



## DISPOSITIVO PARA DILUIÇÃO DE PRODUTOS DE LIMPEZA HOSPITALAR

S. L. Ferreira\*<sup>1</sup>, K.D. Lana<sup>1</sup>, R.A. Ferreira<sup>1</sup> e S. R. J. Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FEELT – Universidade Federal de Uberlândia

**Resumo** - De acordo com o programa de controle de infecção hospitalar estabelecido pelo Ministério da Saúde (portaria nº 2616, de 12 de maio de 1998), a desinfecção de superfícies é um fator importante para que surtos de infecção não se propaguem. Assim, a correta desinfecção dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) são de extrema importância para evitar surgimento de bactérias ou infecções. Esse projeto consiste de um dispositivo que fará a diluição do desinfetante hospitalar de maneira automatizada e, o usuário poderá escolher a taxa de diluição da mistura.

Utilizando técnicas clássicas de controle, o protótipo foi efetivado em uma placa Esp 32 e obteve como resultados uma constante de diluição satisfatória.

**Palavras-Chave** – Controle, desinfetante, diluição, desinfetante, limpeza hospitalar.

### DEVICE FOR DILUTION OF HOSPITAL CLEANING PRODUCTS

**Abstract** - According to the hospital infection control program established by the Ministry of Health (Ordinance No. 2616 of May 12, 1998), surface disinfection is an important factor for outbreaks of infection not to spread. Thus, the correct disinfection of Health Care Facilities (ASEs) are extremely important to prevent the emergence of bacteria or infections. This project consists of a device that will dilute the hospital disinfectant in an automated way and the user can choose the dilution rate of the mixture.

Using classical control techniques, the prototype was designed on a Esp 32 board and obtained as results a satisfactory constant dilution.

**Keywords** - Control, device, dilution, disinfectant, hospital cleaning.

### I. INTRODUÇÃO

A preocupação com a desinfecção hospitalar levou a diversos estudos sobre a qualidade do produto (desinfetante) e ao método para limpeza. Sendo assim, observaram que haviam muitos desinfetantes hospitalares desqualificados para o uso por não atingirem os padrões microbiológicos além de problemas na diluição do produto. [1]

Sabe-se que, com a utilização correta e adequada dos germicidas em superfícies e instrumental de médio risco é fundamental para romper com a cadeia de transmissão de infecção. Dessa forma, a escolha correta do tipo de produto a ser empregado, a concentração e os efeitos tóxicos e a forma de se realizar a diluição dos produtos germicidas se mostra relevantemente importante [2,3].

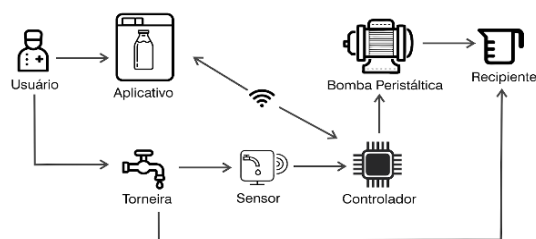
Objetivando evitar possíveis erros de dosagem para a realização da diluição, técnicas de diluição automatizadas vêm sendo aplicadas para esse fim, sendo que comumente estes equipamentos apresentam diversas limitações, como a necessidade de calibração e manutenção constante e a ausência de registro da quantidade de desinfetante utilizada, impossibilitando o controle de gastos.

O propósito do trabalho em questão portanto é criar um dispositivo que torna segura, simples e rápida a diluição de produtos de limpeza hospitalar - com enfoque em desinfetantes - onde a diluição será escolhida pelo usuário em um aplicativo mobile. Este app terá um banco de dados com informações sobre a quantidade de produto gasto por cada usuário cadastrado.

### II. MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 1 retrata uma ideia geral do projeto que consiste em um equipamento que calcula o volume de entrada de água no sensor de fluxo e assim informa a bomba peristáltica a quantidade de desinfetante que deve ser injetado no mesmo recipiente onde se encontra a água para a realização da diluição, obedecendo a proporção indicada pelo usuário no aplicativo que faz a comunicação através de *WI-FI*. A escolha do desinfetante para o ambiente hospitalar será realizada por meio de um software, o qual será utilizado pelo profissional responsável pelo trabalho que estiver cadastrado no sistema.

Figura 1 - Esquema geral sobre o projeto do diluidor.



\*sofia@ufu.br

Para executar o projeto foram utilizados os seguintes materiais:

- ESP 32;
- Bomba Peristáltica;
- Sensor de Fluxo;
- Capacitores de 100 nF e 100  $\mu$ F;
- Resistores de 1.5 K $\Omega$ , 3.9 K $\Omega$  e 10 K $\Omega$ ;
- Transistor TIP122;
- Diodos 1N4007;
- Foto Acoplador TIL117.

Uma placa ESP 32 foi empregada como microcontrolador do projeto, devido ao seu baixo custo e grande poder de processamento - com 16 bits de resolução PWM - aliada a uma boa capacidade de conexão *WI-FI*, devida a sua antena integrada. Sua alimentação pode variar de 4,5 a 12 V com suporte a até 200 mA de corrente e seus pinos digitais possuem tensão lógica de 3.3 V.

Para bombear o desinfetante para o recipiente, foi empregada uma bomba dosadora peristáltica devido a sua precisão na dosagem de líquidos de baixa viscosidade. Sua tensão de entrada é de 12 V e sua vazão nominal máxima é de 100 mililitros por minuto.

Já para medir a quantidade de água que passa pelo sistema, foi aplicado um sensor medidor de vazão de água com faixa de atuação de 1 a 30 litros por minuto, tensão de funcionamento de 5 a 15 V e máxima corrente de atuação de 250 mA, a escolha deste sensor em específico se deu devida a sua capacidade de leitura de baixos valores de vazão.

Juntando todos os componentes foi constituído o esquemático do hardware (Figura 2). Foi criado um filtro analógico para chaveamento do sistema baseado em diodos, transistor e capacitores para evitar fuga de corrente e eventual queima de componentes. [4]

Para evitar ruídos enviados a partir do acionamento da bomba peristáltica para o sensor de fluxo, foi utilizado no esquemático um acoplador óptico TIL117. Ele transmite sinais sem contato direto, apenas utilizando um fototransistor e um sinal luminoso em seu interior. Assim, foi possível conectar dois circuitos diferentes - sendo um deles responsável pela ativação da bomba dosadora e o outro responsável pelo sensor de fluxo - mantendo-os completamente isolados entre si, garantindo o bom funcionamento e segurança dos dois dispositivos.

O transistor escolhido foi o TIP122 pois ele é um transistor do tipo Darlington e esta configuração serve para que o dispositivo seja capaz de proporcionar um grande ganho de corrente (parâmetro  $\beta$  do transistor) e, por estar todo integrado, requer menos espaço do que o dos transistores normais na mesma configuração. Um grande ganho de corrente é necessário pois para a bomba dosadora ser ativa são necessários no mínimo 250mA e com este valor de corrente, outros componentes seriam danificados, como o próprio microcontrolador - que suporta no máximo 200 mA. A partir do esquemático foram criados dois circuitos impressos alimentados separadamente, um deles composto pelo circuito do filtro analógico e a bomba peristáltica (Figura 4) e o outro composta pelo Esp 32 e sensor de fluxo (Figura 5).

A tensão de 12 V foi escolhida para alimentar o circuito da Figura 4, pois a mesma se encontra na região de funcionamento pleno da bomba dosadora. Porém já que o microcontrolador trabalha em suas portas a 3.3V e o sensor de fluxo a 5V, foi necessária a utilização de uma fonte de 5 V na placa detalhada na Figura 5 além da criação de um divisor de tensão para rebaixar a tensão de 5 V para 3.3 V na saída de leitura do sensor de fluxo que se conecta ao Esp 32.

Figura 2: Esquemático do hardware.

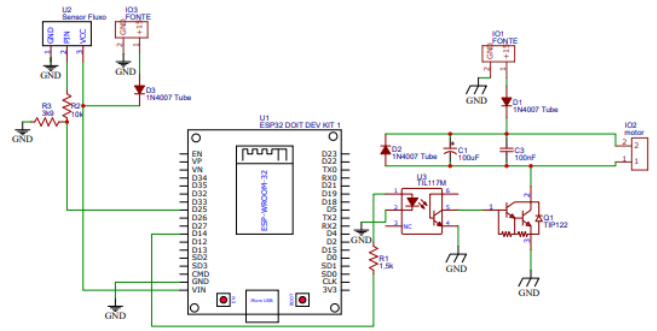


Figura 3: Detalhe do esquemático: Filtro Analógico.

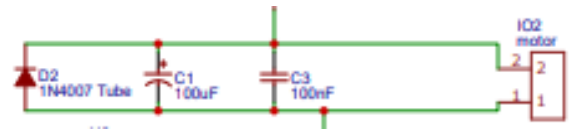


Figura 4: Circuito1- Ativação bomba dosadora.

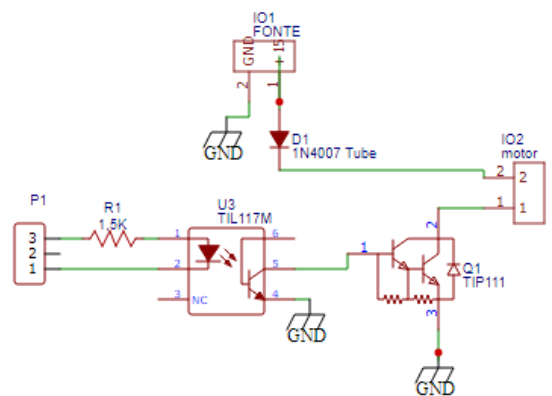
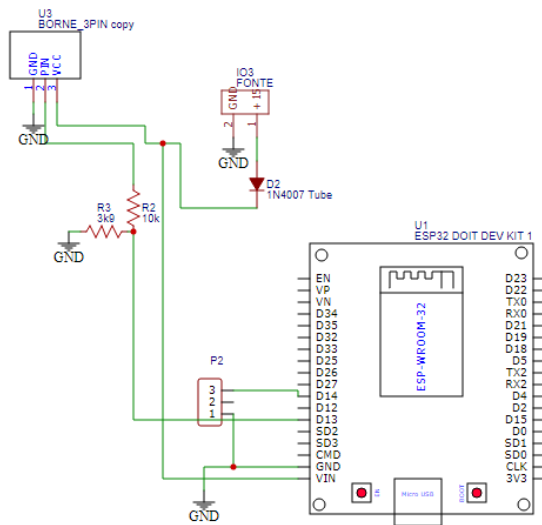


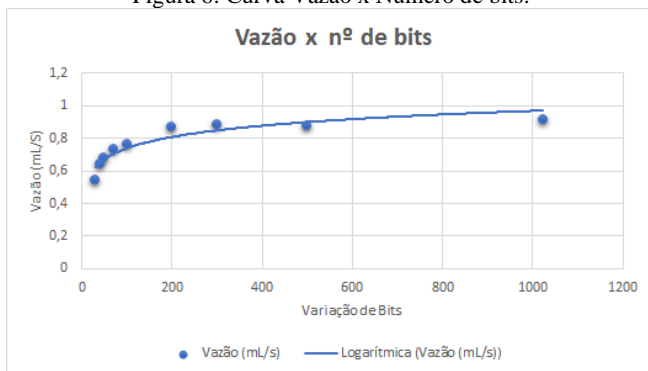
Figura 5: Circuito 2- Leitura sensor de fluxo.



O funcionamento do projeto, assim como descrito anteriormente, baseia-se no controle da vazão da bomba dosadora a partir da quantidade de água que passa pelo sensor de fluxo. Para otimização da performance deste dispositivo foi necessária a calibração da bomba peristáltica e do sensor de fluxo, vez que, o funcionamento de ambos varia de acordo com a variação de *Pulse Width Modulation* (PWM).

Para a calibração da bomba peristáltica, utilizamos um potenciômetro ligado a porta analógica de um Arduino UNO para variar a largura do pulso que respectivamente varia a tensão enviada para bomba. Como essa mudança realizada altera a taxa de vazão da bomba peristáltica, foi recolhido os valores em mililitros e assim foi traçada a curva de variação de vazão por PWM mostrada a seguir na Figura 6. De acordo com o observado no gráfico obtido da regressão linear dos dados obtidos, a taxa de vazão da bomba possui um comportamento de uma função logarítmica em relação a variação do número de bits, assim, quanto maior o número de bits menor a mudança no valor da taxa de vazão de água obtida pela bomba.

Figura 6: Curva Vazão x Número de bits.

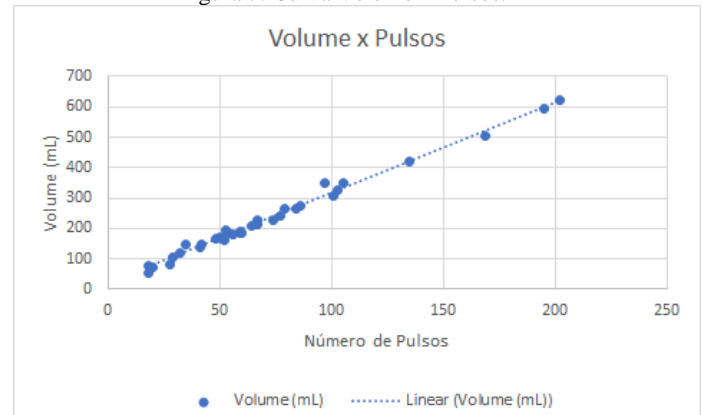


A partir desta curva, extraiu-se a equação (1) mostrada a seguir. Ela descreve como a vazão se comporta de acordo com os bits.

$$y = 0,0993 * \ln(x) + 0,2823 \quad (1)$$

Já para o sensor de fluxo, avaliou-se a quantidade de pulsos necessárias para que uma fração exata de água passe pelo sensor de maneira que ele contabilize de maneira correta. Para isso, se utilizou duas provetas milimetradas, certificando assim que o volume de água que passa pelo sensor seja conhecido. Com isso, obteve-se a relação entre volume de água (em mL), vazão (em mL/s) e quantidade de pulsos.

Figura 7: Curva Volume x Pulsos.



A partir desta curva, deduziu-se a equação (2) a seguir. Ela relaciona a quantidade de pulsos (x) que o sensor lê para determinado volume de água na entrada (y).

$$y = 2,977x + 18,393 \quad (2)$$

Assim, a conversão entre a emulação do sinal analógico feito pelo PWM através de pulsos digitais do microcontrolador seria feita sob uma taxa conhecida. Com isso, à medida que a água passa pelo sensor, a bomba é acionada com tensão proporcional a sua vazão, mandando mais ou menos desinfetante para a mistura em tempo real.

Após a averiguação do funcionamento correto de todos os componentes, inclusive com as taxas de diluição corretas de acordo com o sinal enviado pelo sensor de fluxo e saída da bomba dosadora, desenvolveu-se um aplicativo mobile na plataforma Android Studio com o objetivo de efetuar a comunicação wireless entre o hardware e o aplicativo, ou seja, com ele tornou-se possível escolher a taxa de diluição do desinfetante através de um smartphone ou tablet. A alteração da taxa de diluição mesmo entre o mesmo tipo de desinfetante torna-se necessária pois a quantidade de produto por proporção de água varia de acordo com o ambiente a ser higienizado.

A estrutura do aplicativo foi dividida em cinco telas: tela de login; tela de início; tela de escolha do produto/taxa de diluição; tela de consulta ao histórico e a tela de cadastro de usuário.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No programa desenvolvido, o loop inicial do código verifica-se o valor da vazão de água que passou pelo sensor de fluxo e recebe-se o dado da diluição desejada pelo usuário através do aplicativo em conjunto com a antena *WI-FI* já

integrada no microcontrolador Esp 32. Para promover o controle da vazão, o projeto foi efetivado em malha aberta, ou seja, o valor da saída não afeta a entrada. Esse tipo de controle é simples e barato, mas só é obtida a saída desejada se não ocorrerem perturbações tanto de ordem externa como internas (modificação dos parâmetros), [5] e depende de componentes muito bem calibrados para obter o valor esperado. Deste modo afirma-se, portanto, que o projeto consiste em um controle proporcional de malha aberta porque o PWM é uma proporção da entrada de vazão de água.

O erro, que se caracteriza como a diferença entre a saída e o valor de referência em teoria, é próximo de zero, em consequência da calibração bem executada, logo os parâmetros não se alteram com facilidade.

Na prática, por mais que tenha sido feita uma boa calibração de todos os componentes ainda se encontrou um resultado aproximado com um erro aceitável de poucos mililitros (mL).

A ausência de realimentação no projeto se deu devida a uma limitação do hardware. Para que a realimentação se efetivasse, seria necessária a existência de outro sensor de fluxo na saída do projeto, para conferir se o volume final seria igual ao volume proposto como *setpoint* do projeto. Se esta limitação fosse corrigida, o controlador passaria a ser de malha fechada e teria uma porção integrativa e outra proporcional e por inferência o usuário teria a confirmação se a diluição foi feita da maneira desejada.

Figura 1 retrata uma ideia geral do projeto que consiste em um equipamento que calcula o volume de entrada de água no sensor de fluxo e assim informa a bomba peristáltica a quantidade de desinfetante que deve ser injetado no mesmo recipiente onde se encontra a água para a realização da diluição, obedecendo a proporção indicada pelo usuário no aplicativo que faz a comunicação através de *WI-FI*. A escolha do desinfetante para o ambiente hospitalar será realizada por meio de um software, o qual será utilizado pelo profissional responsável pelo trabalho que estiver cadastrado no sistema.

#### IV. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento desse protótipo conseguiu-se uma estrutura simplificada e prática de baixo custo, com a mobilidade *WI-FI*, dosagem aproximadamente adequada, além da garantia do histórico de utilização do equipamento.

Avaliando os métodos utilizados para higienização de superfícies em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), o sistema proposto se apresenta como um item importante e muito útil no processo de limpeza hospitalar. O controle de malha aberta, adequado para a estrutura de hardware escolhida obteve resultados regulares, vez que o ruído presente no circuito apesar de ter sido parcialmente filtrado, se mostrou muito presente. Como todo protótipo, existem alguns melhoramentos a serem feitos como o aprimoramento do aplicativo que está com apenas as funcionalidades básicas, atualizando-se o software em conjunto; a adição do segundo sensor para verificação do volume final; e a criação de filtros mais eficientes para os ruídos presentes no circuito.

#### REFERÊNCIAS

- [1] T. Jorge. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE DESINFETANTES QUÍMICOS DE USO DOMÉSTICO. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 24, ed. 1, p. 47-50, 1990.
- [2] V. Vitor Hugo Della. Central de diluição - uma proposta da comissão de controle de infecção hospitalar. Revista Brasileira de Enfermagem, [s. l.], v. 37, ed. 1, 1984. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71671984000100003>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-71671984000100003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71671984000100003). Acesso em: 14 nov. 2019.
- [3] B. Regiane Aparecida dos Santos Soares et al, Processo de Limpeza da Sala de Operação: riscos à saúde do usuário e do trabalhador. 2011;
- [4] M. Diogo Luis, Desenvolvimento de um Sistema de Controle e Medição de Vazão para Bombas Peristálticas p. 74 - UFOP, Ouro Preto, 2016.
- [5] NISE, N. S. Engenharia de Sistemas de Controle, 3a Edição, LTC, São Paulo, 2002
- [6] C. G. Bruna, S. Danillo; S. V. Mirella, S. R. Thaynara, O. Sérgio Ricardo. Desenvolvimento de um sistema de controle para diluição automática de desinfetantes. XII Simpósio de Engenharia Biomédica, Uberlândia, Brasil, 2019. DOI 10.5281/zenodo.3461042.