPi. Raspberry pi education. URL <https://www.raspberrypi.org/education/>.
 - [10] RobotShop. *Arduino Mega 2560 Datasheet*. URL <http://www.robotshop.com/media/files/pdf/arduinomega2560datasheet.pdf>.
 - [11] A. Ronacher. Framework flask para web development na linguagem de programação python, 2010. URL <http://flask.pocoo.org/>.
 - [12] C. B. Silveira. Servo motor: Veja como funciona e quais os tipos. URL <https://www.citisystems.com.br/servo-motor/>.
 - [13] Teleco. Lan / man wireless i: Redes sem fio. URL http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrwlman1/pagina_2.asp.
 - [14] A. Thomsen. Motor dc com driver ponte h l298n, 2013. URL <https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>.
 - [15] Wikipedia. Bombas hidráulicas, . URL https://pt.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica.
 - [16] Wikipedia. Identificação por radiofrequência, . URL https://pt.wikipedia.org/wiki/Identifica%C3%A7%C3%A3o_por_radiofrequ%C3%Aancia.