

## ESTUDO DA AMPLIFICAÇÃO DE SINAIS FONOCÁRDICOS, UTILIZANDO AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTAÇÃO BIOMÉDICA.

**Adriano da Silva Andrade<sup>1</sup>, Bruno de Oliveira Gonçalves<sup>2</sup>, Dilara Luiza Silva<sup>3</sup>,  
Walter Andres Avendaño Jara<sup>4</sup>  
Eder Rezende de Moraes<sup>5</sup>, Carlos Julio Tierra Criollo<sup>6</sup>, Marcos Tadeu T. Pacheco<sup>7</sup>**

1 – 4 - Grupo Espectroscopia – Eng. Biomédica – Graduação – Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) – Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) – São José dos Campos – Brasil.

Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – 12244-000  
dipfox@yahoo.com.br<sup>1</sup>, avendano@univap.br<sup>4</sup>

5-7 – Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento (IP&D), Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) São José dos Campos – Brasil

Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – 12244-000  
eder@univap.br<sup>5</sup>; carjulio@univap.br<sup>6</sup>; mtadeu@univap.br<sup>7</sup>

**Palavras-chave:** fonocardiograma, AD620, amplificação.

**Área do conhecimento:** Engenharia Biomédica

**Resumo:** Estudos implementares na área de sinais biológicos tem sido de grande importância, principalmente para produzir processos para sua amplificação. Para este fim estão sendo adaptados meios de interface entre o computador e o meio externo, para uma aquisição de um sinal, têm-se vários parâmetros importantes como um sistema de amplificação eficiente para que o sinal seja processado corretamente. Para isso, o amplificador AD620 é um DIP de instrumentação biomédica, onde se tem várias vantagens como um resistor de ganho, baixo ruído e bom poder de amplificação. O objetivo desta etapa do trabalho consiste no estudo do amplificador AD620 para utilização para construção de um fonocardiograma. Para isso, foi realizado um ajuste técnico para adaptação do mini-DIP do AD620 numa Protoboard. No circuito já montado foi implementado primeiramente como gerador de sinais um gerador de frequência, onde com a variação da frequência pode encontrar variações acima dos limites do som. Com este estudo demonstra-se a eficiência do amplificador nesta faixa de frequência do som, onde demonstrou uma linearidade, importante para a aquisição dos sinais.

### 1. Introdução

A fonocardiografia é representação gráfica das bulhas e sopros cardíacos. Na verdade, também inclui traçados de pulsos – carotídeo, *ictus cordis* ou jugular –, de maneira a se obter a reprodução gráfica relativamente completa dos sinais obtidos pela inspeção, palpação ou ausculta de alterações cardíacas [3].

#### 1.1 Ausculta dos sons cardíacos

A ausculta é um dos métodos de colheita de sinais de um paciente, e é sempre empregado pela boa técnica propedêutica médica a despeito da natureza da queixa do paciente. Consiste na audição dos sons provenientes de vários órgãos escutando-se à superfície do corpo diretamente pela aposição do ouvido ou com o uso do estetoscópio. Pelo seu emprego é possível sondar características de órgãos e sistemas desde o trato

gastrointestinal até o coração. O profissional de saúde, ao realizar o procedimento de ausculta, depende informações acerca dos eventos mecânicos, hidráulicos e pneumáticos por suas manifestações acústicas e sonoras.

A ausculta representa um primeiro método diagnóstico nas patologias cardíacas. Um achado auscultatório é a causa mais comum para encaminhamento de crianças com suspeita de doença cardíaca. Pode-se ouvir, sobre a parede torácica, os sons do coração, causados pelas vibrações das valvas e cúspides das válvulas cardíacas, pelas vibrações das paredes do coração e pela aceleração e desaceleração do sangue no coração e vasos sanguíneos, denominados conjuntamente de sistema cardiovascular de Rushmer.

O ouvido humano pode distinguir várias características dos sons, tais como: amplitude, frequência e a temporização; mas somente num sentido qualitativo. Assim, atribui-se normalmente

a qualidade de alto, baixo, grave, agudo, galopante consistindo de duas ou mais componentes e outras sinestésias aos sons cardíacos, mas falha-se em determinar com precisão a composição do som e o ponto exato da ocorrência das componentes, tanto em tempo quanto em frequência.

Quando se diz que o ouvido humano pode distinguir vibrações sonoras entre 20-20000 Hz, esquece-se normalmente que esta percepção está fortemente ligada à intensidade sonora. A figura 1 ilustra a faixa dos sons cardíacos que se encontra acima do limiar de audibilidade. Nota-se que somente a faixa de 40-500Hz, que representa uma pequena faixa do real espectro dos sons cardíacos, pode ser percebida.

Apesar das limitações da percepção humana para ouvir corretamente, o espectro de frequência dos sons cardíacos contém toda a informação das vibrações mecânicas decorrente da dinâmica cardíaca. Porém, parte significativa desta informação espectral concentra-se abaixo da curva de limiar de audibilidade humana, como mencionado anteriormente. Conseqüentemente a identificação destes eventos torna-se impossível devido a limitação imposta pela fisiologia auditiva humana.

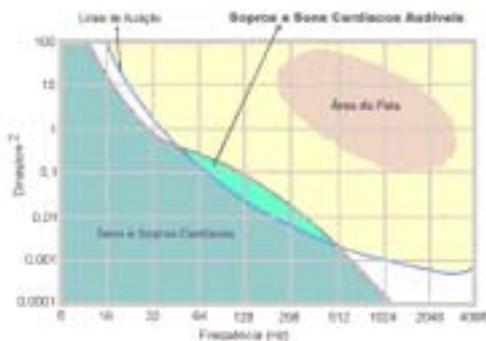


Figura 1: Correspondência entre os sons cardíacos e o limiar de audibilidade

### Detecção e classificação de patologias cardíacas a partir de sinais fonocardiológicos

O registro gráfico dos sons cardíacos surgiu como um auxiliar de sua interpretação, e recebeu o nome de fonocardiograma. Introduzido por Geluk e Einthoven em 1894, pode ser definido como a representação gráfica dos sons que se originam no coração e grandes vasos (Tavel, 1972). Levando em conta que na época de seu florescimento muito dos recursos de processamento de sinais existentes hoje ainda estavam sendo desenvolvidos, essa técnica foi legada a um relativo abandono em detrimento de outros métodos de análise da função cardíaca, tais como o ecocardiograma e a dopplerfluxometria, ou os métodos de imagem diagnóstica (tomografia computadorizada síncrona). Entretanto, novos

procedimentos surgiram ou ganharam força em processamento de sinais, e se tornaram viáveis devido ao avanço tecnológico presenciado nas últimas décadas.

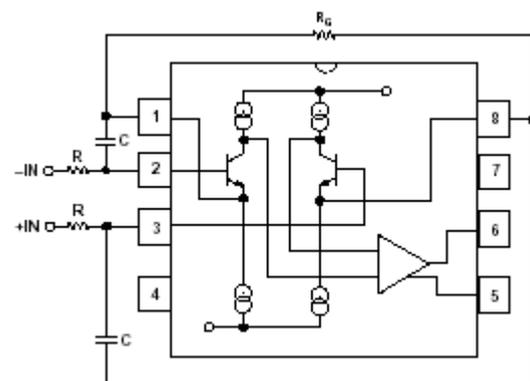
Como se podem observar, as técnicas de análise dos dados fonocardiológicos estão baseadas na observação de ocorrências temporais de certos eventos característicos (que podem ser interpretados no domínio do tempo ou da frequência). A transformada wavelet (WT) é uma representação tempo-frequência que vem sendo bastante utilizada na análise de vários tipos de sinais com composição espectral variante no tempo, tais como sinais de voz, radar e sonar (F).

### 1.3 O AD620

O AD620 é de baixo custo, amplificador de instrumentação é de baixo custo e alta precisão que exige para só de um resistor externo fixar ganhos de 1 a 1000. Caracteriza-se principalmente pelo modelo de soquete de 8 pinos, oferecendo uma baixa corrente, fazendo-lhe desta forma um ótimo telecontrolado para aplicações portáteis.

Possui uma exatidão de linearidade de no máximo 40 ppm e uma tensão offset máxima de 50 microVolts, sendo desta forma ideal para o uso em sistemas de aquisição de dados e de precisão, como escalas de peso e relações de transdutor.

Além disso, o baixo ruído, baixa corrente de polarização de entrada o fazem servir bem para aplicações médicas, tais como o eletrocardiograma e monitoração de pressão sanguínea. A baixa corrente de polarização de entrada está na ordem de no máximo de 1,0 nA, sendo adquirida com o uso de Superbeta que é processado na entrada. Sua tensão de tensão de entrada está na ordem de 9 nV/Hz em 1 kHz, 0,28 microVolt p-p de 0,1 Hz na faixa de 10 Hz, 0,1 pA/Hz de ruídos.



Esquema do Amplificador Ad620

Table II. Required Values of Gain Resistors

1% Std Table Value of $R_G$ , $\Omega$	Calculated Gain	0.1% Std Table Value of $R_G$ , $\Omega$	Calculated Gain
49.9 k	1.990	49.3 k	2.002
12.4 k	4.984	12.4 k	4.984
5.49 k	9.998	5.49 k	9.998
2.61 k	19.93	2.61 k	19.93
1.00 k	50.40	1.01 k	49.91
499	100.0	499	100.0
249	199.4	249	199.4
100	495.0	98.8	501.0
49.9	991.0	49.3	1,003

Tabela de ganho do amplificador de acordo com  $R_G$

### Término de Referência

A referência potencial terminal define a zero voltagem de produção, e é especialmente útil quando a carga não compartilhar um chão preciso com o resto do sistema. Provê uns meios diretos de injetar um preciso compense à produção, com uma gama permissível de 2 V dentro das voltagens de provisão. Deveria ser mantida resistência parasitária a um mínimo para CMR ótimo [6].

### Circuito de Proteção

O AD620 caracteriza 400 W de séries resistência de filme magra a suas contribuições, e resistirá seguramente contribuição de sobrecarga de até  $\pm 15$  V ou  $\pm 60$  MA durante várias horas. Isto é verdade para todos os ganhos, e poder de tempo em tempo que é particularmente importante desde a fonte notável e amplificador pode ser dado poder a separadamente. Para períodos de tempo mais longos, a corrente não deveria exceder 6 MA . Para sobrecargas de contribuição além dos materiais, segurando as contribuições aos materiais (usando um baixo diodo de vazamento como um FD333) reduzirá a resistência exigida, rendendo assim menos ruído [6].

### Interferência de RF

Todos os amplificadores de instrumentação podem retificar fora de sinais de faixa, e ao ampliar sinais pequenos, estas voltagens retificadas agem como dc pequeno compense erros. O AD620 permite acesso direto para o transistor de contribuição funda e emissores que permitem o usuário a aplicar filtrando a sinais de RF não desejados onde  $RC < 1/(2 \text{ pf})$  e onde  $f^3$  a largura da banda do AD620;  $C \approx 150 \text{ pF}$ . Emparelhando a capacidade estranha a Alfinetes 1 e 8 e Fixa 2 e 3 ajuda manter CMR alto.

Embora o sistema no qual está sendo usado, o AD620 provê maior precisão, e a baixo poder e

preço. Em sistemas simples, precisão absoluta e erros de vento são sem dúvida os contribuintes mais significantes a erro. Em sistemas mais complexos com um processador inteligente, um ciclo de autogain/autozero removerá tudo precisão absoluta e erros de vento que deixam só os erros de resolução de nonlinearity de ganho e barulho [6].

## 2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi evidenciar o uso do amplificador AD620 em aquisições de sinais de Fonocardiograma.

## 3. Materiais e Métodos

Primeiramente foi necessária a realização de um ajuste técnico para adaptar o mini-DIP do amplificador AD620B num soic de oito bits para poder implementá-lo no Protoboard, como é mostrado na figura:

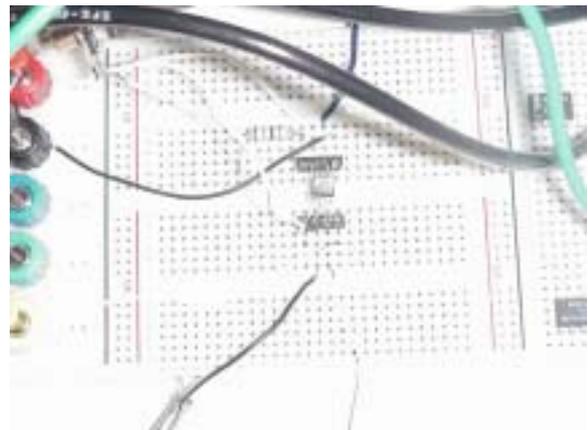


Figura 1: Ajuste técnico feito no Amplificador AD620B

### Teste com ondas de um gerador de frequência

Depois de realizado este ajuste técnico, foi montado o circuito de amplificação somente do amplificador, onde foi utilizada uma fonte marca Hp E3630A, onde foi ajustado uma tensão de 10 volts positivo e negativo para ligar nos terminais 7 e 4 respectivamente do CI, para limentação do amplificador. Nos terminais 1 e 8 foi ligado uma resistência de 1 k $\Omega$ , que servirá como resistor de ganho, onde poderá-se variar seu valor para aumentar o ganho da amplificação, (ver tabela na introdução). Nos terminais 3 e 2 foi ligado uma gerador de frequência marca Hp 33120A ajustado num valor de 150 Hz, somente para gerar um sinal qualquer e o canal 1 de um osciloscópio marca

Tektronix 2205, para ser aferido o sinal de entrada..No terminal 6, onde será a saída do sinal do amplificador, foi interligado o canal 2 do osciloscópio para verificar se houve amplificação do sinal. O terminal 5 foi devidamente aterrado ao sistema.

A partir deste sistema, foram feitas medidas da variação da freqüência, iniciando em 20 Hz até limiares de 2 MHz, com uma amplitude de entrada na ordem de 50 mV e conseqüentemente uma variação da amplitude de saída iniciando-se na ordem de 1,4 V, onde foram feitos gráficos para mostrar a variação da freqüência de trabalho do AD620.

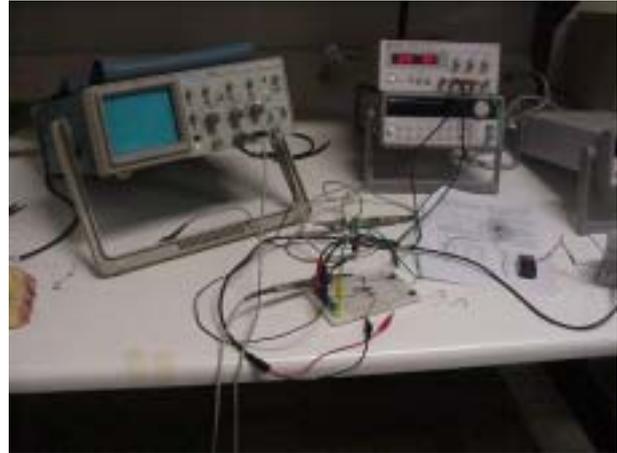


Figura do esquema feito para realização do experimento

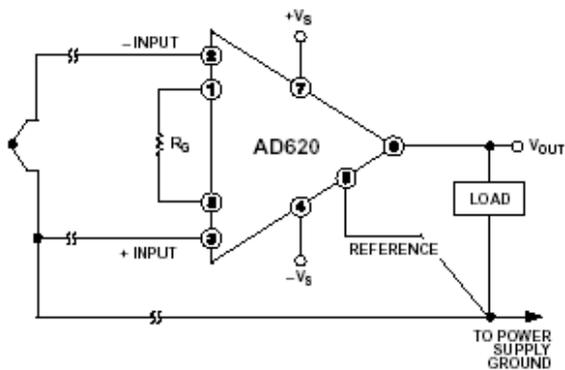


Figura do circuito implementado no Protoboard

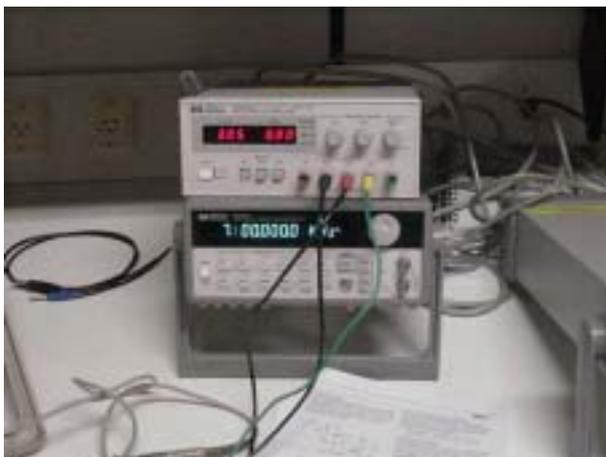


Figura da fonte e do gerador de ondas

## 5. Resultados

Através do experimento realizado somente com o sinal gerado pelo gerador de freqüência, foi conseguida uma curva do ganho em relação a amplitude do gerador de ondas, como é mostrado nos gráficos:

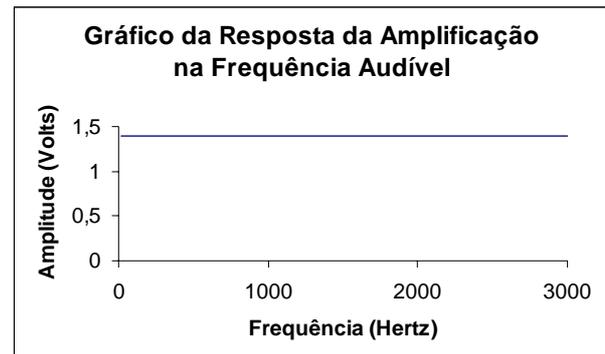


Gráfico 1: Curva padrão para freqüência do som

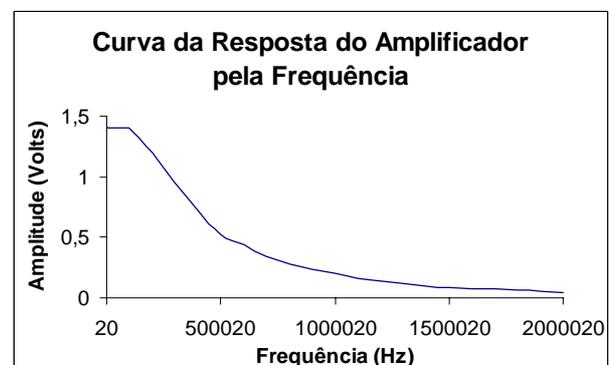


Gráfico 2 : Curva padrão para freqüências acima do som

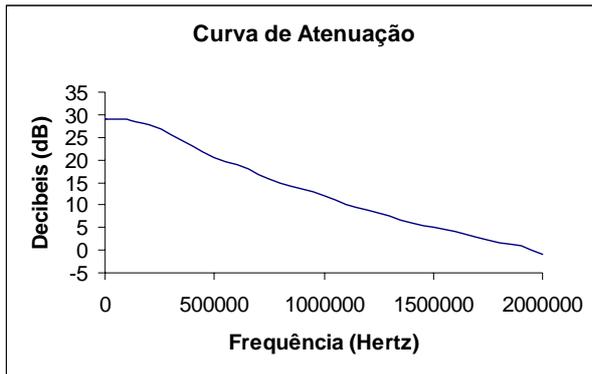


Gráfico 3: Curva padrão em Db acima do som

## 6. Discussão e Conclusão

Com base nos experimentos estudados, o valor mínimo de entrada do sinal da amplificação está na ordem de 50 mV, onde através do gráfico pode-se demonstrar que o amplificador AD620 consegue trabalhar linearmente nas frequências do som, isto é, na faixa de 20 Hz a 20 kHz, onde pode-se destacar o baixo nível de ruído nos sinais e seu ganho em malha fechada, importante para estabilidade do circuito. O AD620 como foi relatado, é um amplificador próprio para instrumentação biomédica. Um ponto importante do AD620 é seu resistor de ganho, muito eficiente para ganhos em pequenas voltagens. Para estados futuros, pode-se implementar um circuito de amplificação completo, dotado de uma pré-amplificação, adoção de um sistema de filtros e um sistema de amplificação, podendo utilizar amplificadores operacionais de instrumentação, como o LM 741. Com este circuito pronto, pode-se implementar uma interface gráfica com o Software Labview para aquisição destes sinais. Para conclusão da construção do fonocardiograma, se utilizará um microfone, com uma curva em Db conhecida, para poder validar as aquisições dos sons e adequar ao sistema de interface.

## 7. Referências Bibliográficas

[1]

Disponível em:

<http://www.angelfire.com/on/electron/ao.html>

Acesso em: 30 Março 2003.

[2] UNIVERSIDADE Federal do Rio de Janeiro.

Disponível

em

<http://www.peb.ufrj.br/~lib/fonocard.htm>

Acesso em: 23 Fevereiro 2003.

[3] INFOMED

Disponível em:

[www.infomed.hpg.ig.com.br/fonocardiografia.htm](http://www.infomed.hpg.ig.com.br/fonocardiografia.htm)

Acesso em: 23 Fevereiro 2003.

[4] SANTOS, M.A.R., SOUZA, M..N., "Análise Wavelet na Detecção de Sons Cardíacos", Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, p.432-436, São José dos Campos-SP, Set

[5] NATIONAL INSTRUMENTS

Disponível em <http://www.national.com/labview>

Acesso em: 10 Abril 2003.

[6] ANALOG DEVICES

Artigo em Pdf acessível em [www.analog.com](http://www.analog.com)

Acesso em: 01 Junho de 2003