

**INSTITUTO FEDERAL**

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MATHEUS ALEXANDRINO FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA  
DOSAGEM DE MEDICAMENTOS LÍQUIDOS**

João Pessoa  
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha, IFPB *campus* João Pessoa

F383d Ferreira, Matheus Alexandrino.

Desenvolvimento de tecnologia assistiva para dosagem de medicamentos líquidos / Matheus Alexandrino Ferreira. – 2023.  
44 f. : il.

TCC (Graduação – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Processos Industriais, 2023.

Orientação : Prof<sup>º</sup> D.r Luís Romeu Nunes.

1. Deficiência visual. 2. Tecnologia assistiva. 3. Medicamento.  
4. Medicação de gotas – dosagem. I. Título.

CDU 6-056.2 (043)

Elaboração: Lucrecia Camilo de Lima – Bibliotecária CRB 15/132

MATHEUS ALEXANDRINO FERREIRA

DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA DOSAGEM DE MEDICAMENTOS LÍQUIDOS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em  
Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba  
como parte dos requisitos necessários para a obtenção  
do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Luís Romeu Nunes, D. Sc.

João Pessoa  
2023

MATHEUS ALEXANDRINO FERREIRA

DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA DOSAGEM DE MEDICAMENTOS LÍQUIDOS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em  
Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba  
como parte dos requisitos necessários para a obtenção  
do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Trabalho aprovado em 04/08/2023 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 LUIS ROMEU NUNES  
Data: 11/08/2023 17:52:38-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Luís Romeu Nunes, Dr.  
Orientador, IFPB

Documento assinado digitalmente  
 LINCOLN MACHADO DE ARAUJO  
Data: 13/08/2023 23:17:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Lincoln Machado de Araújo, Dr.  
Examinador, IFPB

Documento assinado digitalmente  
 PATRIC LACOUTH DA SILVA  
Data: 11/08/2023 22:06:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Patric Lacouth da Silva, Dr.  
Examinador, IFPB

João Pessoa  
2023

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de toda minha sabedoria, que me deu forças para superar todos os obstáculos durante a elaboração deste trabalho.

À minha amada noiva, Chayanne, meu porto seguro, pelo amor incondicional e apoio constante ao longo dos anos.

Aos meus familiares e amigos, por todas as contribuições para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus professores, por toda dedicação e ensinamentos ao longo do curso. E, em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Luís Romeu Nunes, por sua contribuição inestimável em meu crescimento como estudante e profissional.

## RESUMO

A deficiência visual é uma condição que afeta diretamente a capacidade do indivíduo de realizar tarefas rotineiras. Desse modo, o desenvolvimento de tecnologias que minimizem tais limitações possibilitam uma melhor integração desses indivíduos à sociedade. Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de uma tecnologia assistiva que tem como objetivo auxiliar pessoas com deficiência visual na dosagem de medicamentos líquidos. A proposta do projeto consiste na contagem de gotas e medição do volume dos medicamentos, além da reprodução das informações ao usuário de formas sonoras. O protótipo desenvolvido utiliza uma balança de precisão com exatidão de 0,01 gramas, conectada a um microcontrolador Arduino através do módulo HX711, além de um módulo de áudio DFPlayer Mini para verbalização das informações ao usuário. Os resultados obtidos na reprodução sonora dos dados foram considerados satisfatórios. Por outro lado, nos testes de contagem de gotas e medição de volume, face a variação do volume de uma gota por fatores como a densidade e viscosidade do líquido, o tamanho do orifício do gotejador, a pressão exercida sobre o dosador e até mesmo o ângulo no qual a gota é liberada, foram identificadas margens de erro que demandam melhorias no protótipo. Para isso, propõe-se o uso de outras tecnologias de medição em conjunto com a balança de precisão, como, por exemplo, a utilização de sensores óticos, buscando otimizar o dispositivo e torná-lo ainda mais preciso e confiável. Desse modo, o projeto apresentado poderá contribuir para a redução dos riscos decorrentes da dosagem incorreta de medicamentos, além de ser considerado um dispositivo acessível e de baixo custo.

**Palavras-chave:** Deficiência Visual, Tecnologia Assistiva, medição de gotas.

## ABSTRACT

Visual impairment is a condition that directly affects an individual's ability to perform routine tasks. Thus, the development of technologies that mitigate such limitations enables better integration of these individuals into society. This work presents the development of assistive technology aimed at assisting visually impaired individuals in dosing liquid medication. The main proposal of the project consists of counting drops and measuring the volume of medications, in addition to providing the user with information through sound. The developed prototype employs a precision scale with an accuracy of 0.01 grams, linked to an Arduino microcontroller through the HX711 module, in addition to a DFPlayer Mini audio module for user information verbalization. The results obtained from the auditory reproduction of data were considered satisfactory. However, in drop counting and volume measurement tests, variations in drop volume due to factors such as liquid density, dropper hole size, applied pressure, and even the angle of drop release resulted in identified error margins that require prototype improvements. To address this, the use of other measurement technologies in conjunction with the precision scale is proposed, such as the use of optical sensors, in an effort to optimize the device and make it even more accurate and reliable. In this manner, the presented project may contribute to the reduction of risks stemming from incorrect medication dosing, while also being considered an accessible and cost-effective device.

**Keywords:** Visual Impairment, Assistive Technology, drop counting.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Modelos de Mouse                        | 17 |
| Figura 2 – Linha Braile                            | 17 |
| Figura 3 – Bomba de Infusão Yonah                  | 18 |
| Figura 4 – Medidor de Fluxo                        | 18 |
| Figura 5 – Injetor de Contraste                    | 18 |
| Figura 6 – Sensor Piezoelétrico                    | 19 |
| Figura 7 – Sensor Capacitivo                       | 20 |
| Figura 8 – Sensor Ótico                            | 20 |
| Figura 9 – Protótipo PING                          | 20 |
| Figura 10 – Ângulo de Gotejamento                  | 22 |
| Figura 11 – Arduino UNO                            | 24 |
| Figura 12 – Célula de Carga                        | 25 |
| Figura 13 – Topologia Básica do HX711              | 26 |
| Figura 14 – Módulo HX711                           | 26 |
| Figura 15 – Módulo DFPlayer Mini                   | 27 |
| Figura 16 – Circuito de Coleta de Dados            | 28 |
| Figura 17 – Módulo HX711 e Célula de Carga         | 29 |
| Figura 18 – Circuito de Reprodução Sonora de Dados | 30 |
| Figura 19 – Circuito Módulo MP3 DFPlayer Mini      | 31 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Componentes utilizados               | 24 |
| Tabela 2 – Peso Médio das Gotas de Medicamentos | 32 |
| Tabela 3 – Relação Peso-Volume dos Medicamentos | 33 |
| Tabela 4 – Erro Percentual da Contagem de Gotas | 34 |
| Tabela 5 – Erro Percentual da Medição do Volume | 35 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| ADC     | Conversor Analógico Digital   |
| ANVISA  | Agência Nacional de Vigilância Sanitária                                  |
| CAA     | Comunicação Alternativa e Aumentativa                                     |
| CAT     | Comitê de Ajudas Técnicas   |
| CORDE   | Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência |
| GB      | Gigabyte  |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                           |
| OMS     | Organização Mundial da Saúde  |
| ONU     | Organização das Nações Unidas   |
| RDC     | Resolução de Diretoria Colegiada  |
| SINITOX | Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas                     |
| SD      | Secure Digital  |
| TA      | Tecnologia Assistiva  |
| USB     | Universal Serial Bus  |
| WMV     | Windows Media Video   |

# SUMÁRIO

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                 | 11 |
| 1.1      | Objetivo Geral.....                                     | 13 |
| 1.2      | Objetivos Específicos.....                              | 13 |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....                      | 14 |
| 2.1      | Deficiência Visual.....                                 | 14 |
| 2.2      | Uso de Medicamentos Líquidos.....                       | 14 |
| 2.3      | Tecnologia Assistiva.....                               | 15 |
| 2.4      | Tecnologias para Dosagem de Medicamentos.....           | 17 |
| 2.5      | Densidade de Medicamentos.....                          | 21 |
| 2.6      | Teste de Gotejamento.....                               | 21 |
| <b>3</b> | <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....                        | 23 |
| 3.1      | Metodologia Aplicada.....                               | 23 |
| 3.2      | Materiais Utilizados.....                               | 23 |
| 3.2.1    | Arduino Uno.....  | 24 |
| 3.2.2    | Célula de Carga.....                                    | 25 |
| 3.2.3    | Módulo HX711.....                                       | 26 |
| 3.2.4    | Módulo DFPlayer Mini.....                               | 27 |
| 3.3      | Desenvolvimento do Protótipo.....                       | 27 |
| 3.3.1    | Circuito de Coleta de Dados.....                        | 28 |
| 3.3.2    | Circuito de Reprodução Sonora de Dados.....             | 29 |
| 3.3.3    | Calibração do Protótipo.....                            | 31 |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS OBTIDOS</b> .....                         | 34 |
| <b>5</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                       | 36 |
|          | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                | 38 |
|          | <b>ANEXO 1 – DESENHO ESQUEMÁTICO DO PROTÓTIPO</b> ..... | 43 |
|          | <b>ANEXO 2 – CÓDIGO-FONTE</b> .....                     | 44 |

# 1 INTRODUÇÃO

A inclusão social das pessoas com deficiência é um tema de bastante discussão na atualidade, porém, em boa parte da história da humanidade, as questões referentes à deficiência foram tratadas de forma bastante controversa, sendo motivo de exclusão por grande parte da sociedade.

Em algumas civilizações antigas, a existência de pessoas com deficiência era considerada inútil, sendo tratadas de forma descartável. Na Roma antiga, o sacrifício de bebês que nasciam com algum tipo de deficiência era permitido em todas as classes da sociedade. A primeira mudança de concepção ocorreu a partir do surgimento do cristianismo, no qual o extermínio de pessoas com deficiência tornou-se uma prática condenável, entretanto o tratamento em relação a esse grupo social continuou ocorrendo por meio de soluções segregacionistas, como, por exemplo, a criação de abrigos e escolas especiais, que tinham como principal consequência a exclusão desses indivíduos do convívio social (GARCIA, 2011).

A noção de inclusão social foi disseminada fortemente na sociedade somente a partir da Segunda Guerra Mundial, devido à preocupação com o grande número de pessoas que retornaram da guerra com algum tipo de mutilação física ou transtorno mental (TAHAN, 2012). A partir desse contexto, a sociedade passa a estabelecer diversas mudanças no contexto social e cultural, desenvolvendo novas concepções acerca da aceitação desse grupo social.

O primeiro grande marco histórico para as pessoas com deficiência foi a promulgação pela Organização das Nações Unidas (ONU) da declaração dos direitos da pessoa com deficiência mental em 1971, sendo o primeiro documento internacional a reconhecer os direitos das pessoas com deficiência. No Brasil, a promoção e a garantia dos direitos e liberdades da pessoa com deficiência foram amplamente asseguradas pela legislação por meio do Estatuto das Pessoas com Deficiência de 2015.

De acordo com os dados da Pesquisa Nacional da Saúde, publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2019, existem no Brasil cerca de 17,2 milhões de pessoas com deficiência, o que corresponde a 8,4% da população do país. Além disso, a pesquisa constatou que esse grupo social possui níveis mais baixos de escolaridade, menor participação econômica e piores perspectivas de trabalho.

Diante do exposto, é notável o crescimento do reconhecimento dos direitos das pessoas com deficiência, no entanto, devido a suas limitações físicas ou mentais, esses indivíduos ainda possuem uma grande dependência social para a realização de suas tarefas rotineiras, o que afeta diretamente a sua inclusão na sociedade. De acordo com Leite (2012, p. 51), a deficiência em

si não torna a pessoa incapacitada, mas sim a sua relação com o ambiente, portanto é o meio que é deficiente por não possibilitar o acesso de forma plena a essas pessoas e não proporcionar a equiparação de oportunidade.

Atualmente, a tecnologia tornou-se uma ferramenta indispensável na vida da população em geral, proporcionando conforto e bem-estar até mesmo nas atividades antes consideradas complexas. Desse modo, a tecnologia passa a desempenhar um papel essencial no atendimento a certas necessidades e limitações, gerando novas formas de adaptação. Nesse contexto, surgem as tecnologias assistivas que podem ser definidas como uma área do conhecimento que engloba produtos, recursos e serviços que objetivam promover a funcionalidade de pessoas com deficiência, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (CAT, 2009).

Nesse sentido, observa-se que o desenvolvimento de produtos de tecnologia assistiva possui um grande impacto na adaptação de pessoas portadoras de deficiência, possibilitando a ampliação de suas habilidades deficitárias e a realização de suas funções rotineiras. Desse modo, os produtos de tecnologia assistiva buscam atender necessidades para os mais diversos tipos de limitações, como, por exemplo, o auxílio nas atividades diárias básicas, na comunicação, na acessibilidade computacional, na mobilidade, entre outras.

Desse modo, evidencia-se que o desenvolvimento de uma tecnologia assistiva voltada para auxiliar pessoas com deficiência visual na dosagem de medicamentos líquidos é de suma importância. Essa tecnologia proporcionaria uma maior independência a indivíduos com deficiência visual que enfrentam dificuldades em utilizar medidores volumétricos ou realizar a contagem de gotas. Com essa inovação, essas pessoas teriam a capacidade de dosar seus próprios medicamentos ou os de seus dependentes, concedendo-lhes mais autonomia em suas rotinas diárias.

Neste trabalho, o desenvolvimento de uma tecnologia assistiva que auxilia pessoas com deficiência visual na dosagem de medicamentos líquidos teve como motivação uma demanda real, que surgiu a partir de uma notícia retratando a dificuldade enfrentada por uma mãe portadora de deficiência visual para dosar corretamente os medicamentos de seu filho. A notícia menciona que a mãe utilizava métodos intuitivos, como aproximar o conta-gotas do ouvido, para tentar perceber o número de gotas durante a dosagem. Entretanto, essa técnica é pouco confiável, pois com o acúmulo de líquido, uma película de líquido se forma, afetando a percepção precisa da quantidade de gotas (G1 CEARÁ, 2015). Essa dificuldade reforça a necessidade de desenvolver uma tecnologia assistiva específica para auxiliar nesse processo, garantindo maior segurança e eficiência na dosagem.

## 1.1 Objetivo Geral

Como objetivo geral, propõe-se o desenvolvimento de um protótipo de tecnologia assistiva para o auxílio a deficientes visuais na dosagem de medicamentos líquidos. O dispositivo será composto por uma balança de precisão com exatidão de 0,01 gramas para realização da contagem de gotas e medição do volume dos medicamentos, além da utilização de um módulo MP3 DFPlayer Mini para o armazenamento de mensagens de áudio sobre os valores medidos, os quais serão transmitidas ao usuário através de um alto-falante. O protótipo a ser desenvolvido tem a proposta de ser um dispositivo de baixo custo e de fácil utilização. Vale ressaltar que toda comunicação e processamento de informações será realizada por meio de um microcontrolador Arduino.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Definir os cálculos necessários para a determinação do volume e a quantidade de gotas a partir da utilização da balança de precisão;
- Desenvolver o sistema de reprodução sonora de dados ao usuário;
- Desenvolver o circuito eletrônico do protótipo responsável pela interligação entre os componentes utilizados;
- Desenvolver o software responsável pela operacionalização do protótipo;
- Desenvolver o primeiro protótipo do projeto;
- Testar o protótipo com o auxílio de uma pessoa com deficiência visual.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Deficiência Visual**

A visão é considerada por muitos como a mais dominante entre os cinco sentidos, sendo o principal canal de relacionamento do indivíduo com o mundo exterior. Ela é responsável pela captação de imagens do ambiente externo, as quais possibilitam ao indivíduo a organização, no nível cerebral, das informações captadas pelos órgãos dos demais sentidos (GIL, 2000).

A função visual desempenha um papel essencial em todas as fases da vida do ser humano. Nas fases de formação, ela é a principal responsável pelo acesso a grande maioria dos meios educacionais, culturais e desportivos apresentados pela sociedade, além de contribuir fortemente no desenvolvimento das habilidades sociais essenciais à socialização e ao desenvolvimento de relacionamentos nessa fase. Por outro lado, na fase adulta, a visão possui um papel muito importante na introdução e desenvolvimento do indivíduo no mercado de trabalho, auxiliando em sua independência econômica e na manutenção do seu convívio social.

O termo “deficiência visual” abrange desde os indivíduos que possuem total incapacidade para a visão (cegueira total) até os indivíduos que possuem alteração parcial dessa capacidade funcional a níveis prejudiciais para o exercício de atividades rotineiras (visão subnormal) (CONDE, 2005). Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), divulgados pelo Conselho Brasileiro de Oftalmologia, o número de cegos no mundo alcançou a marca de 36 milhões de pessoas em 2015, enquanto o número de pessoas com visão subnormal chegou a 216,6 milhões.

Dessa maneira, o comprometimento da capacidade visual impõe diversas limitações na orientação, mobilidade, socialização e na realização de tarefas rotineiras pelos portadores dessa deficiência. Por esse motivo, torna-se necessária a contribuição da sociedade no desenvolvimento de equipamentos auxiliares e ambientes inclusivos no sentido de possibilitar a integração e a independência desse grupo social.

### **2.2 Uso de Medicamentos Líquidos**

Os medicamentos são elementos indispensáveis que possuem um papel muito importante na mitigação do sofrimento humano. Eles são capazes de auxiliar na produção de curas, no prolongamento da vida e no retardamento de complicações associadas a doenças,

facilitando o convívio entre o indivíduo e sua enfermidade. Desde o surgimento dos primeiros fármacos, o progresso da terapia medicamentosa tem sido notável para a redução da morbidade e mortalidade em toda a sociedade. (LEITE *et al.*, 2007).

Os medicamentos podem ser apresentados em diversas formas farmacêuticas, visando a administração mais segura, cômoda e eficaz para o paciente. Segundo Ansel *et al.* (2000), as soluções líquidas são definidas como a mistura de substâncias químicas em um ou mais solventes miscíveis, podendo ser classificadas em soluções orais, auriculares, oftálmicas ou tópicas. As formas farmacêuticas líquidas apresentam diversas vantagens em sua utilização, permitindo uma fácil deglutição e rápida absorção pelo paciente devido à sua diluição, sendo, por essa razão, mais indicadas para a utilização pediátrica e geriátrica. Além disso, essa forma farmacêutica possui grande flexibilidade em sua administração, possibilitando o fácil ajuste da dose em função da evolução da doença ou das características do paciente (PINTO e BARBOSA, 2008).

Por outro lado, os medicamentos, mesmo quando usados de forma correta, podem acarretar diversos riscos e reações adversas, exigindo assim diversos cuidados durante a sua utilização. Esses riscos são potencializados quando os medicamentos são utilizados de forma incorreta, sem a devida orientação, podendo gerar sérias consequências para a saúde do paciente, como o agravamento de doenças, o mascaramento de sintomas, o desenvolvimento de resistência microbiana, além dos riscos de intoxicação (ANVISA, 2008).

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (SINITOX) divulgados em 2015, aproximadamente duas pessoas são intoxicadas por hora no Brasil, devido ao mau uso de medicamentos. A automedicação e a dosagem inadequada de medicamentos são as principais responsáveis por esses valores. Diante desse contexto, os medicamentos estão cada vez mais sendo vistos como objetos de consumo e sua utilização ocorrendo de forma banalizada. Além disso, vale ressaltar que as formulações líquidas dosadas a partir do seu volume ou quantidade de gotas são as que possuem a maior propensão a ocorrência de erros de dosagem, devido a precisão da dose depender diretamente da habilidade do paciente.

### **2.3 Tecnologia Assistiva**

A Tecnologia Assistiva pode ser definida como um conjunto de recursos, equipamentos, técnicas e serviços que têm como objetivo melhorar a funcionalidade e a qualidade de vida de pessoas portadoras de deficiências ou de limitações funcionais, sejam elas físicas, sensoriais,

cognitivas ou de comunicação. De acordo com Scherer (2005), a Tecnologia Assistiva visa capacitar as pessoas com deficiência, proporcionando-lhes independência, acesso a informações e igualdade de oportunidades.

No Brasil, em 14 de dezembro de 2007, durante uma reunião do Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) da Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE), foi aprovado o conceito de Tecnologia Assistiva. De acordo com essa definição, a Tecnologia Assistiva é uma área interdisciplinar do conhecimento que abrange produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços com o objetivo de promover a funcionalidade relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou com mobilidade reduzida. Seu propósito principal é buscar a autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social dessas pessoas (CAT, 2007).

A Tecnologia Assistiva, ou TA, apresenta diversas classificações que desempenham um papel fundamental na organização e compreensão das diferentes categorias de recursos disponíveis. Essas classificações podem ser estabelecidas levando em consideração o tipo de deficiência a ser abordada, as funcionalidades específicas oferecidas pelos dispositivos, bem como o contexto de aplicação desejado. Segundo Bersch (2017), dentre as diversas categorias de Tecnologia Assistiva, encontram-se:

1. Atividades de vida diária: Compreende dispositivos assistivos para alimentação, vestuário e higiene pessoal, como talheres modificados e roupas adaptadas.
2. Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA): Compreende dispositivos assistivos como pranchas de comunicação impressa e softwares de reconhecimento de fala.
3. Acessibilidade ao Computador: Compreende dispositivos assistivos como teclados e mouses adaptados, interface de controle por voz, linha braile.
4. Auxílios à mobilidade: Compreende cadeiras de rodas motorizadas, próteses e órteses, veículos adaptados.
5. Auxílios à visão: Compreende dispositivos assistivos como lupas eletrônicas, materiais gráficos com relevo, bengalas eletrônicas.
6. Auxílios à audição: Compreende dispositivos assistivos como aparelhos auditivos, conversores de voz em texto, avatares em libras.

Essas categorias são apenas algumas das inúmeras possibilidades oferecidas pela Tecnologia Assistiva, cada uma voltada para atender necessidades específicas, buscando

compensar limitações funcionais e oferecendo maior independência e qualidade de vida às pessoas portadoras de deficiência (EUSTAT, 1999a).

No contexto de acessibilidade ao computador, a seguir são apresentadas duas imagens que ilustram dispositivos assistivos. A Figura 1 exibe diferentes modelos de mouses adaptados para entrada de dados, garantindo uma interação mais fácil para pessoas com limitações motoras. A Figura 2 mostra uma linha Braille, permitindo a saída de dados em formato tátil para indivíduos com deficiência visual, aprimorando o acesso a conteúdos digitais. Essas tecnologias promovem a inclusão e capacitam os usuários a interagir plenamente com computadores e recursos digitais.

Figura 1 – Modelos de Mouse



Fonte: Bersch (2017)

Figura 2 – Linha Braille



Fonte: Bersch (2017)

## 2.4 Tecnologias para Dosagem de Medicamentos

As tecnologias para dosagem de medicamentos são uma área de crescente desenvolvimento que têm como objetivo garantir a administração precisa e segura de medicamentos, visando a diminuição de erros de dosagem e potencializando a eficácia das administrações. Esse tipo de tecnologia abrange desde dispositivos eletrônicos de liberação controlada com alta precisão até sistemas automatizados inteligentes.

No âmbito hospitalar, dentre as diversas opções disponíveis, destacam-se três exemplos importantes: as bombas de infusão inteligentes, os medidores de fluxo e os injetores de contraste automáticos. As bombas de infusão inteligentes (Figura 3) são dispositivos médicos responsáveis por fornecer fluídos ao corpo do paciente de maneira controlada e precisa. Alguns estudos já demonstram que essas bombas podem reduzir erros de medicação potencialmente fatais em ambientes hospitalares, evidenciando sua relevância na prática clínica (RITTER, 2005).

Figura 3 – Bomba de Infusão Yonah



Fonte: Centrumed Equipamentos Hospitalares (2023)

Por outro lado, os medidores de fluxo (Figura 4) e os injetores de contraste automáticos (Figura 5) são dispositivos amplamente utilizados para administrar doses precisas de medicamentos líquidos e de contrastes radiológicos, respectivamente, contribuindo para otimização do tempo de realização de exames e da administração de medicamentos.

Figura 4 – Medidor de Fluxo



Fonte: SERNIS (2023)

Figura 5 – Injetor de Contraste



Fonte: IMEX (2023)

Além das tecnologias voltadas para o uso em hospitais, as tecnologias domésticas para dosagem de medicamentos têm ganhado bastante destaque. Para indivíduos portadores de deficiência, essas soluções possuem uma contribuição especial na promoção de sua

independência. Alguns exemplos dessas tecnologias são os dispensadores eletrônicos com lembretes visuais ou alarmes sonoros, que auxiliam as pessoas com deficiência visual, auditiva ou motora, e os aplicativos móveis para gerenciamento de medicamentos, que auxiliam as pessoas com dificuldades cognitivas.

Os dispositivos eletrônicos para dosagem de medicamentos podem ser desenvolvidos com base em diversos princípios ou parâmetros. Durante o estudo, foram identificados cinco métodos principais. O primeiro método consiste na mensuração da vibração causada pela queda de uma gota utilizando um sensor piezoelétrico (Figura 6). Esse sensor é capaz de detectar as vibrações geradas pela queda de gotas em um recipiente, permitindo a contagem precisa do número de gotas adicionadas. No entanto, essa técnica requer uma alta sensibilidade de detecção por parte do sensor, o que o torna mais suscetível a interferências externas, podendo impactar na precisão da dosagem.

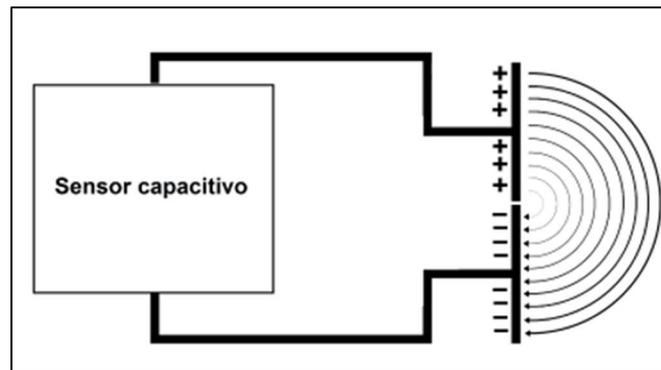
Figura 6 – Sensor Piezoelétrico



Fonte: 4HOBBY (2023)

O segundo método estudado consiste na detecção da quantidade de medicamentos por meio de um sensor capacitivo. Nessa abordagem, o sensor opera com base na variação da capacitância causada pela adição do medicamento no campo do sensor. Essa variação é detectada e quantificada, fornecendo informações sobre o volume de medicamento adicionado. A Figura 7 ilustra o princípio de funcionamento deste sensor.

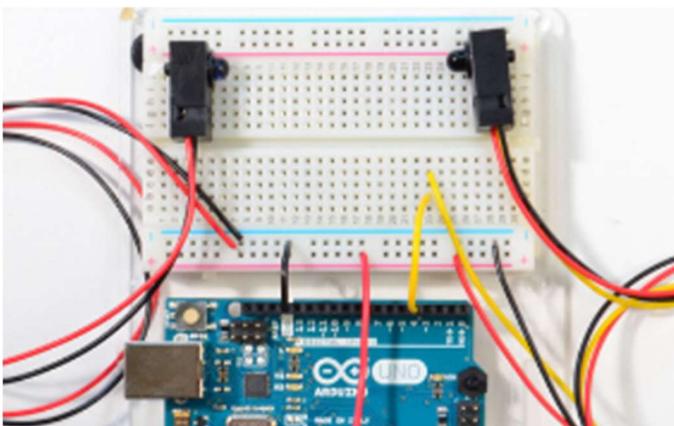
Figura 7 – Sensor Capacitivo



Fonte: Vida de Silício (2018)

A terceira abordagem envolve a utilização de sensores óticos (Figura 8) para detectar mudanças na luz ou refração da luz causadas pela passagem das gotas de líquido. A detecção ocorre quando o líquido passa entre o emissor e o receptor do sensor, e a mudança na luz é captada, permitindo a contagem das gotas (NETWORK, 2023). Essa técnica tem mostrado eficácia e já existem produtos comercializados utilizando essa abordagem. Um exemplo é o protótipo apresentado na Figura 9, desenvolvido por discentes e docentes da Universidade Federal da Paraíba. Esse dispositivo possui formato de disco com um orifício central, no qual as gotas são adicionadas e detectadas por meio da utilização de um sensor ótico. Além disso, sempre que uma gota é identificada, o protótipo emite um aviso sonoro através de um buzzer.

Figura 8 – Sensor Ótico



Fonte: Network Project (2023)

Figura 9 – Protótipo PING



Fonte: Nogueira (2014)

O quarto método estudado consiste na detecção por processamento de imagens. Nesse caso, uma câmera ou sensor de imagem é utilizado para capturar imagens do tamanho das gotas em queda em um recipiente, em seguida, um algoritmo de processamento de imagens é aplicado

para contar as gotas ou determinar o volume com base nas características das imagens obtidas (SCHNELL,1997).

Por fim, o método proposto no presente trabalho, que consiste na utilização de uma balança de precisão para a detecção, baseando-se na relação peso-volume dos medicamentos líquidos. Essa escolha foi fundamentada na busca por uma solução que permitisse a medição simultânea do volume e da quantidade de gotas. Ao utilizar uma balança de alta precisão, é possível obter valores exatos do peso das gotas e, conseqüentemente, determinar o volume com maior precisão. Além disso, a balança pode ser calibrada de acordo com as características físicas e densidade dos medicamentos, tornando-a adequada para diferentes tipos de líquidos. Vale salientar que cada método possui vantagens e desvantagens, de acordo com as necessidades específicas e o seu contexto de uso. Além disso, essas tecnologias podem ser utilizadas de forma conjunta com o objetivo de aprimorar a sua precisão e eficácia. Ressalta-se que essa abordagem não só sinaliza a contagem de gotas através de um buzzer, mas verbaliza a quantidade de gotas e também o volume total no recipiente.

## **2.5 Densidade de Medicamentos**

A densidade, também conhecida como massa específica, é um relevante parâmetro físico-químico utilizado na caracterização de materiais. Essa propriedade é definida como sendo a razão entre a massa e o volume ocupado por um corpo ou substância (SERWAY *et al.*, 2004). Para as dosagens de medicamentos, esse parâmetro é de extrema importância para assegurar a exatidão e a segurança na administração, evitando subdosagens ou superdosagens.

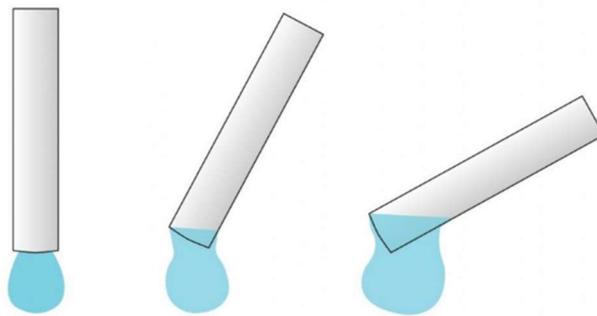
No contexto da indústria farmacêutica, a avaliação da densidade é uma etapa essencial durante todo o processo de fabricação e desenvolvimento de medicamentos. Essa análise é de vital importância no cálculo das quantidades exatas de ingredientes ativos e excipientes necessários para cada dose desenvolvida, sendo de responsabilidade das fabricantes farmacêuticas garantir o cumprimento dos requisitos de segurança, qualidade e eficácia estabelecidos de acordo com a RDC nº 301/2019 (BRASIL, 2019).

A densidade de cada medicamento pode variar de acordo com a sua formulação e composição específica, sendo geralmente expressa em unidades de massa por unidade de volume, como gramas por mililitro (g/mL).

## 2.6 Teste de Gotejamento

As fórmulas farmacêuticas em forma de gotas são amplamente empregadas em diversas situações, especialmente quando é necessária uma ação mais rápida do medicamento. Além disso, são frequentemente utilizadas na administração pediátrica e em vias como a nasal, auricular ou oftálmica. A uniformização das gotas no processo de fabricação de medicamentos é uma tarefa bastante complexa, uma vez que o volume de uma gota pode variar devido a diversos fatores, como a densidade e viscosidade do líquido, o tamanho do orifício do gotejador, a pressão exercida sobre o dosador e até mesmo o ângulo no qual a gota é liberada (JOAQUÍN, 1999). A Figura 10 exemplifica a variação do tamanho da gota de acordo com o ângulo de gotejamento.

Figura 10 – Ângulo de Gotejamento



Fonte: Alvarenga (2023)

Nesse sentido, o teste de gotejamento é um procedimento destinado a determinar a relação do número de gotas liberadas por um conta-gotas ou outro dispositivo de administração a cada mililitro. De acordo com a Farmacopeia, em um teste com diversas amostras, o produto será considerado aprovado quando os valores medidos estiverem dentro da faixa de 85,0% a 115,0% da quantidade declarada (BRASIL, 2010). A partir desses critérios estabelecidos, é possível concluir que essa faixa representa a margem de erro aceitável para dosagem de medicamentos líquidos de uso comum. Essa margem de erro permite avaliar a precisão e a confiabilidade dos dispositivos de administração e garantir que a dosagem seja adequada e segura para o uso dos medicamentos por pessoas com deficiência visual ou por seus dependentes.

Como exemplo, o estudo "Avaliação da Qualidade de Soluções Orais de Paracetamol" realizou testes em diversas especialidades farmacêuticas líquidas contendo paracetamol, verificando as variações dos valores de gotejamento. No estudo, os resultados apontaram que

as variações ficaram dentro da margem de aproximadamente 9%, o que está de acordo com os critérios estabelecidos pela Farmacopeia, atestando a boa qualidade das amostras (TESCAROLLO, 2020).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo, serão apresentados os métodos e procedimentos adotados no desenvolvimento do protótipo proposto, com a finalidade de alcançar os objetivos estabelecidos para o projeto. Além disso, serão descritos detalhadamente os materiais utilizados ao longo do processo de concepção e construção do protótipo.

#### **3.1 Metodologia Aplicada**

Para atingir os objetivos propostos e testar a efetividade do protótipo, foi conduzido um estudo baseado em duas fases distintas.

Na primeira fase, realizou-se o desenvolvimento e a montagem do circuito elétrico do dispositivo, capaz de executar a contagem de gotas e a medição precisa do volume dos medicamentos. Essa funcionalidade foi obtida por meio da utilização de uma balança de precisão integrada a um microcontrolador, aliada ao uso de diferentes módulos. Posteriormente, foram desenvolvidos os softwares para coletar e tratar os dados coletados pela balança, bem como para transmitir as informações ao usuário de forma sonora.

Na segunda fase, o foco se direcionou ao estudo de uma amostra representativa, previamente definida, de medicamentos comumente utilizados pela população. O objetivo principal foi testar a eficácia do protótipo desenvolvido, além de mensurar a margem de erro e avaliar a viabilidade do dispositivo em lidar com as diferentes densidades presentes entre os mais diversos medicamentos.

#### **3.2 Materiais Utilizados**

Nesta seção, serão apresentados todos os componentes e equipamentos empregados no desenvolvimento do protótipo. Na escolha de cada material, priorizou-se a busca por componentes de baixo custo, acessíveis e com boa qualidade, com o objetivo de tornar o protótipo economicamente viável e facilmente acessível, além de garantir a obtenção de

resultados precisos e confiáveis. A Tabela 1 apresenta todos os componentes utilizados no protótipo, juntamente com o seu respectivo custo.

Tabela 1 – Componentes utilizados

| Material                              | Quantidade | Preço             |
|---------------------------------------|------------|-------------------|
| Arduino Uno                           | 1          | R\$ 40,00         |
| Balança (Célula de carga + Estrutura) | 1          | R\$ 30,00         |
| Botão tipo "PushButton"               | 2          | R\$ 3,00          |
| Buzzer                                | 1          | R\$ 2,00          |
| Jumpers diversos                      | -          | -                 |
| Mini Alto-Falante 0,5 Watts           | 1          | R\$ 3,00          |
| Módulo DFPlayer Mini                  | 1          | R\$ 25,00         |
| Módulo HX711                          | 1          | R\$ 11,00         |
| Protoboard                            | 1          | R\$ 20,00         |
| Resistores 330 $\Omega$               | 2          | R\$ 0,30          |
| Resistores 10 K $\Omega$              | 2          | R\$ 0,30          |
| <b>Total</b>                          |            | <b>R\$ 134,60</b> |

Fonte: Autoria Própria (2023)

### 3.2.1 Arduino UNO

O Arduino é uma plataforma de desenvolvimento de código aberto amplamente utilizada para prototipagem de projetos eletrônicos. Para este projeto, utilizou-se a placa Arduino UNO (Figura 11), escolhida devido à facilidade de utilização, baixo custo e disponibilidade, a placa é baseada no ATmega328P, oferece 14 pinos de entrada/saída digitais e 6 pinos analógicos, além de ser alimentada por fonte externa ou através de conexão USB com um computador (ARDUINO, 2023).

Figura 11 – Arduino UNO



Fonte: Eletrodex Eletrônica (2022)

A placa Arduino é o componente central para o desenvolvimento do protótipo, responsável por alimentar e interligar todos os demais elementos. Atuando como o centro de controle do dispositivo, ela recebe comandos do usuário, coleta dados da balança, processa as informações e, por fim, transmite os resultados ao usuário.

### 3.2.2 Célula de carga

A célula de carga é um dispositivo eletromecânico que realiza a medição das deformações de um corpo, convertendo-as em tensão elétrica. Essa medição é obtida por meio de sensores do tipo *strain gauge*, ou extensômetros, que transformam a deformação em tensão mecânica. A célula de carga utiliza um circuito conhecido como ponte de Wheatstone, que amplifica o sinal elétrico à medida que a estrutura é submetida a maior peso ou força (CARER; CARRARO, 2010).

O princípio de funcionamento da célula de carga é baseado na variação de resistência ôhmica do extensômetro, que é fixado em uma estrutura rígida e submetido a uma deformação. Geralmente, as células de carga utilizam quatro extensômetros interligados em um circuito de Ponte de Wheatstone, no qual o desequilíbrio resultante da deformação dos extensômetros é diretamente proporcional à força aplicada.

Esse sistema é amplamente empregado em diversas aplicações, como balanças e sistemas de pesagem, permitindo a obtenção de medidas precisas de força e peso em diferentes contextos industriais, comerciais e domésticos. A Figura 12 apresenta um exemplo de célula de carga similar à utilizada no projeto.

Figura 12 – Célula de Carga

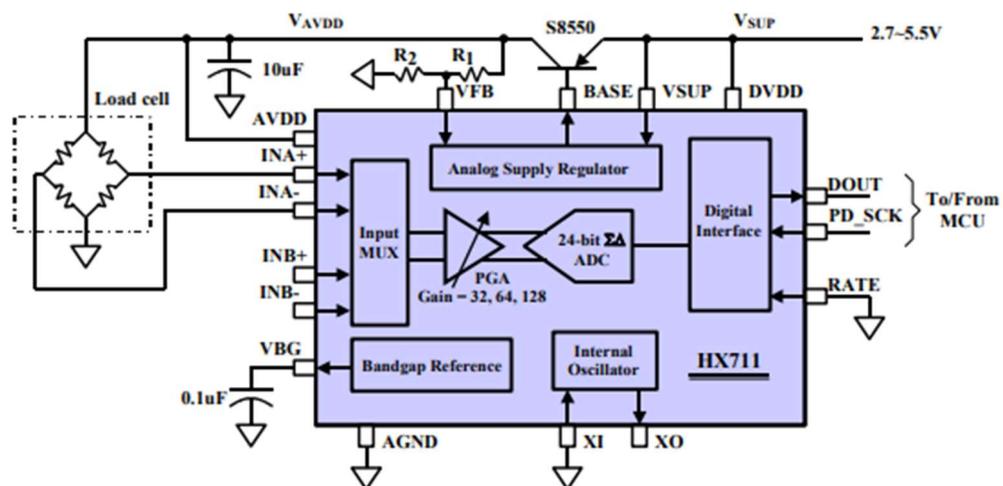


Fonte: Masterwalker (2023)

### 3.2.3 Módulo HX711

O HX711, ilustrado na Figura 13, é um componente eletrônico fundamental em projetos de medição de peso e força, sendo especialmente desenvolvido para trabalhar em conjunto com balanças industriais ou em aplicações de controle para células de carga. Ele funciona como um conversor analógico-digital de alta precisão com uma resolução de 24 bits, sendo capaz de realizar medições com uma grande sensibilidade, permitindo a detecção de mudanças sutis no peso ou na força aplicada (KOLLROSS, 2016).

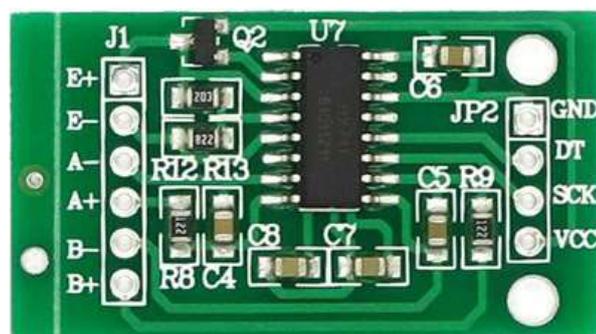
Figura 13 – Topologia Básica do HX711



Fonte: SEMICONDUCTOR (2018)

Para facilitar o uso, pode-se optar pelo módulo pré-fabricado (Figura 14), que já inclui os resistores e capacitores necessários, além de contar com o chip HX711 ADC integrado. No presente projeto, foi utilizada essa opção, tornando o processo de implementação mais prático e eficiente.

Figura 14 – Módulo HX711



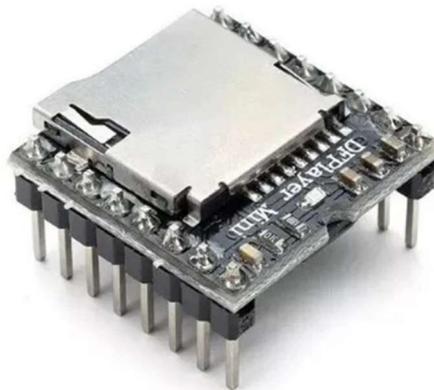
Fonte: Circuit Electronics (2023)

### 3.2.4 Módulo DFPlayer Mini

O DFPlayer Mini é um módulo serial amplamente utilizado em projetos com áudios ou efeitos sonoros, sendo uma solução eficiente e de baixo custo para a reprodução de arquivos de áudio nos formatos MP3 e WMV. Ele possui uma interface de comunicação serial que permite a sua fácil integração com microcontroladores, como o Arduino. Por meio de comandos seriais simples, é possível especificar a reprodução de áudios e realizar outras funções como o controle do volume, da reprodução, repetição, entre outras.

O módulo DFPlayer Mini funciona com tensões entre 3,2V e 5V. Além disso, possui um leitor de cartão microSD com suporte para cartões de até 32 GB de armazenamento. Os áudios gravados devem ser organizados por pastas, sendo possível a utilização de até 100 pastas, nas quais cada uma pode conter até 1000 arquivos de áudios. O módulo também possui controle de volume ajustável em até 30 níveis e equalização em até 10 níveis. A Figura 15 ilustra o módulo mencionado.

Figura 15 – Módulo DFPlayer Mini



Fonte: Robobuilders (2023)

## 3.3 Desenvolvimento do Protótipo

Para facilitar a elaboração do protótipo, foram adotadas três etapas de desenvolvimento distintas: a criação do circuito de coleta de dados, a criação do circuito de reprodução sonora de dados e a calibração do protótipo.

O primeiro circuito é responsável por coletar os dados da balança e dos botões pressionados pelos usuários, enquanto o segundo é responsável pela reprodução sonora dos dados processados, sendo composto por um buzzer e por um módulo DFPlayer Mini.

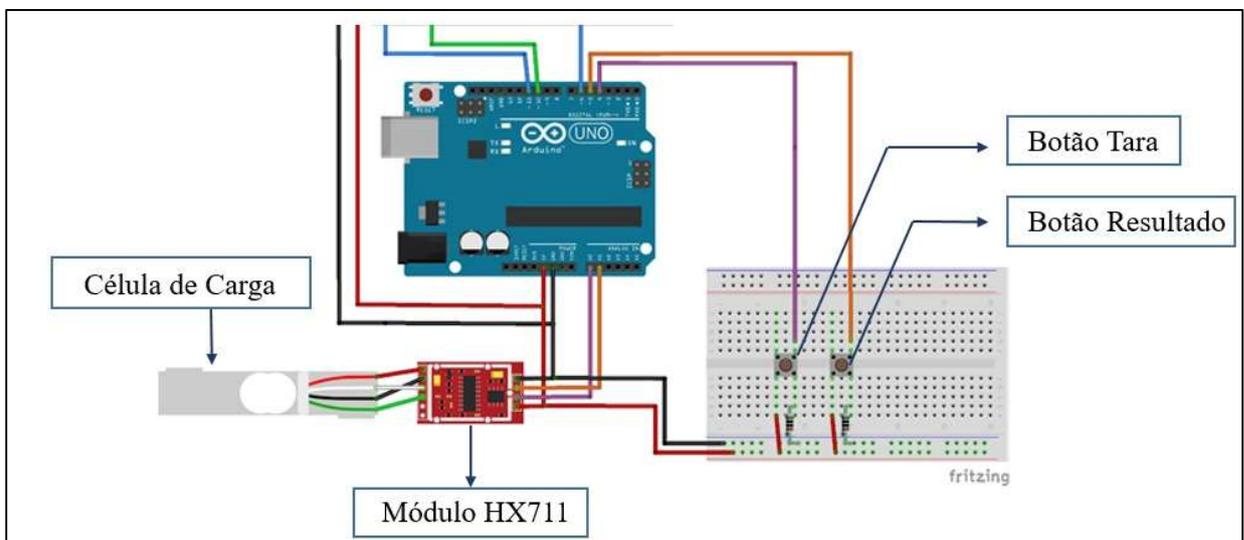
Na terceira etapa, uma amostra representativa de 15 medicamentos foi montada com o objetivo de estabelecer parâmetros a serem adotados para o protótipo. O objetivo central dessa etapa foi estabelecer valores fundamentais a serem adotados como referência no protótipo em questão. Entre esses valores, foram determinados o peso médio de uma gota e uma relação geral entre volume e peso para medicamentos.

O Anexo 1 deste trabalho apresenta o esquemático completo do protótipo, fornecendo uma visão detalhada das interconexões e dos componentes utilizados. A seguir, será apresentado o detalhamento de cada etapa de desenvolvimento do projeto.

### 3.3.1 Circuito de Coleta de Dados

Nesta fase inicial, foi realizada a montagem do circuito eletrônico de coleta de dados com o auxílio de jumpers e de uma protoboard, permitindo a integração entre o módulo HX711, a célula de carga e os dois botões, conforme ilustrado na Figura 16.

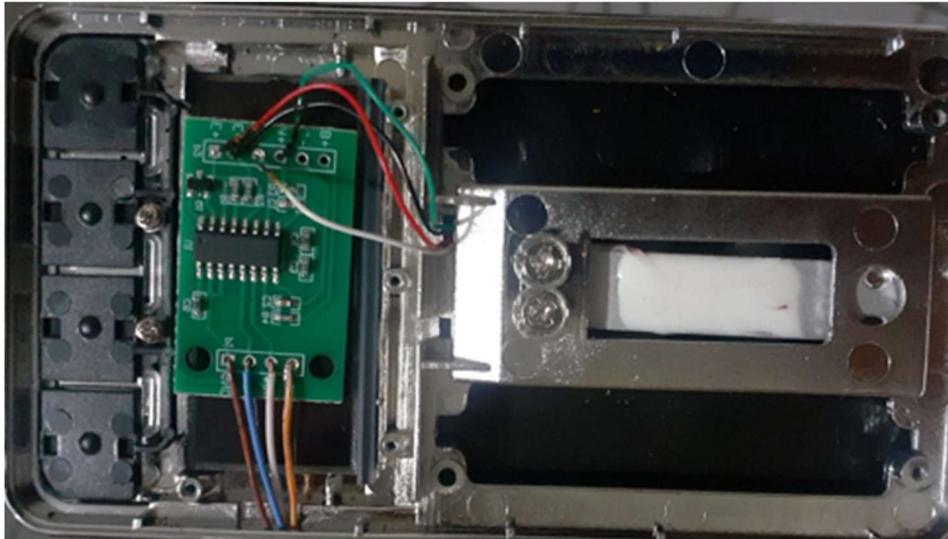
Figura 16 – Circuito de Coleta de Dados



Fonte: Autoria Própria (2023)

Primeiramente, o módulo HX711 foi integrado à estrutura interna da balança, como ilustrado na Figura 17. Para isso, os quatro fios da célula de carga foram conectados da seguinte forma: os fios de alimentação positivo e negativo da célula de carga foram conectados, respectivamente, aos pinos E+ e E- do módulo, enquanto os fios de transmissão de dados foram conectados aos pinos A+ e A- do módulo.

Figura 17 – Módulo HX711 e Célula de Carga



Fonte: Aatoria Própria (2023)

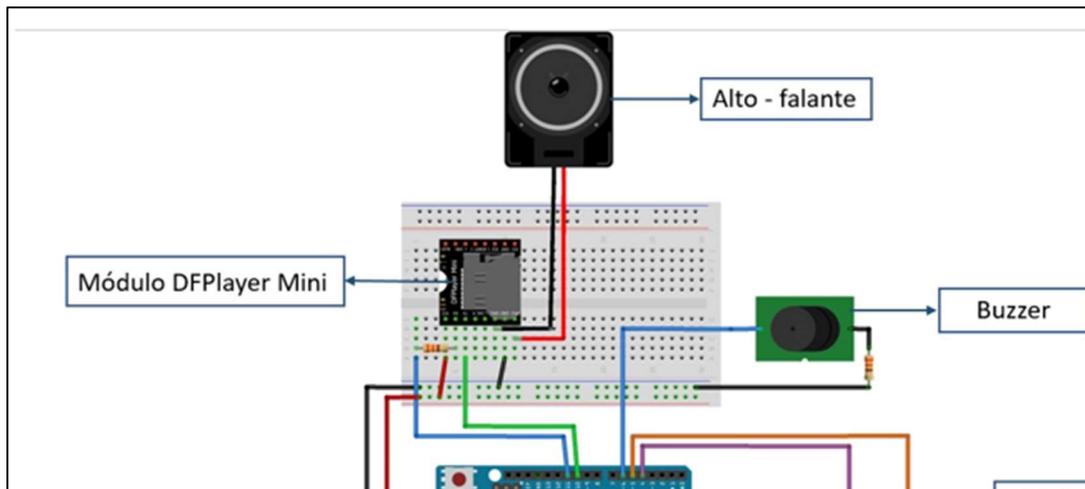
Logo em seguida, foi realizada a conexão do HX711 com o Arduino seguindo o circuito esquemático anteriormente apresentado. Quanto ao software, ele foi programado para efetuar a leitura contínua de todos os dados provenientes da balança.

Por fim, é importante destacar a função distintiva de cada botão utilizado no protótipo. O botão conectado ao pino 4 do Arduino tem o propósito de executar a função de tara da balança, além de restabelecer os valores das variáveis ao estado inicial. Por outro lado, ao botão conectado ao pino 5 foi atribuída a tarefa de executar a função de reprodução sonora dos resultados já coletados e devidamente processados. Assim, o botão no pino 4 é responsável por iniciar as ações no dispositivo, enquanto o botão no pino 5 as finaliza.

### 3.3.2 Circuito de Reprodução Sonora de Dados

Na segunda etapa do desenvolvimento, procedeu-se com a montagem do circuito eletrônico responsável pela reprodução dos efeitos sonoros ao usuário. Esse circuito é composto pelo buzzer e pelo módulo DFPlayer Mini, conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Circuito de Reprodução Sonora de Dados



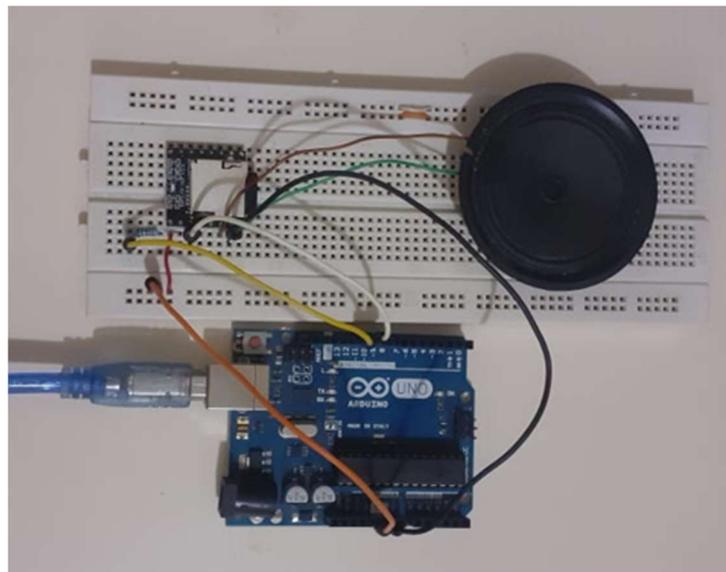
Fonte: Autoria Própria (2023)

Inicialmente, foi realizado o processo de conexão do módulo MP3 DFPlayer Mini. Este componente opera em conjunto com um alto-falante de 0,5 Watts, que é conectado aos pinos de saída de áudio do módulo, e é responsável pela reprodução dos arquivos de áudio. Além disso, foram efetuadas as conexões dos pinos de alimentação, sendo os pinos positivo e negativo do Arduino responsáveis por fornecer a energia necessária para o funcionamento do módulo. Para a comunicação entre o módulo DFPlayer Mini e o Arduino, foi utilizada a comunicação serial via protocolo UART. Dois pinos do módulo, RX (Recebimento) e TX (Transmissão), foram empregados para a troca de dados entre os dispositivos e conectados a duas portas digitais do Arduino.

No que diz respeito ao software, foram implementadas funcionalidades para o buzzer, que é programado para emitir um sinal sonoro com duração variada sempre que houver detecção ou alteração nos valores lidos pela balança. A duração do som é ajustada de acordo com as mudanças nos valores lidos, o que permite que o usuário identifique de forma sonora os diferentes fluxos ou quantidades de medicamento adicionados ao dispositivo. Em outras palavras, o som é prolongado ou encurtado conforme variações nos valores da balança, tornando a interação sonora mais informativa para o usuário, indicando as diferentes quantidades de medicamento de forma audível. Para conectar o buzzer, foi utilizada uma porta digital de saída do Arduino, enquanto o outro terminal do buzzer foi conectado ao GND (terra) por meio de um resistor. Essa configuração permite que o Arduino controle o buzzer e o acione quando programado.

Em relação ao módulo DFPlayer Mini, este foi programado para reproduzir áudios pré-gravados, levando em consideração as variáveis coletadas pelo Arduino. Dessa forma, toda vez que o botão for pressionado, o módulo reproduzirá os áudios correspondentes ao volume e à quantidade de gotas adicionadas ao dispositivo desde o seu acionamento. Vale destacar que os arquivos de áudios foram criados a partir de um serviço on-line, utilizando a plataforma *Sound of Text*. A Figura 19 ilustra o circuito montado com o módulo DFPlayer Mini.

Figura 19 – Circuito do Módulo MP3 DFPlayer Mini



Fonte: Autoria Própria (2023)

### 3.3.3 Calibração do Protótipo

Antes de prosseguir com os testes de funcionalidade, o protótipo passou por uma etapa de calibração, na qual foram realizadas medições detalhadas com um conjunto representativo de 15 medicamentos diversos. O objetivo dessa calibração era determinar valores fundamentais, como o peso médio de uma gota e uma relação geral entre peso e volume, que seriam adotados como referência no funcionamento do dispositivo. Para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados, uma variedade de medicamentos foi selecionada com diferentes propriedades, viscosidades e características físicas.

O primeiro parâmetro avaliado foi o peso médio de uma gota de cada medicamento. Para isso, uma série de gotas foi contada e pesada utilizando uma balança com precisão de 0,01 gramas. Com o objetivo de avaliar a repetitividade dos resultados, foram conduzidos 4 diferentes testes para cada substância da amostra, cada um com uma quantidade diferente de medicamento: 1 gota, 10 gotas, 20 gotas e 40 gotas. Isso permitiu obter uma média

representativa do peso de uma gota para cada substância. Vale ressaltar que os testes foram realizados nas mesmas condições em todas as repetições. Após as medições, constatou-se que o peso médio das gotas, considerando todos os medicamentos, foi de aproximadamente 0,05g. A Tabela 2 apresenta os valores individuais do peso médio das gotas para cada medicamento testado.

Tabela 2 – Peso Médio das Gotas de Medicamentos

| Nome Genérico          | Peso (g) por gota |
|------------------------|-------------------|
| Expectorante           | 0,02              |
| Colírio                | 0,03              |
| Dexametasona           | 0,03              |
| Diclofenaco            | 0,03              |
| Vitamina B12           | 0,03              |
| Vitamina D             | 0,03              |
| Dipirona               | 0,04              |
| Antiespasmódico A      | 0,04              |
| Anti-histamínico A     | 0,05              |
| Nimesulida             | 0,05              |
| Simeticona (Antigases) | 0,05              |
| Paracetamol            | 0,05              |
| Vitamina C             | 0,05              |
| Ibuprofeno             | 0,09              |
| Sulfato ferroso        | 0,11              |
| <b>Peso Médio</b>      | <b>0,05</b>       |

Fonte: Autoria Própria (2023)

Em seguida, foi estabelecida uma relação geral entre peso e volume para os medicamentos testados. Para isso, foram realizadas medições do volume de cada gota e seu correspondente peso, utilizando a mesma metodologia de repetitividade aplicada no teste anterior. Com base nesses dados, foi possível calcular a relação entre o peso e o volume para cada medicamento específico. A relação geral encontrada foi de aproximadamente 1 ml = 1,09g. A Tabela 3 apresenta essa relação para cada medicamento testado.

Tabela 3 – Relação Peso-Volume dos Medicamentos

| Nome Genérico          | Peso (g) para cada 1 ml |
|------------------------|-------------------------|
| Vitamina D             | 0,69                    |
| Diclofenaco            | 0,94                    |
| Colírio                | 0,95                    |
| Anti-histamínico A     | 0,95                    |
| Vitamina B12           | 0,95                    |
| Expectorante           | 0,97                    |
| Sulfato ferroso        | 1,02                    |
| Antiespasmódico A      | 1,05                    |
| Ibuprofeno             | 1,05                    |
| Vitamina C             | 1,11                    |
| Dipirona               | 1,18                    |
| Paracetamol            | 1,27                    |
| Dexametasona           | 1,31                    |
| Nimesulida             | 1,42                    |
| Simeticona (Antigases) | 1,55                    |
| <b>Peso Médio</b>      | <b>1,09</b>             |

Fonte: Aatoria Própria (2023)

Após a determinação desses valores, o protótipo foi programado para utilizá-los como valores de referência em todas as medições subsequentes. O Anexo 2 apresenta o repositório criado durante o desenvolvimento do projeto, contendo o código-fonte desenvolvido e os links para os vídeos dos testes de funcionalidade realizados.

## 4 RESULTADOS OBTIDOS

Para a avaliação dos resultados do protótipo, foram utilizadas as mesmas 15 amostras de medicamentos previamente selecionadas durante a fase de treinamento. Essas amostras foram testadas no protótipo em funcionamento para verificar a eficiência das três principais funcionalidades: teste de contagem de gotas, teste de medição de volume e teste de reprodução sonora dos resultados.

No teste de contagem de gotas, o protótipo apresentou resultados variados. Enquanto algumas amostras foram contadas com precisão, outras apresentaram inconsistências, resultando em valores que, de modo geral, não foram considerados adequados. Foi possível obter uma contagem precisa em 5 amostras, entretanto, as outras 10 amostras apresentaram erros variando entre 20% a 120%. Essa margem de erro observada pode ser atribuída às diferentes formas e tamanhos dos dosadores adotados por cada medicamento, bem como às possíveis variações nas propriedades físicas dos medicamentos, como densidade e viscosidade. Essas variações afetam diretamente a precisão do processo de contagem, levando a diferenças nos tamanhos e pesos das gotas entre as amostras avaliadas. Os dados individuais do erro percentual da contagem de gotas para cada medicamento estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Erro Percentual da Contagem de Gotas

| Nome Genérico                | Erro (%)      |
|------------------------------|---------------|
| Anti-histamínico A           | 0%            |
| Nimesulida                   | 0%            |
| Simeticona (Antigases)       | 0%            |
| Paracetamol                  | 0%            |
| Vitamina C                   | 0%            |
| Dipirona                     | 20%           |
| Antiespasmódico A            | 20%           |
| Colírio                      | 40%           |
| Dexametasona                 | 40%           |
| Diclofenaco                  | 40%           |
| Vitamina B12                 | 40%           |
| Vitamina D                   | 40%           |
| Expectorante                 | 60%           |
| Ibuprofeno                   | 80%           |
| Sulfato ferroso              | 120%          |
| <b>Erro Percentual Médio</b> | <b>33,33%</b> |

Fonte: Próprio Autor, 2023

No teste de medição de volume, 5 dos medicamentos testados não apresentaram valores adequados, resultando em um erro percentual que varia entre 0,97% e 42,20%. Essa margem de erro é atribuída a possíveis variações nas propriedades físicas, como a densidade e a viscosidade dos medicamentos. Os resultados individuais do erro percentual para cada medicamento estão detalhados na Tabela 5.

Tabela 5 – Erro Percentual da Medição do Volume

| Nome Genérico                | Erro (%)      |
|------------------------------|---------------|
| Expectorante                 | 0,97%         |
| Vitamina C                   | 1,83%         |
| Antiespasmódico A            | 3,67%         |
| Ibuprofeno                   | 3,67%         |
| Sulfato ferroso              | 6,42%         |
| Dipirona                     | 8,25%         |
| Colírio                      | 11,00%        |
| Anti-histamínico A           | 12,84%        |
| Vitamina B12                 | 12,84%        |
| Diclofenaco                  | 13,76%        |
| Paracetamol                  | 16,51%        |
| Dexametasona                 | 20,18%        |
| Nimesulida                   | 30,27%        |
| Vitamina D                   | 36,69%        |
| Simeticona (Antigases)       | 42,20%        |
| <b>Erro Percentual Médio</b> | <b>14,74%</b> |

Fonte: Próprio Autor, 2023

Por outro lado, a reprodução sonora dos resultados demonstrou alta eficácia nos testes de funcionalidades realizados, tanto para o aviso sonoro do buzzer, quanto para a verbalização dos resultados por meio do módulo MP3 DFPlayer Mini. Os resultados apresentaram-se audíveis e compreensíveis, fornecendo um feedback sonoro adequado e claro ao usuário.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste protótipo de tecnologia assistiva voltado para a dosagem de medicamentos líquidos oferece uma solução acessível, de fácil utilização e baixo custo para auxiliar pessoas com deficiência visual na tarefa de dosagem de medicamentos. Com o dispositivo projetado, busca-se proporcionar maior autonomia aos indivíduos portadores de deficiência visual, permitindo que possam dosar seus próprios medicamentos ou os de seus dependentes de forma mais independente.

Os resultados obtidos nos testes de funcionalidade demonstraram que o protótipo apresentou bom desempenho na reprodução sonora dos resultados, o que representa um grande passo para a efetiva utilização do dispositivo. O aviso sonoro do buzzer e a verbalização dos resultados pelo módulo MP3 DFPlayer Mini funcionaram de forma clara e precisa, oferecendo feedback adequado aos usuários.

Entretanto, foram identificados desafios e oportunidades de melhoria em outras funcionalidades do protótipo, como a contagem de gotas e a medição de volume. Os dados da contagem de gotas revelaram que, de um conjunto de 15 amostras, foi possível obter um resultado com precisão exata em 5 delas. No entanto, é preciso destacar que nas outras 10 amostras foram identificadas inconsistências significativas, com erros variando entre 20% a 120%, o que está fora da margem aceitável para uma dosagem confiável. Por outro lado, os resultados do teste de medição de volume apresentaram uma melhora significativa. De um total de 15 amostras testadas, 10 amostras apresentaram resultados dentro da margem de erro aceitável para medicamentos de uso comum e baixa toxicidade, que é de até 15%.

A margem de erro observada nessas funcionalidades está relacionada às variações nas propriedades físicas e densidade dos medicamentos, bem como às diferentes formas e tamanhos dos dosadores utilizados por cada medicamento. Essas variações afetam diretamente a precisão dos processos de contagem e medição, resultando em resultados inconsistentes para alguns medicamentos.

Para superar esses desafios, futuras melhorias podem ser implementadas. A utilização de sensores ópticos em conjunto com a balança de precisão pode representar uma técnica mais precisa de medição, reduzindo o erro percentual nas medições e tornando o dispositivo ainda mais preciso e confiável. Outra solução seria a criação de um banco de dados com os valores de medicamentos usualmente utilizados. Com base nesses dados, o protótipo poderia ser personalizado para cada medicamento, tornando-o mais preciso e adaptado às diferentes

substâncias. Além disso, a interface com o usuário poderia ser implementada por meio de uma chave rotativa que esteja atrelada ao banco de dados contendo uma lista de medicamentos. Dessa forma, a interação com o usuário ocorreria de forma intuitiva, facilitando o processo de dosagem, uma vez que o usuário poderia simplesmente escolher o medicamento específico, e o dispositivo ajustaria automaticamente as medições de acordo com os dados disponíveis.

Adicionalmente, visando aprimorar o protótipo, a construção do circuito utilizando placa de circuito impresso e o desenvolvimento de um design mais otimizado e ergonômico para o protótipo podem minimizar problemas de mal contato e facilitar o manuseio por parte dos usuários com deficiência visual. Vale ressaltar que ao realizar essas adaptações no projeto, há a possibilidade de reduzir ainda mais os custos de produção. Uma alternativa viável é substituir a placa Arduino pelo uso isolado do microcontrolador Atmega328P. Além disso, ao confeccionar todo o protótipo em uma placa de circuito impresso, eliminando o uso de protoboards, também é possível reduzir consideravelmente os custos de reprodução. Essas medidas proporcionam uma economia significativa na criação do protótipo, tornando-o mais acessível e viável para diferentes projetos e aplicações.

Em conclusão, o desenvolvimento contínuo deste protótipo de tecnologia assistiva, com a implementação das melhorias propostas, representa um passo importante para melhorar a vida das pessoas com deficiência visual.

## REFERÊNCIAS

4HOBBY. **Transdutor Pastilha Piezoelétrico**. Disponível em:

<https://www.4hobby.com.br/produto/transdutor-pastilha-piezoelétrico-27mm-com-cabo.html>.

Acesso em: 25 de julho de 2023.

ALVARENGA, P. (s.d.). **1 mL equivale a quantas gotas? Entenda a dosagem correta**.

Disponível em: <https://easelabsglobal.com/1ml-equivale-a-quantas-gotas/>. Acesso em: 07 de maio de 2023.

ANSEL, H.C.; POPOVICH, N.G.; ALLEN JR, L.V.; **Farmacotécnica: Formas**

**Farmacêuticas e Sistemas de Liberação de fármacos**. 6. ed. São Paulo. Premier. 2000.

Acesso em: 23 de fevereiro 2023.

ARDUINO. **Arduino UNO**. Arduino Official Website.

<https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno>. Acesso em 10 de junho de 2023.

BERSCH, R. (2017). **Introdução à Tecnologia Assistiva. Assistiva - Tecnologia e**

**Educação**. Porto Alegre, RS. Acesso em: 15 de março 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Vigilância Sanitária e Escola:**

**parceiros na construção da cidadania/ Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** –

Brasília: Anvisa, 2008. Acesso em: 05 de março 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 301 de 22

de agosto de 2019. **Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos**. Diário

Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, 2019. Acesso em: 10 abril de 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopeia Brasileira**. Volume 1. 5<sup>a</sup>

ed. Brasília: ANVISA, 2010. Acesso em: 10 abril de 2023.

BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. **Tecnologia Assistiva**. – Brasília: CORDE, 2009. 138 p. Acesso em: 07 de fevereiro de 2023.

CARER, M.; CARRARO, E. **Célula de carga**. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/BrenoAkerman/celulas-decargas1>. Acesso em: 15 de junho de 2023.

CENTRUMED EQUIPAMENTOS HOSPITALARES. **Bomba de Infusão com tela Touch Screen**. 2023. Fotografia. Disponível em: <https://www.yonah.com.br/bomba-de-infusao-com-tela-touch-screen>. Acesso em: 18 março de 2023.

CIRCUIT ELECTRONICS. **HX711 Voight Scale Análogas to Digital Converter ADC 24-bit**. Disponível em: <https://circuit-electronics.com/product/hx711-weight-scale-analog-to-digital-converter-adc-24-bit/>. Acesso em: 19 de junho de 2023.

CONDE, A. J. M. **Definindo a Cegueira e a Visão Subnormal**. Instituto Benjamin Constant. Disponível em: [http://antigo.ibc.gov.br/images/conteudo/AREAS\\_ESPECIAIS/CEGUEIRA\\_E\\_BAIXA\\_VI\\_SAO/ARTIGOS/Def-de-cegueira-e-baixa-viso.pdf](http://antigo.ibc.gov.br/images/conteudo/AREAS_ESPECIAIS/CEGUEIRA_E_BAIXA_VI_SAO/ARTIGOS/Def-de-cegueira-e-baixa-viso.pdf)>. Acesso em: 15 de fevereiro 2023.

CONSELHO BRASILEIRO DE OFTALMOLOGIA. **As Condições de Saúde Ocular no Brasil 2019** - Edição 1. São Paulo, 2019. Disponível em: [www.cbo.com.br](http://www.cbo.com.br). Acesso em: 15 de fevereiro 2023.

ELETRODEX ELETRÔNICA LTDA EPP. **Arduino UNO R3 + Cabo USB**. Disponível em: <https://www.eletrodex.net/placasmodulos/arduino/arduino-uno-r3-cabo-usb>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

EUSTAT CONSORTIUM, 1999a. **Assistive Technology Education for End Users - EUROPEAN COMMISSION- DGXIII**. Disponível em: [www.siva.it/resseca/eustat/deliver0-4-3\\_summary.html](http://www.siva.it/resseca/eustat/deliver0-4-3_summary.html)>. Acesso em: 07 de março 2023.

G1 CEARÁ. **'Duvidavam que eu pudesse cuidar dos meus filhos', diz mãe cega.** 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/05/duvidavam-que-eu-pudesse-cuidar-dos-meus-filhos-diz-mae-cega.html>. Acesso em: 20 de dezembro de 2022.

GARCIA, Vinícius Gaspar. **As pessoas com deficiência na história do mundo.** 2011. Disponível em: <https://www.deficienteciente.com.br/as-pessoas-com-deficiencia-na-historia-do-mundo.html>. Acesso em: 02 de janeiro de 2023.

GIL, Marta (org.). **Deficiência visual.** Brasília: MEC. Secretaria de Educação a Distância, 2000. 80 p. il. - (Cadernos da TV Escola; 1. ISSN 1518-4692). Acesso em: 07 de fevereiro de 2023.

IBGE. **Pessoas com deficiência e as desigualdades sociais no Brasil.** Pesquisa Nacional de Saúde. Rio de Janeiro, 2019. Acesso em: 02 de janeiro de 2023.

IMEX MEDICAL GROUP. **Injetor de Contraste C20.** Disponível em: <https://www.imexmedicalgroup.com.br/produtos/c20/>. Acesso em: 25 de julho de 2023.

JOAQUÍN R. B.; GAMO, M.J.O. **Manual para la correcta redacción de la prescripción médica.** La Revista O.F.I.L., v. 9, 2ª época, n.4, p 23-29, 1999. Acesso em: 14 abril de 2023.

KOLLROSS, Adriano. **Construção de dinamômetro para medição de torque e potência de mci de pequeno porte.** 2016. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Automotiva, Departamento de Engenharias da Mobilidade, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016. Cap. 5. Acesso em: 19 de junho de 2023.

LEITE, Flavia Piva Almeida. **A convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência: amplitude conceitual.** Revista de Direito Brasileira. Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 31-53, jul/dez 2012. Acesso em: 26 de janeiro de 2023.

LEITE, S.N.; VIEIRA, M.; VEBER, A.P. **Estudos de utilização de medicamentos: uma síntese de artigos publicados no Brasil e América Latina.** Ciências & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 2007. Acesso em: 23 de fevereiro 2023.

LIGHT FOR THE WORLD INTERNATIONAL. **Relatório Mundial sobre a Visão**. 2021. Acesso em: 07 de fevereiro de 2023.

MASTERWALKER SHOP. **Célula de Carga - Sensor de Peso 1kg**. Disponível em: <https://www.masterwalkershop.com.br/celula-de-carga-sensor-de-peso-1kg>. Acesso em: 15 de junho de 2023.

NETWORK PROJECT. **Optical Drop Counter Sensor**. Disponível em: [https://docs.google.com/document/u/0/d/1iGTb\\_4TpWxTK5r2nscdpwjiQ1q5b3oYIB1b5ykjs8HQ/mobilebasic#cmnt\\_ref26](https://docs.google.com/document/u/0/d/1iGTb_4TpWxTK5r2nscdpwjiQ1q5b3oYIB1b5ykjs8HQ/mobilebasic#cmnt_ref26). Acesso em: 15 de julho de 2023.

NOGUEIRA, J. V. P.; COSTA, L. C. A.; SILVA, L. F. A. C. E.; SILVA, R. A.; MACEDO, E. C. T.; BORGES, F. M. **Contas-Gotas com Aviso Sonoro Viabilizado pela Detecção de Gotas Através de um Sensor Óptico**. 2014, Brasil.

PINTO, S.; BARBOSA, C.M.; **Medicamentos Manipulados em Pediatria: Estado Actual e Perspectivas Futuras**. ArquiMed. Vol. 22, Nº 2/3. 2008. Acesso em: 27 de fevereiro 2023.

ROBOBUILDERS. **Módulo MP3 DFPlayer Mini**. Disponível em: <https://www.robobuilders.com.br/modulo-mp3-dfplayer-mini>. Acesso em: 22 de junho de 2023. Acesso em: 23 de junho de 2023.

RITTER T. **Perspectives from ECRI: Infusion pump error reduction**. J Clin Eng. 2005;30(2):81-2. Acesso em: 07 de março 2023.

SCHERES, M. J. (2005). **Assistive technology: Matching déficit and consumer for successful rehabilitation**. American Psychological Association. Acesso em: 05 de março 2023.

SCHNELL, Gotz. **Medical Flow Measurement with Drop Counters: Methods for Improving Accuracy**. Universite catholique de Louvain. 1997. Acesso em: 31 de julho de 2023.

SEMICONDUCTOR, Avia. **24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales: Datasheet**. Disponível em: [https://www.mouser.com/ds/2/813/hx711\\_english1022875.pdf](https://www.mouser.com/ds/2/813/hx711_english1022875.pdf). Acesso em: 19 de junho de 2023.

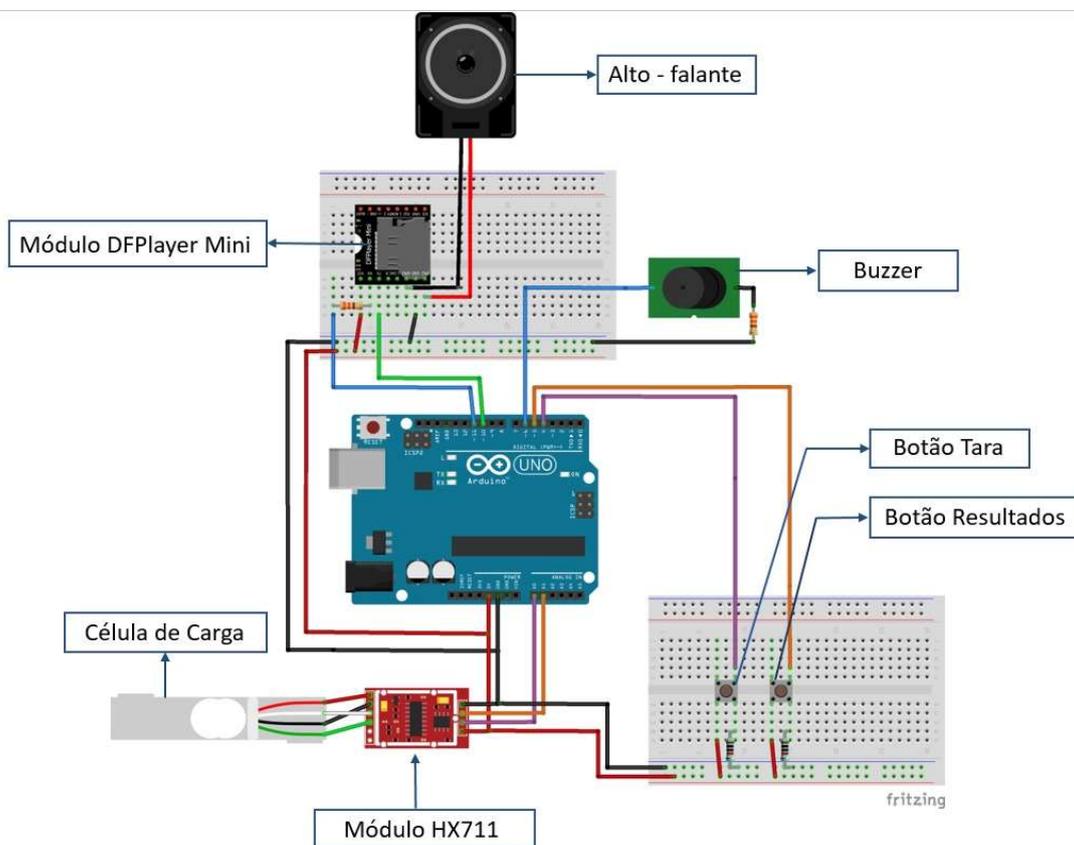
SERNIS. **Drop Counter**. Disponível em: <https://www.sernis.com/project/drop-counter/>. Acesso em: 25 de julho de 2023.

SERWAY, R. A.; Jewett Jr., J. W.; **Princípios de Física**, 1a ed., Pioneira Thomson Learning: São Paulo, 2004, vol. 1. Acesso em: 18 março de 2023. Acesso em: 18 março de 2023.

TAHAN, Adalgisa Pires Falcão. **A universalidade dos direitos humanos**. In: Estudos e debates em Direitos Humanos. SILVEIRA, Vladimir Oliveira da; CAMPELO (COORD), TESCAROLLO, I. L. (2020). **Avaliação Da Qualidade De Soluções Orais De Paracetamol**. Revista Ensaios Pioneiros, 3(1), 28–36. <https://doi.org/10.24933/rep.v3i1.189>

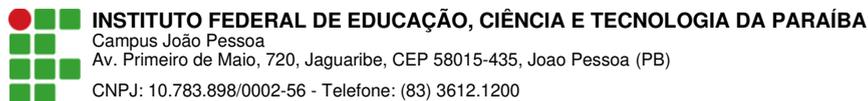
VIDA DE SILÍCIO. **Sensor Capacitivo com Arduino**. 2018. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-capacitivo/>. Acesso em: 25 de julho de 2023.

## ANEXO I – DESENHO ESQUEMÁTICO COMPLETO DO PROTÓTIPO



## **ANEXO 2 – CÓDIGO-FONTE**

<https://github.com/Matheus-AFerreira/Tecnologia-Assistiva-para-Contagem-de-Gotas>



## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### Trabalho de Conclusão de Curso.

**Assunto:** Trabalho de Conclusão de Curso.  
**Assinado por:** Matheus Alexandrino  
**Tipo do Documento:** Anexo  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Ostensivo (Público)  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Matheus Alexandrino Ferreira, ALUNO (20161610036) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 14/08/2023 08:14:57.

Este documento foi armazenado no SUAP em 14/08/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 906989  
Código de Autenticação: cc7e621b45

