

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Politécnica
Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos

Akira Takeyama
Arthur Yukio Sinzato

**Dosador Sonoro de Remédio Líquido
Para Deficientes Visuais**

São Paulo
2006

AKIRA TAKEYAMA
ARTHUR YUKIO SINZATO

nota final 9,3
(mora e tua)
ADM

DOSADOR SONORO DE REMÉDIO LÍQUIDO
PARA DEFICIENTES VISUAIS

Trabalho de Formatura apresentada à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de
Graduação em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Mecatrônica

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Horikawa

São Paulo
2006

TF-06
T13901

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600012476

FICHA CATALOGRÁFICA

1575956

Takeyama, Akira

**Dosador sonoro de remédio líquido para deficientes visuais /
A. Takeyama, A.Y. Sinzato. -- São Paulo, 2006.
p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de
Sistemas Mecânicos.**

**1.Medicção oral 2.Deficiente visual 3.Medicamentos 4.Meto-
dos de medicção (Medição) I.Sinzato, Arthur Yukio II.Universi-
dade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Enge-
nharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos III.t.**

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Oswaldo Horikawa, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante todo o trabalho.

Aos amigos Ana Eun Mi Lee, Carlos Augusto Ferreira Fernandes, Fábio Takeshi, Ronaldo Endo e a todos que colaboraram direta e indiretamente na execução desse trabalho.

Aos nossos familiares pelos incentivos dados durante toda a graduação.

RESUMO

As dificuldades enfrentadas por pessoas com deficiências físicas são severas, e por mais que exista uma busca por compreensão e empatia, é difícil de se imaginar sem passar por uma situação semelhante ou conhecer de perto os fatos. Atualmente os deficientes visuais utilizam métodos inconvenientes para estimar as doses de remédios líquidos. O tema do dosador sonoro para remédios líquidos para deficientes visuais foi inicialmente sugerido pelos próprios deficientes visuais e os mesmos devem ser os principais beneficiados deste projeto. O trabalho trata das alternativas para a mensuração de remédios sob a forma líquida, relata os fundamentos teóricos para as análises do projeto, desenvolvimento da fabricação, e ao final é apresentado um protótipo elaborado que foi construído, testado e que atende às condições de contorno do projeto de forma eficiente.

ABSTRACT

The difficulties faced by those with physical deficiencies are severe, and the more people try to comprehend, it is difficult to think about it without going through a similar situation or knowing better the facts. Nowadays, the visual deficient use inconvenient methods to esteem the doses of liquid remedies. The subject of the sonorous liquid medicine dosing for visual deficient was suggested by themselves and they will be the main ones benefited of this project. This work deals with the alternatives to quantify liquid remedies, develops the theoretical beddings for the analyses of the project, development of the manufacture, and in the end an elaborated prototype is presented, tested and it is proved that it works efficiently.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Frasco de xarope.....	3
Figura 2 - Frasco de remédio com conta-gotas	4
Figura 3 – Outro frasco de remédio com conta-gotas.....	4
Figura 4 - Fluxograma de interação com o usuário.....	5
Figura 5 – Medição do volume pela alternativa 1.....	9
Figura 6 – Contagem de gota pela alternativa 1	10
Figura 7 – Medição de volume pela Alternativa 2	10
Figura 8 – Contagem de gota pela Alternativa 2.....	11
Figura 9 – Medição de volume pela Alternativa 3	11
Figura 10 – Medição de volume pela Alternativa 4	12
Figura 11 – Medição de volume pela Alternativa 5	13
Figura 12 – Medição de volume pela Alternativa 6	14
Figura 13 – Medição de volume pela alternativa 7.....	15
Figura 14 – Esquematização da proposta escolhida	17
Figura 15 – Fluxograma de funcionamento básico	18
Figura 16 – Circuito para sensor.....	19
Figura 17 – Circuito Comparador.....	20
Figura 18 – Protótipo inicial e circuito de comparador de tensão.....	21
Figura 19 – Contador decimal.....	21
Figura 20 – Esquema do circuito eletrônico contador de gotas	23
Figura 21 – Gráfico da simulação do circuito contador de gotas	24
Figura 22 - Esquema do circuito eletrônico medidor de volume	25
Figura 23 – Gráfico da simulação do circuito medidor de volume.....	25
Figura 24 – Montagem do circuito.....	26
Figura 25 – Chave seletora.....	27
Figura 26 – Bocal adaptado para o dosador	28
Figura 27 - Estrutura para o suporte do recipiente – tubo de ensaio	29
Figura 28 – Protótipo final	31
Figura 29 – Protótipo final – Vista frontal	31

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Objetivos e Definições	2
3. Método	7
4. Propostas de possíveis estratégias.....	9
4.1 Análise de propostas	9
4.1.1 Alternativa 1	9
4.1.2 Alternativa 2	10
4.1.3 Alternativa 3	11
4.1.4 Alternativa 4	12
4.1.5 Alternativa 5	12
4.1.6 Alternativa 6	13
4.1.7 Alternativa 7	14
4.2. Análise crítica de cada possível solução	15
4.3. Escolha da melhor solução	16
4.4. Esquematização	16
5. Desenvolvimento da solução	19
5.1 Sensores de infravermelho.....	19
5.2 Tratamento de sinal e comparador de tensão	20
5.3 Medição de gotas e o circuito contador	21
5.4 Medição de volume	22
5.5 Fase de simulação	22
5.6 Finalização do circuito	26
5.7 Interface com o usuário	26
5.8 Estrutura para o recipiente de remédio	27
5.9 Estrutura para o suporte do recipiente – tubo de ensaio	28
5.10 Otimização e protótipo final	29
6. Testes e resultados.....	32
7. Conclusões Finais.....	33
8. Referências	34

1. INTRODUÇÃO

As dificuldades enfrentadas por pessoas com deficiências físicas são severas, e por mais que exista uma busca por compreensão e empatia, é difícil de imaginar sem passar por uma situação semelhante ou conhecer de perto os fatos. Este trabalho de formatura possui o tema proposto pela Poli-Cidadã que é responsável por criar um vínculo entre a sociedade e a Escola Politécnica da USP. No caso a Fundação Dorina Nowill para deficientes visuais propôs o seguinte tema: um dosador para remédios líquidos para deficientes visuais. A idéia é baseada justamente a partir da opinião dos próprios deficientes visuais que freqüentam a fundação e relataram suas principais necessidades e levantaram problemas que poderiam ser solucionados caso houvesse algum dispositivo que facilitasse determinada tarefa.

É muito difícil determinar a dimensão deste problema, pois não há um número que responde pela quantidade de deficientes visuais no país, além do termo deficiente visual ser subjetivo porque existem níveis de deficiência, ou seja, o percentual de visão existente para cada deficiente. O que pode ser estimado são cerca de 200.000 pessoas com percentual de visão praticamente nulo e o triplo deste valor para pessoas com visão parcialmente afetada.

A idéia do projeto como foi dito não partiu de algo já visto no mercado, partiu dos próprios depoimentos dos deficientes. Após uma procura mais detalhada, foi encontrado outros dosadores, porém, apesar de haver algumas semelhanças, as condições de contorno são muito distintas, tornando esse referenciais pouco confiáveis. Atualmente os deficientes tentam medir suas doses de remédios de modos inconvenientes, mas as condições de contorno deste trabalho serão definidas adiante na parte dos objetivos. Pode-se destacar também a ampliação do futuro uso deste equipamento não somente para deficientes visuais, mas também como um produto que possa facilitar a vida das pessoas ao medir doses de remédio, ou idoso com pequenos problemas de visão e muito provável o uso do aparelho em hospitais, onde as dosagens para os pacientes são realizadas diversas vezes ao longo do dia.

O trabalho trata das alternativas para a mensuração de remédios sob a forma líquida, relata os fundamentos teóricos para as análises do projeto, desenvolvimento da fabricação, e ao final é apresentado um protótipo que foi construído, testado e que atende às necessidades de forma eficiente.

2. OBJETIVOS E DEFINIÇÕES

O objetivo deste trabalho é desenvolver um dosador falante de remédios líquidos para deficientes visuais. Com esse dispositivo o deficiente deve ser capaz de tomar suas devidas medicações de modo autônomo e seguro. O deficiente poderá escolher a dose desejada, acionar o equipamento e o mesmo avisa quando a medicação é atingida.

A motivação social do projeto é proporcionar ao deficiente visual facilidades em rotinas comuns no cotidiano, em especial, a medicação. Quando o médico receita algum remédio, junto ao medicamento indicado, recebe-se a informação da dose desse remédio que deve ser tomar. Os recipientes desses remédios apresentam formas adequadas para determinar a quantidade de remédio a ser consumido. No caso de xaropes, normalmente, junto ao medicamento são acompanhados sistemas dosadores, como pequenos recipientes graduados. Para remédios líquidos de baixa viscosidade, nos quais são indicadas quantidades de gotas a serem consumidos, os frascos possuem um gotejador, facilitando a medicação. Para a grande maioria dos pacientes, o ato de medicar-se não é um problema mais grave, visto que podemos facilmente verificar o volume de remédio a ser ingerido ou contar a quantidade de gotas que ingeriremos. Contudo, para os deficientes visuais, o ato de medicar-se pode se tornar em uma atividade de riscos imensuráveis.

O primeiro problema surge quando ele terá que dispor o remédio em um recipiente. Nem sempre podemos ter o controle necessário sobre o recipiente de forma a garantir que o fluxo do remédio esteja realmente direcionado para o recipiente. O segundo problema, e mais grave, é a determinação da quantidade de remédio a ser ingerido. Isso porque os métodos comumente utilizados para a quantização baseiam-se em sistemas que necessitam do acompanhamento visual. Assim, os deficientes visuais necessitam de métodos alternativos, que nem sempre são os mais convenientes ou mais fáceis, dependendo, entre outros fatores, da alta sensibilidade. Atualmente os deficientes tentam medir suas doses de remédios das seguintes formas: colocando o dedo no topo de algum medidor caso a dose deste seja líquida, o problema neste caso é que nem sempre o topo é o valor certo da dose; caso seja na forma de gotas, gotejando o remédio sobre o dedo ou procurando escutar o som da gota ao cair em determinada superfície. Esses

métodos, apesar de serem utilizados na prática, não são muito convenientes porque erros na quantização são mais freqüentes do que o admissível.

Atualmente, existem no mercado, diversos tipos de dosadores. Contudo, não há nenhum dosador para o público em questão no mercado nacional. Grande parte destes dosadores se baseia em seringas como forma de dosagem, itens 3 e 4 de Referências. Assim, há uma necessidade clara de novos produtos do gênero para usuários específicos.

Como atualmente no mercado existe uma grande variedade de recipientes de remédios, para o trabalho serão considerados três tipos como o indicado nas figuras:

1- vasilhame padrão para xaropes:



Figura 1 - Frasco de xarope

2- gotejador idêntico ao frasco do remédio Novalgina em que ao ser direcionado para baixo começa a gotejar, sem a necessidade de ser pressionado;



Figura 2 - Frasco de remédio com conta-gotas

3 - Modelo padrão de gotejador que começa a pingar quando pressionado;



Figura 3 – Outro frasco de remédio com conta-gotas

Entre os modos como podemos fazer a medição das doses, entre volume ou peso, será escolhida a opção por medição de volume porque é a forma mais utilizada ao se indicar doses desse remédio, por exemplo, 50ml de xarope. Além disso, a medição de peso envolve a variável da densidade do produto e necessita uma forma de captação de sinal mais complexa por envolver a medição da intensidade da força peso que é difícil de ser acurada.

Para a precisão da dose volumétrica o valor a ser inicialmente inserido no projeto é de 5ml, sendo que os múltiplos de 5ml serão capazes de atingir todas as doses normalmente requisitadas pelos médicos.

A proposta do nosso dosador é que este atue de modo que, assim como uma pessoa sem deficiência visual consegue determinar quando parar de adicionar remédio à sua dose utilizando-se de sua visão, uma pessoa com deficiência visual possa saber quando parar de adicionar remédio utilizando-se de sua audição que receberá um sinal sonoro do equipamento projetado. O processo do uso do dosador está ilustrado na figura 4.

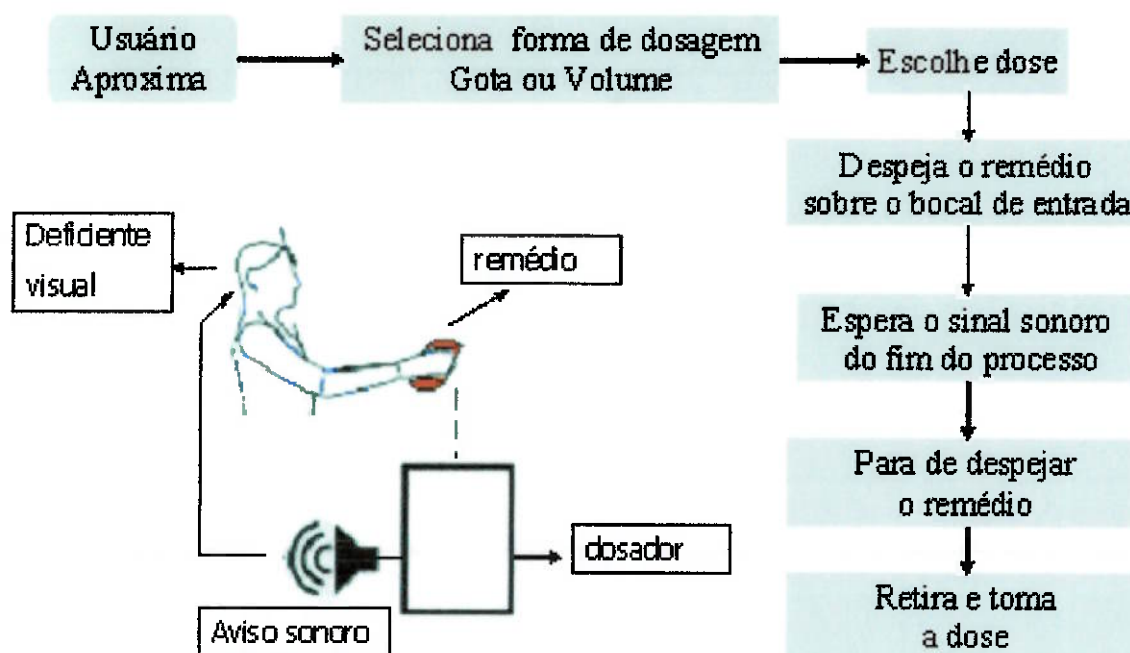


Figura 4 - Fluxograma de interação com o usuário

O usuário se aproxima do dosador com o remédio. Com as mãos ele poderá selecionar o tipo de dose a ser ingerida, gota ou volumétrica. Escolhida a forma, entra com o valor da dose prescrita e em seguida começa a despejar o remédio usando um bocal adaptado. O dosador avisa o quando a dose é atingida, o deficiente então pode retirar o remédio da entrada do dosador, fechar o remédio, retirar o recipiente do dosador que contém a dose mensurada, tomar e posteriormente lavar o dosador.

3. MÉTODO

Inicialmente, a partir dessas condições de contorno, foi realizado o brainstorm para a criação das possíveis estratégias e soluções. A melhor alternativa é baseada na escolha resultante do uso de uma matriz de decisão, na qual colocamos os itens de maior relevância e seus respectivos pesos.

Com a estratégia melhor definida, ficaram mais claras quais seriam as futuras necessidades e respectivas etapas do projeto. De acordo com cada etapa, concentraram-se os devidos esforços para realizar estudos e experiências nesse tópico. Como praticamente há muito poucos antecedentes neste tipo de equipamento, utilizou-se da teoria de eletrônica digital e analógica, teorias de projeto e fabricação de máquinas para dar base aos principais fundamentos teóricos do trabalho.

Inicialmente foram realizados testes com sensores de infravermelho para verificar se os fenômenos de presença e passagem de um corpo qualquer eram detectados para atuarem respectivamente nas avaliações do nível de volume e passagem de uma gota. Em seguida realizou-se um refinamento do uso do sensor para que este conseguisse captar um material translúcido, simulando um líquido translúcido. Finalmente chegou-se ao aperfeiçoamento em que o sensor foi colocado à prova no que seria a estrutura do aparelho, verificando também a interferência do recipiente escolhido que no caso foi um tubo de ensaio que, além de atender os requisitos, é relativamente fácil de encontrar, baixo custo, e fácil para manter a limpeza. Houve um êxito essencial nesta etapa, não só por tornar possível o avanço para as próximas etapas, mas também porque o uso do sensor era o elemento principal da alternativa escolhida.

Uma gota ou borda do nível de volume cruzando a linha de ação do fototransistor nos provém do registro do fenômeno de modo analógico, sendo então necessário um tratamento de sinal para converter o sinal de analógico para digital, para então possibilitar a utilização deste sinal. A conversão é feita através do uso de um comparador de tensão mostrado no item 5.2 do relatório.

Com um circuito que registra o fenômeno funcionando, a próxima parte se tratou de elaborar um circuito que registra e trata o fenômeno de modo que a informação seja futuramente levada ao usuário. Logo, implementou-se um circuito contador que contabiliza a passagem das gotas.

Com a parte eletrônica da dosagem funcionando, a última etapa é criar a interface com o usuário, onde este poderia requisitar a quantidade desejada, e o aparelho avisar quando o valor fosse atendido.

Até certo momento, o foco principal do trabalho era a dosagem do remédio na forma de gota, por se tratar de um fenômeno mais difícil de ser captado. Com sucesso até esta parte, o próximo passo seria aproveitar todos os recursos e conhecimento adquirido para aplicar na medição de volume.

Logo, partindo do princípio do uso dos mesmos sensores, só que agora formando um arranjo, elaborou-se o circuito para captar o fenômeno, contabilizá-lo e fornecer interface, tudo de modo análogo ao processo das gotas.

Uma das últimas etapas e parte importante do equipamento é referente à parte mecânica da estrutura. Esta foi desenvolvida para atender as especificações desejadas no projeto, como ser de pequeno porte, fácil manuseio, fácil higienização, e deve permitir que o usuário possa gotejar ou escorrer o remédio de modo que o líquido caia de modo preciso onde desejado para que os sensores atuem de forma coerente. Para esta etapa criou-se uma estrutura em acrílico com uma base de nylon, mais o bocal adaptado.

Ao final foram realizados os ajustes e a otimização do equipamento e a finalização de um protótipo objetivando além do aspecto funcional, o aspecto visual como protótipo acadêmico e base para um futuro produto.

4. PROPOSTAS DE POSSÍVEIS ESTRATÉGIAS

4.1 Análise de propostas

Desenvolver em separado os modelos de projeto aparentemente é mais fácil para adquirir idéias iniciais da solução do problema, porém, se um dos processos facilitar o outro, ou se possivelmente ficarem acoplados estas alternativas serão de maior preferência.

Abaixo segue a lista de possíveis estratégias de propostas para o projeto originadas de um brainstorm, junto com o esboço da proposta está uma breve explicação de seu funcionamento.

4.1.1 Alternativa 1

Este dispositivo pode medir tanto a dose por volume quanto por gotas. O funcionamento é baseado em um foto-transdutor de fenda colocado em torno de um recipiente pré-determinado. No caso da medição do volume, primeiro escolhe-se o valor da dose através da guia lateral, sendo que na guia cada altura corresponde a uma certa dose pois está de acordo com o recipiente pré-estabelecido, quando o nível do remédio atingir a linha de ação do sensor é sinalizado que a dose está completa. No caso da gota, quando a gota atravessar a linha de ação do sensor, a gota é contabilizada, quando atingir o número determinado, a dose é sinalizada.

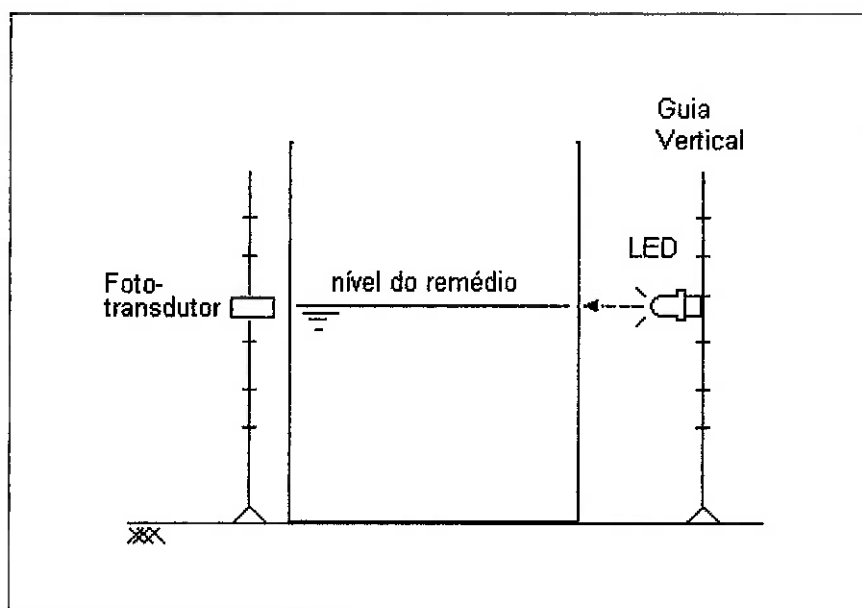


Figura 5 – Medição do volume pela alternativa 1

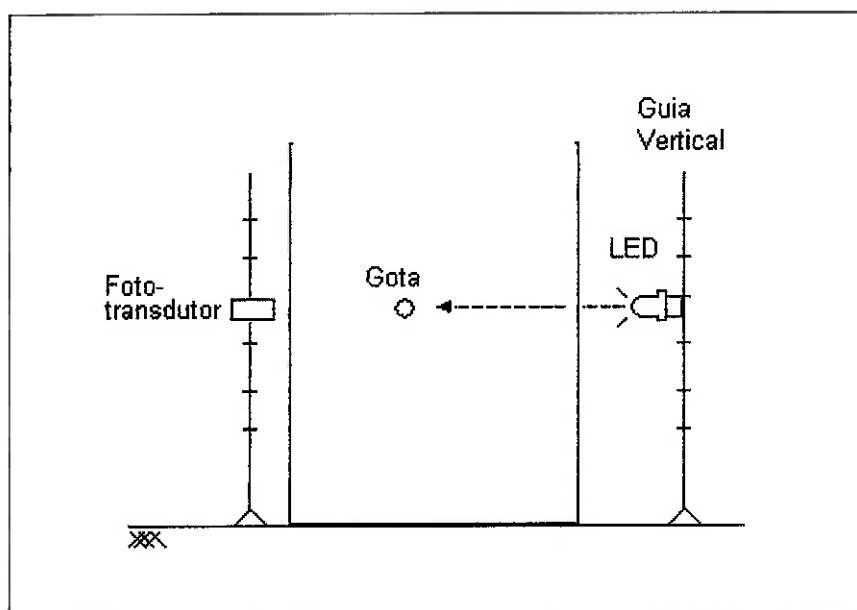


Figura 6 – Contagem de gota pela alternativa 1

4.1.2 Alternativa 2

Esta segunda proposta possui o mesmo princípio da alternativa 1, foto-transdutores indicam quando o nível do remédio atingiu o valor requisitado de acordo com o recipiente adotado, ou contabilizam cada gota no recipiente. A diferença está no fato de como se escolhe a dose volumétrica, este modelo possui um arranjo de foto-transdutores, deste modo é necessário apenas decidir qual foto-transdutor deve ser escolhido para determinada dose, por exemplo, a ativação de 3 sensores indica 25ml, quando o terceiro sensor receber o sinal devido ao nível do remédio, a dose é sinalizada. Abaixo segue o esquema .

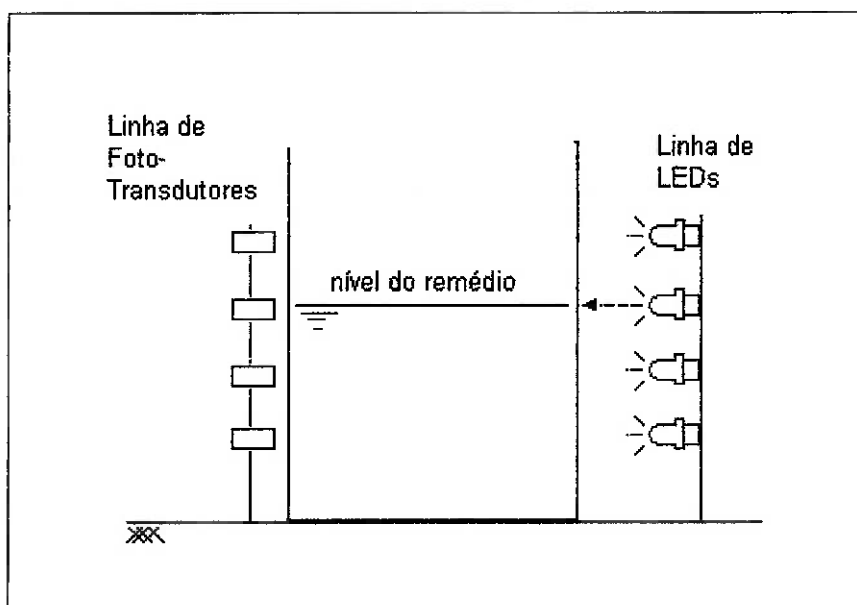


Figura 7 – Medição de volume pela Alternativa 2

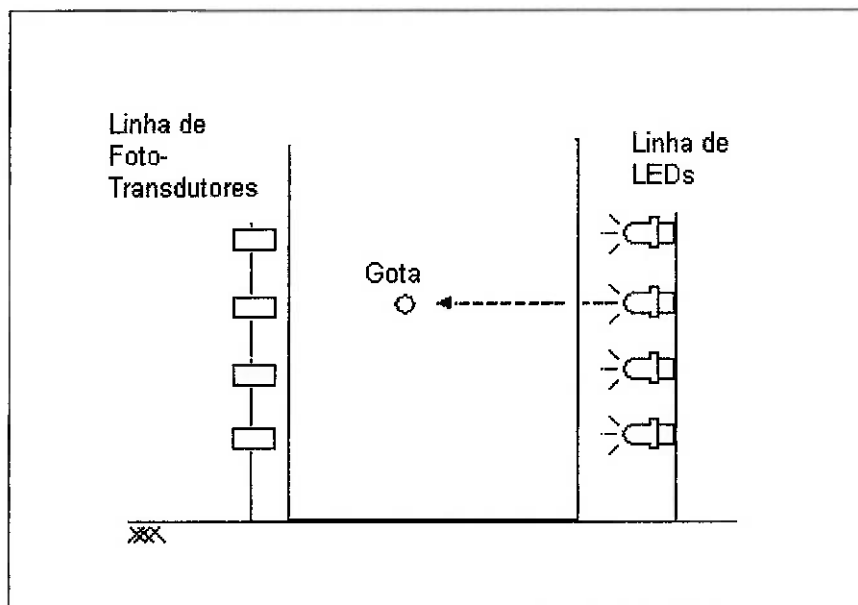


Figura 8 – Contagem de gota pela Alternativa 2

4.1.3 Alternativa 3

Este dispositivo tem uma abordagem mais elaborada do uso de sensoriamento. Neste caso, são necessários dois foto-transdutores, sendo que a medida do volume é feita através do cálculo da defasagem entre a captação dos sinais dos sensores. Porém há uma desvantagem, neste projeto a simplicidade tem maior prioridade, sem contar a limitação deste projeto em não conseguir fazer a medição da dose por gotas.

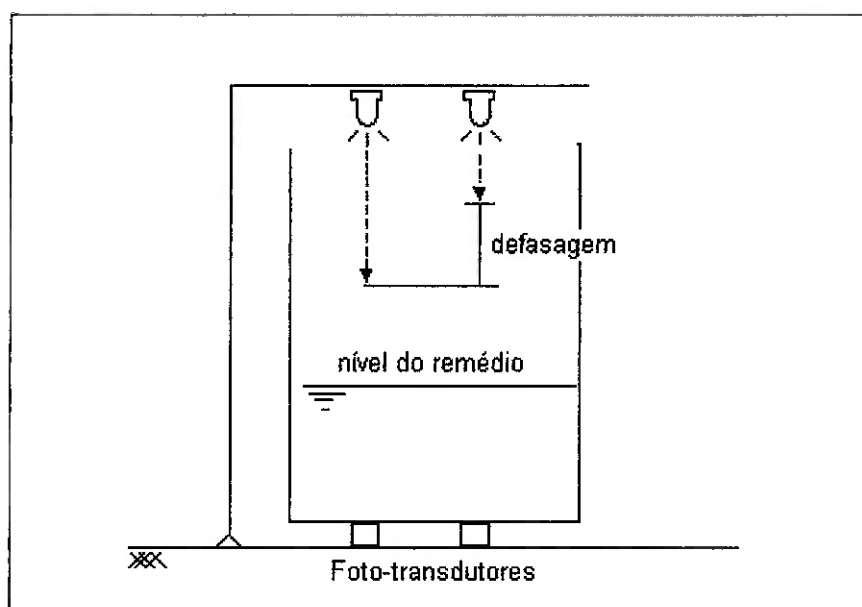


Figura 9 – Medição de volume pela Alternativa 3

4.1.4 Alternativa 4

A idéia deste dispositivo é colocar dentro do recipiente uma bóia com uma guia, a bóia acompanha o nível do remédio, e na guia existem furos, cada furo equivale a uma determinada medida de volumétrica de dose. Os furos podem ser interpretados pelo foto-transdutor que se localiza no anel no topo do recipiente, este anel serve tanto para suportar o sensor como também para limitar a guia junto com a bóia a apenas um grau de liberdade que neste caso é o movimento na vertical.

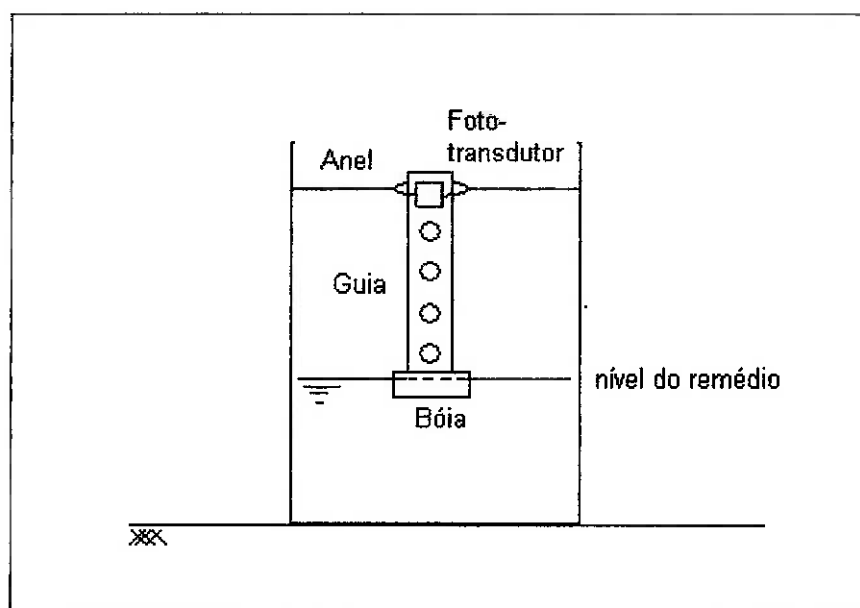


Figura 10 – Medição de volume pela Alternativa 4

4.1.5 Alternativa 5

Este projeto possui a mesma idéia da alternativa 1. Porém, como existe a preocupação de que o foto-transdutor não seja capaz de contabilizar precisamente uma gota, a solução visada foi superar esta dificuldade utilizando um recipiente adaptado, a parte inferior deste recipiente é suficiente pequena para que mesmo com apenas gotas, uma diferença de altura no nível do remédio seja notada e diferenciada pela captação de sinais do sensor.

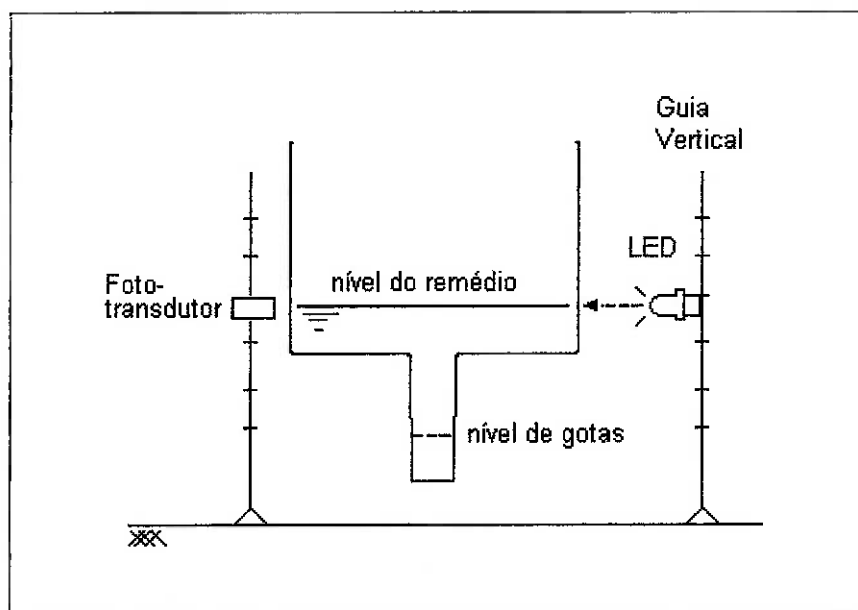


Figura 11 – Medição de volume pela Alternativa 5

4.1.6 Alternativa 6

Este dispositivo possui um mecanismo simples pois adota o princípio de uma balança. De um lado há um contra-peso de massa CP, do outro lado está o recipiente onde será dosado o remédio. A escolha da dosagem é realizada através do deslocamento da massa CP ao longo do braço que a suporta. Cada deslocamento representa uma nova medida pois causa um determinado momento que será balanceado pelo remédio no outro lado do braço. A igualdade do balanceamento é verificada com um sensor que tem uma altura determinada e que pelo próprio contato físico do recipiente com o sensor será capaz de avisar o término da medição.

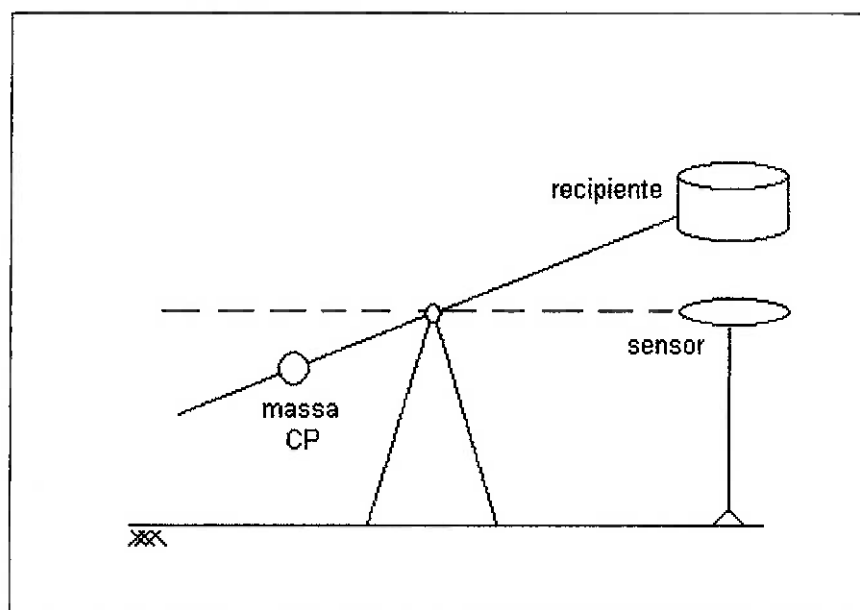


Figura 12 – Medição de volume pela Alternativa 6

4.1.7 Alternativa 7

Este dispositivo utiliza um instrumento muito simples e usual para medição de doses volumétricas de medicamentos que é a seringa. Pela sucção da seringa aplicada dentro do frasco, é possível obter a quantidade desejada de medicamento. O movimento do êmbolo é executado por um motor que também é responsável pela medição da dose. A escolha é baseada no fato de que com o devido controle do motor é possível determinar qual o deslocamento na seringa gerado pelo motor que corresponde a medição final da dose.

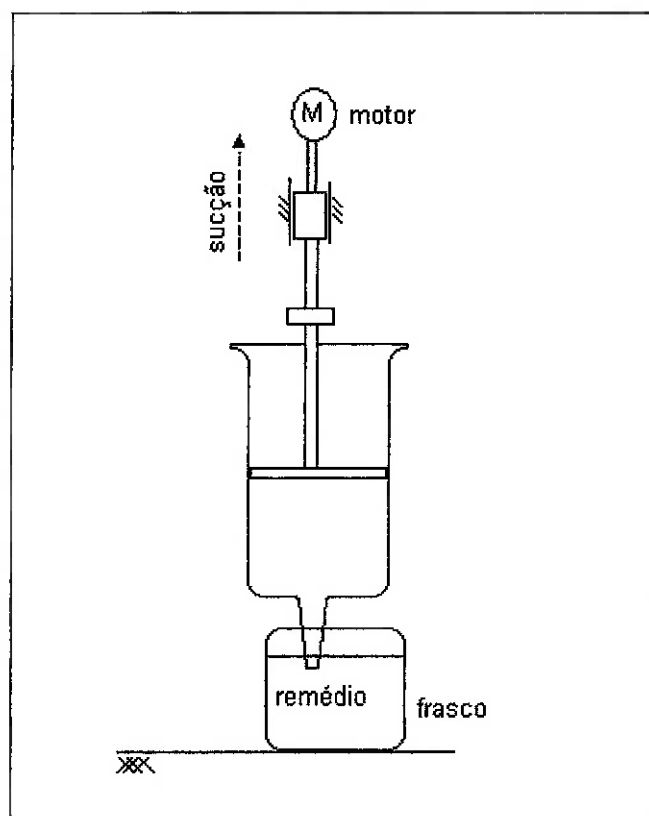


Figura 13 – Medição de volume pela alternativa 7

4.2. Análise crítica de cada possível solução

De acordo com as propostas colocadas, apenas as alternativas 1, 2, e 5 são capazes de realizar dosagens por gotas e como vantagem, no mesmo dispositivo a dosagem volumétrica é adicionalmente possível.

Dentre as alternativas 1, 2 e 5, a última tem um aspecto negativo que é a elaboração do recipiente, pois seria difícil conseguir construir a parte inferior do recipiente com precisão. Sem levar em consideração os custos adicionais que se tornam desnecessários diante das alternativas 1 e 2.

A alternativa 1 perante a alternativa 2 leva um ponto negativo pelo fato de que a construção da guia vertical, a qual deve ser feita de tal modo que o deficiente visual seja capaz de identificar qual altura-dose está o par led-transdutor, é complicada ao se comparar com um arranjo de leds. E do ponto de vista financeiro, o arranjo leds se torna inviável em relação a guia, pois atualmente, um foto-transistor tem custo relativamente baixo.

As alternativas 3, 4, 6 e 7 além de não satisfazerem todas as necessidades do projeto para o dosador, apesar de engenhosas, se mostraram mais complicadas.

Podendo apenas aproveitadas se ocasionalmente houver a necessidade de utilizar um medidor volumétrico em separado.

4.3. Escolha da melhor solução

Para escolha da melhor alternativa recorremos a uma matriz de decisão. Procurando levar em conta toda a análise crítica das opções, e de acordo com as necessidades, os seguintes critérios foram escolhidos: custo, manutenção, higienização, segurança e manuseio. As notas são dadas de 1 a 5, que significam péssimo e ótimo respectivamente. Os pesos são de 1 a 5, indicando irrelevante e importante, respectivamente. Abaixo segue a tabela, tendo a nota dada por N e o valor da nota com o peso dado por P:

CRITÉRIO	PESO	ALTERNATIVA													
		1		2		3		4		5		6		7	
		N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Custo	5	4	20	5	25	1	5	2	10	5	25	1	5	1	5
Manuseio	4	3	12	5	20	3	12	2	8	4	16	2	8	3	12
Higienização	3	4	12	4	12	2	6	1	3	1	3	4	12	5	15
Manutenção	2	2	4	4	8	2	4	2	4	2	4	4	8	2	4
Segurança	2	3	6	4	8	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
TOTAL		16	54	22	73	10	31	9	29	14	52	13	37	13	40

Tabela 3 – Matriz de decisão

De acordo com os resultados da matriz, a alternativa 2 é a que obteve a maior pontuação.

4.4. Esquematização

Definida a melhor solução para o problema proposto, há a necessidade de especificar melhor os detalhes para o conhecimento de possíveis falhas de projeto.

A solução proposta apresenta o seguinte princípio de funcionamento: inicialmente o usuário insere o frasco de remédio no bocal do aparelho. Trata-se de um bocal projetado de forma a permitir que o fluxo de remédio seja devidamente direcionado para o seu sensoramento e proporcionar maior facilidade de manuseio de todo o conjunto. O fluxo de remédio, então, passa pelo banco de sensores, que,

de acordo com o tipo de medicamento, enviará o sinal ao circuito que interpretará esse sinal, seja para gotas, seja para volume. Assim, será feita a quantização do remédio inserido e comparado com o valor previamente determinado pelo usuário. Ao atingir a quantidade necessária, o aparelho enviará um sinal sonoro de alerta.

Podemos ver esse funcionamento no [esquema que segue](#):

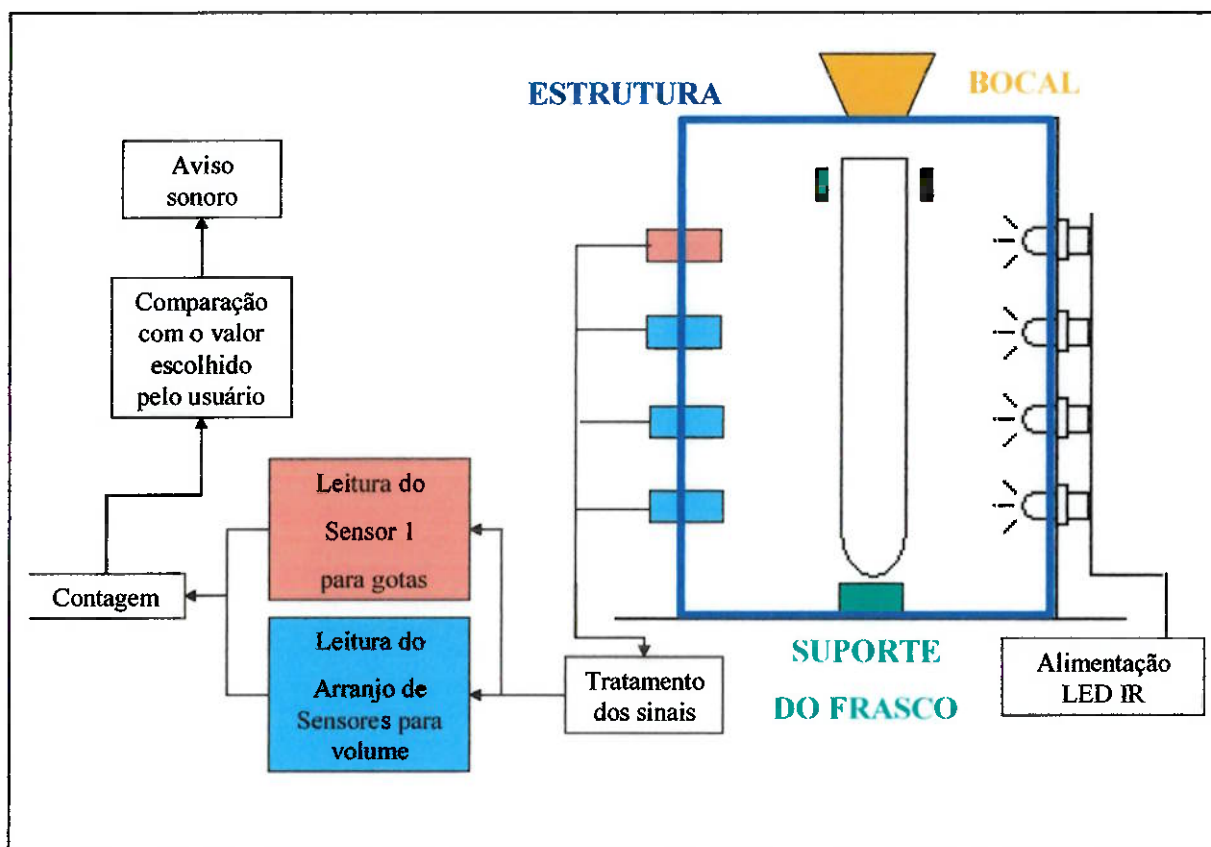


Figura 14 – Esquemática da proposta escolhida

O processo pode ser descrito também de acordo com um fluxograma que contém os elementos chamados de básicos, que serão posteriormente detalhados.

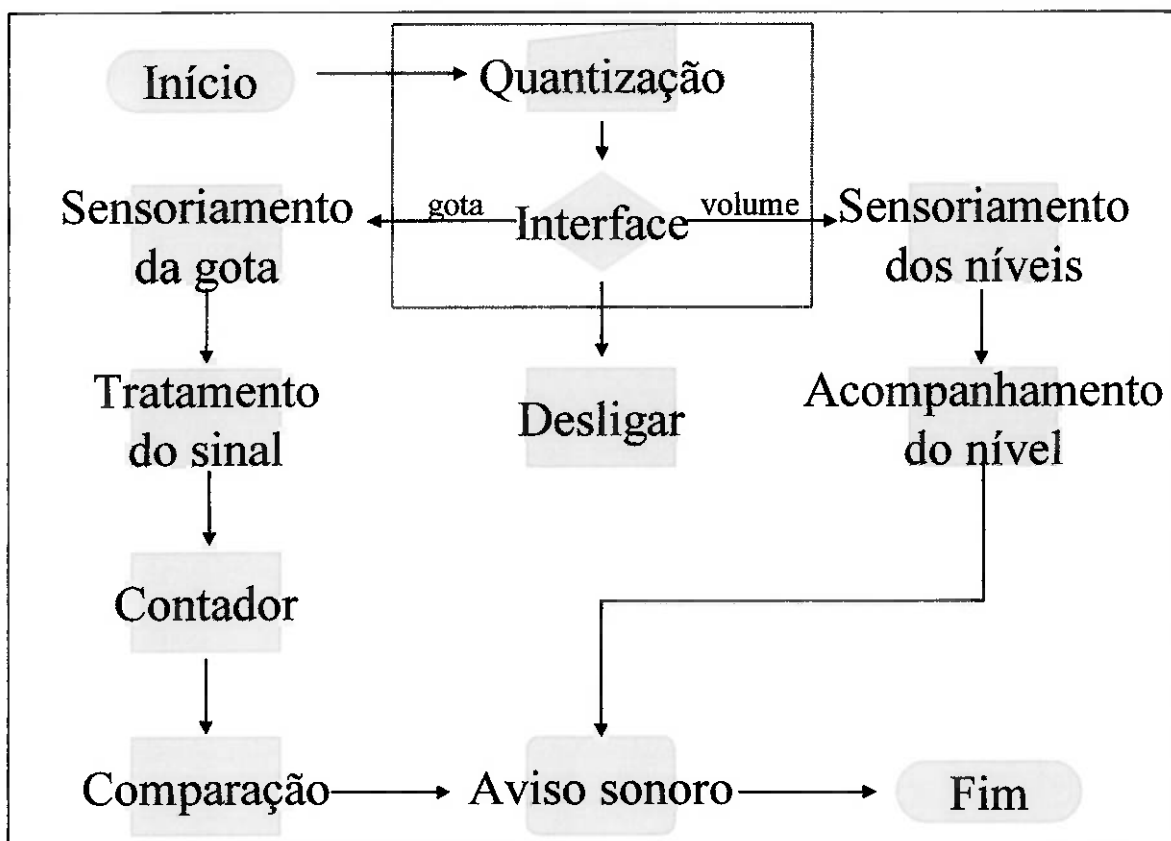


Figura 15 – Fluxograma de funcionamento básico

A figura acima fornece um esquema detalhado do fluxograma apresentado na figura 4. Nele é possível visualizar um esquema macro do sistema, sendo que cada parte, definida como subsistema, será mais bem detalhada no desenvolvimento da solução.

5. DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

5.1 Sensores de infravermelho

O sensor trata-se de um par led emissor de infravermelho e um receptor que atua como transistor, um foto-transistor. O circuito de testes foi realizado de acordo com o esquema abaixo:

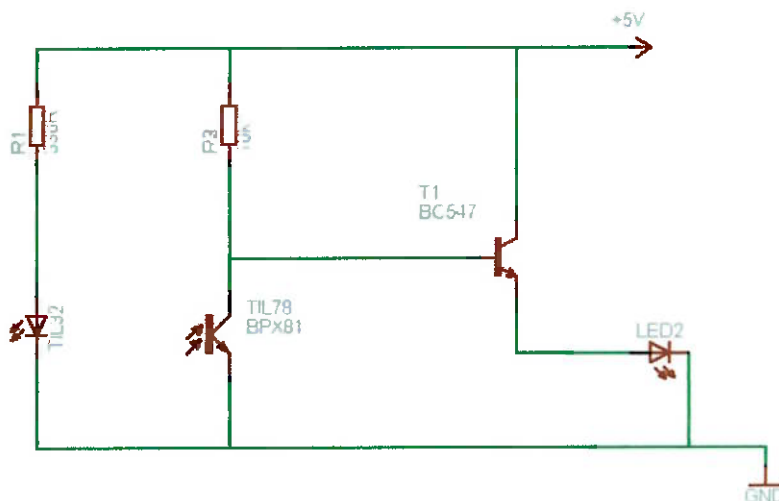


Figura 16 – Circuito para sensor

Quando um corpo, mesmo que translúcido, atravessa a linha de ação do sensor, o foto-transistor permite a passagem de corrente, o que gera o nosso sinal analógico.

Assim, teoricamente, esse circuito seria muito útil às nossas aplicações. Para verificar sua funcionalidade, o circuito acima foi devidamente projetado. Com isso, verificou-se que a presença de elementos translúcidos era suficiente para excitar os sensores, podendo-se assim detectar sua presença.

A próxima etapa foi verificar se a presença de líquidos, em especial a água, era capaz de influenciar na saída do circuito, isto é, se o LED2 apresentava algum brilho. Novamente, pode-se notar que a presença de água era capaz de sensibilizar o sensor.

Foi verificada também a influência da luz ambiente sobre os sensores e através da análise do sinal de saída, verifica-se a necessidade de proteção do banco dos sensores. Quanto maior era a intensidade luminosa do ambiente, menor era a sensibilidade dos sensores em relação aos líquidos.

5.2 Tratamento de sinal e comparador de tensão

Para que o equipamento funcione, existe a necessidade de utilizar um circuito digital, logo, inicialmente utilizou-se um comparador de tensão de acordo com o circuito abaixo para digitalizar o sinal.

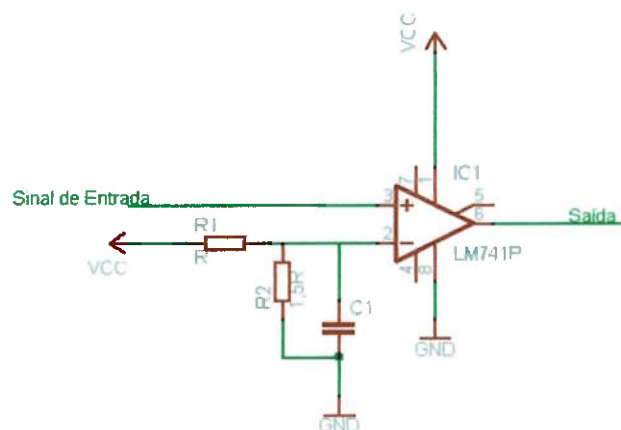


Figura 17 – Circuito Comparador

Através de equacionamentos, foi determinado que o valor ideal para R_2 seria $1,5R_1$. A necessidade do uso desse circuito se deve ao fato de sistemas digitais necessitar de sinais em níveis TTL, para que não haja interpretações incoerentes por parte do circuito lógico.

No teste realizado, foi construído o circuito acima junto com o sistema do item 7.1. Assim, no lugar do LED2, o circuito comparador foi implantado, e de acordo com a presença de objetos nos sensores, os sinais eram observados no osciloscópio.

Os sinais obtidos apresentam formas de degraus, permitindo serem utilizados como clock para sistemas posteriores.

Durante a fase de integração dos componentes verificou-se que o circuito acima não possuía a estabilidade necessária para ser implementada no protótipo, mesmo com bom funcionamento apresentado no protoboard. A solução encontrada foi utilizar um outro tipo de circuito comparador um pouco mais avançado que é o LM-339. Funciona de modo análogo, a diferença está no fato de que as saídas do circuito são do tipo open collector, ou seja, requisita uma resistência junto ao sinal de saída que no caso foi de $2,2k\ \Omega$. Também conseguiu detectar os níveis de tensão analógico e separá-los em high ou low e se comportou de modo eficiente no circuito final.

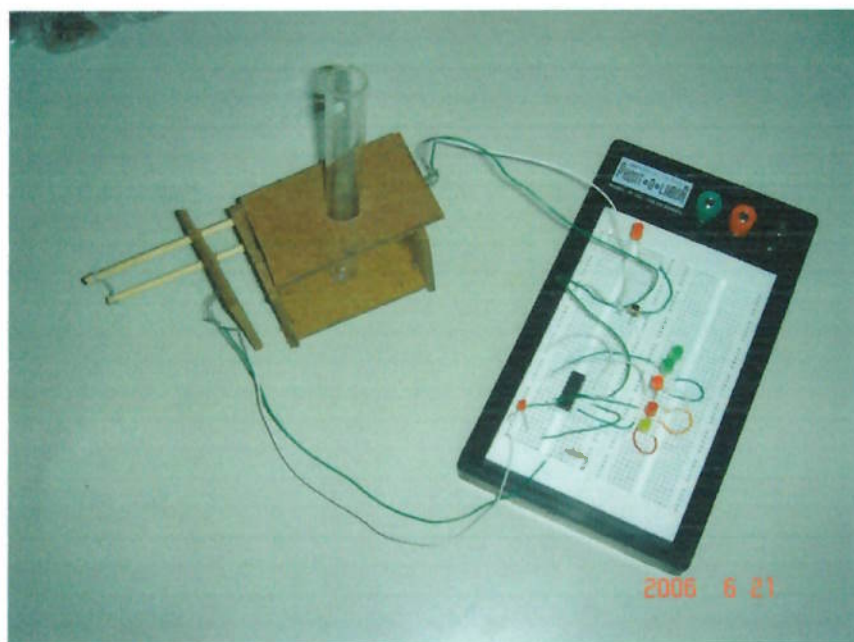


Figura 18 – Protótipo inicial e circuito de comparador de tensão

5.3 Medição de gotas e o circuito contador

O circuito contador corresponde basicamente por um CI (CD4017BE). Trata-se de um contador de década com dez saídas. Assim, um circuito de teste foi montado cujo diagrama pode-se ver na figura abaixo.

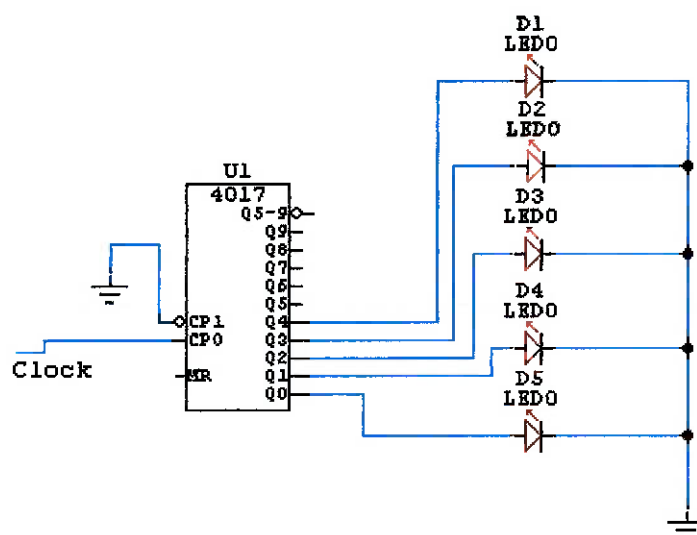


Figura 19 – Contador decimal

O clock necessário para realizar as contagens é proveniente do sinal do sensor, que captará a passagem de gotas, ou seja, a saída do circuito apresentado no item 7.2.

Este circuito se faz necessário para a comparação entre o valor pelo usuário selecionado e a quantidade de gotas adicionadas ao recipiente. No momento em que esses valores sejam iguais, o usuário será devidamente informado sobre a atual situação através de avisos sonoros.

5.4 Medição de volume

O volume será medido de modo análogo à medição de gotas. A principal diferença será o maior número de sensores utilizados, formando um arranjo sendo que cada par corresponde a um determinado nível e, dado o conhecimento do recipiente utilizado, corresponde a um respectivo volume.

A idéia básica é utilizar sensores infravermelhos, que ao deixarem de ser excitados pela luz infravermelha, permitem a passagem de corrente seguindo para o tratamento de sinal descrito acima. Por isso não existe a necessidade de um circuito contador, apenas um circuito comparador entre a chave seletora e o sensor para o respectivo nível escolhido. Isso porque a medição de volume se dará por comparações, ou seja, quando o volume de remédio for atingido, que corresponderá a uma determinada altura do recipiente, o sensor correspondente para aquele nível será ativado, que combinado por lógica digital ao sinal da chave seletora irá ativar o alerta sonoro.

5.5 Fase de simulação

Após a conclusão da montagem de todos os subsistemas, chegou a etapa de integração dos componentes. Apesar do fato de que todos os subsistemas funcionavam adequadamente, uma simples junção em série dos componentes não foi o suficiente para garantir a integridade do sistema quando o mesmo foi testado. Logo, buscado o êxito desejado para o equipamento, surgiu à necessidade de realizar simulação do sistema completo para verificar, se além de cada subsistema atingia o propósito adequado, se a seqüência dos componentes, ou “fluxo de dados”, estava organizado de modo adequado. Essa etapa foi muito importante porque nos forneceu uma visão mais completa e detalhada de todo o processo. Sem contar o fato de que nas simulações foi possível fazer diversas modificações e testes para

situações que só seriam possíveis de se verificar quando o projeto estivesse em um estágio mais avançado.

Os resultados obtidos com os testes e simulação no software Circuit Maker estão descritos a seguir junto de figuras adquiridas junto ao software.

Na figura abaixo está o esquema do circuito eletrônico do contador de gotas para testes no software. Na figura, pode ser notado a entrada do sinal no circuito do sensor, este por sua vez emite o sinal de clock para o contador. As saídas do contador se encontram com as entradas desejadas pelo usuário, representadas por switches e a comparação lógica é feita por uma porta lógica AND. As saídas são unidas por uma porta lógica tipo OR e ao final o buzzer é atingido.

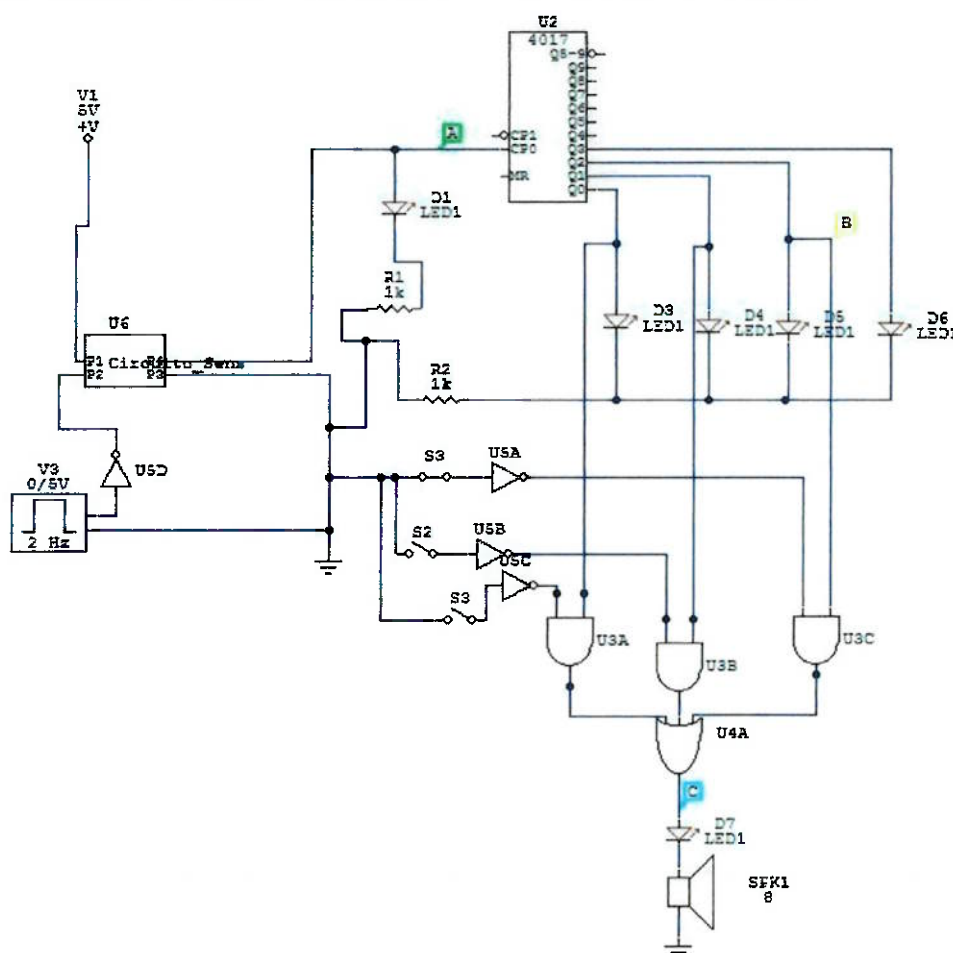


Figura 20 – Esquema do circuito eletrônico contador de gotas

Abaixo está um gráfico de simulação que bem representa o processo descrito pelo circuito acima. Nota para os pontos indicados na figura do circuito com as letras A, B e C, são os pontos de medição para o gráfico com as cores também correspondentes. Logo, o ponto A mostra um sinal próximo de uma onda quadrada

representando os clocks devido às gotas caindo do frasco. O ponto B mostra o instante em que o índice 3 é atingido no contador decimal. E finalmente a saída está representada em C. De acordo com o gráfico se comprava a eficácia do circuito, pois no instante que o valor desejado 3 é atingido a saída para o buzzer atinge high e aciona o buzzer.

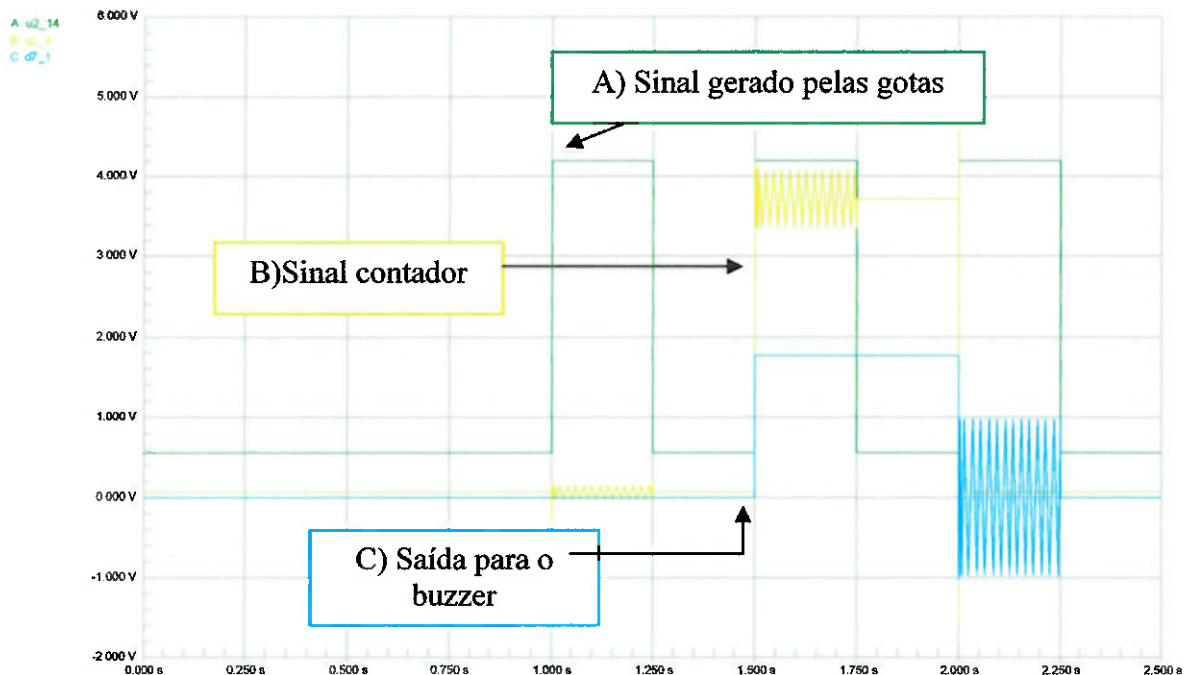


Figura 21 – Gráfico da simulação do circuito contador de gotas

A seguir está o esquema do circuito eletrônico medidor de volume. No caso, a chave estaria na posição três, representada pelo switch S3. Os simuladores de ondas estão programado para indicar a cada sensor que depois de um certo intervalo de tempo t_1 , t_2 e t_3 , cada sensor é ativado, o que representa o tubo de ensaio sendo preenchido pelo remédio.

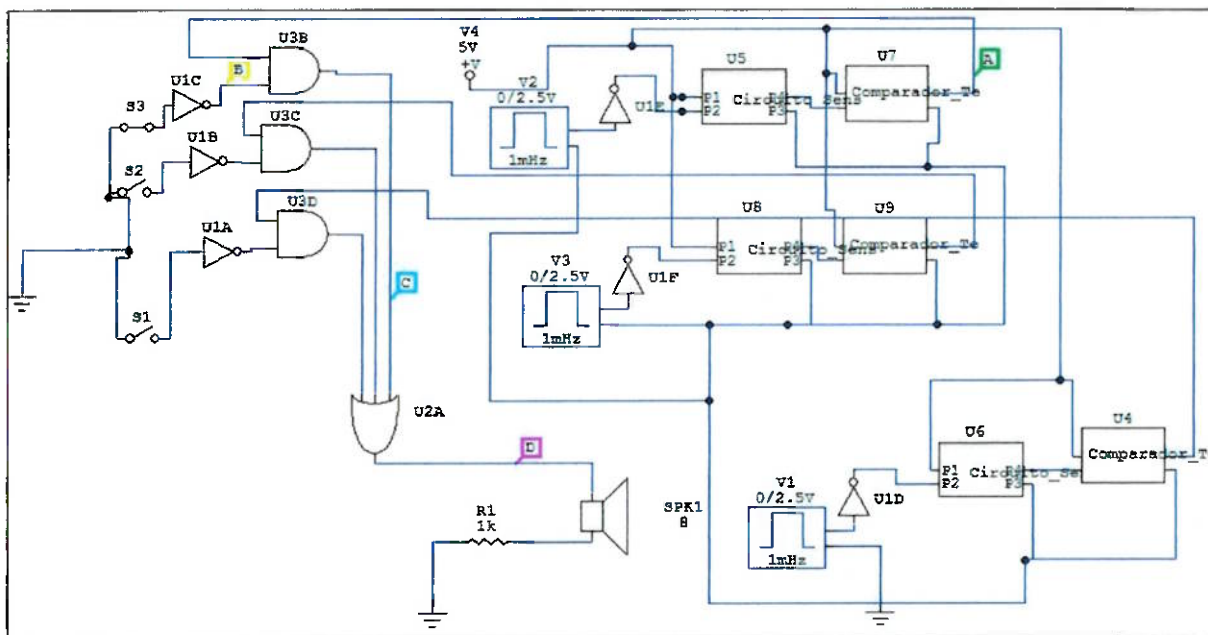


Figura 22 - Esquema do circuito eletrônico medidor de volume

Em seguida está o gráfico que representa o bom desempenho do processo. Os pontos de medição no caso estão representados pelas letras A, B, C e D. O gráfico indica que com a chave selecionada, marcando high no ponto B, a operação AND a seguir da chave só atingirá o valor high, quando o sensor for acionado, indicado pelo sinal da letra A. Em seguida a saída da porta lógica AND, marcada por C atinge valor high que conseqüentemente aciona o buzzer, marcado por D.

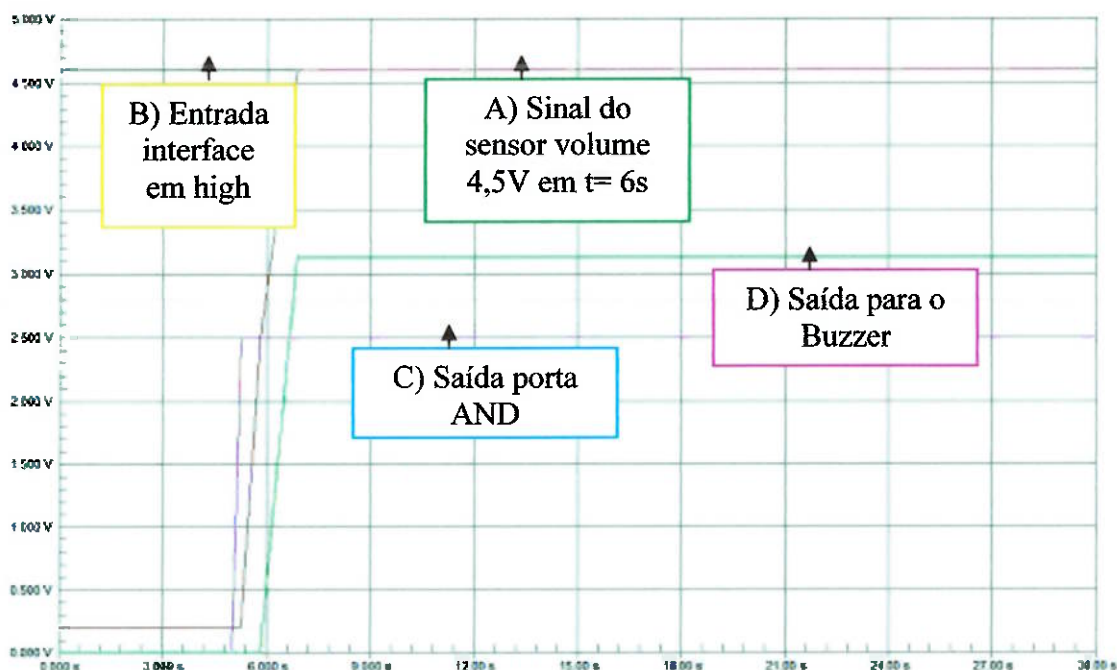


Figura 23 – Gráfico da simulação do circuito medidor de volume

5.6 Finalização do circuito

Após a simulação de todo o circuito, tanto simulações parciais quanto simulações completas, pudemos observar o comportamento de todo o sistema, incluindo-se as peculiaridades, erros e, principalmente, os acertos.

Concluída as correções de falhas surgidas durante a simulação, a próxima etapa envolveu a confecção do circuito físico.

Após a montagem do sistema eletrônico, verificamos que o circuito ainda apresentava pequenos problemas, mesmo com a simulação funcionando perfeitamente. Corrigidos todos esses problemas, adicionamos as entradas das interfaces com o usuário e integramos o circuito à estrutura como ilustrado na figura abaixo.

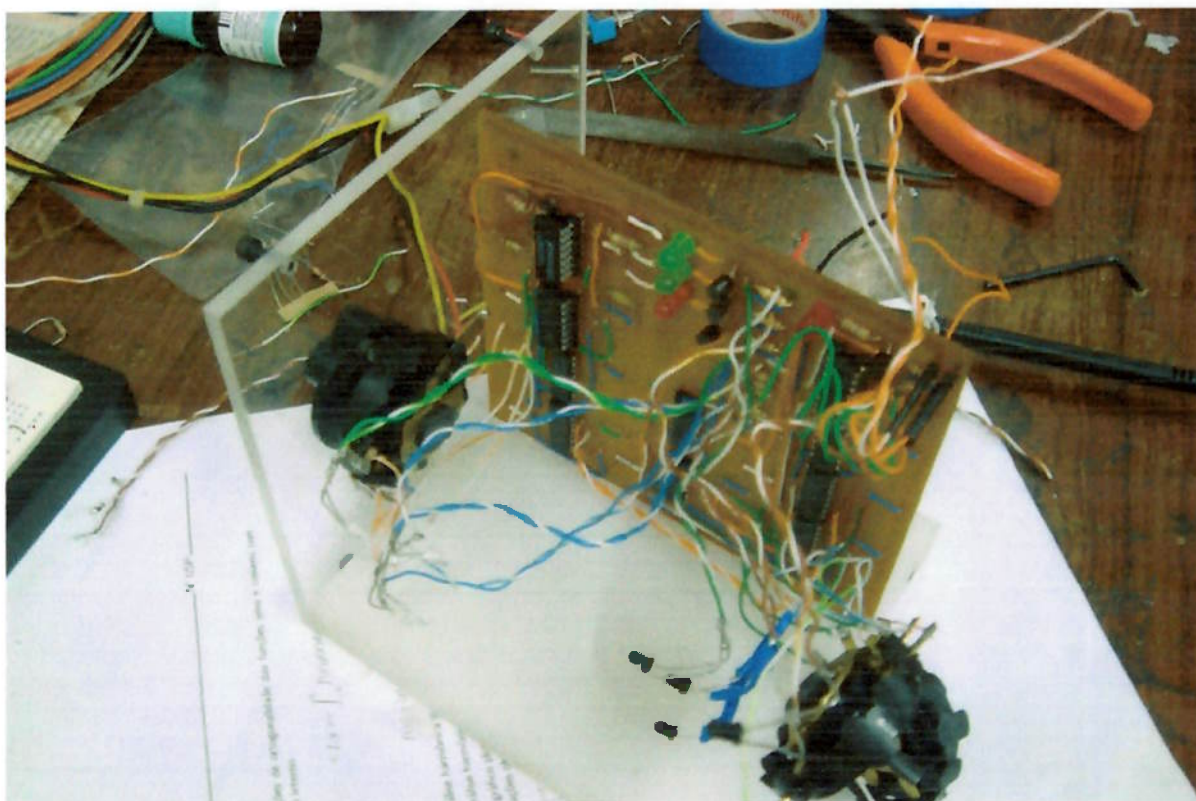


Figura 24 – Montagem do circuito

5.7 Interface com o usuário

Atualmente encontram-se no mercado diversos sistemas de botoeiras. Contudo, sistemas focados para determinados nichos são raros de serem obtidos, em especial sistemas para deficientes visuais.

Para a interface com o usuário foi escolhido o uso de chaves seletoras, pois possibilitam a geração do valor em TTL para o circuito comparador e facilita o uso ao deficiente visual, pois cada posição já corresponde a um valor de dose.



Figura 25 – Chave seletora

Esta chave será usada para que o usuário determine o valor adequado de remédio para o seu consumo, tanto volume quanto quantidade de gotas.

Idealmente, a chave seletora deveria ter dez posições, tanto para a chave utilizada para o sistema de gotas quanto para o sistema de volume. Contudo, foram utilizadas chaves de três posições. Apesar dessa restrição, para efeito de ensaios e testes, essas chaves mostraram-se adequadas, pois permitem o fácil manuseio e atendem as necessidades de projeto, mostrando-se muito intuitivas para a escolha.

Em relação ao funcionamento, quando uma posição for selecionada, esta irá fornecer ao circuito digital o valor *low*. Isso deve ocorrer, pois as entradas restantes, mesmo que sem sinal *high*, indicavam este sinal, coisa que não ocorre quando utilizamos sinal de entrada em *low*.

Segue uma foto da estrutura final na seção 5.11 para demonstrar como ficou a interface final para o usuário. Na esquerda fica uma chave seletora para volume, na direita ficam duas chaves seletoras para gotas, a superior para valores decimais, e a inferior para valores da unidade.

5.8 Estrutura para o recipiente de remédio

Será utilizado um bocal para que a gota ou o fluxo de remédio seja posicionado de forma coerente com o uso do sensor. Isto se faz necessário uma vez que os sensores não possuem grande área de atuação. Assim, deve haver um fluxo de remédio de forma que sempre seja possível captar a sua presença. Para isto, esta peça foi projetada de forma a acondicionar os frascos de remédio em seu interior da forma mais adequada possível, permitindo uma boa estratégia tanto para frasco de gota, quanto para frascos com xarope. A foto do bocal está a seguir:



Figura 26 – Bocal adaptado para o dosador

5.9 Estrutura para o suporte do recipiente – tubo de ensaio

Essa peça ficou marcada por ser uma das mais importantes para o projeto, porque é a partir de sua precisão que a confiabilidade do sistema é incrementada. Pois apesar de inicialmente se duvidar muito da acurácia e repetibilidade do circuito captar os fenômenos, após testes bem sucedidos com o circuito, percebeu-se que a maior chance de falha estaria caso a gota ou o nível não estivesse bem posicionado com os sensores. A seguir está uma foto do centro da estrutura responsável por suportar o recipiente, sendo que este possui 14,0 mm de diâmetro interno e aproximadamente mm de altura.

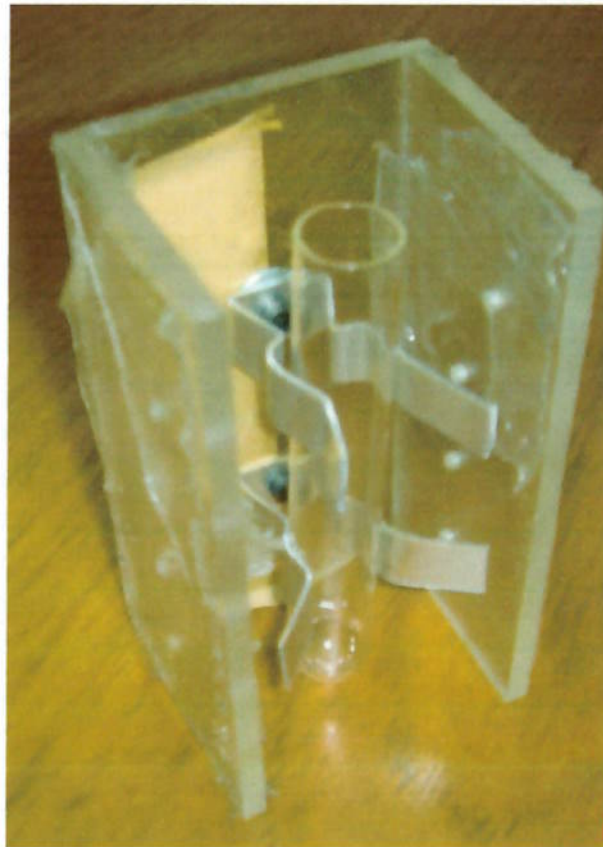


Figura 27 - Estrutura para o suporte do recipiente – tubo de ensaio

5.10 Otimização e protótipo final

Nesta etapa será enfatizado a otimização do processo de obtenção de dados e outros fatores determinantes para um projeto adequado, bem como recipiente, encapsulamento do sistema, disposição de sensores entre outros, bem como a eliminação de possíveis erros ou imperfeições.

Uma proposta em relação à otimização a ser realizada foi referente à intensidade de luz infravermelha emitida para o sensor. Para tal, conhecido a distância do par sensor-emissor, verificamos os valores das saídas do circuito da figura 16, variando-se os valores dos resistores juntos aos emissores infravermelhos, variando-se assim a tensão de alimentação dos LED's infravermelhos. Os resultados podem ser vistos na tabela abaixo.

Resistência (Ω)	Tensão (V)
100	0,02
220	0,30
270	1,15
330	1,73
470	2,44
Tensão de alimentação: 6V	
Distância entre par sensor-emissor: 48mm	

Tabela 4 – Relação entre a resistência e a tensão

Analizando-se os resultados acima, verificamos que a variação não é linear nos parâmetros. Para circuitos digitais, devemos garantir que a tensão de saída, quando excitado pelo infravermelho, seja suficientemente pequena para que circuitos digitais o reconheçam como baixo nível.

Com esses resultados, podemos concluir que a melhor resistência para o circuito é 220Ω pois, assim que excitado por uma pequena perturbação, o sensor é capaz de registrar o evento. Devemos, contudo, tomar cuidado para que perturbações do meio inerentes ao processo de medição sejam registrados indevidamente. Esse é um dos motivos nos qual o valor da resistência não pode ser muito maior do que 220Ω , pois desse modo, pequenas variações no meio não são capazes de excitar os sensores, como os líquidos testados fazem.

Devemos evitar valores muito baixos para a resistência, pois isso implica em altas correntes no led infravermelho, acarretando desgaste prematuro no componente, reduzindo drasticamente sua vida útil ou até mesmo inutilizando-o.

Outro ponto importante no que tange o sistema de contagem de gotas, e até mesmo o sistema de quantificação do volume, seria a utilização de sistemas sensoriais adicionais. Isso faria com que houvesse um aumento considerável na área de sensibilização. Para tal, poderíamos instalar em um dos lados o led infravermelho e no outro lado, ao invés de um sensor, instalaríamos dois sensores justapostos para captar a presença do líquido. Apesar de uma opção interessante para uma otimização, ela não foi utilizada devido à percepção de que para o protótipo em questão, a alta precisão não era o objetivo mor.

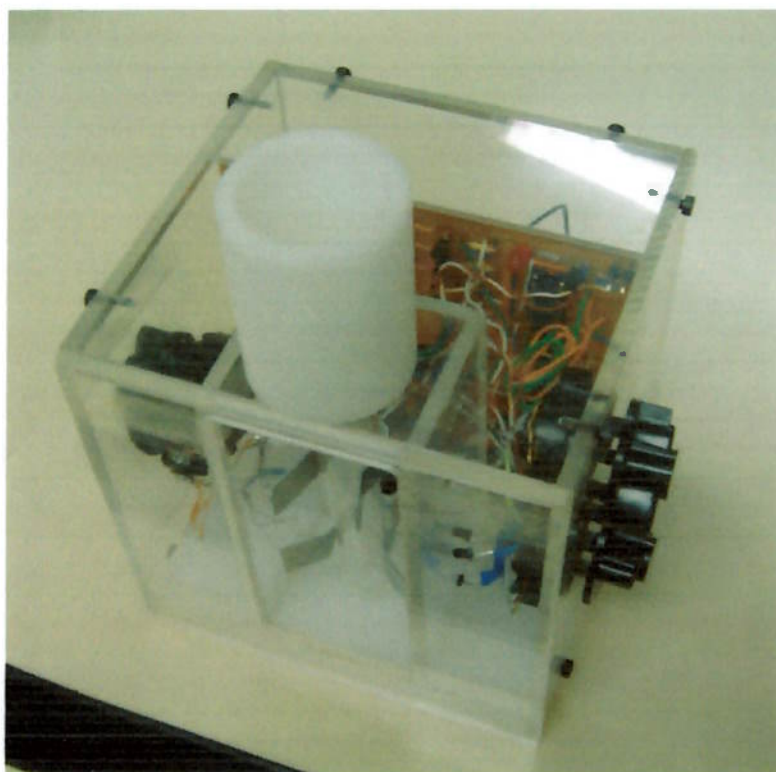


Figura 28 – Protótipo final

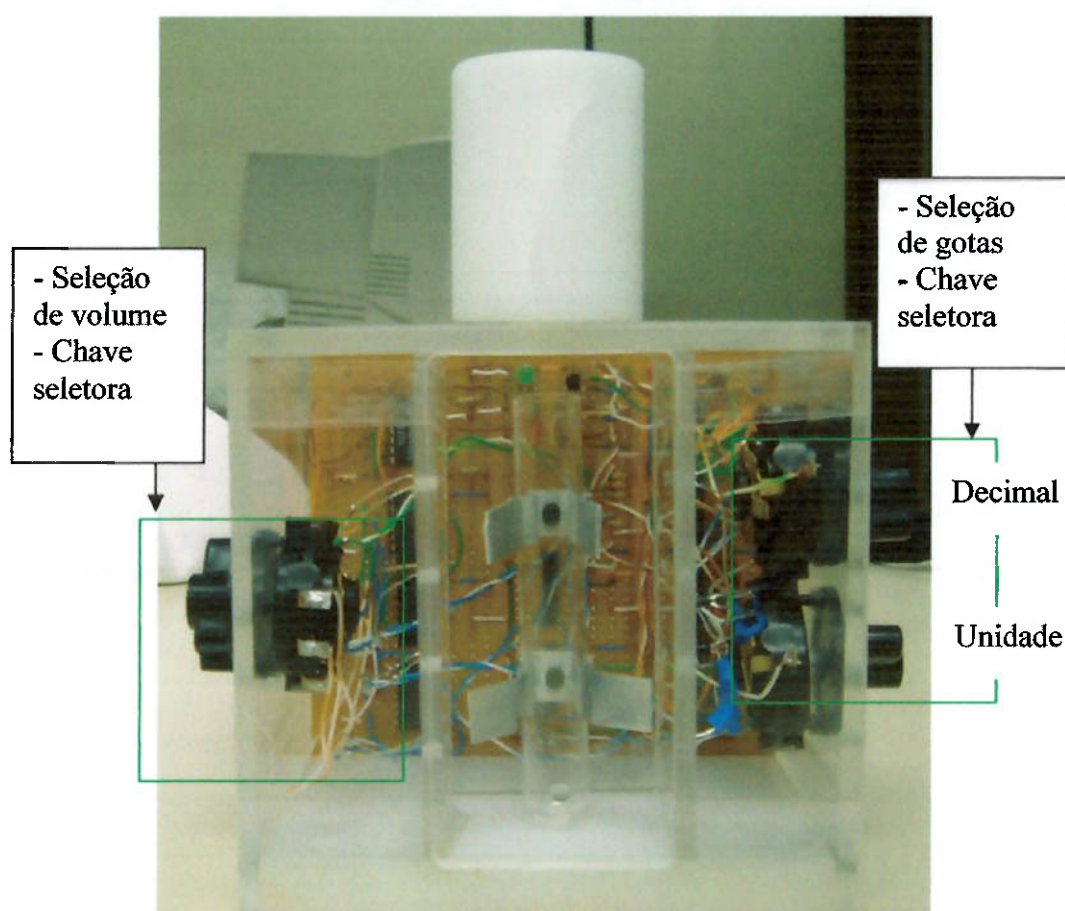


Figura 29 – Protótipo final – Vista frontal

6. TESTES E RESULTADOS

Após inúmeras correções e regulagens, foram realizados testes de funcionalidade a fim de validar o sistema como um todo. Inicialmente, foram feitos testes a fim de verificar o funcionamento do sistema de contagem de gotas.

O teste foi realizado já na própria estrutura do protótipo final. O procedimento de teste foi dividido em 4 seções, cada um dos quais, realizados em baterias de testes, ou seja, repetido pelo menos uma vez, obtendo os resultados as seguir.

Bateria	Qtde. de Gotas Inseridas	Qtde. de Gotas Detectadas
1	10	10
2	10	10
3	20	20
4	20	20
5	30	30
6	30	30
7	108	108
8	110	110
Tabela 5 – Teste de quantificação de gotas		

Apesar dos resultados apresentados na tabela acima, na prática, isso não reflete a atual realidade. Isso porque o funil por onde o remédio é inserido, deve estar muito bem posicionado, de forma que o fluxo de gotas passe pelo par sensorial. Assim, esse teste foi realizado em condições perfeitas. Contudo, o sistema de sensoriamento de gotas mostrou-se muito eficaz para o processo na qual foi projetado, contabilizando todas as gotas que eram inseridas, independentemente das suas velocidades de fluxo. Ou seja, a taxa de gotas por segundo pode variar livremente, desde valores extremamente baixos até valores altos, no limiar de um fluxo contínuo.

Para se verificar o medidor de volume também foram feitas avaliações no sistema. O teste também foi realizado na estrutura final do protótipo, ou seja, condições de uso, assim como realizado no teste de gotas. Após diversas execuções do procedimento, notou-se que o dosador funciona com êxito, com uma especificação, há uma tolerância em relação à captura do nível da borda do volume em $5,3 \text{ mm}^3$ devido à altura de 3 mm do par LEDs emissor-sensor.

7. CONCLUSÕES FINAIS

O objetivo de ajudar um público alvo com tamanha carência proporcionou uma maior motivação ao nosso trabalho. Foi visado um projeto além do seu funcionamento do ponto de vista acadêmico, mas também todo um aspecto funcional que crie a possibilidade de futuramente suprir as necessidades daqueles que propuseram o tema deste trabalho.

Apesar das dificuldades de projetar um dosador sonoro, cujas referências são escassas, o desenvolvimento deste projeto nos proporcionou grandes resultados. Sobretudo no que tange ao sistema de contagem, na qual era capaz de detectar variados fluxos de gotas intermitentes. Assim, o usuário não precisa ter a paciência de depositar quantidades de gotas no aparelho lentamente. Fator que contribui muito para aqueles que precisam de grandes doses de remédio.

A interface com o usuário também foi um ponto crítico para o projeto, pois não podemos utilizar a interfaces convencionais, e sim uma interface que seja a melhor para o público alvo, visto que este possui restrições significativas.

Interfaces intuitivas são as melhores soluções não somente para este projeto, mas para projetos em geral. A solução utilizando-se de chaves seletoras resolve de forma apreciável o problema de interfaceamento e também possui complexidade extremamente baixa para o desenvolvimento do projeto, fatores que o determinaram como uma das melhores soluções para a interface do projeto.

Após testes realizados para verificar a influência da luz ambiente nos sensores, optamos por construir o protótipo em acrílico, proporcionando um grau didático elevado, porque a influência dessa luz foi comprovada como praticamente nula. Garantir a precisão no dimensionamento foi um dos grandes entraves a construção do protótipo. Isso porque a área de atuação do par de sensores é consideravelmente limitada, além das dimensões diminutas de líquidos em queda.

Com certeza muitos trabalhos podem ser sempre revisados e melhorados, sendo que esse projeto não é uma exceção. O objetivo do projeto foi atingido de modo eficaz, dando ênfase ao processo principal que foi a medição, mas também é possível aprimorar o sistema. Em relação a propostas de melhorias podem ser citados alguns tópicos como: aplicação do circuito eletrônico projetado para micro-controladores; compactar o tamanho da estrutura; ampliar os comandos além da chave seletora com apenas 3 opções; estudar viabilidades sociais, econômicas e em termos de engenharia de produto para lançar o produto para o comércio; contar

tanto com o apoio, quanto com a regulamentação de órgãos relacionados como por exemplo a ANVISA, citado no item 5 de Referências.

Embora encontremos diversos entraves ao projeto e construção do produto ao longo deste trabalho, este, ao final de sua concepção, apresentou resultados satisfatórios, digno de receber novas atenções e cuidados para o aprimoramento do sistema, que visa, além de tudo, dignificar e valorizar a vida de quem necessita.

8. REFERÊNCIAS

1. www.fundacaodorina.org.br/ (Acessado em 01/04/2006)
2. <http://ubirajara.lac.usp.br/polidada/> (Acessado em 01/04/2006)
3. Injex Indústrias Cirúrgicas LTDA.
http://www.injex.com.br/port/index.php?pagina=p_dosador.php
(Acessado em 25/04/2006)
4. Indofa Utama Multi Corp.
<http://www.indofa.com/acurex.html> (Acessado em 25/04/2006)
5. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA
http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/543_97.htm
6. MALVINO, A. P., **Eletrônica vol. 1**. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1986.
7. MALVINO, A. P., **Eletrônica vol. 2**. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1987.
8. NORTON, R. L., **Machine design: na integrated approach**. Nova Jersey: Prentice Hall, 2000.