

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CAMPUS JOINVILLE**

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

**CASSIO FERNANDES
MARCO ANTONIO MONDARDO CUNICO**

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA SUPERVISÃO
DOMÉSTICA DE COCÇÃO DE CARNE EM CHURRASQUEIRA A
CARVÃO**

JOINVILLE, 2021

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CAMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**CASSIO FERNANDES
MARCO ANTONIO MONDARDO CUNICO**

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA SUPERVISÃO
DOMÉSTICA DE COCÇÃO DE CARNE EM CHURRASQUEIRA A
CARVÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.

Orientador: Jorge Roberto Guedes

JOINVILLE, 2021

Cunico, Marco Antonio Mondardo.

Desenvolvimento de ferramenta para supervisão doméstica de cocção de carne em churrasqueira a carvão. / Marco Antonio Mondardo Cunico , Cassio Fernandes – Joinville, SC, 2021.

67 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Joinville, 2021.

Orientador: Jorge Roberto Guedes.

1. Mecatrônica. 2. Cocção. 3. Carne. 4. Churrasqueira. I. Fernandes, Cassio. II. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. III . Título.

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA SUPERVISÃO DOMÉSTICA DE COCÇÃO DE CARNE EM CHURRASQUEIRA A CARVÃO

**CASSIO FERNANDES
MARCO ANTONIO MONDARDO CUNICO**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Mecatrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Joinville, 05 de julho 2021.

Banca Examinadora:

Prof. Jorge Roberto Guedes

Prof. Jefferson Luiz Jerônimo

Prof. Michael Klug

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a nossos familiares, pela paciência e compreensão com as dificuldades enfrentadas ao longo de toda essa jornada até aqui.

Em especial eu, Marco, agradeço a Marcela, por todo suporte técnico e emocional, prestado ao longo de todos os anos de formação. As muitas vezes que ela acalmou, acolheu e aconselhou. Durante todas as pesquisas e noites de estudo que se fez presente ajudando como pode. As acolhidas calorosas junto de uma sopa caseira. Agradeço também ao Max, meu pequeno filho, que contribui em todo momento com sua motivação e energia.

A esta instituição e seu corpo docente que nos deram a oportunidade de cursar uma graduação pública e de qualidade.

Ao orientador Jorge Guedes, que nos orientou em uma de suas especialidades conhecidas.

Aos colegas e amigos, que foram companhias de discussões, estudos, alegrias, piadas e muitos cafés.

RESUMO

O presente trabalho tem como objeto de estudo o desenvolvimento de técnica especializada no monitoramento de preparo de carne, a fim de atingir o ponto de preparo esperado em churrasqueira doméstica. O levantamento de dados sobre como atingir os pontos de cocção de cortes de carne bovina indicados pela bibliografia gastronômica é o ponto de partida para a adoção do método para desenvolvimento da pesquisa. A aplicação prática das informações apanhadas na primeira etapa é fundamental para determinar a precisão dos dados levantados, as possibilidades e os contratempos que possam ser encontrados pelo assador doméstico. O desenvolvimento da técnica realiza-se pelo exame dos mecanismos já encontrados no mercado para determinar controle de cocção utilizados por profissionais da área, bem como as formas adotadas pelo assador doméstico e os percalços encontrados durante o processo de cocção da carne. O desenvolvimento desse trabalho procura adaptar tecnologias e aprimora-las de acordo com as necessidades específicas do assador doméstico, além de desenvolver uma interface que facilite o monitoramento por meio de um aplicativo no celular.

Palavras-chave: Monitoramento. Cocção.

ABSTRACT

The present work has as object of study the development of specialized technique in the monitoring of meat preparation, in order to reach the expected preparation point in domestic barbecue. The collection of data on how to reach the cooking points of cuts of beef indicated by the gastronomic bibliography is the starting point for the adoption of the method for the development of the research. The practical application of the information collected in the first stage is essential to determine the accuracy of the data collected, the possibilities and the setbacks that may be encountered by the domestic roaster. The development of technique is carried out by examining the mechanisms already found in the market to determine cooking control used by professionals in the area, as well as the forms adopted by the domestic roaster and the mishaps found during the cooking process. The development of this work seeks to adapt technologies and improve them according to the specific needs of the domestic roaster, in addition to developing an interface that facilitates monitoring through a mobile application.

Keywords: Monitoring. Cooking.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fotografia ilustrativa da carne mal passada	19
Figura 2 – Fotografia ilustrativa da carne ao ponto	19
Figura 3 – Fotografia ilustrativa da carne bem passada.....	20
Figura 4 – Microcontrolador ATmega328	25
Figura 5 – Placa Uno R3 + cabo USB para arduino.....	25
Figura 6 – Módulo Max6675 Termopar K Temperatura Max 6675 Arduino Pic	28
Figura 7 – Xpeto.....	28
Figura 8 – Protoboard	29
Figura 9 – Teclado	30
Figura 10 – Ampliação de caixa de acomodação do motor.....	31
Figura 11 – Medição por rolamento.....	32
Figura 12 – Medição por pistas de contato	32
Figura 13 – Ligação arduino – placas	33
Figura 14 – Ligação de placa com sensores	34
Figura 15 – Sensores	35
Figura 16 – Sensores posicionados	35
Figura 17 – Ligação da placa de entrada digital.....	36
Figura 18 – Ligação da placa com bluetooth.....	36
Figura 19 – Ligação da placa com sinal sonoro	37
Figura 20 – Acomodação de componentes eletrônicos.....	37
Figura 21 – Caixa adaptada	38
Figura 22 – Interface do aplicativo: Seleção.....	41
Figura 23 – Interface do aplicativo: Andamento	41
Figura 24 – Interface do aplicativo: Finalização	42
Figura 25 – Gráfico temperatura x tempo.....	42
Figura 26 – Gráfico temperatura x tempo – Curva de tendência.....	43
Figura 27 – Carne mal passada 1	44
Figura 28 – Carne mal passada 2	44
Figura 29 – Carne mal passada 3	45
Figura 30 – Carne ao ponto 2.....	45
Figura 31 – Carne ao ponto 2.....	46
Figura 32 – Carne ao ponto 3.....	46
Figura 33 – Carne bem passada 1	47
Figura 34 – Carne bem passada 2	47
Figura 35 – Carne bem passada 3.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Alguns modelos de termopares	23
Tabela 2 – Faixas de leitura e variação de voltagem	23
Tabela 3 – Opções de ponto de cocção	26
Tabela 4 – Custo do material para fabricação de protótipo	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos	13
1.2.1.	Objetivo geral	13
1.2.2.	Objetivo específico	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	História do churrasco	15
2.2	A compreensão gastronômica da cocção do churrasco	17
2.3	Instrumentos de cocção do churrasco: o espeto giratório	20
2.4	Instrumentos de cocção do churrasco: o sensor de temperatura	22
2.5	Captação dos dados do sensor de temperatura: o Arduino	24
2.6	A interface em dispositivo móvel: o aplicativo	26
3	METODOLOGIA	27
3.1	Materiais aplicados	27
3.1.1.	Sensor de temperatura	27
3.1.2.	Espeto giratório	28
3.1.3.	Placas	29
3.1.4.	Teclado de membrana 1x4	29
3.1.5.	Buzzer ativo	30
3.2	Métodos aplicados	30
3.2.1.	Caixa de acomodação	30
3.2.2.	Acoplamento giratório	31
3.2.3.	Montagem dos componentes eletrônicos	33
3.2.4.	Acomodação e finalização de protótipo	37
3.2.5.	Custos	39
3.3	Apresentação dos resultados	39
3.3.1.	Análise e discussão dos resultados – Interação do protótipo com o aplicativo	40
3.3.2.	Análise e discussão dos resultados – Curva de temperatura	42
3.3.3.	Análise e discussão dos resultados – Ponto de cocção	43
3.3.4.1.	Ponto de cocção – Carne mal passada	43

3.3.4.2.	Ponto de cocção – Carne ao ponto	45
3.3.4.3.	Ponto de cocção – Carne bem passada.....	47
4	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS.....	50
	APÊNDICE A – A Programação do Arduino.....	52
	APÊNDICE B – A Programação do Aplicativo	62
	APÊNDICE C – Especificações Técnicas dos Componentes	66

1 INTRODUÇÃO

São muitos os artigos, matérias e estudos apontando que as mudanças sociais atuais provocaram uma onda de gourmetização da gastronomia, incentivando a adoção de métodos e técnicas profissionais no preparo da alimentação doméstica. Essas mudanças trazem desafios e oportunidades para a indústria e o comércio.

Ao encontro da necessidade mercadológica apontada, em especial no que tange ao preparo e cocção de carne de churrasco, o presente trabalho realiza pesquisas para o desenvolvimento de técnica especializada no monitoramento do preparo de carne, a fim de atingir o ponto de preparo esperado pelo assador doméstico.

Na primeira etapa da pesquisa, realizou-se o levantamento de dados sobre histórico do churrasco e a compreensão gastronômica dos pontos de cocção que podem ser idealizados pelo assador e realização de experimentação prática para comprovação da precisão dos dados levantados.

Na segunda etapa do trabalho, foram analisadas as opções existentes no mercado, averiguando se são admissíveis combinações de tecnologias, com isso pretendendo explorar as possibilidades de melhorias no mecanismo para controle da cocção.

Para complementar a técnica desenvolvida, foi realizada uma pesquisa para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento com interface para telefones celulares, permitindo o acompanhamento da cocção utilizando um aplicativo.

Como conclusão da pesquisa, foram realizados testes para comprovação da viabilidade econômica e prática da técnica desenvolvida, a fim de verificar a exatidão que pode ser alcançada na utilização da ferramenta.

1.1 Justificativa

São evidentes os exemplos de melhorias que as pesquisas trouxeram e que se transformaram em ferramentas úteis para as pessoas, os difundidos dispositivos eletrônicos portáteis, ou também conhecidos como *gadgets*, são

ferramentas de utilidade capazes de fornecer habilidades complexas para operadores amadores.

Com a popularização da gastronomia e a onda de hábitos *gourmetizados* de alimentação no cotidiano, existe uma busca maior por alimentos com preparos especiais, receitas refinadas e uma exigência maior aos detalhes na montagem dos pratos. Com isso a busca pela melhor apresentação e padronização tem aumentado, mesmo em refeições caseiras ou compartilhada com amigos íntimos.

Justifica-se esta pesquisa com o intuito de reunir elementos que permitam maior precisão e satisfação para o indivíduo que deseja desfrutar de um churrasco no que considera o ponto ideal para si. Conseqüentemente, desenvolver uma ferramenta para controle doméstico de cocção de carne em churrasqueira de carvão.

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo estudar as opções mercadológicas e desenvolver, com base nas observações gastronômicas, um mecanismo prático para uso doméstico visando controlar o tempo e temperatura de cozimento de carne na churrasqueira a carvão.

1.2.1. Objetivo geral

Estudar métodos de cocção de carne, levantar parâmetros para a criação de dispositivo monitor de cocção de carne em churrasqueira a carvão, que possibilite interface com usuário via aplicativo Android.

1.2.2. Objetivo específico

- a) Levantar os dados de tempo e temperatura de cocção de carne em churrasqueira de carvão.
- b) Apontar as ferramentas já existentes no mercado para acompanhar a cocção de carne.

- c) Desenvolver uma ferramenta para utilização caseira de monitoramento de cocção.
- d) Desenvolver uma interface para celular de acompanhamento da cocção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pela revisão bibliográfica definiu-se conceitualmente assuntos sobre a história do churrasco, pontos de cocção e tipos de ferramentas de controle de temperatura. A partir da revisão bibliográfica, obteve-se suporte de informações necessárias para o entendimento da pesquisa.

2.1 História do churrasco

A cocção da carne é um processo que remonta toda história de desenvolvimento sociocultural da humanidade. Conectando tanto a apropriação do uso do fogo para o bem estar do ser humano, como a construção social e tecnológica que representa a utilização do fogo.

Para a cultura brasileira a história gastronômica da cocção da carne começa com indígenas sul-americanos da etnia Tupi (Comério, 2012)

A trama de madeira sobre brasas é um dos mais remotos métodos de cocção no Brasil. Antes de os portugueses aprimorarem e introduzirem novas técnicas de defumação nesta margem do Atlântico, índios de várias nações étnicas defumavam peixes e caças para lhes alterar textura, agregar sabor e, sobretudo, eliminar bactérias, garantido a conservação. Tinha - e tem ainda - para esta trama ou trempe de madeira o nome de moquém. A técnica elimina os excessos aquosos e concentra as características sápidas da carne.

O conhecimento ainda que simples de assar a carne utilizando fogo, possui espaço para inovação, é nesse sentido que as diferenças no preparo de carne são também vinculadas ao contexto cultural que se inserem.

Podemos encontrar em um site de carne certificada (Hereford) a narrativa sobre as origens do churrasco, que demonstra como a tecnologia de preparo da carne indígena foi adotada pelos tropeiros, que esticavam as mantas de carne no lombo dos cavalos, como forma de salgar com o suor do animal, e dado o histórico dos tropeiros estar ligado intimamente à região sul do Brasil, faz-se a ligação cultural com o consumo de churrasco, especificando a receita gaúcha de churrasco.

(...) o churrasco tornou-se fio condutor, não só rio grandense, mas também em toda a América latina, antes do descobrimento e prosseguiu nesse papel durante o terceiro ciclo da fixação à terra, a chamada "civilização do estancieiro". Agora já era uma larguíssima fazenda organizada, na qual a peonada saía para distantes lides de

gado, que duravam semanas, meses e cujo cardápio era o churrasco, nutritivo e fácil de fazer com carne à mão. Foi nesse momento que tomou a forma de típico churrasco gaúcho como o conhecemos, com fogo de chão e espetos de carne fincados na terra ao redor. O churrasco tradicional, do pampa, é feito em pedaços grandes de carne e em fogo de lenha no chão. Os espetos de madeira são cravados no chão, na diagonal e perto do fogo. Dali se tiram lascas das partes externas mais assadas, enquanto as mais internas ficam assando. A receita não podia ser mais simples: carne com alguma gordura – em geral costela -, coberta de sal e levada ao fogo demorado, assando primeiro de um lado e depois do outro.

Passando pelas diversas culturas regionais há uma grande diversidade de formas de preparo, havendo divergência sobre a utilização de lenha ou carvão, de espeto ou grelha, temperado ou não, com sal grosso ou refinado, de gado, suíno, aves ou frutos do mar.

Ainda que em sua origem o churrasco pareça ter um preparo simples e grosseiro, com a cooptação pelo ambiente gastronômico, o objetivo é manter o sabor aprimorado, mas sem deixar de lado a questão estética do resultado.

Na sociedade atual, com a tendência a gastronomização do cotidiano alimentar, vemos que toda a cultura está inclinada a esta tendência, a cozinha doméstica foi ressignificada para ser o ambiente de destaque da socialização.

A decoração da cozinha, uma das mais caras de uma casa, é hoje objeto de demonstração dos donos, afirmação de status e da escolha de um estilo de vida (existe um velho hábito brasileiro, o de mostrar a casa para visitas). A cozinha ganhou uma decoração, processo diferente de ganhar uma mobília. Isto significa que ela tem um estilo. Além disso, virou o centro da sociabilidade e dos prazeres da mesa. Como se isso não bastasse, a cozinha avançou sobre as varandas como o famoso “espaço ou varanda gourmet” (Barbosa, 2012 p. 189).

Com a popularização da gastronomia houve uma onda chamada de *gourmetização*, e mudança de hábitos alimentares tem sido notados. Existe uma busca maior por alimentos com preparos especiais, receitas *gourmets* e uma exigência maior aos detalhes na montagem dos pratos. Com isso a busca pela perfeição e padronização tem aumentado, mesmo em refeições caseiras ou compartilhada com amigos íntimos.

Naira Scavone (Scavone, 2008 p. 2) traça uma breve retrospectiva sobre esse ponto da gastronomia no país:

No Brasil, a alta gastronomia fixa-se no eixo Rio-São Paulo, por mãos estrangeiras e para o acesso restrito de uma classe com poder aquisitivo para consumi-la. Entre as décadas de 80 e 90, a alta gastronomia na América toma outro rumo. Resumidamente, inicia-se uma febre sobre todos os aspectos que envolvem a gastronomia,

incluindo a formação de profissionais em escolas nacionais, proliferação de restaurantes e programas de televisão com o tema da gastronomia, reinvenções e resgates das culturas locais através de adaptações de técnicas, produtos e pratos. Hoje, todos querem aprender mais sobre culinária, desfrutar dos prazeres dos grandes restaurantes, “devorar” os livros de chefs, abastecer-se nos supermercados com produtos que antes eram consumidos só por uma elite econômica.

O fenômeno atinge todas as pessoas, independente de classe social, aqueles que não podem ter uma cozinha gourmet, não ficam apartados pois podem também aprimorar suas refeições por meio de produtos e acessórios de cozinha que auxiliam na melhoria do preparo e apresentação dos alimentos (Pena e Saraiva, 2019 p. 563).

Desta forma, um mero detalhe, como o ponto de cozimento de uma carne de churrasco, se torna valioso, aprimorando um churrasco normal, numa experiência gastronômica, que preza pela excelência, a perfeição e a atenção às minúcias.

Com a apuração e mecanismos necessários, pessoas leigas podem obter o ponto de cocção desejado mesmo sem ter experiência em preparo de churrasco, e apresentar o resultado para amigos e familiares sem constrangimentos.

2.2 A compreensão gastronômica da cocção do churrasco

O recorte escolhido para o presente trabalho considera a agilidade no preparo do churrasco, por essa razão a escolha foi de um corte de carne macio.

A pesquisa observou o recorte prático de adoção de um único gênero e corte de carne, bem como um determinado peso, para facilitar a quantificação de resultados a serem colhidos nas pesquisas práticas, sendo inicialmente determinado como gênero bovino, corte de contrafilé, de cerca de 700 gramas.

Para a cocção dos cortes de carne tenros utiliza-se o método de cocção pela exposição ao calor de forma direta, pelo controle de temperatura até atingir o ponto de cocção, conforme Edson Braun (2014 p. 18), que em sua pesquisa considerou que:

Basicamente, há somente 2 tipos de carne para churrasco: rija ou macia. Cortes tenros, como os músculos situados na zona lombar, são usados como suporte e mantém o esqueleto agregado, mas fazem pouco trabalho extenuante. Ali o tecido conectivo é de textura fina. Cortes tenros geralmente podem ser grelhados em temperaturas mais altas, mas somente até o ponto desejado. Cortes rijos se originam dos “músculos trabalhadores” como paletas, peito e costelas

e são “churrascados”, ou seja, assados lentamente por um longo tempo a fim de derreter os tecidos conectivos e torná-los macios e úmidos.

Conforme Manual completo do verdadeiro churrasco (Oliveira p. 27), os “Cortes mais macios e com menos tecido conjuntivo devem ser preparados de preferência em calor seco (na grelha, no forno ou fritos em pouco óleo).”.

Para a cocção da carne devem ser observadas as exigências estabelecidas pelos órgãos de controle sanitário, estando contido na Resolução nº 216, da Anvisa (BRASIL, 2004), que dispõe sobre regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação, determina em seu item 4.8.8 de seu anexo que:

4.8.8 O tratamento térmico deve garantir que todas as partes do alimento atinjam a temperatura de, no mínimo, 70°C (setenta graus Celsius). Temperaturas inferiores podem ser utilizadas no tratamento térmico desde que as combinações de tempo e temperatura sejam suficientes para assegurar a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos.

O Manual da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2008 p. 17), em seu item 3 – Cozinhe bem os alimentos, contém o seguinte conjunto de informações:

Como cozinhar bem os alimentos?

Os alimentos devem atingir os 70 °C de forma a garantir que é segura a sua ingestão. A esta temperatura, mesmo elevados teores de microrganismos são destruídos em 30 segundos. (...)

A parte mais interna de uma peça de carne intacta é, normalmente, estéril. A maior parte das bactérias encontram-se na parte exterior, pelo que o consumo de peças de carne intactas (e.g. rosbife), com o interior

ainda avermelhado, não é, habitualmente, perigoso. Pelo contrário, na carne picada, nos rolos de carne ou na carne de aves, as bactérias podem encontrar-se tanto no interior como no exterior.

Patrícia de Oliveira Artur (2004 p. 37) em sua pesquisa sobre o binômio tempo e temperatura, verificou que a zona de perigo para cocção dos alimentos é na faixa de temperatura entre 5°C e 60°C, sendo o monitoramento do tempo e da temperatura que indicam a sobrevivência ou não de microrganismos durante a cocção.

O manual de boas práticas para serviços de alimentação da Anvisa adaptado pela Universidade Federal Fluminense – UFF, inclui a seguinte consideração sobre tempo de cocção em relação a temperatura: “Cocção: Etapa onde os alimentos devem atingir no mínimo 74°C no seu centro geométrico ou combinações de tempo e temperatura como 65°C por 15 minutos ou 70°C por 2

minutos.”. Já a entidade norte americana FSIS (Food Safety and Inspection Service¹) (2015) relaciona detalhadamente em uma tabela o tempo e temperatura para cocção, sendo que para a faixa de 60°C a 65°C o tempo de cocção varia entre 12 minutos (para temperatura de 60°C) e 2 minutos (para temperatura de 65°C).

Como se pode notar as referências sobre a eliminação de microrganismos suficientes para consumo varia, ainda que a entidade norte americana aponte que ao atingir 70°C imediatamente atinge a eliminação de microrganismos, é preciso garantir que toda a carne ficou nessa temperatura, não somente a superfície, razão pela qual no presente trabalho seguirá uma tabela adaptada com maior nível de segurança para consumo e que atenda ao padrão gastronômico pretendido.

O ponto da carne pode ser classificado em: mal passada, ao ponto e bem passada, conforme ilustrado nas Figuras 1, 2 e 3.

O ponto da carne mal passada apresenta as seguintes características:

Figura 1 – Fotografia ilustrativa da carne mal passada



Fonte: Oliveira

- Externamente a carne tem cor marrom;
- Apresenta cor rosada nas partes mais próximas à superfície;
- A parte central tem cor vermelho-brilhante, é crua e succulenta;
- A temperatura interna varia de 60°C a 65°C;
- Quando a carne é pressionada com um garfo, somente a sua parte central cede à pressão. (Oliveira)

O ponto da carne ao ponto apresenta as seguintes características:

Figura 2 – Fotografia ilustrativa da carne ao ponto



Fonte: Oliveira

- Externamente tem cor marrom;
- Apresenta o centro cor-de-rosa claro e não libera muito suco;

¹ Serviço de segurança e inspeção de alimentos.

- Mantém temperatura interna de 70°C;
- Quando pressionada com um garfo, cede apenas levemente. (Oliveira)

O ponto da carne bem passada apresenta as seguintes características:

Figura 3 – Fotografia ilustrativa da carne bem passada



Fonte: Oliveira

- Tem coloração marrom-acinzentada em todo o pedaço e a superfície tostada;
- Apresenta-se totalmente cozida e não libera suco;
- A temperatura interna atinge 75°C;
- Quando pressionada com um garfo, não cede à pressão. (Oliveira)

A carne com uma temperatura interna acima de 70°C passa a ter uma perda de suculência e inicia o processo de enrijecimento da carne (Ries, 2010), de forma que há perda do seu aspecto gastronômico.

A cocção acima da temperatura indicada como bem passada é descartada pela gastronomia, esta pesquisa não terá uma abordagem voltada ao estudo de preferência do consumidor, ao propor o estudo do método da cocção, com o intuito de reunir elementos que permitam maior precisão e satisfação para o indivíduo que deseja desfrutar de um churrasco no que considera o ponto ideal para si, apesar disso utiliza-se na ferramenta apenas as três opções de cocção mais constantes na gastronomia, para o utilizador doméstico determinar.

2.3 Instrumentos de cocção do churrasco: o espeto giratório

A escolha da forma sobre como fazer o churrasco é fundamental para a presente pesquisa, a forma que melhor atende ao que se pretende enquanto ferramenta doméstica de fácil manuseio é o espeto.

Para a escolha do espeto, deverá ser observado o que indica Oliveira (p. 53):

Para assar seu churrasco usando espetos, a dica é comprar espetos de aço inoxidável, que apesar de mais caros que os comuns são de melhor qualidade. Por não serem rugosos, eles são mais fáceis de limpar, mais duráveis e não soltam resíduos metálicos na carne. Escolha espetos de comprimento adequado à sua churrasqueira. Isto é muito importante, pois você evita se queimar na empunhadura do espeto e os espetos não cairão dentro da churrasqueira, o que poderá acontecer se eles forem muito curtos.

Tendo em vista a necessidade de que a peça de carne por inteiro atinja uma dada temperatura de cocção, a escolha realizada foi por um modelo de espeto para churrasqueira com sistema de rotação para cocção uniforme da carne selecionada, tornando o sistema seguro para cocção com sofisticação, que dependesse pouco do conhecimento do manuseador doméstico.

O sistema de espeto giratório existente no mercado atende ao que se pretende na presente pesquisa, conforme Pontes (2020) indica: “O espeto giratório é um equipamento indispensável para quem gosta de churrasco. Este modelo é portátil, fácil de manusear, seguro, realiza todo o movimento repetitivo e assa a carne por igual.”.

Quanto às características técnicas comuns nos espetos giratórios, Pontes (2020) assinala:

O espeto giratório tem motor de 4 a 6 watts de potência, baixo consumo de energia, pode ter tensão elétrica de 110/127 volts ou ser bivolt (no caso dos modelos de funcionamento elétrico).

O movimento giratório é de 3 RPM, ou seja, o espeto gira três vezes por minuto, até que a carne atinja o ponto de sua preferência (mal passado, ao ponto ou bem passado).

As opções disponíveis de mercador de espetos giratórios são: a) os movidos à eletricidade, comuns no cotidiano de cozinhas maiores e churrasqueiras elétricas ou churrasqueiras fixas com sistema de giro movido à eletricidade, tendo ganhado maior amplitude de uso pelo desenvolvimento de opções portáteis de espeto individual, como o da marca Xpeto; ou b) os movidos à pilha, desenvolvido em 2012 por Luciano Kaefer, fundador da empresa que distribui o produto, chamada Espetoflex (Pontes, 2020). Pela análise dos produtos Pontes elenca as vantagens e desvantagens:

O espeto giratório movido a pilha (quatro pilhas no modelo AA) tem como principal vantagem a mobilidade, já que ele pode ser usado em ambientes externos e internos. A desvantagem é que ele é mais caro. O modelo movido à energia elétrica é econômico, o motor tem 4 watts de potência, três rotações por minuto e pode ser encontrado na

versão bivolt. A desvantagem é que o uso fica condicionado a um espaço com tomada, em contrapartida, ele é mais barato.

Considerando o fator de baixo custo, para o presente trabalho será utilizado um modelo de espeto individual movido à eletricidade.

O uso de espeto giratório ainda permite a tentativa de embutir no interior da haste principal um sensor de temperatura da carne, bem como usar a caixa de máquina para acomodar o sistema eletrônico de monitoramento.

Figura 4 - Espeto giratório



Fonte: Xpeto (2020)

2.4 Instrumentos de cocção do churrasco: o sensor de temperatura

A utilização de sensor de temperatura para o processo de cocção da carne é apontado como categoricamente necessário nos materiais que abordam o assunto, havendo indicação inclusive pelo Manual da OMS sobre a utilização de termômetro para cocção de carnes bovinas, devendo o sensor ser colocado no centro da parte mais densa da carne e sem tocar no osso ou na borda do recipiente.

Cabe lembrar que há disponível no mercado termômetros gastronômicos, sendo que para o presente trabalho foi realizada pesquisa do modelo que melhor encaixasse no custo e benefício para a presente pesquisa.

Os sensores de temperatura mais comuns são: RDT, o termistor, os dispositivos baseados em semicondutores e o termopar (Silva, 2006 p. 14).

O RDT é a sigla para Detector de Temperatura Resistivo, sendo um sensor de alta precisão, baixo ruído e ampla faixa de operação, mas com elementos

frágeis, são menos sensíveis a pequenas mudanças de temperatura e tem uma resposta mais lenta no tempo (Oliveira, 2008 pp. 8-9).

O termistor é um resistor termicamente sensível, são menos usuais quando a faixa de operação a que se submete o sensor é grande, o modelo PTC pode ser utilizado desde dispositivos de limitação de corrente no circuito de proteção até para a substituição de fusíveis; e o modelo NTC como termômetros de resistência em medições de temperatura baixa. Uma utilização comum é para controle de temperatura durante a carga de baterias em termostatos digitais. (Oliveira, 2008 pp. 9-10).

Dispositivos baseados em semicondutores, apesar de terem opções baratas, são sensores que trabalham em uma pequena faixa de temperatura (Oliveira, 2008 pp. 11-13).

Os termopares são de baixo custo, são de fácil aquisição, alta precisão e possuem versatilidade, por serem capazes de medir uma ampla faixa de temperaturas, tendo modelos variados de uso industrial a aparelhos regulares.

Abaixo as tabelas indicam os modelos de termopares relacionando-os aos materiais do qual são constituídos e a tabela que indica a faixa de leitura de temperatura e faixa de variação de voltagem dos termopares.

Tabela 1 – Alguns modelos de termopares

TIPO	MATERIAL POSITIVO	MATERIAL NEGATIVO
E	Cromel	Constantan
J	Ferro	Constantan
K	Cromel	Alumel
N	Nicrosil	Nisil
R	Platina 13% Ródio	Platina
S	Platina 10% Ródio	Platina
T	Cobre	Constantan

Fonte: Brusamarello, et al. (2006)

Tabela 2 - Faixas de leitura e variação de voltagem

TIPO	FAIXA DE TEMPERATURA (°C)	FAIXA DE VOLTAGEM (mV)
E	0 a 980	0 a 75.12
J	-185 a 870	-7.52 a 50.05
K	-185 a 1260	-5.51 a 51.05
N	-270 a 1300	-4.345 a 47.502
R	0 a 1590	0 a 18.636
S	0 a 1535	0 a 15.979
T	-185 a 400	-5.284 a 20.805

Fonte: Adaptado de Brusamarello, et al., (2006)

Como observa Oliveira (2008) “O termopar tipo K pode ser utilizado em atmosferas inertes e oxidantes. Pela sua alta resistência à oxidação é utilizado em temperaturas superiores a 600°C, e ocasionalmente em temperaturas abaixo de 0 °C.”.

Desta forma, a escolha para realização de testes é do termopar tipo K, por ser um sensor de uso genérico, de baixo custo e que tem um range grande de temperatura, visto que o sensor deve resistir a temperaturas de aproximadamente 800°C provenientes de possíveis labaredas causadas pelo gotejamento de gordura sobre o braseiro.

A sonda para realizar a medição de temperatura da carne deve ser resistente a altas temperaturas e possuir material atóxico pois estará em contato direto com o alimento. Já a sonda responsável pela medição da quantidade de calor gerada pelo fogo não possui a necessidade de ser atóxica, mas pela possibilidade de ser utilizada no alimento por engano foi convencionado a utilização de duas sondas com características atóxicas idênticas.

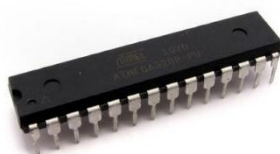
Na construção do protótipo um termopar será conectado ao corpo do espeto giratório, de forma que possa sempre estar captando a temperatura próxima ao centro geométrico da carne.

2.5 Captação dos dados do sensor de temperatura: o Arduino

O controle da cocção do churrasco em espeto giratório será feito pelo sensor de temperatura, e para captação dos dados que serão medidos pelo sensor, será utilizado um microcontrolador, capaz de processar um dispositivo de entrada, como um sensor, e transmitir os dados captados.

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, é composto por um microcontrolador produzido em forma *chip*, conforme verifica-se na Figura 4, controlado por meio de uma pequena placa com circuitos de entrada/saída. Podendo ser facilmente conectada à um computador e programada via IDE (*Integrated Development Environment*, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) utilizando uma linguagem baseada em C/C++, sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB (Thomsen, 2014).

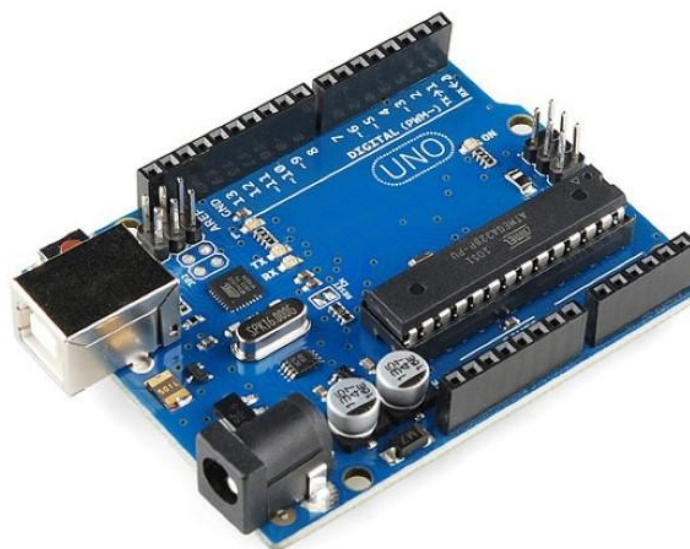
Figura 5 – Microcontrolador ATmega328



Fonte: Baú da Eletrônica (2020)

O modelo utilizado neste trabalho, é a Placa Uno R3, que pode ser visualizada na figura 5 abaixo, por possuir entradas analógicas e digitais usadas para acoplar amplificadores de temperatura e periféricos.

Figura 6 – Placa Uno R3 + cabo USB para arduíno



Fonte: Flip e Flop (2020)

O arduíno é uma plataforma *open-hardware* e possui seu próprio ambiente de desenvolvimento baseado na linguagem C, é disponibilizado para *download* no site oficial, depois de programado pode ser usado de forma independente, com flexibilidade para controle de medição bastante ampla.

O código utilizado deve estar em formato “ino” e contar com as seguintes chamadas de procedimento: “setup()”, que ajusta as configurações das portas de

entrada e saída e a comunicação serial, e “loop()”, que é um laço infinito onde o usuário cria a rotina do seu programa (Capelli, 2014).

A programação do arduíno para leitura da sonda, que pode ser verificada no Apêndice A, do presente trabalho, tem como função a medição constante de temperatura, até chegar à temperatura determinada.

2.6 A interface em dispositivo móvel: o aplicativo

Os dados captados do arduíno serão transmitidos para o aplicativo especialmente desenvolvido para tanto, por meio de comunicação através do módulo *bluetooth* acoplado à placa.

Foi utilizada uma plataforma de código aberto desenvolvida pela Google, chamada MIT App Inventor for Android, que proporciona a programação, bastante intuitiva, baseada na linguagem de blocos, conforme pode ser verificado no Apêndice B, do presente trabalho.

O aplicativo é responsável pela interface com o usuário, pela qual indica para seleção três opções de ponto de cocção da carne, conforme especificado na tabela a seguir.

Tabela 3 – Opções de ponto de cocção

OPÇÕES	SITUAÇÃO	TEMPERATURA
Ponto 1	Mal Passada	60°
Ponto 2	Ao Ponto	70°
Ponto 3	Bem Passada	Acima de 70°

Escolhida a opção, o aplicativo envia os comandos para o Arduíno, faz a leitura dos parâmetros indicados e sinaliza para o usuário o término do programa.

3 METODOLOGIA

A primeira parte da pesquisa foi realizada por levantamento de dados bibliográficos apontando o histórico do churrasco e a vinculação da gastronomização na identidade nacional atual, bem como os parâmetros de temperatura e tempo necessários no processo de cocção de carne.

Considerando o direcionamento dado pelas questões nutricionais e gastronômicas, foi realizada uma pesquisa dos equipamentos necessários, bem como dos mecanismos possíveis para controlar o cozimento e apontar o padrão desejado pelo churrasqueiro, tendo observado os instrumentos e materiais mais adequados para construção de protótipo.

O trabalho será centrado na aplicação desses dados e mecanismos, com estudo dos resultados colhidos na prática por esses processos, a fim de desenvolver um mecanismo que atenda aos anseios de um churrasqueiro doméstico, valendo-se de uma quantidade de amostras que seja suficiente para demonstrar resultados constantes e robustos.

3.1 Materiais aplicados

Pelo levantamento de dados bibliográficos, pesquisa de preços e adaptabilidade de aplicação dos modelos disponíveis para venda, em sites especializados, foram identificados os instrumentos e materiais para construção do protótipo utilizado na presente pesquisa.

Nas próximas seções são descritas com mais detalhes as funcionalidades e a composição de cada elemento do protótipo desenvolvido.

3.1.1. Sensor de temperatura

Como já anteriormente indicado, o sensor escolhido foi o termopar tipo K. Em pesquisa realizada no catálogo da Arduíno & Eletrônica, encontrou-se um modelo de sonda que demonstrava características apropriadas para a utilização nesse experimento e que atende ao critério de baixo custo.

O módulo sensor de temperatura MAX6675 + Termopar tipo K, faz leitura da temperatura de 0°C até 800°C, e tem as seguintes especificações técnicas de acordo com as informações do vendedor (Arduíno & Eletrônica, 2020):

MAX6675 é um conversor Serial de resolução 12-bits para termopar tipo K, realiza compensação de junção fria, correção de linearidade, detecção de defeito do termopar. Utiliza a comunicação SPI de três fios. O resultado da medição pode ser exibido em uma IDE serial Arduíno.

O Módulo pode ser visualizado na figura 6 abaixo.

Figura 7 – Módulo Max6675 Termopar K Temperatura Max 6675 Arduíno Pic



Fonte: Arduíno & Eletrônica (2020)

3.1.2. Espeto giratório

Considerando as opções de espeto disponíveis no mercado, optou-se pelo da marca Xpeto por ter um custo baixo, facilidade de encontrar no mercado, conforme figura 7 a seguir.

Figura 8 – Xpeto



Fonte: Xpeto (2020)

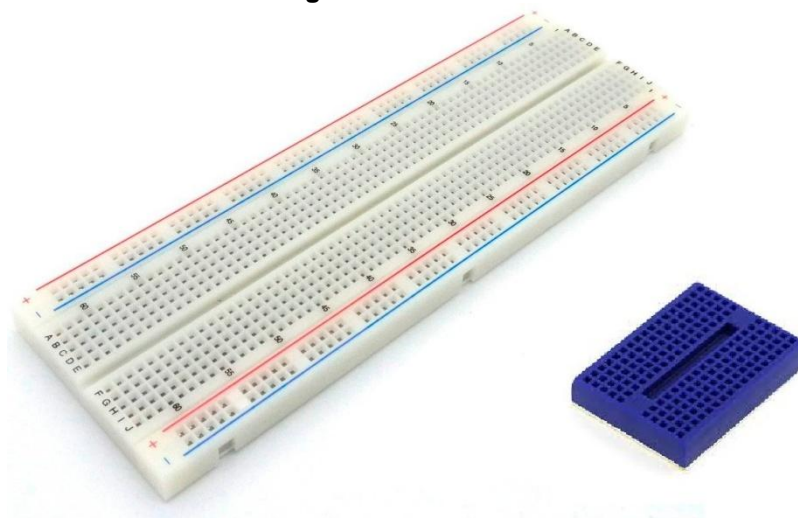
3.1.3. Placas

Para montagem dos componentes eletrônicos do protótipo, foram utilizadas duas placas protoboard, pois dispensam a utilização de solda e podem ser reutilizadas.

Neste trabalho utilizou-se uma placa com 830 furos, e também foi utilizada também uma mini placa com 170 pontos.

As placas selecionadas são demonstradas na figura abaixo.

Figura 9 – Protoboard



Fonte: Arduino Brasil Shop (2021)

3.1.4. Teclado de membrana 1x4

Para seleção de ponto de cocção no protótipo, foi utilizado um teclado de membrana 1x4, para apresentar a funcionalidade de um painel numérico que possui 4 teclas.

O teclado possui um adesivo em sua parte traseira para fixação na caixa do protótipo, conectado com a placa protoboard.

Figura 10 – Teclado

Fonte: Autocore Robótica (2020)

3.1.5. Buzzer ativo

Um dispositivo de grande importância para o funcionamento do protótipo, mas de grande valor em usabilidade foi incluído no projeto, um buzzer que emite um sinal sonoro de conclusão do ponto de cocção.

O Buzzer Ativo 5V é um componente indicado para adicionar efeitos sonoros em projetos eletrônicos, contém um circuito oscilador embutido, que basta energizar para emitir um sinal sonoro contínuo.

3.2 Métodos aplicados

Para construção do protótipo, conforme anteriormente indicado, foi utilizado como base o espeto giratório, fazendo as alterações necessárias para atender às necessidades do projeto.

3.2.1. Caixa de acomodação

A caixa de acomodação do motor precisou ser ampliada, para permitir a acomodação da placa e a fonte de alimentação do arduino, que pode ser visualizada na figura 8 abaixo.

Para definição do tamanho, foi medida a estrutura eletrônica montada e verificado o que precisava ser ampliado, com isso foi cortado um tubo de PVC do mesmo diâmetro do anterior com o comprimento necessário.

Figura 11 – Ampliação de caixa de acomodação do motor



Fonte: Próprio Autor

3.2.2. Acoplamento giratório

Para medição de temperatura, o mecanismo deveria acoplar um sistema de sonda.

A maior dificuldade enfrentada foi a extensão do cabo para a medição de temperatura compatível com o dispositivo que admitisse giros contínuos, pois era necessário algo que fosse robusto e confiável com relação a medição da temperatura.

Primeiramente foi realizada a pesquisa para encontrar o dispositivo já fabricado no mercado, mas os que apresentavam as características necessárias eram inviáveis economicamente para o projeto.

O primeiro protótipo para teste de mecanismo de medição foi realizado com rolamento, que se demonstrou ineficiente devido à necessidade de lubrificação, causando instabilidade e ruído na medição, por ter efeito isolante, além de ser incompatível com produto alimentar. Detalhes do protótipo podem ser visualizados na figura 9 abaixo.

Figura 12 – Medição por rolamento

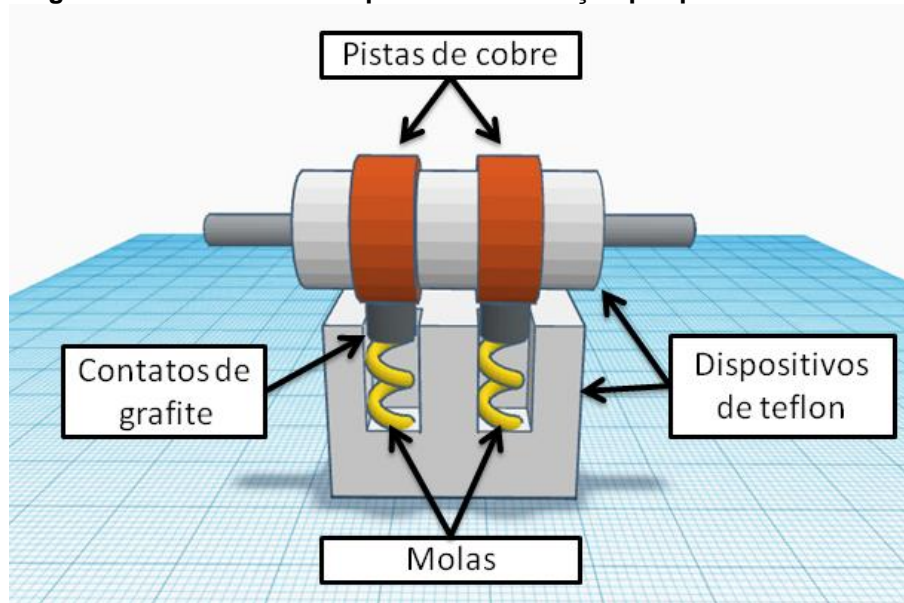
Fonte: Próprio Autor

Verificada a falha do mecanismo, foi desenvolvido o segundo protótipo, para a confecção do mesmo foi utilizado o princípio de escovas de motores elétricos, uma caixa de teflon com dois orifícios para acoplar as molas e fazer ter o contato do grafite com a pista de cobre, assim a medição por meio de pistas de contato demonstrou robustez e qualidade no sinal de temperatura confiável, conforme figura 12 e 13 a seguir.

Figura 13 – Medição por pistas de contato

Fonte: Próprio Autor

Figura 14 - Desenho do dispositivo de medição por pistas de contato



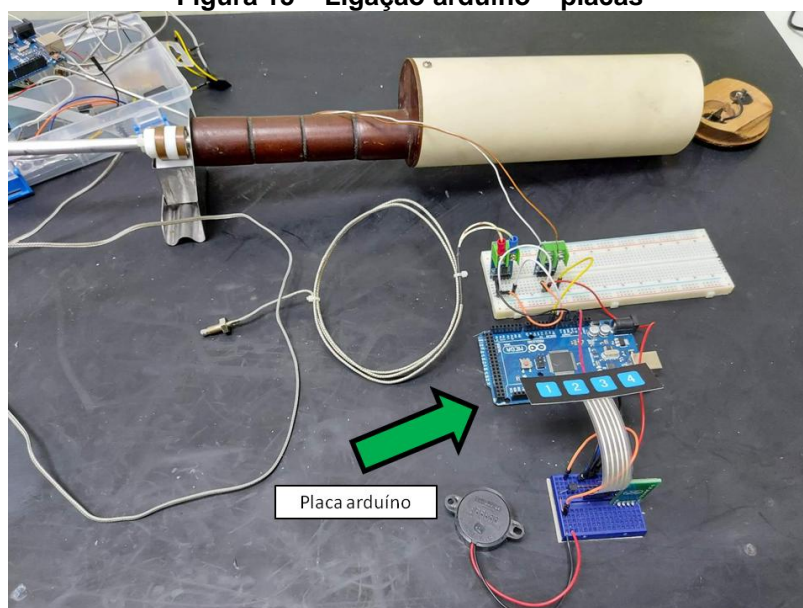
Fonte: Próprio Autor

3.2.3. Montagem dos componentes eletrônicos

Ao final das adaptações mecânicas, o protótipo teve os componentes eletrônicos devidamente acoplados.

O arduíno, como peça central do dispositivo, foi ligado a duas pequenas placas conforme figura abaixo.

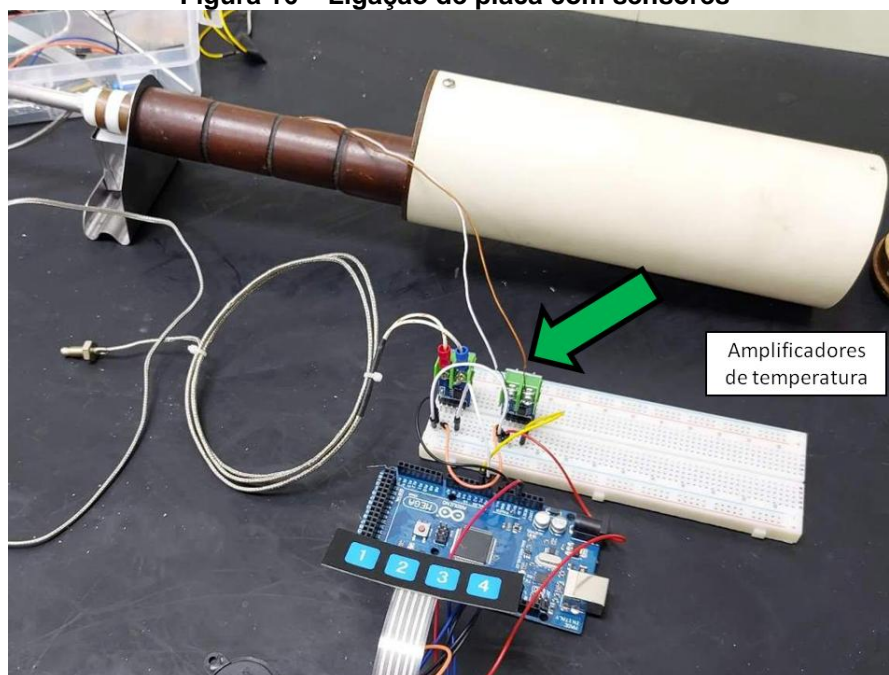
Figura 15 - Ligação arduíno – placas



Fonte: Próprio Autor

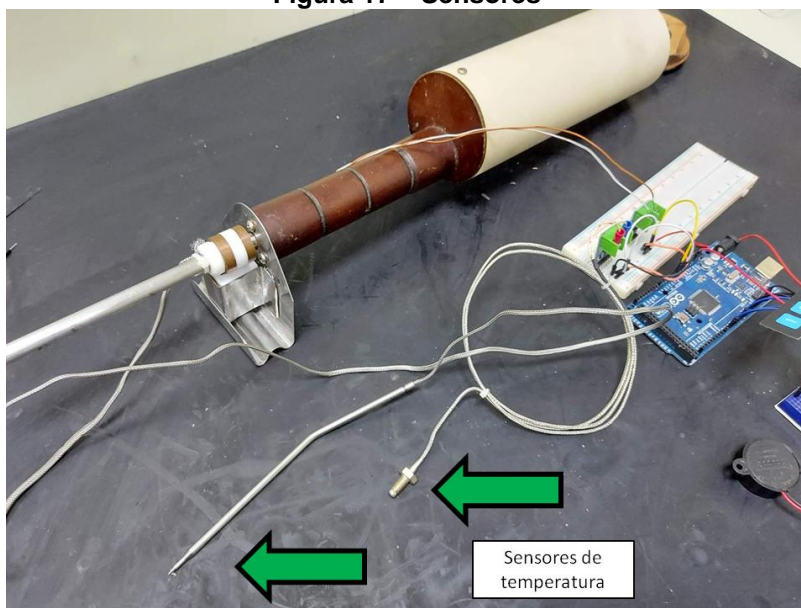
A primeira placa é utilizada para sustentar os amplificadores de temperatura termopar K, os quais foram conectados às entradas analógicas do Arduino, com objetivo de alimentar as informações de temperatura para o processamento conforme figura abaixo.

Figura 16 – Ligação de placa com sensores



Fonte: Próprio Autor

Os amplificadores de temperatura sustentam duas sondas de temperatura termopar K, uma responsável pela mediação da temperatura no centro geométrico da carne, e a outra uma sonda com uma ponteira de mediação curta, pois ficará suspensa e exposta para a medição do ambiente da churrasqueira.

Figura 17 – Sensores

Fonte: Próprio Autor

A sonda com ponteira longa é responsável pelo monitoramento da temperatura no interior da peça de carne. A ponteira deverá ser inserida em paralelo ao espeto giratório, até alcançar o centro de cocção.

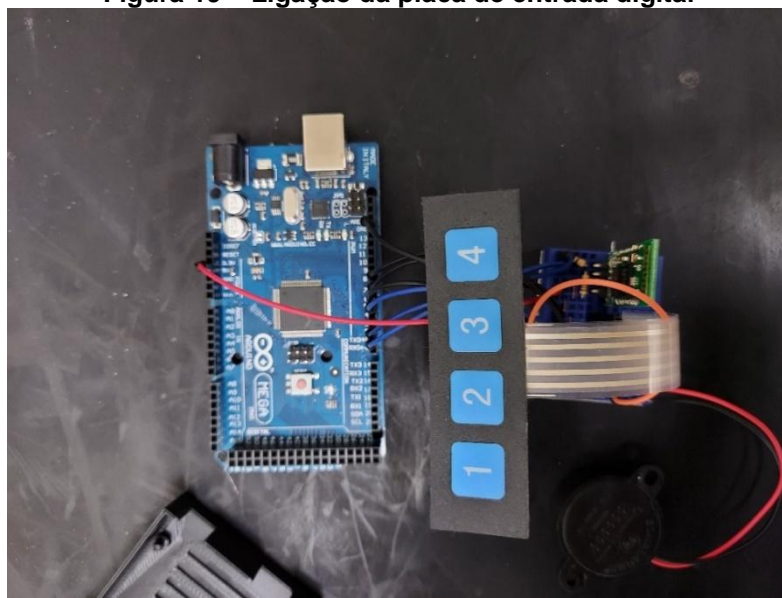
É importante que, ao fixar a sonda, o usuário observe que mais da metade da haste deve estar dentro da peça, para evitar a transferência de calor gerado pelo material da haste.

Figura 18 – Sensores posicionados

Fonte: Próprio Autor

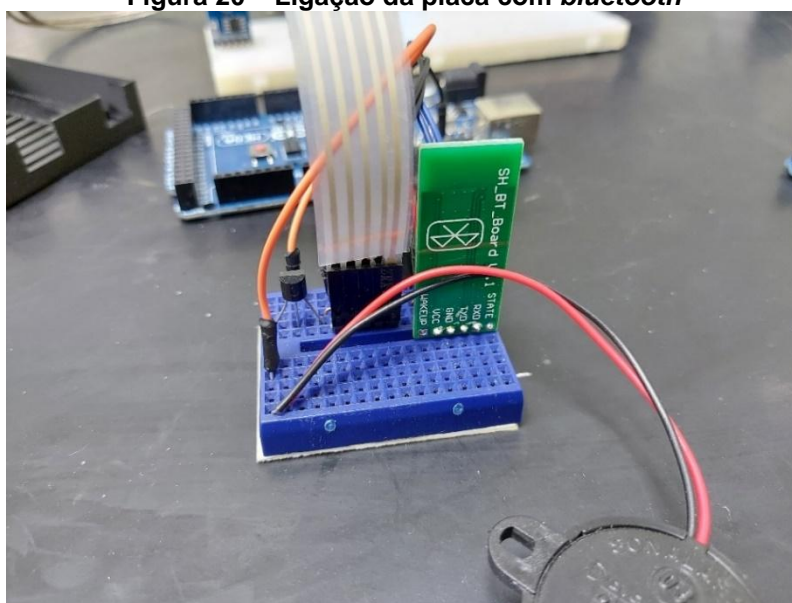
A outra placa suporta as seguintes entradas: painel digital para acionamento de seleção de ponto de cocção e reset; e conexão com o módulo *bluetooth* responsável pela comunicação entre o *hardware* e o aplicativo desenvolvido.

Figura 19 – Ligação da placa de entrada digital



Fonte: Próprio Autor

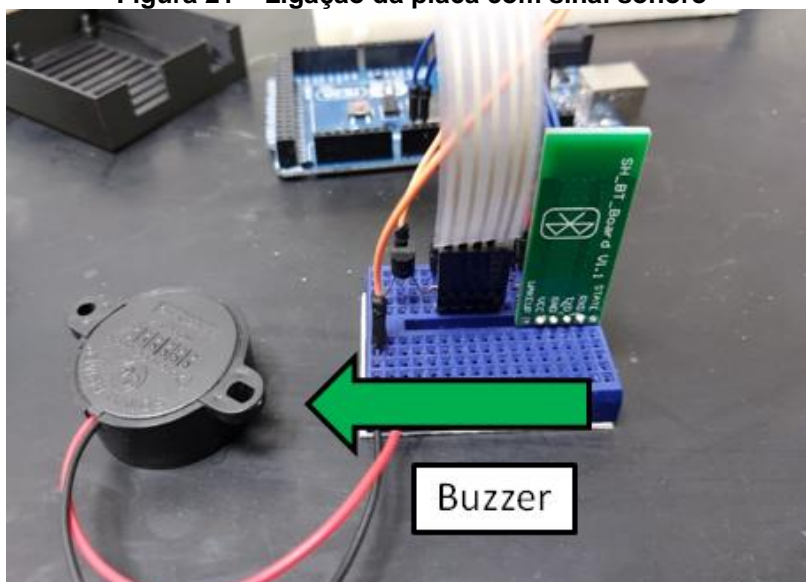
Figura 20 – Ligação da placa com *bluetooth*



Fonte: Próprio Autor

Ainda nessa placa foi conectado um sistema para sinalização sonora, responsável por dar o sinal de aviso ao usuário, que ocorre ao mesmo tempo que o aplicativo indica a conclusão da cocção de acordo com o ponto escolhido.

Figura 21 – Ligação da placa com sinal sonoro



Fonte: Próprio Autor

3.2.4. Acomodação e finalização de protótipo

Todos os componentes eletrônicos foram cuidadosamente inseridos na caixa de acomodação e fixados com resina (entre os componentes) e cola dupla face, conforme figura abaixo.

Figura 22 – Acomodação de componentes eletrônicos



Fonte: Próprio Autor

Na caixa de acomodação foi elaborada uma interface de operação para o usuário, com disposição superior das opções de menu de cocção, que também serve de legenda das funções das teclas, o sinal sonoro e, por fim, as teclas para seleção.

O acionamento e funcionamento do dispositivo não dependem do aplicativo, que funciona como uma interface de auxílio ao usuário.

Figura 23 – Caixa adaptada



Fonte: Próprio Autor

O acionamento pode ser tanto pela tecla de seleção do protótipo, quanto pela seleção no aplicativo.

O acionamento e funcionamento do dispositivo não depende do aplicativo, que funciona como uma interface de auxílio ao usuário.

O dispositivo e o celular devem estar com o *bluetooth* previamente pareado e conectado para que a interface tenha o funcionamento esperado.

3.2.5. Custos

Alguns elementos não foram contabilizados, por não terem valor significativo que deva ser considerado, como os resistores, fios, resina e demais fixadores.

Estimativa de custo do protótipo pode ser verificada na tabela abaixo:

Tabela 4 – Custo do material para fabricação de protótipo

DESCRIÇÃO	VALOR
Arduíno	R\$ 55,00
Módulo bluetooth	R\$ 40,00
Protoboards	R\$ 28,00
Tecla de Membrana	R\$ 10,00
Buzzer	R\$ 6,00
Espeto Giratório	R\$ 180,00
Módulos de Temperatura	R\$ 25,00
Acoplamento elétrico (confeccionado)	R\$ 30,00
TOTAL	R\$ 374,00

3.3 Apresentação dos resultados

Dado que o funcionamento do protótipo se deu de forma satisfatória, o amplificador Max6675 possui a junta fria de compensação, por isso não há a necessidade de calibração do mesmo, mas foram apenas verificados a temperatura em 0°C com gelo e água e na temperatura ambiente, assim passaram a ser realizados testes de cocção para demonstrar a usabilidade e comunicação entre o protótipo, o arduíno e o aplicativo.

Para a realização dos testes foi usado uma peça de contra filé de aproximadamente 700 gramas.

O primeiro passo é a preparação da churrasqueira, com o fogo já iniciado, quando do início da cocção o fogo deve estar somente na brasa, não com labaredas. É recomendado o uso do carvão por ser mais fácil de controlar a temperatura para que fique em entre 240°C a 300°C, com a temperatura abaixo de 240°C o processo de cocção é lento, e acima de 300°C ocasionará a queima da parte externa da carne sem atingir a temperatura desejada no interior da mesma.

Deve, então, posicionar o pedaço de carne no espeto e fixa-lo para não girar, posteriormente colocar a sonda de medição garantindo que ela fique próxima do centro geométrico para medir a temperatura do assado.

A sonda de temperatura da churrasqueira deve ficar logo abaixo do espeto e com ele alinhada, para garantir o controle efetivo da aferição de temperatura durante o processo de cocção.

O próximo passo é posicionar o espeto na churrasqueira e acionar o dispositivo, manter o cuidado com a condição do fogo e aguardar a carne chegar no ponto desejado.

3.3.1. Análise e discussão dos resultados – Interação do protótipo com o aplicativo

A interface no aplicativo é o reflexo da interação do protótipo, sendo a mesma sequência de seleção dos pontos da carne, bem como demonstrando os valores constantes na leitura pelo protótipo.

Para seleção e andamento a interface do aplicativo mostra, na parte superior, a conexão por *bluetooth*, no centro o ponto de seleção e, na parte inferior, mostra a temperatura registrada pelas sondas. O aplicativo foi testado apenas com um dispositivo, não verificada a disponibilidade de funcionar com dois ou mais ao mesmo tempo.

Figura 24 – Interface do aplicativo: Seleção



Fonte: Próprio Autor

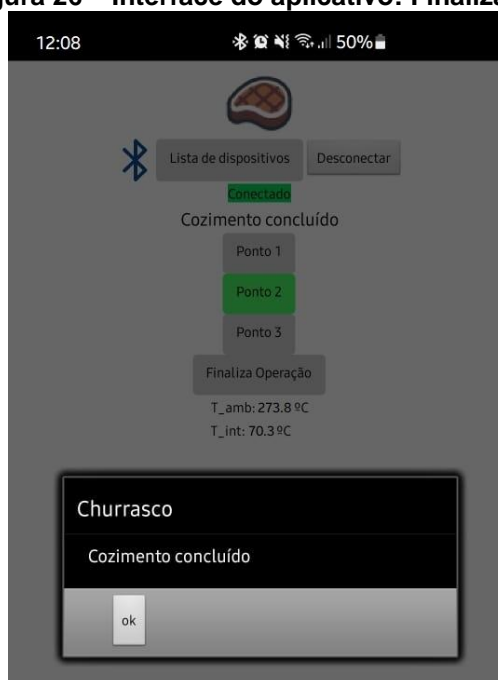
Figura 25 – Interface do aplicativo: Andamento



Fonte: Próprio Autor

A tela de finalização indica que o cozimento foi concluído com um mostrador com aparência de *pop-up*, com o celular bloqueado vai tocar o sinal sonoro e ao desbloquear poderá ver a notificação.

Figura 26 – Interface do aplicativo: Finalização



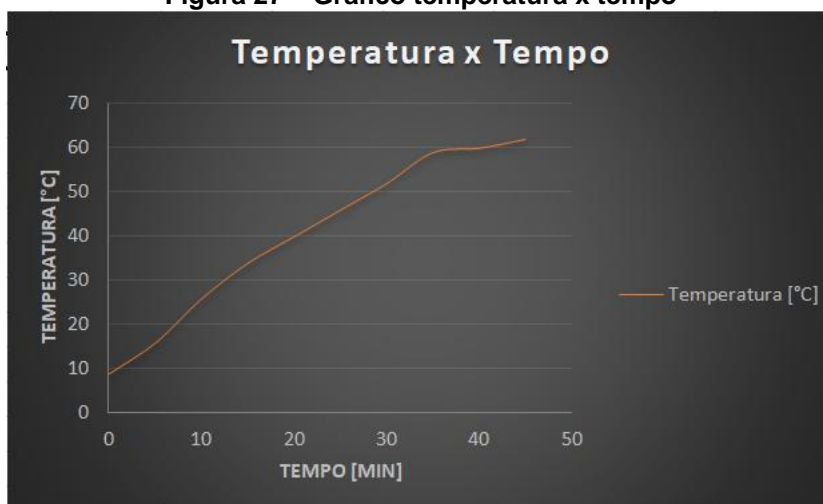
Fonte: Próprio Autor

3.3.2. Análise e discussão dos resultados – Curva de temperatura

Durante a cocção foi verificada que a temperatura interna da carne sob cocção possui curva não linear, dado que a manutenção da temperatura da churrasqueira se dá de forma não automatizada e dependendo do usuário.

Desta forma, foi registrada a seguinte curva de temperatura, conforme gráfico a seguir demonstrado:

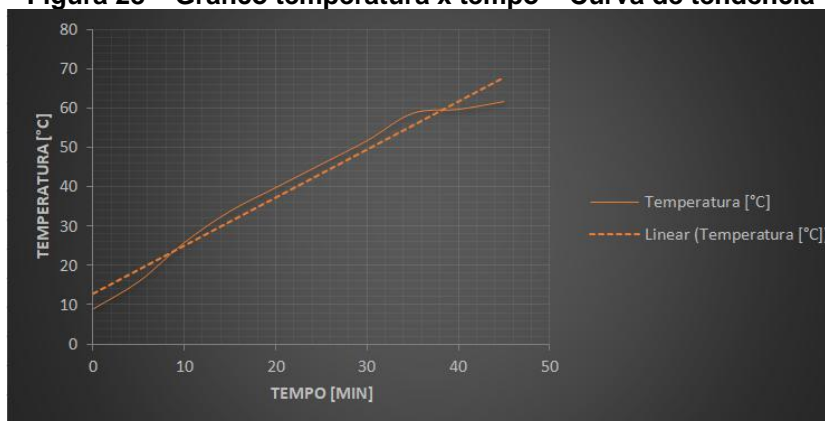
Figura 27 – Gráfico temperatura x tempo



Fonte: Próprio Autor

A curva de tendência linear ajustada à curva de aquecimento pode ser usada como uma forma de previsão aproximada do tempo de cocção, conforme se demonstra no gráfico da figura a seguir.

Figura 28 – Gráfico temperatura x tempo – Curva de tendência



Fonte: Próprio Autor

Atingida a temperatura indicada, a cocção está finalizada e o usuário é sinalizado pelo aplicativo sobre o ocorrido.

3.3.3. Análise e discussão dos resultados – Ponto de cocção

Para validar os resultados foi definido como objetivo três pontos específicos de cocção da carne.

Os testes foram repetidos e colheu-se uma amostra fotográfica a fim de fazer um comparativo visual entre os pontos das carnes e imagens do relativo ponto, com isso pode-se analisar que o resultado foi satisfatório.

O ponto correto atingido pretendido pelo usuário dá maior autonomia no processo de cocção, facilitando a apresentação acurada da gastronomia almejada.

3.3.4.1. Ponto de cocção – Carne mal passada

Os resultados para o ponto de cocção de carne mal passada foram repetidos usando o protótipo e as definições metodológicas, atingindo a temperatura interna de 60°C, para amostragem foram realizados três testes, atingindo os resultados conforme são demonstradas nas figuras abaixo.

Figura 29 – Carne mal passada 1



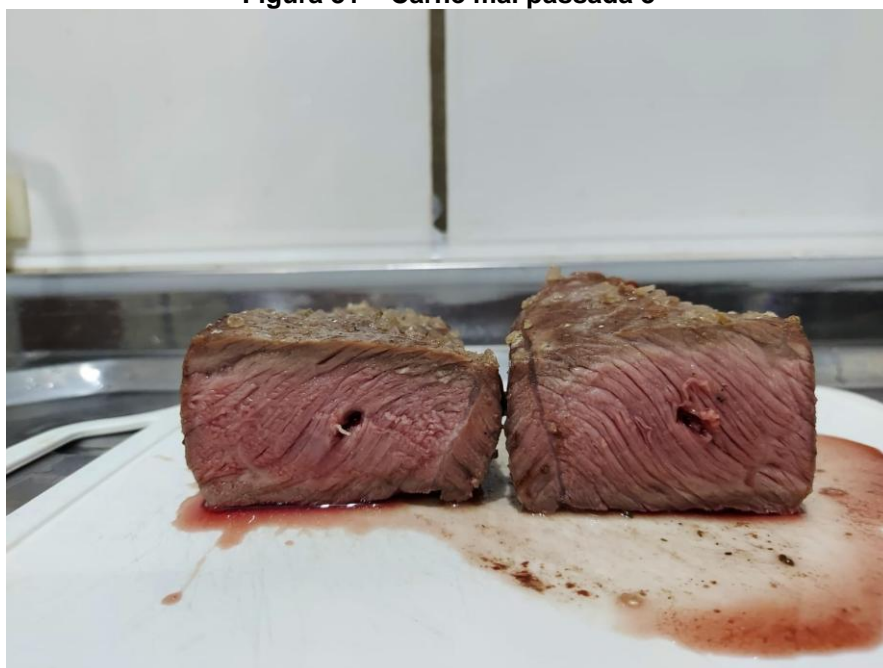
Fonte: Próprio Autor

Figura 30 – Carne mal passada 2



Fonte: Próprio Autor

Figura 31 – Carne mal passada 3



Fonte: Próprio Autor

3.3.4.2. Ponto de cocção – Carne ao ponto

Os resultados para o ponto de cocção de carne ao ponto foram repetidos usando o protótipo e as definições metodológicas, atingindo a temperatura interna de 70°C, para amostragem foram realizados três testes, atingindo os resultados conforme são demonstradas nas figuras abaixo.

Figura 32 – Carne ao ponto 1



Fonte: Próprio Autor

Figura 33 – Carne ao ponto 2



Fonte: Próprio Autor

Figura 34 – Carne ao ponto 3

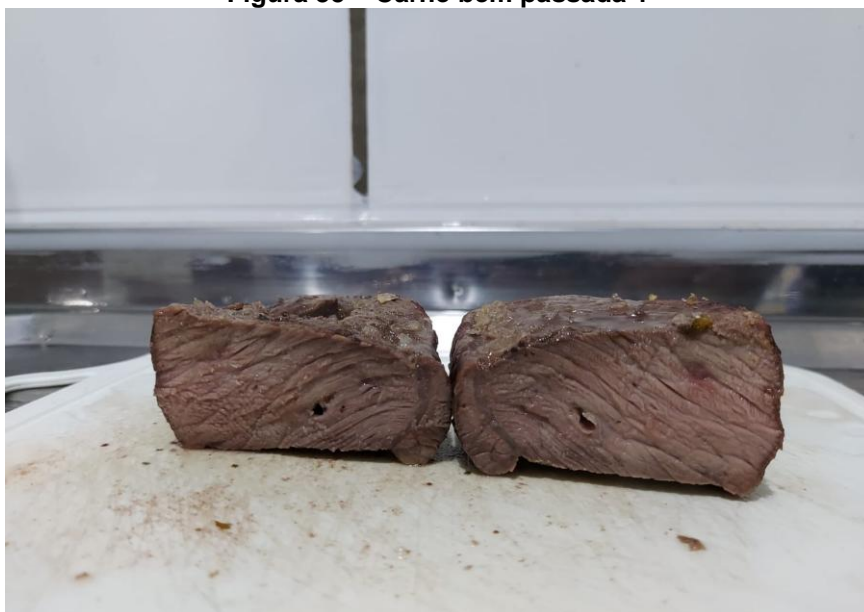


Fonte: Próprio Autor

3.3.4.3. Ponto de cocção – Carne bem passada

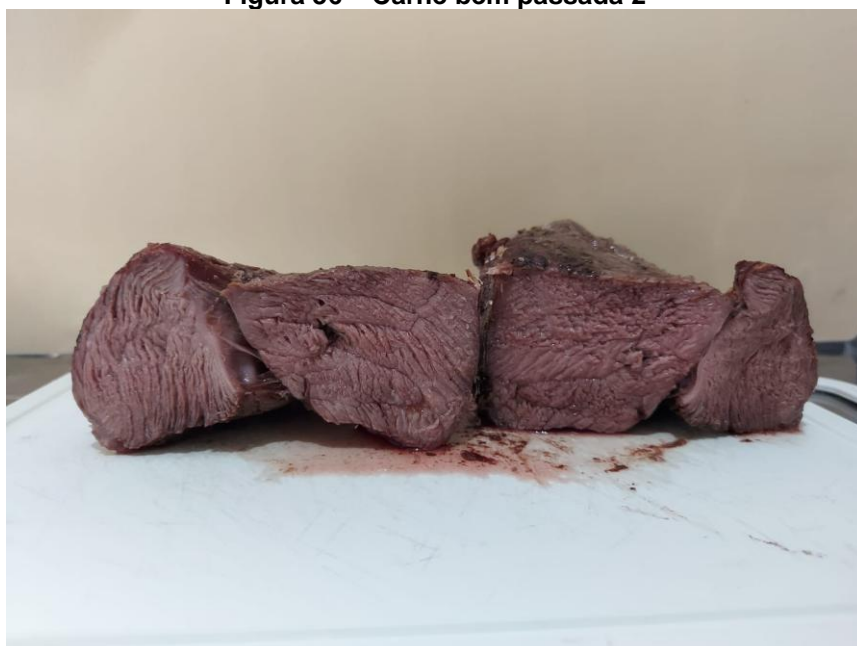
Os resultados para o ponto de cocção de carne bem passada foram repetidos usando o protótipo e as definições metodológicas, atingindo a temperatura interna de 75°C, para amostragem foram realizadas três testes, atingindo os resultados conforme são demonstradas nas figuras abaixo.

Figura 35 – Carne bem passada 1

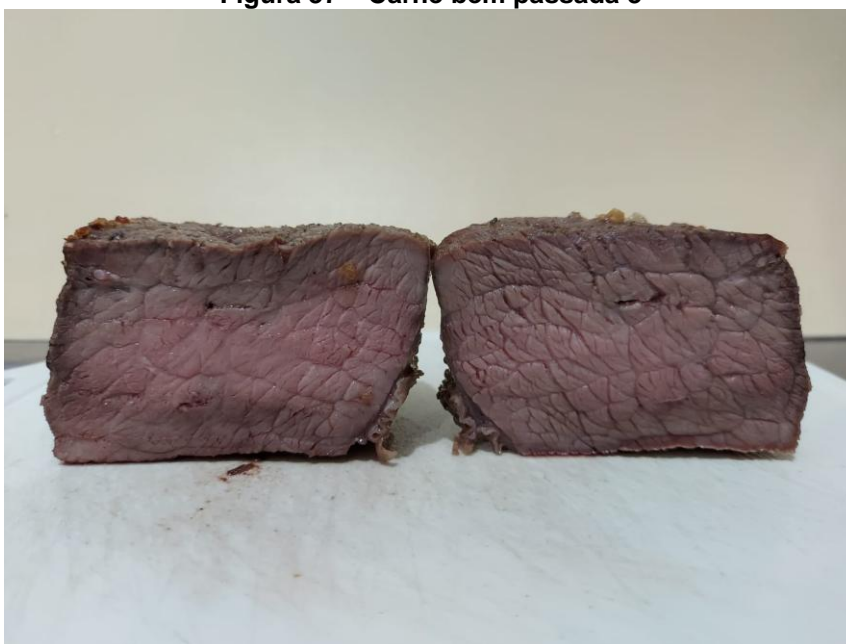


Fonte: Próprio Autor

Figura 36 – Carne bem passada 2



Fonte: Próprio Autor

Figura 37 – Carne bem passada 3

Fonte: Próprio Autor

Para validação dos resultados realizamos a amostra dos pontos de cocção de pelo menos três de cada, para mal passada, no ponto e bem passada, foi feito todo o processo de preparação da carne, ao atingir a temperatura foi retirada do espeto, cortada ao meio e comparada por fotos. Se seguir o procedimento por temperatura a carne fica no ponto desejado.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho de conclusão de curso foi desenvolvida uma ferramenta para a cocção da carne, apresentando com detalhamento os elementos chave envolvidos nas etapas de projeto e fabricação da estrutura mecânica, programação do arduíno e aplicativo para celular.

De acordo com os resultados obtidos os autores consideram que o projeto atendeu os requisitos e os objetivos iniciais, conseguindo entregar o resultado como esperado em uma ferramenta simples que pode ser usada por todos.

Como aprimoramento do projeto realizado vislumbra-se a melhoria de análise de dados para inclusão das seguintes funcionalidades para o aplicativo: (i) previsão de tempo de cocção de acordo com a curva de aquecimento; (ii) indicação

de declínio de temperatura fora do esperado; e (iii) ampliação de testes para aplicação em outros cortes de carne e espécies.

REFERÊNCIAS

- Artur, Patrícia de Oliveira. 2004.** Aplicação do binômio tempo / temperatura em alimentos. Brasília : Univerisdade de Brasília, 2004. p. 56.
- Barbosa, Livia. 2012.** Os donos e as donas da cozinha. [A. do livro] Marcelo Dantas e Maria E. Freitas. *Diversidade sexual e trabalho*. São Paulo : Cengage Learning, 2012.
- BRASIL, ANVISA. 2004.** Resolução - RDC nº 216. 15 de setembro de 2004.
- Braun, Edson Verceli Monteiro. 2014.** Desenvolvimento de uma churrasqueira portátil a carvão sem fumaça. Panambi, RS : Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2014.
- Brusamarello, Valter João e Balbinot, Alexandre. 2006.** *Instrumentação e fundamentos de medidas*. Rio de Janeiro : LTC, 2006. Vol. 1.
- Capelli, Beatriz Midena. 2014.** Desenvolvimento de uma estufa controlada e monitorada remotamente. São Carlos : Universidade de São Paulo, 2014.
- Comério, Jornal do. 2012.** A fumaça que traz a carne. *JC Online*. [Online] Grupo JCPM, 28 de novembro de 2012. [Citado em: 01 de junho de 2020.] especiais.jconline.ne10.uol.com.br/identidade-comestivel/pages/fumeiro.php.
- Eletrônica, Arduíno &. Sensores. Arduino & eletrônica.** [Online] [Citado em: 05 de 12 de 2020.] <https://www.arduinoeeletronica.com.br/produto/modulo-max6675-termopar-k-temperatura-max-6675-arduino-pic/>.
- Eletrônica, Baú da. Microcontrolador ATmega328P. Baú da eletrônica.** [Online] 2020. [Citado em: 01 de junho de 2020.] <https://www.baudaeletronica.com.br/microcontrolador-atmega328p.html>.
- Engineering, Omega. 2020.** Sonda Termopar com Junção de Transição Reforçada com Cabo para Alta Temperatura (revestimento de Inconel® 600 trançado sobre isolamento cerâmico de Nextel®). *Omega*. [Online] 2020. [Citado em: 01 de junho de 2020.] https://br.omega.com/pptst/TJ36-XCIB_CHB.html.
- Espeto, Xpeto. Espetos Giratórios. Xpeto Espeto Portátil Giratório.** [Online] [Citado em: 05 de 12 de 2020.] <https://www.xpeto.com.br/>.
- Flop, Flipe e. Flip e Flop Componentes Eletrônicos. flipeflop.** [Online] [Citado em: 07 de 12 de 2020.] <https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/#tab-description>.
- Hereford, CArne Certificada. Origem do Churrasco. Carne Hereford.** [Online] Associação Brasileira de Hereford e Braford. [Citado em: 01 de junho de 2020.] <http://www.carnehereford.com.br/origens-do-churrasco/>.
- Lisboa, Victor Gabriel Cordeiro. Protoboard. UEL.** [Online] [Citado em: 01 de 03 de 2021.] http://www.uel.br/pessoal/ernesto/arduino/00_Protoboard.pdf.

ME, Milenar Comércio de Alimentos LTDA. 2015. Temperatura e tempo para cocção segura de carnes. *Charcutaria.org*. [Online] 22 de junho de 2015. [Citado em: 01 de junho de 2020.] <https://charcutaria.org/carnes/temperatura-e-tempo-para-coccao-segura-de-carnes/>.

Oliveira, Fernando Henrique. Manual completo do verdadeiro churrasco. [Online] [Citado em: 01 de junho de 2020.] <http://centerpao.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/01/Manual-Completo-do-Verdadeiro-Churrasco.pdf>.

Oliveira, Murilo Trindade de. 2008. Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados via USB utilizando termopares. Ouro Preto : Universidade Federal de Ouro Preto, 2008.

OMS. 2008. Cinco chaves para uma alimentação mais segura: manual. Genebra, Suíça : Organização Mundial da Saúde, 2008.

Pontes, Letícia. 2020. Espeto giratório: como escolher o melhor modelo em 2020. *Sweetesthome*. [Online] 26 de abril de 2020. [Citado em: 01 de junho de 2020.] <https://www.sweetesthome.com.br/espeto-giratorio/>.

Ressignificação, consumo e silêncios da cozinha doméstica. **Pena, Felipe Gouvêa e Saraiva, Luiz Alex Silva. 2019.** jul./set., Salvador : UFBA, 2019, Revista Organizações e Sociedade, Vol. 26. 90.

Ries, Jaime Eduardo. 2010. Atributos valorizados pelos consumidores em relação à carne bovina de venda: estudo de caso da Aproccima. São Leopoldo : UNISINOS, 2010. p. 110.

Scavone, Naira. 2008. O super chefe e a menina prodígio: as posições ocupadas pelo gênero na gastronomia profissional. [A. do livro] UFSC. *Fazendo gênero: corpo, violência e poder*. Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

Silva, Hoberdan Batista. 2006. Montagem d eum controlador de temperatura usando termopar. Uberlândia : Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

Thomsen, Adilson. 2014. O que é arduino. *Felipeflop*. [Online] 02 de setembro de 2014. [Citado em: 01 de junho de 2020.] <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>.

APÊNDICE A – A Programação do Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
#include <max6675.h>
```

```
/*
```

```
*****INSTALAÇÃO*****
```

```
*Botao 1 = pino 4
```

```
*Botao 2 = pino 5
```

```
*Botao 3 = pino 6
```

```
*Botao 4 = pino 7
```

```
*Buzzer = pino 8
```

```
**Sensor temp ambiente**
```

```
*SO = pino 30
```

```
*CS = pino 28
```

```
*CLK = pino 26
```

```
*VCC = pino 24
```

```
*GND = pino 22
```

```
**Sensor temp interna**
```

```
*SO = pino 40
```

```
*CS = pino 38
```

```
*CLK = pino 36
```

```
*VCC = pino 34
```

```
*GND = pino 32
```

```
*/
```

```
// Define a entrada dos botões
byte botao1 = 4;
byte botao2 = 5;
byte botao3 = 6;
byte botao4 = 7;

// Define a entrada do buzzer
byte buzzer = 8;

// Define os dois sensores de temperatura
int SO1 = 30;
int CS1 = 28;
int CLK1 = 26;
int vcc1 = 24;
int gnd1 = 22;

int SO2 = 40;
int CS2 = 38;
int CLK2 = 36;
int vcc2 = 34;
int gnd2 = 32;

MAX6675 sensor1(CLK1, CS1, SO1);
MAX6675 sensor2(CLK2, CS2, SO2);

// Define o modulo bluetooth
SoftwareSerial Bluetooth(10, 11); // RX | TX
```

```
// Variáveis globais
byte InputBt = 0;
byte timer = 0;
byte Selecao = 0;
byte pergunta = 0;
int inicia();
int finaliza();
int le_temp();
int alarme(int Temperatura, int Selecionado);
unsigned long Tempo_At, Tempo_An , Tempo_An_T, Tempo_Buzz, Tempo_Coz,
Temp_Alarme;

void setup()
{

    Serial.begin(9600);

    pinMode(vcc1, OUTPUT);
    pinMode(gnd1, OUTPUT);
    digitalWrite(vcc1, HIGH);
    digitalWrite(gnd1, LOW);

    //Setup botoes
    pinMode(botao1, INPUT_PULLUP);
    pinMode(botao2, INPUT_PULLUP);
    pinMode(botao3, INPUT_PULLUP);
    pinMode(botao4, INPUT_PULLUP);
    pinMode(buzzer, OUTPUT);

    //Setup Bluetooth
```

```
Bluetooth.begin(38400);
Serial.println("Pronto para conectar");

Tempo_At = 0;
Tempo_An = 0;
Tempo_An_T = 0;
Tempo_Buzz = 0;
Tempo_Coz = 0;

}

void loop()
{

    delay(50);
    Tempo_At = millis();
    int Seleccionado = 0;
    int Temperatura = 0;

    Seleccionado = inicia();
    Temperatura = le_temp();

    alarme(Temperatura, Seleccionado);
    finaliza();

}
```

```

int inicia()
{
  int Tempo = 5000;
  int Selecionado;

  while (Selecao == 0)
  {
    if (pergunta == 0)
    {
      Serial.println("Insira o ponto da carne desejado");
      Bluetooth.println("Insira o ponto da carne desejado");
      pergunta = 1;
    }

    if (Bluetooth.available() > 0)
    {
      InputBt = Bluetooth.read();
      Serial.println(InputBt);
    }

    Tempo_At = millis();
    if (((digitalRead(botao1) == false) && ((Tempo_At - Tempo_An) > 500) ) || (InputBt == 1))
    {
      Tempo_An = Tempo_At;
      Serial.println("\nMal Passada\n");
      Bluetooth.println("Mal Passada");
      Selecao = 1;
      break;
    }

    if (((digitalRead(botao2) == false) && ((Tempo_At - Tempo_An) > 500) ) || (InputBt == 2))
    {
      Tempo_An = Tempo_At;

```



```
Serial.println("\nAo Ponto\n");
Bluetooth.println("Ao Ponto");
Selecao = 2;
break;
}
if (((digitalRead(botao3) == false) && ((Tempo_At - Tempo_An) > 500) ) || (InputBt == 3))
{
Tempo_An = Tempo_At;
Serial.println("\nBem Passada\n");
Bluetooth.println("Bem Passada");
Selecao = 3;
break;
}
}
if (Selecao == 1)
{
Selecionado = 31;
Tempo_Coz = (Tempo * 3);
}
else if (Selecao == 2)
{
Selecionado = 70;
Tempo_Coz = (Tempo * 2);
}
else if (Selecionado == 3)
{
Selecionado = 77;
Tempo_Coz = (Tempo / 2);
}
while (Bluetooth.available() > 0)
{
```

```
Bluetooth.flush();
Bluetooth.read();
}
return Seleccionado;
}

int le_temp()
{
  delay(50);
  int Temperatura = 0;
  Tempo_At = millis();
  if ((Tempo_At - Tempo_An_T) >= 5000)
  {
    Temperatura = char(sensor1.readCelsius());
    Tempo_An_T = Tempo_At;
    Serial.print("Temperatura Amb: ");
    Serial.println(Temperatura);

    Bluetooth.print("T_Amb: ");
    Bluetooth.print(Temperatura);
    Bluetooth.println("°C");

    Temperatura = char(sensor2.readCelsius());
    Tempo_An_T = Tempo_At;
    Serial.print("Temperatura Int: ");
    Serial.println(Temperatura);
    Bluetooth.print("T_Int: ");
    Bluetooth.print(Temperatura);
    Bluetooth.println("°C");
  }
}
```

```

    return Temperatura;
}

int finaliza()
{
    Tempo_At = millis();
    if (Bluetooth.available() > 0)
    {
        InputBt = Bluetooth.read();
        Serial.println(InputBt);
    }
    if (((digitalRead(botao4) == false) && ((Tempo_At - Tempo_An) > 500) ) || (InputBt == 4))
    {
        Tempo_An = Tempo_At;
        Selecao = 0;
        InputBt = 0;

        Serial.println("\nOperação Finalizada\n");
        Serial.println("Insira o ponto da carne desejado");
        Bluetooth.println("Operação Finalizada");
        Bluetooth.println("Insira o ponto da carne desejado");
        return 1;
    }
    return 0;
}

int alarme(int Temperatura, int Selecionado)
{
    bool Estado = LOW;
    byte fim;
    fim = finaliza();

```

```

if (Temperatura >= Seleccionado)
{
  Serial.print("Timer: ");
  Serial.println(timer);
  if (timer == 0)
  {
    Temp_Alarme = millis();
    timer = 1;
  }

  Serial.print("\n");
  Serial.println(Temp_Alarme);
  Serial.println(Tempo_Coz);
  Serial.print("\n");

  Serial.println(millis());
  Serial.println(Temp_Alarme + Tempo_Coz);

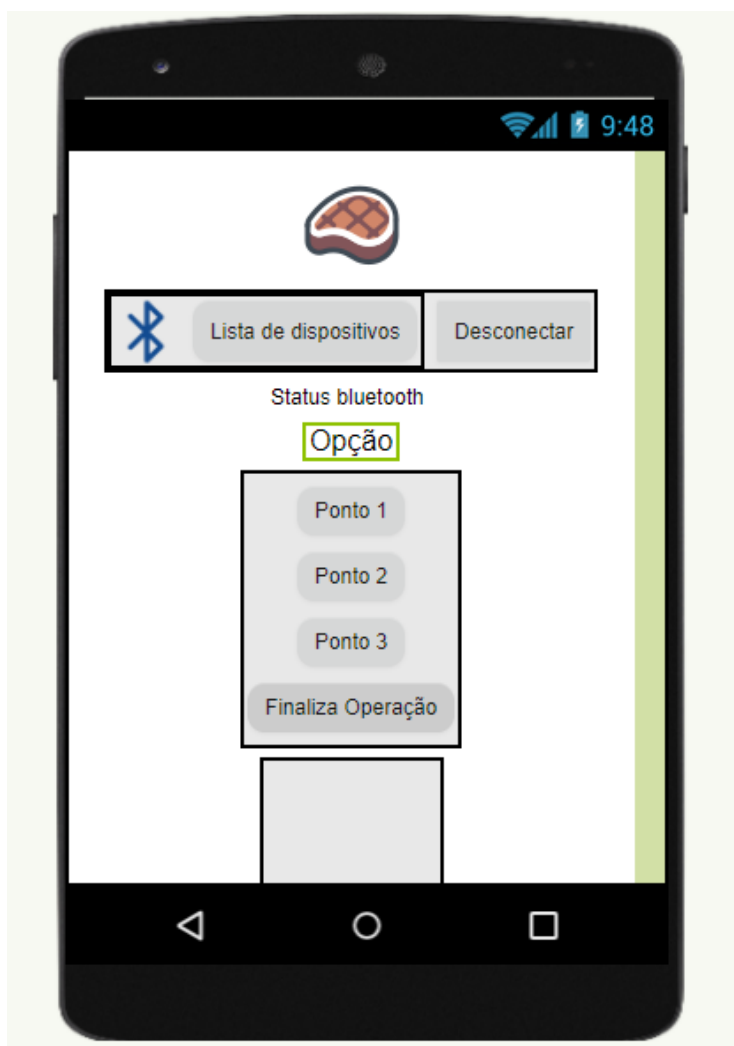
  if (millis() > (Temp_Alarme + Tempo_Coz))
  {
    Bluetooth.println("Cozimento Finalizado");
    Serial.println("Cozimento Finalizado");
    while (fim == 0)
    {
      fim = finaliza();
      Tempo_At = millis();
      if ((Tempo_At - Tempo_Buzz) >= 1000)
      {
        Tempo_Buzz = Tempo_At;
        if (Estado == LOW)
        {

```

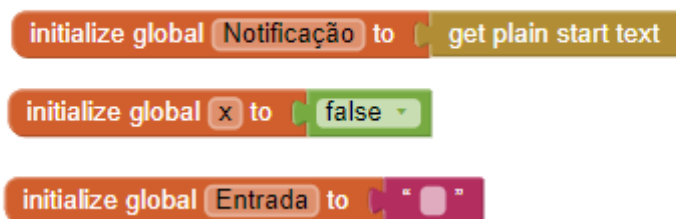
```
    Estado = HIGH;
  } else {
    Estado = LOW;
  }
  digitalWrite(buzzer, Estado);
  timer = 0;
}
}
}
Estado = LOW;
digitalWrite(buzzer, Estado);

}
}
```

APÊNDICE B – A Programação do Aplicativo



Inicia as variáveis



Mostra todos os bluetooths disponíveis e tenta conectar com um selecionado.

```

when ListPicker1 .BeforePicking
do set ListPicker1 . Elements to BluetoothClient1 . AddressesAndNames

when ListPicker1 .AfterPicking
do if call BluetoothClient1 .Connect
    address ListPicker1 . Selection
then set ListPicker1 . Visible to false

when Button4 .Click
do if BluetoothClient1 . IsConnected
then call BluetoothClient1 .Disconnect
set ListPicker1 . Visible to true

```

Envia o comando (1,2,3,4) para o arduíno conforme escolhidos nos botões.

```

when Button1 .Click
do if BluetoothClient1 . IsConnected
then call BluetoothClient1 .Send1ByteNumber
    number 1
set Label4 . Text to " Mal Passada "

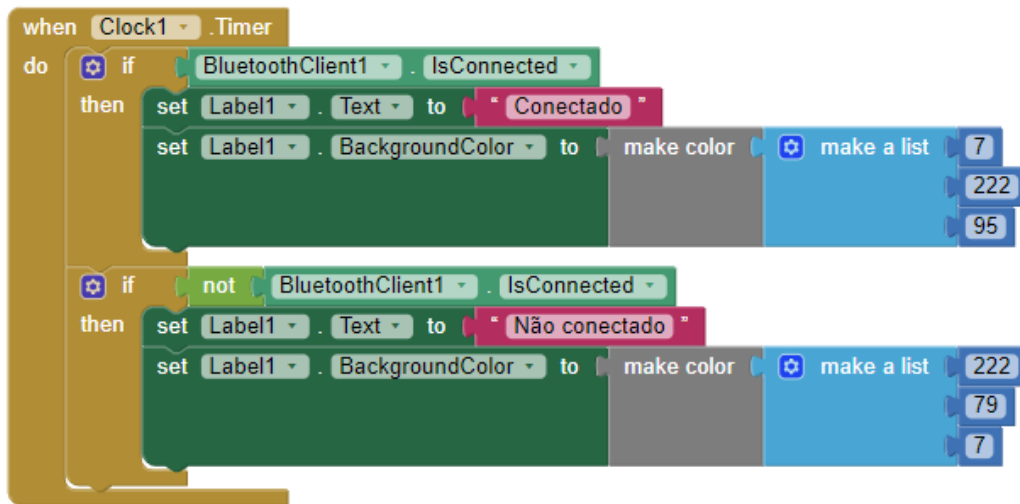
when Button2 .Click
do if BluetoothClient1 . IsConnected
then call BluetoothClient1 .Send1ByteNumber
    number 2
set Label4 . Text to " Ao Ponto "

when Button3 .Click
do if BluetoothClient1 . IsConnected
then call BluetoothClient1 .Send1ByteNumber
    number 3
set Label4 . Text to " Bem Passada "

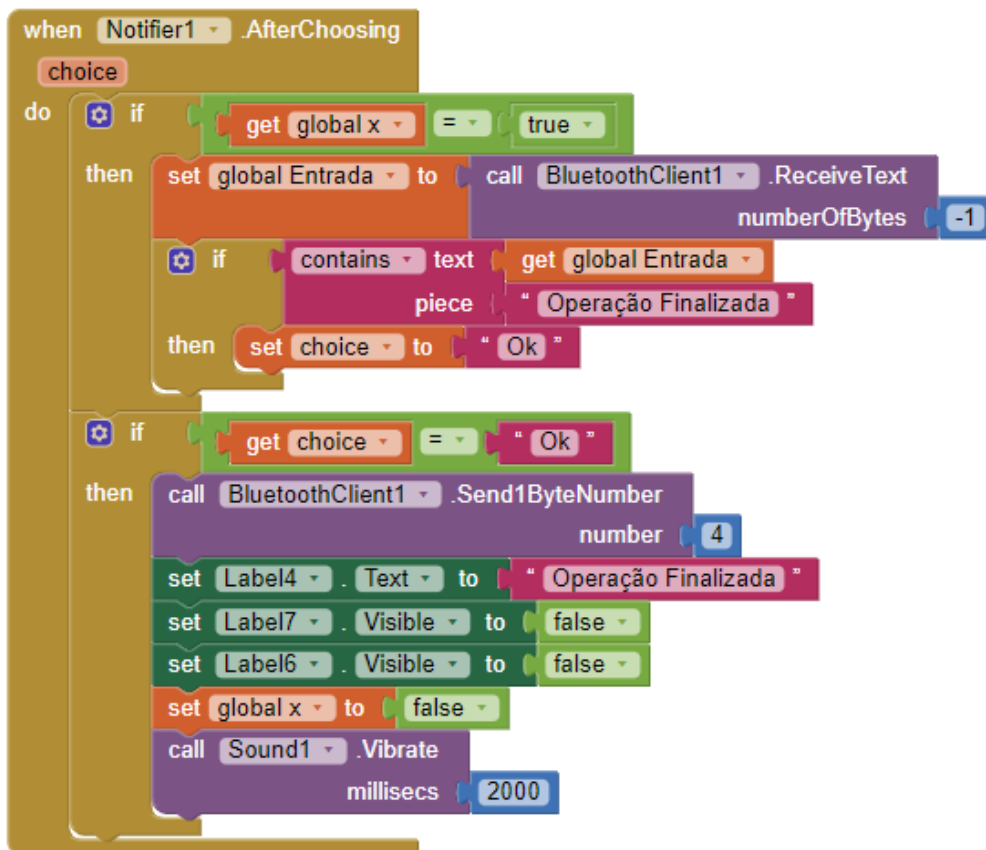
when Button5 .Click
do if BluetoothClient1 . IsConnected
then call BluetoothClient1 .Send1ByteNumber
    number 4
set Label4 . Text to " Operação Finalizada "
set global x to false

```

Muda a cor do texto para quando estiver conectado em um bluetooth.



Envia o comando de finalizar a operação e volta o programa para o zero.



Lê os dados do arduino caso sejam de temperatura interna, ambiente, cozimento concluído e operação finalizada.


```

when Clock2 .Timer
do
  if BluetoothClient1 .IsConnected and call BluetoothClient1 .BytesAvailableToReceive > 0
  then
    if get global x = true
    then
      set global Entrada to call BluetoothClient1 .ReceiveText
      numberOfBytes (-1)
      if contains text get global Entrada
      piece T_Amb
      then
        set Label6 .Visible to true
        set Label6 .Text to get global Entrada
      else if contains text get global Entrada
      piece T_Int
      then
        set Label7 .Visible to true
        set Label7 .Text to get global Entrada
      else if contains text get global Entrada
      piece Operação Finalizada
      then
        set Label7 .Visible to false
        set Label6 .Visible to false
        set Label4 .Text to get global Entrada
        set global x to false
      else if contains text get global Entrada
      piece Cozi
      then
        set Label7 .Visible to true
        set Label6 .Visible to true
        set Label4 .Text to get global Entrada
        call Notifier1 .ShowChooseDialog
        message Cozimento concluído
        title Churrasco
        button1Text ok
        button2Text
        cancelable false
      else
        set Label5 .Text to get global Entrada
    else

```

Lê os dados do arduino caso contenha os cozimentos (mal passada, ao ponto ou bem passada) e passa para ler as temperaturas (acima).

```

else if get global x = false
then
  set global Entrada to call BluetoothClient1 .ReceiveText
  numberOfBytes (-1)
  if contains text get global Entrada
  piece Insira
  then
    set Label4 .Text to get global Entrada
    set Label7 .Visible to false
    set Label8 .Visible to false
  else if contains text get global Entrada
  piece Mal Passada
  then
    set Label4 .Text to get global Entrada
    set global x to true
  else if contains text get global Entrada
  piece Ao Ponto
  then
    set Label4 .Text to get global Entrada
    set global x to true
  else if contains text get global Entrada
  piece Bem Passada
  then
    set Label4 .Text to get global Entrada
    set global x to true
  else
    set Label5 .Text to get global Entrada

```

APÊNDICE C – Especificações Técnicas dos Componentes

Arduíno

Especificações:

- Microcontrolador: ATmega328 (datasheet)
- Tensão de Operação: 5V
- Tensão de Entrada: 7-12V
- Portas Digitais: 14 (6 podem ser usadas como PWM)
- Portas Analógicas: 6
- Corrente Pinos I/O: 40mA
- Corrente Pinos 3,3V: 50mA
- Memória Flash: 32KB (0,5KB usado no bootloader)
- SRAM: 2KB
- EEPROM: 1KB
- Velocidade do Clock: 16MHz

Teclado de membrana 1x4

Especificações:

- Quantidade de Teclas: 4;
- Durabilidade: 1 milhão de ciclos por tecla;
- Limites de Operação: 35VDC, 100mA;
- Temperatura de Funcionamento: 0-70 °C;
- Tempo de Contato: 5ms;
- Comprimento do Cabo: 85mm;
- Comprimento do Cabo: 88mm;
- Dimensões do Teclado: 69x20x1cm.

Sensor Max6675

Especificações:

- Tensão de funcionamento: 3.0 ~ 5.5V
- Circuito de compensação interno integrado junção fria;
- Interface SPI simples de três fios;
- Sinal de temperatura pode ser convertida em 12-bits digital
- Resolução de temperatura de: 0.25° graus;
- Faixa de compensação junção fria: - 20 ~ + 80 graus,
- Faixa leitura junção quente (12bits): 0° C a + 1023,75° C
- Circuito de detecção de quebra de termopar incorporado.
- Dimensões do módulo: 32x15x14mm
- Comprimento sonda tipo k: 50 cm

Protoboard

Especificações:

- Furos: 830
- Faixa de Temperatura: -20 a 80°C
- Para terminais e condutores de 0,3 a 0,8 mm (20 a 29 AWG)
- Resistência de Isolamento: 100MΩ min.
- Tensão Máxima: 500v AC por minuto
- Dimensões: 165mm x 57mm x 10mm

Mini-Protoboard

Especificações:

- 170 pontos
- Cores: Azul
- Dimensões: 45 x 34 x 8,5mm

Espeto Giratório

Especificações:

- Espeto Giratório Elétrico Basic
- Aço Niquelado
- Voltagem 110v ou 220v
- Capacidade: 3 kg de carne
- Comprimento somente o espeto – 62 cm
- Comprimento total: 83 cm
- Não possui regulagem

Buzzer

Especificações:

- Buzzer tipo ativo
- Tensão de operação: 4 à 8VDC
- Corrente de operação: 30mA
- Saída de som mínima (a 10cm): 85dB
- Frequência de ressonância: 2300±300 Hz
- Temperatura de operação: -27 a +70 °C
- Material: ABS
- Cor: Preto
- Dimensões: 11,8 x 9mm