

---

# Métodos de medida da pressão arterial – passado, presente e futuro

Fernando Menezes Campello de Souza

## Resumo

Traça-se um panorama da evolução dos métodos de medida da pressão arterial, apresentando alguns fatos relevantes, dentro de uma visão crítica.

**Palavras-chave:** Pressão arterial; Contrapressão; Medida da pressão arterial.

Recebido: 06/07/03 – Aceito: 18/08/03

**Rev Bras Hipertens 10: 189-193, 2003**

---

## Introdução

Deve-se ao gênio criativo Etienne Jules Marey, um médico, fisiologista e inventor francês, a idéia, que ele aplicou em 1876, de usar a contrapressão (CP) para medir, não invasivamente, a pressão arterial (PA) em humanos. Faz-se aqui não apenas uma resenha sobre o assunto, mas discute-se também a questão do paradigma.

Marey fez os primeiros experimentos para a medida não-invasiva da PA. Ele fazia com que a mão e o pulso do seu assistente ficassem dentro de um vaso de vidro cheio d'água, selado ao redor do pulso e conectado por uma mangueira a um quimógrafo (um tambor rotativo com superfície

enegrecida, sobre o qual um estilete traçava as curvas), desenvolvido 12 anos antes por Ludwig<sup>1,2</sup>. Marey adotou o termo esfigmógrafo para o seu dispositivo (*esfigmos* é uma palavra grega que significa “pulso”). A pressão no vaso era registrada pelo quimógrafo. A pressão da água era aumentada incrementalmente e registros eram feitos em cada nível de CP. Para cada nível de CP tinha-se então um registro das oscilações. Traçava-se depois um gráfico mostrando a amplitude das oscilações no “manguito” *versus* CP. Marey notou que acima de uma CP crítica (ligeiramente acima da pressão sistólica), a mão embranquecia, pois a CP excedia a pressão sistólica nas artérias da mão e todo o sangue era retirado dela.

Continuando as pesquisas, Marey notou que, quando a CP aumentava, a amplitude da oscilação também aumentava, até que se alcançasse um máximo. A partir desse ponto, aumentos na CP provocavam decréscimos na amplitude das oscilações. Essa é a origem do método oscilométrico, tão em uso hoje em dia.

## Apanhado histórico

Galileu Galilei (1564-1642) mediu o tempo que levava o lustre da catedral de Pisa para dar uma oscilação contando as suas próprias pulsações cardíacas. Em 1640, Galileu projetou o primeiro relógio de pêndulo. Aos 17 anos de idade, ele observou que a oscilação de um pêndulo apresenta

---

### Correspondência:

Fernando Menezes Campello de Souza  
Universidade Federal de Pernambuco  
Rua Neto de Mendonça, 121, ap. 2301, Tamarineira  
CEP 52050-100 – Recife, PE  
E-mail: fmcs@hotmail.com.br

uma frequência (F) constante, independentemente de sua amplitude (quando esta é muito pequena). Ele verificou, ao observar um lustre oscilando na catedral, que os períodos de oscilação eram constantes, independentes da amplitude do movimento. O que interessava, portanto, era o tamanho (elongação) do pêndulo. Este tamanho é que é o parâmetro.

Em 1602, Galileu inventou, juntamente com o amigo, o médico Santorio Santorio (1561-1636), o *pulsilogium*, espécie de relógio utilizado para medir a pulsação, um ano mais tarde, dos pacientes<sup>3</sup>.

Em 1733, o reverendo Stephen Hales, um religioso anglicano inglês, que foi aluno de Newton, fez as primeiras medidas da PA, canulando a artéria carótida de cavalos. Este enfoque proveio do trabalho que ele fez antes, na medida da pressão da seiva nas árvores.

Logo após as experiências de Marey com a CP hidráulica, começaram a aparecer vários dispositivos pneumáticos de CP que envolviam os membros (braço, antebraço e dedo). Observava-se o mesmo espectro de oscilações na pressão do manguito à medida que a pressão deste era aumentada. Os precursores diretos dos manguitos de PA de hoje foram aqueles descritos por Riva-Rocci em 1896<sup>4</sup>, na Itália, e Hill e Barnard em 1897<sup>5</sup>, na Inglaterra. Apareceram novos critérios para identificar as pressões sistólica e diastólica (PS e PD, respectivamente), assim como controvérsias a respeito deles. Um desses critérios empregava a palpação da artéria braquial à medida que a pressão no manguito era reduzida de um valor alto a um valor baixo. No ponto do aparecimento do pulso radial, a pressão no manguito era identificada como a PS. Este é o critério ainda hoje.

Chama-se a atenção que várias tentativas sérias foram feitas com o intuito de usar o espectro das oscila-

ções de pressão no manguito para identificar a PS e a PD<sup>2</sup>. Acreditava-se que, durante a deflação do manguito, o crescimento abrupto na amplitude das oscilações da pressão deste assinalava a PS; mostrou-se mais tarde que isso não era correto. A pressão do manguito para a máxima amplitude das oscilações foi considerada como indicativa da PD; isso também mostrou-se incorreto, pois verificou-se mais tarde que ela estava acima da PD. Só bem depois, de fato, é que se determinou a pressão de manguito para a máxima amplitude das oscilações e mostrou-se que ela representa a pressão arterial média (PAM)<sup>6,7</sup>. Modelos matemáticos foram usados nestes estudos.

Korotkoff<sup>8,9</sup>, na Rússia, em meio a essa controvérsia, introduziu o seu famoso método auscultatório. Discutia-se também a importância do tamanho do manguito<sup>10</sup>. Verificou-se que os manguitos do tipo Riva-Rocci e Hill e Barnard eram muito estreitos e dava pressões falsamente altas. Muitos desses manguitos eram feitos com câmaras de ar de pneus de bicicleta. Von Recklinghausen<sup>10</sup> mostrou isso medindo a pressão simultaneamente nos dois braços, sendo que em um usou um manguito de 5 cm e no outro um mais largo. Aceita-se como adequado, hoje, que o manguito deve ter uma medida correspondente a 40% da circunferência do braço.

Na medicina chinesa, há muito tempo, o pulso é usado como uma ferramenta fundamental para diagnóstico. Ele é geralmente classificado dicotomicamente como rápido ou vagaroso, tenso ou suave, flutuante ou afundante, grande ou pequeno, vazio ou cheio, etc.<sup>11</sup>. O diagnóstico por essa técnica tradicional requer muita experiência e um alto nível de habilidade; a interpretação é subjetiva. Foram propostos, entretanto, esquemas quantitativos para características específicas do pulso<sup>11,12</sup>.

No início do século XX havia três métodos para medir a PA: o palpatório, o auscultatório e o oscilométrico. O método palpatório, que fornece um valor apenas para a PS, não provocou controvérsias. O auscultatório fornecia valores da PS e da PD em função do aparecimento e desaparecimento, respectivamente, de sons característicos (sons de Korotkoff<sup>8</sup>). Os dispositivos automáticos que usam o método auscultatório empregam algoritmos que identificam a pressão do manguito para o primeiro som que aparece, e a pressão quando a intensidade do som manifesta-se abaixo de um valor selecionado. Verificou-se que a pressão do manguito para o som mais alto coincide com a pressão média<sup>13,14</sup>. Até agora esse fato não foi usado para se tentar melhorar a precisão das medidas.

Houve muita discussão sobre o método oscilométrico. Surgiram vários algoritmos para a identificação de PD e PS. O assunto esteve em aberto até que o método oscilométrico automático fosse introduzido na medicina<sup>15</sup>. A discussão continua<sup>16</sup>. O primeiro instrumento mostrava apenas a PAM (pressão do manguito para as oscilações de amplitude máxima) e F. Não se conhecia, naquela época, a PAM, e ela não era medida. Ramsey<sup>15</sup> criou algoritmos baseados na amplitude da oscilação, para estimar PS e PD, além da PAM. Nascia, então, o monitor automático não-invasivo da PA. Hoje em dia existem muitos instrumentos desse tipo.

Em 1967, um fisiologista tcheco chamado Jan Peñáz patenteou um protótipo de monitorização contínua não-invasiva da PA<sup>17,18</sup>. O manguito é aplicado tipicamente na falange média do dedo anular ou médio (às vezes nos dois, alternadamente, para minimizar desconforto, quando a monitorização é feita durante 24 horas). O método é baseado em pletismografia (medição de variação de volume de um órgão em função do aporte sanguíneo através dos vasos; o

chamado *volume-clamp method*). Os aparelhos comerciais desenvolvidos ainda são muito caros, e só são usados em centros de pesquisa<sup>18</sup>. Tem havido alguns avanços nessa tecnologia<sup>19,20</sup>.

Existe o método baseado em ultrassom<sup>21</sup>, e diversos tipos de tonômetro. Uma referência importante sobre medida da PA pode ser encontrada na obra de Geddes "Handbook of Blood Pressure Measurement"<sup>22</sup>.

## Mecanismos probabilísticos

São vários os mecanismos probabilísticos presentes no processo de medição da PA. A própria PA sofre influências de: 1) condições fisiológicas ou intrínsecas (estado de vigília ou sono, sonho, variações posturais; digestão, respiração, fala, repleção vesical, apnéia respiratória, dor e estresse emocional); 2) Fatores ambientais, extrínsecos ou externos (reflexo de defesa, exercício físico, temperatura ambiente, fumo, vibrações e ruídos e condições sociais e econômicas).

Além da própria variação da PA, existem os mecanismos causadores de erro na medida da pressão: 1) erros (erro de leitura da medição feita pelos instrumentos, erro de escrita, ao anotar a medida realizada por outra pessoa, erro causado pela má utilização da técnica de medida e erro do instrumento por estar defeituoso ou descalibrado); 2) preferências por números. Existem pessoas que têm preferência por números "redondos" como 120 ou 130 em vez de 118 ou 126. Erros causados por aproximações deste tipo são comuns em profissionais da área de saúde e podem causar prejuízos ao diagnóstico ou tratamento do paciente; 3) Efeito do Avental Branco. Reflexo Condicionado devido ao local (hospital, consultório, etc.) ou à presença do profissional de saúde, principalmente o médico, que pode alterar a

pressão do indivíduo; 4) várias medidas com o mesmo profissional. Quando uma única pessoa realiza várias medidas de uma mesma variável, ela pode inconscientemente induzir um viés na medida. Isso também pode ocorrer na medida da PA.

Devido a todos esses fatores que interferem na medida da PA, o interessante é que a avaliação do estado de saúde do paciente seja feita com base em valores de parâmetros representativos de alguma desregulação no sistema de controle da PA e não nos valores pressóricos em si. As afirmações feitas em 23 evidenciam a dificuldade quanto ao exposto: "Apesar de as decisões sobre o diagnóstico e tratamento serem baseadas nas medidas de pressão arterial casuais (de consultório), é sabido que estas medidas podem não representar o **valor real da pressão arterial**". (grifo do autor) (p.107) Manifesta-se aqui, claramente, o demônio Laplaciano<sup>24</sup>: "Quais valores da pressão arterial são confiáveis, quais realmente expressam os valores verdadeiros, quais são considerados como seguros para direcionar o tratamento instituído e o prognóstico e como amenizar ou evitar essas elevações pressóricas? Entretanto estas questões estão ainda por serem respondidas." (p.109); "...uma avaliação mais fidedigna da pressão arterial." (p.112).

O que qualquer aparelho e sua sistemática associada produz, no final, é um número ou conjunto de números que refletem condições exógenas e endógenas ao indivíduo que está tendo a sua PA aferida, todas com seus mecanismos probabilísticos subjacentes.

## Medidas feitas automaticamente ou pelo próprio paciente

Com o aparecimento dos aparelhos automáticos passou a ser possível fa-

zer um número muito maior de medidas e de maneira mais cômoda, e, o que é mais importante, a obtenção de um perfil temporal da PA. Duas sistemáticas são usadas: a monitorização ambulatorial da PA de 24 horas (MAPA-24h) e a monitorização residencial da PA (MRPA). A primeira é totalmente automática e, muito importante, faz medidas durante o sono do indivíduo, permitindo captar parâmetros próprios desse período. A segunda envolve a participação do indivíduo cuja pressão está sendo medida e faz medidas apenas no período da vigília por razões óbvias.

No caso da MAPA-24h, além das vantagens de qualquer automação, evita-se o fenômeno do avental branco e pode-se comparar os dois mecanismos de regulação da PA no ciclo circadiano, pelo uso de modelos matemáticos<sup>25,26</sup> e estatísticos<sup>27</sup>. No caso da MRPA, o fenômeno do avental branco também é evitado, mas entra em cena o efeito da participação ativa do próprio indivíduo. Quando o tensiômetro não é automático, o efeito é maior ainda, é claro. Não se deve confundir os diversos valores médios de PA estimados pelas duas sistemáticas. Eles medem coisas distintas, que não têm nada a ver com a "verdadeira" PA, mesmo porque esta não existe.

## Qual o melhor método?

A resposta a esta pergunta depende do que se quer medir. A esta altura já deve estar claro que expressões como a "verdadeira" ou "real" PA não fazem o menor sentido. Os valores preconizados nos consensos, ou *joints*, ou diretrizes, para se definir e categorizar a chamada hipertensão, por exemplo, dizem respeito ao chamado "homem de Quételet"<sup>28</sup>, aquele que jamais entrará em nenhum consultório médico. Este homem é o resultado de estudos epidemiológicos. É impor-

tante na medida em que evidencia que existem invariantes subjacentes a uma grande quantidade de fatores condicionantes.

É preciso também não confundir o método com a tecnologia, embora estejam relacionados. O que tem evoluído é a automação, a precisão, a redução do tamanho físico dos aparelhos e a combinação de métodos<sup>29,30</sup>. Os mais dispendiosos (e isto é uma questão de escala de uso) possibilitam um alto nível de automação e são de pequeno porte, minimizando os efeitos de alguns fenômenos de interferência. À medida que o homem interfere, seja o profissional de saúde, seja o paciente, esses fatores espúrios se farão presentes. O uso de métodos estatísticos, disponibilizados sob a forma de *software*, não constitui método de medir a PA. Os resultados da aplicação de um tensiômetro comum, de aneróide, clássico, usado para se fazer várias medidas, em momentos distintos, pode ter suas leituras digitadas em um computador pessoal comum para posterior análise que servirá de apoio ao diagnóstico e à terapia.

Se se trabalha com os parâmetros, os invariantes aparecem de forma mais explícita e mais próximos aos indivíduos do que simplesmente ao homem de Quételet. Os parâmetros, sendo relações entre variáveis obtidas a partir de modelos matemáticos, têm uma variabilidade relativa menor. Não é preciso esperar que fique tudo automatizado para se começar a fazer

isso na prática clínica. Um tensiômetro comum, um relógio e, o que é mais importante, modelos matemáticos apropriados, já permitem um avanço.

Se o objetivo é beneficiar uma grande massa populacional, “rastreado”, a um custo muito baixo, os indivíduos com grande probabilidade de ter problemas cardiovasculares (hipertensão, etc.), deve-se usar o “rastreômetro”, um método muito engenhoso e criativo do médico brasileiro Marco Antonio Mota Gomes. Trata-se de uma adaptação de um tensiômetro de aneróide, no qual, no mostrador do instrumento, são definidas duas regiões, com as cores vermelho e verde. A linha de separação entre as cores é estabelecida pelos critérios epidemiológicos (hoje, 140 mmHg). Se, na deflação do manguito, as oscilações da agulha começam a ocorrer na região vermelha, o indivíduo é selecionado como provável possuidor de disfunções cardiovasculares. Se for na verde, o indivíduo é liberado. Não há necessidade de usar o estetoscópio. A variável produzida pelo método é uma variável de Bernoulli (dicotômica). A sensibilidade e a especificidade mostraram-se adequadas. Soluções de engenharia desse tipo, para problemas bem colocados, requerem muito talento.

## Palavras finais

Os condicionantes psicológicos e ambientais serão diminuídos, ou pra-

ticamente eliminados, quando o medidor de PA for realmente pequeno e muito fácil de usar. De preferência deve estar conectado por longos períodos de tempo, sendo seus dados armazenados em memória contínua (semicondutor) e transmitidos automaticamente, por exemplo, numa rede de telefonia celular, possivelmente numa rede de telemedicina. Esta seria bem mais barata, para construir e operar, no caso de dados que não envolvam imagens. O grande número de medidas obtidas, mais livres de condicionantes espúrios, seria útil não para se saber a “verdadeira pressão arterial” (expressão sem sentido!), mas para se estabelecer com mais precisão um acompanhamento dos parâmetros do sistema cardiovascular (relações entre as PAs entre si e delas com a F), estes sim mais indicativos do estado de saúde. Lembre-se aqui, de passagem, o avanço tecnológico que permitiu a automação praticamente total dos exames de sangue. A tecnologia não deve demorar a chegar a esse estágio, e é preciso avançar no uso de modelos matemáticos do sistema cardiovascular de forma que se possa fazer um uso mais efetivo dos dados a serem produzidos. Hoje em dia o *gap* já é enorme. Há cerca de 100 anos que se mede a PA e cerca de 400 anos que se mede a frequência cardíaca, mas as relações entre estas variáveis, à luz de modelos matemáticos, muitas já conhecidas, ainda estão muito longe da prática clínica.

---

### Abstract

#### Methods for blood pressure measurement – past, present and future

From a critical viewpoint, a brief description of the evolution of the methods for blood pressure measurement is presented, including some relevant facts.

**Keywords:** Blood pressure; Counterpressure; Blood pressure measure.



## Referências

- Ludwig C. Beitrage zur kenntniss des einflusses der respirations bewegungen auf den blutlauf im aortensystem. *Arch Anat* 1847;240-302.
- Geddes LA. Counterpressure: the concept that made the indirect measurement of blood pressure possible. *IEEE Engineering in Medicine and Biology* 1998;17(6):85-7.
- Grmek MD. Santorio Santorio. In: *Dictionary of Scientific Biography*. New York: Scribner, 1970-1980.
- Riva Rocci S. Un nuovo sfigmomanometro. *Gaz Med Torino* 1906;47:981-96.
- Hill L, Barnard H. A simple and accurate form of sphygmomanometer or arterial pressure gauge contrived for clinical use. *Brit M J* 1897;2:904.
- Posey JA, Geddes LA, Williams H, Moore AG. The meaning of the point of maximum oscillations in cuff pressure in the indirect measurement of blood pressure – part I. *Cardiovasc Res Ctr Bull* 1969;8(1):15-25.
- Mauck GW, Smith CR, Geddes LA, Bourland JD. The meaning of the point of maximum oscillations in cuff pressure in the indirect measurement of blood pressure – part II. *Transactions of the ASME* 1980;102:28-33.
- Korotkoff JS. On the subject of methods of measuring blood pressure. *Bull Imp Military Med Acad St. Petersburg* 1905;11:365-7.
- Geddes LA, Hoff HE, Badger AS. Introduction of the auscultatory method of measuring blood pressure – including a translation of korotkoff's original paper. *Cardiovascular Research Center Bull* 1966;5(2):27-74.
- Von Recklinghausen H. Unblutige blatdruckmessung. *Archiv f exp Path u Pharmakol* 1906;5:325-504.
- Yoon Y-Z, Lee M-H, Soh K-S. Pulse type classification by varying contact pressure. *IEEE Engineering in Medicine and Biology* 2000;21(2):106-10.
- Lu WA, Wang YYL, Wang WK. Pulse analysis of patients with severe liver problems. *IEEE Engineering in Medicine and Biology* 1999;18(1):73-5.
- Davis G, Geddes LA. Comparison of the auscultatory and oscillometric mean blood pressure in man. *J Clin Eng* 1989;13(6):443-6.
- Davis G, Geddes LA. Auscultatory mean blood pressure. *J Clin Mon* 1990;6(4):261-5.
- Ramsey M. Noninvasive automatic determination of mean arterial pressure. *Med Biol Eng Comp* 1979;17:11-8.
- Van Montfrans GA. Oscillometric blood pressure measurement: progress and problems. *Blood Pres Monitoring* 2001;6(6):287-90.
- Peñáz J. Photoelectric measurement of blood pressure, volume and flow in the finger 10th Int Conf Med Biol Eng. Dresden: Digest, 1973; p.104(Abstract).
- Sierra C, Coca A. Finapres y portapres. *Nefrología* 2002;22(3):12-5.
- Guelen I, Westerhof BE, van der Sar GL et al. Finometer, finger pressure measurements with the possibility to reconstruct brachial pressure. *Blood Pressure Monitoring* 2003;8(1):27-30.
- Parati G, Ongaro G, Bilo G et al. Non-invasive beat-to-beat blood pressure monitoring: new developments. *Blood Pressure Monitoring* 2003;8(1):31-6.
- Chaves Jr. HC. Análise de Monitores para MAPA. In: MAPA – Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial. São Paulo: Atheneu, 1991;176p.
- Geddes LA. Handbook of Blood Pressure Measurement. Clifton: Humana Press, 1991. 176 pages.
- Pierin AMG, Mion Jr D. Correlação da MAPA com a medida da pressão em casa e no consultório. In: MAPA – Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial. São Paulo: Atheneu 1995; p.107-13.
- Hegenberg L. Explicações científicas: introdução à filosofia da ciência. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: 1973.
- Rêgo LC, Campello de Souza FM. Improved Estimation of Left Ventricular Hy-pertrophy. *IEEE Engineering in Medicine and Biology* 2002;Jan-Feb:66-68,73.
- Rêgo LC. Modelos dinâmicos estocásticos do sistema cardiovascular. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Pernambuco (PPGEE-UFPE), Recife, 2001.
- Chaves Jr. HC. Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial (MAPA-24h): sua reprodutibilidade e importância na construção de modelos para estimar a hipertrofia cardíaca. Tese de doutorado. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Unidade de Hipertensão do InCor/USP, São Paulo, 2000.
- Campello de Souza FM. Decisões racionais em situações de incerteza. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, 2002.
- Pickering TG. The case for a hybrid sphygmomanometer. *Blood Pressure Monitoring* 2001;6(4):177-9.
- Pickering TG. What will replace the mercury sphygmomanometer? *Blood Pressure Monitoring* 2003;8(1):23-5.