

Relatório Final

Palomitas - vending machine de pipocas e bebidas

Daniel dos Santos Salles dansal@alunos.utfpr.edu.br
Miguel Ferreira Chagas Neto migueln@alunos.utfpr.edu.br
Vinícius Dalla Valle Marcon viniciusmarcon@alunos.utfpr.edu.br

Dezembro de 2021

Resumo

O cotidiano das pessoas enfrenta a escassez de um recurso importante: tempo. Em um mundo cada vez mais conectado e imediatista, falta atenção para aspectos importantes da vida, como a alimentação. Tendo isso em vista, o presente relatório apresenta o desenvolvimento e funcionamento da *Palomitas*, que consiste em uma pipoqueira automatizada que prepara o milho com ar quente (o que torna as pipocas feitas por ela mais saudáveis quando comparadas ao tradicional método com óleo quente) e um dispensador de bebidas. *Palomitas* tem o intuito de prover uma fonte rápida e prática de um *snack* saudável para as pessoas em sua rotina agitada. Para isso, utiliza-se uma aplicação *mobile* para realizar os pedidos e controlar os pagamentos, assim como servo motores e sensores para o controle de estoque e para o preparo e entrega correta do produto. Sendo de alta praticidade, *Palomitas* pode ser instalada em qualquer lugar que possua uma conexão de energia, como em uma sala de descanso de funcionários em uma empresa, em galerias comerciais ou até mesmo em diversos ambientes de uma universidade.

Abstract

People's everyday life lacks an important resource: time. In a world more immediatist and connected each day, important aspects of life, such as proper nutrition, get overlooked. With that in mind, this report details the development and operation of *Palomitas*, which consists of an automated air popped popcorn maker (that prepares the kernels in a healthier way when compared to the conventional method using hot oil) and a beverages dispenser. *Palomitas* has the goal of supplying a quick, healthy and convenient snack for people's hectic routines. That is achieved through a mobile application to make orders and manage payments, also servo motors and sensors for stock control and for the correct preparation and delivery of the product. With its high practicality, *Palomitas* can be installed in any place with a power supply, such as a workplace break room, in shopping malls and even various university environments.

1 Introdução

A *Vending Machine* (máquina de venda automatizada) é um produto e meio de consumo interessante, devido à facilidade de utilização e instalação em locais com alto fluxo de pessoas, conseguindo entregar opções acessíveis enquanto ocupa um espaço pequeno e demandando poucos recursos para sua manutenção (um único funcionário consegue cuidar do funcionamento de diversas máquinas diariamente). Também, é o resultado de um processo de engenharia complexo e interessante devido ao grande conjunto de motores, sensores e o funcionamento conciso.

O presente documento aborda o desenvolvimento de uma máquina com funcionamento inspirado no que já é encontrado no mercado para uso comercial, porém realizando algumas modificações, especialmente no produto oferecido ao consumidor e acrescentando o diferencial de ter seu preparo realizado no momento em que o pedido é feito. O relatório também apresenta as dificuldades intrínsecas de cada fator.

Como há diversificadas formas de pagamento, a escolha para *Palomitas* foi que a cobrança fosse realizada dentro da aplicação mobile que é utilizada para realizar o pedido, por meio de uma carteira virtual. Infelizmente as opções disponíveis no mercado apresentaram alguns empecilhos (como comprovação de documentação de estabelecimento comercial) ou, no caso da carteira virtual da *Apple* ainda havia o requisito de um cadastro como desenvolvedor com o custo de 99 dólares americanos. Como contornar isso fugiria do enriquecimento acadêmico proposto, e caso fosse uma aplicação real voltada ao mercado esse problema não existiria, optou-se por abstrair a etapa de pagamento.

2 Levantamento de requisitos

2.1 Requisitos Funcionais

Foram levantados os requisitos funcionais do projeto:

- RF01 - A interface com o usuário deve ser realizada através de um aplicativo;
- RF02 - O aplicativo deve permitir pagamento digital;
- RF03 - O aplicativo deve permitir a seleção de quantidade de pipoca;
- RF04 - O aplicativo deve permitir a seleção de bebida;
- RF05 - O sistema deve monitorar os níveis de armazenamento de milho;
- RF06 - O aplicativo deve bloquear transações quando os níveis de armazenamento de milho não forem suficientes para atendê las;
- RF07 - O aplicativo deve avisar o operador, ou equipe, quando os níveis de armazenamento de milho estiverem baixos;
- RF08 - O sistema deve possuir um sensor infravermelho para que não ocorra o acionamento da pipoqueira antes que o copo esteja posicionado no suporte para copos;
- RF09 - O sistema deve possuir uma fila de pedidos para organização de pedidos.
- RF10 - O sistema deve possuir um sensor de temperatura para garantir que a pipoqueira esteja aquecida antes de derrubar o milho;
- RF11 - A comunicação entre o sistema e o aplicativo deve ser realizada por meio de uma conexão TCP/IP;
- RF12 - O aplicativo e o sistema devem estar conectados na mesma rede WIFI;
- RF13 - O aplicativo deve se conectar à internet para realizar o pagamento;
- RF14 - O sistema deve estourar a pipoca conforme a quantidade selecionada;
- RF15 - O sistema deve despejar a pipoca pronta;
- RF16 - O sistema deve possuir um sensor para as latas de refrigerante;
- RF15 - O sistema deve entregar a quantidade certa de latas de refrigerante;
- RF16 - O sistema deve monitorar seu estoque de produtos;

- RF17 - O sistema deve poder entrar em modo de reabastecimento, onde não poderá atender e nem aceitar novos pedidos, até que receba o comando para voltar ao modo normal de operação;

2.2 Requisitos não funcionais

Foram levantados os requisitos não funcionais do projeto:

- RNF01 - O aplicativo deverá ser feito em linguagem flutter;
- RNF02 - O microcontrolador deve ser programado em C, com o uso de assembly somente quando estritamente necessário;
- RNF03 - A comunicação entre o aplicativo e o sistema físico deve ser criptografada;
- RNF04 - A criptografia não deve ser estática;
- RNF05 - Um led deverá ser aceso no sistema físico para indicar que a quantidade de pipoca está baixa;
- RNF06 - Uma tela LCD com informações do estado atual da máquina;
- RNF07 - Há de ser alimentado através da rede elétrica;
- RNF08 - Será necessário arrefecimento para garantir pleno funcionamento;

2.3 Diagrama de Blocos

Além dos requisitos funcionais e não funcionais citados anteriormente, também foi feito o Diagrama de Blocos do projeto, apresentado na Figura 1.

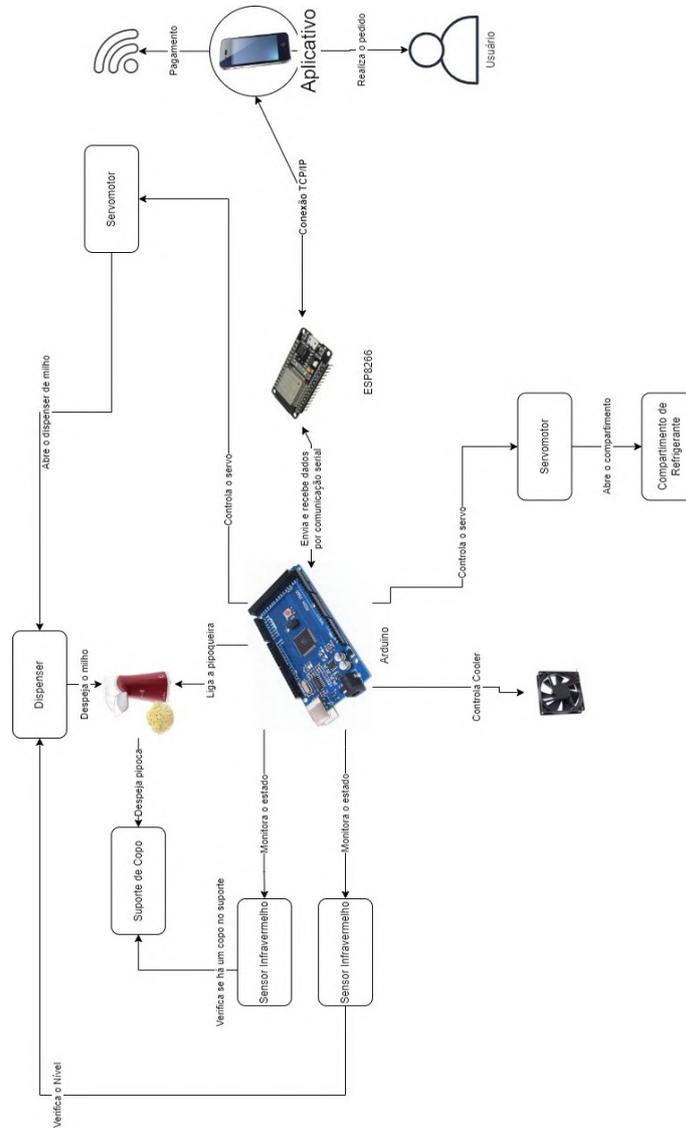


Figura 1: Diagrama de Blocos

2.4 Diagrama de Máquina de Estados

O diagrama de máquina de estados apresentado foi criado para demonstrar o comportamento geral do sistema.

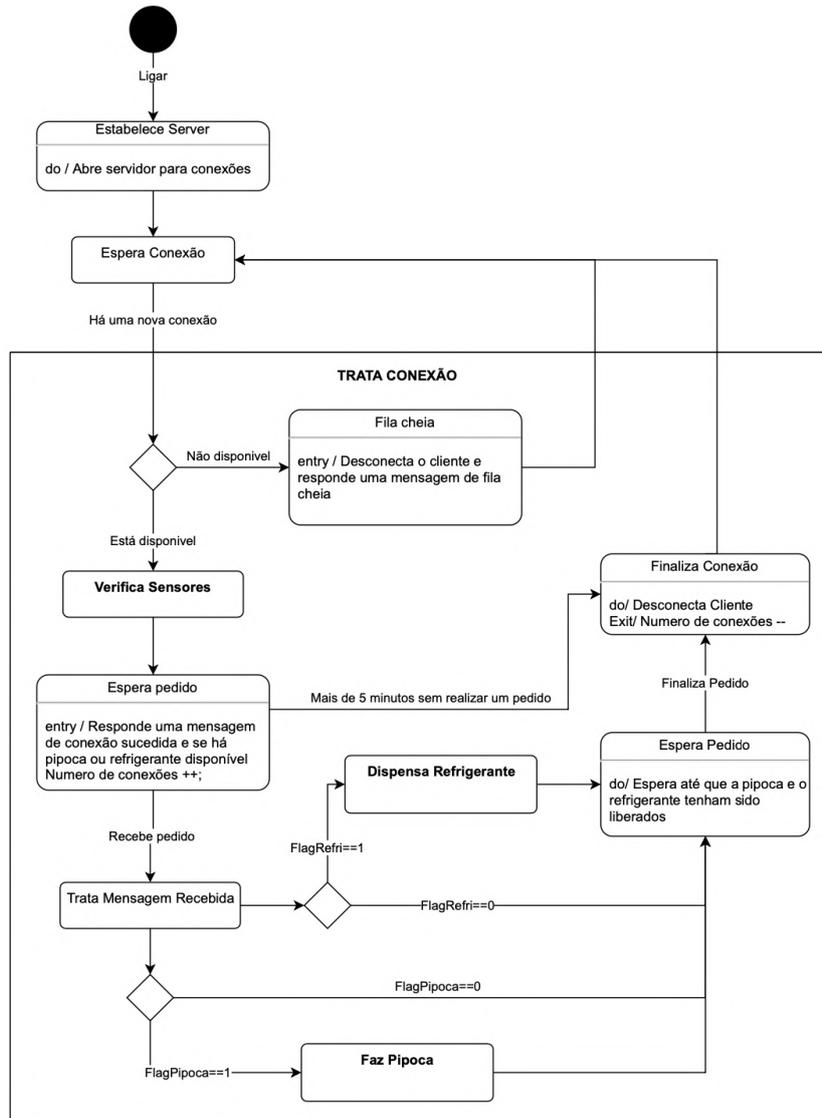


Figura 2: Máquina de Estados (Conexão)

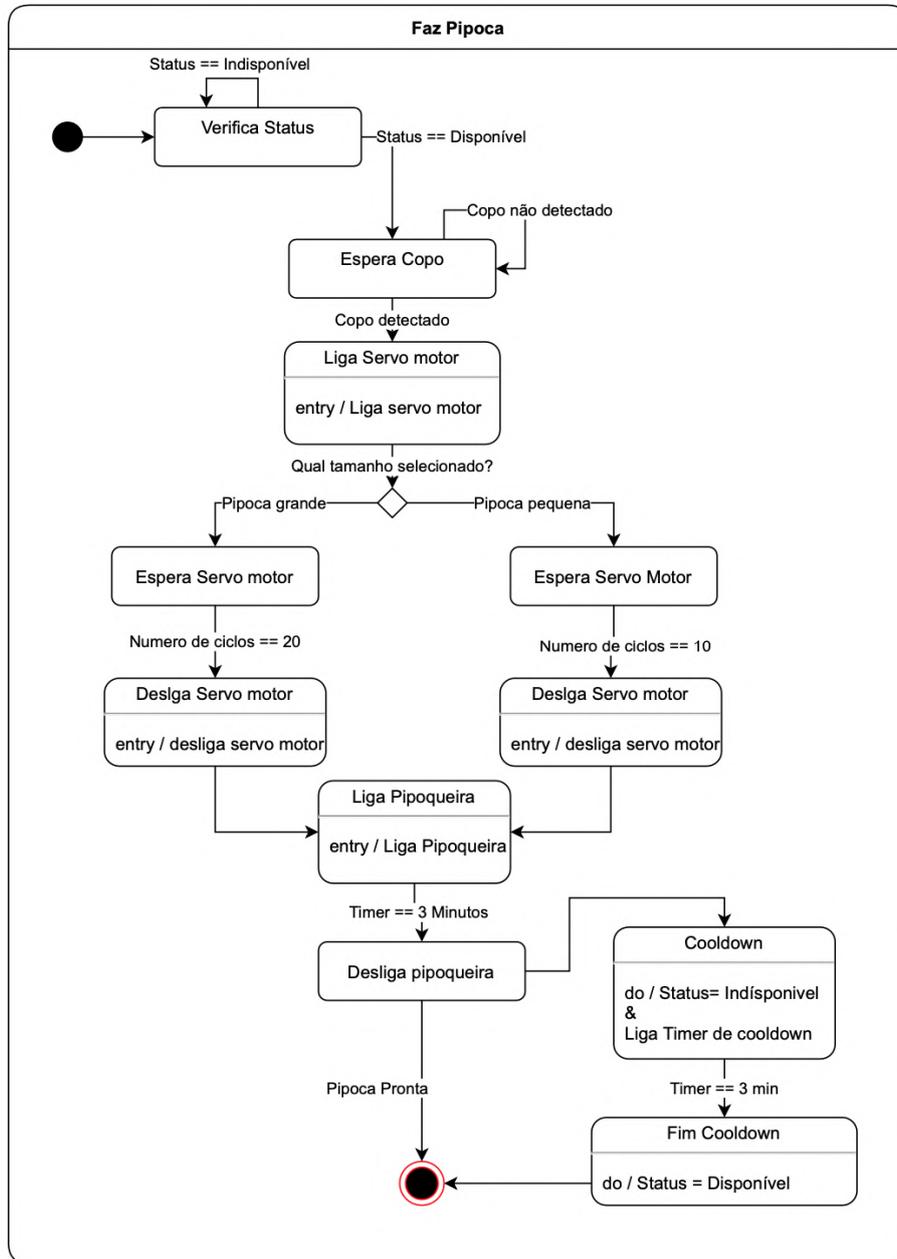


Figura 3: Máquina de Estados (Pipoca)

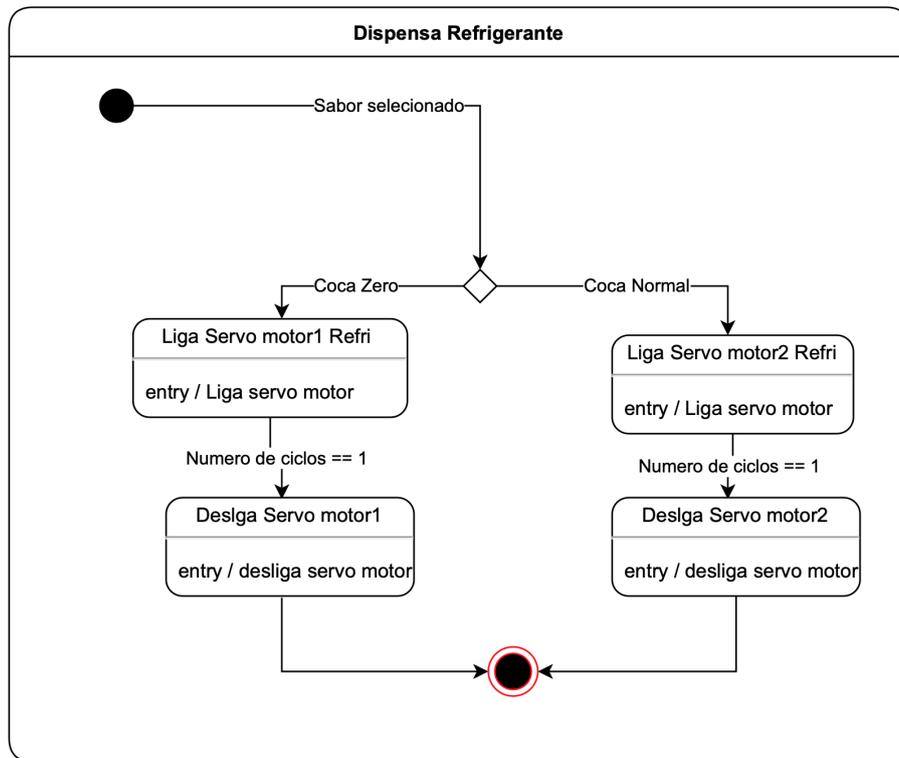


Figura 4: Máquina de Estados (Dispenser)

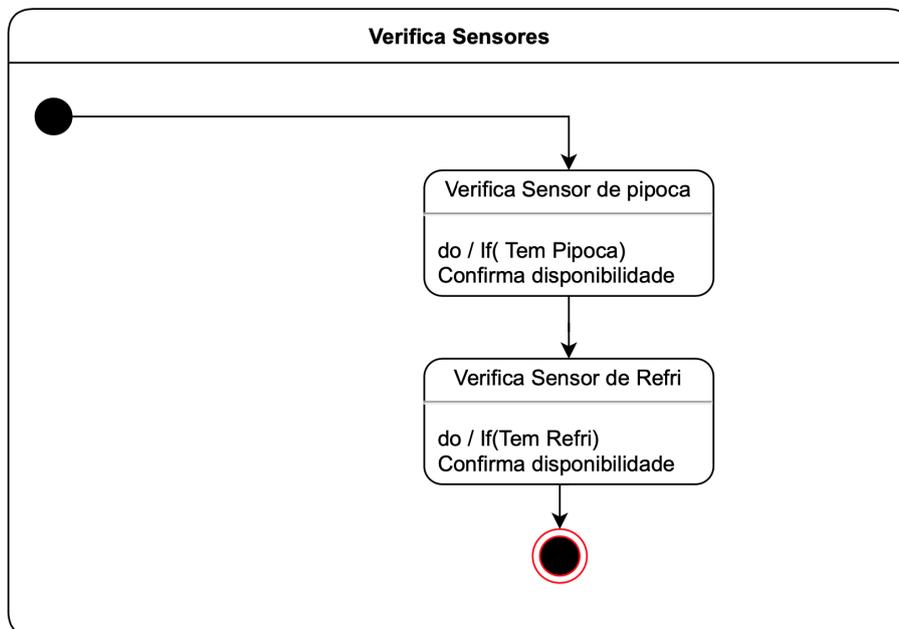


Figura 5: Máquina de Estados (Sensores)

3 Dispositivos utilizados

3.1 ESP 8266

O ESP8266, mostrado na Figura 6, é um microcontrolador que conta com um microprocessador Cadence Tensilica LX106, que opera em até 80MHz. Sua capacidade de armazenamento é de 96 KBytes de memória ROM (Read Only Memory) e 64 KBytes de memória RAM (Random Access Memory) assim como 4 MB de memória flash.

O microcontrolador conta com 16 pinos GPIO (General Purpose IO), que é uma quantidade mais que suficiente para o projeto em questão.

O fato de o ESP8266 contar com conexão WiFi integrada foi o que levou à escolha de se usar este dispositivo.

O ESP8266 é alimentado pela tensão de 12V para que haja a conexão com a rede, sendo a comunicação com o Arduino Uno realizada pelas portas UART.

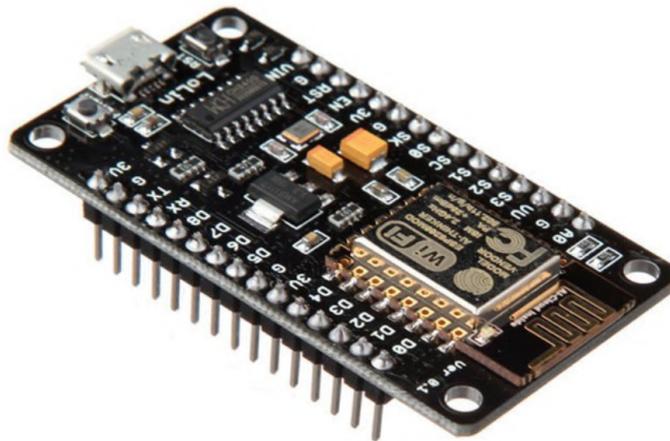


Figura 6: ESP8266

3.2 Arduino Uno

A sua placa (Figura 7) consiste num microcontrolador Atmel AVR de 8 bits, com componentes complementares para facilitar a programação e incorporação nouros circuitos.

Esta facilidade de incorporação de circuitos foi o que motivou a escolha deste componente.



Figura 7: Arduino Uno

3.3 Servos Motores

No projeto são utilizados dois servos motores de rotação contínua para controlar o dispensador de bebidas assim como o dispensador de grãos de milho de pipoca.

O modelo escolhido foi o SM34306R, com os pinos de alimentação em 5V e os pinos de controle de cada servo motor em pino PWM do Arduino Uno.

No dispensador de bebidas o servo atua como uma espécie de trava que ao rotacionar libera uma latinha por ciclo de funcionamento.

No dispensador de milhos e servo foi utilizado

3.4 Pipoqueira Elétrica

Foi utilizada uma pipoqueira elétrica do modelo *Popflix* da marca *Mondial* (Figura 8), que foi escolhida devido a sua velocidade de preparo, facilidade de utilização por necessitar apenas de um ingrediente assim como por não deixar grãos de milho não estourados dentro do reservatório ao final do processo de cocção.



Figura 8: Pipoqueira elétrica

3.5 Ventoinhas

Uma preocupação foi o superaquecimento do sistema como um todo, devido à pipoqueira cozinhar os grãos de milho por meio de ar quente. Assim, para evitar que o restante dos componentes eletrônicos fossem danificados, foram instaladas duas ventoinhas a fim de expelir mais rapidamente o ar quente da estrutura interna da máquina. São alimentadas diretamente na tensão de 12V para que estejam ligadas a todo momento para cumprir a função de refrigeração do sistema.

3.6 Regulador 5V - 3V

A tensão de alimentação 12V, utilizada para alimentar o Arduino Uno, o ESP8266, as ventoinhas e o regulador de tensão 5V, foi fornecida por uma fonte chaveada de 12V. O regulador de tensão LM2596-5V transforma a tensão de 12V alimentada na tensão 5V, por meio de uma configuração de aplicação típica do componente como mostrada no datasheet. Esta tensão de 5V, por sua vez, é utilizada para alimentar os leds, tanto infravermelhos quanto comuns, os receptores infravermelhos, os servomotores e o relé utilizado para o ligamento e desligamento da pipoqueira.

3.7 Relé

O relé que controla a pipoqueira é alimentado em 5V. Esta tensão é controlada pelo Arduino Uno por meio de um transistor BC548 no qual a corrente de alimentação entra pelo coletor, com o pino emissor no terra e o pino base conectado em uma saída GPIO do arduino uno com uma carga de 1k ohms, para que haja uma corrente de 5mA no transistor quando ligado. Sendo assim, quando alimentada a base do transistor é permitida a passada de corrente entre o coletor e o emissor, o que causa a mudança de estado do relé. Foi adicionado também um diodo entre o terra e o 5V para evitar corrente reversa no relé.

3.8 LEDs infravermelho e receptores

Foram utilizados para monitorar o estoque de grãos de milho de pipoca assim como o estoque de bebidas. Também são responsáveis pela verificação da presença do recipiente que receberá a pipoca estourada, permitindo a inicialização do processo de cozimento do milho após o posicionamento de tal recipiente no suporte indicado.

O leds infravermelhos estão alimentados por uma tensão de 5V com uma carga de 100 Ohms para que percorra uma corrente de 40mA por eles, sendo a tensão nos leds 1V, como recomendado em seu datasheet.

Os receptores são alimentados em uma tensão de 5V com uma carga de 10k Ohms, com um pino GPIO do uno conectado entre a carga e o receptor. Deste modo quando está aberto por não detectar uma faixa infravermelha a entrada GPIO do arduino recebe 5V, ficando assim em alta, e quando é fechado por detectar uma faixa infravermelha a entrada GPIO recebe 0V, ficando assim em baixa.

3.9 LEDs de cores diversas

Foram utilizados para proporcionar um feedback ao usuário sobre o estado atual do processo de preparo.

Os relés estão alimentadas em 5V com uma carga de 270 ohms para que haja uma corrente de 20mA no led. Todos os leds são conectados em portas GPIO de modo que eles fiquem ligados com a saída GPIO em baixa. Há também um capacitor de 100nF entre a alimentação e o terra para diminuir ruídos.

4 Elaboração

4.1 Esquemáticos

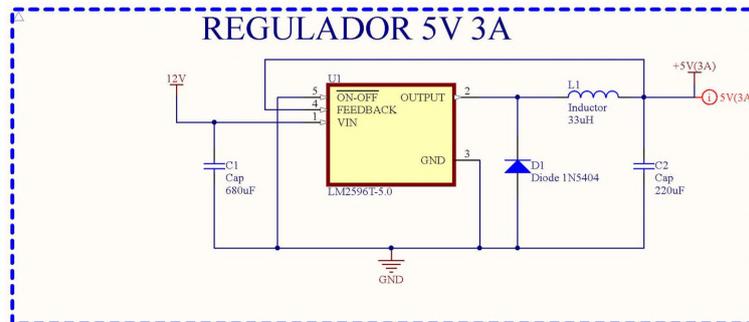


Figura 9: Esquemático do regulador de tensão

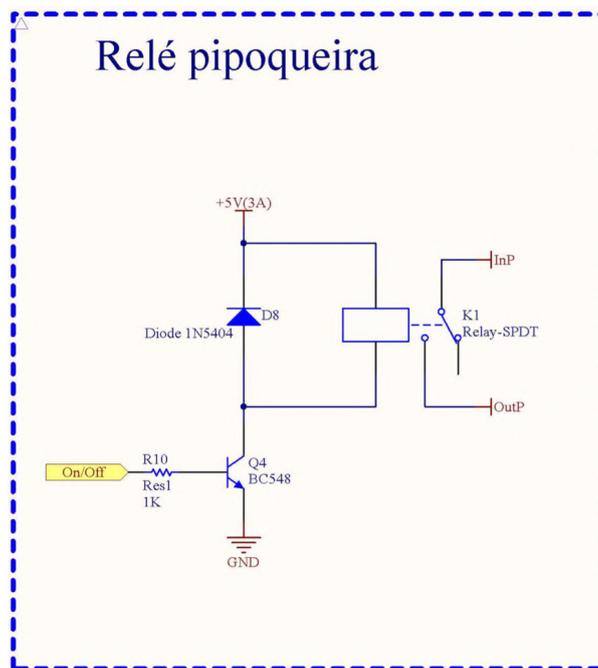


Figura 10: Esquemático do relé responsável pelo acionamento da pipoqueira

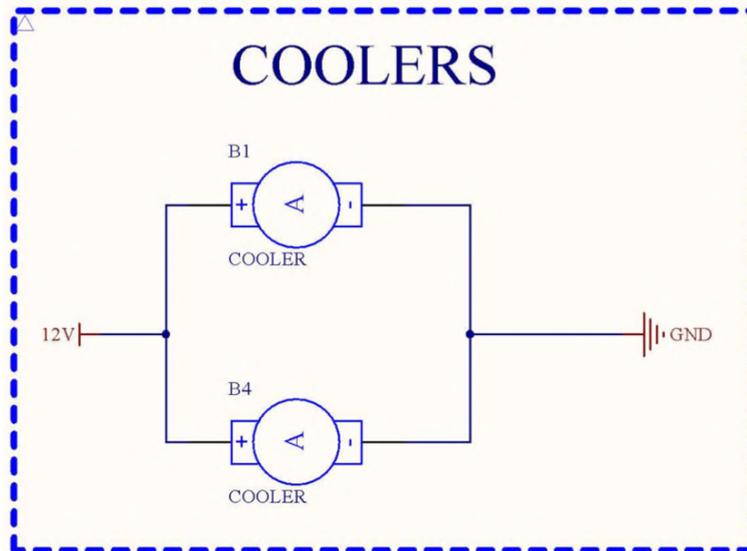


Figura 11: Esquemático das ventoinhas

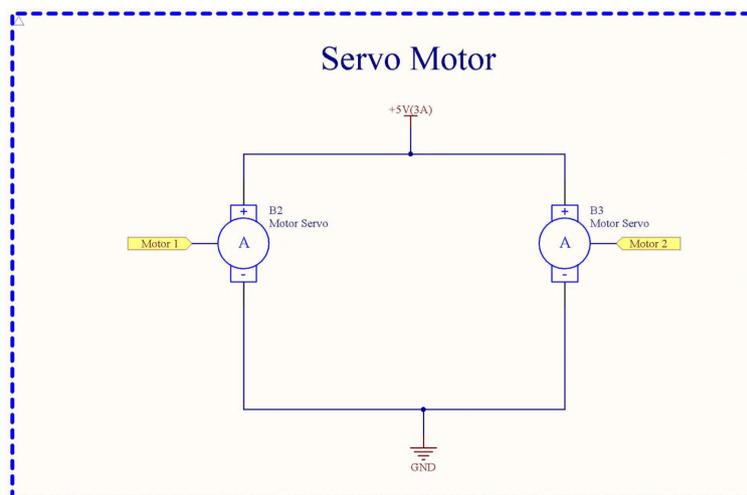


Figura 12: Esquemático dos servos motores

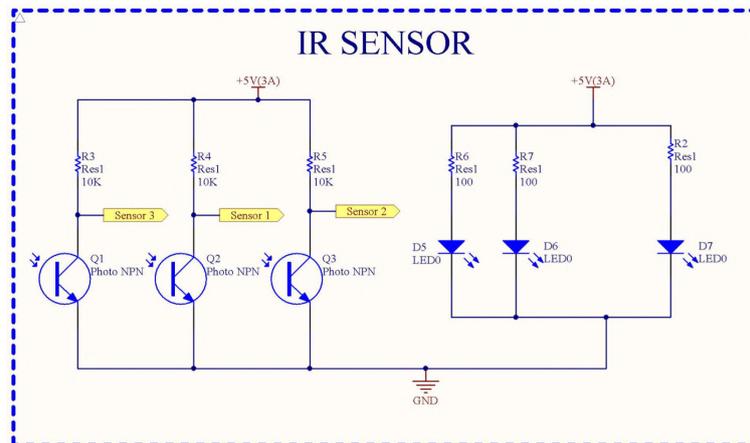


Figura 13: Esquemático dos sensores IR

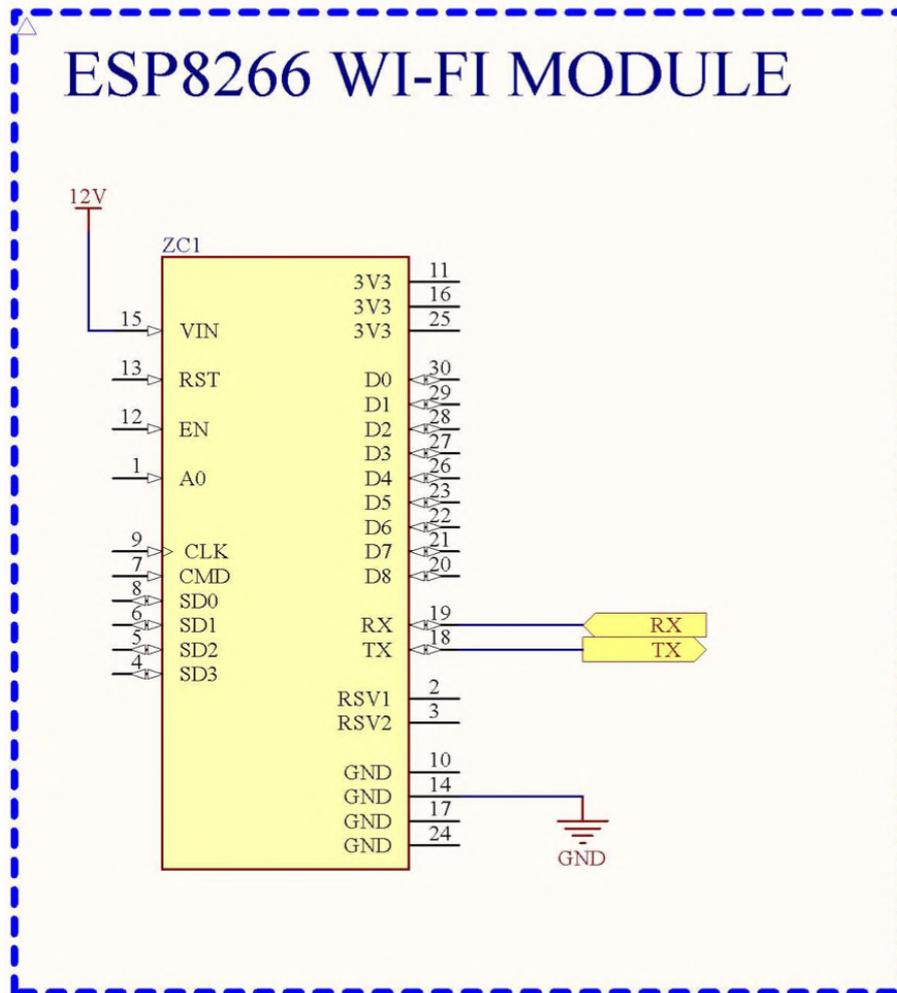


Figura 14: Esquemático do módulo WiFi do ESP

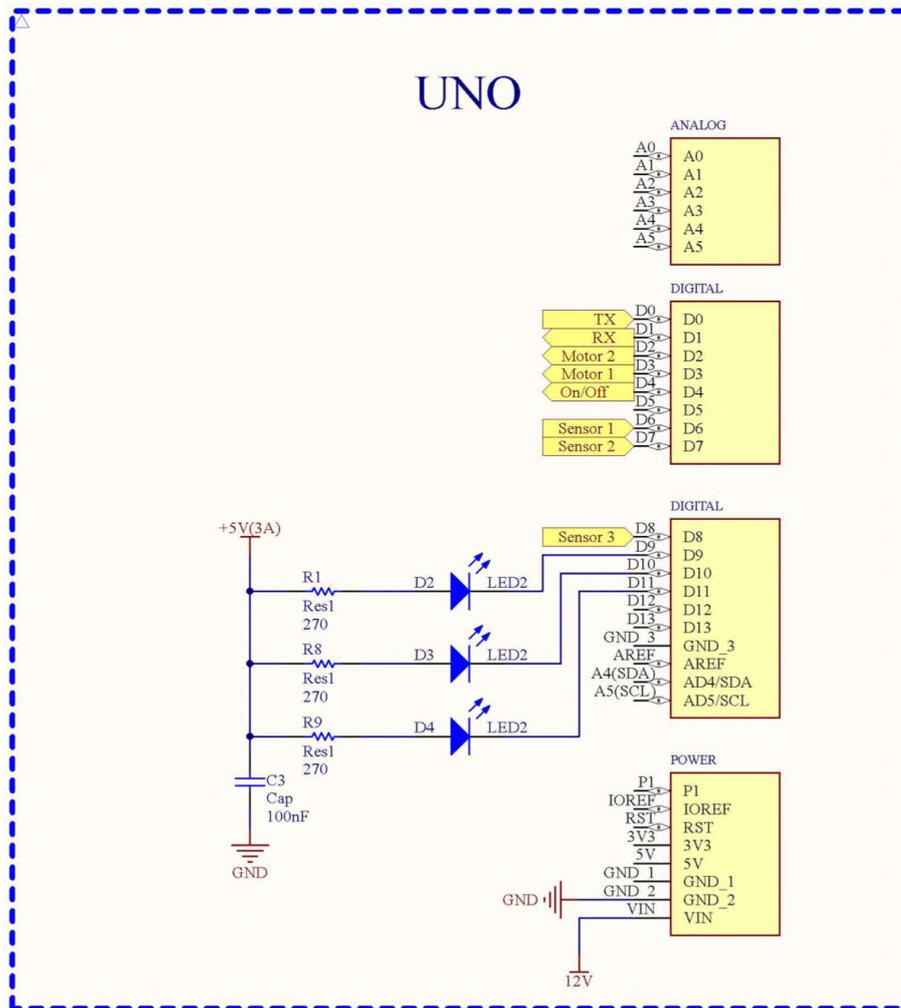


Figura 15: Esquemático do Arduino

4.2 Estrutura Física

Para o desenvolvimento da parte estrutural do projeto, foi utilizada uma chapa de 2100x1970x5mm de MDF, a qual foi cortada em chapas menores que foram fixadas entre si utilizando-se dobradiças de alumínio.

A estrutura foi planejada de forma que se tornasse manuseável para a equipe mesmo depois de pronta, podendo ser facilmente aberta de modo que todos os componentes ainda pudessem ser acessados caso necessário.

A construção não foi completamente bem-sucedida pois o material escolhido se mostrou menos maleável do que o esperado. Devido à dificuldade encontrada para cortar o MDF, a estrutura final apresenta imperfeições e não é completamente fechada, parte por imperfeições e parte por opção da equipe, para que o dispensador de milhos ficasse mais acessível para as demonstrações de funcionamento.



Figura 16: Estrutura final da máquina *Palomitas*

5 Funcionamento

5.1 Inicialização

Antes de entrar em seu estado operativo, a máquina *Palomitas* faz um conjunto de tarefas iniciais, sendo elas: verificação dos sensores de estoque e limpar os possíveis dados incoerentes presentes no LCD.

5.2 Interação contínua

Após de inicializada, a máquina irá entrar no fluxo de estados, assim executando indefinidamente os estados correspondentes da máquina de estados criada para tal.

Ao conectar a aplicação mobile à máquina, são enviadas as informações referentes ao estoque disponível, sendo exibida ao usuário a tela correspondente aos itens atualmente disponíveis para compra.

A máquina então aguarda a realização do pedido por meio da aplicação mobile para então ativar os servo motores necessários assim como ligar a pipoca queira caso um pedido de pipoca tenha sido feito e o copo tenha sido detectado pelos sensores de presença dispostos no suporte frontal.

A máquina exibe por meio de LEDs indicadores uma de três possíveis mensagens sendo:

- Aguardando
- Preparando pedido
- Pedido pronto

6 Aplicação Mobile

A interação do usuário com a máquina se dá, em maior parte, por meio de uma aplicação *mobile*. O usuário é recebido por uma tela inicial (Figura 22) enquanto a aplicação recebe da máquina os itens disponíveis para compra. O usuário faz o pedido por meio da aplicação e então deve colocar o copo no suporte da máquina para que esta prossiga com o preparo.

6.1 Casos de Uso

Para a execução do projeto foi criado um diagrama de casos de uso, apresentado na Figura 17, que ilustra o funcionamento geral do projeto.

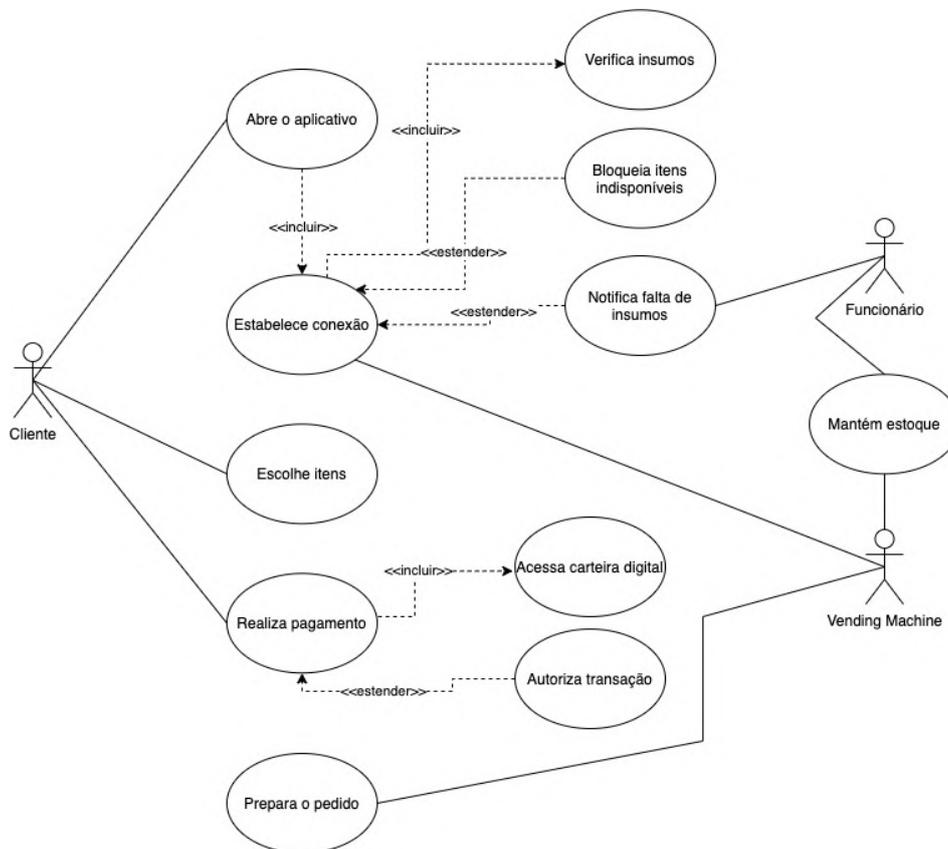


Figura 17: Diagrama de Casos de Uso

6.2 Diagramas de Sequência

Os diagramas de sequência também foram elaborados para demonstrar os possíveis fluxos que a interação do sistema com o usuário poderiam seguir.

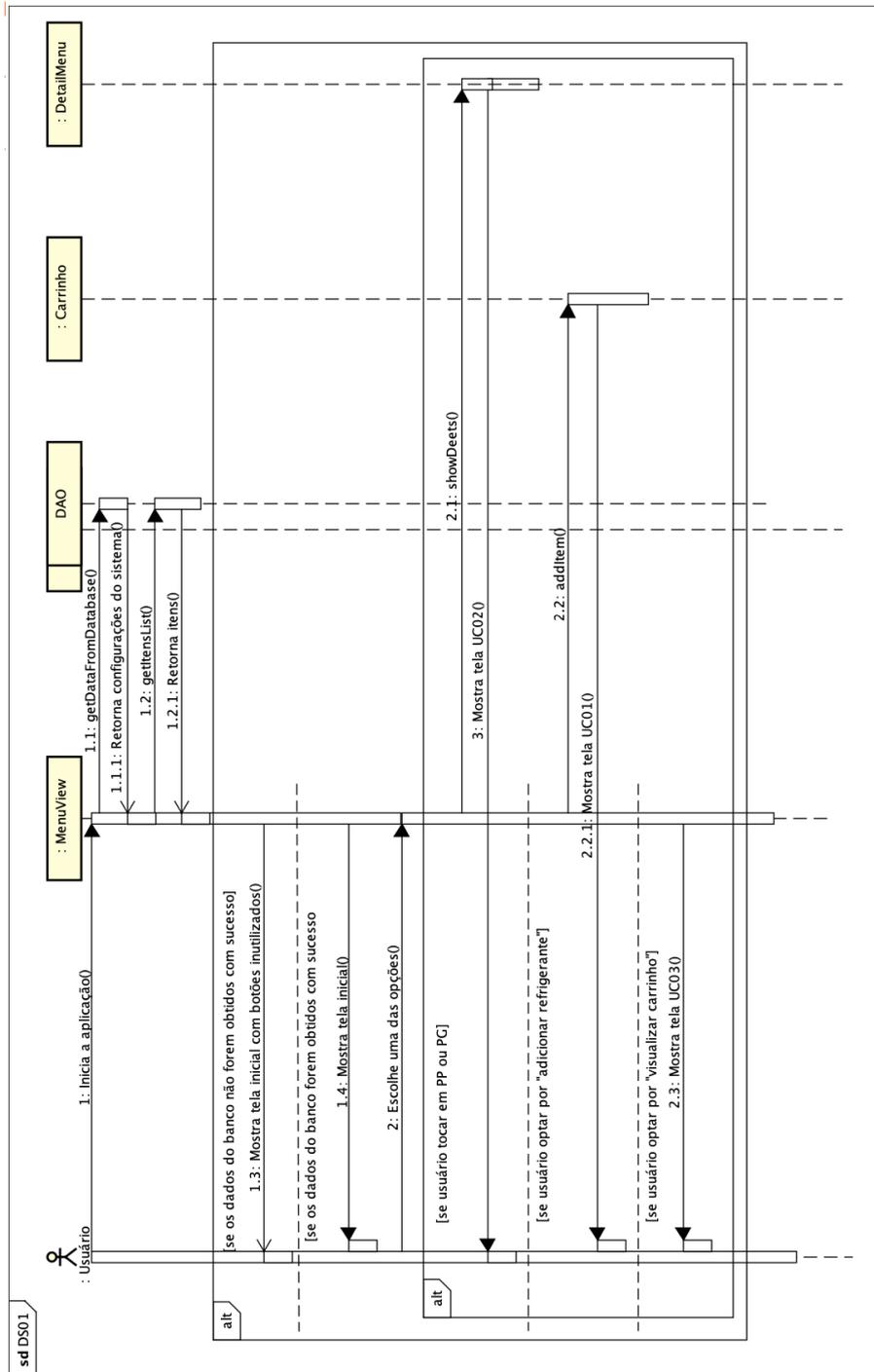


Figura 18: Diagrama de Sequência 1

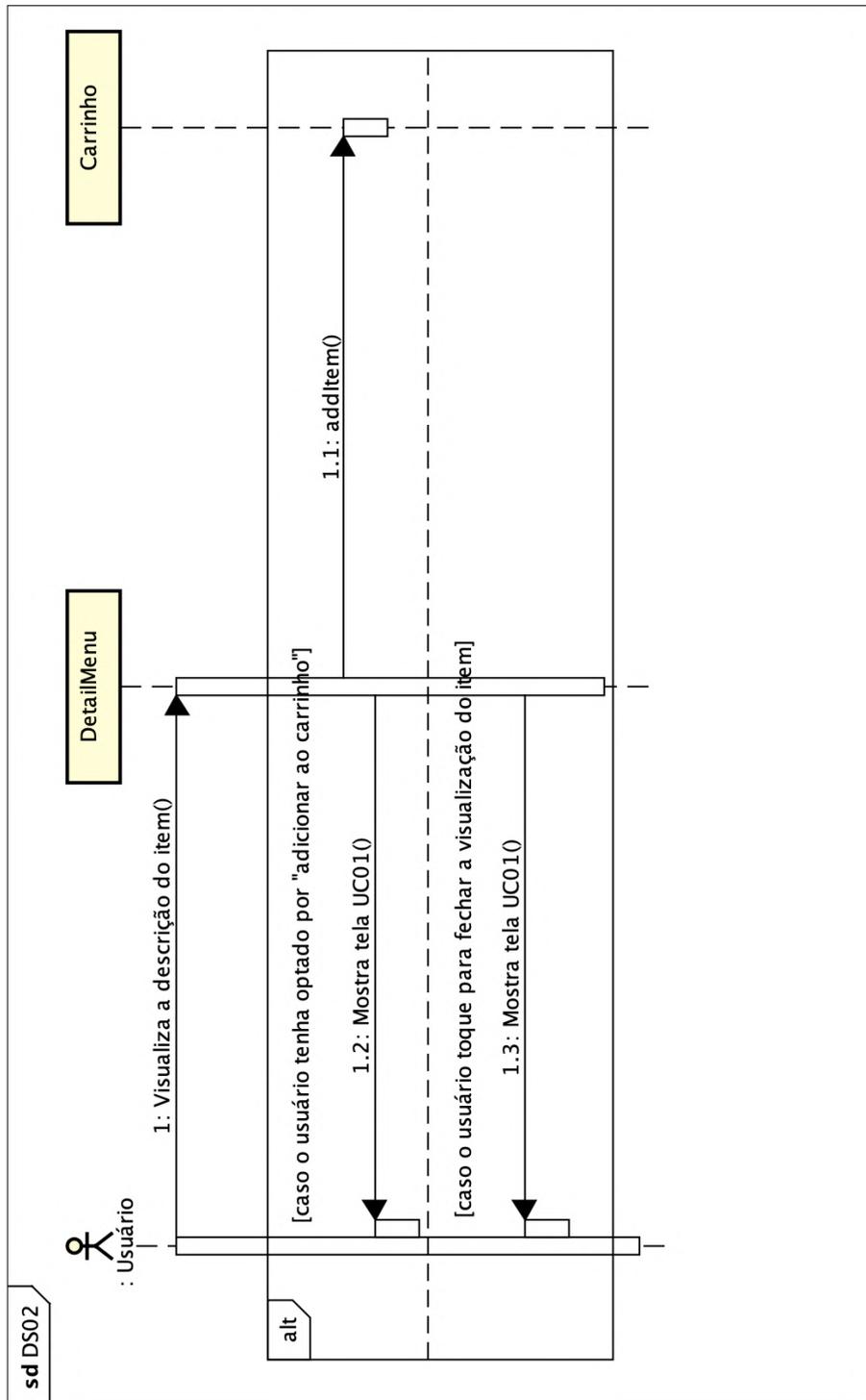


Figura 19: Diagrama de Sequência 2

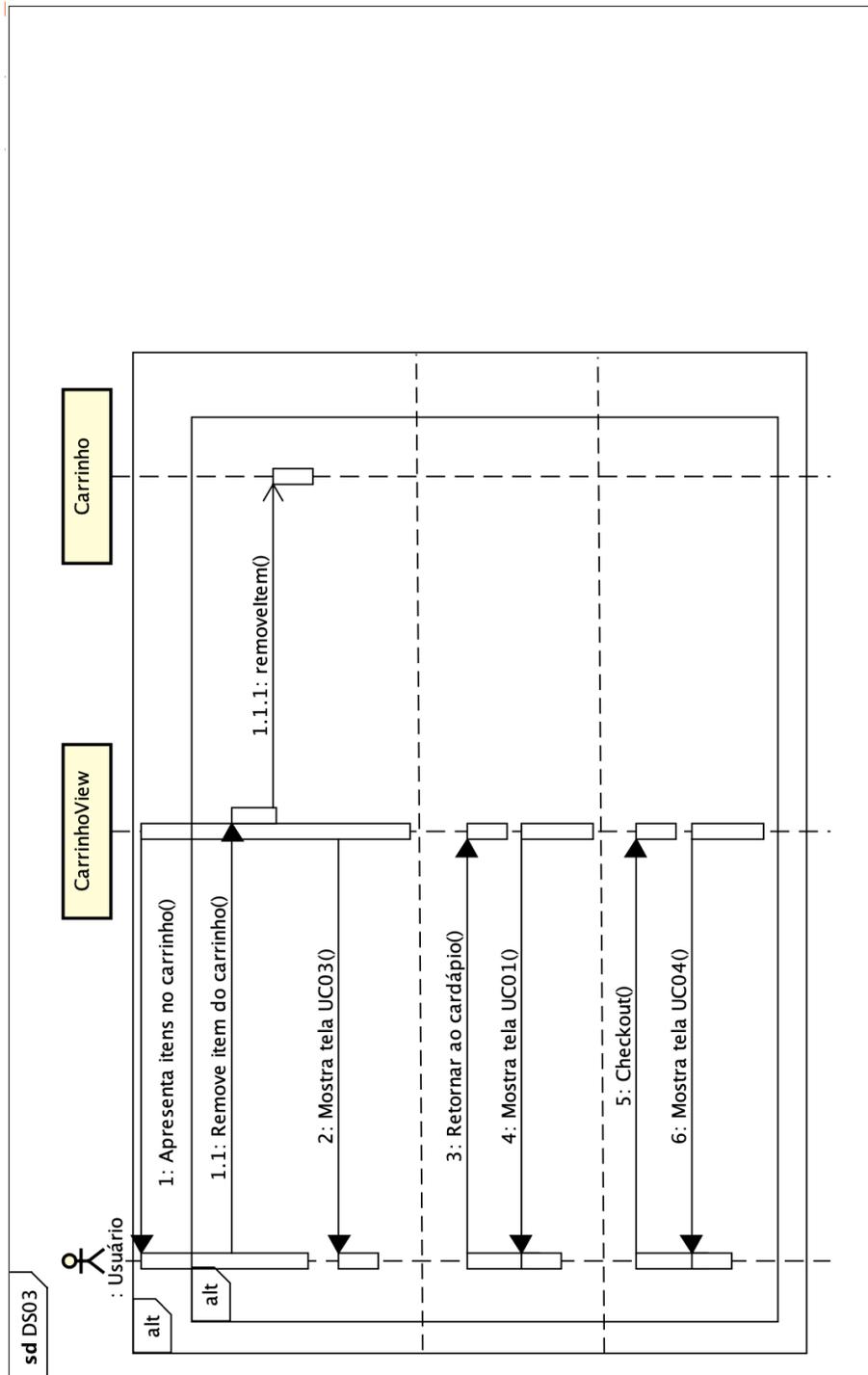


Figura 20: Diagrama de Sequência 3

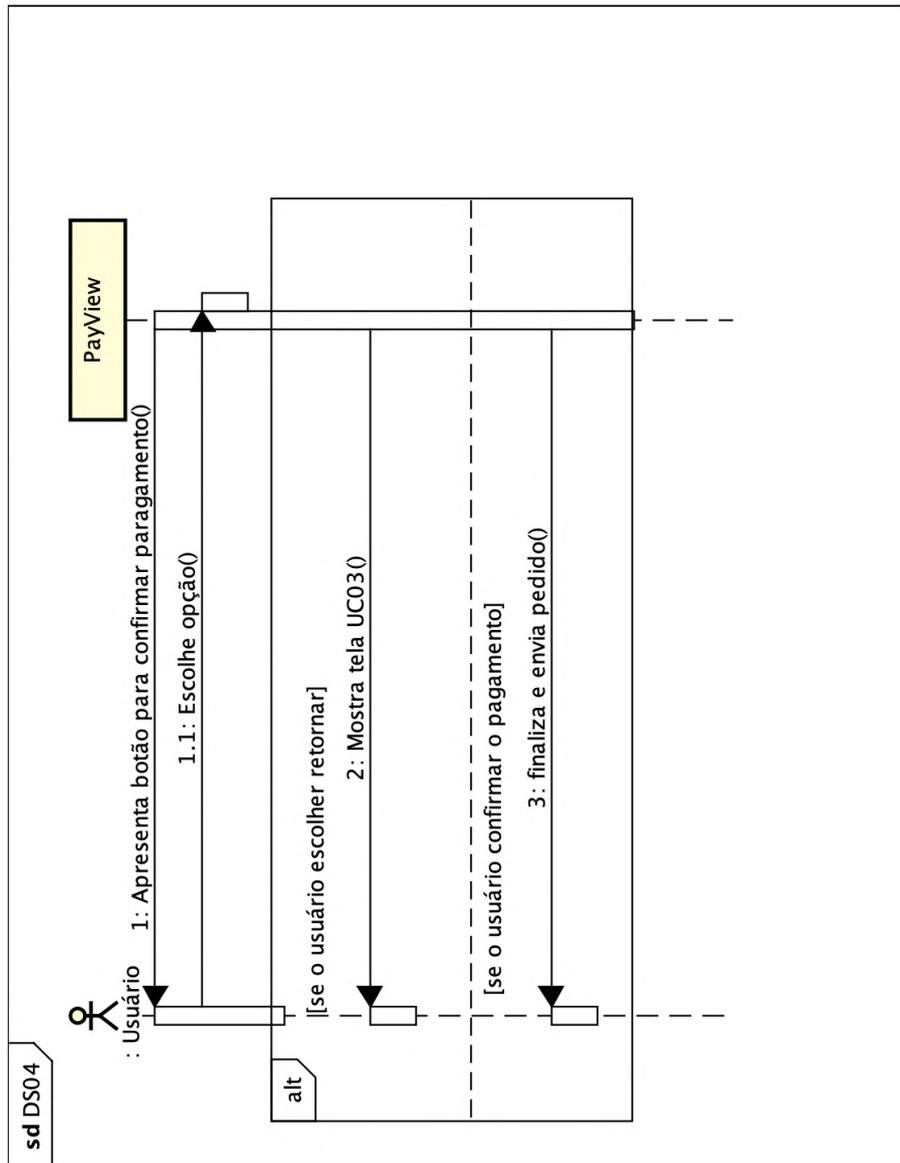


Figura 21: Diagrama de Sequência 4

6.3 Telas da aplicação

As telas da aplicação mobile são mostradas a seguir.

A Figura 22 é a primeira tela que o usuário vê ao inicializar a aplicação, também é nela que é estabelecida a conexão com a máquina. A seguir, quando não há estoque de pipoca o usuário vê a tela mostrada na Figura 24; quando não há bebidas a tela mostrada é a da Figura 25; e quando não há nenhum produto em estoque o usuário vê a tela da Figura 23. Idealmente a segunda tela mostrada seria a da Figura 26 na qual todos os itens estão disponíveis. A partir daí o usuário pode realizar um pedido selecionando uma pipoca (Figura 27) e uma bebida. Ao prosseguir para o carrinho (Figura 28) ele poderá prosseguir para o checkout onde terá seu pedido confirmado (Figura 29).



Figura 22: Tela inicial da aplicação

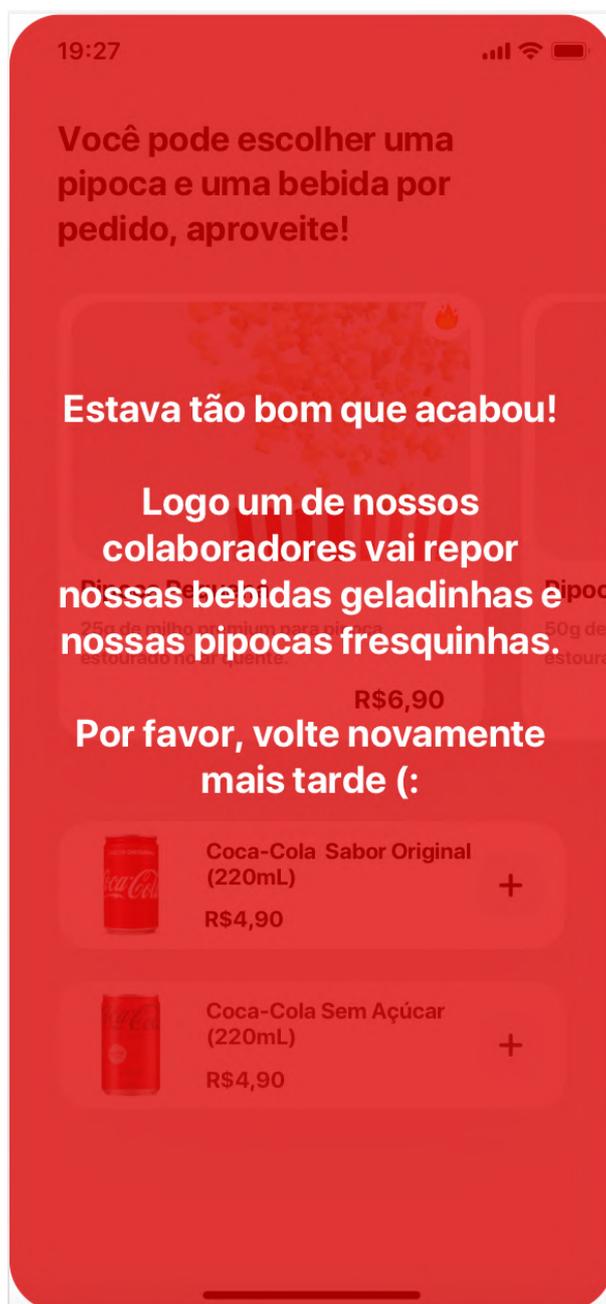


Figura 23: Menu mostrado na aplicação quando não há itens disponíveis



Figura 24: Menu mostrado na aplicação quando não há pipoca



Figura 25: Menu mostrado na aplicação quando não há bebidas

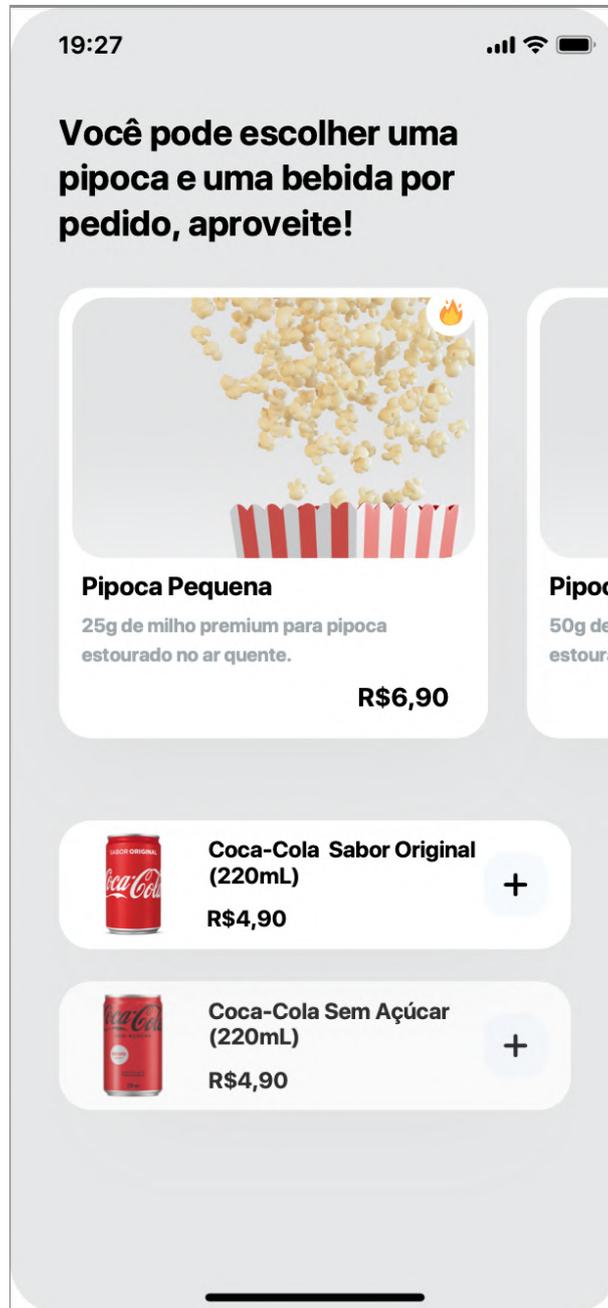


Figura 26: Menu mostrado na aplicação quando todos os itens estão disponíveis

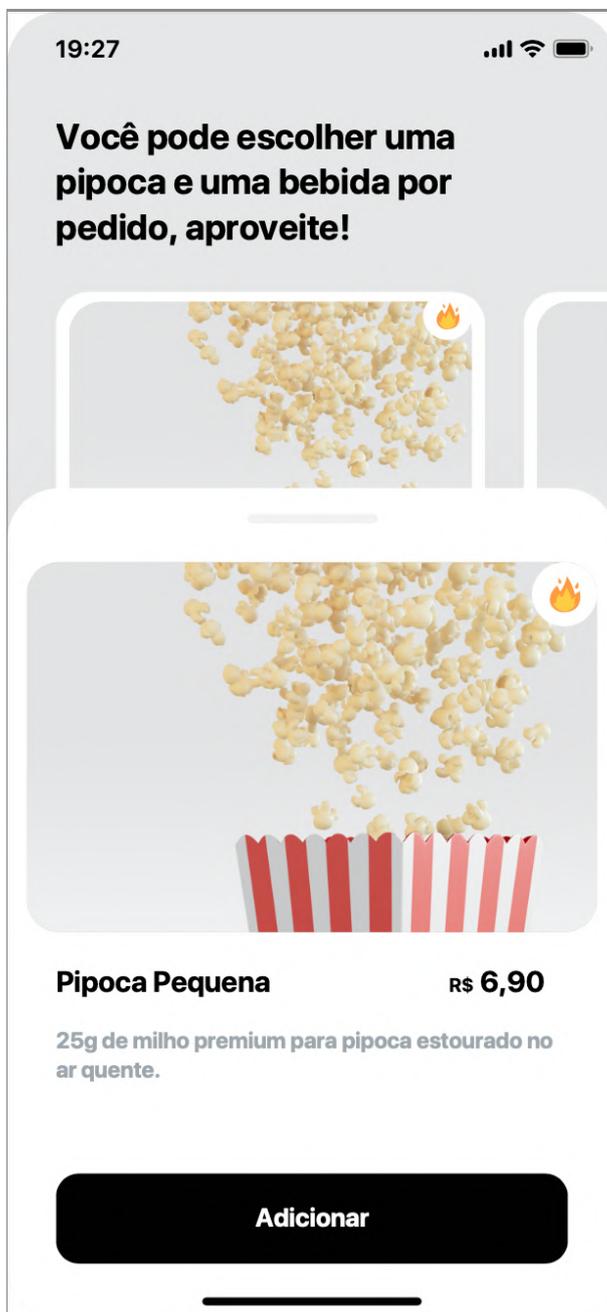


Figura 27: Tela para adicionar pipoca ao pedido

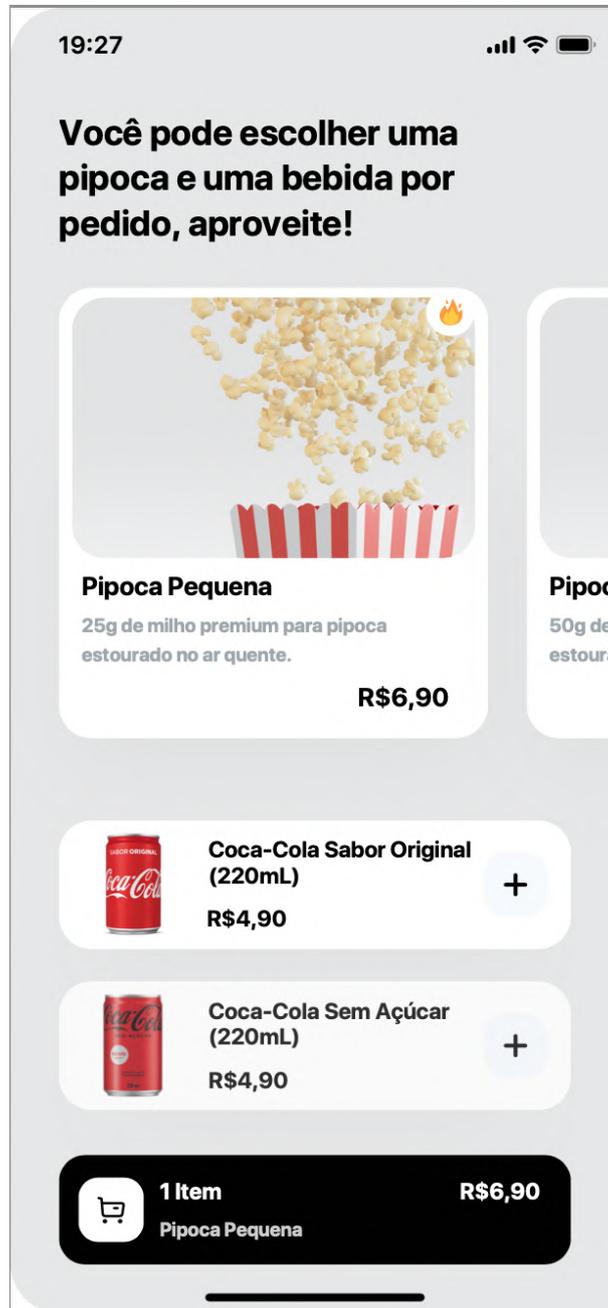


Figura 28: Tela com item no carrinho

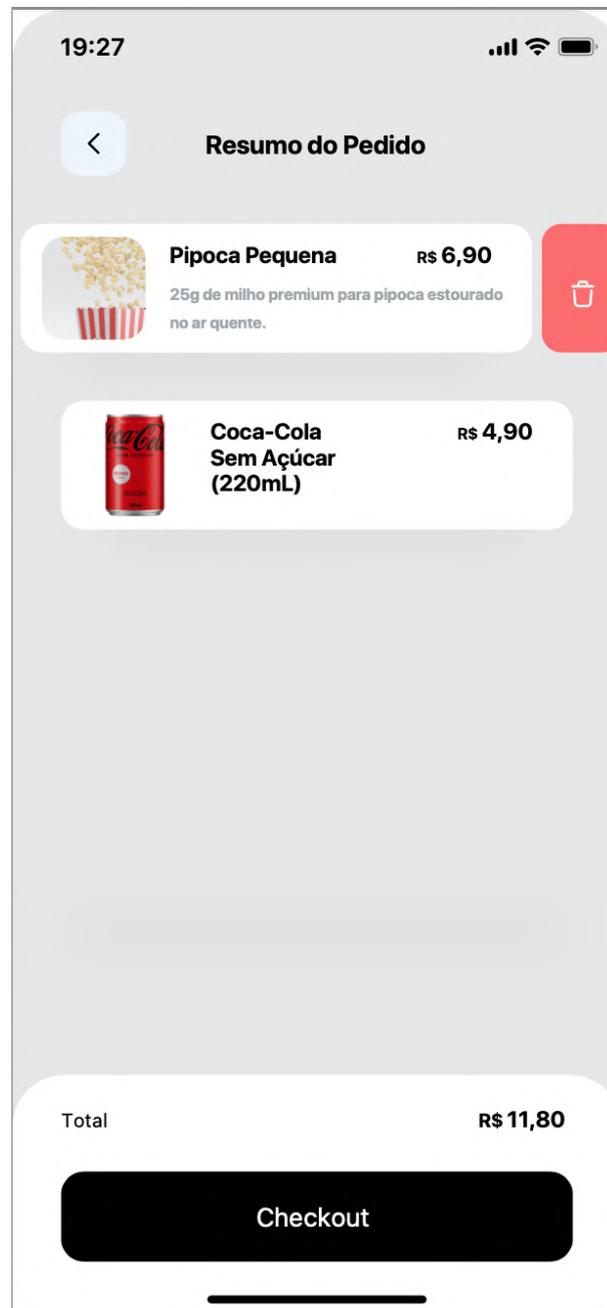


Figura 29: Tela mostrando o carrinho e a possibilidade de se remover itens



Figura 30: Tela mostrada ao se confirmar um pedido

7 Horas trabalhadas

O número de horas investidas no projeto foi maior do que o inicialmente previsto, conforme pode ser visualizado na Figura 31. Isso aconteceu devido a alguns erros de planejamento e também a alguns retrabalhos feitos especialmente durante a montagem da parte física do projeto na qual ocorreu a queima de alguns componentes. Mesmo com os imprevistos, as horas excedentes ficaram dentro de uma margem de erro aceitável.

Alunos	Horas Previstas	Horas Trabalhadas
Daniel	140	155
Miguel	143	161
Vinicius	151	154
Total	434	470

Figura 31: Comparação entre o número de horas de trabalho planejadas e realizadas

8 Orçamento

O orçamento total do projeto foi de R\$687,44 conforme discriminado na Figura 32.

Componentes	Qtd	Preço Total
Esp8266 NodeMCU	1	R\$ 26,03
Arduino Uno	1	R\$ 92,90
Led infravermelho	3	R\$ 3,75
Receptor Infravermelho	3	R\$ 3,00
Modulo de Relé	1	R\$ 8,46
Servo motor	2	R\$ 95,80
Led	3	R\$ 1,50
LM2596-5.0	1	R\$ 12,22
BC548	1	R\$ 0,90
Cooler 12V	2	R\$ 43,12
Diódos	2	R\$ 0,50
Resistores	8	R\$ 3,20
Capacitores	4	R\$ 1,50
Fonte Chaveada 12V	1	R\$ 49,32
Dispenser	1	R\$ 43,90
Pipoqueira a ar	1	R\$ 119,90
Placas PCBS Perfuradas	5	R\$ 25,50
Fio para jumper	4	R\$ 12,50
Barramentos	2	R\$ 3,44
Placas MDF	4	R\$ 140,00
Total		R\$ 687,44

Figura 32: Orçamento total do projeto

9 Considerações finais

Com a realização desse projeto e visando o objetivo da disciplina, teve-se o desafio de integrar algumas das áreas lecionadas no curso de Engenharia da Computação da UTFPR do câmpus Curitiba. Conseguiu-se, então, empregar conhecimentos adquiridos em disciplinas como: engenharia de software, circuitos digitais, circuitos elétricos, eletrônica geral, sistemas microcontrolados, programação e desenho técnico aplicado.

Dentre os diversos riscos analisados durante a especificação do projeto, os que mais afetaram o bom desenvolvimento do projeto foram erros de planejamento, mau funcionamento de componentes eletrônicos adquiridos, erros durante o processo de montagem e solda (o que ocasionou curto-circuitos e queima de componentes) e, por fim, aumentou o orçamento e o prazo de desenvolvimento inicialmente previstos.

Outro fator que dificultou em grandes proporções o planejamento e realização do projeto foi o prazo enxuto, visto que o semestre letivo vigente conta com 30 dias a menos de atividades acadêmicas quando comparado a um semestre típico, para o qual a disciplina foi planejada.

Pode-se então, com esse projeto, verificar a real importância de um planejamento prévio detalhado e de seguir o cronograma estabelecido. Muitos erros poderiam ter sido evitados.

Agradecimentos

À *alumni* da UTFPR, engenheira de computação, Andréia Schwalbe Koda, pelo auxílio durante o processo de montagem da estrutura. À Eevee, animal de suporte emocional do grupo de valor imensurável. Aos professores César M. Vargas Benítez e Heitor Silvério Lopes pela orientação e auxílio no decorrer do semestre.