



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
Graduação em Engenharia Biomédica

ALEXANDRE HENRIQUE PEREIRA TAVARES

**PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO AUTOMATIZADO PARA
ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS**

Uberlândia
2018

ALEXANDRE HENRIQUE PEREIRA TAVARES

**PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO AUTOMATIZADO PARA
ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS**

Trabalho apresentado como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Eduardo Lázaro Martins Naves

Assinatura do Orientador

Uberlândia
2018

Dedico este trabalho à minha família,
pelo apoio, incentivo e carinho.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades encontradas ao longo desse caminho. Agradeço também aos meus pais pelo amor incondicional, incentivo nas horas difíceis de desânimo e cansaço. À minha namorada, pela cumplicidade e apoio. Aos meus familiares e amigos que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida, meu muito obrigado. Agradeço também à Universidade pela oportunidade de fazer o curso, o corpo docente, direção e administração da faculdade de Engenharia Biomédica da UFU. Agradeço a todos os professores por me proporcionarem o conhecimento, fazendo parte da construção do meu caráter. Agradeço ao meu professor orientador Dr. Eduardo Lázaro Martins Naves, pelo empenho e dedicação. Também aos doutorandos Ludymila Ribeiro Borges e Felipe Roque Martins por aceitarem meu convite. Enfim agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação e conclusão do curso de Engenharia Biomédica.

RESUMO

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema com o objetivo de automatizar a separação dos medicamentos, os quais usuários necessitem usar. Esse dispositivo é direcionado ao público de idosos, podendo se expandir a demais usuários.

Através de um aplicativo para Android, o usuário pode programar os horários em que os remédios devem ser tomados. No momento certo de cada medicamento, programado previamente, o dispositivo libera o medicamento e emite um alerta sonoro, para que o usuário seja avisado de que está na hora de ingerir o mesmo.

Assim o trabalho tem o intuito de amenizar o problema da ingestão errônea de medicamentos ou seu esquecimento, aumentar a autonomia dos idosos e diminuir a dependência de terceiros para administrar a distribuição dos medicamentos, melhorando assim sua qualidade de vida.

Palavras-chave: Tecnologia assistiva, automação, medicamentos, idosos.

ABSTRACT

The present work consists in the development of a system for the elderly in order to automate the distribution of medicines that they should take.

Through an Android application, the user can program the time to take the medicines, so the device selects the medicine and issue an audible alert, so that the user will be advised that it is time to take the medicine.

Thus the work is aimed at reducing the problem of erroneous ingestion of medications or their forgetfulness, increasing the autonomy of the elderly and reducing the dependence of other people to take the medicines and improving their quality of life.

Keywords: Assistive Technology, automation, medicines, elderly.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Projeção de crescimento da população por grupos etários de 2000 a 2040 no Brasil	13
Figura 2 - Projeção da distribuição etária da população de 2000 até 2040 no Brasil	13
Figura 3 – <i>GSM MED e-lert</i>	16
Figura 4 - <i>Automatic Pill Dispenser</i>	17
Figura 5 - Componentes da placa do Arduino UNO	24
Figura 6 - Diagrama de blocos explicando o funcionamento do equipamento	27
Figura 7 - Aplicativo <i>Bluetooth</i> Terminal, por <i>Qwerty</i>	28
Figura 8 - Motor de passo 28BYJ-48 e Driver ULN2003	30
Figura 9 - Módulo de conexão <i>Bluetooth</i> HC-05	31
Figura 10 - Relógio em tempo real DS3231	31
Figura 11 - Diagrama de montagem dos componentes na placa Arduino UNO.....	32
Figura 12 - Detalhe dos componentes eletrônicos montados, sem a caixa	35
Figura 13 - Dispositivo montado, vista externa com detalhe dos compartimentos para os medicamentos.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de pessoas com idade igual ou superior a 65 anos (em milhões).....	12
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Quantificação da população idosa	12
2.2 Efeitos biológicos do envelhecimento	13
2.2.1 Sistema Cardiovascular.....	14
2.2.2 Sistema respiratório	14
2.2.3 Sistema Nervoso	14
2.3 Doenças que mais acometem em idosos.....	15
2.4 Outros produtos disponíveis no mercado	16
2.4.1 GMS Med e-lert.....	16
2.4.2 Philips Medication Dispensing Service	17
2.5 Comunicação <i>Bluetooth</i>	18
2.5.1 Especificação técnica	19
2.5.2 Segurança	20
2.6 Comunicação Wi-Fi	21
2.6.1 Questão Sobre Segurança e Privacidade	21
2.7 Arduino	22
2.7.1 Arduino UNO	23
2.8 Motor de Passo	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26

3.1 Funcionamento.....	26
3.2 Software Bluetooth Terminal	27
3.3 Arduino UNO	28
3.4 Mini Protoboard	28
3.5 Conectores (jumpers).....	29
3.6 Motor de passo 28BYJ-48 e Driver ULN2003	29
3.7 Módulo de conexão Bluetooth HC-05.....	30
3.8 Relógio em tempo real DS3231	31
3.9 Montagem	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5 CONCLUSÃO.....	37
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICE A - Código utilizado para programar a placa Arduino.....	42

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da medicina e de tecnologias relacionadas à saúde, a expectativa de vida da população em geral vem se tornando cada vez maior, assim como a preocupação com a qualidade de vida de pessoas idosas. Portanto, o uso de medicamentos por idosos se torna indispensável para o controle mais rigoroso da saúde e para manter o bem-estar dos mesmos.

Tomar alguns remédios ao longo do dia pode ser uma tarefa fácil para muitas pessoas. Mas é certo que ao envelhecer, algumas funções, principalmente cognitivas, já não funcionam corretamente, o que torna o esquecimento cada vez mais frequente. Nesse contexto, deve-se ter um cuidado maior para auxiliar idosos ao tomarem seus medicamentos, pois o esquecimento ou a ingestão errônea de medicamentos pode atrapalhar em muito seu tratamento ou causar graves efeitos colaterais, podendo levar até à morte.

Existem diversas soluções de automação, em várias áreas, com o intuito de facilitar ou otimizar tarefas e aumentar sua segurança, como por exemplo a automação de fechaduras de residências e iluminação doméstica, mas a parte ligada à saúde doméstica ainda se mostra pouco avançada.

Assim, o objetivo principal deste trabalho é a construção de um dispositivo com o intuito de automatizar a deposição de medicamentos, em cápsulas ou comprimidos, na hora adequada. O equipamento apresenta uso bastante simples e intuitivo, para que qualquer usuário possa operá-lo. Ao mesmo tempo, propõe-se que a construção do aparelho seja de baixo custo, sendo viável economicamente à grande maioria das pessoas.

Já foram desenvolvidos projetos similares e também há algumas opções disponíveis no mercado com o mesmo intuito. Porém os produtos comercializados atualmente não têm muita oferta no Brasil e, mesmo fora do país, têm preços bem elevados.

Assim, o objetivo do trabalho não é oferecer uma outra opção para competir com as outras disponíveis no mercado, mas sim apresentar uma solução do tipo

D.I.Y (*do it yourself* – faça você mesmo) que seja bastante confiável e segura, ao mesmo tempo barata.

O dispositivo de desenvolvimento própria se categoriza como *open source*, para *hardware* e *software*. Assim qualquer pessoa tem todas as informações necessárias para construí-lo e também para incrementá-lo da maneira que julgar mais adequada.

Diante disso, pode-se levantar as seguintes questões: O projeto é viável? Reduziria as chances do esquecimento da ingestão de medicamentos ou ingestão errônea?

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Quantificação da população idosa

Segundo projeções da Organização Mundial da Saúde (OMS), o envelhecimento da população é uma tendência que continuará crescente durante os próximos anos, sendo estimado que no ano de 2025 haverá mais de 800 milhões de pessoas com idade superior a 65 anos em todo mundo. Já os dados da Organização das Nações Unidas apontam o número de 1100 milhões de idosos para o ano de 2025, sendo que em 2050, em todo o mundo, o número de idosos será superior ao número de jovens [2]. A Tabela 1 mostra as projeções do número de idosos para 2025 em relação aos anos de 1990 e 2005:

Tabela 1 - Número de pessoas com idade igual ou superior a 65 anos (em milhões)

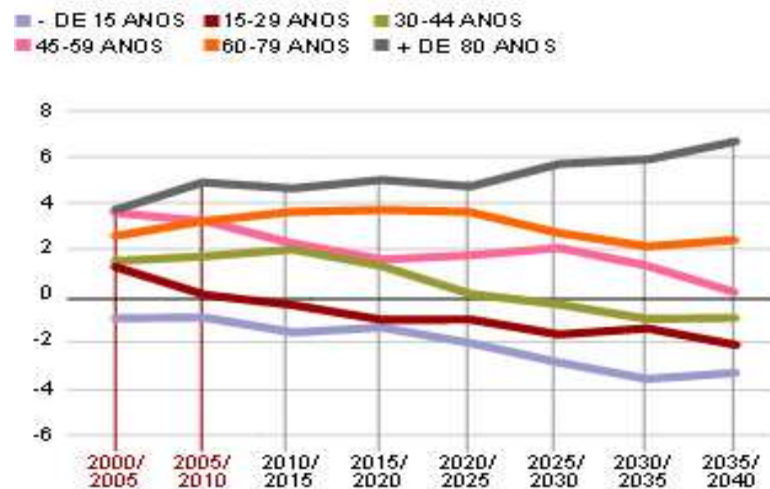
Região	Ano		
	1990	2005	2025
Mundo	328	475	822
Regiões desenvolvidas	145	186	256
Regiões menos desenvolvidas	183	289	566
África	19	31	63
Ásia	155	249	470
América Latina	21	33	65
Europa	68	82	105
América do Norte	35	39	67

Fonte: Martin e Preston (1994)

De acordo com a Tabela 1, é possível perceber que a população idosa está em constante crescimento, não importando a situação econômica regional. Somado a este fato, tem-se que a taxa de natalidade está em constante decaimento, isso faz com que a população idosa se torne cada vez mais predominante [24].

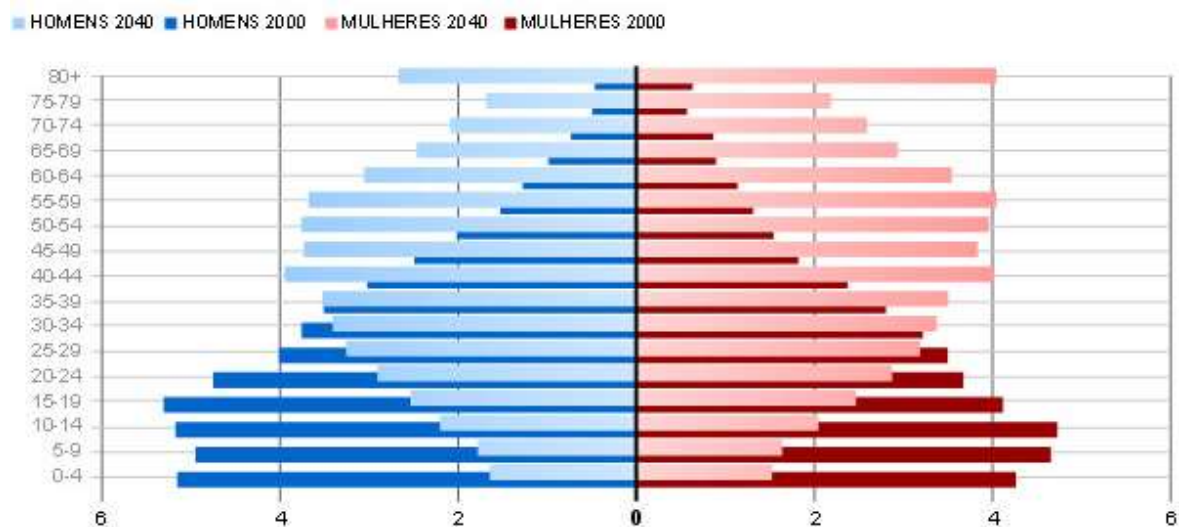
As Figuras 1 e 2 mostram que a proporção de idosos em relação a jovens se tornará cada vez mais expressiva nos próximos anos.

Figura 1 - Projeção de crescimento da população por grupos etários de 2000 a 2040 no Brasil



Fonte: g1.globo.com

Figura 2 - Projeção da distribuição etária da população de 2000 até 2040 no Brasil



Fonte: g1.globo.com

2.2 Efeitos biológicos do envelhecimento

A junção de fatores como a redução das taxas de natalidade e o aumento gradual da expectativa de vida, tem-se traduzido no envelhecimento populacional. Assim sendo, a parcela da população referente aos idosos se mostra bastante expressiva.

A senescência é o processo natural de envelhecimento ao nível celular. Este é um processo metabólico ativo que ocorre por meio de uma programação genética,

envolvendo a redução do tamanho dos telômeros (estruturas constituídas por fileiras repetitivas de proteínas e DNA que formam as extremidades dos cromossomos, sua principal função é impedir o desgaste do material genético e manter a estabilidade estrutural do cromossomo), que ao estarem muito pequenos, acarretam na perda completa ou parcial da divisão celular [1].

Desta forma, o processo de envelhecimento é importante não apenas para entender a etiologia associada aos processos degenerativos que lhe estão associados, mas também para conhecer e desenvolver estratégias que atenuem os efeitos da senescência de forma a garantir a vivência do final do ciclo de vida de uma forma autônoma e qualitativamente positiva [1].

O processo de envelhecimento pode variar de indivíduo para indivíduo, sendo gradativo para uns e mais rápido para outros. Essas variações são dependentes de fatores como estilo de vida, condições socioeconômicas e doenças crônicas. [3]

2.2.1 Sistema Cardiovascular

Algumas alterações biológicas esperadas no idoso com o envelhecimento ocorrem no sistema cardiovascular [7,8]. Ocorre um enfraquecimento da estrutura muscular cardíaca, assim como a capacidade de reconstrução fibrosa, causando a perda de força dos batimentos cardíacos. Com o envelhecimento, ocorre também redução da frequência cardíaca em repouso, aumento do colesterol [6, 11]. A diminuição da complacência aórtica desencadeia no processo natural do aumento da tensão arterial [6].

2.2.2 Sistema respiratório

Em relação ao consumo máximo de oxigênio (VO₂ max), há um aumento contínuo na infância e adolescência, maior estabilidade por volta dos 20 e 30 anos, com declínio gradual de aproximadamente 1% após esse período [9]. Sendo assim, esses dados mostram as alterações do sistema respiratório ao longo da idade.

2.2.3 Sistema Nervoso

O sistema biológico mais comprometido com o envelhecimento é o Sistema Nervoso Central (SNC), responsável pelas sensações, movimentos, funções

psíquicas (vida de relações) e pelas funções biológicas internas (vida vegetativa) [12].

Com o envelhecimento, o sistema nervoso apresenta alterações como a redução no número de neurônios, redução na velocidade de condução nervosa, redução da intensidade dos reflexos, restrição das respostas motoras, do poder de reações, da capacidade de coordenações e também perda de memória recente [6].

No período compreendido entre os 20 e 90 anos, o córtex cerebral experimenta perda de 10% a 20 % de massa, podendo ocorrer em outras partes do cérebro prejuízo de até 50% [9]. Assim, à medida que o cérebro envelhece, a atividade bioquímica (neurotransmissores) é afetada frequentemente. Desta maneira, com o envelhecimento normal, ocorre decréscimo no número de células nervosas, podendo ocorrer variações com uma mínima perda celular em uma região e prejuízos mais pronunciados em outras [12].

2.3 Doenças que mais acometem em idosos

No Brasil, as doenças mais comuns entre os idosos são doenças cardíacas, como hipertensão, seguida de diabetes, enfisema pulmonar e demências (tais como Alzheimer e Parkinson) [4].

A hipertensão arterial é o mais importante fator de risco cardiovascular modificável, estando associada a condições bastante frequentes em idosos, como doença arterial coronária (DAC), doença cerebrovascular (DCV), insuficiência cardíaca (IC), doença renal terminal, doença vascular periférica, hipertrofia ventricular esquerda (HVE) e disfunção diastólica [13].

Diante de todas as limitações que o idoso apresenta, visando melhorar sua qualidade de vida e autonomia, foram desenvolvidos alguns produtos com o objetivo de auxiliar na administração de medicamentos.

2.4 Outros produtos disponíveis no mercado

2.4.1 *GMS Med e-lert*

O *GMS Med e-lert*, representado pela Figura 3, é um produto desenvolvido para armazenar medicamentos, na forma de comprimidos. O horário que cada medicamento deve ser tomado é programado no próprio aparelho. Ao chegar o momento de ingerir algum medicamento, o aparelho emite um alarme até que alguém aperte o botão, assim o compartimento é aberto e o usuário deve pegar os comprimidos [28].

Figura 3 – *GSM MED e-lert*



Fonte: www.ebay.com

As principais características deste produto são:

- Aciona o alarme por até 30 minutos;
- Possui 28 compartimentos;
- Cada compartimento comporta até 18 comprimidos do tamanho de uma aspirina;
- Suporta até 6 alarmes por dia;
- Possui chave de travamento, para que o idoso não tenha acesso a todos os medicamentos armazenados dentro do aparelho;
- No acionamento do alarme, os medicamentos são evidenciados. Então o usuário deve segurar o dispositivo e colocá-lo de “cabeça para baixo” para que os medicamentos caiam na mão do usuário.
- Funciona com 4 pilhas AA;

- Preço: R\$ 330,00 + R\$ 85,00 de frete (fonte: www.ebay.com).

Além disso, o *GMS Med e-lert* possui algumas restrições que podem ser listadas a seguir:

- É necessário segurar todo o dispositivo e balançá-lo para que caia os medicamentos. Essa ação pode ser difícil para muitos idosos que não têm força e destreza suficientes para carregar um certo peso;
- É possível que, ao tentar tirar os medicamentos do compartimento destacado, os remédios caiam no chão, o que dificulta ainda mais o processo;
- Preço bastante elevado.

2.4.2 Philips Medication Dispensing Service

O Philips Medication Dispenser Service é um serviço prestado pela empresa Philips que inclui o aparelho Automatic Pill Dispenser. Tem o funcionamento similar ao *GMS Med e-lert*, porém os medicamentos são armazenados dentro de pequenos copos e estes são liberados nos horários corretos, após o usuário apertar um botão. O aparelho, representado pela Figura 4, é conectado diretamente com atendentes da empresa, sendo possível contatá-los a qualquer momento. Todas as atividades referentes a medicamentos tomados, ou não (quando não é pressionado o botão), são registradas no banco de dados da Philips [29].

Figura 4 - *Automatic Pill Dispenser*



Fonte: www.lifeline.philips.com

As principais características deste produto são:

- Comunicação com centro de *health care* da Philips e registro dos medicamentos tomados e não tomados (quando o botão vermelho não é pressionado dentro de 90 minutos);
- Comporta até 60 copos de medicamentos;
- Suporta até 6 alarmes por dia;
- Aciona o alarme por até 90 minutos;
- Alarme para medicamentos não tomados anteriormente;
- Funciona com bateria recarregável e/ou ligado à energia;
- Cabine é trancada para o usuário não ter acesso aos medicamentos dentro do aparelho;
- Preço: U\$ 99,00 de instalação + U\$ 59,95 mensais. Equivalente a R\$ 320,76 + R\$ 194,00 mensais – Cotação em 08/01/2018 (fonte:www.lifeline.philips.com).

No funcionamento do produto, os medicamentos são colocados em copos. Ao chegar no horário selecionado, é disparado o alarme e o copo só é liberado quando o usuário pressionar um botão vermelho (localizado na parte frontal do aparelho).

A desvantagem desse produto é o seu preço bastante elevado.

Após apresentadas as características dos produtos disponíveis no mercado, a seguir serão detalhadas as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do protótipo.

2.5 Comunicação *Bluetooth*

Bluetooth é uma tecnologia sem fio usada para conectar e transmitir dados entre dispositivos em rede pessoais (chamadas de Personal Area Networks – PANs) [15].

A comunicação *Bluetooth* apresenta baixo consumo de energia e há atualmente uma grande variedade de dispositivos móveis que possuem este recurso. Possui um alcance máximo de até 100 m e velocidades de transmissão que podem se aproximar de 24 Mb/s e, além disso, o *Bluetooth* é um o padrão em comunicação de curta distância [14].

Em 1994, a empresa Ericson iniciou um projeto para a eliminação dos cabos que conectavam os diversos periféricos dos telefones celulares. A ideia era utilizar

ondas de rádio de baixa frequência para conectar os diferentes dispositivos. A tecnologia originada por esse projeto foi batizada de *MCLink* e surpreendeu por ser relativamente barata e de fácil implementação, o que contribuiu muito para o desenvolvimento do projeto que logo recebeu o apoio de outras empresas. Em 1998 foi formado o consórcio BSiG (*Bluetooth Special Interest Group*) que iniciou as especificações industriais do *Bluetooth*. A formação inicial do grupo pelas empresas Nokia, Ericson, IBM, Toshiba e Intel, facilitou ao projeto receber cada vez mais aceitação e apoio da comunidade tecnológica [14].

O grupo envolvia inicialmente duas "gigantes" das telecomunicações (Ericsson e Nokia), dois nomes de peso na fabricação de PCs (IBM e Toshiba) e a líder no desenvolvimento de chips e processadores (Intel). Tamanha diversidade foi importante para permitir o desenvolvimento de padrões que garantissem o uso e a interoperabilidade da tecnologia nos mais variados dispositivos.

2.5.1 Especificação técnica

A tecnologia *Bluetooth* utiliza ondas de rádio de baixa potência, de 2.4Ghz a 2.5 Ghz, na faixa de frequência conhecida como ISM (*Industrial, Scientific, Medical*), que foi projetada para funcionar no mundo todo. O uso da baixa potência aumenta a economia de energia das baterias e limita o alcance a um máximo de 100m [15].

Uma divisão em quatro classes da tecnologia foi feita para atender aos mais variados tipos de dispositivos. Sendo assim cada classe apresenta uma potência e alcance máximo específicos, sendo elas [15]:

Classe 1: potência máxima de 100 mW (miliwatt), alcance de até 100 metros;

Classe 2: potência máxima de 2,5 mW, alcance de até 10 metros;

Classe 3: potência máxima de 1 mW, alcance de até 1 metro;

Classe 4: potência máxima de 0,5 mW, alcance de 0,5 metros.

A Classe 2 é a mais usada, logo, a maioria dos dispositivos trabalham com alcance de até 10 metros. Já a Classe 4 é destinada a dispositivos que consomem muito pouca energia [14].

Como a faixa ISM é aberta, ou seja, pode ser utilizada por qualquer dispositivo de comunicação, é necessário garantir que o sinal do *Bluetooth* não sofra interferência, assim como não a gere. O protocolo de comunicação FH-CDMA (Frequency Hopping — Code-Division Multiple Access), utilizado pelo

Bluetooth, permite tal proteção, pois faz a frequência ser dividida em vários canais [15].

O dispositivo que estabelece a conexão (mestre) muda de um canal para outro de maneira bastante rápida. Esse procedimento é chamado salto de frequência (*frequency hopping*) e permite que a largura de banda da frequência seja muito pequena, diminuindo sensivelmente as chances de interferência. No *Bluetooth*, pode-se utilizar até 79 frequências (ou 23, dependendo do país) dentro da faixa ISM, cada uma espaçada da outra por intervalos de 1 MHz [15].

O *Bluetooth* é uma tecnologia em permanente evolução, o que faz suas especificações mudarem e novas versões surgirem com o tempo. No projeto é utilizada a versão 2.0.

O *Bluetooth* 2.0 surgiu oficialmente em novembro de 2004 e, em relação à versão 1.0, apresentou diminuição do consumo de energia, aumento na velocidade de transferência de dados para até 3 Mb/s (2.1 Mb/s efetivos), correção das falhas existentes na versão 1.2 e melhor comunicação entre os dispositivos [14].

Atualmente, existem aparelhos com a versão 5 da tecnologia *Bluetooth*. O *Bluetooth* 5 foi apresentado oficialmente no final de 2016. Essa versão permite que dispositivos se comuniquem em distâncias de até 40 metros. Além disso, a velocidade de transmissão passou para 50 Mb/s. Outros recursos da versão 5 do *Bluetooth* incluem o uso de técnicas que diminuem o risco de interferências em redes Wi-Fi ou LTE, suporte a mais dispositivos conectados ao mesmo tempo, funções para facilitar a geolocalização dos equipamentos conectados e mais controle sobre o consumo de energia.

Apesar de existirem diversas versões da tecnologia *Bluetooth*, um dispositivo com uma especificação mais recente é capaz de se comunicar com outro de versão mais antiga, e vice-versa. Contudo, se um aparelho com versão 5 do *Bluetooth* se conectar a outro de versão 2.0, a velocidade de transmissão será limitada à taxa suportada pela versão inferior.

2.5.2 Segurança

Apesar de existirem classes de *Bluetooth* com alcance máximo de 100 metros, a maioria dos dispositivos conta com alcance de 1 a 10 metros, o que, embora seja uma desvantagem, ajuda na segurança dos usuários. Outra garantia de

ambiente seguro é que, antes de efetuar trocas de dados e arquivos entre aparelhos que dispõem do *Bluetooth*, normalmente deve-se ativar a função através das configurações dos dispositivos. Porém, essa fase de ativação pelo usuário já foi superada por hackers, sendo relatados casos de invasão de dispositivos celulares pelo *Bluetooth*, sem a percepção do usuário do smartphone.

2.6 Comunicação Wi-Fi

A transmissão de informações pela tecnologia Wi-Fi pode acontecer em uma de duas frequências disponíveis pelos governos: a de 2.4 GHz ou a de 5GHz. A escolha dessas faixas se justifica por estarem muito acima daquelas utilizadas pelos telefones sem fio, rádios comunicadores e televisões, evitando qualquer tipo de interferência [16].

Quanto maior é a frequência, maior será a capacidade de o sinal comportar mais informações, uma característica importante para permitir a troca de arquivos entre os dispositivos dentro de uma rede.

A comunicação entre os diversos dispositivos conectados em uma rede Wi-Fi é feita através de um protocolo, ou seja, uma língua, que permite a eles reconhecerem as informações uns dos outros (e eliminarem a de outros equipamentos). O padrão utilizado atualmente é o 802.11 [17].

2.6.1 Questão Sobre Segurança e Privacidade

Em setembro de 2017, a Armis, empresa especializada em segurança da informação, divulgou um novo tipo de invasão usando a comunicação *Bluetooth*, hackers estariam usando essa tecnologia para assumir o controle e espionar usuários de smartphones, tablets e PCs [16].

O *Bluetooth* é uma alternativa mais segura para a conexão de dispositivos do que a rede wi-fi, pois esta última é conectada com a rede global, sendo possível o *hackeamento* de qualquer região do planeta. Já a conexão *Bluetooth* requer que a pessoa má intencionada esteja a poucos metros do aparelho (mestre), para poder acessar suas informações e modificá-las.

2.7 Arduino

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open source hardware* e *software*, isso significa que é possível baixar os esquemas elétricos de todas as partes da placa Arduino. As placas Arduino possuem uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em Wiring, e é essencialmente C/C++ [20]. Além disso, possuem pinos digitais e analógicos de entrada e saída, entrada USB (o que permite conexão com computadores), microprocessador e conversor analógico-digital (conversor A/D) integrados.

O objetivo da criação do Arduino foi criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de se usar por novatos e profissionais, principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e de ferramentas mais complicadas.

Porém a placa Arduino não possui a facilidade de debugar em tempo real, como outras placas de desenvolvimento, ou seja, de localizar algum eventual erro enquanto é rodado o código. Não é possível colocar *breakpoints*, consultar variáveis ou mesmo parar o *firmware* em tempo real para conferir endereços de memória ou variáveis.

A placa pode ser alimentada pela conexão USB ou por uma fonte de alimentação externa. A fonte de alimentação recebe energia externa por uma tensão de, no mínimo, 7 volts e máximo de 35 volts com corrente mínima de 300mA. A placa e demais circuitos funcionam com tensões de 5 ou 3,3 volts, dependendo do pino de alimentação conectado [18].

Quando o cabo USB é conectado a um computador, não há necessidade de o regulador de tensão atuar. A placa é alimentada diretamente pela USB e há um circuito que protege a porta USB do computador em caso de alguma anormalidade [21].

A placa Arduino apresenta um *firmware* embarcado, que combina memória ROM para leitura e um programa gravado neste tipo de memória, carregado na memória da placa, que aceita Windows, Linux e Mac OS [19].

A empresa Arduino possui diversas placas comercializadas no mercado, sendo umas mais simples, com preço mais acessível, outras com maior poder de processamento e maior resolução do conversor A/D, outras com maior número de pinos de entradas e saídas. Este trabalho utiliza a placa Arduino, modelo Uno, pois

esta, atende aos requisitos do projeto, pois possui uma tensão de saída de 5 volts. Em especial, o motor de passo utilizado (28BYJ-48) necessita de uma tensão de alimentação de 5 volts. Há outras placas Arduino, como a Due, cuja tensão de saída é de somente 3,3 volts, que não são adequadas para serem ligadas em dispositivos que requerem 5 volts.

2.7.1 Arduino UNO

Como dito anterior, a placa Uno possui um regulador de 5V, mas também apresenta outro de 3,3V. Seu limite máximo de corrente é de 50 mA.

Como interface USB para comunicação com o computador, há na placa um microcontrolador ATMEL ATMEGA16U2. Nesse microcontrolador também estão conectados dois LEDs (TX, RX), controlados pelo *software* do microcontrolador, que indicam o envio e recepção de dados da placa para o computador. Esse microcontrolador possui um cristal externo de 16 MHz [19].

O componente principal da placa Arduino UNO é o microcontrolador ATMEL ATMEGA328, um dispositivo de 8 bits. Ele conta com 32 KB de Flash, mas 512 Bytes são utilizados para o *bootloader* (o equivalente à BIOS do computador), 2 KB de RAM. O microcontrolador opera em 16 MHz, valor do cristal externo que está conectado aos pinos 9 e 10 do microcontrolador [22, 18].

Esse microcontrolador pode operar com tensões reduzidas, de até 1,8 V, mas nessa tensão apenas opera até 4MHz [18]. Possui dois modos de baixo consumo, o *Power-down Modi* e o *Power-sabe Modi*, para que o sistema possa poupar energia em situações de espera. Ele possui um oscilador interno de 32kHz que pode ser utilizado, por exemplo, em situações de baixo consumo [19].

A placa Arduino Uno possui 14 pinos de entradas digitais, que operam em 5 V, onde cada pino pode fornecer ou receber uma corrente máxima de 50 mA. Os tipos de pinos são explicitados a seguir:

PWM: pinos 3,5,6,9,10 e 11. São usados como saídas PWM de 8 bits através da função `analogWrite()`;

Comunicação serial: pinos 0 e 1. São utilizados para comunicação serial.

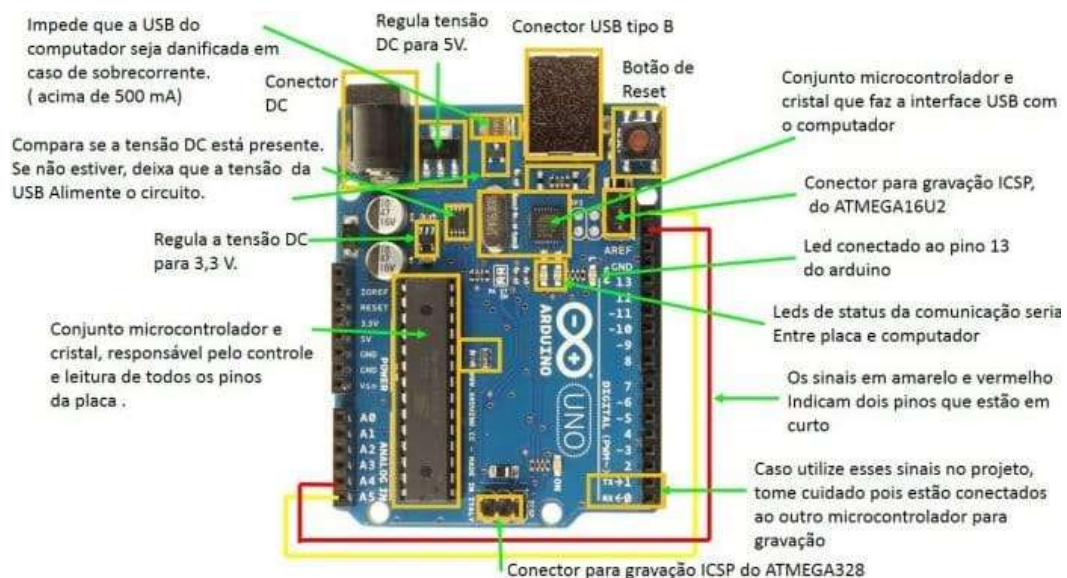
Interrupção externa: pinos 2 e 3. Podem ser configurados para gerar uma interrupção externa, através da função `attachInterrupt()`.

Em relação às entradas analógicas, a placa Arduino Uno dispõe de 6 pinos, que possuem a resolução de 10 bits. Por padrão, a referência do conversor AD está ligada internamente a 5V, ou seja, ao ser injetada uma tensão de 5V, o valor da conversão analógica digital será de 1023 [19].

É importante tomar um cuidado adicional pois, entre os pinos do microcontrolador e a barra de pinos, não há nenhum resistor que limite a corrente, assim uma corrente além do limite suportado poderia danificar algum componente da placa. Além disso, é possível ocorrer um curto-circuito entre dois pinos distintos, pois a placa não possui isolamento na sua parte inferior.

A Figura 5 mostra um resumo dos componentes presentes na placa Arduino Uno, assim como suas funcionalidades.

Figura 5 - Componentes da placa do Arduino UNO



Fonte: www.embarcados.com.br

2.8 Motor de Passo

O motor de passo é um motor elétrico que desloca um ângulo específico (que depende de cada modelo) a cada pulso recebido do drive de controle. O número de passos que o motor gera, é exatamente igual ao número de pulsos recebidos e a velocidade do motor é igual a frequência de entrada de pulsos [23]. A grande vantagem desse tipo de motor é a sua simplicidade, pois não possuem escova, comutadores ou Encoder, assim tem preço baixo e são muito eficientes em várias aplicações.

O fato de não possuírem escovas ou comutadores faz com que a vida útil seja mais elevada desse tipo de motores, em comparação a motores que apresentam esses componentes. A vida útil de um motor de passo, operando em condições normais de trabalho é de aproximadamente 12 anos [23], nesse período ocorre um enfraquecimento natural do magnetismo do rotor de ímã permanente.

Os motores de passo, na maioria das vezes, são fornecidos com 8 fios, assim possibilitando a universalidade quanto aos possíveis tipos de ligações elétricas: Ligação Unipolar, Bipolar Série e Bipolar paralelo. A ligação unipolar tem a vantagem de ser mais de fácil controle e preço baixo. Porém, atualmente, vêm sendo substituídas cada vez por ligações exclusivamente bipolares, que estão ficando mais baratas. As ligações bipolares oferecem mais torque, em geral 30% a mais do que obtidos em ligações unipolares [23].

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Por se tratar de um projeto com o intuito de ser barato e que a maioria das pessoas possa construir, foram utilizados, no desenvolvimento do dispositivo, materiais de baixo custo, que foram:

- Caixa de madeira (21 cm x 9,5 cm x 11 cm);
- Arduino UNO;
- Motor de Passo (28BYJ-48 5v) + driver ULN2003;
- Módulo Bluetooth (HC-05);
- Relógio em tempo real (DS3231);
- Buzzer (alarme sonoro);
- Botão;
- Resistor de 10k Ohms;
- Jumpers (conectores para Arduino);
- Fonte de alimentação para Arduino (12V);
- Aplicativo Android para transmissão de dados entre dispositivos via *Bluetooth*: 'Bluetooth Terminal' (disponível na Play Store).

A seguir será descrito o funcionamento do aparelho e serão detalhados os componentes para se ter maior conhecimento das especificações técnicas e características próprias de cada um.

3.1 Funcionamento

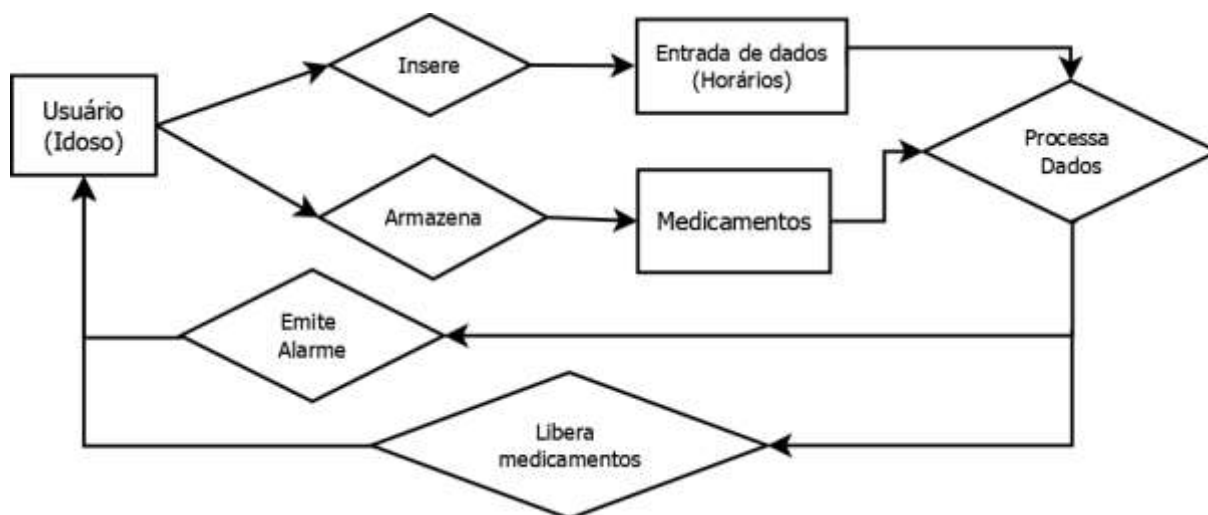
O funcionamento do dispositivo é bastante simples e intuitivo. Primeiramente, deve-se depositar os medicamentos nos compartimentos (a peça usada permite apenas um medicamento por compartimento) e depois fechar a tampa da estrutura externa. Após isso, basta abrir o aplicativo 'Bluetooth Terminal' no smartphone e se conectar ao dispositivo HC-05 pela opção "connect device - secure".

Estando conectado ao dispositivo, por meio do *Bluetooth*, basta inserir os horários no formato de texto ("hh:mm:ss"). Ao receber a mensagem de que os horários foram configurados com sucesso, o usuário poderá interromper a conexão *Bluetooth*, pois os horários estarão armazenados no equipamento.

É importante ressaltar que os comprimidos devem ser colocados na ordem correta que deverão ser ingeridos ao longo do dia, sendo essa ordem no sentido anti-horário. Assim, nos horários selecionados previamente o alarme sonoro será inicializado e ficará ativo por 5 minutos, até que alguém aperte o botão. Ao apertar o botão, o motor de passo entrará em ação, fazendo com que o medicamento seja despejado para fora do equipamento. Caso o botão não seja apertado, o medicamento não será expelido.

A Figura 6 mostra o diagrama explicando o funcionamento do dispositivo.

Figura 6 - Diagrama de blocos explicando o funcionamento do equipamento



Fonte: Do Autor

3.2 Software Bluetooth Terminal

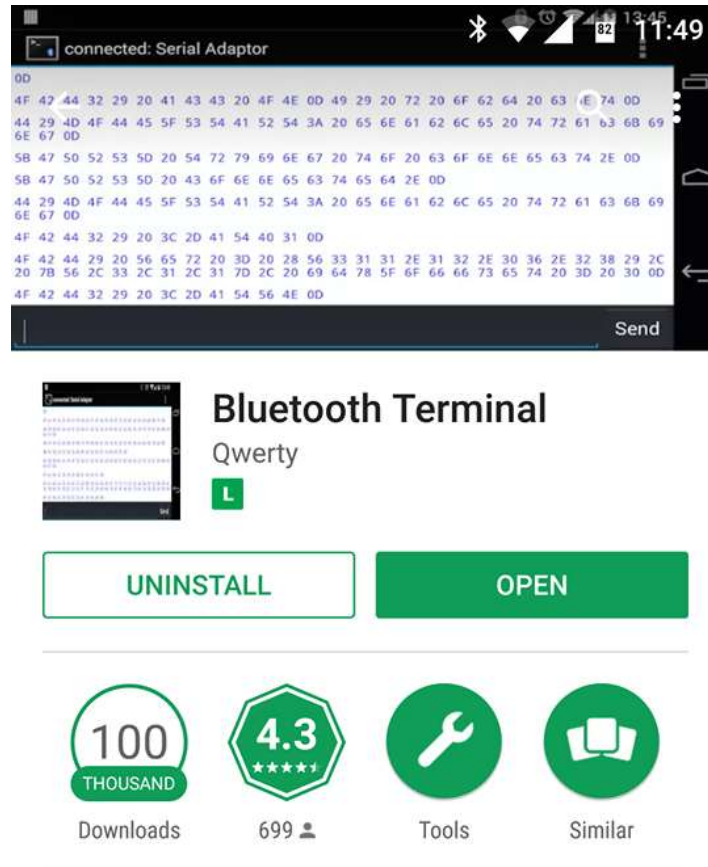
Esse aplicativo está disponível na loja de aplicativos do Google, Play Store, como mostra a Figura 7, presente em todos os celulares que possuem sistema operacional Android. A aquisição do aplicativo é gratuita e ele funciona com a troca de mensagens de texto entre dois dispositivos conectados por *Bluetooth*.

Ao abrir o programa no celular, basta ligar o *Bluetooth* do aparelho, tocar nos três pontos no canto superior direito da tela e escolher a opção “Connect a device - secure”. Em seguida aparecerá uma lista de todos os dispositivos já pareados no celular e também os dispositivos na proximidade que estejam com o *Bluetooth* ligado.

Caso o componente HC-05 já esteja devidamente conectado, basta selecionar a opção “HC-05” dentre a lista de dispositivos e colocar a senha “1234”.

Desse modo o celular já estará conectado ao HC-05 e já é possível trocar informações na forma de texto entre os dois dispositivos.

Figura 7 - Aplicativo *Bluetooth Terminal*, por Qwerty.



Fonte: *Play Store*.

3.3 Arduino UNO

Nas seções anteriores já foi apresentado o Arduino Uno, assim como suas funcionalidades e especificações técnicas. A placa Arduino Uno pode ser adquirida pela Internet por R\$ 30,00 (fonte: www.mercadolivre.com.br).

3.4 Mini Protoboard

A protoboard é responsável por conectar diversos componentes elétricos, em série ou paralelo, sem que haja a necessidade do uso de solda. Todos os

componentes eletrônicos escolhidos no desenvolvimento do projeto são compatíveis com a protoboard e não têm necessidade alguma de soldar nenhuma ligação.

A Mini Protoboard foi escolhida pois é menor e mais barata, sendo suficiente para o funcionamento adequado do dispositivo. Ela possui 170 furos e pode ser encontrada por R\$ 5,00 (fonte: www.mercadolivre.com.br).

3.5 Conectores (jumpers)

Os conectores, ou jumpers, são usados para conectar dois ou mais componentes, com a ajuda da protoboard. No presente trabalho foram utilizados 29 conectores, sendo 6 do tipo macho-fêmea e 23 do tipo macho-macho.

É possível compra-los separadamente, ou por conjunto, sendo a segunda opção a mais barata. O valor gasto com os conectores foi de aproximadamente R\$ 10,00 (fonte: www.mercadolivre.com.br).

3.6 Motor de passo 28BYJ-48 e Driver ULN2003

Foi escolhido o modelo 28BYJ-48, representado pela Figura 8, por ter um custo baixo, ser de fácil programação (já vem com o driver) e por atender aos requisitos do projeto. A seguir são apresentadas suas especificações [26]:

- Tensão: 5V DC;
- Diâmetro do eixo: 5mm;
- Ângulo do Passo: $5,625^\circ/64 \sim 0,088^\circ$;
- Tipo: Unipolar;
- Frequência: 100Hz;
- Resistência DC: $50\Omega \pm 7\%(25^\circ\text{C})$;
- Torque: 34,3 mN.m;
- Peso: 40g;
- Valor: R\$ 15,00 (fonte: www.mercadolivre.com.br).

Figura 8 - Motor de passo 28BYJ-48 e Driver ULN2003



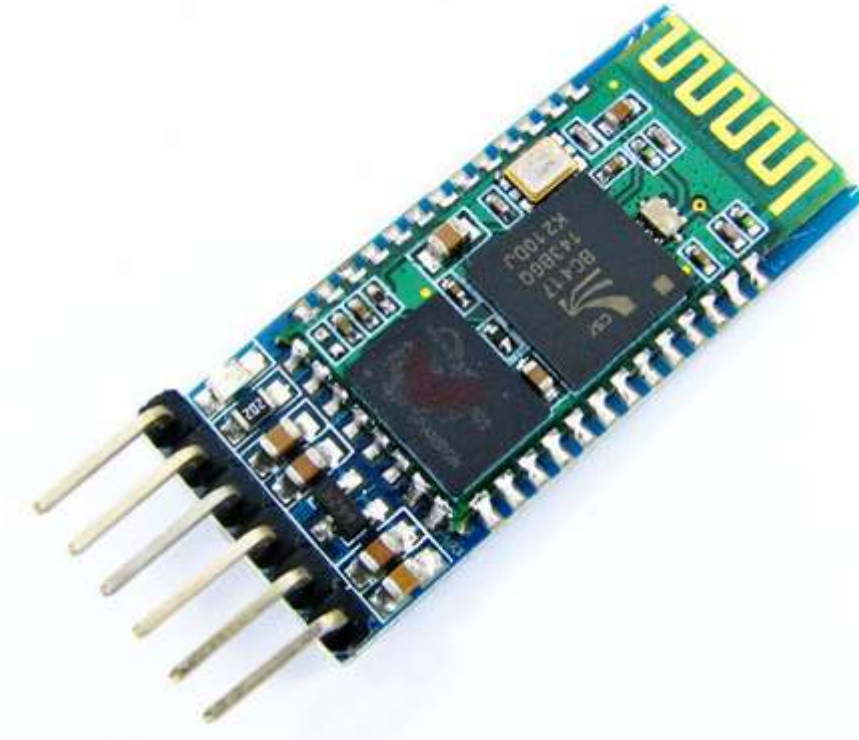
Fonte: www.mercadolivre.com

3.7 Módulo de conexão Bluetooth HC-05

Para a conexão *Bluetooth*, foi escolhido esse modelo, pois apresenta preço baixo e possibilita a operação em modo mestre e escravo, ou seja, pode tanto enviar quanto receber informações. As especificações do módulo de conexão *Bluetooth* HC – 05, representado pela Figura 9, são [25]:

- Classe de operação: classe 2 (possui alcance de até 10m);
- Versão da tecnologia *Bluetooth*: versão 2.0, com taxa de transmissão de 3Mb/s;
- Velocidade: assíncrona de 2,1 Mbps (Máx)/160 Kbps, síncrona de 1 Mbps/1 Mbps;
- Segurança: autenticação e criptografia;
- Fonte de alimentação: + 3,3V DC com corrente máxima de 50mA;
- Valor: R\$20,00 (fonte: www.mercadolivre.com.br).

Figura 9 - Módulo de conexão *Bluetooth* HC-05



Fonte: www.filipeflop.com

3.8 Relógio em tempo real DS3231

Mais uma vez, a explicação da escolha desse componente se baseia em seu preço baixo e por ser de fácil programação. O Real Time Clock (RTC) DS3231 é um relógio de tempo real de alta precisão e baixo consumo de energia. Em caso de falha de energia o DS3231 automaticamente aciona a bateria que acompanha o módulo para evitar perda de dados. O dispositivo, representado pela Figura 10, também possui um sensor de temperatura integrado (não utilizado no projeto).

Figura 10 - Relógio em tempo real DS3231



Fonte: www.amazon.com

O Arduino Uno possui, nativamente, um contador de tempo que retorna à quantidade de milissegundos desde que a placa foi ligada ou resetada, mas essa função não é suficiente para o usuário consultar a data e hora atuais.

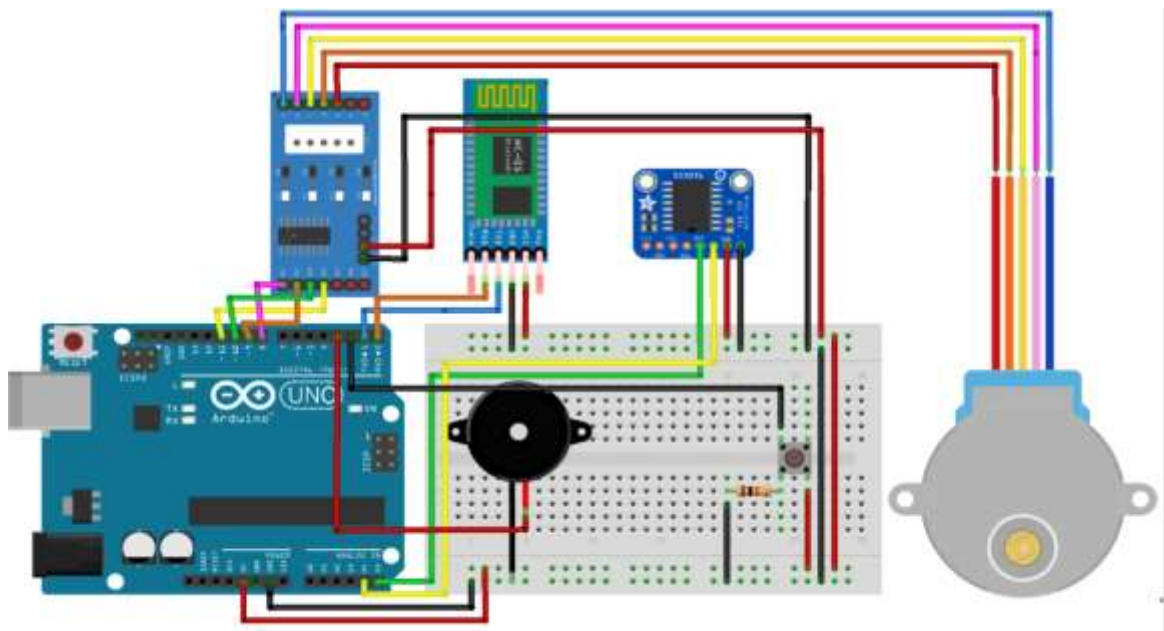
A seguir são apresentadas suas especificações [27]:

- Tensão de operação: 3,3 ou 5V.
- Trabalha com segundos, minutos, horas, dias da semana, dias do mês, meses e anos (de 2000 a 2099).
- Sensor de temperatura com $\pm 3^\circ\text{C}$ de exatidão.
- Circuito de detecção de falha de energia.
- Consome menos de 500 nA no modo bateria com oscilador em funcionamento.
- Faixa de temperatura: 0 a 40°C .
- Dimensões: 38 x 22 x 14mm.
- Peso: 8g.
- Valor: R\$ 10,00 (fonte: www.mercadolivre.com.br).

3.9 Montagem

A Figura 11 mostra o esquema de como foi feita a montagem dos componentes na placa Arduino Uno.

Figura 11 - Diagrama de montagem dos componentes na placa Arduino UNO



Fonte: Do Autor

A seguir serão listadas as ligações de cada componente nos pinos da placa Arduino Uno, sendo a parte da esquerda referente aos pinos do próprio componente e a parte da direita referente aos pinos do Arduino.

Driver ULN2003:

- 5V - GND
- 12V - 5V
- IN1 - pino 8
- IN2 - pino 9
- IN3 - pino 10
- IN4 - pino 11

HC-05:

- VCC - 5V
- GND - GND
- TXD - pino 1 (TX0)
- RXD - pino 0 (RX0)

DS3231:

- GND - GND
- VCC - 5V
- SDA - pino A4
- SCL - pino A5

Os 5 fios do motor de passo são ligados diretamente ao driver ULN2003, por uma ligação própria. Os pinos do buzzer são ligados no GND do Arduino e no pino 3, respectivamente.

Por último, o botão deve ser colocado na parte central da protoboard, para que não haja curto entre seus pinos. Assim, em apenas um dos lados, deve-se conectar um dos pinos ao 5V do Arduino e ao outro pino, deve-se conectar um resistor de 10K Ohms antes de conectá-lo ao GND do Arduino. Para o outro lado do botão, o pino que estiver mais perto da resistência de 10K Ohms deve ser conectado ao pino 2 do Arduino.

Em relação ao *software* utilizado no protótipo, toda a programação foi feita na placa Arduino e o código é disponibilizado no Apêndice A.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esperou-se com esse trabalho a criação de um equipamento funcional, que fosse de fácil manuseio (o *software* deveria ser intuitivo para que qualquer pessoa, sem conhecimentos em informática, conseguisse programar o dispositivo).

Os resultados esperados são a melhoria da qualidade de vida dos usuários, visto que não serão mais dependentes de outras pessoas para organizar os medicamentos e entregá-los e mesmo assim não correrão o risco de esquecer que tomar algum medicamento em determinada hora.

Assim, os resultados obtidos são mostrados a seguir. A aplicação Android, em que o usuário (seja o idoso ou alguma outra pessoa) pode enviar comandos escritos para configurar o dispositivo remotamente por *Bluetooth* apresenta os possíveis comandos, que são listados a seguir:

- “teste”: retorna a mensagem “Conexão ativa!”, caso o aparelho esteja conectado ao celular e trocando informações corretamente;
- “consulta”: que retorna a relação das horas já programadas anteriormente (sendo possível programar até 3 horas diferentes);
- “hora”: retorna a hora atual configurada no relógio interno do gadget;
- “reconfigurar”: apaga todos os tempos registrados anteriormente e mostra a mensagem para que o usuário configure-os novamente;
- Por fim o usuário pode configurar as horas em que o comprimido deve ser ingerido apenas mandando uma mensagem no formato “hh:mm:ss” (hora:minuto:segundo).

Além do *software* disponível para celulares Android, foi construído o *hardware* com os componentes descritos anteriormente. O *hardware* apresenta capacidade para armazenar até 7 comprimidos e suporta até 3 horários diferentes por dia.

As Figuras 12 e 13 mostram a montagem dos componentes, assim como a estrutura externa, feita de madeira.

Figura 12 - Detalhe dos componentes eletrônicos montados, sem a caixa



Fonte: Do autor

Figura 13 - Dispositivo montado, vista externa com detalhe dos compartimentos para os medicamentos.



Fonte: Do autor

Ao adquirir todas as peças descritas anterior, na seção sobre os materiais utilizados, alguém que se dispor a construir esse dispositivo irá desembolsar em

torno de noventa e cinco (95) reais. Apesar de ser um preço consideravelmente elevado para se gastar num dispositivo caseiro (que não passou por testes de segurança por empresas como o INMETRO), é importante ressaltar que ele pode ser facilmente desmontado, pois não há soldas. Assim é possível reaproveitar os mesmos componentes para a confecção de outro projeto, por exemplo.

Com um gasto adicional bem reduzido, é possível incrementar também o sistema de armazenamento dos medicamentos. Fazendo o uso de uma impressora 3D, pode-se criar uma peça mais robusta e sofisticada, que caiba mais comprimidos em um só compartimento. Caso a caixa externa seja mantida, é possível construir a peça em forma de hélice, para ser acoplada ao motor de passo, de até 5 cm de raio. Mas caso alguém opte por utilizar um caixa maior, preferencialmente em formato circular, é possível aumentar o número de compartimentos disponíveis.

Outra sugestão para trabalhos futuros é a adição de travas, ou fechaduras, que impeçam o idoso de ter acesso aos medicamentos depositados no dispositivo, sendo possível que o usuário tome medicamentos que não deveriam ser ingeridos em determinada hora. A falta desse recurso se deve ao fato de que apenas no final do projeto, o mesmo foi descoberto por apresentar em outros produtos, caso contrário, a trava seria atribuída ao presente trabalho.

Outro recurso que foi mentalizado posteriormente, mas que desta vez não está presente em outros produtos, é a presença de conexão Wi-Fi pelo dispositivo. Embora (como já foi discutido antes) a conexão Wi-Fi seja mais facilmente invadida por pessoas mal-intencionadas, seria interessante o gadget apresentar o recurso de feedback em tempo real para algum celular cadastrado, podendo ser de um filho da pessoa idosa, por exemplo. Assim a pessoa receberia notificações em tempo real sobre a situação do idoso, caso ele aperte o botão enquanto soa o alarme, a outra pessoa será notificada de que o usuário tomou o medicamento, juntamente com seu respectivo nome e a hora, caso contrário, a pessoa também será notificada de que o idoso não ingeriu o medicamento e a hora que ele deveria ter tomado.

5 CONCLUSÃO

Com o projeto completo e funcional, pode-se inferir que o trabalho poderá ser realmente funcional para idosos. Assim, é possível que um outro usuário, podendo ser uma pessoa mais nova, possa configurar o aparelho com o seu smartphone e voltar para casa tranquilo, sabendo que os medicamentos serão depositados na hora certa e um alarme será emitido.

Assim, as chances de o idoso esquecer de ingerir seus medicamentos serão reduzidas drasticamente, melhorando qualquer tratamento médico e melhorando também a qualidade de vida do usuário.

Além disso é possível destacar algumas características bastante interessantes desse dispositivo. Ele pode ser considerado como modular, pois é possível trocar componentes facilmente, alterando assim alguma funcionalidade que seja mais específica e mais otimizada para algum usuário. Este recurso, ligado ao fato do protótipo ser *open source*, possibilita que várias pessoas incrementem o aparelho da maneira como julgarem mais adequada.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] FECHINE, R. A. B. **O PROCESSO DE ENVELHECIMENTO: AS PRINCIPAIS ALTERAÇÕES QUE ACONTECEM COM O IDOSO COM O PASSAR DOS ANOS.**

Revista Científica Internacional. ISSN: 1679-9844. Edição 20, volume 1, artigo nº 7, Janeiro/Março 2012.

[2] MARTIN, L.; PRESTON, S. **Demography of aging.** National Academic Press. Washington, DC.1994.

[3] CAETANO, L. M. o Idoso e a Atividade Física. **Horizonte: Revista de Educação** www.interscienceplace.org - Páginas 130 de 194 **Física e desporto**, V.11, n. 124, p.20-28, 2006.

[4] **10 doenças mais comuns entre os idosos no Brasil.** Disponível em: <https://planodesaude.net.br/blog/10-doencas-mais-comuns-entre-os-idosos-no-brasil/>. Acesso em 8 de dezembro de 2017.

[5] JANI, B., E RAJKUMAR, C. **Ageing and vascular ageing. Postgrad Med J**, v.82. 968, p.357-362, 2006.

[6] DE VITTA. A. Atividade física e bem-estar na velhice. In A.L. Neri e S.A.Freire. (orgs.), **E por falar em boa velhice** . Campinas, SP: Papirus, p.25-38, 2000.

[7]HOGAN, M. Physical and cognitive activity and exercise for older adults: a review. **Int Journal aging Hum Dev**, v. 60, n. 2, p.95-126.2005.

[8] JANI, B., E RAJKUMAR, C. Ageing and vascular ageing. **Postgrad Med J**, v.82. 968, p.357-362, 2006.

[9] GALLAHUE, D.L. E OZMUN, J.C. **Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos.** 3a Edição. São Paulo: Phorte, 2005.

[10] Bellinazzi, V. R. **Hipertensão arterial no idoso.** 2002

- [11] HAYFLICK, L **Como e porque envelhecemos**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- [12] CANÇADO, F.A.X. E HORTA, M.L. Envelhecimento cerebral In E.V. Freitas., L. Py., A.L. Néri., F.A.X. Cançado., M.L. Gorzoni, M.L e S.M. Rocha (Eds), **Tratado de Geriatria e Gerontologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.112-127, 2002.
- [13] MIRANDA, R. D, PEROTTI, T. C. **Hipertensão arterial no idoso: peculiaridades na fisiopatologia, no diagnóstico e no tratamento**. Rev Bras Hipertens 9: 293-300, 2002.
- [14] DEVMEDIA. **Introdução à comunicação Bluetooth no Android**. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/introducao-a-comunicacao-bluetooth-no-android/27636>. Acesso 13 de Dezembro de 2017.
- [15] Alecrim, E. INFO WESTER. **Tecnologia Bluetooth: o que é e como funciona**. Disponível em: <https://www.infowester.com/bluetooth.php>_Acesso 16 de Dezembro de 2017.
- [16] Canaltech. **Hackers estão usando Bluetooth para hackear celulares**. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/tecnologia/canaltech/hackers-estao-usando-bluetooth-para-hackear-celulares-e-pcs,b2d691c35b02ecc11d21e7b20af81070iyd7qyym.html>. Acesso 7 de Dezembro de 2017.
- [17] Techtudo. **Como funciona uma conexão Wi-Fi**. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2011/07/como-funciona-uma-conexao-wi-fi.html>. Acesso 27 de Novembro de 2017.
- [18] ARDUINO. **Arduino UNO REV3**. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>_. Acesso 18 de Dezembro de 2017.
- [19] Souza, F.. Embarcados. **Arduino UNO, 2013**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso 13 de Dezembro de 2017.

[20] Teslatec (Tecnologia em Automação Industrial). **Arduino: conheça essa plataforma de hardware e software livre e suas aplicações**, 2017. Disponível em: <http://www.teslatec.com.br/arduino-conheca-essa-plataforma-de-hardware-e-software-livre-e-suas-aplicacoes/>. Acesso 08 de Dezembro de 2017.

[21] WE (Würth Elektronik). **The Protection of USB 2.0 Applications**, JB, 2009. Disponível em: http://www.digikey.com/Web%20Export/Supplier%20Content/Wurth_732/PDF/Wurth_The_Protection_of_USB_20_Applications.pdf?redirected=1. Acesso 08 de Dezembro de 2017.

[22] MERCATO, M. **Android para principiantes**. Android Pit. Bootloader: o que é e para que serve?, 2007. Disponível em: <https://www.androidpit.com.br/bootloader-o-que-e-para-que-serve>. Acesso 20 de Dezembro de 2017.

[23] Kalatec Automação. **Motor de Passo**. Disponível em: <http://www.kalatec.com.br/motoresdepasso/motor-de-passo/>. Acesso 20 de Novembro de 2017.

[24] Portal de Notícias G1. **População brasileira deve atingir pico em 2030, diz Ipea**, 2010. Disponível em: <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2010/10/populacao-brasileira-deve-atingir-pico-em-2030-diz-ipea.html>. Acesso 5 de Dezembro de 2017

[25] ITead Studio. **Datasheet Bluetooth to Serial Port Module HC-05**, 2010. Disponível em: <http://www.electronicaestudio.com/docs/istd016A.pdf>. Acesso 03 de Dezembro de 2017.

[26] Kiatronics. **Datasheet motor de passo 28BYJ-5V**. Disponível em: <http://robocraft.ru/files/datasheet/28BYJ-48.pdf>. Acesso 05 de Dezembro de 2017.

[27] Maxim integrated. **Datasheet rtc ds3231**. Inc, 2015 Disponível em: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>. Acesso 05 de Dezembro de 2017.

[28] Amazon. **GMS MED E-lert: descrição**. Disponível em: <https://www.amazon.com/Med-lert-Automatic-Dispenser-Included/dp/B002B51358>. Acesso 28 de Novembro de 2017.

[29] Philips Lifeline. **Philips Medication Dispensing Service**. Disponível em: www.lifeline.philips.com. Acesso 28 de Novembro de 2017.

[30] Ebay. **GMS MED E-lert à venda**. Disponível em: <https://www.ebay.com/itm/GMS-Med-e-lert-28-Day-Automatic-Pill-Dispenser-6-Alarms-With-6-Dosage-Rings-And/253270357910?hash=item3af816f796:g:TmYAAOSwH2VaFAoB>. Acesso 28 de Novembro de 2017.

APÊNDICE A - Código utilizado para programar a placa Arduino

```

#include <Stepper.h>
#include <DS3231.h>

const int button = 2;
const int buzzer = 3;

String a;
bool flag = false;

int buttonState = 0;
char junk;

int inByte = 0;
String mensagem = "";
String tempo1 = "";
String tempo2 = "";
String tempo3 = "";

// Inicializando o DS3231 (relógio em tempo real)
DS3231 rtc(SDA, SCL);

const int stepsPerRevolution = 500;

//Inicializa a biblioteca utilizando as portas de 8 a 11 para
//ligacao ao motor
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 10, 9, 11);

void setup(void)
{

  pinMode(13, OUTPUT); //LED indicando a saída de som no buzzer

  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(button, INPUT);

  Serial.begin(9600);

  // Inicilaiza o rtc
  rtc.begin();

  // As linhas a seguir são usadas para configuração da hora atual do DS3231
  //rtc.setDOW(TUESDAY); // Setar dia da semana
  //rtc.setTime(16, 54, 0); // Setar hora atual – 16:54 no exemplo – em formato de 24hr
  //rtc.setDate(7, 26, 2017); // Setar a data em formato mês, dia, ano

  //Determina a velocidade inicial do motor
  myStepper.setSpeed(10);
}
void loop()
{

  a = rtc.getTimeStr();
  Serial.println(a);

  if (Serial.available() > 0)

```

```

{
    inByte = Serial.available();
    Serial.write(Serial.read());
    mensagem = Serial.readString();
    flag = true;
}

if (mensagem == "teste" ) {
    if (flag == true) {
        Serial.write("");
        Serial.println("Conexão ativa! ");
        flag = false;
    }
}

if (mensagem == "hora" ) {
    if (flag == true) {
        Serial.print("hora atual: ");
        Serial.println(a);
        flag = false;
    }
}

if (mensagem == "consulta" ) {
    if (flag == true) {
        Serial.println("Relação das horas configuradas: ");
        Serial.print("Hora1: ");
        Serial.println(tempo1);
        Serial.print("Hora2: ");
        Serial.println(tempo2);
        Serial.print("Hora3: ");
        Serial.println(tempo3 );
        flag = false;
    }
}

if (mensagem == "reconfigurar" ) {
    if (flag == true) {
        Serial.println("Tempos apagados! Digite novamente cada hora e pressione 'SEND'");
        tempo1 = "";
        tempo2 = "";
        tempo3 = "";
        flag = false;
    }
}

if (inByte == 9 && mensagem != "consulta") {
    if (flag == true) {
        if (tempo1 == "") {
            tempo1 = mensagem;
        }
        else if (tempo2 == "") {
            tempo2 = mensagem;
        }
        else if (tempo3 == "") {
            tempo3 = mensagem;
        }
        else {
            tempo1 = mensagem;
        }
    }
}

```

```

    }
    Serial.println("Horas configuradas com sucesso! ");
    Serial.print("Hora1: ");
    Serial.println(tempo1);
    Serial.print("Hora2: ");
    Serial.println(tempo2);
    Serial.print("Hora3: ");
    Serial.println(tempo3 );
    flag = false;
  }
}

if (a == tempo1 || a == tempo2 || tempo3)
{
  while (Serial.available() > 0)
  { junk = Serial.read(); }
  buzz(3, 4950, 1000);
  //Gira o motor no sentido horario a 45 graus
  myStepper.step(256);
  for (int i = 0; i < 150; i++) {
    buttonState = digitalRead(button);
    Serial.println("Alarme!!");
    buzz(3, 4950, 100);
    if (buttonState == HIGH) {
      i = 30;
      Serial.println("Parabens por tomar seu medicamento =D");
    }
    delay(500);
  }
  Serial.println(a);
}

if(!Serial.available()){
  tempo1 = tempo1;
  tempo2 = tempo2;
  tempo3 = tempo3;
}

// espera de 1 segundo para repetir o loop
delay (1000);
}

void buzz(int targetPin, long frequency, long length) {
  digitalWrite(13, HIGH);
  long delayValue = 1000000 / frequency / 2;
  long numCycles = frequency * length / 1000;
  for (long i = 0; i < numCycles; i++) {
    digitalWrite(targetPin, HIGH);
    delayMicroseconds(delayValue);
    digitalWrite(targetPin, LOW);
    delayMicroseconds(delayValue);
  }
  digitalWrite(13, LOW);
}
}

```