

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

JADIEL DA SILVA NASCIMENTO

**DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO E CONTROLE DA PRESSÃO DO
BALONETE DAS PROTESES TRAQUEAIS**

Recife, 2016

JADIEL DA SILVA NASCIMENTO

**DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO E CONTROLE DA PRESSÃO DO
BALONETE DAS PROTESES TRAQUEAIS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ricardo Emmanuel de Souza

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Wellington Pinheiro dos Santos

Recife, 2016

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicea Alves, CRB-4 / 1260

N241d Nascimento, Jadiel da Silva.

Dispositivo para medição e controle da pressão do balonete das próteses traqueais / Camila Almeida Diniz. - 2016.
81folhas, Il. Ab. Simb. Sigl. e Tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Emmanuel de Souza.
Coorientador: Prof. Dr. Wellington Pinheiro dos Santos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação de Engenharia Biomédica, 2016.
Inclui Referências, Anexos e Apêndices.

1. Engenharia Biomédica. 2. Unidade de terapia intensiva. 3. Ventilação Mecânica. 4. Medidor de pressão. I. Souza, Ricardo Emmanuel de (Orientador). II. Santos, Wellington Pinheiro dos. (Coorientador). III. Título.

UFPE

610.28 CDD (22. ed.)

BCTG/2016-179

JADIEL DA SILVA NASCIMENTO

**DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO E CONTROLE DA PRESSÃO DO
BALONETE DAS PROTESES TRAQUEAIS**

Dissertação apresentada ao Centro de
Tecnologia e Geociências da Universidade
Federal de Pernambuco para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Biomédica
pelo Programa de Pós-graduação em
Engenharia Biomédica.

APROVADO EM 29/02/2016

Banca Examinadora:

Prof Dr Ricardo Emmanuel de Souza

Profª Drª Adriana Fontes

Profª Drª Armele de Fátima Dornelas de Andrade

Recife, 2016

DEDICATÓRIA

Dedico esta Dissertação a minha esposa **Gabriela Teixeira**, minha cunhada **Isabela Juliana**, minha filha **Melissa Teixeira** e aos meus pais **Jairo Neto e Miriam Maria**, pelo amor incondicional e constante incentivo.

AGRADECIMENTOS

O escrever desta dissertação de mestrado é o culminar de dois anos de estudo árduo.

Após a passagem por diversas dificuldades, principalmente ao nível pessoal, quero agradecer primeiramente a **Deus** pela possibilidade de realização deste sonho. Não sei como agradecer ao Professor **Dr. Ricardo Emmanuel de Souza**, meu orientador que me instigou e proporcionou o desenvolvimento deste trabalho, além de confiar e apostar na nossa ideia. Sou grato por tudo que me fez e espero retribuir e continuar fazendo parte do grupo de pesquisa da instrumentação eletrônica biomédica. Ao **Dr. Wellington Pinheiro dos Santos**, pela co-orientação e acima de tudo, e pela contribuição na pesquisa.

A minha esposa **Gabriela Teixeira**, e filha **Melissa Teixeira** pela paciência, companheirismo e ajuda nas horas de desespero, angustias e frustrações.

Quero, ainda, agradecer em especial as acadêmicas **Bruna Carielo**, **Ellen Xavier** e **Ewellin Barros**, pela oportunidade de compartilhar conhecimentos e de colaboração na realização deste trabalho.

A minha sogra **Ruth Santos Teixeira** e ao meu sogro **Luciano Alcides Teixeira**, pela paciência e cuidados com minha filha nos horários difíceis para dividir entre ser pai, mestrando e ainda durante o trabalho, sem o apoio essa etapa não seria concluída.

Ao **Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica na pessoa da Professora Rosa Firmam** pela oportunidade de apresentar a engenharia biomédica, em especial a instrumentação eletrônica biomédica.

Por último, mas não menos importante, um obrigado a todos os amigos e colegas presentes ao longo destes dois anos, que me ajudaram e apoiaram bastante, em especial as minhas amigas **Jéssika Fernanda** e **Priscila Mendonça** e aos meus amigos **Arthur Rocha**, **Vicente Júlio** e **Diego Ricardo**.

A minha amiga e companheira de trabalho, Fisioterapeuta **Glívia Barros**, pela ajuda e contribuição na pesquisa de campo, a amiga e Enfermeira **Andréia Pereira da Cunha**, pela atenção cedida durante a etapa de coleta de dados no hospital. A **Gabriela Buarque** e **Thiago Elói** pela ajuda na coleta de dados da pesquisa.

Ao coordenador médico **Dr. Aldir Freitas** da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Barão de Lucena e a **Dr^a. Roberta Almeida**, coordenador médica do Hospital Santa Casa de Misericórdia pela autorização na pesquisa.

RESUMO

O uso de ventilação artificial é indicado para indivíduos que apresentem, insuficiência ou falência respiratória, traumatismo crânio encefálico ou pacientes politraumatizados. As unidades de terapia intensiva (UTIs) são ambientes destinados ao atendimento de pacientes graves, com potencial risco de morte, que necessitam de atendimento ininterrupto, caracterizadas, muitas vezes, como um ambiente relacionado ao sofrimento e a morte. Sabe-se que nessas unidades é comum encontrar pacientes que necessitam de suporte ventilatório mecânico invasivo através de prótese traqueal. A pesquisa deve como objetivo desenvolver um equipamento específico para aferir e corrigir a pressão do balonete do tubo endotraqueal ou cânula de traqueostomia, e verificar o nível de conhecimento dos profissionais de saúde referente a pressão do balonete externo do tubo ou cânula traqueal. Trata-se de um estudo experimental, realizado no ano de 2015 no laboratório de instrumentação biomédica do Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O passo inicial para o desenvolvimento do equipamento foi a escolha do sensor de pressão de baixa intensidade, cuja a função primordial do sensor de pressão é transformar uma grandeza fisiológica (pressão) em uma grandeza elétrica (tensão). O equipamento desenvolvido é capaz de monitorar a pressão do *cuff*, em tempo real e de forma contínua. O sistema de alarme sonoro e visual com três LEDs, cada uma com finalidades diferentes, sendo a LED verde responsável em informar que os valores estão dentro dos normais, a LED amarela indica que o valor da pressão se encontra fora dos limites máximo e mínimo estabelecidos como referência e a LED vermelha indicando pressão nula do *cuff*. O dispositivo criado nesta pesquisa pode monitorar de forma contínua a pressão do *cuff*, e em tempo real sinalizar aos profissionais das UTIs que os valores pressóricos se encontram fora dos limites estabelecidos pelo profissional de saúde. A maioria dos profissionais das duas UTI utilizam técnica de mensuração da pressão do *cuff* de forma subjetiva com a palpação digital, ao mesmo tempo que realizam o ajuste de forma errada com a utilização da seringa, sem ter a precisão de ter corrigido a pressão para os valores corretos.

ABSTRACT

The use of artificial ventilation is indicated for individuals who have, failure or respiratory failure, cranial trauma or polytrauma patients. Intensive care units (ICUs) are environments used in the treatment of critically ill patients with potentially life-threatening, which require uninterrupted service, characterized often as a related suffering and death environment. It is known that these units is common to find patients requiring invasive mechanical ventilation through tracheal prosthesis. Research should aim to develop specific equipment to measure and correct the pressure of the cuff of the endotracheal tube or tracheostomy tube, and check the level of knowledge of health professionals concerning the external pressure cuff tube or tracheal cannula. This is an experimental study carried out in 2015 in biomedical instrumentation laboratory of the Department of Biomedical Engineering at the Federal University of Pernambuco (UFPE). The initial step in the development of the equipment was the choice of low-level pressure sensor, whose primary function of the pressure sensor is to turn a physiological variable (pressure) into an electrical magnitude (voltage). The equipment developed is able to monitor the cuff pressure in real time and continuously. The audible and visual alarm system with three LEDs, each with different purposes, and the green LED charge to report that the values are within normal, the yellow LED indicates that the pressure value is outside the maximum and minimum limits as a reference and the red LED indicates zero pressure cuff. The device created in this research can monitor continuously the pressure of the cuff, and real-time signal to the ICU professionals that blood pressure values are outside the limits set by health professional. Most practitioners of the two ICUs use cuff pressure measurement technique subjectively by digital palpation while performing adjustment in the wrong way with the use of the syringe without having to precision have fixed pressure for correct values.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demonstração da pressão ideal do <i>cuff</i> na traqueia	16
Figura 2 - Demonstração da pressão do <i>cuff</i> exercida na traqueia em duas situações distintas.....	17
Figura 3 - Componentes de um Tubo Orotraqueal.....	20
Figura 4 - Componentes de uma Cânula de Traqueostomia.....	20
Figura 5 - Ilustração do cafômetro de fábrica	25
Figura 6 - Demonstração dos itens necessários para a construção de um cafômetroartesanal.....	27
Figura 7 - Ilustração do sensor utilizado no desenvolvimento do dispositivo	30
Figura 8 - Ilustração da placa do Arduino com a fonte de alimentação de 5V	31
Figura 9 - Demonstração da placa do Arduino MEGA, com seus pinos e canais analógicos	32
Figura 10 - Ilustração da ligação do Arduino MEGA com o LCD	33
Figura 11 - Distribuição do circuito eletrônico utilizado para construção do dispositivo.....	34
Figura 12 - Vista posterior do Cafômetro Eletrônico.....	36
Figura 13 - Layout projetado do equipamento (13a), e vista anterior do equipamento desenvolvido (13b)	37
Figura 14 - Distribuição dos componentes eletrônico do equipamento	38
Figura 15 - Ilustração do equipamento funcionando e mostrando a pressão normal	39
Figura 16 - Aparelho funcionando com display mostrando pressão de <i>cuff</i> abaixo de 10 cmH ₂ O	39
Figura 17 - Equipamento funcionando com sistema de alarme visual de pressão de <i>cuff</i> abaixo de 10 cm H ₂ O.....	40
Figura 18 - Distribuição dos modos pressóricos disponíveis no equipamento	41
Figura 19 - Variação da pressão do <i>cuff</i> de paciente TQT em ventilação mecânica no modo PCV (Ventilação Controlada a Pressão) durante 10 minutos.....	43
Figura 20 - Variação da pressão do <i>cuff</i> de paciente com TOT em ventilação mecânica no modo PSV (Ventilação por Pressão de Suporte) durante 10 minutos	43
Figura 21 - Variação da pressão do <i>cuff</i> de paciente TQT em Respiração Espontânea durante 10 minutos	44

Figura 22 - Gráfico de Distribuição dos profissionais das UTIs dos hospitais A e B de acordo com sua formação	45
Figura 23 - Gráfico de Distribuição das formas de mensuração da pressão do cuff das próteses traqueais.....	50
Figura 24 - Forma realizada pelos profissionais das UTI para correção do valor da pressão do balonete interno das Próteses Traqueais	51
Figura 25 - Correlação da forma como os profissionais de saúde da UTI realizam a mensuração e correção da pressão do <i>cuff</i>	52
Figura 26 - Quantidade de profissionais que sabem o valor correto da pressão do balonete interno das Próteses Traqueais	53
Figura 27 - Gráfico de Distribuição de profissionais que relatam que o <i>cuff</i> já estourou ou apresentou vazamento durante o plantão	54
Figura 28 - Frequência de local onde fica registro ou não a pressão do <i>cuff</i> pelos profissionais de saúde	55
Figura 29 - Gráfico Frequência de medições da pressão do <i>cuff</i> realizados pelos profissionais nas UTIs	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos estabelecimentos de saúde conforme as classificações das Unidades de Terapia Intensiva no Estado de Pernambuco.....	19
Tabela 2 - Caracterização do tempo de formado dos profissionais, tipo de instituição de ensino que realizou o curso e titulação	46
Tabela 3 - Distribuição do tempo de serviço dos profissionais e setor de trabalho.....	46
Tabela 4 - Distribuição dos profissionais de nível superior e suas áreas de especializações.....	48
Tabela 5 - Caracterização da amostra referente a forma de monitorização do <i>cuff</i> , prescrição médica e existência do equipamento na UTI	49

LISTA DE ABREVIATURAS

SNC	Sistema Nervoso Central
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VM	Ventilação Mecânica
IRpA	Insuficiência Respiratória Aguda
AVMI	Assistência ventilatória mecânica invasiva
AMIB	Associação de Medicina Intensiva Brasileira
SIH	Sistema de Informação Hospitalar
SUS	Sistema Único de Saúde
VMI	Ventilação Mecânica Invasiva
TCLE	Termo de Compromisso Livre e Esclarecido
SIGEM	Sistema de Informações e Gerenciamento de Equipamentos e Materiais
HLB	Hospital Barão de Lucena
HSM	Hospital Santa Casa de Misericórdia
PMO	Pressão Mínima de Oclusão
LED	Light Emitting Diode
LCD	Liquid Crystal Display
TOT	Tubos orotraqueais
PAVM	Pneumonia associada à ventilação mecânica
PAV	Pneumonia associada a ventilação
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
GND	Terra
IHM	Interface Homem-máquina
TQT	Traqueostomia
AD	Analógico-digital
UPA	Unidade de pronto atendimento
EMA	Equipamento de apoio médico-assistencial
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
USB	Universal Serial Bus
PCV	Ventilação controlada a pressão
PSV	Ventilação por pressão de suporte

LISTA DE SÍMBOLOS/SIGLAS

cmH ₂ O	Centímetro de água
mmHg	Milímetros de Mercúrio
%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
cm ²	Centímetro ao quadrado
Mm	Milímetro
G	Gramma
Mg	Miligramma
ml	Mililitro
μl	Microlitro
V	Volts
mA	Miliampere
kΩ	kilo-ohm

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 Unidade de terapia intensiva	20
2.2 Ventilação Mecânica	21
2.3 Cuidados com Vias Aéreas Artificiais	24
2.4 Complicações relacionados a Ventilação Mecânica	24
2.5 Balonete do tubo orotraqueal / Cânula de traqueostomia	25
2.6 Equipamentos de saúde	26
2.7 Medidor de Pressão do <i>Cuff</i> (Cafômetro)	27
3. OBJETIVOS	30
3.1 Objetivo geral	30
3.2 Objetivos específicos	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 Desenvolvimento do dispositivo.....	31
4.2 Pesquisa de Campo.....	35
4.2.1 Coleta de dados.....	35
4.3 Análise estatísticas.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 Funcionamento do dispositivo	37
5.2 Características do equipamento	38
5.3 Testes em laboratório	41
5.4 Testes clínicos	42
5.5 Vantagens do equipamento	45
5.6 Pesquisa de campo	45
6. CONCLUSÕES	57
REFERENCIAS	59
ANEXOS E APENDICES	64
Anexo A. Carta de Anuência do Hospital Barão de Lucena	65
Anexo B. Carta de Anuência do Hospital Santa Casa da Misericórdia	66
Anexo C. Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética	67

Apêndice 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os profissionais de saúde	70
Apêndice 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os responsáveis pelo paciente	72
Apêndice 3. Formulário para coleta de dados do paciente	74
Apêndice 4. Questionário para coleta de dados dos profissionais de saúde	75
Apêndice 5. Resumo Expandido do XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica	77

1. INTRODUÇÃO

A incapacidade do sistema respiratório em manter a ventilação e/ou oxigenação do paciente é conhecida como insuficiência respiratória, que se caracteriza por alterações dos gases sanguíneos e hipóxia (ZUÑIGA, 2004). A insuficiência respiratória ocorre decorrente de diversos eventos como depressão do sistema nervoso central (SNC) por trauma craniano, sedação e anestesia; comprometimento neuromuscular de doenças degenerativas crônicas; obstrução de vias aéreas, edema de laringe e patologias respiratórias; aspiração de conteúdo gástrico, entre outros (MORTON et al., 2007).

A insuficiência respiratória pode ser dividida em Hipoxêmica ou tipo I, onde é caracterizada pelo déficit na oxigenação e Hipercápnica ou tipo II, caracterizada pela deficiência do sistema respiratório em ventilação. O uso de ventilação artificial é indicado para indivíduos que apresentem, insuficiência ou falência respiratória, traumatismo crânio encefálico ou pacientes politraumatizados.

As unidades de terapia intensiva (UTI) são ambientes destinados ao atendimento de pacientes graves, com potencial risco de morte, que necessitam de atendimento ininterrupto, caracterizadas, muitas vezes, como um ambiente relacionado ao sofrimento e a morte (PROENÇA; DELL; AGNOLO, 2011). Sabe-se que nessas unidades é comum encontrar pacientes que necessitam de suporte ventilatório mecânico invasivo através de prótese traqueal. Para uma ventilação mecânica adequada, sem que haja escape aéreo, as próteses endotraqueais e de traqueostomia possuem na sua porção distal um balonete, cuja função é selar a via aérea (NORRIS, 1974; MENDES, HINTZ, BREDEMEIER, 2006; JULIANO et al., 2007).

As vias aéreas artificiais apresentam quatro finalidades: estabelecimento de uma via aérea pérvia, proteção da via aérea com o balão insuflado, provisão de assistência ventilatória contínua e facilitação da limpeza das vias aéreas. Os artefatos mais comumente utilizados para instalação de uma via aérea avançada são os tubos endotraqueais ou cânulas de traqueostomias (MORTON et al., 2007).

O suporte ventilatório mecânico, tanto não invasivo como invasivo, deve ser realizado de forma adequada e segura para evitar a lesão induzida pela ventilação mecânica (VM). É utilizada com objetivo de substituir totalmente ou parcialmente a ventilação espontânea, sendo indicada na insuficiência respiratória aguda (IRpA) ou crônica agudizada (BARBAS, 2014).

Para que o paciente submetido a ventilação mecânica invasiva não sofra complicações da mucosa traqueal ou broncoaspiração torna-se necessário observar algumas variáveis como o tempo de intubação e a pressão na parede lateral da traqueia (MESSAHEL, 1994; PATTNAIK, 2000). No paciente adulto, para evitar que ocorra vazamento durante a ventilação com pressão positiva, os tubos traqueais possuem um balonete ao redor da porção final do tubo, que pode ser insuflado por meio de válvula do balonete de prova. O balonete insuflado, em pressão adequada, mantém a pressão das vias aéreas durante a fase inspiratória da respiração artificial e, também, previne a aspiração de conteúdo gastresofágico regurgitado (NAVARRO 2009). O *cuff*, balonete externo de prova, tem a finalidade de diminuir a movimentação da cânula na traqueia e de evitar tanto a aspiração do conteúdo gástrico para o interior do trato respiratório quanto o escape de ar durante a ventilação mecânica (FELIPE; NUNES, 2000).

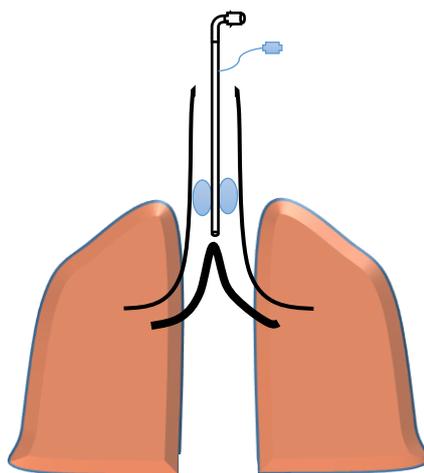
A mucosa traqueal, em contato com o balonete da cânula, é particularmente vulnerável a lesões isquêmicas. Os balonetes das sondas de intubação mais antigas comportam baixo volume de ar, são de baixa complacência e de alta pressão. Esses balonetes foram, gradativamente, substituídos por balonetes mais complacentes e mais extensos. Por serem maiores, distribuem a pressão em área mais extensa, diminuindo a possibilidade de lesão da mucosa traqueal (MARTINS et al, 2004). A pressão de perfusão sanguínea da mucosa traqueal situa-se entre 25 e 35 mmHg. Quando é feita a medida em cmH₂O, esses valores não devem ultrapassar 20 e 30 cmH₂O. Pressões superiores a 30 cmH₂O podem gerar lesões na parede da traqueia e pressões menores que 20 cmH₂O podem levar a broncoaspiração (JULIANO et al, 2007). O uso de cânulas endotraqueais modernas e flexíveis, trouxe muitos benefícios aos pacientes que fazem uso da assistência ventilatórias prolongadas (FELIPE; NUNES, 2000).

Existe atualmente um número significativo de estabelecimentos de saúde com leitos de UTI no Brasil. É fundamental que pacientes submetidos a assistência ventilatória mecânica invasiva (AVMI) possam ter os efeitos da hiperinsuflação ou a despressurização do tórax endotraqueal ou cânula de traqueostomia minimizados, visando reduzir as complicações decorrentes da pressão alterada. Para isso faz-se necessário a monitorização da pressão do balonete com o equipamento (cafômetro) específico destinado para esse fim. Contudo, são poucas as UTIs que disponibilizam e utilizam este dispositivo de forma adequada. Além disso, nota-se que profissionais de saúde responsáveis por esse procedimento, como médicos, fisioterapeutas, enfermeiros e técnicos de enfermagem, realizam a mensuração de forma subjetiva utilizando da pressão

digital (palpação com ponta dos dedos) realizada no balonete externo de prova, método esse incorreto e pouco confiável.

Estudos relatam que a pressão do tubo endotraqueal mantidas em valores acima de 30 cmH₂O podem ocasionar complicações como estenose de traqueia, necrose da cartilagem traqueal, traqueomalácia, entre outras. Atualmente, o valor de referência estipulado é de 18 a 22 mmHg ou 25 a 30 cmH₂O. Manter níveis de pressão abaixo dos valores de referências pode levar o paciente a desenvolver bronquiospasmos, pneumonias, escape de ar em vias aéreas e complicações na dinâmica respiratória. O ideal é manter os níveis pressóricos semelhantes a pressão de perfusão sanguínea das mucosas traqueais que gira em torno de 25 e 35 mmHg ou 20 e 30 cmH₂O.

Figura 1. Demonstração da pressão ideal do *cuff* na traqueia.

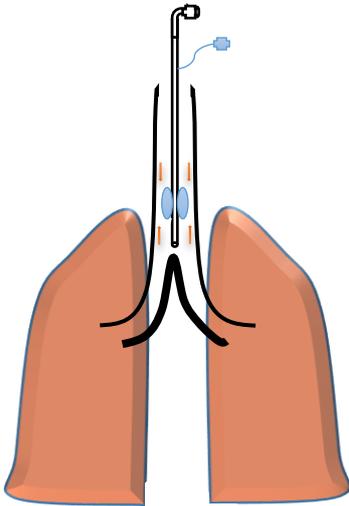


Fonte: Autor, 2016

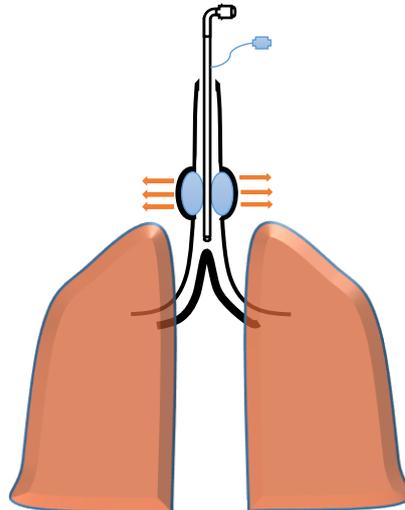
Se a pressão do *cuff* for estabelecida em valores elevados ou abaixo do preconizado (ver figura 2), favorecerá ao aumento no tempo de hospitalização, decorrente as suas complicações, reduzindo a rotatividades dos leitos e ocasionando um aumento dos custos com o sistema único de saúde (SUS).

Figura 2. Demonstração da pressão do *cuff* exercida na traqueia em duas situações distintas.

IIa. Hipoinsuflado



IIb. Hiperinsuflado



Fonte: Autor, 2016

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA (UTI)

De acordo com a Portaria GM/MS nº 1884 de 11 de novembro de 1994, as UTIs são unidades hospitalares destinadas ao atendimento de pacientes graves ou de risco que dispõem de assistência médica e de enfermagem ininterruptas, com equipamentos específicos próprios, recursos humanos especializados e que tenham acesso a outras tecnologias destinadas a diagnósticos e terapêutica (BRASIL, 1994).

O Ministério da Saúde por meio da Portaria nº 3.432 de agosto de 1998, estabelece critérios de classificação entre as diferentes UTIs. Para as finalidades desta portaria, as UTIs estão classificadas em tipo I, II e III. As UTI tipo II, devem contar com equipe básica composta por um responsável técnico com título de especialista em medicina intensiva ou com habilitação em medicina intensiva pediátrica; um médico diarista com título de especialista em medicina intensiva ou com habilitação em medicina intensiva pediátrica para cada dez leitos ou fração, nos turnos da manhã e da tarde; um médico plantonista exclusivo para até dez pacientes ou fração; um enfermeiro coordenador, exclusivo da unidade, responsável pela área de enfermagem; um enfermeiro, exclusivo da unidade, para cada dez leitos ou fração, por turno de trabalho; um fisioterapeuta para cada dez leitos ou fração no turno da manhã e da tarde; um auxiliar ou técnico de enfermagem para cada dois leitos ou fração, por turno de trabalho; um funcionário exclusivo responsável pelo serviço de limpeza; acesso a cirurgião geral (ou pediátrico), torácico, cardiovascular, neurocirurgião e ortopedista. Além do hospital disponibilizar serviços de laboratórios de análises clínicas disponíveis nas 24 horas do dia; agência transfusional disponível nas 24 horas do dia; hemogasômetro; ultra-sonógrafo; eco-doppler-cardiógrafo; laboratório de microbiologia; terapia renal substitutiva; aparelho de raios X móvel; serviço de nutrição parenteral e enteral; serviço social; serviço de psicologia, entre outros (BRASIL, 1998).

As UTIs do tipo III, devem dispor além dos itens necessários para as UTIs do tipo II, de um médico plantonista para cada dez pacientes, sendo que pelo menos metade da equipe deve ter título de especialista em medicina intensiva, reconhecido pela Associação de Medicina Intensiva Brasileira (AMIB); enfermeiro exclusivo da unidade para cada cinco leitos por turno de trabalho; fisioterapeuta exclusivo da UTI; acesso a serviço de reabilitação. Além dos requisitos exigidos para as UTI tipo II, o hospital deve possuir

condições de realizar exames de tomografia computadorizada axial; anatomia patológica; estudo hemodinâmico; angiografia seletiva; fibrobroncoscopia; ultrassonografia portátil e materiais e equipamentos necessários como metade dos ventiladores do tipo micro processado, ou um terço, no caso de UTI neonatal; monitor de pressão invasiva, um para cada cinco leitos; equipamentos para ventilação pulmonar não invasiva; capnógrafo; equipamento para fototerapia para UTI neonatal, um para cada dois leitos; marcapasso transcutâneo.

Todo hospital de alta complexidade com capacidade instalada igual ou superior a 100 leitos, deve dispor de leitos de tratamento intensivo correspondente a no mínimo 6 % dos leitos totais (BRASIL, 1994).

Segundo os dados do Sistema de Informação Hospitalar (SIH), existe atualmente no Estado de Pernambuco um total de 72 estabelecimentos de saúde com UTI, distribuídas conforme tabela 1.

Tabela 1: Distribuição dos estabelecimentos de saúde conforme as classificações das Unidades de Terapia Intensiva no Estado de Pernambuco.

Classificação da UTI	Estabelecimento de saúde	Número de leitos existentes	Número de leitos do SUS
UTI tipo I	22	240	1
UTI tipo II	45	854	630
UTI tipo III	5	123	87
Total	72	1217	718

Fonte: DATASUS, 2015.

2.2 VENTILAÇÃO MECÂNICA (VM)

A ventilação mecânica é o método utilizado em pacientes com função respiratória comprometida (QUEIMADO et al., 2011; PENITENTI et al., 2010; ONO et al., 2008; SEMENÇATO et al., 2007). A utilização de uma via aérea artificial está frequentemente indicada em pacientes que apresentam diminuição importante do nível de consciência, trauma facial ou oral, secreção respiratória intensa, falência respiratória e naqueles com necessidade de aspiração (SOUZA, SANTANA, 2012; MERTINS et al., 2008; ALVES, MAGUETA, BASTOS, 2005).

As vias aéreas artificiais mais utilizadas na ventilação mecânica invasiva (VMI) são os tubos orotraqueais (TOT) e as cânulas de traqueostomia (TQT) (figura 3 e 4). Ambos apresentam em sua porção distal um balonete, denominado *cuff* que tem como função garantir a ventilação pulmonar adequada impedindo o escape aéreo, e evitar a aspiração de conteúdo orofaríngeo e gastroesofágico para os pulmões (COSTA et al., 2013; LOPES, 2012; SOUZA, SANTANA et al., 2012; SERVIN et al., 2011; QUEIMADO et al., 2011).

Figura 3. Componentes de um Tubo Orotraqueal.

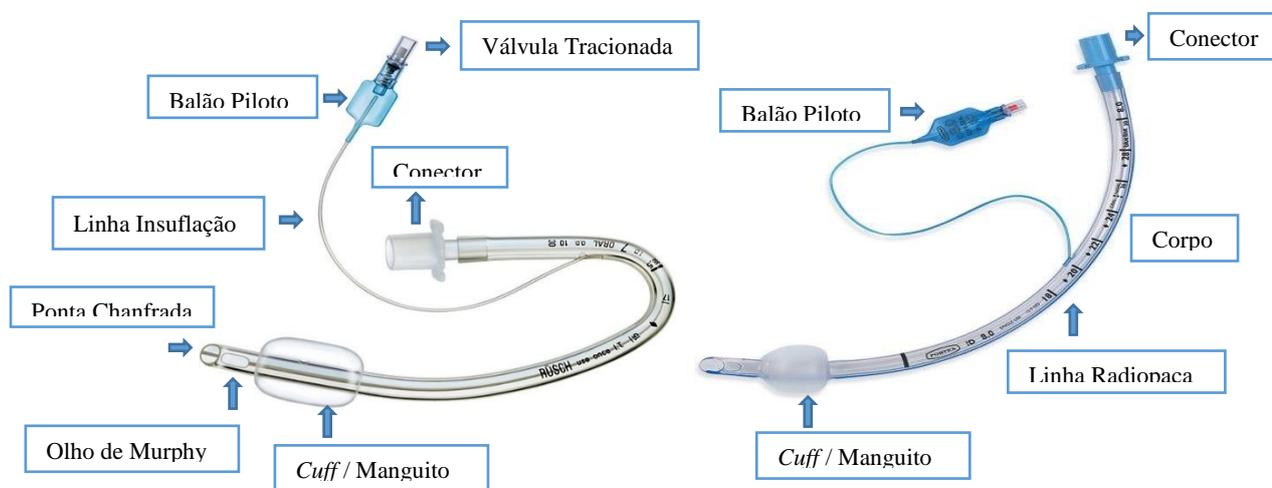
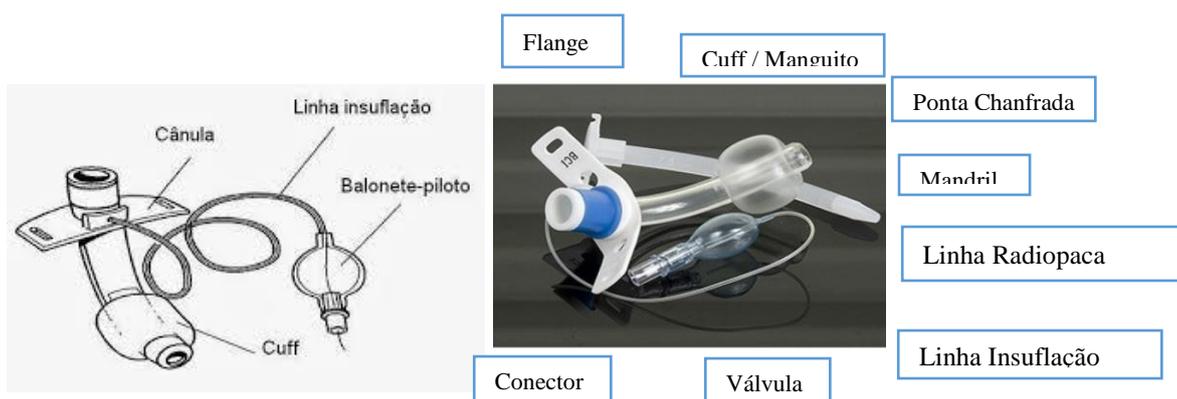


Figura 4. Componentes de uma Cânula de Traqueostomia.



A ventilação mecânica invasiva pode gerar lesões como isquemia dos vasos e outras importantes alterações precoces da mucosa traqueal, caracterizadas por edema celular, perda de cílios e descamação do epitélio, quando ocorre uma hiperinsuflação do *cuff* (QUEIMADO et al., 2011; PENITENTI et al., 2010; ONO et al., 2008;

SEMENÇATO et al., 2007). Em contrapartida, as hipoinsuflações favorecem o escape aéreo, aspiração de secreções e o risco de extubações acidentais (COSTA et al., 2013).

A presença do tubo endotraqueal impede que a glote se feche como consequência o paciente perde o mecanismo normal de limpeza das vias aéreas ficando impedido de tossir, além disso, a presença do tubo faz com que a produção de secreções aumente e assim a aspiração de secreção endotraqueal torna-se primordial para manter pérvias as vias aéreas (MARTINS et al., 2008; MORTON et al., 2007; GONÇALVES, SANTOS, 2005).

O procedimento de aspiração é comumente realizado nas UTIs em pacientes intubados, estando ou não em ventilação artificial, e tem como objetivo manter a troca gasosa efetiva, repercutindo na melhora da oxigenação arterial e da função pulmonar. A aspiração deve ser efetuada quando há ausculta de sons pulmonares adventícios ou aumento do pico da pressão inspiratória no ventilador mecânico, ou ainda quando a movimentação de secreções é audível durante a respiração (MARTINS et al., 2008; ZEITON et al., 2001).

2.3 CUIDADOS COM VIAS AÉREAS ARTIFICIAIS

Os cuidados relacionados às vias aéreas artificiais se detêm na fixação do tubo endotraqueal e na avaliação da posição do mesmo e ainda no controle da pressão instalada nos balonetes, estes são aspectos muito importantes no cuidado das vias aéreas artificiais e devem ser realizados sistematicamente pela equipe assistente (PENITENTI et al., 2010; ONO et al., 2008).

Além dos cuidados citados, é imprescindível a implantação na UTI de uma rotina de mensuração das pressões exercidas pelos balonetes na mucosa da traqueia para a manutenção das pressões dos *cuffs* dentro dos valores considerados normais, destacando que as Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica sugerem que a medição dessa pressão seja realizada diariamente a cada 12 horas (ONO et al., 2008; JERRE et al., 2007).

A mensuração da pressão do *cuff* deve ser realizada como rotina hospitalar, sendo observado pelo profissional de saúde, a vigilância das pressões do *cuff* como uma forma de prevenção de possíveis complicações (LOPES, 2012).

A pressão do *cuff* (ou balonete) do tubo traqueal deve ser mantida entre 20 e 34 cmH₂O ou 15 e 25 mmHg. Durante a ventilação mecânica, a pressão do *cuff* deve ser baixa o suficiente para permitir a perfusão da mucosa e alta o suficiente para prevenir o

vazamento de ar e impedir a aspiração das secreções. Verificou-se em estudos realizados que monitorar a pressão do *cuff* três vezes por dia contribui na prevenção de lesões isquêmicas e estenose traqueal. Uma pressão contínua na parede traqueal acima da pressão de perfusão capilar (25 a 35 mmHg) pode comprometer o fluxo sanguíneo na mucosa (SOUZA, SANTANA, 2012; SERVIN et al., 2011; SILVA et al., 2011; JERRE et al., 2007).

2.4 COMPLICAÇÕES RELACIONADAS À VENTILAÇÃO MECÂNICA

A presença de via aérea artificial com balonete por período prolongado tem a possibilidade de causar isquemia na região traqueal e complicações nas vias aéreas como hemorragia, estenose, necrose traqueal, granulomas e traqueomalácia. A maioria dos autores são unânimes em considerar o tempo de intubação como um dos fatores mais importantes na patogênese das sequelas laringotraqueais (ONO et al., 2008).

As complicações mais frequentes ocasionadas pelo balonete na ventilação mecânica são laringite, edema glótico, ulceração de mucosa, estenose de laringe, estenose ou dilatação da traqueia, intubação esofágica inadvertida e fístula da artéria inominada (LOPES, 2012; SERVIN et al., 2011).

A pressão exercida na parede lateral da traqueia quando menor que o padrão recomendado (20 cmH₂O ou 15 mmHg) leva à ocorrência de broncoaspiração (secreções provenientes da região orofaríngea), podendo levar as infecções pulmonares. Quando essa pressão intracuff é maior que o padrão recomendado (34 cmH₂O ou 25 mmHg) nota-se a ocorrência de lesões na parede da traqueia como isquemia dos vasos consequentemente necrose tecidual e outras importantes alterações precoces da mucosa traqueal, caracterizadas por edema celular, hemorragias, estenose, granulomas, traqueomalácia perda de cílios e descamação do epitélio (SOUZA, SANTANA, 2012; QUEIMADO et al., 2011; SERVIN et al., 2011; PENITENTE et al., 2010; SEMENÇATO et al., 2007).

Quanto à angulação da cabeceira do leito do paciente, verificou-se que diferentes angulações interferem de maneira diferente na pressão exercida pelo *cuff*, foi observado que ao se modificar a inclinação da cabeceira do leito de 0° para 30° e de 30° para 60°, ocorre redução média de 16,9% e 18,8% nas pressões de balonetes, respectivamente. Isto leva a acreditar que essa significativa mudança é um importante fator que pode alterar o vedamento ideal da traqueia pelo *cuff* (LOPES, 2012; ONO et al., 2008).

Outra grande preocupação dos profissionais de saúde que atuam nas UTI's, relaciona-se à pneumonia associada à ventilação mecânica (PAVM). Está é uma infecção hospitalar que mais comumente acomete os pacientes internados nessas unidades especializadas (MARTINS et al., 2008).

A PAVM é uma das complicações mais comuns nos pacientes submetidos à ventilação mecânica na UTI, elevando a mortalidade, o tempo de internação e os custos hospitalares (COSTA et al., 2013).

O mecanismo mais comum da Pneumonia Associado a Ventilação (PAV) está relacionado à perda da proteção das vias aéreas, o que favorece o crescimento de micro-organismos tanto exógenos quanto endógenos. O paciente intubado e em Ventilação Mecânica (VM) por período superior a 48 horas tem de 6 a 21 vezes maior risco de desenvolver PAV (COSTA et al., 2013).

Outro fator de extrema importância no que se refere à utilização de VM é o risco de ocorrência de extubação acidental, que é a retirada não planejada do dispositivo ventilatório, que pode ocorrer pelo manejo da equipe de saúde (transporte, mudança de decúbito, banho no leito, entre outros) como também pode vir a acontecer pela auto-extubação, ou seja, o próprio paciente retira o dispositivo (CASTELLÕES, SILVA, 2007).

2.5 BALONETE DO TUBO OROTRQUEAL/ CÂNULA DE TRAQUEOSTOMIA

A literatura descreve que os *cuffs* são classificados da seguinte forma: *cuff* de pressão positiva. Esse tipo de *cuff* é igual a um balão, à medida que o ar é introduzido no *cuff* as forças elásticas do balão serão vencidas e o *cuff* expandirá tocando a parede da traqueia (SHAPIRO, 1975). *Cuff* de baixo volume residual: *cuff* fino de baixo volume residual foi padrão antes de 1975, feito de látex ou plástico. A pressão que o *cuff* exerce na parede traqueal excede os limites seguros devido o volume residual baixo.

O uso desse tipo de *cuff* é questionável, pois podem ser tolerados apenas por curtos períodos antes de causarem danos significativos à parede traqueal. Estes *cuffs* denominam-se de '*cuff* de alta pressão' (SHAPIRO, 1975). *Cuff* de alto volume residual: os efeitos das forças elásticas são extremamente pequenos porque o material é essencialmente distensível sendo confeccionados de modo que mesmo sendo insuflados e ficando em contato com a parede traqueal, permanecem ligeiramente desinsuflados e

não totalmente distendidos. Quando utilizado de forma adequada produz lesão em menor quantidade na parede traqueal (SHAPIRO, 1975).

Dentre os *cuffs* de alto volume residual existem diferentes tipos: *Cuff Floppy* - tipo de *cuff* de alto volume, cilíndrico na forma e largo no diâmetro ele tem sido modificado com sucesso para tubos descartáveis de excelente qualidade. *Cuff* tipo Bavona - apresenta diâmetro grande composto por espuma de poliuretano coberta por uma camada de silicone, quando o *cuff* é insuflado se expande até ser interrompido pela parede traqueal. Dessa forma a pressão intracuff é considerada a mesma do ambiente. A pressão deste tipo de *cuff* é medida através da expansão da espuma contra a parede traqueal (SHAPIRO, 1975).

Alguns serviços de saúde, atualmente utilizam as cânulas de Lanz com formato cilíndrico, com sistema regulador de pressão controlado por um balão reservatório externo e uma válvula reguladora de pressão (figura 5). O ar injetado no balão de prova que fica localizado externamente ao tubo é teoricamente igual a pressão do balonete interno que fica na região distal do tubo endotraqueal (SHAPIRO, 1975). Os tubos com balonete de baixa pressão parecem seguros para pacientes com intubação prolongada, como o tubo de Lanz ou o de Brandt, que contêm dispositivos que permitem a auto regulação do volume e da pressão intra-balonete (HONEYBOURNE D, COSTELLO JC, BARHAM C, 1982; NAVARRO *et al* 2001).

2.6 EQUIPAMENTOS DE SAÚDE.

Equipamentos de saúde é um conjunto de aparelhos e máquinas, com suas partes e acessórios utilizados por um estabelecimento de saúde onde são desenvolvidas ações de diagnóstico, terapia e monitoramento. São considerados os de apoio, os de infraestrutura, os gerais e os médicos-assistenciais (BRASIL, 2015).

Os equipamentos de apoio são equipamentos ou sistema inclusive acessório e periférico que compõe uma unidade funcional, com características de apoio à área assistencial. Como exemplos de equipamentos de apoio pode-se citar: cabine de segurança biológica, destilador, deionizador, liquidificador, batedeira, banho-maria, balanças, refrigerador, autoclave, dentre outros; os equipamentos de infraestrutura são aqueles equipamentos ou sistemas que inclui acessório e periférico que compõe as instalações elétrica, eletrônica, hidráulica, fluido-mecânica ou de climatização, de

circulação vertical destinadas a dar suporte ao funcionamento adequado das unidades assistenciais e aos setores de apoio (BRASIL, 2015).

Já os equipamentos gerais são, conjunto de móveis e utensílios com características de uso geral, e não específico, da área hospitalar. São considerados equipamentos gerais: mobiliário, máquinas de escritório, sistema de processamento de dados, sistema de telefonia, sistema de prevenção contra incêndio, dentre outros e por fim os equipamentos médico-assistencial que são equipamentos ou sistemas, inclusive seus acessórios e partes, de uso ou aplicação médica, odontológica ou laboratorial, utilizado direta ou indiretamente para diagnóstico, terapia e monitoração na assistência à saúde da população, e que não utiliza meio farmacológico, imunológico ou metabólico para realizar sua principal função em seres humanos (BRASIL, 2015).

2.7 MEDIDOR DE PRESSÃO DO *CUFF* (CAFÔMETRO)

O medidor de *cuff* frequentemente utilizado no Brasil e de fabricação alemã, tem um custo médio que varia entre R\$ 2.000,00 a 3.500,00, seu mecanismo de funcionamento é mecânico e para sua utilização é dependente do profissional de saúde.

É constituído de um manômetro analógico, um inflador para medição da pressão do *cuff* (balonete) do tubo orotraqueal com variação de escala de 0 a 120 cmH₂O, um monitor de pressão integrado com uma bomba de calibração com uma válvula de alívio de pressão (conforme figura 5).

Figura 5. Ilustração do cafômetro de fábrica.



Fonte: <http://www.terramedical.com.br/medicinaintensiva.htm>

O nome técnico para o ministério da saúde, é ‘Medidor de *Cuff*’, e tem como sinônimo cuffômetro. O medidor de pressão do *cuff*, é utilizado para medição e calibração da pressão do balonete de tubos endotraqueais e cânulas de traqueostomias, sem

comprometer a terapia ou a mecânica respiratória do paciente. É classificado, segundo o Sistema de Informação e Gerenciamento de Equipamentos e Matérias (SIGEM) do Ministério da Saúde, como um equipamento de apoio médico-assistencial (EMA) (BRASIL, 2015).

Como características técnicas do equipamento, ele é utilizado para medição e calibração da pressão do *cuff* (balonete) de tubos endotraqueais sem comprometer a terapia do paciente, indicando a faixa ideal da pressão do *cuff*. É formado por um manômetro com visor e um ponteiro, cuja unidade de escala é em cmH₂O, uma válvula para ajuste da pressão, uma pêra para insuflar e o conector do balonete (BRASIL, 2015).

De acordo com o SIGEM existem uma quantidade pequena de medidores de *cuff* cadastrados no sistema, demonstrando ser tal quantidade insuficiente para a demanda de estabelecimentos de saúde com UTIs.

Na prática clínica, assim como em alguns estudos científicos, os profissionais que trabalham em UTI confeccionam o cafômetro manual (artesanal), formado por um manômetro de pressão, aproximadamente uns 10 centímetros de látex, um equipo de infusão, um adaptador (torneirinha) de três vias e uma seringa de 10 ou 20 ml. Essa forma não substitui o equipamento e necessita da mão de obra humana para a realização e calibragem do instrumento (Figura 6). O cafômetro é o aparelho específico utilizado na mensuração das pressões intracuff exercidas na ventilação mecânica (PENITENTI et al., 2010; ONO et al., 2008; SEMENÇATO et al., 2007).

O cafômetro artesanal foi desenvolvido numa tentativa de tornar mais rotineira à mensuração das pressões intracuff das vias aéreas artificiais de pacientes sob ventilação mecânica, uma vez que o cafômetro industrial é um aparelho de custo elevado, existindo na maioria das vezes apenas um na UTI (GODOY, VIEIRA, 2006).

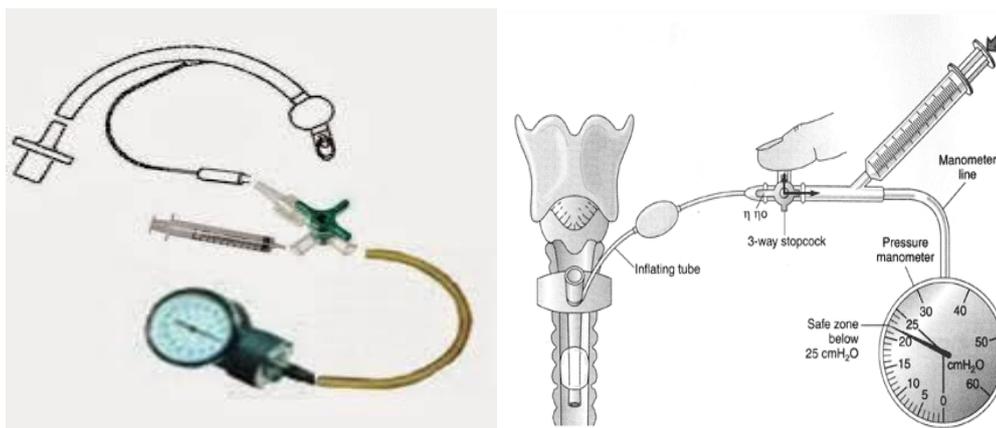
O cafômetro artesanal é confeccionado utilizando-se uma seringa, uma torneira de três vias de plástico e um esfignomanômetro de coluna de mercúrio da seguinte maneira: conecta-se na válvula de ar do tubo-piloto do tubo endotraqueal uma torneirinha de três vias, ficando uma das vias ligada ao esfignomanômetro de coluna de mercúrio, com sua unidade de medida em mmHg, sem o seu manguito, e a outra via a uma seringa de 5 ml (GODOY, VIEIRA, 2006).

Para realizar a mensuração da pressão intracuff com esse conjunto de peças o profissional deve retirar o manguito de látex do esfignomanômetro de coluna de mercúrio e adaptar em seu lugar um pedaço da sonda de aspiração a qual deve estar ligada à torneira de três vias que também está ligada à seringa de 5 ml. O outro ramo da torneira de três

vias deve ser ligado ao balonete-piloto do tubo endotraqueal do paciente (JERRE et al., 2008).

Dessa forma ao manipular a seringa o profissional pode calibrar a pressão intracuff nos valores considerados padrões pelo III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica e de 20 a 34 cmH₂O ou 15 a 25 mmHg (JERRE et al., 2007; GODOY, VIEIRA, 2006).

Figura 6. Demonstração dos itens necessários para a construção de um cafômetro artesanal.



Fonte: http://enfermeirojr.zip.net/arch2007-09-01_2007-09-30.html

As Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica recomendam manter a pressão do balonete da prótese traqueal entre 18 a 22 mmHg ou 25 a 30 cmH₂O (cafômetro) visando evitar vazamentos de ar sem compressão excessiva da mucosa traqueal e evitar pressões do balonete maiores que 22 mmHg ou 30 cmH₂O (AMIB/SBPT, 2014; BARBAS et al., 2014).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um equipamento específico para medir e corrigir a pressão do balonete do tubo orotraqueal ou cânula traqueal em pacientes hospitalizados.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Implementar ao dispositivo um sistema de alarme sonoro e visual da pressão do *cuff*.
- ✓ Integrar ao dispositivo faixas de pressões com limites maiores e menores a pressão de referência.
- ✓ Programar um sistema de armazenamento da pressão do *cuff* durante 24 horas.
- ✓ Analisar a diferença de pressão do balonete do tubo endotraqueal e das cânulas de traqueostomia durante um período de 12 horas.
- ✓ Verificar o conhecimento dos profissionais de saúde referente a pressão do balonete externo do tubo ou cânula traqueal.

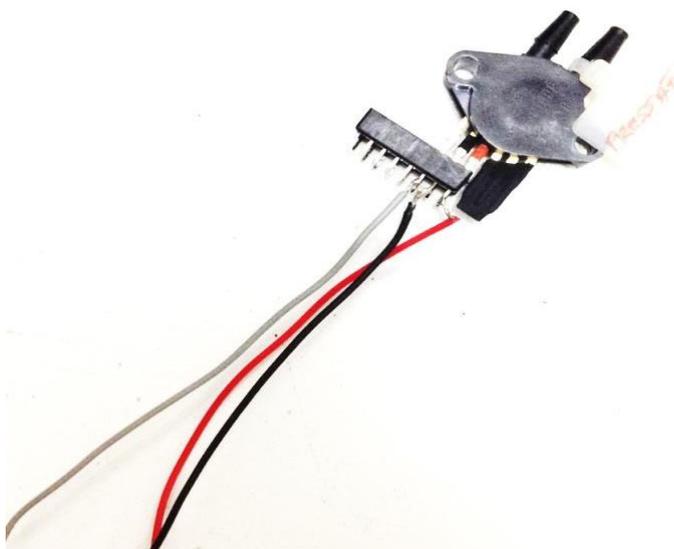
4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Desenvolvimento do Dispositivo (Cafômetro)

Trata-se de um estudo experimental, realizado no ano de 2015 no laboratório de instrumentação biomédica do Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

O passo inicial para o desenvolvimento do equipamento foi a escolha do sensor de pressão de baixa intensidade, cuja a função primordial do sensor de pressão é transformar uma grandeza fisiológica (pressão) em uma grandeza elétrica (tensão). O sensor de pressão escolhido foi um sensor analógico, pois não armazena dados discretos, diferentemente de um sensor digital, que só “percebe” dois estados (ligado ou desligado, ativo ou desativado, etc.), mas sim uma faixa de níveis de pressão, tendo como referência a pressão atmosférica. Esse sensor trabalha em níveis de tensão de 0 volts (V) a 5 V, no entanto o nível máximo de pressão é 100 cmH₂O que corresponde a 5 V. O sensor de pressão possui duas vias e três terminais, uma via é a de referência, e tem como tal a pressão atmosférica, a segunda via é a de medição que vai ser conectada a uma mangueira direto ao *cuff*. Cada um dos três terminais tem uma função, o terminal preto é o terra (GND), o terminal cinza é a saída do sensor que é ligado a ao Arduino MEGA e o terminal vermelho é o fio de alimentação do circuito, conforme figura 7 abaixo.

Figura 7. Ilustração do sensor utilizado no desenvolvimento do dispositivo

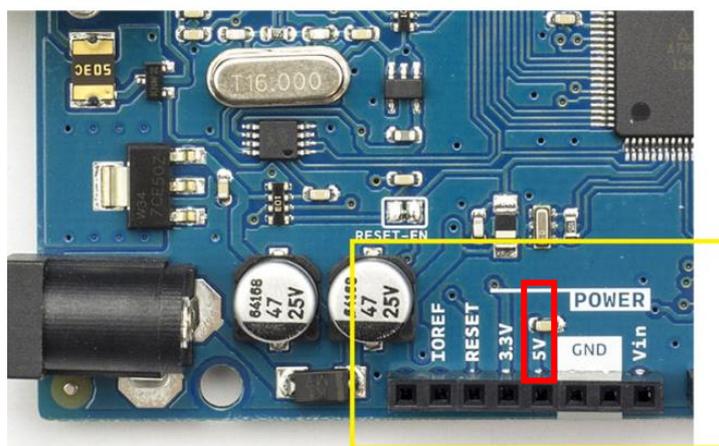


Fonte: o autor, 2015

Como foi relatado o sensor foi interligado ao Arduino MEGA (figura 8) que é uma plataforma de prototipagem eletrônica, que pela sua simplicidade e facilidade, é muito utilizado para automatização de processos. Para programar o Arduino com todos os comandos a serem executados por ele, conectamos ao computador pela porta do Universal Serial Bus (USB) e utilizamos a plataforma de programação própria do Arduino, que é um software disponibilizado facilmente na internet, também chamado Arduino.

Além do USB, o Arduino tem a alternativa de utilização de uma fonte externa para alimentação de seu circuito interno, assim permitindo seu funcionamento, como o circuito estará dentro de uma caixa, sem acesso ao computador, é necessária uma fonte de alimentação, assim como para o sensor, que também necessita ser alimentado de 5V para poder funcionar. Na confecção do equipamento foi utilizada uma fonte de 9V conectada ao Arduino, uma das saídas da placa é capaz de fornecer 5V, usamos essa tensão para alimentar o sensor.

Figura 8. Ilustração da placa do Arduino com a fonte de alimentação de 5V.



Fonte: www.arduinoocia.com.br/

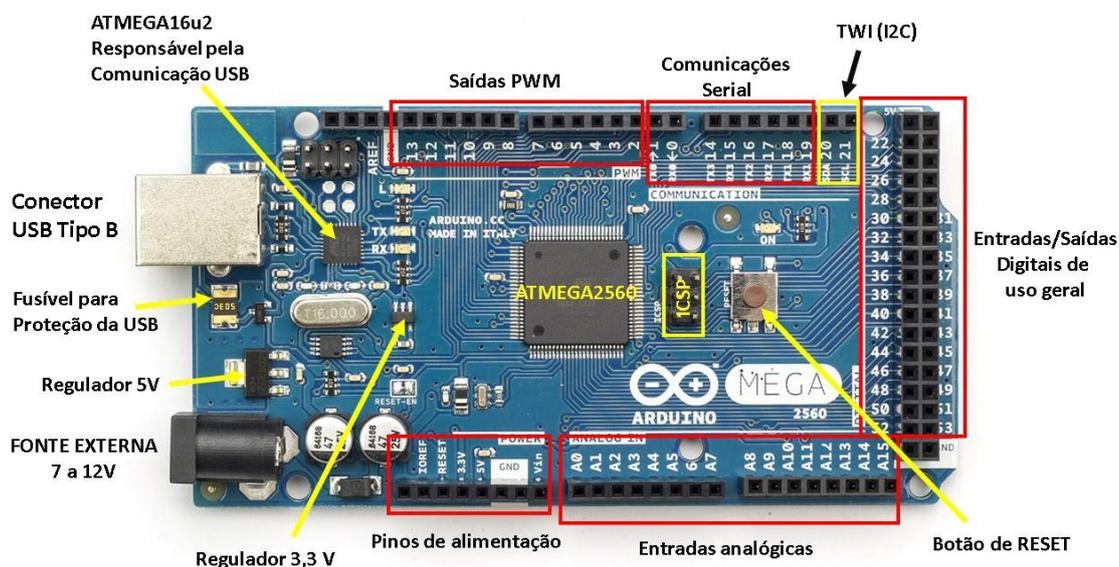
A placa Arduino MEGA possui 52 pinos que podem ser usados como entrada ou saída digitais (basta selecionar na programação se queremos que o pino funcione como entrada ou saída de dados). Esses pinos operam em 0V ou 5V, e cada pino pode fornecer ou receber uma corrente máxima de 40 mA, porém o valor recomendado é de 20 mA.

Para interface com o mundo analógico (mundo real), a placa Arduino MEGA possui 16 entradas analógicas (de A0 a A15). O Arduino só trabalha com dados digitais, ou seja, 0 e 1, então para o Arduino poder entender uma informação analógica de tensão

proveniente de um sensor, por exemplo, é necessário um conversor que transforme esses dados, tal conversor é chamado de conversor Analógico-Digital (AD) ou simplesmente conversor AD. Por padrão, a referência do conversor AD está ligada internamente a 5V, ou seja, quando a entrada estiver com 5V o valor da conversão analógica em digital será 1023, já que trabalha com 10 bits ($2^{10} - 1$).

Através da programação, foi possível utilizar esses pinos para executar diversas atividades, como por exemplo, ligar um Light Emitting Diode (LED) e um buzzer (buzina), caso a pressão esteja fora dos níveis adequados. Nesta situação, basta conectar o LED e a buzina em dois desses pinos e ativá-los quando o valor de pressão recebido pelo Arduino através do sensor, conforme pode ser visualizado na figura 9 abaixo.

Figura 9. Demonstração da placa do Arduino MEGA, com seus pinos e canais analógicos.

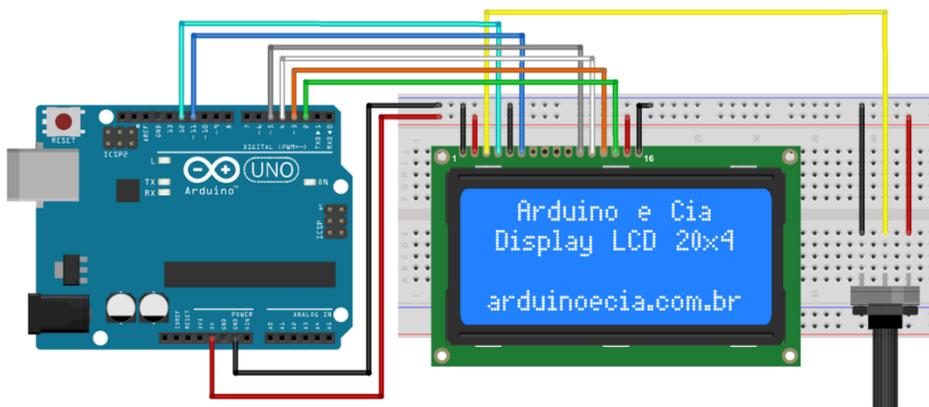


Fonte: www.arduinoocia.com.br

A interface utilizada para a comunicação entre o usuário e o equipamento, chamada de Interface Homem-máquina (IHM) foi o Liquid crystal display (LCD) 20x4, que possui 20 colunas e 4 linhas e permite exibir as informações que desejamos através da programação. Na figura 10 abaixo é demonstrado como foi realizada a ligação do LCD ao Arduino. Os fios vermelho e preto alimentam o LCD com 5V provenientes do Arduino e os demais fios fazem as demais ligações (obtivemos nesse site: <http://www.arduinoocia.com.br/2014/06/arduino-display-lcd-20x4.html>). Ao invés de usarmos um resistor variável (potenciômetro), usamos um resistor fixo de 1 k Ω , para

limitar a intensidade do brilho do LCD. Como o circuito terá outros componentes como no caso do LED, pode-se observar no circuito implementado que é utilizado outro componente eletrônico juntamente com ele, que é o resistor. Esse outro componente é necessário visto que os pinos digitais operam em 5V, porém o valor de tensão suportado por um LED é cerca de 2V, e se ele for ligado diretamente poderá queimar. Por isso, utilizamos o resistor num circuito em série com o LED, já que sabemos que num circuito em série, a tensão é dividida entre os componentes, diferentemente do circuito em paralelo, em que a tensão é a mesma para todos os componentes. Assim, escolhendo um valor apropriado para o resistor, a tensão é dividida adequadamente entre o LED e o resistor, sendo assim o LED tem uma possibilidade mínima de ser queimado.

Figura 10. Ilustração da ligação do Arduino MEGA com o LCD.



Fonte: www.arduinoecia.com.br

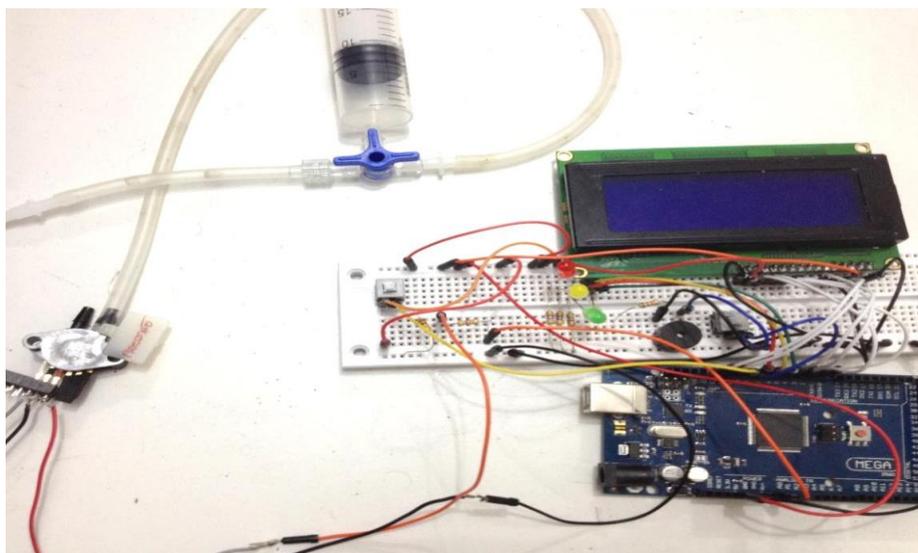
Na programação, é utilizado o comando `“lcd.begin(20,4)”` para indicar que estamos utilizando um LCD de 20 colunas e 4 linhas e o comando `“lcd.setCursor;”` para posicionar os caracteres dentro das 20 colunas (numeradas de 0 a 19), e 4 linhas (numeradas de 0 a 3).

No entanto, vimos que o Arduino não “entende” dados analógicos como tensão, então ele converte (através do conversor AD) esses dados recebidos em valores de 0 a 1023. Todavia, não podemos exibir no display um valor de 0 a 1023, pois o profissional de saúde responsável pela utilização do equipamento não irá entender. Utilizando cálculos simples como regra de três, conseguimos transformar novamente o valor convertido pelo Arduino em pressão, e então podemos mostrar adequadamente no LCD em cmH_2O .

Na figura 11 podemos entender melhor a disposição dos materiais e elementos eletrônicos que foi implementado no dispositivo. Podemos observar o sensor de pressão

a esquerda da imagem com os seus três terminais (cinza, preto e vermelho), em uma das suas vias existe uma mangueira de silicone que conduz a pressão do balonete externo para o sensor, no lado direito da imagem visualizamos de cima para baixo, o LCD, o protoboard onde foi organizado e interligado os componentes eletrônicos utilizados como: resistores, LEDs, buzinas, chaves eletrônicas, etc.) e a placa Arduino MEGA.

Figura 11. Distribuição do circuito eletrônico utilizado para construção do dispositivo.



Fonte: o autor, 2015

4.2 Pesquisa de Campo

O estudo foi realizado em dois estabelecimentos de saúde (hospital), são eles: Hospital Santa Casa da Misericórdia, Hospital Barão de Lucena, sendo um de administração filantrópica e o outro pública, respectivamente. A presente pesquisa foi submetida e aprovada pelo comitê de ética, via Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE): 43470415.8.0000.5640.

4.2.1 Coleta de dados

A população a ser estudada foi composta por profissionais de saúde de nível técnico e superior das seguintes classes: técnicos de enfermagem, enfermeiros, fisioterapeutas, fonoaudiólogos e médicos de ambos os sexos, por meio de uma amostra por

conveniência/aleatória. Todos os envolvidos na pesquisa assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Em seguida foi aplicado um questionário para coleta de dados contendo dez perguntas referente a formação, atuação profissional e conhecimento específico da manipulação do *cuff*. Os questionários foram aplicados individualmente com duração de aproximadamente cinco minutos no horário das visitas, sem que atrapalhe o funcionamento dos profissionais e do setor.

Os critérios de inclusão utilizados com os profissionais foram estar de serviço como plantonista ou diarista, ser do setor onde acontecerá o estudo e possuir vínculo de trabalho com o hospital, já os critérios de exclusão foram: ser estagiário, não compor o quadro fixo de funcionários do setor. Os profissionais que participarem também não foram expostos e sua participação e possíveis constrangimentos ao responder o questionário foi minimizado por serem feitos de forma individual e em ambiente reservado.

4.3 Análise dos Dados

Os dados foram coletados e registrados em um formulário padronizado e elaborado pelos próprios pesquisadores e posteriormente, em seguida armazenados em uma planilha eletrônica de dados (Microsoft Excel[®] 2003. Redmond, WA, EUA).

Para avaliação dos dados foi realizado análise descritiva com valores relativos e absolutos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características do equipamento.

Na parte posterior do equipamento existem três saídas, uma é responsável pela alimentação elétrica do dispositivo que pode ser realizada em 110 ou 220 V. Na região central sai de umas das extremidades do sensor de pressão uma mangueira de silicone flexível e a extremidade distal da mangueira de silicone fica interligada no conector do balonete externo das próteses traqueais. Na terceira saída na vista posterior do equipamento há um USB, cuja sua importância é permitir realizar programações sem a necessidade de abrir o equipamento (figura 12).

Figura 12. Vista posterior do Cafômetro Eletrônico.



Fonte: Autor, 2015

O equipamento em sua vista anterior foi projetado para conter uma chave liga/desliga, responsável pelo acionamento e paralização do mesmo, um display LCD com visor de 18 dígitos, cuja, função é mostrar o valor da pressão do *cuff*, em tempo real e de forma contínua, um sistema de alarme sonoro e visual com três LEDs, cada uma com finalidades diferentes, sendo a LED verde responsável em informar que os valores estão dentro dos normais, a LED amarela indica que o valor da pressão se encontra fora dos limites máximo e mínimo estabelecidos como referência, sendo o limite mínimo 10 cmH₂O, e a LED vermelha indica que a pressão se encontra muito baixa, implicando um possível vazamento ou furo no balonete interno dos tubos endotraqueais ou cânulas de traqueostomias. O sistema de alarme sendo disparado existe ainda na vista anterior do

aparelho uma chave de ajuste da pressão e outra chave com o intuito de silenciar o equipamento (figura 13a e 13b).

Figura 13a e 13b. Layout projetado do equipamento (13a), e vista anterior do equipamento desenvolvido (13b).

(13a)



(13b)

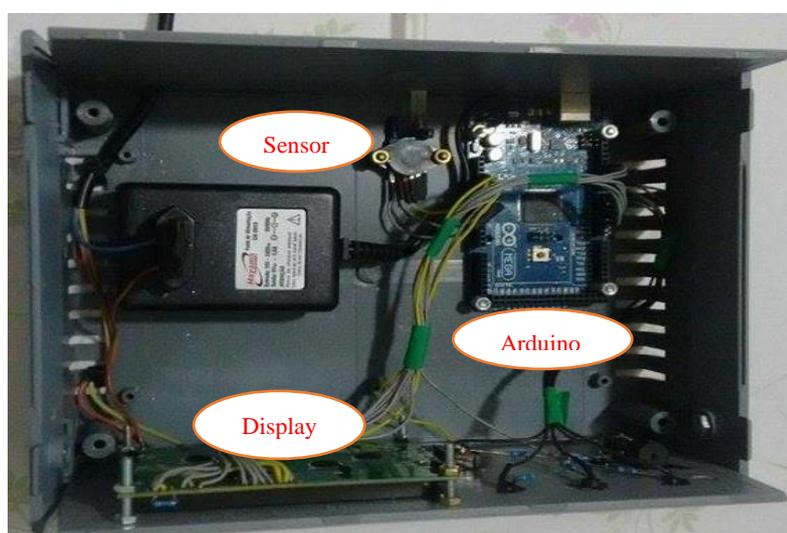


Fonte: Autor, 2015

5.2 Funcionamento do Dispositivo

O sensor de pressão envia para o Arduino Mega o valor de pressão em tensão por meio do terminal do centro, que é convertido para valores de 0 a 1023, e através de cálculos na programação a pressão vai ser novamente convertido em pressão. Os valores de pressão são lidos pelo Arduino e no modo Automático, o microcontrolador calcula a média de 100 leituras da pressão para obtermos uma boa precisão e atualiza o valor no display a cada 10 segundos (ver figura abaixo).

Figura 14. Distribuição dos componentes eletrônico do equipamento.



Fonte: Autor, 2016

Normalmente, o profissional deixará ativado o modo automático. Porém, quando os níveis de pressão estiverem desregulados, para realizar o ajuste por meio da aplicação ou remoção de ar, o profissional deverá ativar a opção AJUSTE por meio do botão AUTO/AJUSTE. Se o botão de modo Ajuste for pressionado, os valores de pressão mostrados no display, são atualizados a cada 4 segundos em vez de 10 segundos, se o alarme sonoro estiver ligado, este desliga no modo ajuste).

Em ambos os modos, se a pressão estiver dentro da recomendada, que atualmente é entre 25 e 30 cmH₂O, o equipamento vai mostrar no display a pressão e o LED verde sinalizando que a pressão está em níveis adequados.

Figura 15. Ilustração do equipamento funcionando e mostrando a pressão normal.



Fonte: Autor, 2015

Caso a pressão esteja superior a 30 cmH₂O, ou inferior a 25 cmH₂O, porém acima de 10 cmH₂O, o sistema de alarme visual e sonoro é acionado, informando aos profissionais de saúde que a pressão do cuff neste momento se encontra fora dos limites estabelecidos, e com isso o LED amarelo é disparado e fica piscando. O sistema de alarme pode ser interrompido com acionamento do buzzer (buzina) pode ser desligada por meio do botão de silenciador de alarme. Em casos onde o silenciador foi ativado e a pressão não foi corrigida, o LED de advertência continuará piscando sinalizando que a pressão ainda não foi corrigida, o buzzer pode ser reativada ao pressionar novamente o botão do silenciador. O procedimento correto a ser realizado no equipamento é pressionar o botão de modo ajuste, onde desliga o buzzer (buzina) e mostra a pressão em tempo real, o profissional realiza a correção necessária na pressão do balonete e, após o procedimento, apertar novamente o botão de modo a voltar para o modo automático (figura 16).

Figura 16. Aparelho funcionando com display mostrando pressão de *cuff* abaixo de 10 cmH₂O.



Fonte: Autor, 2016

O equipamento possui um silenciador, evitando a poluição sonora no ambiente hospitalar, em momentos que for disparado um alarme, seja, amarelo ou vermelho os profissionais de saúde podem bloquear o sinal sonoro. Neste momento apenas o alarme visual fica funcionando, e logo após a correção dos valores retorna a LED verde.

O dispositivo foi projetado para medir pressões nos intervalões de tempo de 0 a 100 cmH₂O, e tem como principais vantagens: monitorar de forma contínuo a pressão do balonete; sistema de alarme sonoro e visual de condição anormal de valor de pressão do balonete; sistema de alarme sonoro e visual de balonete furado ou pressão nula inferior a 10 cmH₂O e possibilidade de detecção de vazamento pela válvula do balonete externo.

Se a pressão estiver abaixo de 10 cmH₂O, o sistema de alarme do equipamento é disparado, acionando o LED vermelho, e isso significa que a pressão no balão do *cuff* é praticamente nula (figura 17).

Figura 17. Equipamento funcionando com sistema de alarme visual de pressão de *cuff* abaixo de 10 cm H₂O

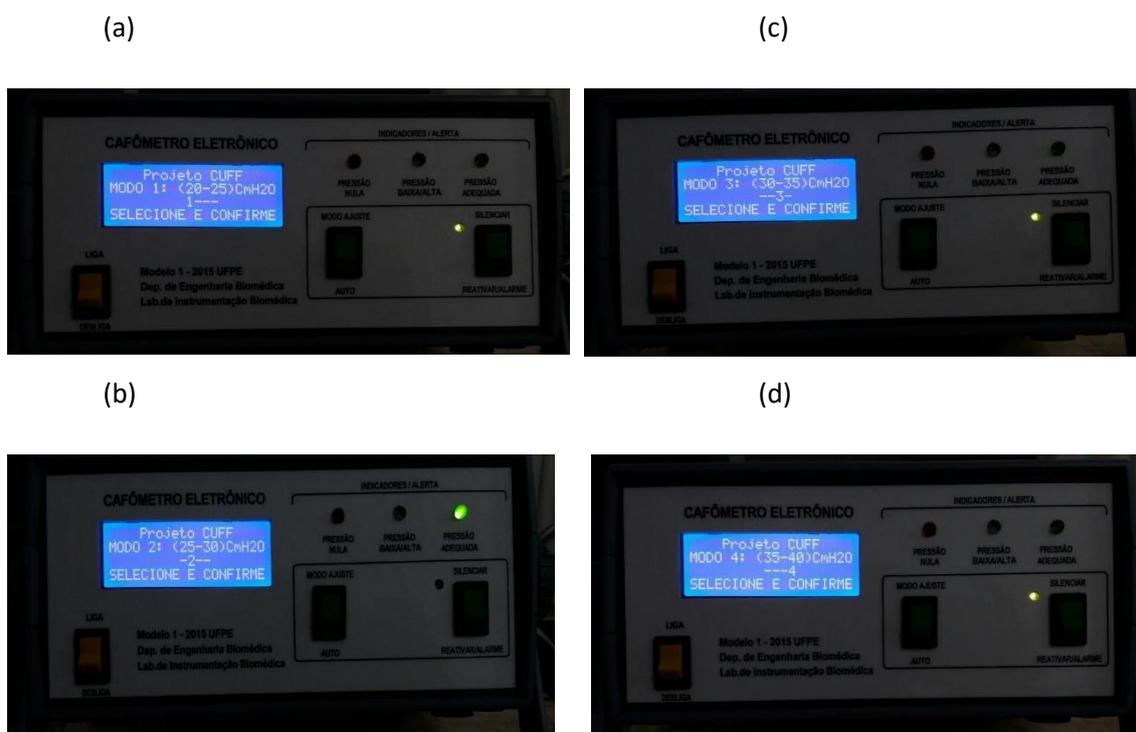


Fonte: Autor, 2016

Essa situação indica uma grande possibilidade do balonete se apresentar furado ou com vazamento. Esse alarme pode ser silenciado, da mesma forma que o anterior, ou é desligado automaticamente quando a pressão é ajustada. Quando o silenciador é ativado, um LED de menor dimensão indica que um alarme foi silenciado e desliga quando o silenciador é desativado.

No dispositivo foi adicionado parâmetros de valores diferentes dos recomendados pelas diretrizes brasileiras de ventilação mecânica. Sendo necessário utilizar valores de pressão maiores ou menores de acordo com a necessidade clínica do paciente. O equipamento disponibiliza de quatro faixas com limites pressóricos diferentes. As modalidades estabelecidas foram: modo 1 (20-25 cmH₂O), modo 2 (25-30 cmH₂O), modo 3 (30-35 cmH₂O) e modo (35-40 cmH₂O). Ficando a escala a ser adotada para o paciente a cargo do profissional de saúde.

Figura 18. Distribuição dos modos pressóricos disponíveis no equipamento.



Fonte: Autor, 2016

5.3 Testes em Laboratório

Foram realizados basicamente dois tipos de testes com objetivo de reduzir a probabilidade de possíveis defeitos ao final do ciclo de desenvolvimento do dispositivo, afim de minimizar riscos futuros.

Em primeiro lugar foi testado todo o sistema eletrônico com o sensor ligado ao Arduino, ao LCD e ao circuito montado no protoboard com os resistores e as LEDs, conectando o circuito pela entrada USB ao computador para realizar toda a programação utilizando o site próprio do Arduino. Em seguida foi simulado com a utilização de uma traqueia artificial e um tubo orotraqueal como seria a mensuração da pressão no balonete externo. Foram simuladas as três situações utilizando o LED verde, amarelo e vermelho. O sistema de alarme sonoro e visual foi acionado perfeitamente como esperado, a função automática e ajuste também funcionou, assim como a função do silenciador.

Em seguida foram realizados testes específicos com o aparelho com o propósito de verificar se os valores indicados na interface homem-máquina se apresenta corretas. Para tal foi utilizado o multímetro para encontrar a tensão sobre o sensor de pressão, o principal componente para encontrarmos os valores de pressão e encontrar a especificação do aparelho como a potência máxima e mínima que o aparelho requer.

Para isso, o multímetro foi colocado paralelamente aos terminais do sensor de pressão, alteramos a pressão com o auxílio da seringa basicamente aumentando e diminuindo a pressão para verificar se os valores mostrados no display estão corretos. Através de cálculos matemáticos chegamos a pressão máxima do sensor que equivale a 100 cmH₂O, que corresponde a tensão máxima que o sensor pode receber que é 5 V. Dessa maneira, para cada valor mostrado no multímetro, realizamos a operação matemática e verificamos a exatidão do aparelho.

Enquanto que para determinarmos as potências do aparelho, foi colocado outro multímetro em série no fio da fonte do circuito, de forma a encontrar a corrente máxima e mínima. No entanto, configurou-se o aparelho em diferentes modos procurando encontrar qual era o modo em que ele requeria maior e menor potência, ou seja, ligando ou desativando os componentes eletrônicos, por exemplo, com o display ligado, e o LED indicador de faixa e o do alarme ligado, no modo automático, ou com o display ligado, e o LED indicador de faixa e o do alarme desativado, mas o LED do silenciador ligado, no modo automático e, por conseguinte a mesma forma no modo ajuste.

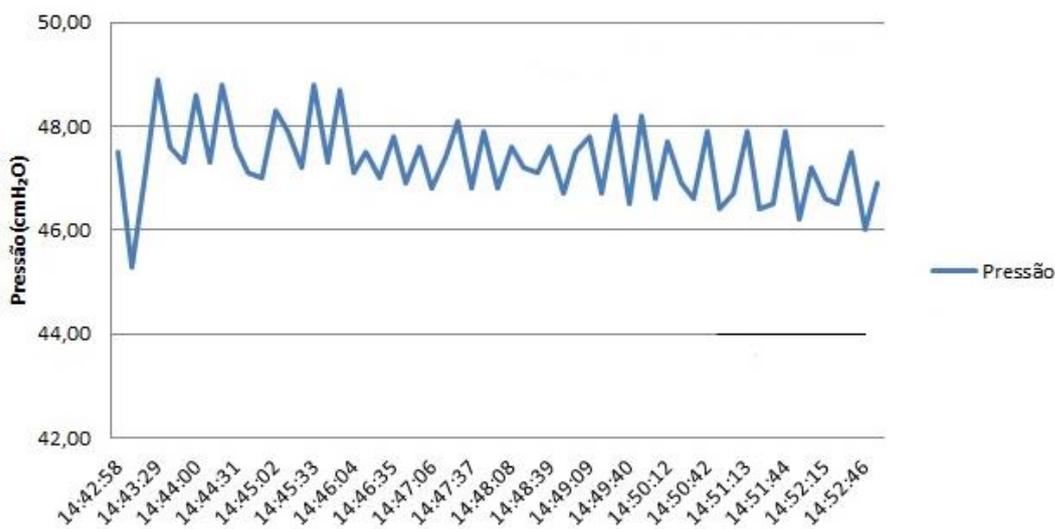
5.4 Testes Clínicos.

Realizado testes do equipamento em alguns pacientes hospitalizados na UTI e na enfermaria do Hospital Santa Casa da Misericórdia. Foi instalado o equipamento em pacientes tanto com uso de TOT ou TQT, com ou sem ventilação mecânica. O

equipamento demonstrou um ótimo desempenho na monitorização contínua e em tempo real da pressão do *cuff*.

A primeira simulação real foi com o paciente em ventilação mecânica por traqueostomia (TQT), no modo ventilação controlada a pressão (PCV).

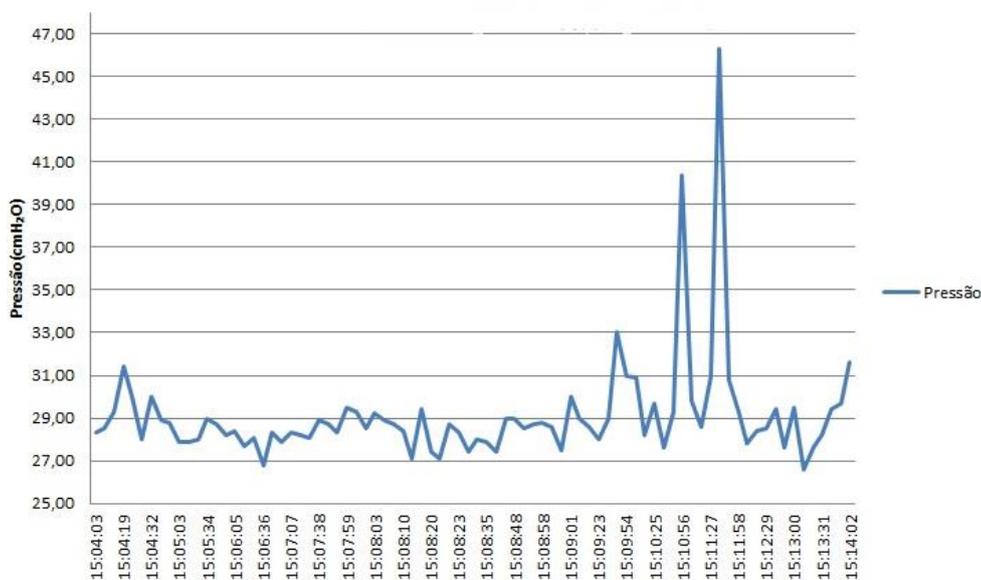
Figura 19: Variação da pressão do *cuff* de paciente TQT em ventilação mecânica no modo PCV (Ventilação Controlada a Pressão) durante 10 minutos.



Fonte: Autor, 2016

Nesta situação é possível observar que a pressão para esse paciente foi bem maior que o preconizado pela diretriz brasileira de ventilação mecânica.

Figura 20: Variação da pressão do *cuff* de paciente com TOT em ventilação mecânica no modo PSV (Ventilação por Pressão de Suporte) durante 10 minutos.

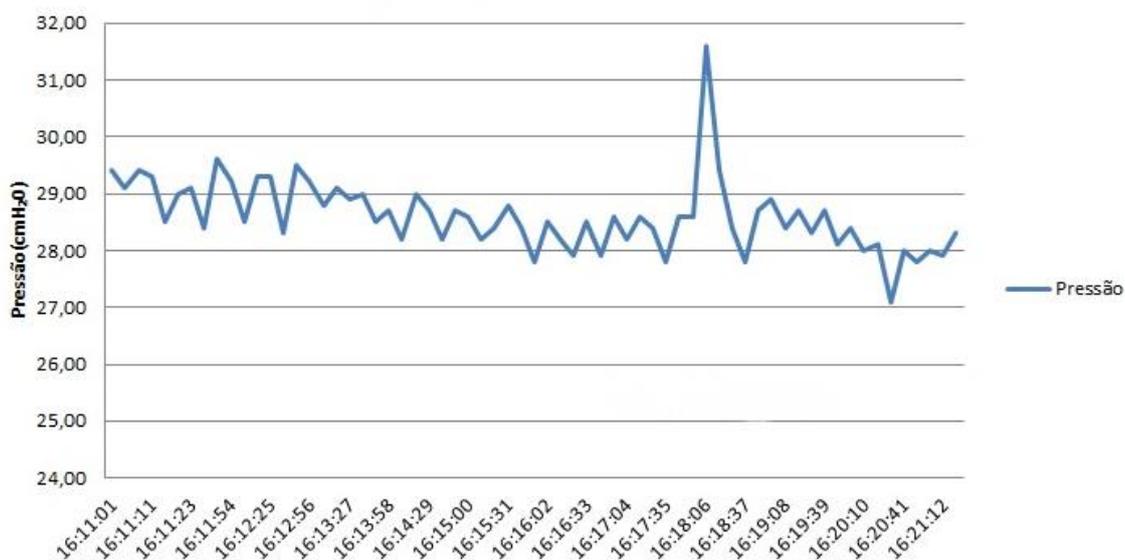


Fonte: Autor, 2016

A situação visualizada acima mostrar um paciente mantendo a pressão de *cuff* dentro dos valores adequados, porém, observa-se um aumento de pressão acima do normal, evidenciando uma hiperinsuflação. A pressão atinge um pico máximo maior que 45 cmH₂O e em seguida retorna a pressão normal, esse evento ocorre devido ao mecanismo de tosse realizado involuntariamente.

A simulação abaixo descreve o comportamento da pressão do *cuff* do paciente em respiração espontânea com TQT. Observa-se um episódio leve oscilação da pressão acima dos valores considerados normais, se comparado com o exemplo anterior a oscilação é muito baixa, sendo o aumento da pressão próximo do limite máximo. Esse fenômeno ocorre durante o repouso do paciente, onde o mesmo realizou um suspiro.

Figura 21: Variação da pressão do *cuff* de paciente TQT em Respiração Espontânea durante 10 minutos.



Fonte: Autor, 2016

Podemos verificar a importância do equipamento em três situações diferentes e com comportamentos distintos da pressão do *cuff*. Sendo importante a monitorização contínua e com sistema de alarmes.

Em todas as situações onde as pressões mensuradas pelo equipamento se estavam fora dos limites estabelecidos pelo profissional, o sistema de alarme visual e sonoro foi ativado. Sendo o sistema de alarme acionado, testamos o mecanismo de desativação do alarme e de correção da pressão, e em ambas as situações o dispositivo funcionou em perfeitas condições.

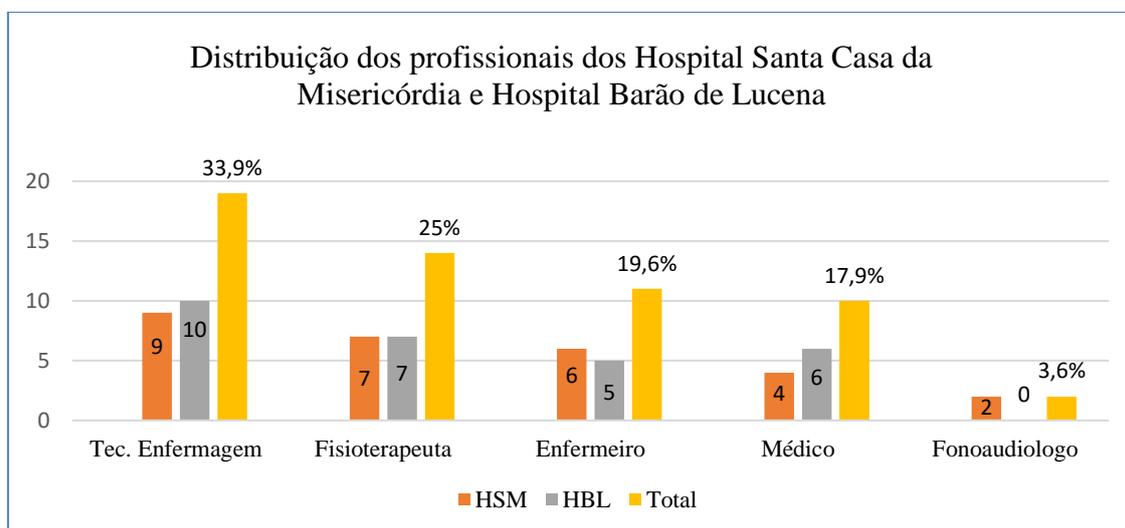
5.5 Vantagens do Equipamento.

O equipamento possui um sistema elétrico que permite mensurar a pressão do *cuff* de forma contínua, e em casos de alterações pressóricas alertar aos profissionais de saúde por meio de alarmes sonoros e visuais, mecanismo esse diferente dos cafômetros atualmente utilizados no país.

5.6 Pesquisa de campo.

A pesquisa foi desenvolvida com profissionais de saúde de ambos os sexos dos Hospitais Santa Casa de Misericórdia (HSM) e Barão de Lucena (HBL). Participaram da pesquisa 56 profissionais, sendo 15(26,8%) do sexo masculino e 41(73,2%) do sexo feminino, com idade máxima de 52 anos e mínima de 26 anos com média de 34,7 anos e desvio padrão de 8,1 para mais ou menos. A pesquisa envolveu profissionais de nível superior e técnico, sendo médico, enfermeiro, fisioterapeuta, fonoaudiólogo e técnicos de enfermagem, respectivamente, distribuído conforme gráfico abaixo.

Figura 22. Gráfico de Distribuição dos profissionais das UTIs dos hospitais A e B de acordo com sua formação.



Fonte: o autor, 2015.

Os profissionais de saúde envolvidos no estudo possuíam tempo de formação diferentes, distribuídos da seguinte forma, 37,5% tinham mais de 10 anos de formado, seguido de 1 a 5 anos de formado com 32,1% e de 6 a 10 anos com 28,6%. Ou seja,

teoricamente profissionais com um período satisfatório de experiência. Já referente a ter realizado sua formação em uma instituição de ensino superior pública ou privada, 66,1% dos profissionais de nível superior realizaram sua graduação em instituição privada.

No momento atual possuir somente a graduação em algumas situações não é suficiente para desenvolver suas habilidades profissionais ou se inserir no mercado de trabalho, sabemos que é importante realizar qualificações, aperfeiçoamentos, capacitações e cursos de pós-graduações. A pesquisa mostra que 33,9% dos profissionais das UTIs possuíam formação tecnológica, 57,2% com título de especialização, ou seja, pós-graduação lato sensu, 7,1% dos profissionais de nível superior só possuíam a graduação e apenas 1,8% dos profissionais tinham o título de pós-graduação stricto sensu na modalidade mestrado.

Tabela 2. Caracterização do tempo de formado dos profissionais, tipo de instituição de ensino que realizou o curso e titulação.

Variáveis	Respostas	Nº	%
Tempo de formado	< 1 ano	1	1,8
	1 a 5 anos	18	32,1
	6 a 10 anos	16	28,6
	> 10 anos	21	37,5
Instituição de ensino	Pública	19	33,9
	Privada	37	66,1
Titulação	Tecnólogo	19	33,9
	Graduação	4	7,1
	Especialização	32	57,2
	Mestrado	1	1,8
	Doutorado	0	0,0

Fonte: o autor, 2015.

A tabela 3 refere-se ao tempo e local de trabalho dos profissionais de saúde dos hospitais A e B. Mais da metade 51,8% dos profissionais trabalham no setor entre 1 a 5 anos, 25% tinham mais de 10 anos. Esses resultados se aproximam do estudo de Chan *et al* (2009), onde na sua amostra a maioria dos profissionais eram experientes. A maioria dos envolvidos, cerca de 87,5% atuavam nas UTIs.

Tabela 3. Distribuição do tempo de serviço dos profissionais e setor de trabalho.

Variáveis	Respostas	Nº	%
Tempo de trabalho no setor	< 1 ano	7	12,5
	1 a 5 anos	29	51,8
	6 a 10 anos	6	10,7
	> 10 anos	14	25,0
Local de trabalho	UTI	49	87,5
	Enfermaria	3	5,4
	UTI/Enfermaria	4	7,1

Fonte: o autor, 2015.

Os profissionais de nível superior possuíam ou não especializações, de acordo com o que foi pesquisado. Dos profissionais de medicina 70% tinham pós-graduações em áreas diversas como (cirurgia geral, cuidados paliativos, nefrologia, cardiologia e clínica médica), os demais possuíam apenas a graduação em medicina. Dos enfermeiros envolvidos, todos possuíam algum tipo de especialização, divididos da seguinte forma: pediatria, neonatologia e programa de saúde da família com 5,2% cada, nefrologia, auditoria e saúde pública com 10,5% cada, 21% eram em enfermagem do trabalho e 33,5% possuíam realmente na área de UTI.

Entre os fisioterapeutas todos possuíam alguma pós-graduação, distribuídos nas áreas de pediatria, terapia manual, pneumologia funcional e dermato-funcional ambas com 6,2% cada, saúde pública com 12,5%, cardiopulmonar com 18,7% e 43,7% com especialização em UTI. Dos dois fonoaudiólogos da pesquisa apenas um tinha pós-graduação em fonoaudiologia hospitalar (ver tabela 4 abaixo).

Tabela 4. Distribuição dos profissionais de nível superior e suas áreas de especializações.

Categoria profissional	Especialização	Nº	%
Fonoaudiólogo	Fonoaudiologia Hospitalar *	1	50 %
		1	50 %
Médico	Cirurgia Geral	1	10 %
	Cuidados Paliativos	1	10 %
	Nefrologia	1	10 %
	Cardiologia	2	20 %
	Clínica Médica	2	20 %
	*	3	30 %
Enfermeiro	Pediatria	1	5,2 %
	Neonatologia	1	5,2 %
	Programa Saúde da Família	1	5,2 %
	Nefrologia	2	10,5 %
	Auditoria	2	10,5 %
	Saúde Pública	2	10,5 %
	Enfermagem do Trabalho	4	21 %
	Unidade de Terapia Intensiva	6	31,5 %
Fisioterapeuta	Terapia Manual	1	6,2 %
	Dermato-Funcional	1	6,2 %
	Pneumologia Funcional	1	6,2 %
	Pediatria	1	6,2 %
	Saúde Pública	2	12,5 %
	Cardiopulmonar	3	18,7 %
	Unidade de Terapia Intensiva	7	43,7 %

*Não possui pós-graduação

Fonte: o autor, 2015

O presente estudo teve como intuito pesquisar se existe o equipamento específico para mensurar a pressão do *cuff*, se na prescrição do paciente tem a conduta de realizar a aferição e a opinião dos profissionais sobre qual a melhor maneira de monitorar a pressão do balonete interno dos TOT ou da cânula de TQT seria da forma contínua ou pontual.

Observou-se que 92,9% dos profissionais dizem não ter a conduta prescrita no prontuário do paciente, o fato da não prescrição leva a ausência de monitorização e provavelmente ao surgimento das complicações. Achados semelhantes foram descritos Talekar *et al* 2014, que relataram não existir área dedicada no prontuário clínico para intervenção monitorização do *cuff* e considera que deve ser uma parte da rotina de cuidados dos profissionais na UTI.

Assim como outros procedimentos como verificar sinais vitais e cuidados gerais com o paciente, deveria ser rotina monitorar pressão de *cuff*. Sobre a existência do equipamento específico para realização do procedimento de medição da pressão do *cuff*,

nos dois hospitais envolvidos na pesquisa o aparelho é presente. No entanto 25% dos profissionais não sabiam da existência do mesmo. Questionados a relatar na sua opinião sobre qual a melhor forma de monitorar a pressão do *cuff*, 48,2% dos envolvidos dizem que deveria ser de forma contínua. No entanto não existe possibilidade de realização com o equipamento presente na UTI (ver da tabela 5).

Segundo Jaillette *et al* (2014) a pressão do balonete deve ser mantida entre 20 e 30 cmH₂O para prevenir complicações relacionadas à intubação e as isquemias traqueais podem ser evitadas por controle manual ou contínua da pressão do balonete, e ainda relata que o controle contínuo de pressão do balonete pode ser benéfico na prevenção de microaspiração e pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV). Danielis *et al* (2015), descreve em seu estudo que apóia a necessidade de monitoramento contínuo da pressão do balonete do tubo endotraqueal para identificar rapidamente desvios em relação às faixas de pressão, permitindo a sua rápida correção.

O dispositivo desenvolvido neste estudo tem a finalidade de monitorização da pressão de maneira contínua e com sistema de alarme sonoro e visual o que provavelmente pode minimizar as complicações proveniente das pressões fora dos valores de referência. Valencia *et al* (2007) realizou um estudo comparativo com dois grupos, onde um tinha sua pressão monitorada de forma contínuo com dispositivo automático e outro grupo considerado grupo controle com a monitorização através das rotinas da UTI, concluiu que pressão do *cuff* é melhor controlado com o dispositivo automático.

Tabela 5. Caracterização da amostra referente a forma de monitorização do *cuff*, prescrição médica e existência do equipamento na UTI.

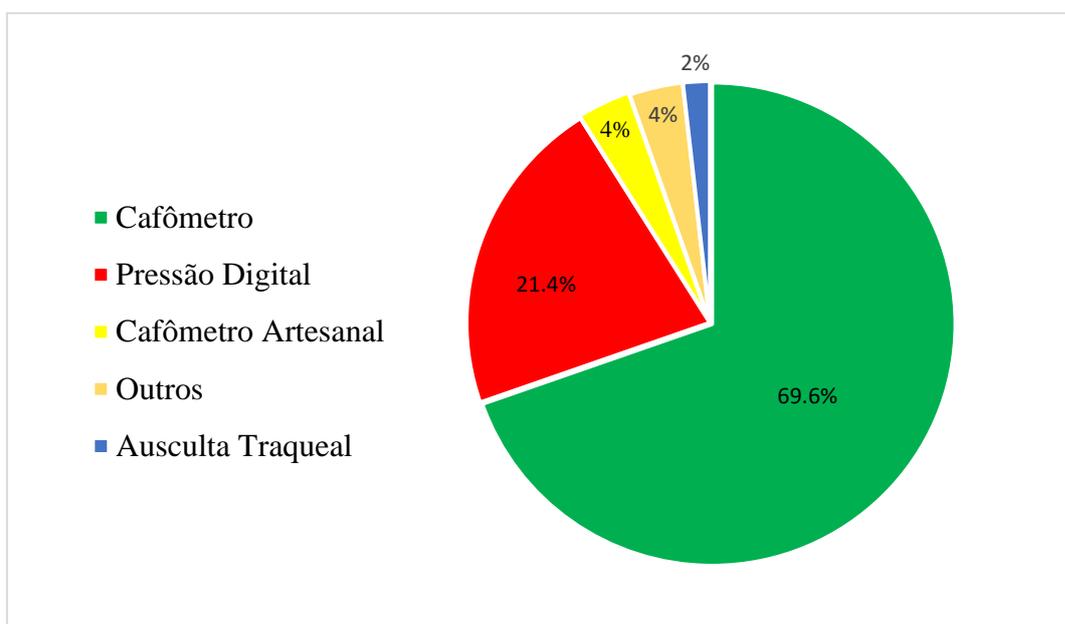
Variáveis	Respostas	Nº	%
Tipo de monitorização	Pontual	29	51,8
	Contínuo	27	48,2
Prescrição médica	Sim	4	7,1
	Não	52	92,9
Existência do equipamento	Sim	42	75,0
	Não	14	25,0

Fonte: o autor, 2015

Os profissionais de saúde têm várias maneiras de realizar a mensuração da pressão do *cuff*, seja no tubo orotraqueal ou na cânula de traqueostomia. As formas com as quais os profissionais mais utilizam para medir a pressão são: cafômetro de fábrica com 69,6%, pressão digital (palpação com as pontas dos dedos) com 28,4%, as demais são ausculta

traqueal, cafômetro artesanal e outros, conforme gráfico 2 abaixo. Achados semelhantes foram descritos no estudo de CHAN SM, WONG CS, CHER CH, 2009, onde 32,7% dos profissionais examinados realizavam a palpação digital, na maioria das situações essa conduta leva a pressão das próteses traqueais a uma hiperinflação.

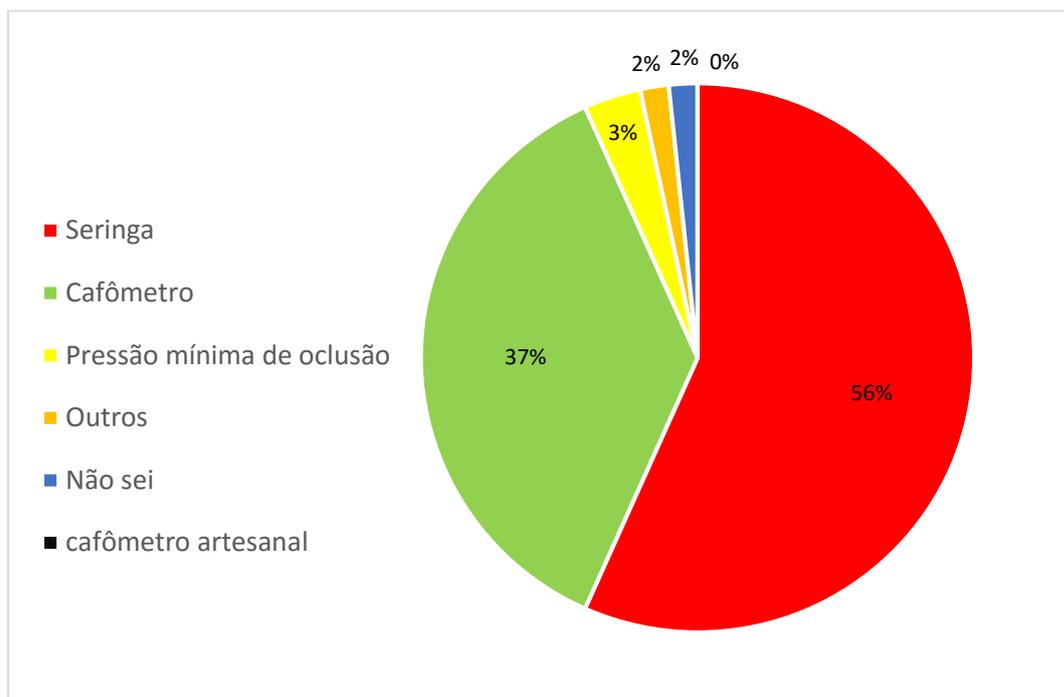
Figura 23. Gráfico de Distribuição das formas de mensuração da pressão do *cuff* das próteses traqueais.



Fonte: o autor, 2015.

O estudo nos leva a um importante questionamento. A maioria dos profissionais relatam utilizar o cafômetro de fábrica para realizar a mensuração da pressão do *cuff*. No entanto quando perguntados como realizam a correção da pressão em situações onde as mesmas se encontraram fora dos limites mínimo e máximo, 34 (56,7%) dos profissionais citam corrigir a pressão utilizando uma seringa. Os achados de CHAN SM, WONG CS, CHER CH, 2009, descreve que enfermeiros e médicos anestesistas, utilizavam habitualmente a técnica de insuflação do *cuff* com seringa, corroborando com nossa pesquisa. Observa-se que apenas 22 (36,6%) utilizam o cafômetro de fábrica, conforme descrito no gráfico abaixo.

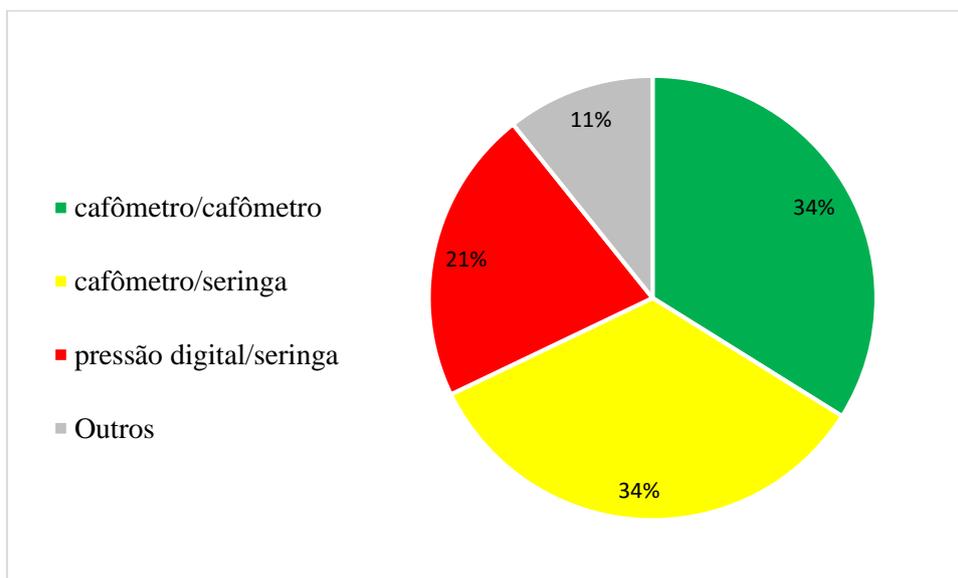
Figura 24. Forma realizada pelos profissionais das UTI para correção do valor da pressão do balonete interno das Próteses Traqueais.



Fonte: o autor, 2015

A associação entre a maneira de mensurar a pressão do *cuff* e a forma de correção da mesma, é muito baixo o percentual dos profissionais, apenas 34% dos envolvidos utilizam o aparelho para medir e corrigir a pressão, seguido com o mesmo percentual 34% realizam a mensuração com o aparelho e corrige com a seringa, e a situação mais preocupante com 21% são os profissionais que para medir usam a pressão digital (palpação com as pontas dos dedos) e para corrige a seringa, conforme gráfico da figura 11 abaixo. Essas últimas situações na sua grande maioria levam a uma hiperinsuflação do balonete interno das próteses traqueais. Os achados de Faris et al (2007) são semelhantes quanto a forma de verificar a pressão do *cuff*, nos seus resultados 61% dos profissionais usam a palpação digital para aferir a pressão, esse método é impreciso e deixa uma proporção alta de pacientes em risco para lesão traqueal.

Figura 25. Correlação da forma como os profissionais de saúde da UTI realizam a mensuração e correção da pressão do *cuff*.



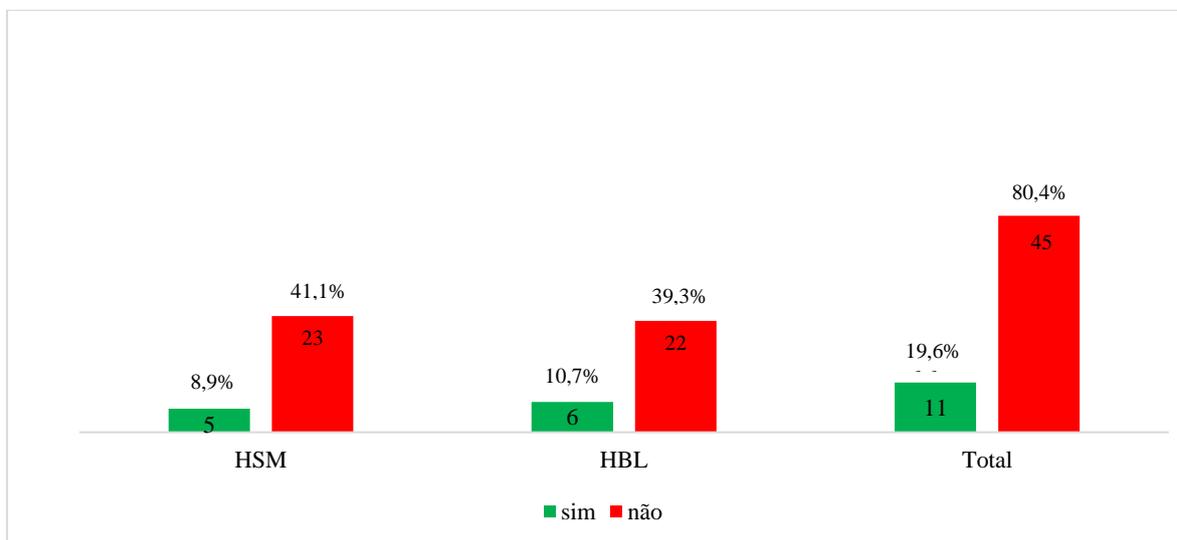
Fonte: o autor, 2015

Uma informação de suma importância para a realização do estudo foi analisar o nível de conhecimentos dos profissionais de saúde referente aos valores corretos dos balonetes internos dos tubos endotraqueais e das cânulas de traqueostomias. De acordo com o gráfico 5 abaixo, apenas 19,6% dos envolvidos na pesquisa sabiam os valores de referências do *cuff*, em contrapartida independente da categoria em que se enquadra como técnico de enfermagem, enfermeira, fonoaudiólogo, fisioterapeuta e médico, experiência profissional, tempo de formado, instituição de ensino público ou privada, apresenta um índice muito elevado de 80,4% não sabem o valor recomendado pela Associação de Medicina Intensiva Brasileira (AMIB).

Os resultados de Janossy *et al* (2010) são semelhantes ao presente estudo no que diz respeito falta de conhecimento correto da pressão do balonete dos tubos orotraqueais. Em diversos estudos, demonstrou-se que a ocorrência de hiperinsuflação do *cuff* pode ser diminuída através de treinamento e conscientização dos profissionais envolvidos no processo de atendimento ao doente grave (PENITENTI *et al* 2010; CHAN SM, WONG CS, CHER CH, 2009; JULIANO, *et al* 2007; MORRIS *et al* 2007). Apesar da crescente conscientização entre os intensivistas e terapeutas respiratórios, a incidência de valores alterados em tubo traqueal ou cânula de traqueotomia permanece elevada e a utilização de manometria para avaliar pressões não reduz a ocorrência de hipoinsuflação ou

hiperinsuflação do balonete, o que sugere um protocolo de gestão mais intervenção (MORRIS *et al* 2007).

Figura 26. Quantidade de profissionais que sabem o valor correto da pressão do balonete interno das Próteses Traqueais.



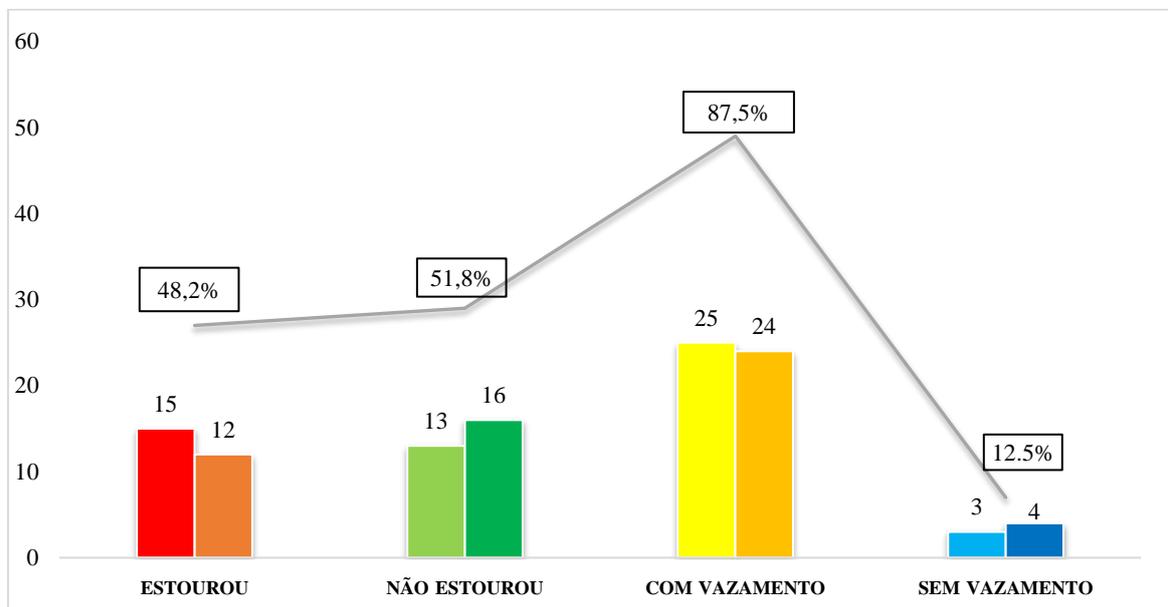
Fonte: o autor, 2015

O presente estudo teve como um dos objetivos específicos saber se os profissionais já vivenciaram vazamento ou estouro nos balonetes das próteses traqueais durante o expediente de trabalho na UTI. Foi surpreendente e ao mesmo tempo alarmante a frequência com que os profissionais de saúde relatam ter passados por essa situação. Cerca de 87,5% dizem ter presenciado vazamento e 48,2% já passaram pela situação onde o balonete interno estourou. Achados esses que corroboram com o estudo de Negro *et al* 2014, onde realizou um estudo em vivo, insuflado na traqueia de 12 porcos corante (azul de metileno) na cavidade oral dos animais. E concluiu que, assim como vários outros modelos de cuff na literatura, a marca do tubo RUSCH® 7,5 milímetros também não são capazes de selar completamente a traqueia e assim não evitar a aspiração de secreções para orofaringe. Sendo necessário criar outras ferramentas para minimizar as complicações e prevenir as lesões.

Em ambas as situações não era possível detectar o fato ocorrido, pela falta de recurso que possibilite essa detecção. O dispositivo desenvolvido tem ferramentas estratégicas que podem sinalizar aos membros da equipe de saúde das UTIs que existe

um vazamento ou provável furo nos balonetes internos das próteses traqueais (Ver gráfico da figura 13).

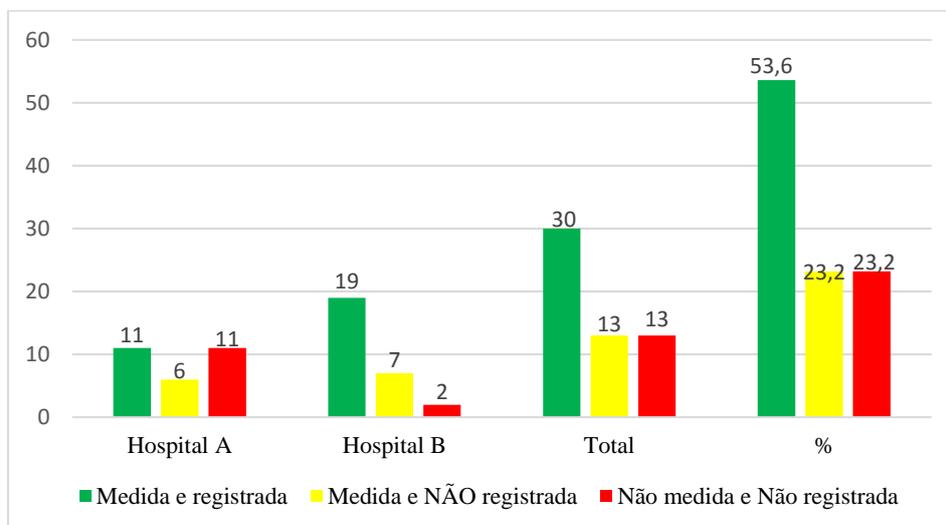
Figura 27. Gráfico de Distribuição de profissionais que relatam que o *cuff* já estourou ou apresentou vazamento durante o plantão.



Fonte: o autor, 2015.

Todas as condutas e procedimentos realizados pelos profissionais de saúde devem ser registrado ou notificado em prontuário, é uma forma de acompanhamento e monitorização da evolução do usuário de saúde. Segundo questionário aplicado com os profissionais de saúde envolvendo os dois hospitais apenas 53,6% realizam a medição e registro da pressão do *cuff* e 23,2% realiza a medição e não registra, sendo o mesmo percentual para os profissionais que não mede e nem registra a pressão do *cuff*, o que mostra o gráfico abaixo.

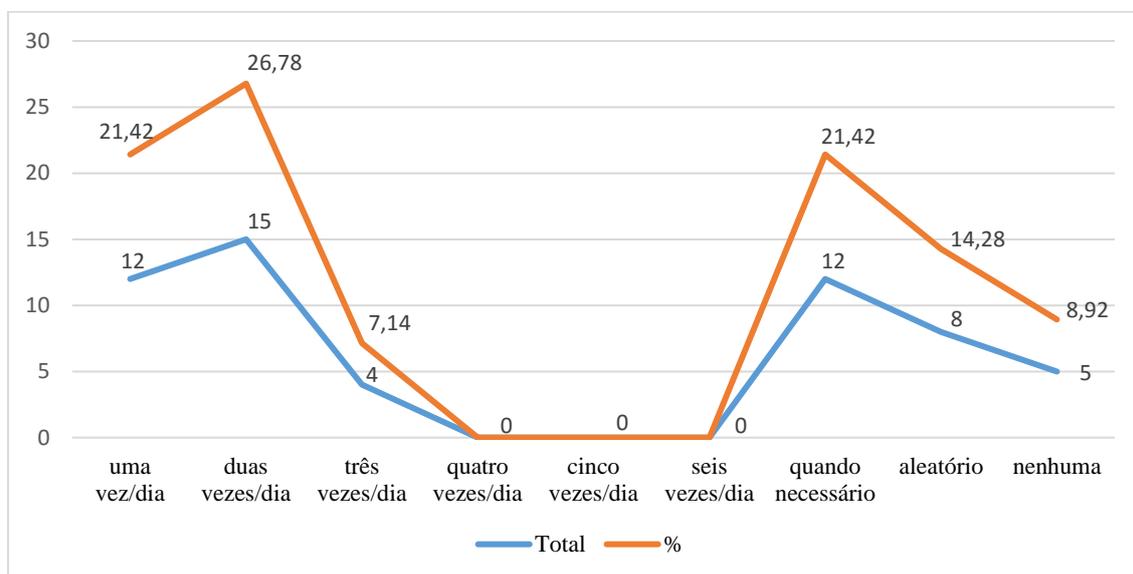
Figura 28. Frequência de local onde fica registro ou não a pressão do *cuff* pelos profissionais de saúde.



Fonte: o autor, 2015

De acordo com as diretrizes brasileira de ventilação mecânica, a recomendação é que seja realizada a mensuração da pressão do balonete interno das próteses traqueais de 6/6 horas, o que representa no mínimo quatro aferições por dia. A figura 15, ilustra que os profissionais de saúde de ambos hospitais envolvidos não realizam as medidas mínimas da pressão do *cuff* sugerida pela AMIB. Somente 26,78% realizam no máximo duas vezes/dia e 8,92% não realizam a medição da pressão, ou seja, não existe rotina ou protocolo para monitorização da pressão do *cuff*, o que leva os profissionais a realizar o procedimento quando necessário ou de forma aleatória. De acordo com Faris et al, 2007, é imprescindível que nas unidades de terapia intensiva seja instituído um protocolo para a monitorização da pressão do balonete para qualquer paciente com tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia.

Figura 29. Gráfico Frequência de medições da pressão do *cuff* realizados pelos profissionais nas UTIs.



Fonte: o autor, 2015

6. CONCLUSÃO

A partir das simulações realizadas no laboratório e clínicos, percebemos que o equipamento desenvolvido pode ser utilizado em pacientes nas diversas situações, seja, em UTI, emergência, UPA, enfermarias ou bloco cirúrgico.

A principal vantagem do equipamento é monitorar a pressão do *cuff* de forma contínua e sem a necessidade da atuação dos profissionais de saúde. Além de disponibilizar de um sistema de alarme que informa quando a pressão se apresentar fora dos limites pré-estabelecidos pelo profissional de saúde.

O dispositivo pode evitar ou minimizar as complicações proveniente da hipoinsuflação ou hiperinsuflação que pode provocar lesão traqueal, microaspiração ou até pneumonia associada a ventilação (PAV).

O dispositivo desenvolvido nesta pesquisa pode monitorar de forma contínua e em tempo real a pressão do *cuff*. Em situações onde a pressão do *cuff* se apresente com valores alterados para mais ou para menos o equipamento sinaliza aos profissionais das UTIs por meio de sinais sonoros ou visual que a pressão no momento se encontra fora dos limites pré-estabelecidos.

O equipamento por proporcionar faixa de pressões diferentes, permite aos profissionais usar a faixa mais adequada para cada paciente conforme a sua necessidade. O fato do dispositivo gerar relatórios referente as últimas horas, auxiliam no controle da pressão do *cuff* a curto e longo prazo.

O percentual de profissionais que trabalham nas UTIs que não tem especialização na área é muito alto. Muitos profissionais apresentaram um tempo elevado de formação, o que leva a crer que precisam de capacitação ou treinamento referente a pressão de *cuff*, pois os mesmos possuem pouco conhecimentos das condutas de como monitorar a pressão do balonete das próteses traqueais.

O fato de trabalhar há anos no setor da UTI não prediz que obtenha conhecimentos necessários para manuseio dos tubos orotraqueal ou cânulas de traqueostomia, pois grande parte não tem conhecimentos mínimos sobre monitorização do *cuff* e não tem conhecimentos da existência do cafômetro no seu ambiente de trabalho.

O estudo mostrou que os profissionais das UTIs na sua maioria não têm especialização na área de atuação. É importante que os pacientes em estado crítico recebam assistência de saúde qualificada.

Não existe rotina para monitorização da pressão do *cuff*, uma vez que raros são os profissionais que prescrevem no prontuário a conduta. Uma quantidade satisfatória dos profissionais gostaria que a pressão do *cuff* fosse monitorada de forma contínua, porém um percentual significativo não tem conhecimentos do equipamento, conseqüentemente não sabem utilizar.

A maioria dos profissionais das duas UTI utilizam técnica de mensuração da pressão do *cuff* de forma subjetiva com a palpação digital, ao mesmo tempo que realizam o ajuste de forma errada com a utilização da seringa, sem ter a precisão de ter corrigido a pressão para os valores corretos. O nível de conhecimento dos profissionais independente da formação com relação aos valores pressóricos do balonete das próteses traqueais é muito baixo, necessitando de treinamentos.

Os terapeutas intensivistas relatam que os tubos endotraqueais ou as cânulas que traqueostomia apresentam vazamento ou furo durante o período de trabalho. Os mesmos não têm cultura de registrar em prontuário a pressão do balonete das próteses traqueais, assim como não realizam a quantidade correta de aferições do *cuff* preconizada pela sociedade brasileira de pneumologia e fisiologia.

REFERENCIAS

ALVES D.S.S, MAGUETA A.C, BASTOS E. **Intubação traqueal**. Knobel E. Terapia intensiva-enfermagem. São Paulo: Atheneu; 2005.

ASSOCIAÇÃO DE MEDICINA INTENSIVA BRASILEIRA (AMIB), SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA (SBPT). **Diretriz Brasileira de Ventilação Mecânica**, 2013.

BARBAS C.S, ÍSOLA A.M, FARIAS A.M, CAVALCANTI A.B, GAMA A.M, DUARTE A.C. **Internação em Unidade de Terapia Intensiva: Percepção de Pacientes**. Revista Brasileira Terapia Intensiva; v. 26, n.2: pág.89-121, 2014.

BARBOSA P.M.K, SANTOS B.M.O. **Alterações morfológicas em traquéias de pacientes intubados em função do tempo de intubação**. Rev Latinoam Enferm. 2003;11(6):727-33.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 1884, de 11 de novembro de 1994). Disponível em www.saude.gov.br. Acessado em 15 de novembro de 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 3.432 de agosto de 1998**. Disponível em www.saude.gov.br. Acessado em 15 de novembro de 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO-RDC Nº 2 gerenciamentos de tecnologias em saúde em estabelecimentos de saúde**. Disponível em www.saude.saude.br. Acessado em 15 de novembro de 2014.

BRASIL. Fundo Nacional de Saúde. **Sistema de Informação e Gerenciamento de Equipamentos e Materiais**. Disponível em www.fns.saude.gov.br. Acessado em 10 de novembro de 2015.

CASTELLÕES T.M, SILVA L.D. **Guia de cuidados de enfermagem na prevenção da extubação acidental**. Revista brasileira de enfermagem, vol.60, nº.1, Brasília Janeiro/fevereiro. 2007.

CHAN S.M, WONG C.S, CHERNG C.H. **Determining an optimal tracheal tube cuff pressure by the feel of the pilot balloon: a training course for trainees providing airway care**. Acta Anaesthesiol Taiwan. 2009;47 (2):79-83.

CHARLEBOIS DL, EARVEN SS, FISHER CA, LEWIS R, MERREL PK. **Cuidado ao paciente: sistema respiratório**. Morton PG, Fontanine DK, Hudak CM, Gallo BM. **Cuidados críticos de enfermagem uma abordagem holística**. 8a. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007.

CORDEIRO A.M, SHIN S.H, FERNANDES I.D.E **Incidence and endoscopic characteristics of airway injuries associated endotracheal intubation in children**. Rev Assoc Med Bras, 2004;54:87-92.

COSTA A.R, MOLLER B, CARVALHO F.M, SANTIAGO G.V.S, ROMANO L.L.V.O, COSTA M.C. **Necessidade de verificação da pressão de cuff das próteses artificiais para ventilação mecânica: revisão de literatura.** Revista Movimenta ISSN: 19844298 Vol 6 N 1 (2013)

DANIELIS M, BENATTI S, CELOTTI P, DE MONTE A. E TROMBINI O. **Continuous Monitorin endotracheal tube cuff pressure: best practice in intensive care uni.** Revista Assist Inferm Ric 2015 Jan-Mar 34(1):15-20.

FARIS C.L, KOURY E, PHILPOTT J, SHARMA S, N TOLLEY, NARULA A. **Estimativa da pressão do balonete tubo de traqueostomia por palpação balão piloto.** *J Laryngol Otol.* 2007 Sep;121(9):869-71. Epub 2007 Jan 9

FELIPE A, NUNES B. **Monitorização do cuff em pacientes submetidos à ventilação mecânica prolongada.** Revista Enfermagem UNISA 2000; 1: 30-3.

GONÇALVES PC, SANTOS ABS. **Avaliação da pressão intracraniana durante a aspiração endotraqueal em pacientes neurológicos submetidos à ventilação mecânica invasiva.** [internet]. 2005 [citado em: 2008 ago. 18]. Disponível em: <http://www.sobрати.com.br/trabalho24.htm>.

GODOY AC, VIEIRA RJ. **Pressões intracuff: método econômico para calibragem.** Rev. Ciênc. Méd., Campinas, 15(3): 267-269, maio/jun., 2006.

HONEYBOURNE D, COSTELLO JC, BARHAM C. **Tracheal damage after endotracheal intubation: comparison of two types of endotracheal tubes.** Thorax, 1982; 37:500-502.

JAILLETTE E, MARTIN-LOECHES I, ARTIGAS A, NSEIR S. **Ótimo atendimento e design do manguito traqueal no paciente crítico.** Ann Terapia Intensiva. 2014 27 de fevereiro; 4 (1): 7. doi: 10,1186 / 2110-5820-4-7.

JANOSSY KM1, PULLEN J, JOVEM D, A BELL G. **O efeito do projeto do balão piloto sobre a estimativa de seguro da pressão do balonete do tubo traqueal.** Anestesia. 2010 agosto; 65 (8): 785-91. doi: 10,1111 / j.1365-2044.2010.06413.x. Epub 22 de junho de 2010.

JERRE G, SILVA TJ, BERALDO MA, GASTALDI A, KONDO C, LEME, F, et al. **III Consenso brasileiro de ventilação mecânica. Fisioterapia no paciente sob ventilação mecânica.** J Bras Pneumol. 2007; 33 (Supl 2): S 142-S 150.

JULIANO, S.R.R.; JULIANO, M.C.R.; CIVIDANES J.P.; HOULY J.G.S.; GEBARA O.C.E.; CIVIDANES G.V.L.; CATÃO E.C. **Medidas dos níveis de pressão do balonete em unidade de terapia intensiva: considerações sobre os benefícios do treinamento.** Revista Brasileira de Terapia Intensiva. São Paulo, v.19, n.3, p. 317-321, jul-set. 2007.

LOPES LSG. **A Importância Do Monitoramento Da Pressão De Cuff: Uma Revisão De Literatura.** Artigo apresentado ao curso de Especialização em Ventilação Mecânica do Centro de Estudos Avançados e Formação Integrada, chancelado pela Universidade São Marcos. Goiânia -2012.

MARTINS J.J, MAESTRI E, DOGENSKI D, NASCIMENTO E.R, SILVA R.M, GAMA FO. **Necessidade de aspiração de secreção endotraqueal: Critérios utilizados por uma equipe de enfermagem de uma unidade de terapia intensiva.** Cienc Cuid Saude 2008 Out/Dez; 7(4):517-522

MEDALHA, S.; OLIVEIRA, L.C.; GODOY, I. **Avaliação das cânulas endotraqueais e de traqueostomia em pacientes na Unidade de Terapia Intensiva.** Rev Bras Terap Intens, v. 11, n. 3, p. 90-3, julh/set., 1999.

MENDES F.F, HINTZ L, BREDEMEIER N.F. **Volumes e pressão do balonete do tubo traqueal para oclusão da traqueia.** Revista Brasileira Anestesiologia.. v.46: pág.103-106; 2006.

MESSAHEL B.F, **Total tracheal obliteration after intubation with a low- pressure cuffed tracheal tube.** Br J Anaesth; v.73: pág.697-699; 1994.

MORRIS LG, ZOUMALAN RA, ROCCAFORTE JD, AMIN MR. **Monitoring tracheal tube cuff pressures in the intensive care unit: a comparison of digital palpation and manometry.** Ann Otol Rhinol Laryngol. 2007;116 (9):639-42.

MORTON, P.G.; FONTAINE, D.; HUDAK, C. M.; GALLO, B. M. **Cuidados críticos de enfermagem: uma abordagem holística.** 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

NEGRO MS, BARRETO G, ANTONELLI RQ, BALDASSO TA, MEIRELLES LR, MOREIRA MM, TINCANI AJ. **Effectiveness cuff of the endotracheal tube in the trachea: physical and mechanical aspects.** Rev Bras Cir Cardiovasc. 2014

NORRIS C.M, **Laryngeal and tracheal trauma in association with intubation.** JFORL J Fr Otorhinolaryngol Audiophonol Chir Maxillofac; v.23: pág.163-167; 1974.

NSEIR S, ZERIMECH F, FOURNIER C, LUBRET R, Ramon P, DUROCHER A, BALDUYCK M. **Continuous control of tracheal cuff pressure and microaspiration of gastric contents in critically ill patients.** Am J Respir Crit Care Med. 2011 Nov 1;184(9):1041-7

OLIVEIRA, C.; FERREIRA, C.A.; FELTRIM, M.I.Z.; AULER Jr.; J.O.C. **Avaliação da pressão do balão do tubo endotraqueal nas primeiras horas do pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca,** Rev Bras Terap Intens, v. 6, n 1, p. 5-7, jan/mar, 1994.

ONO FC, ANDRADE AP, CARDOSO FP, MELO MH, SOUZA RN, SILVA GH. **Análise das pressões de balonetes em diferentes angulações da cabeceira do leito dos pacientes internados em unidade de terapia intensiva.** Rev Bras Ter Intensiva. 2008; 20(3): 220-225.

PATNAIK S.K, BODRA R. **Ballotability of cuff to confirm the correct intra-tracheal position of the endotracheal tube in the intensive care.** Eur J Anaesthesiol; v.17: pág.587-590, 2000.

PENITENTI R.M, VILCHES JIG, OLIVEIRA J.S.C, MIZOHATA M.G.G; CORREA D.I; ALONSOT R.M BARRETO, MATHIAZZI I.C, TESTA R.S. **Controle da pressão do cuff na unidade terapia intensiva: efeitos do treinamento**, Rev. bras. ter. intensiva vol.22 no.2 São Paulo Apr./June 2010.

PROENÇA M.O, DELL AGNOLO C.M. **Internação em Unidade de Terapia Intensiva: percepção de pacientes**. Revista Gaúcha Enfermagem, Porto Alegre (RS) 2011 jun;32(2):279-86).

QUEIMADO CELIO G.L. DAIBEM1, TALITA G.T. DE CONTI, MONIZZE M.A. SILVA, CRISTIANE ROCHA. **Análise das variações da pressão do cuff em paciente grande**. Rev Bras Queimaduras 2011;10(1):21-6.

SEMENÇATO AH, JR, MARCELINO BC, VERDELLI BM, PITONDO MC, NORONHA TT. **Avaliação das variações pressóricas do cuff pelo fisioterapeuta em pacientes submetidos à intubação orotraqueal ou traqueostomia e hospitalizados na Unidade de Terapia Intensiva da irmandade da santa casa de misericórdia de Lins**. Iº Encontro Científico e Iº Simpósio de Educação do Unisaesiano, 2007, Lins. Iº Encontro Científico e Iº Simpósio de Educação, 2007.

SERVIN SON, BARRETO G, MARTINS LC, MOREIRA M M, MEIRELLES L, NETO JAC, JÚNIOR JHZ, TINCANI AJ. **Tubo Endotraqueal Atraumático para Ventilação Mecânica**. Rev Bras Anestesiologia 2011; 61: 3: 311-319.

SILVA A, TABORDA A, VILARINHO H, ROCHA I, VIEIRA O, SILVA R. **Controle da Pressão Intrcuff em Doentes Traqueostomizados. Jornadas de Iniciação À Investigação Clínica**. Centro Hospital do Porto - Auditório do Hospital de Santo António, 1 de julho de 2011.

SOUZA CR, SANTANA VT. **Impacto da aspiração supra-cuff na prevenção da pneumonia associada à ventilação mecânica**. Rev Bras Ter Intensiva 2012; 24(4):401-406.

SHAPIRO, B.A.; HARRISON, R.A. and TROUT, C.A. **Clinical application of respiratory care**, ed. 1ª, Year Book Medical Publisher; 1975.

VALENCIA M, FERRER M, R FARRE, NAVAJAS D, BADIA JR, NICOLAS JM, TORRES A. **O controle automático de tubo traqueal manguito prfcessure em pacientes ventilados na posição semirecumbent: um ensaio randomizado**. Crit Care Med. 2007 Jun; 35 (6): 1543.

TALEKAR CR, UDY AA, BOOTS RJ, LIPMAN J, COOK D. **Tracheal cuff pressur monitoring in the ICU: a literature review and survey of current practice in Queensland**. Anaesth Intensive Care. 2014.

TOUZOT-JOURDE G1, STEDMAN NL, TRIM CM. **The effects of two endotracheal tube cuff inflation pressures in the aspiration of fluid and damage to the tracheal wall in horses** Vet Anaesth Analg. 2005 Jan; 32 (1): 23-9.

VELASCO SANZ, T. R; DELGADO DE LA FUENTE, M. RONDA; SÁNCHEZ DE LA VENTANA, A. B; MERINO MARTÍNEZ, M. REYES. **Monitoring of the endotracheal cuff pressure was inadequate before specific training of professionals. Nursing professionals, training facilitates the correct measurement of the endotracheal cuff pressure, which improves patient safety.** Revista Enfermagem Intensiva, 2015.

ZEITON SS, BARROS AL, DICCINI S, JULIANO Y. **Incidência de pneumonia associada à ventilação mecânica em pacientes submetidos à aspiração endotraqueal pelos sistemas aberto e fechado: estudo prospectivo – dados preliminares.** Revista Latino-Americana de Enfermagem. 2001; 9(1):46-52.

ZUÑIGA, Q.G.P. **Ventilação mecânica básica para enfermagem.** São Paulo: Atheneu, 2004.

ANEXOS E APÊNDICES

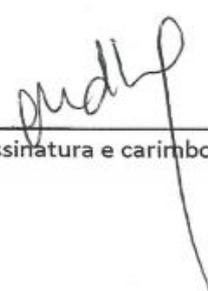
Anexo A. Carta de Anuência do Hospital Barão de Lucena.

**CARTA DE ANUÊNCIA**

Declaramos para os devidos fins, que aceitamos o pesquisador Jadiel da Silva Nascimento, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, para desenvolver a sua pesquisa intitulada: DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO E CONTROLE DA PRESSÃO DO BALONETE DAS PRÓTESES TRAQUEAIS, que está sob orientação Professor Dr. Ricardo Emmanuel de Sousa. A pesquisa será realizada na Unidade de Terapia Intensiva, e a aceitação está condicionada ao cumprimento do pesquisador aos requisitos da Resolução 466/12 e suas complementares, comprometendo-se a utilizar os dados e materiais coletados, exclusivamente para os fins de pesquisa. O início será realizado após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

Recife, 25 de junho de 2015.

Hospital Barão de Lucena
Aldir Chagas Filho
Coordenador Técnico - UTI Adulto
Matricula SES 362.336-0



Nome / assinatura e carimbo do responsável pela Instituição

Anexo B. Carta de Anuência do Hospital Santa Casa da Misericórdia.



CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins, que aceitamos o pesquisador Jadiel da Silva Nascimento, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, para desenvolver a sua pesquisa intitulada: **DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO E CONTROLE DA PRESSÃO DO BALONETE DAS PRÓTESES TRAQUEAIS**, que está sob orientação Professor Dr. Ricardo Emmanuel de Sousa. A pesquisa será realizada na Unidade de Terapia Intensiva, e a aceitação está condicionada ao cumprimento do pesquisador aos requisitos da Resolução 466/12 e suas complementares, comprometendo-se a utilizar os dados e materiais coletados, exclusivamente para os fins da pesquisa. O início será realizado após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

Recife, 12 de dezembro de 2014.

Roberta Cavalcanti de Almeida
Nome /assinatura e carimbo do responsável pela Instituição

Av. Cruz Cabugá, 1563 – Santo Amaro – Recife - PE
Tel/Fax: 3412.3800 – sta-casa@santacasarecife.org.br
C.N.P.J. (M.F.) 10.869.782/0001-53
www.santacasarecife.org

Anexo C. Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética.

FACULDADE ESTÁCIO DO
RECIFE - ESTÁCIO RECIFE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de um Dispositivo para Medição e Controle da Pressão do Balonete das Próteses Traqueais.

Pesquisador: Jádriel da Silva Nascimento

Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

Versão: 2

CAAE: 43470415.8.0000.5640

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.043.430

Data da Relatoria: 27/05/2015

Apresentação do Projeto:

As unidades de terapia intensiva (UTI) são ambientes destinados ao atendimento de pacientes graves, com potencial risco de morte, que necessitam de atendimento ininterrupto, caracterizadas, muitas vezes, como um ambiente relacionado ao sofrimento e a morte. Sabe-se que nessas unidades é comum encontrar pacientes que necessitam de suporte ventilatório mecânico invasivo através de prótese traqueal. Destas, as mais utilizadas são os tubos endotraqueais e as cânulas de traqueostomia. Para uma ventilação mecânica adequada, sem que haja escape aéreo, as próteses endotraqueais e de traqueostomia possuem na sua porção distal um balonete, cuja função é selar a via

aérea, tendo como objetivo desenvolver um equipamento afim de mensurar e monitorar a pressão do balonete do tubo orotraqueal, de pacientes internados na unidade de terapia intensiva do hospital Santa Casa de Misericórdia do Recife". Trata-se de um estudo seccional, descritivo, exploratório de caráter prospectivo com análise quantitativa dos dados, será aplicado um questionário sobre o conhecimento dos profissionais de saúde (Médicos, Fisioterapeutas, Enfermeiros e Técnicos de Enfermagem) sobre manipulação do Cuff e um formulário sobre dados referentes a ventilação mecânica do paciente.

Endereço: Av. Engenheiro Abdias de Carvalho, 1480, 1º andar, Madalena, Recife-PE

Bairro: MADALENA

CEP: 50.720-635

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)3226-8813

E-mail: comite.etica@estacio.br

Continuação do Parecer: 1.043.430

Objetivo da Pesquisa:

Desenvolver um equipamento específico para aferir e corrigir a pressão do balonete do tubo orotraqueal em pacientes hospitalizados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) sob ventilação mecânica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Quanto aos riscos e desconfortos, o tipo de abordagem desenvolvida nesta pesquisa se classifica como de risco mínimo para todos os sujeitos da pesquisa, visto que não interfere nas condutas terapêuticas dos pacientes e não expõem seus cuidadores e profissionais em nenhuma fase da pesquisa, como também não expõem os juízes especialistas, uma vez que seu anonimato é preservado e não trazem nenhum prejuízo quanto a sua imagem profissional. Caso você venha a sentir algo fora desses padrões, comunicar imediatamente ao pesquisador para que sejam tomadas as devidas providências.

Os benefícios esperados com o resultado desta pesquisa são: uma contribuição ao bom desenvolvimento e implementação de uma nova estrutura de assistência prestada ao público estudado, contribuindo para uma aproximação entre os profissionais e os usuários e favorecendo ao meio assistencial uma ferramenta de qualidade que vise a qualidade de vida.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa tem boa justificativa teórica para a execução da pesquisa, porém precisa de algumas informações adicionais no projeto como por exemplo, apresentar tópicos com a análise estatística, riscos e benefícios e custos da pesquisa

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresenta todos os itens obrigatórios, inclusive a carta de anuência.

Recomendações:

Recomendamos colocar os riscos e benefícios que estão apresentados no TCLE no corpo do projeto e detalhar o pacote que será utilizado na estatística (Origin)

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Sim

Endereço: Av. Engenheiro Abdias de Carvalho, 1480, 1º andar, Madalena, Recife-PE
Bairro: MADALENA **CEP:** 50.720-635
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)3226-8813 **E-mail:** comite.etica@estacio.br

FACULDADE ESTÁCIO DO
RECIFE - ESTÁCIO RECIFE



Continuação do Parecer: 1.043.430

Considerações Finais a critério do CEP:

O presente projeto, seguiu nesta data para análise da CONEP e só tem o seu início autorizado após a aprovação pela mesma.

RECIFE, 30 de Abril de 2015

Assinado por:
Juliana Kelle de Andrade Lemoine Neves
(Coordenador)

Endereço: Av. Engenheiro Abdias de Carvalho, 1480, 1º andar, Madalena, Recife-PE

Bairro: MADALENA

CEP: 50.720-635

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)3226-8813

E-mail: comite.etica@estacio.br

Apêndice 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os profissionais de saúde.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

(De acordo com os critérios da resolução 466/12 do Conselho Nacional da Pesquisa)

Prezado(a) profissional, Sr(a). está sendo convidado(a) para participar da pesquisa **“Desenvolvimento de um Dispositivo para Medição e Controle da Pressão do Balonete das Próteses Traqueais”**, sob responsabilidade dos pesquisadores Dr. Ricardo Emmanuel de Sousa e do Mestrando Jadiel da Silva Nascimento.

O objetivo desta pesquisa é elaborar e utilizar um equipamento para mensuração e monitoramento da pressão do balonete do tubo orotraqueal, de pacientes internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTI), e avaliar o perfil e o nível de conhecimento dos profissionais das UTIs (Médicos, Fisioterapeutas, Enfermeiros e Técnicos de Enfermagem) em relação a pressão do *cuff*.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder ao questionário sobre sua formação, atuação profissional e conhecimentos relacionados a pressão do *cuff*. O equipamento será utilizado por 12 horas para medição e monitoramento da pressão do *cuff*, dos pacientes que os seus responsáveis legais concordarem em participar da pesquisa.

A justificativa da pesquisa é baseada em estudos que relatam que a pressão do tubo endotraqueal mantidas em valores acima de 30 cmH₂O podem ocasionar complicações como estenose de traqueia, necrose da cartilagem traqueal, traqueomalácia entre outras. Atualmente o valor de referência estipulado é de 18 a 22 mmHg ou 25 a 30 cmH₂O. Manter níveis de pressão abaixo dos valores de referências pode levar o paciente a desenvolver broncoespasmos, pneumonias, escape de ar em vias aéreas, complicações na dinâmica respiratórias. O ideal é manter os níveis pressóricos semelhantes a pressão de perfusão sanguínea das mucosas traqueais que gira em torno de 25 e 35 mmHg ou 20 e 30 cmH₂O.

Os **riscos** relacionados com sua participação são considerados mínimos como constrangimentos, uma vez que a utilização do equipamento não interfere em conduta médica e nem em sua rotina de trabalho e não acrescenta substâncias de nenhuma natureza para os pacientes. O dispositivo não tem caráter invasivo, pois é acoplado a parte externa do tubo orotraqueal e será manipulado apenas pelo pesquisador e membros da equipe treinados. O possível risco de constrangimento do profissional ao responder o questionário será minimizado pois este o fará individualmente em ambiente reservado.

Os **benefícios** relacionados com a sua participação são contribuir com desenvolvimento de um novo aparelho de assistência prestada a pacientes em ventilação mecânica, favorecendo ao meio assistencial uma ferramenta de qualidade que vise adequado suporte a pacientes de UTI. Este equipamento pretende minimizar os riscos de infecção respiratória por reduzir a possibilidade de aspiração de secreções para o pulmão por promover adequada pressão do tubo na traquéia.

Jadiel Nascimento

Participante da Pesquisa

Departamento de Engenharia Biomédica (UFPE)

Caso veja verificado valores acima do recomendado será informado a equipe de saúde para que seja realizada a correção. Em casos de inexistência do aparelho, será ensinado os métodos alternativos para realizar a aferição. Pode ser com o equipamento artesanal ou com o estetoscópio realizando a técnica de pressão mínima de oclusão.

Você terá o direito de decidir livremente se desejará ou não participar, assim como sair da pesquisa a qualquer momento. **Sua participação é voluntária.** Você não terá que gastar dinheiro, nem tão pouco será pago para participar da pesquisa. Tem o direito assegurado ao sigilo dos dados coletados e à sua participação. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e publicadas apenas em meios científicos. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação.

Você receberá uma via deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional do pesquisador principal e do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Eu, _____, participante declaro ter sido informado e concordo em participar, como participante da pesquisa do projeto acima descrito.

 Jadiel da Silva Nascimento
 (Pesquisador responsável)

 Participante da Pesquisa

 Testemunha

 Testemunha

Jadiel da Silva Nascimento

Pesquisador

E-mail: ja26nascimento@hotmail.com

Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade

Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901

Fone PABX: (81) 2126.8000

Comitê de Ética em Pesquisa – CEP

Avenida Abdias de Carvalho, 1678

Madalena

Recife – Pernambuco

Fone: (81)3226-8800

CEP:50.720-635



Apêndice 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os responsáveis pelo paciente.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

(De acordo com os critérios da resolução 466/12 do Conselho Nacional da Pesquisa)

O Sr (a). está sendo convidado (a) para participar da pesquisa “**Desenvolvimento de um Dispositivo para Medição e Controle da Pressão do Balonete das Próteses Traqueais.**”

O objetivo deste estudo é utilizar um novo equipamento que pode medir e monitorar a pressão do balonete do tubo orotraqueal dos pacientes internados nesta Unidade de Terapia Intensiva (UTI).

Sua participação nesta pesquisa consistirá em permitir que seja utilizado o equipamento durante 12 horas para medição e monitoramento da pressão do *cuff*, que consiste no bolenete externo do tubo orotraqueal.

A justificativa da pesquisa é baseada em estudos que relatam que a pressão do tubo endotraqueal mantidas em valores acima de 30 cmH₂O podem ocasionar complicações como estenose de traqueia, necrose da cartilagem traqueal, traqueomalácia entre outras. Atualmente o valor de referência estipulado é de 18 a 22 mmHg ou 25 a 30 cmH₂O. Manter níveis de pressão abaixo dos valores de referências pode levar o paciente a desenvolver broncoespasmos, pneumonias, escape de ar em vias aéreas, complicações na dinâmica respiratórias. O ideal é manter os níveis pressóricos semelhantes a pressão de perfusão sanguínea das mucosas traqueais que gira em torno de 25 e 35 mmHg ou 20 e 30 cmH₂O.

Os **riscos** relacionados com sua participação são considerados mínimos como: hiperinsuflação do balonete externo, despressurização do *cuff* e alterações de volumes e capacidades pulmonares. Uma vez que a utilização do equipamento não interfere em conduta médica e não acrescenta substâncias de nenhuma natureza para o sr. (a). O dispositivo não tem caráter invasivo, pois é acoplado a parte externa do tubo orotraqueal e será manipulado apenas pelo pesquisador e membros da equipe treinados. Além disso, a utilização do equipamento não o deixará desprovido de supervisão médica e equipe de saúde da UTI. Caso seja verificado valores acima do recomendado será informado a equipe de saúde para que seja realizada a correção. Em casos de inexistência do aparelho, será ensinado os métodos alternativos para realizar a aferição. Pode ser com o equipamento artesanal ou com o estetoscópio realizando a técnica de pressão mínima de oclusão. Os **benefícios** relacionados com a sua participação são contribuir com desenvolvimento de um novo aparelho de assistência prestada a pacientes em ventilação mecânica, favorecendo ao meio assistencial uma ferramenta de qualidade que vise adequado suporte a pacientes de UTI. Este equipamento visa minimizar os riscos de infecção respiratória por reduzir a possibilidade de aspiração de secreções para o pulmão por promover adequada pressão do tubo na traquéia.

Jadiel Nascimento

Participante da Pesquisa

Departamento de Engenharia Biomédica (UFPE)

Você terá o direito de decidir livremente se desejará ou não participar, assim como sair da pesquisa a qualquer momento. **Sua participação é voluntária.** Você não terá que gastar dinheiro, nem tão pouco será pago para participar da pesquisa. Tem o direito assegurado ao sigilo dos dados coletados. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais, publicadas apenas em meios científicos. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação.

Você receberá uma **via** deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional do pesquisador principal e do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Eu, _____, participante ou responsável por _____, declaro ter sido informado e concordo em participar, como participante da pesquisa do projeto acima descrito.

 Jadiel da Silva Nascimento
 (Pesquisador responsável)

 Participante da Pesquisa

 Testemunha

 Testemunha

<p>Jadiel da Silva Nascimento Pesquisador E-mail: ja26nascimento@hotmail.com Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901 Fone PABX: (81) 2126.8000</p>	<p>Comitê de Ética em Pesquisa – CEP Avenida Abdias de Carvalho, 1678 Madalena Recife – Pernambuco Fone: (81)3226-8800 CEP:50.720-635</p>
---	---

Apêndice 3. Formulário para coleta de dados do paciente.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
Pesquisador: Jadiel da Silva Nascimento



Título
DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO E
CONTROLE DA PRESSÃO DO BALONETE DO TUBO OROTRAQUEAL EM
PACIENTES SOB RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL
FORMULÁRIO PARA COLETA DA PESQUISA (paciente)

Nome: _____

Idade: _____ **Sexo:** () masculino () feminino

Diagnóstico: _____

1. Período de respiração artificial.

() < 15 dias () 16-30 dias () 1-3 meses () 4-6 meses () > 6 meses

2. Tipo de prótese traqueal utilizada.

() Tubo orotraqueal n° _____

() cânula de traqueostomia n° _____

() outros

3. Aferição da pressão do balonete da prótese traqueal

Cufômetro analógico _____

Dispositivo dos pesquisadores _____

4. Aferição da pressão do balonete da prótese traqueal com dispositivo de 6/6 horas

1º aferição _____

2º aferição _____

3º aferição _____

4º aferição _____

Apêndice 4. Questionário para coleta de dados dos profissionais de saúde.

6º Durante o seu plantão já aconteceu do CUFF estourar?

Sim ()

Não ()

7º Já ocorreu de realizar a insuflação do CUFF, e minutos depois o CUFF apresentou-se vazio?

Sim ()

Não ()

8º Existe na prescrição do paciente, a conduta de aferir a pressão do CUFF?

Sim ()

Não ()

9º Qual a frequência com que é aferida a pressão do CUFF/dia?

() uma vez

() cinco vez

() duas vezes

() seis vezes

() três vezes

() quando

necessário

() quatro vezes

() aleatório

() nenhuma

10º Em sua opinião a monitorização da pressão do CUUF deve ser realizada de que forma?

() pontual (horário)

() contínuo

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA BIOMÉDICA



Título

**DESENVOLVIMENTO DE UM
DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO E
CONTROLE DA PRESSÃO DO BALONETE
DAS PROTESES TRAQUEAIS**

Pesquisador: Jadiel da Silva Nascimento

Orientador: Ricardo Emmanuel de Souza

Recife, 2015

FORMULÁRIO PARA COLETA DA PESQUISA**Nome:** _____**Idade:** _____**Sexo:** () masculino () feminino

Profissão: () Médico () Fisioterapeuta ()
 Fonoaudióloga
 () Enfermeiro () Técnico de enfermagem

Tempo de formado: () < 1 ano () 1-5 anos
 () 6-10 anos () > 10 anos

Instituição onde realizou a graduação: _____

() pública
 () privada

Possui Pós-graduação: Sim (), se Sim, qual área

 Não ()

Especialização na área: Sim ()
 Não ()

Titulações: () especialização () residência
 () mestrado () doutorado

Setor que você trabalha? () UTI
 () Enfermaria

Tempo de trabalho no setor? () < 1 ano () 1-5
 anos
 () 6-10 anos () > 10
 anos

1º Você sabe qual o valor de referência da pressão do CUFF?

Sim (), se Sim qual? _____

Não ()

2º Qual o método utilizado para verificar a pressão do CUFF?

() cufômetro analógico
 () cufômetro artesanal
 () pressão digital (palpação com os dedos)
 () ausculta traqueal
 () outros, Qual?

3º Existe no setor algum equipamento para realizar a medição do CUFF?

Sim ()

Não ()

4º Com relação a medição da pressão do CUFF, assinale a opção utilizada:

() A medição é realizada e registrada. Onde?

() A medição é realizada mas não registrada.

() A medição não é realizada.

5º Caso seja necessário corrigir a pressão do CUFF, como é realizada?

() cufômetro analógico
 () cufômetro artesanal
 () seringa 10 ml
 () volume mínimo de oclusão (VMO)
 () outros,
 qual? _____

Apêndice 5. Resumo Expandido do XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica

DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO E CONTROLE DA PRESSÃO DO CUFF DAS PROTESES TRAQUEAIS

J. S. Nascimento*, W. P. Santos **, R.
E. Souza ***.

* Mestrando do Departamento de
Engenharia Biomédica / UFPE, Recife,
Brasil

**Co-orientador, Docente do
Departamento de Engenharia
Biomédica / UFPE, Recife, Brasil

***Orientador, Docente do
Departamento de Engenharia
Biomédica / UFPE, Recife, Brasil
e-mail:

ja26nascimento@hotmail.com.br

Resumo: É fundamental que pacientes submetidos a assistência ventilatória mecânica invasiva (AVMI) possam ter os efeitos da hiperinsuflação ou a despressurização do tórax endotraqueal ou cânula de traqueostomia minimizados, visando reduzir as complicações decorrentes da pressão alterada. Para isso faz-se necessário a monitorização da pressão do balonete com o equipamento (cafômetro) específico destinado para esse fim. Contudo, são poucas as UTIs que disponibilizam e utilizam este dispositivo de forma adequada. O objetivo da pesquisa foi desenvolver um equipamento que possa mensurar a pressão do *cuff* de forma contínua. O passo inicial para o desenvolvimento do equipamento foi a escolha do sensor de pressão de baixa intensidade, cuja a função primordial do sensor é transformar uma grandeza fisiológica (pressão) em uma grandeza elétrica (tensão). O equipamento desenvolvido é capaz de monitorar a pressão do *cuff*, em tempo real e de forma contínua. O sistema de alarme sonoro e visual com três LEDs, cada uma com finalidades diferentes, sendo a LED verde responsável em informar que os valores estão dentro dos normais, a LED amarela indica que o valor da pressão se encontra fora dos limites máximo e mínimo estabelecidos como referência e a LED vermelha indicando pressão nula do *cuff*. O equipamento desenvolvido pode ser utilizado em pacientes em diversas situações, seja, em UTI, emergência, UPA, enfermarias ou bloco cirúrgico. A principal vantagem do equipamento é monitorar a pressão do *cuff* de forma contínua e sem ajuda dos profissionais de saúde.

Abstract: It is essential that patients undergoing invasive mechanical ventilation (AVMI) may have the effect of hyperinflation or depressurization of all endotracheal or tracheostomy tube minimized in order to reduce the complications of the modified pressure. For this it is necessary to monitor the *cuff* pressure with the equipment (cafômetro) specific intended for that purpose. However, few ICUs that provide and use this device properly. The objective of the research was to develop a device that can measure the cuff pressure continuously. The initial step in the development of the equipment was the choice of low-level pressure sensor, whose primary function of the sensor is to turn a physiological variable (pressure) into an electrical magnitude (voltage). The equipment developed is able to monitor the cuff pressure in real time and continuously. The audible and visual alarm system with three LEDs, each with different purposes, and the green LED charge to report that the values are within normal, the yellow LED indicates that the pressure value is outside the maximum and minimum limits as a reference and the red LED indicates zero pressure *cuff*. The equipment developed can be used in patients in different situations, is in ICU, emergency, UPA, ward or operating theater. The main advantage of equipment is to monitor the cuff pressure continuously and without the help of health professionals.

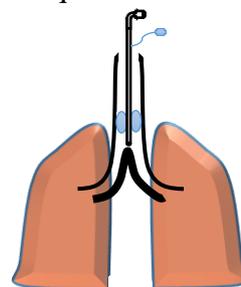
Introdução

A insuficiência respiratória pode ser dividida em Hipoxêmica ou tipo I, onde é caracterizada pelo déficit na oxigenação e Hipercápnica ou tipo II, caracterizada pela deficiência do sistema respiratório em ventilação. O uso de ventilação artificial é indicado para indivíduos que apresentem, insuficiência ou falência respiratória, traumatismo crânio encefálico ou pacientes politraumatizados. Os indivíduos em ventilação artificial normalmente se encontram nas unidades de terapia intensiva (UTI). A UTI é ambiente destinado a atendimento de pacientes graves, com potencial risco de morte, que necessitam de atendimento ininterrupto, caracterizadas, muitas

vezes, como um ambiente relacionado ao sofrimento e a morte ⁽¹⁾. Sabe-se que nessas unidades é comum encontrar pacientes que necessitam de suporte ventilatório mecânico invasivo através de prótese traqueal. Para uma ventilação mecânica adequada, sem que haja escape aéreo, as próteses endotraqueais e de traqueostomia possuem na sua porção distal um balonete, cuja função é selar a via aérea ^(2, 3, 4). O suporte ventilatório mecânico, tanto não invasivo como invasivo, deve ser realizado de forma adequada e segura para evitar a lesão induzida pela ventilação mecânica (VM). É utilizada com objetivo de substituir totalmente ou parcialmente a ventilação espontânea, sendo indicada na insuficiência respiratória aguda (IRpA) ou crônica agudizada ⁽⁵⁾. Existe atualmente um número significativo de estabelecimentos de saúde com leitos de UTI no Brasil. É fundamental que pacientes submetidos a assistência ventilatória mecânica invasiva (AVMI) possam ter os efeitos da hiperinsuflação ou a despressurização do tórax endotraqueal ou cânula de traqueostomia minimizados, visando reduzir as complicações decorrentes da pressão alterada. Para isso faz-se necessário a monitorização da pressão do balonete com o equipamento (cafômetro) específico destinado para esse fim. Contudo, são poucas as UTIs que disponibilizam e utilizam este dispositivo de forma adequada. No entanto, os profissionais de saúde responsáveis por esse procedimento, como médicos, fisioterapeutas, enfermeiros, fonoaudiólogo e técnicos de enfermagem, na sua grande maioria realizam a mensuração de forma subjetiva utilizando da pressão digital (palpação com ponta dos dedos) realizada no balonete externo de prova, método esse incorreto e pouco confiável. O ideal é manter os níveis pressóricos semelhantes a pressão de perfusão sanguínea das mucosas traqueais que

gira em torno de 25 e 35 mmHg ou 20 e 30 cmH₂O ⁽⁴⁾.

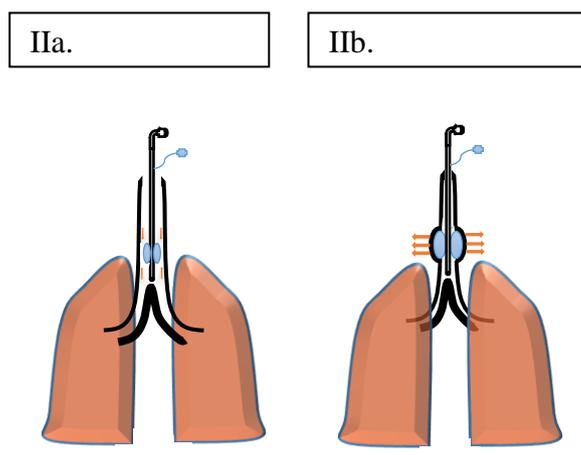
Figura 1. Demonstração da pressão ideal do *cuff* na traqueia.



Fonte: Autor, 2016

Seja a pressão do *cuff* estabelecida em valores elevados ou a baixos do preconizado (ver figura 2), isso favorece o aumento no tempo de hospitalização, decorrente as suas complicações e conseqüentemente o aumento na permanência dos pacientes nos hospitais. Reduzindo com isso a rotatividades dos leitos e ocasionando um aumento dos custos com o sistema único de saúde (SUS).

Figura 2. Demonstração da pressão do *cuff* exercida na traqueia em duas situações distintas.



Fonte: Autor, 2016

A mensuração da pressão do *cuff* deve ser realizada como rotina hospitalar, sendo observado pelo profissional de saúde, a vigilância das

pressões do *cuff* como uma forma de prevenção de possíveis complicações (LOPES, 2012). Com o intuito de evitar as possíveis complicações proveniente da pressão do *cuff* em valores inadequados. A pesquisa deve como objetivo desenvolver um equipamento que possa mensurar a pressão do *cuff* de forma contínua.

Materiais e Métodos

Trata-se de um estudo experimental, realizado no ano de 2015 no laboratório de instrumentação biomédica do Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O passo inicial para o desenvolvimento do equipamento foi a escolha do sensor de pressão de baixa intensidade, cuja a função primordial do sensor de pressão é transformar uma grandeza fisiológica (pressão) em uma grandeza elétrica (tensão). O sensor selecionado trabalha em níveis de tensão de 0 volts (V) a 5 V, no entanto o nível máximo de pressão é 100 cmH₂O que corresponde a 5 V. O sensor de pressão possui duas vias e três terminais, uma via é a de referência, e tem como tal a pressão atmosférica, a segunda via é a de medição que vai ser conectada a uma mangueira direto ao *cuff*. Cada um dos três terminais tem uma função, o terminal preto é o terra (GND), o terminal cinza é a saída do sensor que é ligado a ao Arduino MEGA e o terminal vermelho é o fio de alimentação do circuito, conforme figura 3 abaixo.

Figura 3. Ilustração do sensor utilizado no desenvolvimento do dispositivo.

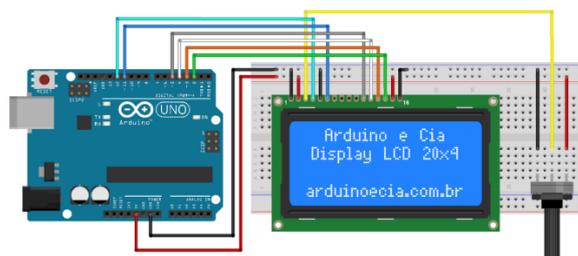


Fonte: o autor, 2015

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica muito utilizado para automatização de processos eletrônicos. Para realizar a programação utilizamos a porta Universal Serial Bus (USB) da plataforma de programação própria do Arduino.

A interface utilizada para a comunicação entre o usuário e o equipamento, chamada de Interface Homem-máquina (IHM) foi o Liquid crystal display (LCD) 20x4, que possui 20 colunas e 4 linhas e permite exibir as informações que desejamos através da programação. Na figura 4 abaixo é demonstrado como foi realizado a ligação do LCD ao Arduino.

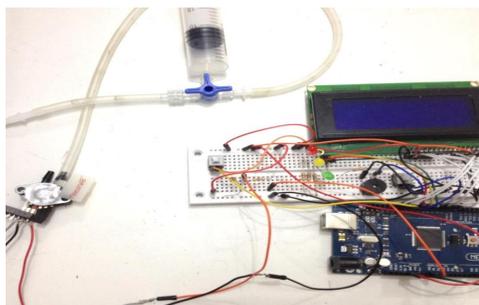
Figura 4. Ilustração da ligação do Arduino MEGA com o LCD.



Fonte: www.arduinoecia.com.br

Na figura 5 podemos compreender melhor a disposição dos materiais e elementos eletrônicos que foi implementado no dispositivo. Podemos observar o sensor de pressão a esquerda da imagem com os seus três terminais (cinza, preto e vermelho), em uma das suas vias existe uma mangueira de silicone que conduz a pressão do balonete externo para o sensor, no lado direito da imagem visualizamos de cima para baixo, o LCD, o protoboard onde foi organizado e interligado os componentes eletrônicos utilizados como: resistores, LEDs, buzinas, chaves eletrônicas, etc.) e a placa Arduino MEGA.

Figura 5. Distribuição do circuito eletrônico utilizado para construção do dispositivo.



Fonte: Autor, 2015

Resultados

O equipamento em sua vista anterior foi projetado para conter uma chave liga/desliga, responsável pelo acionamento e paralização do mesmo, um display LCD com visor de 18 dígitos, cuja, função é mostrar o valor da pressão do *cuff*, em tempo real e de forma contínua (figura 6a e 6b).

Figura 6a e 6b. Layout e ilustração anterior do equipamento.



Fonte: Autor, 2015

O sistema de alarme sonoro e visual com três LEDs, cada uma com finalidades diferentes, sendo a LED verde responsável em informar que os valores estão dentro dos normais, a LED amarela indica que o valor da pressão se encontra fora dos limites máximo e mínimo estabelecidos como referência e a LED vermelha indicando pressão nula do *cuff* (figura 7).

Figura 7. Ilustração do equipamento funcionando e mostrando a pressão normal (A), pressão acima ou abaixo do valor de referência (B) e pressão nula (C).



Discussão e Conclusão

A partir das simulações realizadas no laboratório percebemos que o equipamento desenvolvido pode ser utilizado em pacientes em diversas situações, seja, em UTI, emergência, UPA, enfermarias ou bloco cirúrgico. A principal vantagem do equipamento é monitorar a pressão do *cuff* de forma contínua e sem ajuda dos profissionais de saúde. Além de disponibilizar de um sistema de alarme que informa quando a pressão se apresentar fora dos limites pré-estabelecidos pelo profissional de saúde. O dispositivo tem intenção de evitar ou minimizar as complicações proveniente da hipoinflação ou hiperinflação que pode provocar lesão traqueal, microaspiração ou até

pneumonia associada a ventilação (PAV). Quando comparado com o cafômetro existente no mercado, o mesmo, onde possui funcionamento mecânico, não possui possibilidade de calibragem, sua utilização depende do ser humano para sua aplicabilidade. Apresenta vazamento durante o procedimento de medição na acoplagem e desacoplagem do aparelho no TOT ou TQT, o que não garante a pressão adequada. Como trabalhos futuros, é possível adicionar ao equipamento um sistema de controle automático, e realizar estudos clínicos multicêntricos com a intenção de validação do instrumento.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Pernambuco, em especial ao Departamento de Engenharia Biomédica e Departamento de Física pela contribuição no desenvolvimento do equipamento.

Referências

PROENÇA M.O, DELL AGNOLO C.M. **Internação em Unidade de Terapia Intensiva: percepção de pacientes.** Revista Gaúcha Enfermagem, Porto Alegre (RS) 2011 jun;32(2):279-86).

NORRIS C.M, **Laryngeal and tracheal trauma in association with intubation.** JFORL J Fr Otorhinolaryngol Audiophonol Chir Maxillofac; v.23: pág.163-167; 1974.

MENDES F.F, HINTZ L, BREDEMEIER N.F. **Volumes e pressão do balonete do tubo traqueal para oclusão da traqueia.** Revista Brasileira Anestesiologia.. v.46: pág.103-106; 2006.

JULIANO, S.R.R.; JULIANO, M.C.R.; CIVIDANES J.P.; HOULY J.G.S.; GEBARA O.C.E.; CIVIDANES G.V.L.; CATÃO E.C. **Medidas dos níveis de pressão do balonete em unidade de**

terapia intensiva: considerações sobre os benefícios do treinamento. Revista Brasileira de Terapia Intensiva. São Paulo, v.19, n.3, p. 317-321, jul-set. 2007.

BARBAS C.S, ÍSOLA A.M, FARIAS A.M, CAVALCANTI A.B, GAMA A.M, DUARTE A.C. **Internação em Unidade de Terapia Intensiva: Percepção de Pacientes.** Revista Brasileira Terapia Intensiva; v. 26, n.2: pág.89-121, 2014.