

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**

**Base de dados de sinais oscilométricos de pressão arterial**

**Relatório final**

**Pesquisadores:**

**Profa. Dra. Sandra Stump**  
**Prof. M.Sc. José Gomes Gonçalves Filho**  
**Prof. Dr. Paulo Batista Lopes**  
**Profa. M.Sc. Raquel Cymrot**  
**Aluna Amanda de Menezes Pedro**  
**Aluno Claudemir Costa da Silva**  
**Aluna Juliana Pezzarini**  
**Aluno Luis Fernando da Silva**

## **I – Introdução:**

Como o aumento da média etária da população mundial (Kalache, 1987), a preocupação com a preservação da saúde das pessoas aumentou bastante, com o consequente acréscimo do volume de investimentos na busca por novos dispositivos clínicos, terapias, e métodos de diagnósticos. Neste contexto, é importante salientar a alta incidência de doenças cardíacas e óbitos por esta razão.

Este fato causa uma enorme procura por aparelhos e métodos que possam ser usados no diagnóstico e controle de problemas relacionados ao coração humano. Mais ainda, algoritmos automáticos de análise dos sinais cardiológicos que possam ser utilizados em ambiente doméstico ou ambulatorial são objetos de pesquisa e desenvolvimento. O médico da família que media a pressão usando um estetoscópio e um manguito conectado a um manômetro foi, em grande parte, substituído por um aparelho portátil de uso doméstico. O antigo aparelho de eletrocardiograma cedeu a vez para “holters” portáteis que monitoram estes sinais 24 horas por dia.

É importante observar que o indicador inicial de que há alguma disfunção cardíaca numa pessoa é o aumento da pressão arterial. Mesmo sendo assintomática, a hipertensão faz-se presente em quase todas as complicações cardiovasculares, encefálicas, coronarianas, renais e vasculares. Esta característica cunhou o epíteto “morte silenciosa” para designar a hipertensão arterial. A partir de medições casuais, estima-se que 50% da população brasileira com mais de 40 anos de idade apresentam um quadro compatível com a alteração da pressão arterial (Ministério da Saúde, 2004) . A “American Heart Association” publicou um levantamento, segundo o qual um terço da população adulta americana sofre de hipertensão (American Heart Association, 2009).

Destas estatísticas, é facilmente inferida a importância dos métodos automáticos de medida da pressão arterial que são utilizados na monitoração de pacientes tanto em ambiente clínico quanto ambulatorial e, portanto, registra-se, ainda,

nas bases de dados da literatura técnica uma atividade de pesquisa muito acentuada na criação de métodos mais precisos, rápidos e confortáveis para o paciente.

A maioria dos algoritmos práticos presentes no estado da técnica utiliza o chamado método oscilométrico (Sorvoja, 2006). Neste método, um manguito colocado ao redor do braço ou pulso ou, ainda, dedo do paciente é inflado e esvaziado enquanto um sensor de pressão registra pequenos pulsos superpostos a uma linha base da pressão absoluta no interior do próprio manguito. Da análise destes pulsos resulta a medição da pressão arterial. A diferença entre os diversos algoritmos que seguem esta filosofia reside na forma de análise destes pulsos.

Vários organismos internacionais, tais como a British Hypertension Society ( [www.bhsoc.org](http://www.bhsoc.org) ), Association for the Advancement of Medical Instrumentation ( [www.aami.org](http://www.aami.org) ) e a European Society for Hypertension ( [www.eshonline.org](http://www.eshonline.org) ) estabeleceram normas e procedimentos para a homologação de equipamentos de medição da pressão arterial. Nestas normas, o resultado da medida automática é comparado estatisticamente ao resultado da medição simultânea realizada por pessoal técnico qualificado. A média e o desvio padrão das discrepâncias entre estas medições determinam a aprovação ou não do equipamento.

Neste contexto, ressalta-se que, tanto no desenvolvimento quanto na validação dos algoritmos de medição automática da pressão arterial, é imprescindível dispor de uma base de dados de sinais oscilométricos. Estas formas de onda são essenciais para que a eficácia e exatidão dos métodos possam ser comprovados antes de passarem por uma homologação oficial nos organismos mencionados acima.

Infelizmente, não há registros de bases de dados públicas destes sinais que possam ser utilizadas universalmente por pesquisadores e desenvolvedores. As bases de dados existentes focam em outros sinais biológicos ( [www.physionet.org](http://www.physionet.org) ). Esta carência limita pesadamente o horizonte de pesquisa de métodos automáticos de medição da pressão arterial em instituições que não estão associadas a grandes companhias que dispõem deste recurso.

O objetivo desta pesquisa é eliminar esta barreira e começar a construir uma infra-estrutura que possibilite a pesquisa e desenvolvimento de métodos automáticos de medição de sinais biomédicos. Os recursos advindos desta proposta serão empregados em futuros trabalhos de graduação (TGI), pesquisas acadêmicas tais como teses, consultorias externas, disciplinas de cursos regulares ou de extensão e etc.

Este objetivo foi alcançado mediante a criação de um banco de dados de sinais oscilométricos que possa ser utilizado na análise de métodos automáticos de medição da pressão arterial.

## **II - O Coração:**

Neste capítulo, o funcionamento e a fisiologia do coração serão descritos, de forma a facilitar a compreensão do conteúdo deste relatório pelos leitores.

### **II- 1 Morfologia do coração:**

O coração é constituído por quatro cavidades, dois átrios (esquerdo e direito) e dois ventrículos (esquerdo e direito), e é responsável por manter todo o sistema circulatório ativo, enviando, ou bombeando, para os órgãos periféricos, sangue arterial (rico em oxigênio), e para os pulmões sangue venoso (rico em gás carbônico) necessário para o metabolismo.

Para desempenhar essa função o coração conta com estruturas complexas, quatro válvulas, um esqueleto fibroso, um elemento contrátil, o miocárdio, estruturas nervosas, responsáveis por regularem o seu funcionamento e ainda a circulação coronária necessária para sua própria nutrição (FILHO, 1979, p.134).

A Figura 1 (GUYTON, 2002, p.92) mostra cada uma das estruturas que formam o coração estruturas estas relacionadas na Tabela 1.

Nos seres humanos existe a separação do sangue venoso do sangue arterial. Para tanto o coração possui duas partes, formadas por um átrio e ventrículo, o lado direito bombeia o sangue venoso para os pulmões e a outra parte, o lado esquerdo, é

responsável por bombear o sangue arterial para os demais órgãos. A quantidade de sangue bombeada do coração através da aorta, a cada minuto, é chamada de débito cardíaco (MANZAN, 2006, p.22).

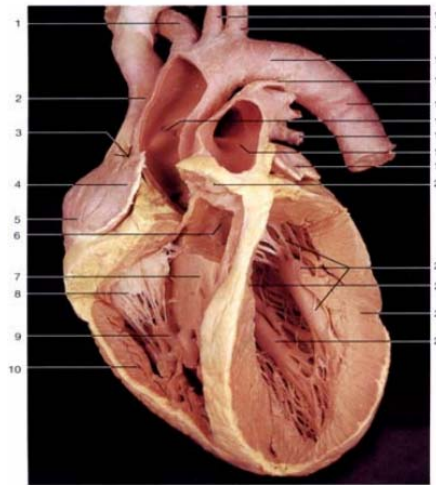


Figura 1 – O coração e os vasos da base.  
Fonte: GUYTON, 2002

É comum, na prática médica, chamar cada lado do coração de “coração esquerdo” e “coração direito”. Cada um desses corações é formado por um átrio e ventrículo.

Na Figura 2, pode-se ver o fluxo sanguíneo no coração. O sangue venoso, vindo dos órgãos periféricos, entra no átrio direito, através da veia cava superior e inferior. Já o átrio esquerdo recebe o sangue arterial, vindo dos pulmões através da veia pulmonar.

O coração é uma bomba de dois estágios: após o sangue preencher os átrios ele é enviado para os seus respectivos ventrículos através da contração atrial. Numa segunda etapa, a contração ventricular, envia o sangue para as outras partes do corpo. As válvulas cardíacas, existentes entre os átrios e ventrículos, impedem a volta do sangue para os átrios na contração ventricular.

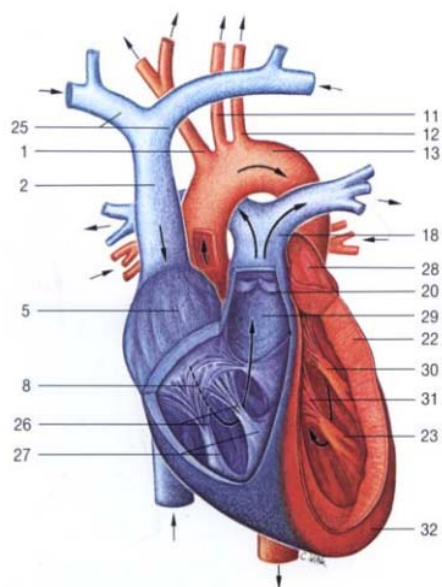


Figura 2 – Fluxo sanguíneo – o coração em azul (venoso) e o coração em vermelho (arterial)  
 Fonte: GUYTON, 2002

Tabela 1 – Legenda das Figuras 2 e 3

Indicador	Descrição	Indicador	Descrição
1	Tronco braquiocefálico	17	Veia pulmonar esquerda inferior
2	Veia cava superior	18	Tronco pulmonar
3	Sulco terminal	19	Aurícula esquerda
4	Aurícula direita	20	Valva Pulmonar
5	Átrio direito	21	Músculo papilar anterior esquerdo
6	Valva aórtica	22	Miocárdio ventricular esquerdo
7	Cone arterioso	23	Músculo papilar posterior esquerdo
8	Valva atrioventricular	24	Septo interventricular
9	Músculo papilar anterior direito	25	Veias braquiocefálicas dir. e esq.
10	Miocárdio ventricular direito	26	Cordas tendíneas
11	Artéria carótida comum esquerda	27	Músculo papilares do ventriculo direito
12	Artéria subclávia esquerda	28	Átrio esquerdo
13	Arco da orta	29	Infundíbulo
14	Ligamento arterioso	30	Ventrículo esquerdo (m.papilar anterior)
15	Aorta descendente	31	Valva atrioventricular esquerda
16	Aorta ascendente	32	Ápice do coração

Fonte: GUYTON, 2002

Segundo GUYTON o coração localiza-se na parte média do mediastino inferior e tomando uma linha central frontal como referência, sua maior porção, cerca de 66,66%, encontra-se do lado esquerdo. Tendo a forma de um Trapézio, como visto na Figura 1, o coração tem como sua principal constituição quatro diferentes tipos de fibras musculares: músculos atriais, músculos ventriculares e fibras musculares especializadas excitatórias e condutoras.

As fibras musculares atriais e ventriculares comportam-se de forma parecida com as fibras da musculatura esquelética, diferenciando-se apenas por contraírem por um período de tempo maior.

As células musculares são capazes de auto-excitação, ou seja, são capazes de gerarem um estímulo provocando sua contração. Quando há o relaxamento do coração as fibras estão polarizadas ou carregadas. Uma vez aplicado um estímulo na fibra ela se despolariza e contrai. Assim quando uma onda de estímulo atravessa o coração o miocárdio se contrai pela ação síncrona de contração de todas as células criando pressão no interior das câmaras internas do coração e conseqüente bombeamento do sangue. Esta forma de funcionamento torna o coração um órgão autônomo, isto é, capaz de gerar seus próprios estímulos e conseqüente contração (TRANCHESI, 1983, p.724).

Em relação ao estímulo proveniente do sistema nervoso, os músculos são classificados em dois tipos. Os neurogênicos e miogênicos. Os primeiros são controlados diretamente pelo sistema nervoso. Os miogênicos executam suas funções sem a necessidade de atuação do sistema nervoso.

As paredes das células que formam os átrios e dos ventrículos estão dispostas de forma a garantir que a ativação de uma só célula provoque a ativação das demais. Essas células, pela membrana celular diferenciada, compartilham seu citoplasma. Esse tipo de estrutura é chamada sincicial. Por isso, as paredes dos átrios e os ventrículos são chamados de sincício atrial e sincício ventricular (MANZAN, 2006, p.22).

A geração e propagação do potencial de ação, responsável pela contração das células, se dá através do sistema de condução especializado. Segundo GUYTON as células musculares do miocárdio, cerca de 99%, contraem-se e são responsáveis pelo bombeamento. Contudo, o miocárdio ainda possui células diferenciadas que são fundamentais para os a geração e propagação dos impulsos elétricos que excita o coração. E são essas fibras que formam o sistema especializado de condução do coração.

O potencial de ação, que despolariza as fibras musculares, começa no nodo sinoatrial localizando-se próximo ao átrio direito, perto da entrada da veia cava superior (MANZAN, 2006, p.27).

Uma vez iniciado o potencial de ação propaga-se através dos átrios, causando sua contração. O estímulo chega aos ventrículos atravessando o nodo atrioventricular, conforme ilustra a Figura 3. Uma vez que o estímulo tenha passado pelo nodo atrioventricular ele é transmitido adiante pelo ventrículo pelo feixe de Hiss para uma rede de fibras, chamadas fibras de Purkinje, que distribui o estímulo para os ventrículos.

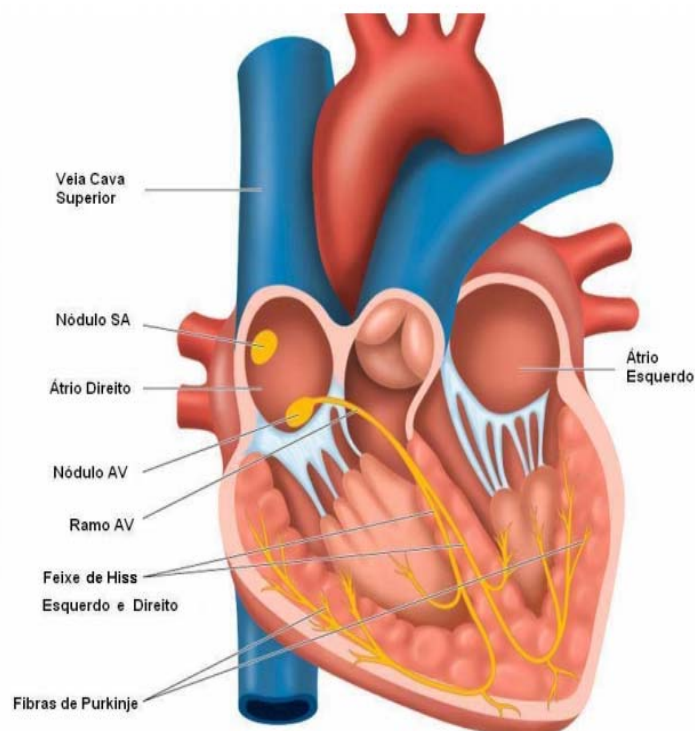


Figura 3 – Representação do sistema de Condução do coração  
Fonte: GUYTON, 2002

Na parte inferior do septo interatrial localiza-se o nodo Átrio Ventricular (NAV). O impulso de excitação, ao passar por essa região sofre um pequeno atraso, que torna possível o esvaziamento dos átrios antes que ocorra a contração ventricular. A propagação do estímulo em função do tempo, ao longo do músculo cardíaco, pode ser vistos detalhadamente na Figura 5.



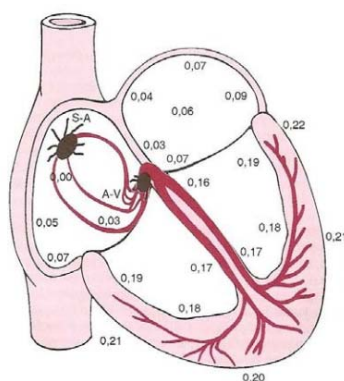


Figura 5 – Representação das latências na condução do impulso cardíaco

Fonte: GUYTON, 2002

Conforme os impulsos se deslocam ao longo do coração, eles vão se dispersando por conta das inúmeras ramificações e, também, por causa do diâmetro reduzido das fibras.

A Tabela 2 mostra as etapas do curso da excitação cardíaca (WEST, 1989, p. 200).

Tabela 2 – Etapas do curso de excitação cardíaca

Etapa	Descrição
1	Geração do impulso cardíaco do NSA
2	Condução do impulso em direção ao átrio direito e, por intermédio do feixe de <i>Bachman</i> <sup>1</sup> , para o átrio esquerdo.
3	Condução do impulso, por intermédio dos feixes internodais, até o miocárdio atrial e o NAV.
4	Ativação do complexo de fibras do feixe de <i>Hiss</i> e de <i>Purkinje</i> que a condução do impulso até os ventrículos.
5	Simultaneidade de ativação de todo o complexo do miocárdio ventricular, com uma latência da excitação ventricular direita em relação à esquerda.

Fonte: WEST, 1989

A etapa de contração do músculo cardíaco é chamada de Sístole e de relaxamento, chamada Diástole. A Sístole começa instantes após a propagação do potencial de ação e a Diástole após o final do potencial de ação. Esse período, da Sístole

a Diástole, é chamado de ciclo cardíaco. Na Figura 6 temos 6 curvas mostrando os acontecimentos durante cada etapa do ciclo cardíaco.

O gráfico representado pela Figura 6 exibe, de cima para baixo, diversos parâmetros relevantes do ciclo cardíaco. Começando pela pressão sanguínea na aorta, no átrio e no ventrículo esquerdo, variação do volume ventricular, eletrocardiograma e por último fonocardiograma este último representativo dos sons registrados durante o ciclo cardíaco.

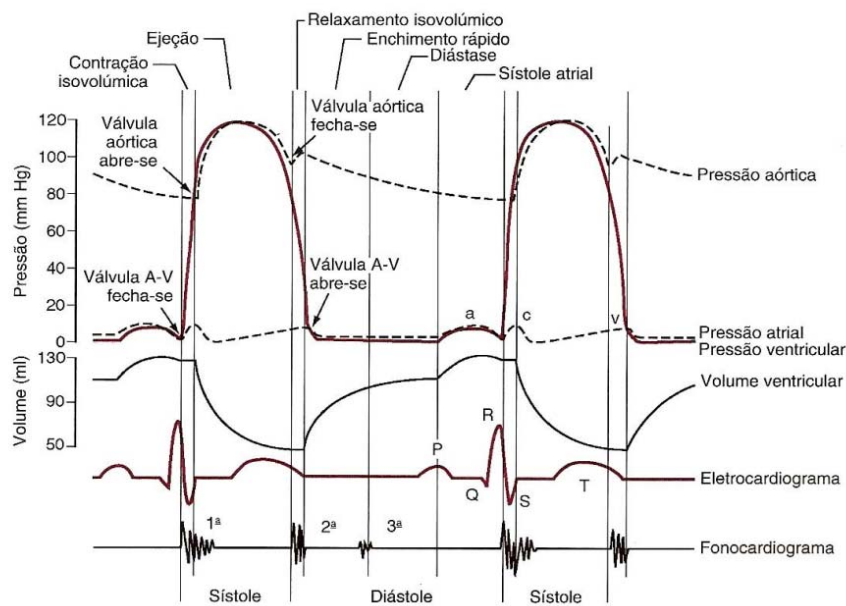


Figura 6 – Eventos do ciclo cardíaco na função ventricular esquerda.  
 Fonte: GANONG, 1989

A pressão máxima do sangue, durante a sístole, é chamada de pressão Sistólica, ou pressão máxima. A pressão mínima, durante o relaxamento do músculo cardíaco é chamada de pressão Diastólica ou mínima.

Essa pressão, máxima ou mínima, é aplicada nas paredes de todas as artérias pelo princípio dos vasos comunicantes e dado ser o sangue um fluido incompressível.

A medição desses dois valores de pressão, máxima e mínima, é a chamada, na prática médica, medida da pressão arterial.

Essa medida pode ser feita diretamente através de um cateter inserido em uma artéria qualquer, geralmente uma artéria do braço ou perna. Neste caso é chamada

medida direta e é um processo invasivo com todos os riscos inerentes a um processo cirúrgico. É freqüentemente utilizada durante cirurgias.

Outra forma de medição é o método indireto, externo e, conseqüentemente, não invasivo. Os métodos não invasivos, por poderem ser executados fora do ambiente hospitalar, são chamados métodos ambulatoriais. Dentre, estes o método oscilométrico, objeto do próximo capítulo, é popularmente utilizado nos medidores automáticos de pressão.

### **III – Aquisição dos Sinais Oscilométricos Pressão Arterial:**

Neste capítulo, a aquisição dos sinais oscilométricos de pressão arterial será descrito, assim como a sua implementação eletrônica.

#### **III.1 – O descrição do método:**

A grande maioria dos medidores automáticos de pressão baseados no método oscilométrico utilizam um manguito que, quando inflado, obstruem a circulação sanguínea através de uma artéria e um elemento transdutor que converte a pressão arterial em grandezas elétricas (voltagem ou freqüência) enquanto este manguito é inflado e desinflado. Normalmente, a leitura da pressão é realizada quando o manguito é esvaziado. Neste caso, pequenas oscilações surgem sobrepostas à pressão absoluta interna do manguito, conforme ilustrado no Gráfico 1. O surgimento destas pequenas oscilações coincide aproximadamente com o instante no qual a pressão interna do manguito torna-se igual à pressão sistólica do paciente. A partir deste instante, as oscilações aumentam de intensidade, atingem um máximo e diminuem subitamente. O cálculo da pressão arterial é feito sobre a análise destas oscilações.

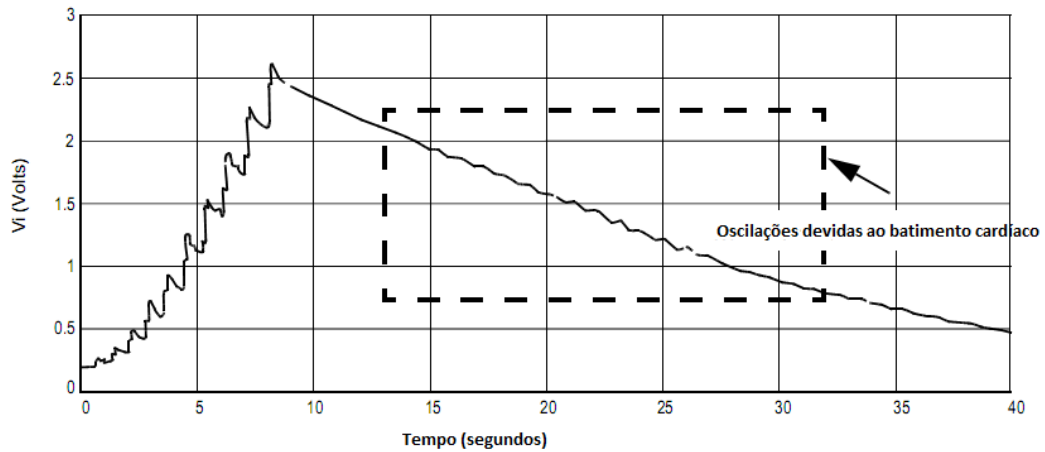


Gráfico 1: Forma de onda obtida a partir de um transdutor durante a medida da pressão  
 Fonte: Freescale, 2005

Para possibilitar a análise e posterior cálculo da pressão arterial, estas oscilações devem ser destacadas da forma de onda da pressão interna do manguito. Como a frequência fundamental das oscilações é igual à frequência do batimento cardíaco do paciente, tipicamente limitado a algumas unidades de Hertz, e é bastante distinta da frequência de esvaziamento do manguito, o destaque das oscilações pode ser feita através da utilização de um filtro simples e, na sequência, ampliação do sinal resultante. A forma de onda resultante é mostrada no Gráfico 2.

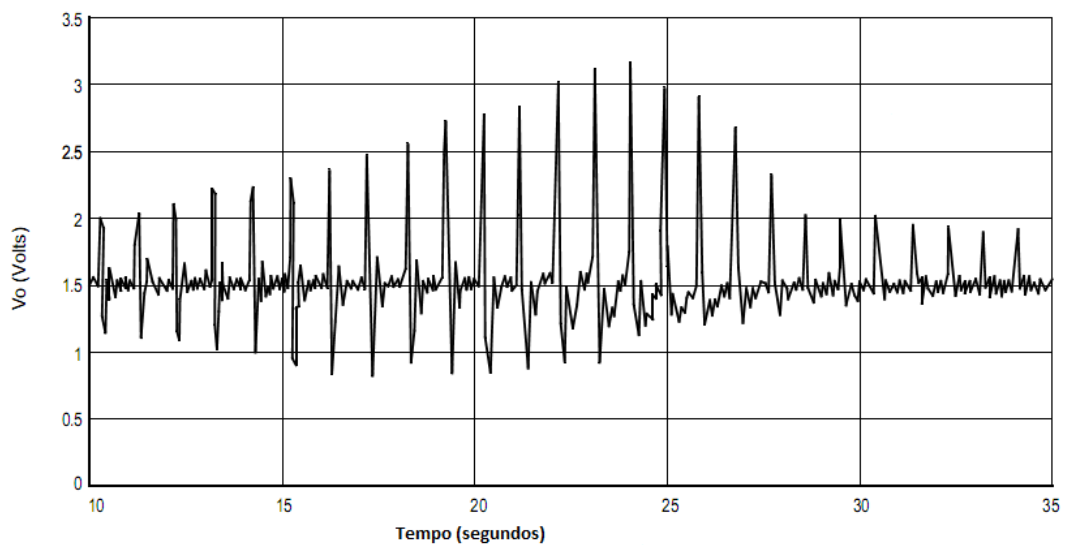


Gráfico 2: Oscilações extraídas do sinal de pressão do manguito Fonte: Freescale, 2005

Para a medida da pressão arterial, os valores de pico destas oscilações e os valores da pressão absoluta interna ao manguito devem ser registrados simultaneamente e uma fórmula obtida empiricamente deve ser utilizada para cálculo.

Várias fórmulas de cálculo da pressão arterial foram discutidas na literatura (Cerulli, 1999). Algumas determinam a pressão sistólica como sendo igual à pressão do manguito no instante no qual as oscilações aumentam de intensidade subitamente e a pressão diastólica como sendo igual à pressão do manguito no instante no qual as oscilações começam a decair de forma mais intensa. Outras fórmulas utilizam o valor da pressão do manguito no instante no qual as oscilações atingem seu valor máximo e determinam as pressões sistólica e diastólica, como uma fração deste valor.

De qualquer forma, todas as fórmulas são obtidas a partir de estudos estatísticos sobre uma base de dados de sinais de pacientes reais. Cada fabricante de medidor automático de pressão considera a sua fórmula como segredo industrial. Os aparelhos projetados, todavia, devem ser homologados por instituições confiáveis (British Hypertension Association, American Heart Institute, etc.) que conferem a precisão da fórmula utilizada em comparação com medidas anuais. Entretanto, durante a etapa de desenvolvimento do algoritmo de cálculo da pressão, formas de onda do sinal oscilométrico são utilizadas para validação.

Consequentemente, o estudo estatístico realizado a partir da base de dados resultante desta pesquisa é importante para determinar uma fórmula que sirva para a criação de aparelhos automáticos de medida da pressão arterial.

## II.2 Implementação do sistema de aquisição de sinais oscilométricos:

Os aparelhos de aquisição (ou de medição) do sinal de pressão arterial devem ser capazes de filtrar, amplificar, e registrar o sinal de pressão do manguito. Estes requisitos determinam um diagrama de blocos básicos como o mostrado no diagrama 1.



Diagrama 1: Sistema de aquisição ou medição de sinais oscilométricos

O transdutor de pressão selecionado neste projeto foi o MP3V5050 (Freescale, 2009), um componente comercial implementado na tecnologia MEMS (Micro Eletro Mechanical Sensor) e comercializado pela empresa Freescale. A característica principal deste componente é fornecer uma tensão de saída proporcional à pressão a ele submetida. Esta relação é expressa pela fórmula:

na qual

$v_{out}$  – tensão de saída

$v_s$  – tensão de alimentação

P – Pressão sendo medida

e o erro residual é menor do que 2,5 % na faixa de temperatura de 0 a 85 °C.

Consequentemente, a informação sobre a pressão arterial passa a estar contida em um sinal elétrico, passível de tratamento de acordo com as técnicas de Processamento de Sinais.

O sinal fornecido por este transdutor é fornecido a um filtro analógico conforme o diagrama 2.

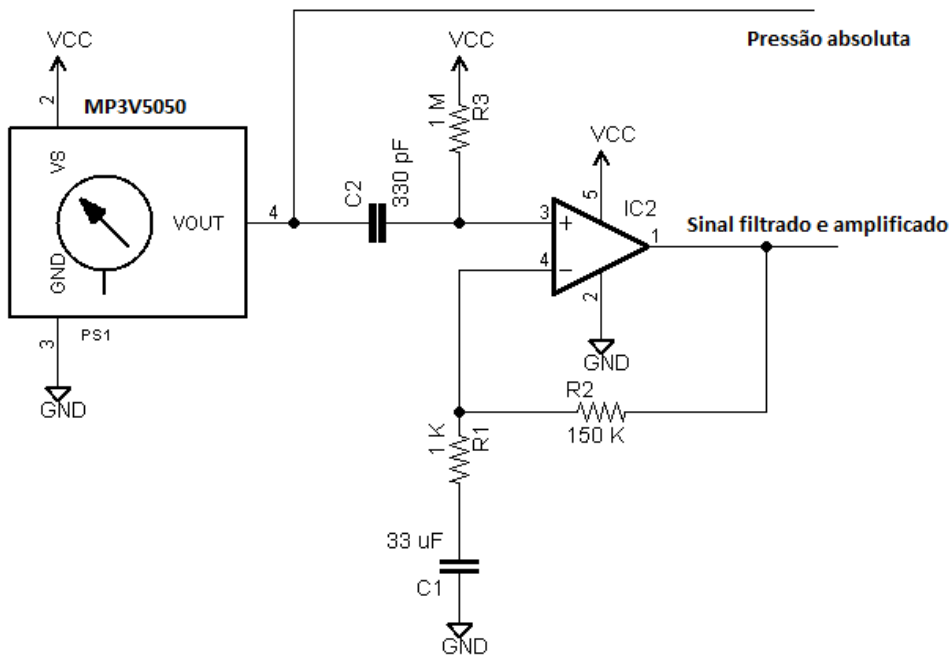


Diagrama 2: Subsistema transdutor-filtro analógico

O filtro analógico apresenta uma função de transferência igual a

$$H(s) = \frac{sC_2R_3}{1 + sC_2R_3} * \frac{1 + sC_1(R_1 + R_2)}{1 + sC_1R_1} \quad (2)$$

Esta função de transferência, com os valores de resistores e capacitores mostrados no diagrama, representa um filtro passa-alta com um ganho suficientemente elevado para extrair as oscilações do sinal oscilométrico, conforme o diagrama de Bode mostrado no Diagrama 3.

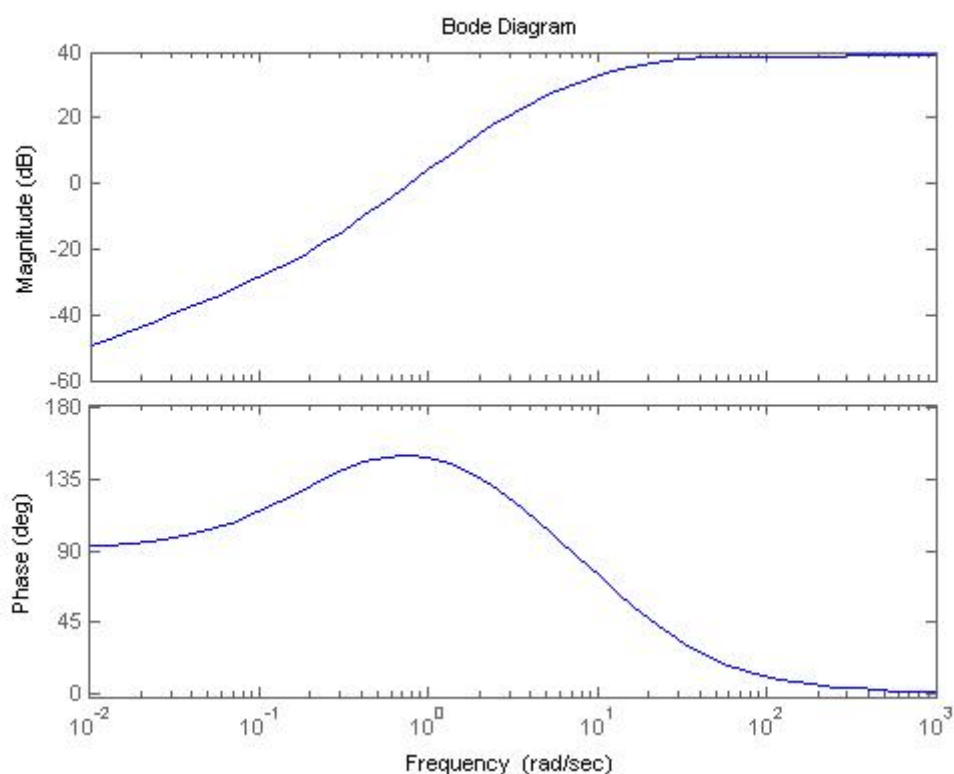


Diagrama 3: Resposta em frequência do filtro analógico

Tanto o sinal de pressão absoluta quanto o sinal de pressão filtrado e amplificado devem ser convertidos em números e processados numericamente para armazenamento e cálculo da pressão arterial. Para executar estas funções, foi selecionado o microprocessador MSP430FG4618 (Texas Instruments, 2011), que já incorpora um conversor analógico digital interno de 12 bits.

O MSP430FG4618 é um microprocessador da família RISC de 16 bits MSP430. Esta família, devido ao seu leque abrangente de periféricos, sua capacidade de processamento e seu baixo consumo de energia, tem sido utilizada extensivamente em projetos de equipamentos da área biomédica.

Baseado neste microprocessador, uma placa de aquisição de sinais foi projetada e montada para gravar os sinais oscilométricos e transmiti-las para um computador pessoal através da porta serial. A coleção dos registros assim adquiridos constitui a base de dados de sinais objeto deste projeto.



### **III – Formação do Banco de Dados:**

A aquisição dos sinais que comporão o banco de dados deveria ser baseada nas recomendações da norma AAMI (AAMI, 2002), IEC (IEC, 2000) e ABNT (ABNT, 1997) e, como explicado, servir como referência para estudos qualitativos e quantitativos das características dos pulsos oscilométricos, visando a pesquisa e desenvolvimento de algoritmos de medição automática da pressão arterial. Entretanto, o corte de verbas feito na proposta original impediu a contratação de pessoal qualificado para fazer as anotações nos registros.

Neste capítulo, a construção da base de dados é explicada, com ênfase nas adaptações realizadas para levar este projeto a um bom termo.

#### **III.1 – O procedimento oficial:**

Segundo as normas referidas na introdução deste capítulo, dois observadores treinados na medição clínica da pressão devem realizar a medida concomitantemente ao sistema automático de aquisição de dados. Para isso, uma derivação “Y” deve ser conectada ao manguito. Um dos lados do “Y” deve ser conectado a um manômetro e o outro a um sensor de pressão. O manômetro serve aos observadores humanos para que eles possam determinar as suas próprias medidas. O sensor de pressão conecta-se ao sistema de aquisição de dados que inflará e esvaziará o manguito automaticamente, conforme o Diagrama 4.

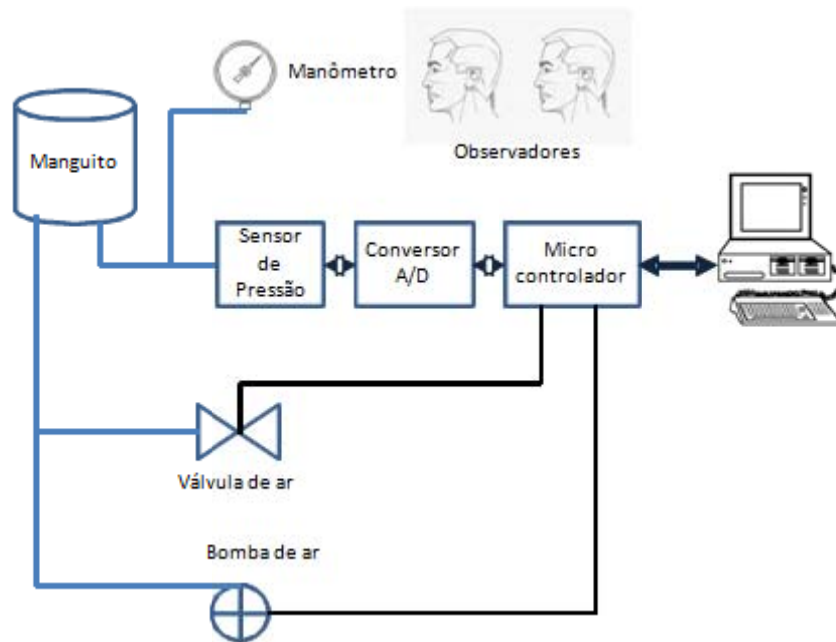


Diagrama 4: Diagrama de blocos do sistema ideal de aquisição de dados

O banco de dados deve ser compatível com a norma que regula a homologação de esfigmomanômetros automatizados (ANSI/AAMI SP10-2002). Esta, por sua vez, recomenda que as seguintes regras sejam observadas:

- a) O manômetro utilizado pelos observadores humanos deve ter um erro máximo na calibração de  $\pm 1$  mmHg
- b) O universo de amostragem deve ter, no mínimo, 85 pacientes com faixa de pressão de 100 a 200 mmHg para pressão sistólica e de 60 a 11 mmHg para pressão diastólica com idade de 15 a 80 anos.
- c) As distribuições sugeridas para pressões e tamanho de braço devem ser:
  - i. 10% de pacientes com pressão sistólica  $< 100$  mmHg
  - ii. 10 % de pacientes com pressão sistólica  $> 180$  mmHg
  - iii. 10 % de pacientes com pressão diastólica  $< 60$  mmHg
  - iv. 10 % de pacientes com pressão diastólica  $> 100$  mmHg
  - v. 10 % de pacientes com circunferência de braço  $< 25$  cm
  - vi. 10 % de pacientes com circunferência de braço  $> 35$  cm
- d) É necessário um estetoscópio duplo a ser utilizado por ambos os observadores.
- e) O manguito dever ser esvaziado a uma taxa de 2 a 4 mmHg/batimento ou 3 mmHg/s. A pressão de oclusão deve ser registrada.

- f) É necessário um intervalo de tempo mínimo de 60 segundos entre duas medições no mesmo paciente.
- g) Devem ser realizadas pelo menos 3 medições no mesmo paciente em um intervalo de 10 a 30 minutos.
- h) Cada observador deve anotar as pressões sistólicas e diastólicas de cada paciente. Estas medidas serão utilizadas na análise do banco de dados.
- i) Ao final de cada medição, as medidas obtidas pelos dois observadores são comparadas. Segundo a norma AAMI, 95% das medidas dos observadores devem ter diferenças menores do que 10 mmHg e 85% devem diferir menos do que 5 mmHg.

Tendo sido completadas as etapas de projeto do sistema de aquisição de dados e de criação do protocolo de medida, a coleta de dados deve ser realizada. Para este fim, pelo menos 85 voluntários devem ser identificados e duas pessoas previamente treinadas e experientes na medição de pressão arterial devem ser contratadas em regime de trabalho temporário.

Esta base de dados deveria consistir de vários registros obtidos de pacientes e anotados manualmente por pessoal técnico qualificado. Cada registro é formado por amostras de sinais de pressão interna do manguito colocado no braço dos voluntários, obtidas por meio de sensores de pressão e quantificadas por um conversor analógico-digital. As anotações de cada registro deveriam conter o resultado das medições realizadas por dois profissionais de saúde treinados na obtenção da pressão arterial de pacientes humanos. Entretanto, por causa da não aprovação da parte do orçamento referente à contratação de duas enfermeiras devidamente treinadas para efetuar a anotação manual referida acima, o projeto foi modificado de forma a viabilizar a sua consecução.

### III.2 – O protocolo utilizado:

Com base no procedimento oficial, um protocolo de obtenção de amostras deveria ser criado, incluindo um manual de procedimentos e uma planilha de controle de pacientes a ser preenchida a cada medição. Entretanto, pela falta de verba

para contratar os observadores humanos, uma forma alternativa de aquisição de sinais foi utilizada.

Ao invés de duas enfermeiras, um medidor automático da marca Mobil-O-Graph, devidamente homologado pela British Hypertension Society foi usado para realizar a anotação de cada registro, conforme o Diagrama 5. Esta modificação impede que esta base de dados seja utilizada na homologação de aparelhos automáticos de medida de pressão arterial. Entretanto, os registros assim obtidos ainda são suficientemente confiáveis para que sejam utilizados no projeto e validação destes aparelhos.

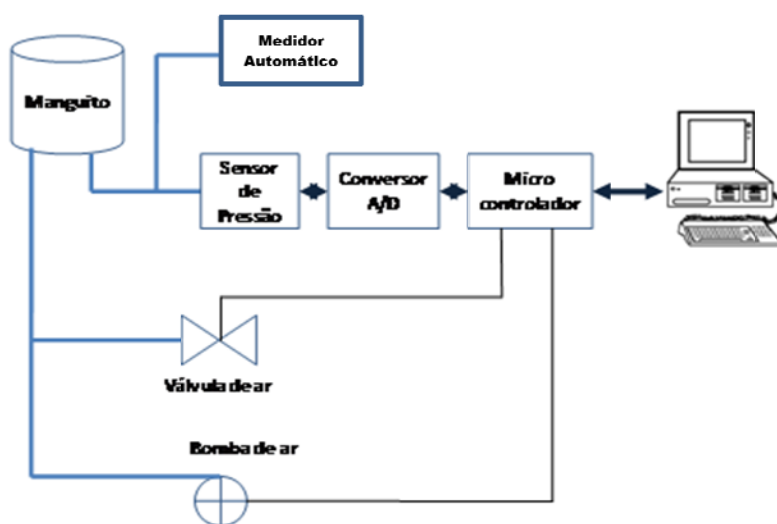


Diagrama 5: O protocolo utilizado na construção da base de dados

A seleção dos pacientes, a realização das medições, a segmentação dos registros, etc foram feitas parcialmente de acordo com as normas de homologação de equipamentos estabelecidas pelos organismos internacionais mencionados acima, devido, mais uma vez, a restrição orçamentária que impediu a contratação de enfermeiras.

Durante o trabalho, uma pesquisa complementar foi idealizada. Todos os voluntários foram convidados a preencher um questionário no qual seus hábitos alimentares e de vida são detalhados. Este questionário está no Anexo I deste relatório.

Finalmente, todos dados colhidos devem ser tabulados e formatados para possam ser consultados e utilizados confortavelmente.

Cada registro é formado por uma sequência de números binários representando o valor instantâneo da forma de onda do sinal obtido. Estes números são amostras do valor da tensão na saída do transdutor e na saída do filtro, podendo ser tratados como entrada em programas de simulação ou mesmo nos aparelhos a serem desenvolvidos.

#### **IV Análise preliminar:**

Embora o objetivo principal da pesquisa fosse criar um banco de dados com os registros das pressões arteriais de um grupo de pessoas com características bastante diversas, vislumbrou-se a oportunidade de que este banco contemplasse outras variáveis que pudessem auxiliar em futuras pesquisas.

A pesquisa, o que inclui seu instrumento, no caso um questionário, foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa – Humanos da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

A amostra obtida foi de trinta elementos escolhidos dentre alunos, funcionários administrativos, técnicos e professores da Escola de Engenharia. A amostra não foi aleatória uma vez que propositadamente foram selecionados elementos de características bem diversas com respeito à idade, gênero e IMC.

A amostra, embora não probabilística, uma vez que não foi obtida por sorteio foi aleatória pode ser considerada criteriosa por independe do pesquisador. O critério de amostragem foi objetivo, tendo seu protocolo descritivo inequívoco, podendo produzir amostras com as mesmas propriedades, independente de quem as selecionou (BOLFARINE; BUSSAB, 2005).

O conhecimento das variáveis gênero e idade é requerido pela norma que regulamenta o aparelho estudado. A construção do questionário contou com o auxílio de uma nutricionista que sugeriu algumas das perguntas efetuadas.

Como a amostra conteve 30 elementos, devido ao Teorema do Limite Central, foi possível a construção de intervalos de confiança com 95% de confiança para média e proporções de interesse (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

Cabe salientar que tais inferências servem como resultado de uma pesquisa de survey exploratória, não podendo ser generalizada para toda a população. Segundo Forza (2002), as *surveys* têm por objetivo contribuir para o conhecimento de uma área de interesse, tratando-se a *survey* exploratória de uma pesquisa para a obtenção de conhecimentos preliminares sobre o tema de interesse.

A amostra teve 83,33% de indivíduos do gênero masculino (I.C.= [70,00; 96,67]%). A idade variou de 21 a 60 anos, apresentando uma média igual a 41,30 anos. O gráfico 1 apresenta o gráfico de *Boxplot* para o IMC, bem como um intervalo com 95% de confiança para o IMC médio, utilizando-se a distribuição t de Student. O *Boxplot* é um gráfico em formato de caixa com o nível superior dado pelo 3º quartil (valor maior ou igual a 75% dos dados) e o nível inferior pelo 1º quartil (valor maior ou igual a 25% dos dados). A mediana (valor maior ou igual a 50% dos dados) é representada por um traço no interior da caixa e segmentos de reta são desenhados da extremidade da caixa até os valores máximo e mínimo que não sejam observações discrepantes (possíveis *outliers*). A representação gráfica através do *Boxplot* fornece, entre outras informações, a variabilidade e a simetria dos dados (MONTGOMERY; RUNGER, 2009). Nota-se que não houve observações discrepantes para a variável idade.

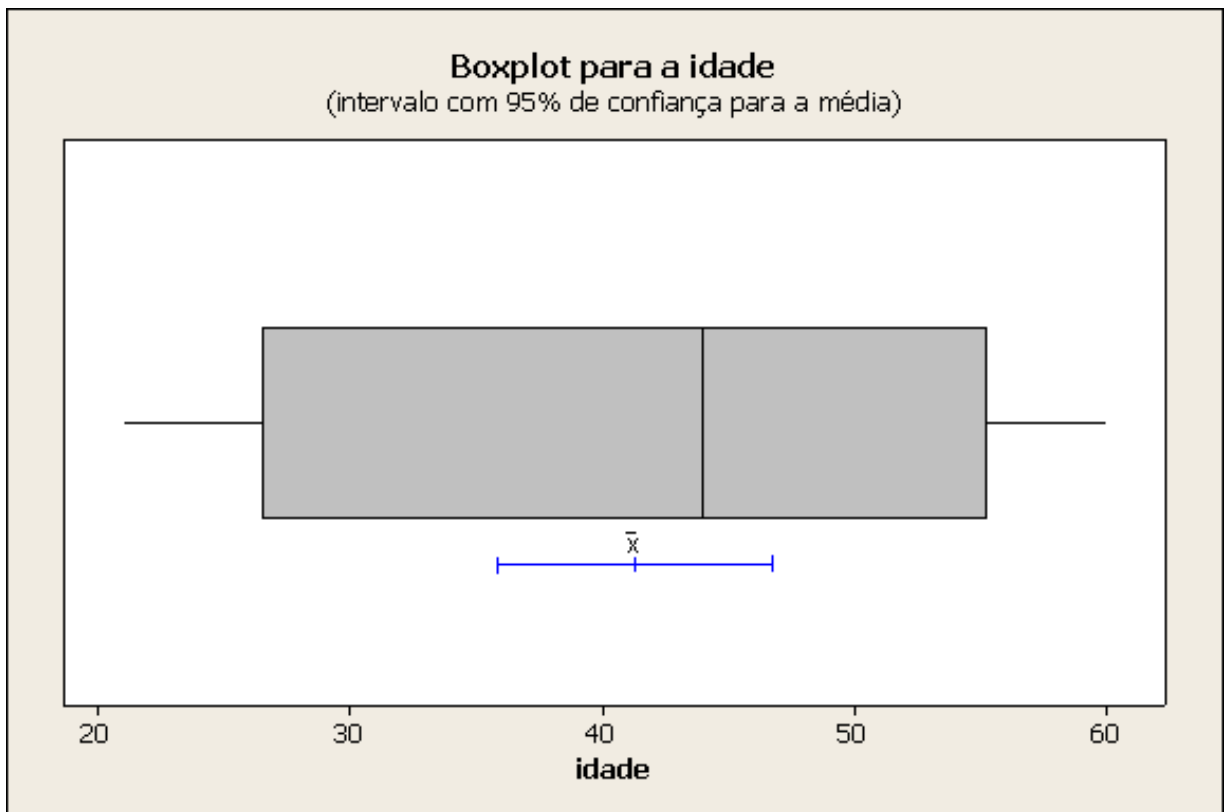


Gráfico 1 – Boxplot e intervalo com 95% de confiança para a variável idade.

A existência de problemas de saúde foi relatada por 20,00% dos pesquisados (I.C.= [5,69; 34,31]%), sendo que 36,67% da amostra se utilizou de algum medicamento nas 24 horas anteriores à coleta de dados (I.C.= [19,42; 53,91]%). Os problemas de saúde relatados por seis pesquisados foram: bronquite, diabetes leve, hérnia de disco, problema cardíaco com uso válvula e hipertensão, este último relatado por dois indivíduos. Ao se medir a pressão um dos pesquisados apresentou resultados considerados normais segundo a VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão, isto é, resultado menor que 140/90 (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2010).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011, não paginado), “De acordo com recomendações da Organização Mundial de Saúde - OMS - utiliza-se o Índice de Massa Corporal - IMC (peso em kg dividido pelo quadrado da altura em metro) para avaliação do perfil antropométrico-nutricional de populações de adultos”. É também informado que o IMC é considerado normal quando este resulta entre 20,0 e 24,9. O IMC encontrado variou de 19,66 a 37,55. A média encontrada foi igual a 26,55.

O gráfico 2 apresenta o gráfico de Boxplot para o IMC, bem como um intervalo com 95% de confiança para o IMC médio, utilizando-se a distribuição t de Student. Nota-se que não houve observações discrepantes para a variável IMC.

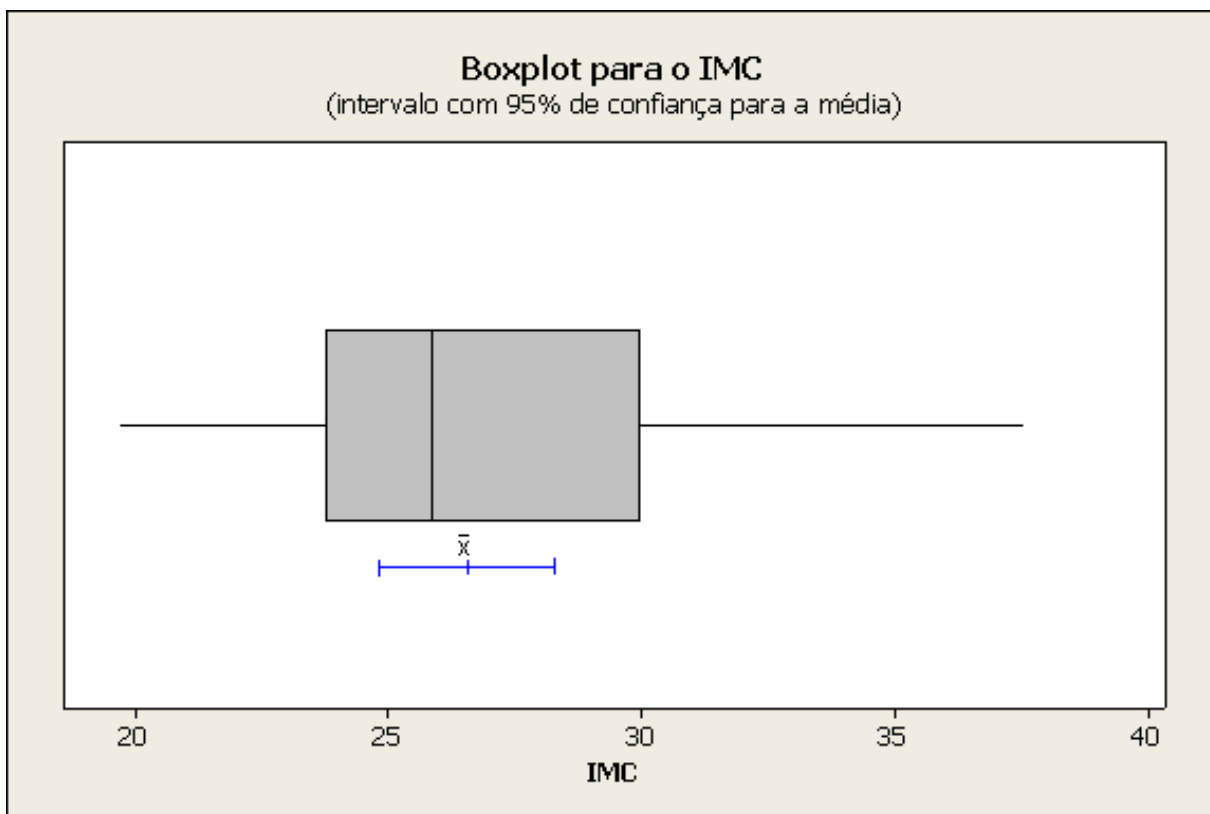


Gráfico 2 – Boxplot e intervalo com 95% de confiança para a variável IMC

Segundo este critério, somente um terço dos pesquisados apresentaram IMC normal (I.C.= [16,46; 50,20]%). Cabe salientar que o Mackenzie disponibiliza para sua comunidade atendimento nutricional gratuito.

Desta amostra, apenas cinco pesquisados, 23,33%, relataram praticar esportes (I.C.= [8,20; 8,47]%), sendo que tal prática é de respectivamente 4,5; 5; 5; 6 e 10 horas semanais. Já a existência de atividades de lazer é apontada por 60% da amostra (I.C.= [42,47; 77,53]%), sendo que destes 25,00% indicaram ter atividade de lazer uma vez por semana, 6,25% entre uma e duas vezes, 37,50% duas vezes, 18,75% três vezes e 12,50% cinco vezes por semana.

Quanto aos hábitos alimentares, dos 29 pesquisados que responderam se utilizam sal no preparo de suas refeições, 93,10% o fizeram afirmativamente e dos 22



pesquisados que responderam se adicionam sal em suas refeições, 40,90% o fizeram afirmativamente. Dentre os que adicionam sal, a grande maioria (85,71%) adiciona um *saché* e 14,29% mais de uma *saché*. Quando argüidos sobre o consumo mensal de sal/número de pessoas em casa apenas 26,67% soube responder a tal questão (I.C.= [10,84; 42,49]%), indicando ser esta variável pouco considerada quando da busca de uma alimentação saudável.

Quanto ao hábito de ler os rótulos dos alimentos antes de efetuar a compra 16,67% não possuem tal hábito, 40% o faz às vezes e 43,33% possui este hábito. Logo, 83,33% lêem tais rótulos, mesmo que não o façam sempre (I.C.= [70,00; 96,67]%).

Nesta amostra 73,33% dos pesquisados fazem as principais refeições fora de casa (I.C.= [57,51; 89,16]%).

Quanto ao tipo de gordura utilizada no preparo dos alimentos somente o azeite foi escolhido por 13,79% dos pesquisados, somente a canola foi escolhida por 10,34% dos pesquisados, somente o girassol foi escolhido por 6,90% dos pesquisados e somente a soja foi escolhida por 41,38% dos pesquisados. As combinações azeite e canola, azeite e milho, azeite e soja e soja e girassol foram escolhidos por respectivamente 3,45%, 3,45%, 10,34% e 6,90%. Todas as gorduras (soja, canola, girassol, milho e azeite) foram escolhidas por 3,45% dos pesquisados. Uma pessoa não respondeu a esta questão.

Quanto ao tipo de gordura utilizada na salada, o azeite predominou, sendo escolhido por 82,14%, sendo seguido pela soja (14,29%) e pela canola (3,57%). Duas pessoas não responderam a esta questão.

Quando argüidos sobre o consumo mensal de gordura/número de pessoas em casa, quase a metade, 46,67% da amostra, soube responder a tal questão (I.C.= [28,81; 64,52]%).

O número médio de horas de sono relatadas teve como mínimo 4 horas e máximo 8 horas, sendo a média igual a 6,29 horas. O gráfico 3 apresenta o gráfico de

Boxplot para o número médio de horas de sono, bem como um intervalo com 95% de confiança para a média do número médio de horas de sono, utilizando-se a distribuição t de Student. Nota-se que não houve observações discrepantes para tal variável.

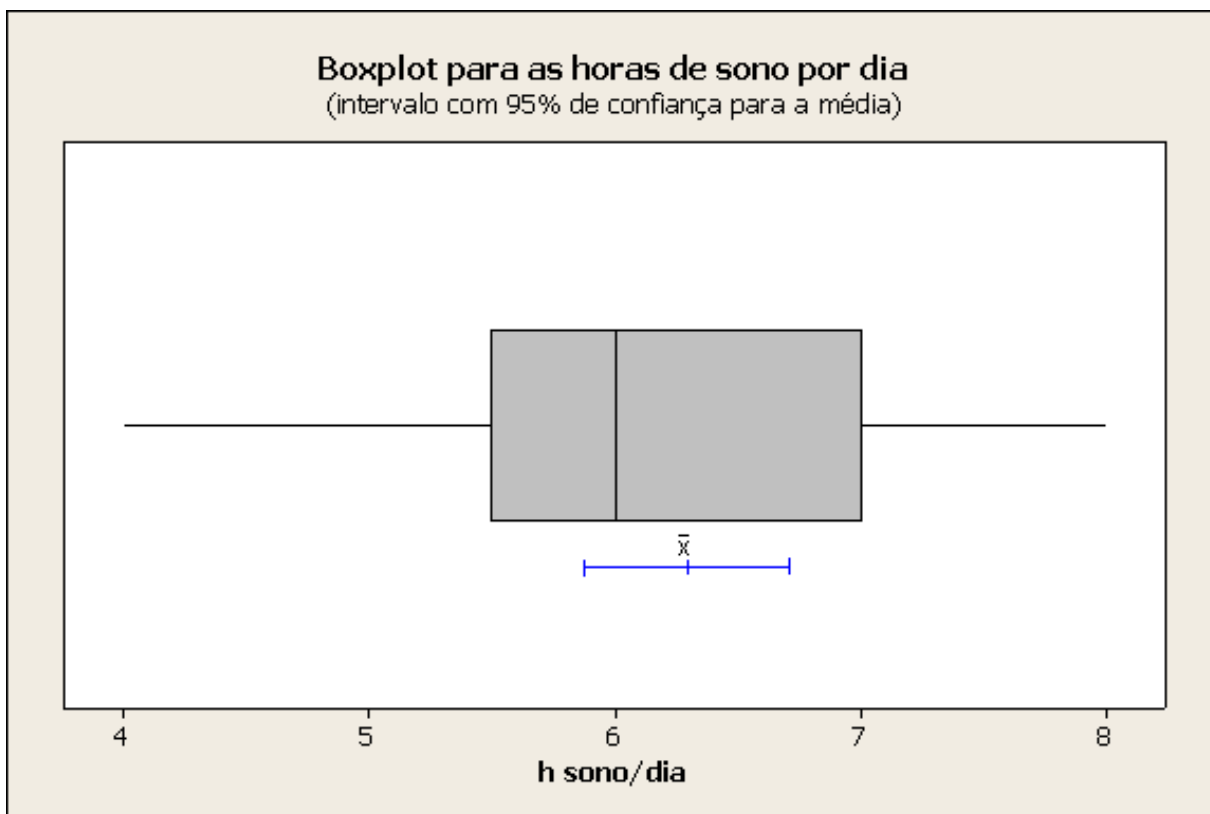


Gráfico 3 – Boxplot e intervalo com 95% de confiança para a variável número médio de horas de sono

O hábito do tabagismo foi indicado por 13,33% da amostra (I.C.= [1,17; 25,50]%). Dos quatro indivíduos que fumam, o consumo é de respectivamente 2, 10, 16 e 20 cigarros por dia. Seis indivíduos entre os 26 que não fumam se declararam ex-fumantes (23,08%). Estes fumaram entre dois e vinte e dois anos. E pararam de fumar entre um e trinta e cinco anos atrás.

O hábito de consumo de bebida alcoólica foi relatado por 40,00% dos pesquisados (I.C.= [22,47; 57,53]%). As bebidas citadas por 70% dos que consomem bebida alcoólica foi a cerveja. As outras bebidas, também citadas, foram destilados, vinho, uísque, caipirinha e vodka. Como frequência de consumo, o final de semana é o que mais foi citado. Termos como raramente, casualmente, mensalmente, às vezes, uma

vez ao mês, uma a duas vezes por semana, duas vezes por semana e três vezes por semana também foram citados.

Somente quatro mulheres mediram a circunferência da cintura, tendo esta medida variado de 66,0 a 97,5 cm com média igual a 80,88 cm. Dos treze homens que mediram a circunferência da cintura, a medida variou de 84,0 a 120,0 cm com média igual a 96,00 cm.

Foram realizadas duas medidas por indivíduo. Neste trabalho, foi considerado indivíduo com hipertensão o que obteve alguma das medidas fora dos limites apresentados pela VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão, isto é, resultado menor que 140/90 (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2010). Destes 20% (I.C.= [5,69; 34,31]%) tiveram medidas fora do padrão adotado.

## **V – Conclusões:**

O objetivo primário deste projeto era adquirir e armazenar uma base de dados de sinais de pressão arterial obtidas pelo método oscilométrico que seguisse as normas dos organismos internacionais. Esta base de dados seria utilizada na validação de algoritmos e pares de medição da pressão arterial humana, constituindo uma plataforma para outras pesquisas e trabalhos.

Desafortunadamente, restrições orçamentárias fizeram com que o plano original fosse modificado e a base de dados obtida não seja totalmente compatível com a norma. Entretanto, esta base ainda pode ser utilizada para a validação de sistemas de medição.

Outro problema encontrado reside na demora de aquisição dos insumos utilizados no projeto. Ainda mais grave, foram a falta de sincronia entre a chegada dos insumos no Mackenzie e a duração das bolsas de iniciação científica. Quando aqueles chegaram, as bolsas já haviam expirado e, para conclusão do trabalho, os alunos só puderam atuar como voluntários.

Apesar destes fatores negativos e imprevisíveis, a pesquisa foi concluída a contento e a base de dados já se encontra disponível para uso em outros projetos e pesquisas.

Concomitante à pesquisa original, uma análise preliminar dos hábitos alimentares e de vida dos voluntários foi realizada e os resultados são inclusos neste relatório.

## **VI – Bibliografia:**

AAMI – Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI SP10-2002 - Manual, Electronic or Automated Sphygmomanometers (2002).

ABNT NBR IEC 60601-2-30:1997 Equipamento eletromédico - Parte 2-30: Prescrições particulares para a segurança de equipamento para monitorização automática e cíclica da pressão sanguínea indireta (não invasiva).

American Heart Association, High Blood Pressure Statistics, 2009 update

Bolfarine, H.; Bussab, W. O. Elementos de amostragem. ABE-Projeto Fisher, São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

Cerulli, M.; Aperfeiçoamento de um Sistema de Pressão Arterial Não-Invasivo por Método Oscilométrico, Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, 1999.

Filho C.C.C.; O Coração como uma Bomba, in Krieger E.M. (Coord.), Fisiologia Vascular, Fundo Editorial Byk-Procienix, 1976

Forza, C.; Survey research in operations management: a process-based perspective. International Journal of Operations and Production Management, v. 22, n.2, 2002.

Freescle, datasheet do MP3V5050, 2009. Disponível em:  
<[http://www.freescle.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MP3V5050.pdf](http://www.freescle.com/files/sensors/doc/data_sheet/MP3V5050.pdf)>. Acesso em: 15 dez 2011.

Ganong W.F.; Fisiologia Médica, Ed. Atheneu, 5ª Edição, 1989

Guyton, A. C; Hall, J. E. Tratado de fisiologia médica. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, 973p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Índice de Massa Corpórea, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:

<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2002/imc\\_calculo.php?peso=60&altura=1%2C66&Submit=Enviar](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2002/imc_calculo.php?peso=60&altura=1%2C66&Submit=Enviar)>. Acesso em: 13 dez 2011.

IEC - International Electrotechnical Commission - IEC 60601-2-30 - MEDICAL ELECTRICAL EQUIPMENT - PART 2-30: PARTICULAR REQUIREMENTS FOR THE SAFETY, INCLUDING ESSENTIAL PERFORMANCE, OF AUTOMATIC CYCLING NON-INVASIVE BLOOD PRESSURE MONITORING EQUIPMENT (2000).

Kalache A., Veras R.P. e Ramos L.R.; O envelhecimento da população mundial – Um novo desafio, Revista Saúde Pública, Vol. 21, No. 3, São Paulo, Junho de 1987.

Manzan, W.A.; Utilização das transformadas Wavelets na Extração de Características e no Reconhecimento de Padrão de um Sinal de ECG, dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 2006

Ministério da Saúde; Avaliação do plano de reorganização da atenção à hipertensão arterial e ao diabete mellitus no Brasil, Brasília, 2004

Montgomery, D. C.; Runger, G. C. ;Estatística Aplicada e Probabilidades para Engenheiros. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2010/Diretriz\\_hipertensao\\_ERRATA.pdf](http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2010/Diretriz_hipertensao_ERRATA.pdf)>. Acesso em: 13 dez 2011.

Sorvoja H. e Myllila R.; Noninvasive blood pressure measurement methods, Molecular and quantum acoustics, vol. 27, pp. 239-264, 2006

Texas Instruments, datasheet do MSP430FG4618, 2011. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430fg4618.pdf>>. Acesso em: 15 dez 2011,.

Tranchesi, J. Eletrocardiograma normal e patológico. 6ª ed. São Paulo: Atheneu, 983, 724 p.

West J.; As Bases Fisiológicas da Prática Médica, 11ª edição, Guanabara Koogan, 1989.

**ANEXO I:**

Formulário a ser preenchido pelos voluntários



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA ELÉTRICA

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_

Possui algum problema de saúde?

( ) Não.

( ) Sim. Qual? \_\_\_\_\_

Nas últimas 24 horas tomou alguma medicação?

( ) Não.

( ) Sim. Qual? \_\_\_\_\_

Pratica esportes com frequência?

( ) Não.

( ) Sim. Nº de horas semanais \_\_\_\_\_

Faz semanalmente atividades de lazer?

( ) Não

( ) Sim Frequência \_\_\_\_\_ dias/semana

Consumo de sal

Preparo: ( ) Não ( ) Sim

Adição: ( ) Não ( ) Sim ( ) Sache 1g ( ) Mais de um sache: \_\_\_\_\_

Consumo mensal/número de pessoas em casa: \_\_\_\_\_

**Costuma ler os rótulos dos alimentos antes de comprar?**

( ) Não ( ) Sim ( ) Às vezes

Faz as principais refeições fora de casa?

( ) Não ( ) Sim

Tipo de gordura utilizada

Preparo: ( ) Soja ( ) Canola ( ) Girassol ( ) Milho ( ) Azeite

Salada: ( ) Soja ( ) Canola ( ) Girassol ( ) Milho ( ) Azeite

Consumo mensal/ número de pessoas em casa: \_\_\_\_\_

Quantas fazem as refeições em casa? \_\_\_\_\_

Quantas horas dorme em média por dia? \_\_\_\_\_

**Tabagismo**

( ) Não ( ) Sim

Nº de cigarros/dia: \_\_\_\_\_ Há quanto tempo: \_\_\_\_\_

**Ex-Fumante**

( ) Não ( ) Sim

Por quanto tempo? \_\_\_\_\_ Parou há quanto tempo? \_\_\_\_\_

**Consumo de Bebida Alcoólica**

( ) Não ( ) Sim Tipo \_\_\_\_\_ Frequência \_\_\_\_\_

Circunferência da cintura \_\_\_\_\_

O objetivo desta pesquisa é criar uma base de dados de pressão arterial. As medições serão feitas baseadas na norma AAMI por um profissional qualificado garantindo maior segurança e conforto ao voluntário(a), bem como maior confiabilidade nos dados obtidos.

Eu concordo e autorizo que os meus dados sejam utilizados para fins da pesquisa "*Base de dados de sinais oscilométricos de pressão arterial*", tal como a medição da pressão arterial para o mesmo fim.

**Ass.:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_\_\_

**Observações:**

---

---

---