



**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT**

**CURSO TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA**

**RESPIRADOR DE BAIXO CUSTO**

**CÁSSIO RAFAEL ROSA PINHEIRO**

**MARCELO ALVES JUNIOR**

**SÃO LEOPOLDO**

**2020**

CÁSSIO RAFAEL ROSA PINHEIRO  
MARCELO ALVES JUNIOR

**RESPIRADOR DE BAIXO CUSTO**

Trabalho de Conclusão, desenvolvido no terceiro ano do Curso de Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação da Prof. Linamir Rosa.

SÃO LEOPOLDO

2020

## RESUMO

Hoje em dia está cada vez maior a necessidade de usar um respirador para auxiliar o tratamento de diversas doenças respiratórias, deixando os seres humanos, dependentes deles. Pensando nisso, nosso grupo está desenvolvendo um respirador de baixo custo e com alta eficácia, que possa ser usado para auxiliar no tratamento de doenças pulmonares. O respirador de baixo custo será montado com materiais de qualidade e com bom custo benefício para trazer segurança para os pacientes que utilizarem o aparelho. O projeto inclui programas, hardware e componentes que serão abordados nas seções. O Módulo de Transdutores para Mecânica Respiratória nº007 tem dois canais para realizar a medição de pressão distinto que faz uso de transdutores piezoresistivos 176PC07HD2 condicionados para trabalhar na faixa de 1 cmH<sub>2</sub>O, um canal que realiza medição de pressão com os transdutores piezoresistivos 143PC01D condicionados para trabalhar entre 70 cmH<sub>2</sub>O. As transferências dos dados entre o PC e o  $\mu$ C por comunicação serial a 115200 bits por segundo no formato 8N1.

A comunicação entre PC e  $\mu$ C será dada pelo envio de quadros de dados. O quadro de dados enviados do PC ao  $\mu$ C será composto por um byte de início que vale FFh.

Este valor foi escolhido pois nenhum outro dado enviado pode assumi-lo, eliminando assim a possibilidade de detecção de um falso byte de início.

Os bytes são atualizados pelo PC em ponto flutuante de 32 bits e guardados. Formado, o vetor começa a partir do byte de início, também será adicionado byte a byte até o penúltimo, o byte menos significativo desta soma é comparado com o checksum, quando iguais, os dados são trocados pela ferramenta «Type Cast» do LabVIEW em um número com duas casas decimais e apresentados no painel de monitorização. Quando o checksum é diferente do último byte, o painel de visualização não será atualizado.

Palavras-chave: Respirador, Doenças, Tratamento, Custo, Eficácia.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
1.1	TEMA E SUA DELIMITAÇÃO .....	5
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA .....	5
1.3	OBJETIVOS .....	5
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>5</b>
1.4	JUSTIFICATIVA .....	6
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>7</b>
2.1	RESPIRAÇÃO HUMANA.....	7
<b>2.1.1</b>	<b>Estrutura do Aparelho Respiratório .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Ventilação Pulmonar .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Ciclo Respiratório.....</b>	<b>9</b>
2.2	FUNCIONALIDADE DE UM RESPIRADOR .....	10
<b>2.2.1</b>	<b>Partes de um Respirador.....</b>	<b>11</b>
2.3	POSSIVEIS FALHAS NOS VENTILADORES PULMONARES.....	12
2.4	PRINCIPAIS CAUSAS QUE SE USAM VENTILADORES.....	13
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1	ESQUEMA GERAL.....	15
3.2	PEÇAS UTILIZADAS.....	16
<b>3.2.1</b>	<b>Módulo de transdutores para mecânica respiratória.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Microcontrolador.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Interface com o usuário.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Comunicação.....</b>	<b>18</b>
3.3	TABELA DE PREÇOS.....	20
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS (OU RESULTADOS E DISCUSSÃO).....</b>	<b>22</b>
<b>5.</b>	<b>CRONOGRAMA.....</b>	<b>23</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia é comum termos diversos casos de pessoas com graves problemas respiratórios. Quando um forte vírus ataca, um exemplo é o covid-19, normalmente os hospitais não dão conta da demanda de pessoas infectadas, pelo fato de não ter respiradores suficientes. Os respiradores são essenciais no tratamento, mas são bem caros. Segundo o site Valor Investe (2020), a média de valor de um respirador está R\$52.000. A ideia de fazer um respirador eficaz e de baixo custo, ajuda, pois quanto mais barato, mais quantidades e qualidade aos hospitais conseguem adquirir. A questão que se coloca, é, como desenvolver um respirador seguro, eficaz e barato.

No presente trabalho, será elaborado um respirador de baixo custo, com o intuito de aumentar o número de respiradores em alas hospitalares.

### 1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Respirador de Baixo Custo, ajudando no tratamento de pessoas com problemas respiratórios.

### 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

É possível desenvolver um respirador seguro, eficaz e de baixo custo?

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um respirador de baixo custo e que seja eficaz no tratamento de pessoas com problemas respiratórios.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar métodos para o respirador ser eficaz em tratamentos de pessoas com problemas respiratórios;

- Selecionar os materiais que mais tem eficácia e com um bom custo benefício;
- Garantir a saúde e a segurança dos pacientes;
- Desenvolver um protótipo;
- Usar o respirador em alas hospitalares;

#### 1.4. JUSTIFICATIVA

Atualmente, problemas respiratórios estão afetando um grande número de pessoas no Brasil e no mundo. Recentemente, tivemos um exemplo, o covid-19 (novo corona vírus), que levou e está levando muita gente à óbito. Maioria das mortes, foi por conta de vários hospitais não terem respiradores o suficiente para atender a demanda de pacientes. De acordo com o BCC News, na África há cerca de 3 respiradores para 5 milhões de pessoas (2020). No Brasil, segundo o G1 (2020), 33% das cidades brasileiras tem no máximo 10 respiradores prontos para uso.

Por conta desses dados, verificou-se que é necessário possuir mais respiradores, mas para isso eles devem ser de baixo custo. De acordo com o site Valor Investe, o respirador mais comum e mais barato está na casa dos R\$39,000 reais (2020). Se tiver respiradores mais baratos, automaticamente países mais pobres como a África, conseguem adquirir uma maior quantidade de respiradores, evitando que muita gente fique sem o tratamento adequado.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 RESPIRAÇÃO HUMANA

De acordo com ESPERANÇA (1996) para simplificar o entendimento e o funcionamento dos ventiladores pulmonares e a sua interação com o sistema respiratório torna-se importante o estudo da anátomo-fisiologia a respiração humana, juntamente com o aparecimento das fundamentais patologias e traumas geralmente associadas a imprescindibilidade de ventilação artificial.

Segundo ESPERANÇA (1996, p. 7, apud HENEINE, 1984) o oxigênio ( $O_2$ ) é uma das substâncias indispensáveis para o funcionamento das células do corpo, onde comunica-se quimicamente com outros nutrientes, oriundos dos alimentos, a fim de soltar energia. Essa energia, por sua parte, é utilizada para promover a contração muscular, a secreção dos sucos digestivos, a gerenciamento de sinais pelas fibras nervosas e a síntese de muitas substâncias primordiais para o crescimento e as funções celulares. Da combinação do oxigênio com as outras substâncias formando o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) que deve ser expelido do interior das células

Conforme ESPERANÇA (1996, p. 7, apud HENEINE, 1984) Os seres unicelulares e alguns pluricelulares exercem as trocas gasosas por simples difusão com o ambiente, mas a partir de uma certa massa de biosistema, esse processo torna-se incapaz de atender à demanda biológica .manifesta-se então a necessidade de comparência de um aparelho característico, o aparelho respiratório, que tratando em conjunto com o aparelho circulatório, desenvolve a tarefa de captar  $O_2$  do ambiente, conduzindo até a particularidade dos tecidos e carregar  $CO_2$  destes para o ambiente. De acordo com ESPERANÇA (1996, p. 8, apud HENEINE, 1984, on-line), o  $O_2$ , uma vez transportado a todas as células do organismo, é captado e coordenado à mitocôndria, organela citoplasmática existente em todas as células. Na mitocôndria que ocorre a glicólise aeróbica, onde seis moléculas de  $O_2$  e uma de glicose juntam – se começando um processo que, em síntese, produz energia (ATP - adenosina trifosfato),  $CO_2$ , e água.

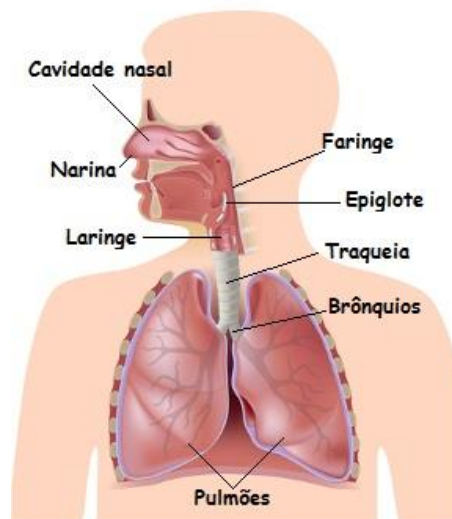


### 2.1.1 Estrutura do Aparelho Respiratório

O aparelho respiratório, ilustrado na figura 1, é constituído, pelo nariz, epiglote, traqueia e pulmões. A via aérea superior então formada por estes três primeiros. O nariz é responsável pelo aquecimento, umidificação e limpeza do ar inspirado. É uma estrutura muito efetiva, onde o ar turbulento entra em contato com muco nas paredes das fossas nasais, e são arremetidas as partículas sólidas do gás inspirado.

A traqueia ramificada em brônquios, vias aéreas unicamente lidam com a condução, que vão sofrendo separações sucessivas até formarem o bronquíolo terminal. A próxima estrutura é o ácino, formado por bronquíolos respiratórios, duetos alveolares, saco alveolares e alvéolos. É onde exercem as trocas gasosas propriamente ditas, transformando-se bastante vascularizado pelos capilares alveolares [PORTO, Nelson da Silva; CORREA DA SILVA, Luis Carlos. Conceitos básicos de anatomia do tórax. In: CORREA DA SILVA, Luis Carlos. Compêndio de Pneumologia. São Paulo: Fundo Editorial Byk, 1991. p. 59 - 67.]. Os pulmões são envolvidos por duas membranas, chamadas pleuras parietal e visceral, que não tem uma ligação rígida, existindo unicamente uma pressão negativa que as mantém unidas.

Figura 1- Sistema Respiratório



Fonte: Biologia Net (2020)

### 2.1.2 Ventilação pulmonar

A ventilação pulmonar é um processo mecânico de entrada e saída de gases que, ocorre no aparelho respiratório.

### 2.1.3 Ciclo Respiratório

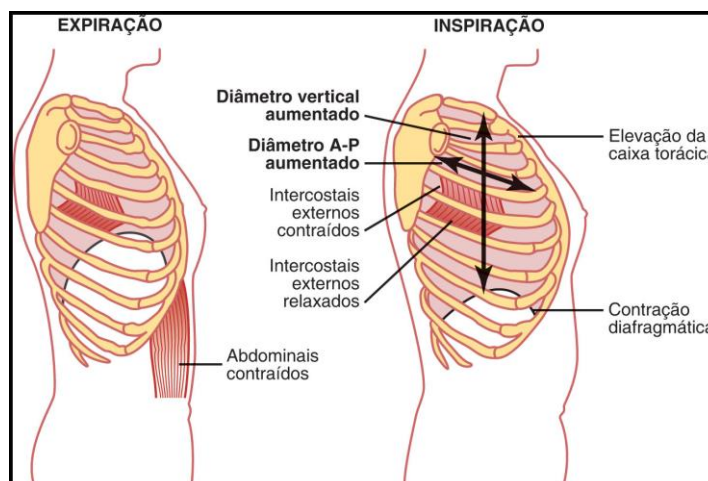
Segundo ESPERANÇA (1996, p. 8, apud PORTO et al, 1991, p.59 - 67) O ciclo respiratório pode ser dividido em duas partes: a inspiração (entrada de gases nos pulmões) e a expiração (saída de gases dos pulmões).

A figura 2 ilustra o comportamento da caixa torácica em tal processo. Na inspiração, acontece uma contração do diafragma que, é o mais relevante músculo da respiração, encontrado logo abaixo dos pulmões, simultaneamente com a elevação da caixa torácica pela ação dos músculos intercostais externos.

Como resultado, acontece a dilatação do tórax, que, devido a sua ligação com os pulmões através da pressão negativa entre as pleuras, gera um aumento no volume pulmonar. A pressão pulmonar interna (alveolar) se torna negativa, atuando na entrada de gases, que acontece através das vias aéreas superiores. Na expiração o relaxamento do diafragma e dos músculos intercostais gera uma diminuição do volume torácico.

A pressão alveolar se torna positiva e o ar é expulso do interior dos pulmões. Não acontece trabalho muscular na expiração em repouso, portanto, é habitualmente um fenômeno passivo. Na expiração forçada, entram em cena os músculos abdominais, que deslocam para cima o conteúdo abdominal, e os intercostais internos, que geram diminuição da caixa torácica.

Figura 2- Expansão e contração da caixa torácica durante a expiração

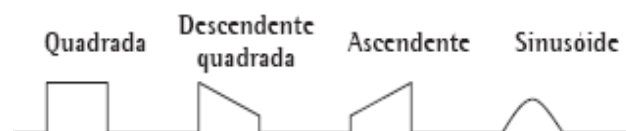


Fonte: Plantando Ciência (2019)

## 2.2 FUNCIONALIDADE DE UM RESPIRADOR

A Ventilação Mecânica (VM) utiliza aparelhos que, interruptamente, inflam as vias respiratórias com volumes de ar (volume corrente). A geração de um nível de pressão entre as vias aéreas superiores e o alvéolo (minúsculos sacos aéreos, presentes nos pulmões, envolvidos por capilares sanguíneos e uma fina membrana. Situam-se onde terminam as finas ramificações dos brônquios), que ocorre devido o movimento do gás para dentro dos pulmões; podendo ser conseguido por um equipamento que diminua a pressão alveolar (ventilação por pressão negativa) ou que aumente a pressão da via aérea proximal (ventilação por pressão positiva). Como é mais aplicado em áreas ambulatoriais, serão comentados somente os aspectos com relação à ventilação com pressão positiva, tanto na forma invasiva como na não invasiva. Neste ar, controla-se a concentração de O<sub>2</sub> (fração inspirada de oxigênio) necessária para adquirir uma taxa arterial de oxigênio (pressão parcial de oxigênio no sangue arterial) adequada. Controla-se ainda, administrando a velocidade do ar (fluxo inspiratório) dessa forma da onda de fluxo, por exemplo, controlando o volume na respiração: "descendente", "quadrada", "ascendente" ou "sinusoidal", presentes na figura 3). O número de ciclos respiratórios que os pacientes realizam em um minuto (frequência respiratória) será consequência do tempo inspiratório, que depende do fluxo, e do tempo expiratório, podendo ser definido tanto pelo paciente (ventilação assistida), de acordo com suas necessidades metabólicas, como através de programação prévia do aparelho (ventilação controlada). Dessa forma esclarecendo o que ocorrerá quando formos ajustar o aparelho. Tomando-se como exemplo, optando por ventilar um paciente em volume assistido quanto por controlado, o que temos que definir para o ventilador é o volume corrente e o fluxo inspiratório, de acordo com a resistência e a compreensão do sistema respiratório do paciente, determinando a pressão atingida na via aérea. (CARVALHO et al, 2007)

Figura 3 - Formas da curva de fluxo



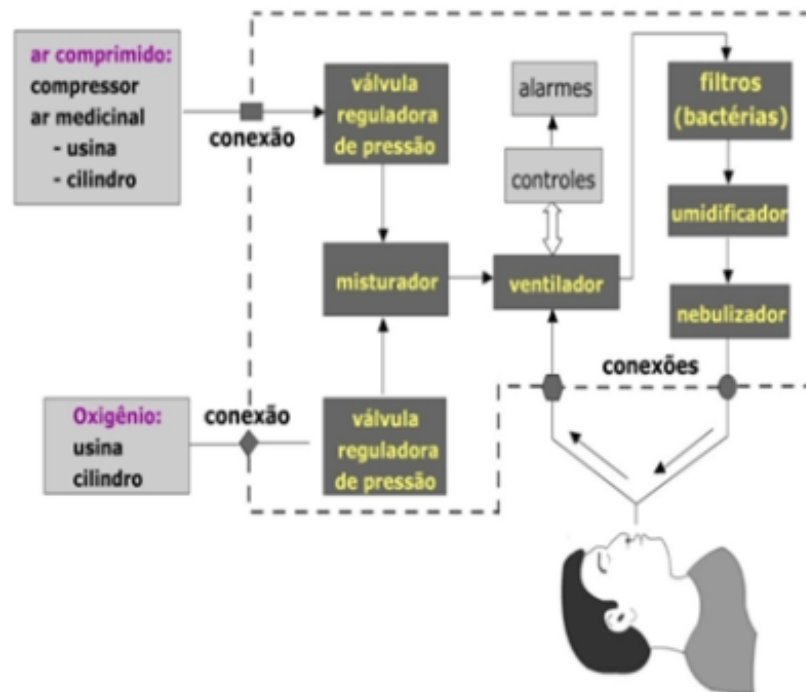
Fonte: Jornal Brasileiro de Pneumologia (2007)

As formas mais utilizadas na prática clínica são a quadrada, permite a realização da monitoração da mecânica respiratória, e a descendente, proporciona uma melhor distribuição do ar inspirado. (CARVALHO et al, 2007)

### 2.2.1 Partes de um Respirador

Segundo BATISTA (2018), os componentes básicos de um equipamento de ventilação pulmonar podem ser observados na figura 4:

Figura 4 – Partes de um Respirador



Fonte: Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares (2002)

Conforme BATISTA (2018), a mistura gasosa vinda do ventilador pulmonar é dada ao paciente através do circuito do paciente, que contém entre outros componentes, cânulas ou tubos encrespados para a condução do gás, umidificador, aquecedor, nebulizador e filtro de bactérias. O misturador de gás e as válvulas reguladoras de pressão, dependendo do tipo de equipamento, podem estar incorporados no próprio aparelho, ou ser montadas na forma de acessórios do sistema.

**Válvulas reguladoras de pressão:** Regulam a pressão na entrada do ventilador, também dos gases entregues ao paciente. (BATISTA, 2018)

**Misturador (blender):** Mistura adequadamente diferentes gases nas concentrações desejadas. Normalmente o misturador possui entradas para ar comprimido, oxigênio e nitrogênio. (BATISTA, 2018)

**Controles:** Os circuitos de controle são encarregados pelos modos nos quais será ventilado o paciente. Os ventiladores possuem os seguintes controles principais (BATISTA, 2018): Pressão e/ou Volume e/ou Fluxo; Frequência Respiratória; Relação I:E (relação entre tempo inspiratório e tempo expiratório); Tempo Inspiratório; Tempo Expiratório; Sensibilidade; PEEP/CPAP (Pressão Positiva no Final da Expiração/ Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas); Pausa Inspiratória; Modalidade de Ventilação.

**Filtro de bactérias:** Aumenta a qualidade do ar entregue ao paciente e tem como objetivo evitar a contaminação bacteriológica do paciente. Deve ser o último componente a ser ligado antes do circuito das vias aéreas do paciente. (BATISTA, 2018)

**Nebulizador:** Conduz drogas pela via respiratória e na forma de aerossol. (BATISTA, 2018)

**Umidificador:** O umidificador é acoplado à saída do ventilador para acrescentar vapor de água ao gás inspirado pelo paciente. É montado para produzir quantidade máxima de vapor de água com quantidade mínima de partículas de água. (BATISTA, 2018)

**Válvula de exalação ou expiratória:** Essa válvula tem a finalidade de fechar o circuito de saída na inspiração e abrir o circuito de saída na expiração. Conforme já dito, essa válvula pode ser do tipo liga/desliga ou incremental. (BATISTA, 2018)

**Alarmes:** Usado para monitorar problemas que podem dar durante a operação do equipamento. (BATISTA, 2018)

### 2.3 FALHAS NOS VENTILADORES PULMONARES

Em concordância com BATISTA (2018), ao se tratar de incidentes envolvendo equipamentos médico-hospitalares, como o ventilador pulmonar, tem que se analisar três pontos: o equipamento, o ambiente e o usuário.

O ambiente é um grande fator de risco na utilização de equipamentos. Condições como fornecimento de energia elétrica, a rede elétrica do local (tomadas e aterramento),

condições do ambiente (temperatura e umidade) e também o fornecimento de rede de gases deve ser visto (BATISTA, 2018).

Em relação às falhas causadas pelo usuário, tem a má utilização do equipamento e a seleção incorreta de parâmetros. A correta montagem do circuito, a tensão de alimentação de energia elétrica adequada e o correto ajuste de parâmetros de acordo com a necessidade do paciente são fundamentais para a segurança do paciente, evitando incidentes (BATISTA, 2018).

Para completar a análise, as condições de funcionamento do próprio equipamento também devem ser analisadas. Por isso, devem ser estudadas as especificações técnicas gerais indicada pelo fabricante, e também analisadas situações como vazamentos, bom funcionamento de sensores e válvulas, entre outros (BATISTA, 2018).

Por fim, os ventiladores pulmonares são equipamentos de auxílio à vida e necessitam de constante manutenção, seja ela corretiva ou preventiva, são de suma importância gigantesca para proporcionar maior segurança ao paciente amparado (BATISTA, 2018).

## 2.4 PRINCIPAIS CAUSAS QUE SE USAM RESPIRADOR

De acordo com CARVALHO (2007), essas são as algumas situações que o respirador é usado:

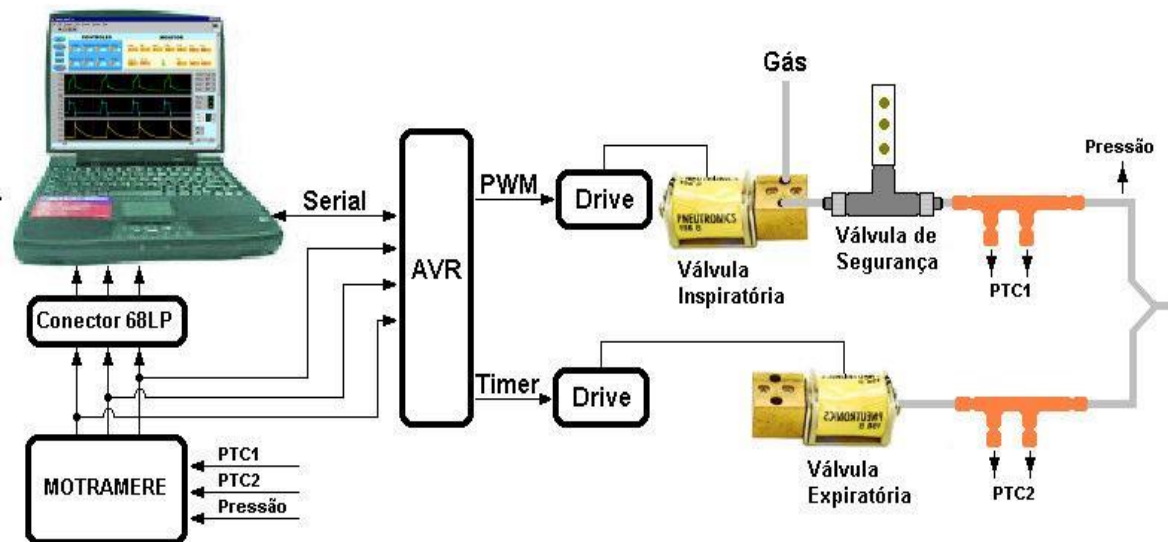
- Reanimação devido à parada cardiorrespiratória;
- Hipoventilação (ventilação inadequada para realizar a troca de gases nos pulmões);
- Apnéia (distúrbio do sono possivelmente grave em que a respiração para e volta diversas vezes;
- Insuficiência respiratória devido a doença pulmonar intrínseca e hipoxemia.;
- Fraqueza muscular / Doenças neuromusculares / Paralisia;
- Restabelecimento no pós-operatório de cirurgia de abdome superior, torácica de grande porte, deformidade torácica, obesidade mórbida;
- Comando respiratório instável (trauma craniano, acidente vascular cerebral intoxicação exógena e abuso de drogas).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ESQUEMA GERAL

O projeto Respirador de Baixo Custo inclui programas, hardware e componentes que serão abordados nas seções seguintes. Na Figura 5 é apresentado um esquema geral no qual se baseia o respirador de baixo custo (CRUZ, Andrea Fonseca, 2005).

Figura 5 – Esquema do respirador



Fonte: Projeto e caracterização de um ventilador pulmonar mecânico microcontrolado para pequenos animais (2005)

Figura 5: Esquema geral do Respirador de Baixo Custo. PC: microcomputador; MOTRAMERE: Módulo de monitorização da mecânica ventilatória;  $\mu$ C: Microcontrolador Atmel AVR modelo ATMega32; PTC1: sinal proveniente do pneumotacógrafo inspiratório; PTC2: sinal proveniente do pneumotacógrafo expiratório; Pressão: sinal do transdutor de pressão; PWM: sinal gerado pelo  $\mu$ C; Timer: sinal gerado pelo  $\mu$ C; Drive: amplificador de corrente; Serial: modo de comunicação entre o PC e o  $\mu$ C e Gás: fonte de gás pressurizado (CRUZ, Andrea Fonseca, 2005).

## 3.2 PEÇAS UTILIZADAS

Para o desenvolvimento do protótipo do referente trabalho de conclusão de curso, foi utilizado:

### 3.2.1 Módulo de Transdutores para Mecânica Respiratória:

O Módulo de Transdutores para Mecânica Respiratória (MOTRAMERE) n°007 (PEB/COPPE/UFRJ, Brasil) tem dois canais para realizar a medição de pressão distinto que faz uso de transdutores piezoresistivos 176PC07HD2 (Honeywell, EUA) condicionados para trabalhar na faixa de  $\pm 1$  cmH<sub>2</sub>O, um canal que realiza medição de pressão com os transdutores piezoresistivos 143PC01D (Honeywell, EUA) condicionados para trabalhar entre  $\pm 70$  cmH<sub>2</sub>O.

Os sinais do MOTRAMERE são filtrados ativamente por passa-baixa de 33 Hz Butterworth de 4ª ordem, com saídas excursionando entre  $\pm 5$  Volts. Módulos similares foram construídos e utilizados em alguns trabalhos do grupo (MORAES et al., 2002; RONCALLY, 2003; JANDRE et al., 2004; PINO, 2004b; ZETTERMANN et al., 2004).

### 3.2.2 Microcontrolador:

Conforme CRUZ, Andrea Fonseca, 2005, microcontrolador requisitado foi o AVR ATmega32 (Atmel Corporation, USA). Suas características principais são:

- 32k de memória flash
- 2k de memória ram
- 8 Conversores analógico/digital (A/D) de 10 bits
- 3 Comparadores analógicos
- 2 Timer de 8 bits
- 1 Timer de 16 bits
- Comunicação serial: USART (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter) e SPI (Serial Peripheral Interface)
- 3 interrupções externas
- 32 ports que compartilhados realizam as funções acima



### 3.2.3 Interface com o Usuário:

A interface do Respirador de Baixo Custo com o usuário será formada de instrumento virtual, utilizando-se o programa LabVIEW (National Instruments, EUA) sob o sistema operacional Windows 10 (Microsoft, EUA).

A interface complementa em softwares o painel de controle do ventilador, o painel de exibição dos parâmetros monitorizados pelo  $\mu\text{C}$  e os gráficos de fluxo e pressão (CRUZ, Andrea Fonseca, 2005).

Segundo CRUZ, Andrea Fonseca (2005), no painel de controle o usuário terá acesso aos seguintes ajustes:

- Volume corrente (VC): controla o volume que vai ser fornecido em cada ciclo respiratório em ml.
  - Frequência respiratória (FR): controla o número de respirações por minuto.
  - Tipo de fluxo: Base – posiciona o ventilador na medição da linha de base.
  - VCV-Quad – controla o fluxo inspiratório quadrado.
  - VCV-Desc – controla o fluxo inspiratório descendente.
  - Max – posiciona o ventilador na medição de fluxo máximo de admissão.
  - Prontidão – posiciona o ventilador em prontidão.
  - Fluxo inspiratório (FI): controla o valor do fluxo inspiratório em ml/s. Por se tratar de uma modalidade controlada por volume, o ajuste do volume corrente, da frequência respiratória e do fluxo inspiratório determinará os tempos inspiratório e expiratório, assim como a relação I:E.
- Pausa inspiratória (TP): controla o valor da pausa inspiratória em porcentagem do tempo inspiratório. Quando ajustada, seu valor é automaticamente descontado do tempo inspiratório e, portanto, o fluxo é recalculado para manter o volume corrente constante.
  - Pressão Limite: controla o valor da pressão limite em  $\text{cmH}_2\text{O}$ .
  - PEEP: controla o valor da PEEP em  $\text{cmH}_2\text{O}$ .
  - Ciclos máximos: controla o número máximo de ciclos respiratórios a serem realizados para se atingir uma determinada PEEP. Quando o número de ciclos respiratórios feitos pelo Respirador de Baixo Custo superar o valor de ciclos máximo ajustado sem que a PEEP esteja controlada, um led do microcontrolador será acesso. Este ajuste é apenas orientativo ao operador e não influencia no controle da PEEP.

Os controles serão do tipo digital e para muda-los basta clicar com o botão direito do mouse sobre as setas. Para completar o valor clicar sobre a seta para cima e para decrementá-lo clicar na seta para baixo. Ao término do ajuste pressionar o botão “enviar” para o envio dos novos ajustes ao  $\mu\text{C}$  (CRUZ, Andrea Fonseca, 2005).

O  $\mu\text{C}$  enviara para o programa de interface com o usuário os valores de pressão máxima, pressão de platô, PEEP, tempo inspiratório, tempo expiratório, volume inspiratório, volume expiratório e fluxo máximo de admissão (CRUZ, Andrea Fonseca, 2005).

A começar por esses valores, o programa calcula os valores de complacência dinâmica, complacência estática, frequência respiratória e relação I:E. Todos estes valores são guardados em um arquivo de formato texto (CRUZ, Andrea Fonseca, 2005).

A realização da sub-rotinas de exibição gráficas será feita a partir do software DAS (PINO et al., 2004a). Essas estruturas incluídas para alcance dos sinais de tensão oriundos do MOTRAMERE, configuração das escalas, rotinas de calibração da linha de base (apenas gráfica) e limpeza da área gráfica.

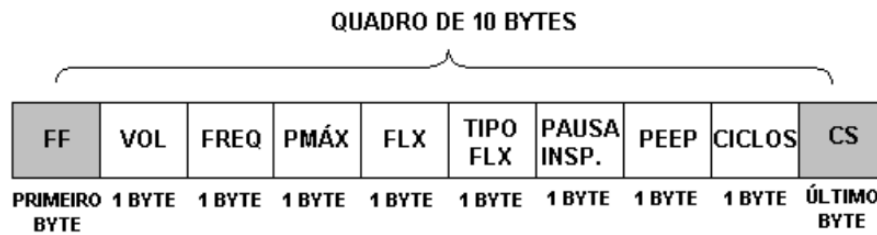
A interface terá botões para: ligar ou desligar (On/Off) a interface com o usuário, enviar dados ao  $\mu\text{C}$ , adquirir sinais para a linha de base gráfica, ajustar as em pressão e fluxo ou escalas em Volts e apagar a área gráfica.

### **3.2.4 Comunicação**

Conforme CRUZ, Andrea Fonseca, 2005, a transferências dos dados entre o PC e o  $\mu\text{C}$  por comunicação serial a 115200 bits por segundo no formato 8N1 (8 bits de dados, 1 bit de início, 1 bit de parada e sem paridade).

A comunicação entre PC e  $\mu\text{C}$  será dada pelo envio de quadros de dados. O quadro de dados enviados do PC ao  $\mu\text{C}$  será composto por um byte de início que vale FFh (255d).

Este valor foi escolhido pois nenhum outro dado enviado pode assumi-lo, eliminando assim a possibilidade de detecção de um falso byte de início. Os bytes desse quadro, excluindo o byte de início, são somados e desse resultado são mantidos os 8 bits menos significativos em um byte sem sinal (checksum) que é posicionado como último byte completando o quadro a ser enviado (Figura 6).

Figura 6 – Estrutura do quadro enviado do PC ao  $\mu$ C.

Fonte: Projeto e caracterização de um ventilador pulmonar mecânico microcontrolado para pequenos animais (2005)

FF: byte de início.

VOL: volume corrente,

FREQ: frequência respiratória,

FLX: fluxo inspiratório,

TIPO FLX: modo de funcionamento,

PAUSA INSP.: pausa inspiratória,

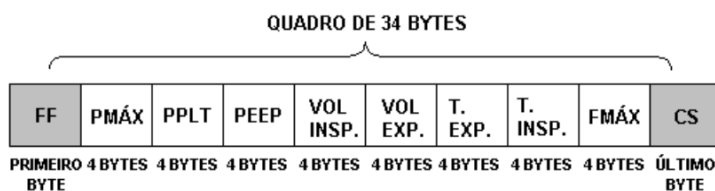
CICLOS: número de ciclos para atingir a PEEP

CS: checksum dos dados (do 2º ao 9º byte).

Sempre habilitada para ganhar novos dados O  $\mu$ C estará com exceção do período final da inspiração, de duração de aproximadamente 2 ms, ao ser realizado o envio dos dados monitorizados (CRUZ, Andrea Fonseca, 2005).

O recebimento correto dos bytes é avisado pelo  $\mu$ C acionando um led recebendo os dados referentes a um ciclo respiratório no fim da inspiração do ciclo seguinte O PC (CRUZ, Andrea Fonseca, 2005).

Os bytes são atualizados pelo PC em ponto flutuante de 32 bits (4 bytes e equivalente ao formato IEEE big-endian) e guardados. formado O vetor começa a partir do byte de início (FFh) também será adicionado byte a byte até o penúltimo, o byte menos significativo desta soma é comparado com o checksum (último byte), quando iguais, os dados são trocados pela ferramenta “Type Cast” do LabVIEW em um número com duas casas decimais e apresentados no painel de monitorização. Quando o checksum é diferente do último byte, o painel de visualização não será atualizado (CRUZ, Andrea Fonseca, 2005).

Figura 7: Estrutura do quadro enviado do  $\mu$ C ao PC.

Fonte: Projeto e caracterização de um ventilador pulmonar mecânico microcontrolado para pequenos animais (2005)

FF: byte de inicio

PMÁX: pressão máxima,

PPLT: pressão de platô,

VOL INSP: volume inspiratório,

VOL EXP: volume expiratório,

T.EXP: tempo expiratório,

T. INSP: tempo inspiratório,

FMÁX: fluxo máximo de admissão,

CS: checksum dos dados (do 2° ao 33° byte).

### 3.3 TABELA DE PREÇOS

Para o desenvolvimento do protótipo do referente trabalho de conclusão de curso, será utilizado:

#### TABELA DE PREÇOS

ITEM	QUANTIDADE	VALOR
Microcomputador	01	R\$ 1180,00
MOTRAMERE: Módulo de monitorização da mecânica ventilatória	01	R\$ 50,00
$\mu$ C: Microcontrolador Atmel AVR modelo ATmega32	01	R\$ 25,76
Drive: amplificador de corrente	01	R\$ 134,64

Gás: fonte de gás pressurizado	01	R\$ 359,99
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 1750,29</b>

Tabela 2: Tabela de preços  
Fonte: Próprio autor, 2020

## **4. RESULTADOS (OU RESULTADOS E DISCUSSÃO)**

### 4.1 RESULTADOS ESPERADOS

Esperamos que o respirador além de ser eficaz no tratamento de doenças respiratórias, possa ser usado em alas hospitalares. Esperamos também que, o futuro protótipo, tenha um valor bem mais em conta do que um respirador convencional, garantindo assim, uma quantidade muito maior de respiradores nos hospitais, proporcionando um tratamento certo para todos os pacientes que necessitar de um respirador.

## 5 CRONOGRAMA

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Definição do tema	X									
Pesquisa geral		X	X	X	X	X	X			
Introdução		X								
Referencial teórico				X	X	X	X			
Levantamento de dados						X	X			
Metodologia						X	X	X		
Análise de resultados								X		
Referências	X	X	X	X	X	X	X	X		
Conclusão										
Vídeo Exposchimidt								X	X	

## 7 CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evitar uma re-descrição dos resultados na conclusão e não apresentar nenhum resultado/informação novo. Essa seção deve ser centrada na interpretação dos principais resultados e no estabelecimento de conclusões finais que valorizem os diferenciais do trabalho e o cumprimento dos objetivos. Ao final da conclusão devem ser apresentadas sugestões para trabalhos futuros que contribuam para o aprofundamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

FALCÃO, Marina. Empresários de Pernambuco levantam R\$ 10 milhões para compra de respiradores. **Valor Investe**, Recife, p. 1-1, 26 mar. 2020. Disponível em: <<https://valorinveste.globo.com/mercados/brasil-e-politica/noticia/2020/03/26/empresarios-de-pernambuco-levantam-r-10-milhoes-para-compra-de-respiradores.ghtml>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

TENENTE, Luiza. 33% das cidades brasileiras têm no máximo 10 respiradores mecânicos; entenda por que o aparelho é essencial no combate ao coronavírus. **Bem-Estar**, p. 1-1, 02 abr. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2020/04/02/33percent-das-cidades-brasileiras-tem-no-maximo-10-respiradores-mecanicos-entenda-por-que-aparelho-e-essencial-no-combate-ao-coronavirus.ghtml>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

CORONAVÍRUS: 3 respiradores para 5 milhões de pessoas: o drama da pandemia na África. **Bem-Estar**, p. 1-1, 09 abr. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2020/04/09/coronavirus-3-respiradores-para-5-milhoes-de-pessoas-o-drama-da-pandemia-na-africa.ghtml>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

CARVALHO, Carlos Roberto Ribeiro de *et al.* Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. **SciELO**. São Paulo, p. 1-1. jun. 2007. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-37132007000800002&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-37132007000800002&script=sci_arttext)>. Acesso em: 30 jun. 2020.

ESPERANÇA, Carlos Gontarski. **Estudo de metodologias para gerenciamento de ventiladores pulmonares**. 1996. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/111867/105614.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 11 jul. 2020.

BATISTA, Fernanda. Você conhece um Ventilador Pulmonar? Saiba sobre seu funcionamento e as principais falhas. **Blog Arkmeds**, Uberlândia, p. 1-1, 23 fev. 2018. Disponível em: <<https://blog.arkmeds.com/2018/02/23/saiba-o-funcionamento-e-as-principais-falhas-de-um-ventilador-pulmonar/>>. Acesso em: 14 ago. 2020.