



INFLUÊNCIA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DA AMPLITUDE DOS PULSOS OSCILOMÉTRICOS NO RESULTADO DA MEDIÇÃO DE ESFIGMOMANÔMETROS DIGITAIS.

Célio H. M. Fraga¹, Rafael F. Farias²

¹ Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Rio de Janeiro, Brasil, chfraga@inmetro.gov.br

² Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Rio de Janeiro, Brasil, rffarias@inmetro.gov.br

Resumo: Nove modelos de esfigmomanômetros eletrônicos digitais (ED) foram submetidos a 10 medições com um simulador de pressão arterial em 5 frequências e 5 amplitudes. Os dados foram analisados utilizando ANOVA e o cálculo do maior erro médio entre as frequências (ou amplitude). Os resultados indicam que a frequência e a amplitude influenciam o comportamento de alguns EDs existentes no mercado.

Palavras chave: esfigmomanômetro, pressão arterial, frequência cardíaca, pulsos oscilométricos.

1. INTRODUÇÃO

Um esfigmomanômetro eletrônico digital (ED) é um instrumento destinado à medição não-invasiva da pressão arterial humana que utiliza tecnologia eletrônica para processamento da grandeza de entrada e apresenta indicação digital [1].

Para realizar o processamento da grandeza e, assim, exibir um valor de pressão arterial, a maioria dos EDs existentes no mercado utiliza o método oscilométrico [2].

Esse método consiste em determinar a pressão arterial a partir de uma curva de pulsos oscilométricos [2]. Por sua vez, esses pulsos são gerados devido à passagem do sangue pela artéria que ocorre conforme o bombeamento do coração. Como resultado, tem-se que o pulso oscilométrico é um sinal relacionado à frequência cardíaca.

De forma geral, os EDs inflam uma braçadeira que é instalada em volta do braço, punho ou coxa do paciente até que a pressão dentro desta seja suficiente para bloquear momentaneamente a passagem do sangue. Quando isso acontece, o ED começa a liberar gradativamente o ar da braçadeira para que a pressão seja reduzida até retornar o estado inicial.

Durante todo o processo de inflar e esvaziar, a pressão interna da braçadeira possui duas componentes: a) A pressão gerada pela entrada de ar devido à inflação; b) A variação de pressão provocada pelo movimento da artéria devido à passagem do sangue. A segunda componente corresponde

aos pulsos oscilométricos e tem uma amplitude muito menor do que a primeira.

Para obter os pulsos, o ED mede a pressão interna da braçadeira com um sensor que a converte em um sinal elétrico proporcional. Assim como a pressão interna, o sinal elétrico também é composto de duas partes, sendo necessário separá-los para obter somente a segunda componente.

Isso quer dizer que o ED deve ser capaz de extrair da saída do sensor, sinais com frequência dentro do intervalo de frequências cardíacas.

Uma grande parte dos manuais desses instrumentos informa para qual intervalo de frequências estão aptos, passando a mensagem de que conseguem medir a pressão arterial dentro do erro máximo admissível previsto no Regulamento Técnico Metrológico nº 096/2008 (RTM) em todo este intervalo.

Além disso, os testes clínicos não podem garanti-lo uma vez que, por serem realizados em humanos, não são repetitivos e os protocolos recomendados não exigem que as pessoas sejam selecionadas para o teste com foco nessa questão [3-5].

Com o advento dos simuladores de pressão arterial, é possível submeter os EDs a um mesmo valor de pressão arterial bastante repetitivo com diversas frequências cardíacas e analisar o seu comportamento.

2. OBJETIVO

Este estudo tem dois objetivos, a saber: a) observar se a frequência cardíaca afeta as medições de pressão arterial realizadas por esfigmomanômetros eletrônicos digitais que utilizem o método oscilométrico; b) observar se a amplitude dos pulsos oscilométricos afeta as medições de pressão arterial, mantendo-se a frequência cardíaca em 80 bpm.

3. MÉTODOS

Foram selecionados nove modelos de EDs de diferentes fabricantes para os tipos: automático de punho (punho),

semi-automático de braço (semi) e automático de braço (auto). Todo o estudo foi realizado com temperatura ambiente entre 15 °C e 25 °C e umidade relativa entre 20% e 85%. Foi utilizado o simulador CuffLink Dynatech Nevada que permite variar a amplitude dos pulsos através da configuração de um parâmetro denominado ganho.

Para a análise da influência da frequência, cada um dos instrumentos realizou 10 medições nas frequências de 40, 60, 80, 120 e 160 batimentos por minuto (bpm), com o simulador configurado em 120/80 mmHg, com ganho de 120% para ED semi, 100% para auto e 80% para punho.

Para análise da influência da amplitude, cada instrumento fez 10 medições com o simulador configurado em 120/80 mmHg, 80 bpm e com ganhos de 60%, 80%, 100%, 120% e 140%.

Para cada equipamento, calculou-se o erro máximo através da equação mostrada a seguir:

$$E_{max} = |S_{m\acute{a}x} - S_{m\acute{i}n}| \quad (1)$$

Onde Smax é a maior média da pressão sistólica entre as frequências (ou ganhos) e Smin é a menor média. O mesmo foi feito para as pressões diastólicas.

Os resultados também foram analisados utilizando ANOVA com nível de significância $\alpha = 5\%$.

4. RESULTADOS

As figuras 1 e 2 apresentam os valores médios das pressões sistólica e diastólica para cada valor de frequência ajustado no simulador.

A marca e o modelo dos instrumentos avaliados não foram exibidos por questões de confidencialidade.

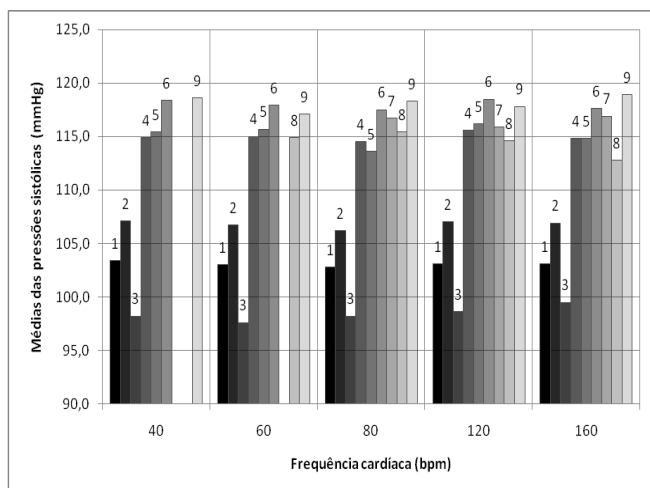


Figura 1. Médias da pressão sistólica em função da frequência

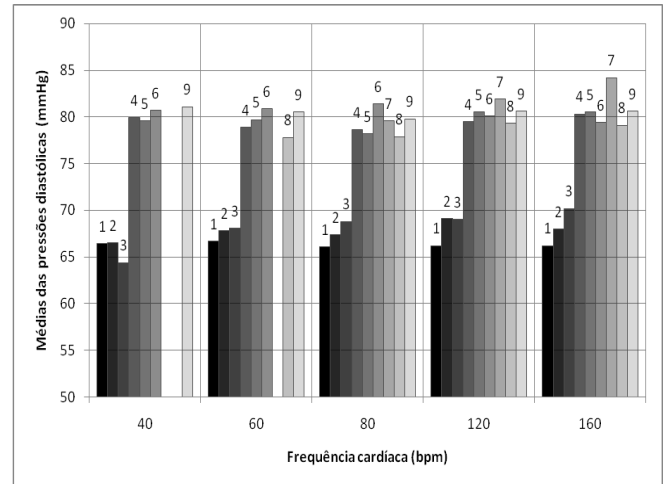


Figura 2. Médias da pressão diastólica em função da frequência

As figuras 3 e 4 apresentam os valores médios das pressões sistólica e diastólica para cada valor de amplitude do pulso (ganho) ajustado no simulador.

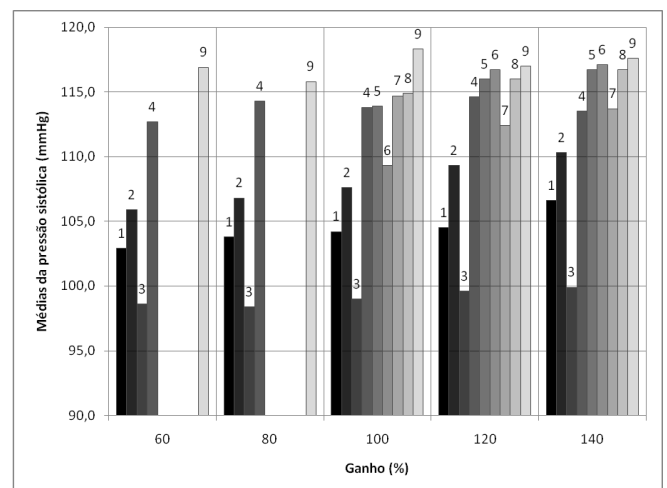


Figura 3. Médias da pressão sistólica em função do ganho

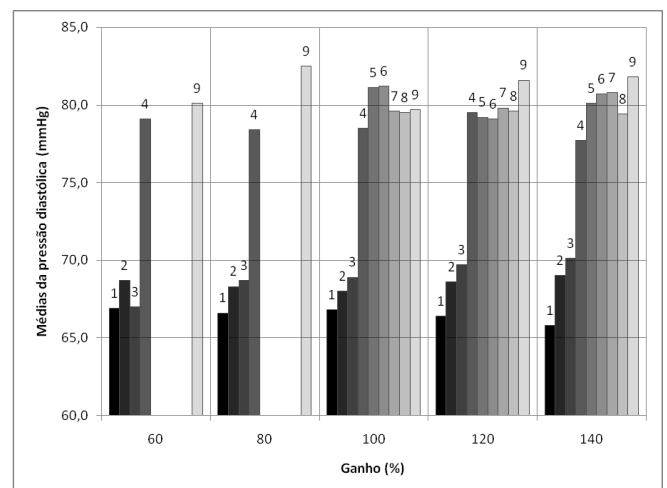


Figura 4. Médias da pressão diastólica em função do ganho

As tabelas 1 e 2 apresentam os resultados obtidos a partir das medições feitas pelos EDs nos ensaios de variação de frequência e amplitude do pulso.

Tabela 1. Resultados dos ensaios de variação de frequência

Tipo ED	Nº	Parâmetro	Emáx	F	valor-P	Fc
Punho	1	Sistólica	0,6	1,34	0,27	2,57
		Diastólica	0,6	2,98	0,03	2,57
	2	Sistólica	0,9	2,24	0,08	2,57
		Diastólica	2,6	20,7	<0,001	2,57
	3	Sistólica	1,9	9,84	<0,001	2,57
		Diastólica	5,8	150,52	<0,001	2,57
Semi	4	Sistólica	1,1	1,69	0,17	2,57
		Diastólica	1,7	7,63	<0,001	2,57
	5	Sistólica	2,6	7,47	<0,001	2,57
		Diastólica	2,3	17,24	<0,001	2,57
	6	Sistólica	1,0	1,05	0,39	2,57
		Diastólica	2,0	16,03	<0,001	2,57
Auto	7	Sistólica	1,0	0,73	0,49	3,34
		Diastólica	4,6	40,93	<0,001	3,34
	8	Sistólica	2,6	1,78	0,17	2,86
		Diastólica	1,5	3,99	0,015	2,86
	9	Sistólica	1,8	4,2	0,006	2,57
		Diastólica	1,3/	4,93	0,002	2,57

Tabela 2. Resultados dos ensaios de variação de amplitude (ganho)

Tipo ED	Nº	Parâmetro	Emáx	F	valor-P	Fc
Punho	1	Sistólica	3,7	9,93	<0,001	2,58
		Diastólica	1,1	4,09	0,07	2,58
	2	Sistólica	4,4	29,76	<0,001	2,58
		Diastólica	1,0	3,21	0,021	2,58
	3	Sistólica	1,5	13,09	<0,001	2,58
		Diastólica	3,1	29,29	<0,001	2,58
Semi	4	Sistólica	1,9	4,5	0,004	2,58
		Diastólica	1,8	8,15	<0,001	2,58
	5	Sistólica	2,8	13,33	<0,001	3,35
		Diastólica	1,9	21,39	<0,001	3,35
	6	Sistólica	7,8	10,61	<0,001	3,35
		Diastólica	2,1	25,79	<0,001	3,35
Auto	7	Sistólica	2,3	2,48	0,10	3,35
		Diastólica	1,2	3,13	0,06	3,35
	8	Sistólica	1,8	3,32	0,05	3,35
		Diastólica	0,2	0,07	0,94	3,35
	9	Sistólica	2,5	9,89	<0,001	2,58
		Diastólica	2,8	14,62	<0,001	2,58

Os parâmetros exibidos são:

- **Emáx** – é o erro máximo de um ED, para cada ensaio de variação de frequência ou ganho, obtido pela maior diferença entre as médias de pressão (em mmHg);
- **F** – Distribuição F de Snedecor, obtido pela análise da variância (ANOVA) entre as médias de pressão;
- **valor-P** – probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema quanto aquela observada em uma amostra, assumindo verdadeira a hipótese nula;
- **Fc** – é o valor de “F” crítico, obtido de uma tabela de “F” para α igual a 5%, considerando o número de graus

de liberdade dentro e entre os grupos de frequência ou ganho;

Os gráficos nas figuras 5 e 6 comparam os valores de $F_{\text{sistólica}}$ (Fsis), $F_{\text{diastólica}}$ (Fdia) e $F_{\text{crítico}}$ (Fc) de acordo com as informações retiradas das tabelas 1 e 2 respectivamente.

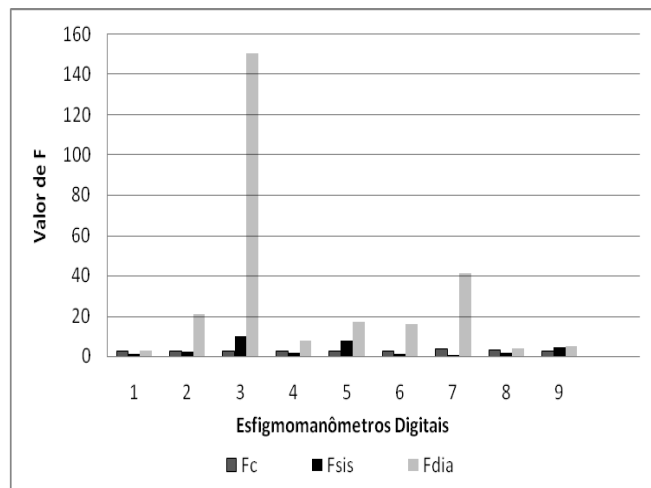


Figura 5. Valores de “F” dos ensaios de variação de frequência

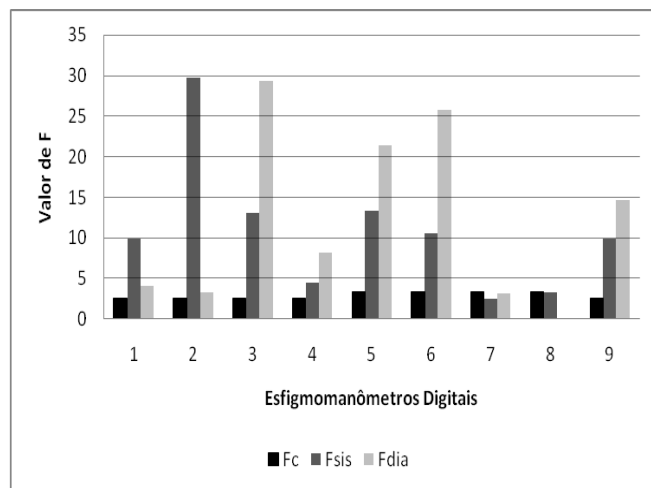


Figura 6. Valores de “F” dos ensaios de variação de amplitude

5. DISCUSSÃO

No ensaio de variação de frequência, dois EDs do tipo auto não conseguiram medir a pressão arterial na frequência cardíaca de 40 bpm sendo que um destes também não conseguiu realizar medições na frequência de 60 bpm, conforme informado nos manuais de instruções dos respectivos fabricantes.

No teste de ANOVA e valor-P, três EDs (punho 3, semi 5 e auto 9) apresentaram diferença estatística significativa ($F > F_c$ e $\text{valor-P} < 0,05$) nas medições de pressão sistólica e oito instrumentos apresentaram diferença nas medições de pressão diastólica.

Isso quer dizer que, para esses instrumentos, pelo menos em uma das frequências o valor médio da pressão sistólica

(ou diastólica) é realmente diferente do valor médio nas outras frequências.

Para se ter uma idéia dessa diferença, pode-se observar o valor do erro médio máximo (E_{max}). Entre os valores calculados, verifica-se que o ED punho 3 apresentou um valor de 5,8 mmHg para a pressão diastólica.

No ensaio de variação de amplitude, dois EDs do tipo semi (5 e 6) e dois do tipo auto (7 e 8) não apresentaram resultados de medição com ganhos de 60% e 80%. Pelo teste de ANOVA e valor-P, sete EDs apresentaram diferença estatística significativa na medição da pressão sistólica e seis EDs apresentaram diferença nas medições de pressão diastólica. O ED semi 6 apresentou erro máximo de 7,8 mmHg na pressão sistólica.

6. CONCLUSÕES

A frequência cardíaca influenciou praticamente todos os EDs nas medições de pressão diastólica, enquanto na pressão sistólica, três instrumentos apresentaram diferença significativa das médias. Conclui-se que há uma influência predominante da frequência cardíaca na pressão diastólica.

A amplitude dos pulsos (ganho) afetou simultaneamente a medição das pressões sistólica e diastólica em quase todos os instrumentos (sete), sendo que os dois EDs não afetados (7 e 8), não conseguiram apresentar resultados de medição em todo o intervalo de ganho. Considerando a dificuldade de relacionar a escala do simulador para este parâmetro com o valor apresentado em seres humanos, não foi possível avaliar se os EDs deveriam ou não apresentar resultados de medição para todos os valores de ganho utilizados no ensaio, uma vez que os manuais de instrução também não mencionam este parâmetro.

REFERÊNCIAS

- [1] INMETRO. *Portaria Inmetro nº 096, de 20 de março de 2008 - Aprova o Regulamento Técnico Metrológico referente a esfigmomanômetros eletrônicos digitais.*
- [2] M. Cerulli, “O método oscilométrico de medição da pressão arterial”, *Hipertensão*, 2000, Vol. 3, Número 3, pp. 110-115.
- [3] O'Brien, E, et al. “The British Hypertension Society protocol for the evaluation of blood measuring devices”, *Journal of Hypertension*. 1993, 11, pp. S43-62.
- [4] E DIN 58130:1995, *Non-invasive sphygmomanometers - Clinical investigation.*
- [5] AAMI/ANSI. *SP10, American National Standard for electronic or automated sphygmomanometers*, 1992, e Amendment, 1996.