



**República Federativa do Brasil**  
Ministério da Indústria, Comércio Exterior  
e Serviços  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0408440-3 B1**

**(22) Data do Depósito: 11/03/2004**

**(45) Data de Concessão: 22/11/2016**



---

**(54) Título:** MÉTODO AUTOMATIZADO PARA DISCRIMINAR O BATIMENTO CARDÍACO

**(51) Int.Cl.:** G06F 17/00; A61B 5/021

**(52) CPC:** G06F 17/00,A61B 5/02108

**(30) Prioridade Unionista:** 17/03/2003 IT RM2003 A 000117

**(73) Titular(es):** MATTEO BONAN. SALVATORE ROMANO

**(72) Inventor(es):** MATTEO BONAN, Técnico(a), SALVATORE ROMANO

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO AUTOMATIZADO PARA DISCRIMINAR O BATIMENTO CARDÍACO**".

A presente invenção refere-se a um método automatizado para discriminar o batimento cardíaco, iniciando da análise de uma curva de pressão detectada, que é facilmente implementável, econômica e altamente confiável, o método sendo apto para repetir de maneira iterativa para seções subseqüentes do sinal de pressão.

A presente invenção também se refere aos instrumentos necessários para executar o método automatizado e o aparelho executando o mesmo.

É conhecido que a avaliação de sinais biológicos tem uma função básica no diagnóstico e na prática clínica.

Em particular, vários métodos automatizados para avaliar a curva de pressão sangüínea detectada foram desenvolvidos nos anos recentes, e eles foram implementados em equipamentos correspondentes.

Entretanto, tais métodos, e os equipamentos relacionados, apresentam algumas desvantagens.

Antes de tudo, eles não se adaptam a todas as condições possíveis de detecção, que são variáveis dependendo do paciente, da presença possível de patologias e da situação de medição. Por meio de exemplo, tais equipamentos não reconhecem o sinal de um eletrocardiograma obtido durante uma operação de cirurgia cardíaca.

Além do mais, quanto mais eles são confiáveis, mais tais equipamentos são complexos e, conseqüentemente, caros.

Portanto, é um objetivo da presente invenção prover um método automatizado para discriminar o batimento cardíaco, iniciando da análise de uma curva de pressão detectada, que é facilmente implementável, econômica e altamente confiável.

É ainda um objetivo da presente invenção prover os instrumentos necessários para executar o método automatizado e o aparelho executando o mesmo.

É matéria exposta específica dessa invenção um método auto-

matizado para discriminar o batimento cardíaco, com base no sinal amostrado da pressão sangüínea, tendo um ponto de partida  $P_{partida}$ , caracterizado pelo fato de que ele opera de acordo com uma máquina de estado finito, compreendendo:

- 5                   A. um primeiro estado (1), no qual o método busca:
- o valor mínimo absoluto de pressão  $P_{min}$ , varrendo os valores de pressão incluídos dentro de um primeiro intervalo de tempo que não excede o intervalo indo do ponto de partida  $P_{partida}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um primeiro limiar de tempo DT-
- 10   MIN\_SYS,
- o valor máximo absoluto de pressão  $P_{max}$ , varrendo os valores de pressão incluídos dentro de um segundo intervalo de tempo que não excede o intervalo indo do ponto de partida  $P_{partida}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um segundo limiar de tempo DT-
- 15   MAX\_SYS e
- o primeiro valor máximo da derivada do sinal de pressão  $Y1_{max\_postdia}$  incluído dentro de um terceiro limiar de tempo que não excede o intervalo indo do ponto de partida  $P_{partida}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um período igual ao segundo limiar de
- 20   tempo DTMAX\_SYS,
- o método assumindo o ponto  $P_{min}$  como ponto diastólico  $P_{dia}$  e o ponto  $P_{max}$  como ponto sistólico  $P_{sys}$ , e passando para um segundo estado seguinte (2);
- B. o segundo estado (2), onde o método busca um ponto de in-
- 25   flexão do sinal de pressão  $P_{inflexão}$  seguinte ao ponto sistólico  $P_{sys}$  em um quinto intervalo de tempo que não excede o intervalo iniciando do ponto sistólico  $P_{sys}$  e de duração igual a um terceiro limiar de tempo DT-
- MAX\_MINY1\_SYS, o método então passando para um terceiro estado seguinte (3);
- 30                   C. o terceiro estado (3), onde o método verifica se, em um sexto intervalo de tempo que não excede o intervalo iniciando do ponto de inflexão  $P_{inflexão}$  e de duração igual a um quarto limiar de tempo DT-

MAX\_SYS2Y1DIC, o sinal de pressão apresenta uma protuberância com concavidade descendente, de modo que:

5 - se o resultado da verificação é positivo, o método procura, em um sétimo intervalo de tempo que não excede o intervalo iniciando do ponto de inflexão  $P_{inflexão}$  e de duração igual ao quarto limiar de tempo  $DT-MAX\_SYS2Y1DIC$ , o primeiro mínimo relativo da curva de pressão e ele assume o último como ponto dicrótico  $P_{dic}$ , enquanto que

10 - se o resultado da verificação é negativo, o método busca no dito sétimo intervalo de tempo o instante onde a segunda derivada do sinal de pressão assume o valor máximo  $Y2_{max\_postinflexion}$ , e ele assume o ponto do sinal de pressão relacionado como ponto dicrótico  $P_{dic}$ , o método então passando para um quarto estado seguinte (4);

15 D. o quarto estado (4), onde o método procura um valor máximo  $Y1_{max\_postdic}$  da primeira derivada do sinal de pressão em um oitavo intervalo que não excede o intervalo iniciando do ponto dicrótico  $P_{dic}$  e de duração igual a um quinto limiar de tempo  $DPOSTDIC$ , o método verificando que o valor máximo  $Y1_{max\_postdia}$  determinado no primeiro estado (1) não é menor do que o valor  $Y1_{max\_postdic}$ , de modo que:

20 - se o resultado da verificação é negativo, o método retorna para o primeiro estado (1) assumindo como novo ponto de partida  $P_{partida}$  um ponto seguinte ao ponto diastólico  $P_{dia}$  e não seguinte ao ponto dicrótico  $P_{dic}$ , enquanto que

25 - se o resultado da verificação é positivo, o método passa para um estado final (7) e

E. o estado final (7), onde o método é apto para fornecer o ponto diastólico  $P_{dia}$ , o ponto sistólico  $P_{sys}$  e o ponto dicrótico  $P_{dic}$ .

Além do mais de acordo com a invenção, no primeiro estado o método pode também buscar:

30 - o segundo valor máximo da derivada do sinal de pressão  $Y2_{max\_diatosys}$  incluído dentro de um quarto intervalo de tempo que não excede o intervalo indo do ponto de partida  $P_{partida}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um período igual ao segundo limiar de

tempo  $DTMAX\_SYS$ ,

de modo que no quarto estado o método pode também buscar um segundo valor máximo da derivada do sinal de pressão  $Y2max\_postdic$  dentro do oitavo intervalo, o método também verificando que o valor máximo  $Y2max\_diatosys$  determinado no primeiro estado (1) não é menor do que o valor  $Y2max\_postdic$ , de modo que:

5 - se o resultado da verificação é negativo, o método retorna para o primeiro estado (1) assumindo como novo ponto de partida  $Ppartida$  um ponto seguinte ao ponto diastólico  $Pdia$  e não seguinte ao ponto dicrótico  $Pdic$ , enquanto que

10 - se o resultado da verificação é positivo, o método passa para o estado final (7).

Sempre de acordo com a invenção, no primeiro estado (1), a suposição dos pontos  $Pmin$  e  $Pmax$  como pontos diastólico  $Pdia$  e sistólico  $Psys$ , respectivamente, pode depender do resultado da verificação que o ponto  $Pmin$  precede o ponto  $Pmax$ , de modo que:

15 - se o resultado da verificação é negativo, o método retorna para executar todas as operações do primeiro estado assumindo como novo ponto de partida  $Ppartida$  um ponto não precedendo  $Pmin$ , enquanto que

20 - se o resultado da verificação é positivo, o ponto  $Pmin$  é assumido como ponto diastólico  $Pdia$  e o ponto  $Pmax$  é assumido como ponto sistólico  $Psys$  e o método passa para o segundo estado seguinte.

Ainda de acordo com a invenção, a máquina de estado finito de acordo com a qual ela opera pode compreender um quinto estado, o método passando do quarto estado para o estado final passando preliminarmente para o quinto estado, onde o método determina um ponto do sinal de pressão  $P3$  correspondendo ao instante  $t3$  onde a segunda derivada do sinal de pressão assume o valor mínimo absoluto  $Y2min\_systodic$  dentro de um nono intervalo que não excede o intervalo indo do ponto sistólico  $Psys$  até o ponto dicrótico  $Pdic$ , o método então passando para o estado final onde ele fica apto para fornecer o ponto  $P3$ .

De preferência de acordo com a invenção, o dito nono intervalo

vai do instante que é intermediário dentro do intervalo incluído entre o ponto sistólico  $P_{sys}$  e o ponto dicrótico  $P_{dic}$

$t_{sys} + (t_{dic} - t_{sys})/2$

até o instante do ponto dicrótico  $P_{dic}$

5  $t_{dic}$ ,

onde  $t_{sys}$  é o instante correspondendo com o ponto sistólico  $P_{sys}$  e  $t_{dic}$  é o instante correspondendo com o ponto dicrótico  $P_{dic}$ .

Além do mais de acordo com a invenção, no quarto estado o método pode verificar se o sinal de pressão foi detectado na aorta, de modo

10 que:

- se o resultado da verificação é positivo, o método passa para o estado final, enquanto que

- se o resultado da verificação é negativo, o método passa para o quinto estado.

15 Em particular, tal verificação pode ocorrer com base em um dado com relação ao local da detecção do sinal dado como entrada por um operador. Vantajosamente, tal dado de entrada pode ajustar o valor de um registro adequado ou indicador do qual o método pode apenas verificar o valor no quarto estado.

20 Sempre de acordo com a invenção, a máquina de estado finito de acordo com a qual ela opera pode compreender um sexto estado, no qual o método chega ao caso quando no terceiro estado ele verificou que o sinal de pressão apresenta uma protuberância com concavidade descendente dentro do sexto intervalo de tempo, o método chegando ao sexto estado de-

25 pois do quarto estado antes de passar para o estado final, no sexto estado o método procurando no dito sexto intervalo de tempo o ponto máximo relativo  $P_4$  depois do ponto dicrótico  $P_{dic}$ , isto é, o ápice da protuberância, o método então passando para o estado final onde ele fica apto para fornecer o ponto  $P_4$ .

30 Ainda de acordo com a invenção, no sexto estado o método pode também buscar um ponto mínimo relativo do sinal de pressão  $P_{final}$  dentro de um décimo intervalo que não excede o intervalo indo do ponto dicrótico

co  $P_{dic}$  até o ponto  $P_{terminação}$  distante do ponto dicrótico  $P_{dic}$  por um sexto limiar de tempo  $DENDPOSTDIC$ , o método sendo apto para fornecer no estado final o ponto  $P_{final}$  no caso quando ele foi determinado no sexto estado.

5 De preferência de acordo com a invenção, o método busca o ponto  $P_{final}$  depois de ter determinado o ponto  $P_4$  e o dito décimo intervalo vai do ponto  $P_4$  até o ponto  $P_{terminação}$ .

Sempre de preferência de acordo com a invenção, o sexto limiar de tempo  $DENDPOSTDIC$  não é mais longo do que 150 milissegundos.

10 Além do mais de acordo com a invenção, o método pode chegar ao sexto estado iniciando do quinto estado.

Sempre de acordo com a invenção, no primeiro estado o método pode buscar o primeiro ponto  $p_{DEC}$  seguinte ao ponto de partida  $P_{partida}$  pertencente a uma fase decrescente do sinal de pressão, o primeiro intervalo de tempo pode ir do primeiro ponto decrescente  $P_{dec}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um primeiro limiar de tempo  $DTMIN\_SYS$ , e o segundo intervalo de tempo pode ir do primeiro ponto decrescente  $P_{dec}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um segundo limiar de tempo  $DTMAX\_SYS$ .

20 Ainda de acordo com a invenção, o terceiro e o quarto intervalos de tempo podem ir do primeiro ponto decrescente  $P_{dec}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um segundo limiar de tempo  $DTMAX\_SYS$ .

25 Além do mais de acordo com a invenção, os terceiro e quarto intervalos de tempo podem ir do valor mínimo determinado  $P_{min}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um segundo limiar de tempo  $DTMAX\_SYS$ .

30 Alternativamente de acordo com a invenção, os terceiro e quarto intervalos de tempo podem ir do valor mínimo determinado  $P_{min}$  até o valor máximo determinado  $P_{max}$ .

Sempre de acordo com a invenção, no segundo estado o método pode procurar o ponto  $P_{inflexão}$  procurando o primeiro valor mínimo ab-

soluta da derivada do sinal de pressão  $Y1_{min\_postsys}$  dentro do quinto intervalo de tempo, assumindo o ponto de sinal de pressão onde a sua primeira derivada assume o valor mínimo absoluto  $Y1_{min\_postsys}$  como o ponto de inflexão  $P_{inflexão}$ .

5                    Ainda de acordo com a invenção, no terceiro estado o método pode verificar se no sexto intervalo de tempo o sinal de pressão apresenta uma protuberância com concavidade descendente procurando o primeiro valor máximo absoluto da derivada do sinal de pressão  $Y1_{max\_postsys}$  e verificando se esse valor  $Y1_{max\_postsys}$  é positivo, por meio do que o sinal  
10 de pressão apresenta a dita protuberância no caso quando o valor  $Y1_{max\_postsys}$  é positivo.

                    Além do mais de acordo com a invenção, no terceiro estado o método pode procurar dentro do sétimo intervalo de tempo pelo primeiro mínimo relativo da curva de pressão procurando o instante onde a primeira derivada do sinal de pressão assume o valor de zero dentro do dito sétimo intervalo de tempo.  
15

                    Sempre de acordo com a invenção, no quarto estado, a busca pelo primeiro valor máximo da derivada  $Y1_{max\_postdic}$  e o segundo valor máximo da derivada  $Y2_{max\_postdic}$  do sinal de pressão dentro do oitavo intervalo, e a verificação de que ambos não são maiores do que os valores máximos  $Y1_{max\_postdia}$  e  $Y2_{max\_diatosys}$  determinados no primeiro estado, pode ser executada somente no caso quando no terceiro estado o método verificou que o sinal de pressão apresenta uma protuberância com concavidade descendente dentro do sexto intervalo de tempo.  
20

25                    Ainda de acordo com a invenção, quando o método retorna do quarto estado para o primeiro estado, ele pode assumir o ponto imediatamente precedente ao ponto dicrótico  $P_{dic}$  determinado como novo ponto de partida  $P_{partida}$ .

                    De preferência de acordo com a invenção, o primeiro limiar de tempo  $DTMIN\_SYS$  não é mais longo do que 200 milissegundos, ainda mais preferencialmente não mais longo do que 150 milissegundos.  
30

                    Sempre de preferência de acordo com a invenção, o segundo

limiar de tempo DTMAX\_SYS não é mais longo do que 380 milissegundos, ainda mais preferencialmente não mais longo do que 350 milissegundos.

5 Ainda de preferência de acordo com a invenção, o terceiro limiar de tempo DTMAX\_MINY1\_SYS não é mais longo do que 250 milissegundos, ainda mais preferencialmente não mais longo do que 200 milissegundos.

Sempre de preferência de acordo com a invenção, o quarto limiar de tempo DTMAX\_SYS2Y1DIC não é mais longo do que 250 milissegundos, ainda mais preferivelmente não mais longo do que 200 milissegundos.

10 Ainda preferencialmente de acordo com a invenção, o quinto limiar de tempo DPOSTDIC não é mais longo do que 200 milissegundos, ainda mais preferencialmente não mais longo do que 150 milissegundos.

Sempre de preferência de acordo com a invenção, o sinal de pressão é amostrado em uma frequência de 1 kHz.

15 Além do mais de acordo com a invenção, do estado final o método pode retornar para executar de modo iterativo o primeiro estado assumindo um ponto seguinte ao ponto dicrótico Pdic como o novo ponto de partida Ppartida.

20 Sempre de acordo com a invenção, quando o método chega ao estado final a partir do quarto ou quinto estado, do estado final o método pode retornar para executar de modo iterativo o primeiro estado assumindo um ponto seguinte ao ponto dicrótico Pdic e distante desse por um sétimo limiar de tempo DNEW como o novo ponto de partida Ppartida, preferencialmente não mais curto do que 1 milissegundo e não mais longo do que 150 milissegundos.

25 Ainda de acordo com a invenção, quando o método chega ao estado final a partir do sexto estado, no caso quando no sexto estado o ponto Pfinal foi determinado, do estado final o método pode retornar para executar de modo iterativo o primeiro estado assumindo um ponto seguinte ao ponto dicrótico Pdic e precedendo o ponto Pfinal como o novo ponto de partida Ppartida, preferencialmente assumindo o ponto imediatamente precedente ao ponto Pfinal como o novo ponto de partida Ppartida.

30

Além do mais de acordo com a invenção, quando o método che-

ga ao estado final a partir do sexto estado, no caso quando no sexto estado o ponto  $P_{final}$  não foi determinado, do estado final o método pode retornar para executar de modo iterativo o primeiro estado assumindo um ponto seguinte ao ponto dicrótico  $P_{dic}$  e não seguinte ao ponto  $P_{terminação}$  como o novo ponto de partida  $P_{partida}$ , preferencialmente assumindo o ponto imediatamente precedente ao ponto  $P_{terminação}$  como o novo ponto de partida  $P_{partida}$ .

É ainda matéria exposta específica dessa invenção um computador, compreendendo dispositivo de interface de entrada e/ou saída, dispositivo de memorização e dispositivo de processamento, caracterizado pelo fato de que ele é apto para executar o método automatizado previamente descrito para discriminar o batimento cardíaco.

É também matéria exposta específica dessa invenção um aparelho para detectar e analisar a pressão sangüínea, compreendendo um computador e dispositivo de detecção de pressão sangüínea, caracterizado pelo fato de que o dito computador é o computador há pouco ilustrado.

É uma outra matéria exposta específica dessa invenção um programa de computador caracterizado pelo fato de que ele compreende dispositivo de código adaptado para executar, quando funcionando em um computador, o método automatizado previamente descrito para discriminar o batimento cardíaco.

É uma matéria exposta específica adicional dessa invenção um meio de memória, legível por um computador, armazenando um programa, caracterizado pelo fato de que o programa é o programa de computador há pouco descrito.

A presente invenção será agora descrita, por meio de ilustração e não por meio de limitação, de acordo com suas modalidades preferidas, por referência particular às figuras dos desenhos anexos, nos quais:

A figura 1 mostra um diagrama esquemático da máquina de estado de acordo com a qual uma modalidade preferida do método de acordo com a invenção opera;

a figura 2 mostra um diagrama esquemático do primeiro estado

da máquina de estado da figura 1;

a figura 3 mostra um diagrama esquemático do terceiro estado da máquina de estado da figura 1;

5 a figura 4 mostra uma primeira curva de pressão detectada e analisada através da modalidade preferida do método de acordo com a invenção e

a figura 5 mostra uma segunda curva de pressão detectada e analisada através da modalidade preferida do método de acordo com a invenção.

10 Nas Figuras, as mesmas referências são usadas para indicar elementos semelhantes.

Os inventores desenvolveram um método que permite que o sinal de pressão seja reconhecido durante um ciclo cardíaco, cuja objetividade é confirmada pelo fato de que o método é capaz de reconhecer o sinal obtido de um eletrocardiograma executado durante uma operação de cirurgia cardíaca. O método de acordo com a invenção examina os sinais biológicos, buscando pontos característicos máximo e mínimo e pontos intermediários característicos representando certos estados fisiológicos.

20 Mais especificamente, o método de acordo com a invenção permite que a curva de pressão produzida pelo coração durante a sua operação seja reconhecida. Os inventores desenvolveram o método considerando o fato de que a onda de pressão de um batimento cardíaco assume uma série de formas bem-definidas, e eles determinaram os pontos característicos da curva, considerando-os como os eventos a serem detectados pelo método.

25 O método desenvolvido pelos inventores opera como uma máquina de estado finito assumindo estados diferentes no reconhecimento dos pontos característicos do batimento cardíaco.

Em particular, para determinar o batimento cardíaco em um sistema arterial e/ou venoso, o método de acordo com a invenção determina

30 uma fase sistólica e uma fase diastólica. A fase sistólica culmina no alcance de um máximo relativo de pressão, exceto contra pulsações, enquanto que a fase diastólica culmina, exceto condições patológicas, no alcance de um mí-

nimo relativo da pressão. Além do mais, o método também determina um terceiro ponto, o grau dicrótico, que está associado com o batimento cardíaco. O ponto dicrótico é o ponto onde a válvula cardíaca fecha e ele corresponde matematicamente a um ponto máximo da segunda derivada ou a um ponto mínimo relativo da curva de pressão que ocorre seguinte ao ponto sistólico. Conseqüentemente, a máquina de estado finito primeiramente determina esses três pontos. A seguir, de modo a verificar se os três pontos determinados correspondem efetivamente a um batimento cardíaco, o método de acordo com a invenção verifica a presença de uma série de eventos subseqüentes com uma seqüência igual ao recentemente determinado. No caso positivo em que tal seqüência de eventos subseqüentes ocorre, o método reconhece os três pontos previamente determinados como característicos de um batimento cardíaco terminando no ponto diastólico do batimento seguinte.

Com referência à figura 1, pode ser observado que a máquina de estado, de acordo com a qual o método de acordo com a invenção opera, compreende sete estados principais.

No primeiro estado 1, o método analisa a seqüência de valores de pressão disponíveis que formam a curva de pressão detectada, de modo a determinar:

- o valor mínimo de pressão (relativo) assumido como ponto diastólico  $P_{dia}$ ;
- o valor máximo de pressão (relativo) assumido como ponto sistólico  $P_{sys}$ ;
- o valor máximo  $Y1_{max\_postdia}$  da primeira derivada de pressão incluído entre o valor diastólico e o valor sistólico; e
- o valor máximo  $Y2_{max\_diatosys}$  da segunda derivada de pressão incluído entre o valor diastólico e o valor sistólico.

Em particular, a primeira derivada de pressão é proporcional à diferença entre os valores em dois instantes consecutivos da curva de pressão, e a segunda derivada de pressão é proporcional à diferença entre os valores em dois instantes consecutivos da primeira derivada de pressão.

Mais precisamente, o coeficiente de proporcionalidade é igual ao inverso da diferença entre dois instantes consecutivos, isto é, ao inverso do período de amostragem do sinal de pressão. Sem perder a validade, a modalidade preferida do método assume como unitária a diferença entre dois instantes consecutivos, dessa maneira a primeira derivada de pressão é igual à diferença entre os valores em dois instantes consecutivos da curva de pressão, e a segunda derivada de pressão é igual à diferença entre os valores em dois instantes consecutivos da primeira derivada.

No seguinte, foi considerado que os pontos amostrados da curva de pressão e as derivadas relacionadas são considerados um por um na seqüência de tempo. De preferência, a curva de pressão detectada é amostrada em uma freqüência de 1 kHz, dessa maneira os valores de pressão da seqüência são separados entre si por 1 milissegundo.

Com referência à figura 2, pode ser observado que o estado 1 compreende 4 subestados.

No subestado 1.0, é determinado o primeiro ponto  $P_{dec}$  pertencente a uma fase decrescente da curva de pressão, que, portanto, introduz obter um ponto mínimo relativo. De preferência, tal determinação é executada buscando o primeiro ponto da curva de pressão, cujo valor é menor do que o valor do ponto precedente. Tão logo tal ponto  $P_{dec}$  seja determinado, o método passa para o subestado seguinte 1.1.

No subestado 1.1, o método busca o ponto mínimo absoluto  $P_{min}$  da curva de pressão. Na modalidade preferida do método de acordo com a invenção mostrada nas Figuras, a busca pelo ponto  $P_{min}$  ocorre comparando o valor de cada ponto  $P(i)$  da curva com o valor do ponto  $P_{min\_current}$  que armazena o ponto tendo valor mínimo na seção de curva previamente examinada (compreendendo os pontos de  $P_{dec}$  para o ponto  $P(i-1)$  imediatamente precedente o ponto  $P(i)$  sob consideração), de modo que  $P_{min\_current}$  é atualizado com o ponto  $P(i)$  com o qual ele é comparado, isto é,

$$P_{min\_current} = P(i) [1],$$

no caso quando o último tem um valor inferior, isto é, no caso quando

$$P_{\min\_current} > P(i) \quad [2]$$

$P_{\min\_current}$  pode ser preliminarmente inicializado para o ponto  $P_{dec}$  determinado no estado 1.0.

No subestado 1.1, o método também busca o ponto máximo absoluto  $P_{max}$  da curva de pressão. Na modalidade mostrada nas Figuras,  $P_{max}$  é também procurado, similarmente a  $P_{min}$ , embora a comparação do valor de cada ponto da curva  $P(i)$  com o valor do ponto  $P_{max\_current}$  que armazena o ponto tendo o valor máximo na seção de curva previamente examinada (compreendendo os pontos de  $P_{dec}$  ao ponto  $P(i-1)$  imediatamente precedendo o ponto  $P(i)$  sob consideração), de modo que  $P_{max\_current}$  é atualizado com o ponto  $P(i)$  com o qual ele é comparado, isto é,

$$P_{max\_current} = P(i) \quad [3]$$

no caso quando o último tem um valor maior, isto é, no caso quando

$$P_{max\_current} < P(i) \quad [4]$$

mesmo  $P_{max\_current}$  pode ser preliminarmente inicializado para o ponto  $P_{dec}$  determinado no estado 1.0.

Além do mais, o método busca o valor máximo  $Y1_{max\_postdia}$  da primeira derivada de pressão seguinte ao ponto diastólico. Em particular, na modalidade mostrada nas Figuras, tal valor máximo  $Y1_{max\_postdia}$  é procurado através da comparação do valor de cada ponto  $Y1(i)$  da primeira curva de derivada com o valor de um ponto  $Y1_{max\_current}$  que armazena o valor máximo da primeira derivada na seção de curva previamente examinada, compreendendo os pontos iniciando do instante correspondendo ao ponto  $P_{min\_current}$  ao ponto  $Y(i-1)$  imediatamente precedendo o ponto  $Y(i)$  sob consideração, de modo que  $Y1_{max\_current}$  é atualizado com o ponto  $Y1(i)$  com o qual ele é comparado, isto é,

$$Y1_{max\_current} = Y1(i) \quad [5]$$

no caso quando o último tem um valor maior, isto é, no caso quando

$$Y1_{max\_current} < Y1(i) \quad [6]$$

$Y1_{max\_current}$  pode ser preliminarmente inicializado para o valor da primeira derivada da curva de pressão correspondendo ao ponto  $P_{min\_current}$ .

O método deixa o subestado 1.1 e passa para o subestado 1.2

quando o valor do ponto  $P_{min\_current}$  não é atualizado para um período mais longo do que um limiar mínimo  $DTMIN\_SYS$ , preferencialmente igual a 200 milissegundos, ainda mais preferencialmente igual a 150 milissegundos. Para essa finalidade, no subestado 1.1 o método ajusta um contador de tempo para zero toda vez que o ponto  $P_{min\_current}$  é atualizado e ele incrementa o mesmo toda vez que ele compara o mesmo com um ponto de curva de pressão seguinte  $P(i)$ , verificando se o valor do contador de tempo excedeu o limiar mínimo  $DTMIN\_SYS$ . Antes de passar para o subestado 1.2, o método assume o ponto  $P_{min\_current}$  como o ponto mínimo absoluto  $P_{min}$  da curva de pressão. Em outras palavras, no subestado 1.1, o método considera que o último ponto  $P_{min\_current}$  poderia ser o ponto diastólico, e conseqüentemente ele pára a sua busca, quando a curva de pressão se mantém sobre seu valor por um período mínimo substancialmente correspondendo à distância de tempo fisiológico mínimo entre o ponto diastólico e o ponto sistólico.

No subestado 1.2, o método continua as buscas pelo ponto máximo absoluto  $P_{max}$  da curva de pressão e pelo valor máximo  $Y1_{max\_postdia}$  da primeira derivada de pressão seguinte ao ponto diastólico. De preferência, as buscas ocorrem similarmente como essas do subestado 1.1, por meio do que, na modalidade do método mostrado nas Figuras, elas são executadas de acordo com as fórmulas [3] e [4], e [5] e [6], respectivamente. Tais buscas continuam até uma distância de tempo do ponto  $P_{min}$  igual a um limiar máximo  $DTMAX\_SYS$ , preferencialmente não mais longo do que 380 milissegundos, ainda mais preferencialmente não mais longo do que 360 milissegundos. Para essa finalidade, no subestado 1.2, em cada comparação de um ponto da curva de pressão com  $P_{max\_current}$ , o método incrementa o contador de tempo utilizado no subestado 1.1, verificando se o valor do contador de tempo excedeu o limiar máximo  $DTMAX\_SYS$ . Antes de passar para o subestado 1.3 seguinte, o método assume o ponto  $P_{max\_current}$  como o ponto máximo absoluto  $P_{max}$  da curva de pressão, e o valor  $Y1_{max\_current}$  como o valor máximo  $Y1_{max\_postdia}$  da primeira derivada de pressão seguinte ao ponto diastólico. Em outras pala-

vas, no subestado 1.2, o método busca o ponto sistólico (e o primeiro valor máximo da derivada de pressão seguinte ao ponto diastólico) em um intervalo da curva de pressão substancialmente correspondendo à distância de tempo fisiológico máximo entre o ponto diastólico e o ponto sistólico.

5 O método executa a busca contemporânea pelo ponto diastólico e o ponto sistólico no subestado 1.1 para considerar ambas as arritmias cardíacas e as contrapulsões (por meio disso os pontos diastólico e sistólico podem ser relativos, ao invés de absolutos, pontos máximo e mínimo da curva de pressão), e a interferência possível introduzida na curva de pressão  
10 pelos eventos não devidos à fisiologia da curva, como por exemplo a interferência elétrica, a tosse de um paciente ou o movimento de um instrumento de detecção da pressão sanguínea (por exemplo um cateter). Tal busca contemporânea, no caso de elevada interferência, pode fornecer o resultado fisiologicamente incorreto que o ponto mínimo absoluto  $P_{min}$  segue o ponto  
15 máximo absoluto  $P_{max}$ . Portanto, no subestado 1.3, o método verifica se o ponto  $P_{min}$  determinado no subestado 1.1 precede o ponto  $P_{max}$  determinado no subestado 1.1 ou 1.2.

Se o resultado da verificação é negativo, o método retorna para executar o subestado 1.0 iniciando do ponto da curva de pressão  $P_{min}$  previamente determinado. Em uma tal maneira, o subestado 1.1 procurará o  
20 ponto mínimo absoluto seguinte ao previamente determinado.

Se de outra forma a verificação forneceu um resultado positivo, o ponto mínimo absoluto  $P_{min}$  é assumido como ponto diastólico  $P_{dia}$  e o ponto máximo absoluto  $P_{max}$  é assumido como ponto sistólico  $P_{sys}$ ; também, o  
25 método determina o valor máximo  $Y_{2max\_diatosys}$  da segunda derivada de pressão que é incluído entre o ponto diastólico e o ponto sistólico. Tal determinação poderia ser executada, além disso, simultaneamente com as buscas pelos pontos diastólico e sistólico, modificando adequadamente os subestados 1.1 e 1.2. Finalmente, o método passa para o segundo estado 2  
30 seguinte.

As verificações de tempo executadas nos subestados 1.1 e 1.2 permitem que o método de acordo com a invenção considere o fato de que,

quando a frequência cardíaca varia, a fase sistólica é fisiologicamente constante na duração (por meio disso o ponto sistólico ocorre em um intervalo variando de cerca de 150 a cerca de 360 milissegundos depois do ponto diastólico), enquanto que ao contrário a fase diastólica modifica sua duração quando a frequência varia; portanto, o método corretamente reconhece os pontos diastólico e sistólico mesmo no caso de frequência cardíaca muito baixa.

Ainda fazendo referência à figura 1, depois que os pontos diastólico  $P_{dia}$  e sistólico  $P_{sys}$ , e os valores  $Y1_{max\_postdia}$  e  $Y2_{max\_diatosys}$  são determinados, a máquina de estado entra no segundo estado 2, onde o método de acordo com a invenção busca o valor mínimo absoluto  $Y1_{min\_postsys}$  da primeira derivada de pressão depois da sístole em um intervalo de duração igual a  $DTMAX\_MINY1\_SYS$  seguinte à sístole; em particular,  $DTMAX\_MINY1\_SYS$  é igual a duração máxima do intervalo fisiológico onde o primeiro valor mínimo de derivada da pressão segue o ponto sistólico, e ele é preferencialmente mais curto do que 250 milissegundos, ainda mais preferencialmente mais curto do que 200 milissegundos. Em uma tal maneira, o método determina o ponto de inflexão  $P_{inflexão}$  seguinte à sístole da curva de pressão onde a primeira derivada de pressão assume o valor mínimo absoluto  $Y1_{min\_postsys}$ , de modo a discriminar os casos quando a curva de pressão é detectada sob condições de alta interferência, por meio do que a forma do sinal da pressão pode apresentar uma pequena protuberância, ou um curto platô, imediatamente seguinte à sístole e no qual o método poderia então erradamente reconhecer um ponto dicrótico. No lugar disso, a determinação do valor mínimo absoluto  $Y1_{min\_postsys}$  muda corretamente a busca pelo grau dicrótico além dessas pequenas protuberâncias, ou platôs, imediatamente seguinte à sístole.

A seguir, a máquina de estado entra no terceiro estado 3, onde o método de acordo com a invenção busca o ponto dicrótico.

Com referência à figura 3, pode ser observado que o estado 3 compreende 4 subestados.

No subestado 3.0, em um intervalo de tempo de duração igual a

DTMAX\_SYS2Y1DIC seguinte ao ponto de inflexão  $P_{inflexão}$ , o primeiro ponto máximo absoluto da derivada  $Y1_{max\_postsys}$  é determinado, a seguir passando para o subestado seguinte 3.1. Em particular, DTMAX\_SYS2Y1DIC é igual à duração máxima do intervalo fisiológico onde o grau dicrótico segue o ponto de inflexão, e preferivelmente não é mais longo do que 250 milissegundos, ainda mais preferivelmente mais curto do que 200 milissegundos.

No subestado 3.1, o método verifica se o ponto  $Y1_{max\_postsys}$  determinado no subestado 3.0 é positivo.

Se o resultado da verificação é positivo, isso significa que a curva de pressão apresenta uma protuberância depois do ponto dicrótico, como esquematicamente mostrado na figura 4, por meio disso nesse caso o ponto dicrótico  $P_{dic}$  corresponde com o primeiro ponto mínimo relativo da curva de pressão seguinte ao ponto de inflexão  $P_{inflexão}$  determinado no segundo estado 2. Portanto, o método executa o subestado 3.2 onde ele determina tal ponto  $P_{dic}$ , determinando o instante onde a primeira derivada da curva de pressão assume o valor de zero no intervalo de tempo de duração igual à DTMAX\_SYS2Y1DIC seguinte ao ponto de inflexão  $P_{inflexão}$ . O método então passa para o próximo quarto estado 4.

No lugar disso, no caso quando o resultado da verificação do subestado 3.1 foi negativo, ou o primeiro ponto máximo absoluto da derivada  $Y1_{max\_postsys}$  determinado no subestado 3.0 não é positivo, a curva de pressão não apresenta qualquer protuberância depois do ponto dicrótico, e o último corresponde ao ponto onde a segunda derivada de pressão assume o valor máximo. Portanto, o método executa o subestado 3.3 onde ele determina o ponto dicrótico  $P_{dic}$ , determinando o instante onde a segunda derivada da curva de pressão assume o valor máximo  $Y2_{max\_postinflexion}$  no intervalo de tempo de duração igual à DTMAX\_SYS2Y1DIC seguinte ao ponto de inflexão  $P_{inflexão}$ . O método então passa para o próximo quarto estado 4.

Ainda fazendo referência à figura 1, a máquina de estado entra no quarto estado 4, onde o método de acordo com a invenção determina o

primeiro valor máximo da derivada  $Y1_{max\_postdic}$  e o segundo valor máximo de derivada da curva de pressão  $Y2_{max\_postdic}$  depois do ponto dicrótico  $P_{dic}$  determinado no terceiro estado 3. Tal busca é executada no intervalo  $D_{POSTDIC}$  seguinte ao ponto dicrótico, preferencialmente mais curto do que 150 milissegundos. Depois disso, o método verifica se pelo menos um dos dois valores máximos  $Y1_{max\_postdia}$  e  $Y2_{max\_diatosys}$ , pertencentes a, respectivamente, a primeira derivada e a segunda derivada de pressão, seguindo o ponto diastólico, que são determinados no primeiro estado 1, é menor do que o valor há pouco determinado da derivada correspondente, respectivamente  $Y1_{max\_postdic}$  e  $Y2_{max\_postdic}$ . Tal verificação é necessária de modo a discriminar o caso onde, quando sinais de pressão particular tendo uma protuberância depois do grau dicrótico estão presentes, o ponto dicrótico  $P_{dic}$  determinado é na realidade um ponto diastólico. Esse é o exemplo da curva de pressão detectada para um coração particularmente elástico (tal como o de um atleta) sob estresse, onde é possível verificar que o ponto dicrótico tem um valor de pressão menor do que o do ponto diastólico. Entretanto, mesmo nesse caso a taxa de aumento fisiológico da curva de pressão ao longo da seção entre o ponto diastólico e o ponto sistólico é maior do que a taxa de aumento fisiológico da curva de pressão depois do ponto dicrótico. Isso é discriminado apenas comparando os valores máximos das primeira e segunda derivadas depois, respectivamente, do ponto assumido como ponto diastólico e do ponto assumido como ponto dicrótico.

Sob esse aspecto, outras modalidades do método de acordo com a inovação executam no quarto estado 4 a determinação dos valores  $Y1_{max\_postdic}$  e  $Y2_{max\_postdic}$ , e sua comparação com os valores  $Y1_{max\_postdia}$  e  $Y2_{max\_diatosys}$ , somente no caso quando no terceiro estado 3 a presença de uma protuberância depois do ponto dicrótico foi verificada.

No caso quando a verificação fornece um resultado positivo (isto é, pelo menos um dos dois valores  $Y1_{max\_postdia}$  e  $Y2_{max\_diatosys}$  é menor do que, respectivamente,  $Y1_{max\_postdic}$  ou  $Y2_{max\_postdic}$ ) o ponto diastólico  $P_{dia}$  determinado, ponto sistólico  $P_{sys}$  e ponto dicrótico  $P_{dic}$  não

correspondem com uma curva de pressão fisiologicamente correta e o método retorna para executar o subestado 1.0 do primeiro estado 1, iniciando de um ponto seguinte a P<sub>dia</sub>, que foi determinado como ponto diastólico e P<sub>dic</sub> precedente determinado como ponto dicrótico, para determinar pontos diastólico e/ou sistólico e/ou dicrótico diferentes desses previamente determinados. De preferência, o método retorna para executar o subestado 1.0 do primeiro estado 1, iniciando do ponto imediatamente precedendo o ponto P<sub>dic</sub> determinado no terceiro estado 3 como ponto dicrótico.

No caso quando a verificação fornece um resultado negativo (isto é, ambos os valores Y<sub>1max\_postdia</sub> e Y<sub>2max\_diatosys</sub> são maiores do que, respectivamente, os valores Y<sub>1max\_postdic</sub> e Y<sub>2max\_postdic</sub>), os pontos determinados P<sub>dia</sub>, P<sub>sys</sub> e P<sub>dic</sub> são fisiologicamente corretos e o método também verifica se a curva de pressão foi detectada na aorta.

No positivo, o método passa diretamente para um estado final 7, onde ele fornece todos os dados detectados como dados característicos do batimento do qual ele examinou a curva de pressão e ele retorna possivelmente para executar o primeiro estado 1 para examinar o batimento seguinte.

No negativo (a curva de pressão foi detectada na aorta), o método passa para um quinto estado 5, onde ele determina o ponto da curva de pressão P<sub>3</sub> correspondendo com o instante t<sub>3</sub> onde a segunda derivada da curva assume o valor mínimo Y<sub>2min\_systodic</sub> ao longo do intervalo entre o ponto sistólico e o ponto dicrótico. De preferência, o intervalo vai do ponto sendo intermediário do intervalo incluído entre o ponto sistólico P<sub>sys</sub> e o ponto dicrótico P<sub>dic</sub>, ao ponto seguinte P<sub>dic</sub>. Em outras palavras, o intervalo onde o valor Y<sub>2min\_systodic</sub> é determinado preferivelmente vai do instante:

$$t_{sys} + (t_{dic} - t_{sys})/2$$

até o instante

t<sub>dic</sub>,

onde t<sub>sys</sub> é o instante correspondendo com o ponto sistólico e t<sub>dic</sub> é o instante correspondendo com o ponto dicrótico.

Depois disso, no caso quando no terceiro estado 3 a presença

de uma protuberância junto da curva de pressão não foi reconhecida, o método passa para executar o estado final 7; de outra forma (no terceiro estado 3 foi verificado que a curva de pressão apresenta uma protuberância), o método passa para executar um sexto estado 6.

5                   No sexto estado 6, o método busca o ponto máximo relativo P4 depois do ponto dicrótico, isto é, o ápice da protuberância, correspondendo com o instante onde a primeira derivada da curva de pressão assume o valor mínimo não negativo dentro do intervalo seguinte ao ponto dicrótico. Em particular, a busca pelo ponto P4 é executada dentro do intervalo DPOSTDIC  
10 seguinte ao grau dicrótico.

                  Além do mais, no sexto estado 6, o método também busca o ponto mínimo relativo Pfinal depois do ponto dicrótico, isto é, o fim do batimento sob exame. Em particular, a busca pelo ponto Pfinal é executada ao longo do intervalo indo do ponto P4 até o ponto Pterminação distante por  
15 DENDPOSTDIC do ponto dicrótico Pdic, igual à distância de tempo fisiológico máximo entre o ponto dicrótico e um batimento anômalo seguinte (extrasístole) ou batimento acelerado (altas frequências cardíacas); de preferência, DENDPOSTDIC não é mais longo do que 150 milissegundos. Finalmente, o método passa para executar o estado final 7.

20                   Como dito, no estado final 7, o método fornece todos os dados detectados como dados característicos do batimento do qual ele examinou a curva de pressão e possivelmente retorna para executar o primeiro estado 1 para examinar o batimento seguinte. Em particular, no caso quando o estado 7 é alcançado a partir do estado 4 ou do estado 5, o método retorna para  
25 executar o primeiro estado 1 iniciando de um ponto seguinte ao ponto dicrótico Pdic por um intervalo DNEW, preferencialmente mais longo do que 1 milissegundo e mais curto do que 150 milissegundos; no caso quando o estado 7 é alcançado a partir do estado 6, o método retorna para executar o subestado 1.0 do primeiro estado 1 iniciando de um ponto seguinte ao ponto  
30 dicrótico Pdic e precedendo o ponto determinado Pfinal (preferencialmente iniciando do ponto imediatamente precedente ao ponto determinado Pfinal), ou, no caso quando o ponto Pfinal não foi determinado, de um ponto seguin-

te ao ponto dicrótico  $P_{dic}$  e não seguinte ao ponto  $P_{terminação}$  (preferencialmente iniciando do ponto imediatamente precedente ao ponto determinado  $P_{terminação}$ ).

5 As vantagens obtidas através do método de acordo com a invenção são numerosas.

Antes de tudo, o método é capaz de obter o reconhecimento do pulso a partir da análise da curva de pressão produzida pelo coração durante a sua operação, delimitando com confiança os pontos de início e término de cada batimento.

10 Além do mais, o método é capaz de discriminar os casos onde os pontos diastólico e sistólico são pontos mínimo e máximo relativos, e não absolutos, quando a curva de pressão também apresenta outros pontos mínimo e máximo. Na realidade, os pontos diastólico e sistólico são reconhecidos como válidos somente se quando passando de um para o outro a primeira derivada (e também a segunda derivada) da curva de pressão alcança seu máximo dentro de todo o batimento.

Ainda, o método determina os pontos diastólico, sistólico e dicrótico examinando os intervalos de tempo muito longos ao redor dos pontos máximo ou mínimo ou de inflexão.

20 O programa determina os pontos diastólico, sistólico e dicrótico dentro de limites de tempo fisiologicamente dependendo do local onde a pressão é detectada. Em particular, o fechamento real do pulso ocorre depois que os pontos diastólico, sistólico e dicrótico do batimento seguinte foram determinados.

25 O método de acordo com a invenção também permite, no caso de frequência muito baixa, determinar o batimento não obstante os limites impostos sobre o tempo entre o grau dicrótico e a diástole, porque ele considera o fato que a fase sistólica é fisiologicamente de duração não muito variável quando a frequência cardíaca varia, enquanto que ao contrário a fase diastólica modifica sua duração quando a frequência varia.

30 Além do mais, o método de acordo com a invenção permite que o sinal de um eletrocardiograma seja estudado com confiança.

As modalidades preferidas foram acima descritas e algumas modificações dessa invenção foram sugeridas, mas deve ser entendido que esses versados na técnica podem fazer outras variações e mudanças, sem dessa forma se afastar do escopo relacionado da proteção, como definido

5 pelas reivindicações seguintes.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método automatizado para discriminar o batimento cardíaco, com base no sinal amostrado da pressão sangüínea, tendo um ponto de partida  $P_{partida}$ , sendo que o método opera de acordo com uma máquina de estado finito, o método caracterizado pelo fato de que compreende:

5

A. um primeiro estado (1), no qual o método busca:

- o valor mínimo absoluto de pressão  $P_{min}$ , varrendo os valores de pressão incluídos dentro de um primeiro intervalo de tempo que não excede o intervalo indo do ponto de partida  $P_{partida}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um primeiro limiar de tempo  $DTMIN\_SYS$ ,

10

- o valor máximo absoluto de pressão  $P_{max}$ , varrendo os valores de pressão incluídos dentro de um segundo intervalo de tempo que não excede o intervalo indo do ponto de partida  $P_{partida}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um segundo limiar de tempo  $DTMAX\_SYS$  e

15

- o primeiro valor máximo da derivada do sinal de pressão  $Y1_{max\_postdia}$  incluído dentro de um terceiro limiar de tempo que não excede o intervalo indo do ponto de partida  $P_{partida}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um período igual ao segundo limiar de tempo  $DTMAX\_SYS$ ,

20

o método assumindo o ponto  $P_{min}$  como ponto diastólico  $P_{dia}$  e o ponto  $P_{max}$  como ponto sistólico  $P_{sys}$ , e passando para um segundo estado seguinte (2);

25

B. o segundo estado (2), onde o método busca um ponto de inflexão do sinal de pressão  $P_{inflexão}$  seguinte ao ponto sistólico  $P_{sys}$  em um quinto intervalo de tempo que não excede o intervalo iniciando do ponto sistólico  $P_{sys}$  e de duração igual a um terceiro limiar de tempo  $DTMAX\_MINY1\_SYS$ , o método então passando para um terceiro estado seguinte (3);

30

C. o terceiro estado (3), onde o método verifica se, em um sexto intervalo de tempo que não excede o intervalo iniciando do ponto de inflexão

$P_{inflexão}$  e de duração igual a um quarto limiar de tempo  $DTMAX\_SYS2Y1DIC$ , o sinal de pressão apresenta uma protuberância com concavidade descendente, de modo que:

5 - se o resultado da verificação é positivo, o método procura, em um sétimo intervalo de tempo que não excede o intervalo iniciando do ponto de inflexão  $P_{inflexão}$  e de duração igual ao quarto limiar de tempo  $DTMAX\_SYS2Y1DIC$ , o primeiro mínimo relativo da curva de pressão e ele assume o último como ponto dicrótico  $P_{dic}$ , enquanto que

10 - se o resultado da verificação é negativo, o método busca no dito sétimo intervalo de tempo o instante onde a segunda derivada do sinal de pressão assume o valor máximo  $Y2max\_postinflexion$ , e ele assume o ponto do sinal de pressão relacionado como ponto dicrótico  $P_{dic}$ , o método então passando para um quarto estado seguinte (4);

15 D. o quarto estado (4), onde o método procura um valor máximo  $Y1max\_postdic$  da primeira derivada do sinal de pressão em um oitavo intervalo que não excede o intervalo iniciando do ponto dicrótico  $P_{dic}$  e de duração igual a um quinto limiar de tempo  $DPOSTDIC$ , o método verificando que o valor máximo  $Y1max\_postdia$  determinado no primeiro estado (1) não é menor do que o valor  $Y1max\_postdic$ , de modo que:

20 - se o resultado da verificação é negativo, o método retorna para o primeiro estado (1) assumindo como novo ponto de partida  $P_{partida}$  um ponto seguinte ao ponto diastólico  $P_{dia}$  e não seguinte ao ponto dicrótico  $P_{dic}$ , enquanto que

25 - se o resultado da verificação é positivo, o método passa para um estado final (7) e

E. o estado final (7), onde o método é apto para fornecer o ponto diastólico  $P_{dia}$ , o ponto sistólico  $P_{sys}$  e o ponto dicrótico  $P_{dic}$ .

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que no primeiro estado (1), ele também busca:

30 - o segundo valor máximo da derivada do sinal de pressão  $Y2max\_diatosys$  incluído dentro de um quarto intervalo de tempo que não excede o intervalo indo do ponto de partida  $P_{partida}$  até o ponto distante do

valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um período igual ao segundo limiar de tempo  $DTMAX\_SYS$ ,

e em que no quarto estado (4) ele também busca um segundo valor máximo da derivada do sinal de pressão  $Y2max\_postdic$  dentro do oitavo intervalo, o método também verificando que o valor máximo  $Y2max\_diatosys$  determinado no primeiro estado (1) não é menor do que o valor  $Y2max\_postdic$ , de modo que:

- se o resultado da verificação é negativo, o método retorna para o primeiro estado (1) assumindo como novo ponto de partida  $P_{partida}$  um ponto seguinte ao ponto diastólico  $P_{dia}$  e não seguinte ao ponto dicrótico  $P_{dic}$ , enquanto que

- se o resultado da verificação é positivo, o método passa para o estado final (7).

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que no primeiro estado (1), a suposição dos pontos  $P_{min}$  e  $P_{max}$  como pontos diastólico  $P_{dia}$  e sistólico  $P_{sys}$ , respectivamente, depende do resultado da verificação que o ponto  $P_{min}$  precede o ponto  $P_{max}$ , de modo que:

- se o resultado da verificação é negativo, o método retorna para executar todas as operações do primeiro estado (1) assumindo como novo ponto de partida  $P_{partida}$  um ponto não precedendo  $P_{min}$ , enquanto que

- se o resultado da verificação é positivo, o ponto  $P_{min}$  é assumido como ponto diastólico  $P_{dia}$  e o ponto  $P_{max}$  é assumido como ponto sistólico  $P_{sys}$  e o método passa para o segundo estado seguinte (2).

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que compreende um quinto estado (5), o método passando do quarto estado (4) para o estado final (7) passando preliminarmente para o quinto estado (5), onde o método determina um ponto do sinal de pressão  $P_3$  correspondendo ao instante  $t_3$  onde a segunda derivada do sinal de pressão assume o valor mínimo absoluto  $Y2min\_systodic$  dentro de um nono intervalo que não excede o intervalo indo do ponto sistólico  $P_{sys}$  até o ponto dicrótico  $P_{dic}$ , o método então passando

para o estado final (7) onde ele fica apto para fornecer o ponto P3.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o dito nono intervalo vai do instante que é intermediário dentro do intervalo incluído entre o ponto sistólico  $P_{sys}$  e o ponto dicrótico  $P_{dic}$

5  $t_{sys} + (t_{dic} - t_{sys})/2$

até o instante do ponto dicrótico  $P_{dic}$

$t_{dic}$ ,

onde  $t_{sys}$  é o instante correspondendo com o ponto sistólico  $P_{sys}$  e  $t_{dic}$  é o instante correspondendo com o ponto dicrótico  $P_{dic}$ .

10 6. Método, de acordo com a reivindicação 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que no quarto estado (4) o método verifica se o sinal de pressão foi detectado na aorta, de modo que:

- se o resultado da verificação é positivo, o método passa para o estado final (7), enquanto que

15 - se o resultado da verificação é negativo, o método passa para o quinto estado (5).

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a máquina de estado finito de acordo com a qual ele opera compreende um sexto estado (6), no qual o método chega ao caso quando no terceiro estado (3) ele verificou que o sinal de pressão apresenta uma protuberância com concavidade descendente dentro do sexto intervalo de tempo, o método chegando no sexto estado (6) depois do quarto estado (4) antes de passar para o estado final (7), no sexto estado (6) o método procurando no dito sexto intervalo de tempo o ponto máximo relativo  $P_4$  depois do ponto dicrótico  $P_{dic}$ , isto é, o ápice da protuberância, o método então passando para o estado final (7) onde ele fica apto para fornecer o ponto  $P_4$ .

20

25

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que no sexto estado (6) o método também busca um ponto mínimo relativo do sinal de pressão  $P_{final}$  dentro de um décimo intervalo que não excede o intervalo indo do ponto dicrótico  $P_{dic}$  até o ponto  $P_{terminação}$  distante do ponto dicrótico  $P_{dic}$  por um sexto limiar de tempo  $DENDPOSTDIC$ ,

30

o método sendo apto para fornecer no estado final (7) o ponto  $P_{final}$  no caso quando esse foi determinado no sexto estado (6).

5 9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o método busca o ponto  $P_{final}$  depois de ter determinado o ponto  $P_4$  e em que o dito décimo intervalo vai do ponto  $P_4$  até o ponto  $P_{terminação}$ .

10 10. Método, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que o sexto limiar de tempo  $DENDPOSTDIC$  não é mais longo do que 150 milissegundos.

10 11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 7 a 10, quando dependentes da reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o método chega ao sexto estado (6) iniciando do quinto estado (5).

15 12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que no primeiro estado (1) ele busca o primeiro ponto  $P_{dec}$  seguinte ao ponto de partida  $P_{partida}$  pertencente a uma fase decrescente do sinal de pressão, em que o primeiro intervalo de tempo vai do primeiro ponto decrescente  $P_{dec}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um primeiro limiar de tempo  $DTMIN\_SYS$ , e em que o segundo intervalo de tempo vai do primeiro ponto decrescente  
20  $P_{dec}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um segundo limiar de tempo  $DTMAX\_SYS$ .

25 13. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o terceiro e o quarto intervalos de tempo vão do primeiro ponto decrescente  $P_{dec}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um segundo limiar de tempo  $DTMAX\_SYS$ .

30 14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 12, caracterizado pelo fato de que o terceiro e o quarto intervalos de tempo vão do valor mínimo determinado  $P_{min}$  até o ponto distante do valor mínimo determinado  $P_{min}$  por um segundo limiar de tempo  $DTMAX\_SYS$ .

30 15. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 12, caracterizado pelo fato de que o terceiro e o quarto intervalos de tempo vão do valor mínimo determinado  $P_{min}$  até o valor máximo determi-

nado  $P_{max}$ .

16. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que no segundo estado (2) ele procura o ponto  $P_{inflexão}$  procurando o primeiro valor mínimo absoluto da derivada do sinal de pressão  $Y1_{min\_postsys}$  dentro do quinto intervalo de tempo, assumindo o ponto de sinal de pressão onde a sua primeira derivada assume o valor mínimo absoluto  $Y1_{min\_postsys}$  como o ponto de inflexão  $P_{inflexão}$ .

17. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que no terceiro estado (3) ele verifica se no sexto intervalo de tempo o sinal de pressão apresenta uma protuberância com concavidade descendente procurando o primeiro valor máximo absoluto da derivada do sinal de pressão  $Y1_{max\_postsys}$  e verificando se esse valor  $Y1_{max\_postsys}$  é positivo, por meio do que o sinal de pressão apresenta a dita protuberância no caso quando o valor  $Y1_{max\_postsys}$  é positivo.

18. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que no terceiro estado (3) ele procura dentro do sétimo intervalo de tempo pelo primeiro mínimo relativo da curva de pressão procurando o instante onde a primeira derivada do sinal de pressão assume o valor de zero dentro do dito sétimo intervalo de tempo.

19. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que, no quarto estado (4), a busca pelo primeiro valor máximo da derivada  $Y1_{max\_postdic}$  e o segundo valor máximo da derivada  $Y2_{max\_postdic}$  do sinal de pressão dentro do oitavo intervalo, e a verificação que ambos não são maiores do que os valores máximos  $Y1_{max\_postdia}$  e  $Y2_{max\_diatosys}$  determinados no primeiro estado (1), são executadas somente no caso quando no terceiro estado (3) o método verificou que o sinal de pressão apresenta uma protuberância com concavidade descendente dentro do sexto intervalo de tempo.

20. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que, quando ele retorna do quarto

estado (4) para o primeiro estado (1), o método assume o ponto imediatamente precedente ao ponto dicrótico Pdic determinado como novo ponto de partida Ppartida.

21. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações  
5 precedentes, caracterizado pelo fato de que o primeiro limiar de tempo DTMIN\_SYS não é mais longo do que 200 milissegundos.

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o primeiro limiar de tempo DTMIN\_SYS não é mais longo do que 150 milissegundos.

10 23. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o segundo limiar de tempo DTMAX\_SYS não é mais longo do que 380 milissegundos.

24. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que o segundo limiar de tempo DTMAX\_SYS não é mais longo  
15 do que 350 milissegundos.

25. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o terceiro limiar de tempo DTMAX\_MINY1\_SYS não é mais longo do que 250 milissegundos.

26. Método, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado  
20 pelo fato de que o terceiro limiar de tempo DTMAX\_MINY1\_SYS não é mais longo do que 200 milissegundos.

27. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o quarto limiar de tempo DTMAX\_SYS2Y1DIC não é mais longo do que 250 milissegundos.

25 28. Método, de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que o quarto limiar de tempo DTMAX\_SYS2Y1DIC não é mais longo do que 200 milissegundos.

29. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o quinto limiar de tempo DPOSTDIC  
30 TDIC não é mais longo do que 200 milissegundos.

30. Método, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que o quinto limiar de tempo DPOSTDIC não é mais longo do

que 150 milissegundos.

31. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o sinal de pressão é amostrado em uma frequência de 1 kHz.

5                   32. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 10, caracterizado pelo fato de que, do estado final (7) ele retorna para executar de modo iterativo o primeiro estado (1) assumindo um ponto seguinte ao ponto dicrótico  $P_{dic}$  como o novo ponto de partida  $P_{partida}$ .

10                   33. Método, de acordo com a reivindicação 32, quando dependente de qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado pelo fato de que do estado final (7) ele retorna para executar de modo iterativo o primeiro estado (1) assumindo um ponto seguinte ao ponto dicrótico  $P_{dic}$  e distante desse por um sétimo limiar de tempo  $D_{NEW}$  como o novo ponto de partida  $P_{partida}$ .

15                   34. Método, de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que o sétimo limiar de tempo  $D_{NEW}$  não é mais curto do que 1 milissegundo e não mais longo do que 150 milissegundos.

20                   35. Método, de acordo com a reivindicação 32, quando dependente de qualquer uma das reivindicações de 8 a 10, caracterizado pelo fato de que, no caso quando no sexto estado (6) o ponto  $P_{final}$  foi determinado, do estado final (7) o método retorna para executar de modo iterativo o primeiro estado (1) assumindo um ponto seguinte ao ponto dicrótico  $P_{dic}$  e precedendo o ponto  $P_{final}$  como o novo ponto de partida  $P_{partida}$ .

25                   36. Método, de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que, no caso quando no sexto estado (6) o ponto  $P_{final}$  foi determinado, do estado final (7) o método retorna para executar de modo iterativo o primeiro estado (1) assumindo o ponto imediatamente precedendo o ponto  $P_{final}$  como novo ponto de partida  $P_{partida}$ .

30                   37. Método, de acordo com a reivindicação 32, quando dependente de qualquer uma das reivindicações de 8 a 10, caracterizado pelo fato de que, no caso quando no sexto estado (6) o ponto  $P_{final}$  não foi determinado, do estado final (7) o método retorna para executar de modo iterativo o

primeiro estado (1) assumindo um ponto seguinte ao ponto dicrótico  $P_{dic}$  e não seguinte ao ponto  $P_{terminação}$  como novo ponto de partida  $P_{partida}$ .

38. Método, de acordo com a reivindicação 37, caracterizado pelo fato de que, no caso quando no sexto estado (6) o ponto  $P_{final}$  não foi  
5 determinado, do estado final (7) o método retorna para executar de modo iterativo o primeiro estado (1) assumindo o ponto imediatamente precedente ao ponto  $P_{terminação}$  como o novo ponto de partida  $P_{partida}$ .

39. Computador, compreendendo dispositivo de interface de entrada e/ou saída, dispositivo de memorização e dispositivo de processamen-  
10 to, caracterizado pelo fato de que ele é apto para executar o método automatizado para discriminar o batimento cardíaco como definido em qualquer uma das reivindicações precedentes 1-32.

40. Aparelho para detectar e analisar a pressão sanguínea, compreendendo um computador e dispositivo de detecção de pressão san-  
15 gúinea, caracterizado pelo fato de que o dito computador é o computador como definido na reivindicação 39.

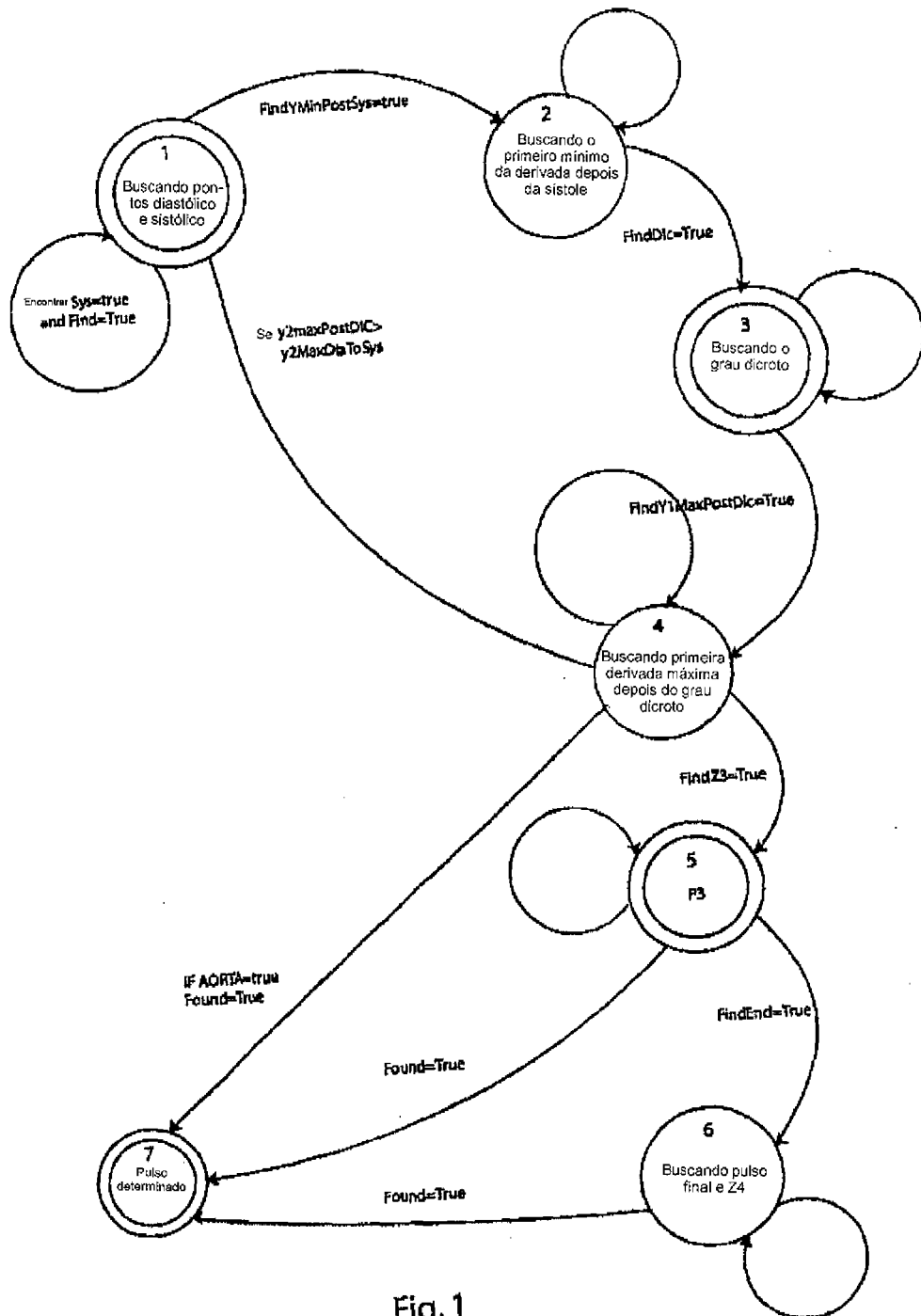


Fig. 1



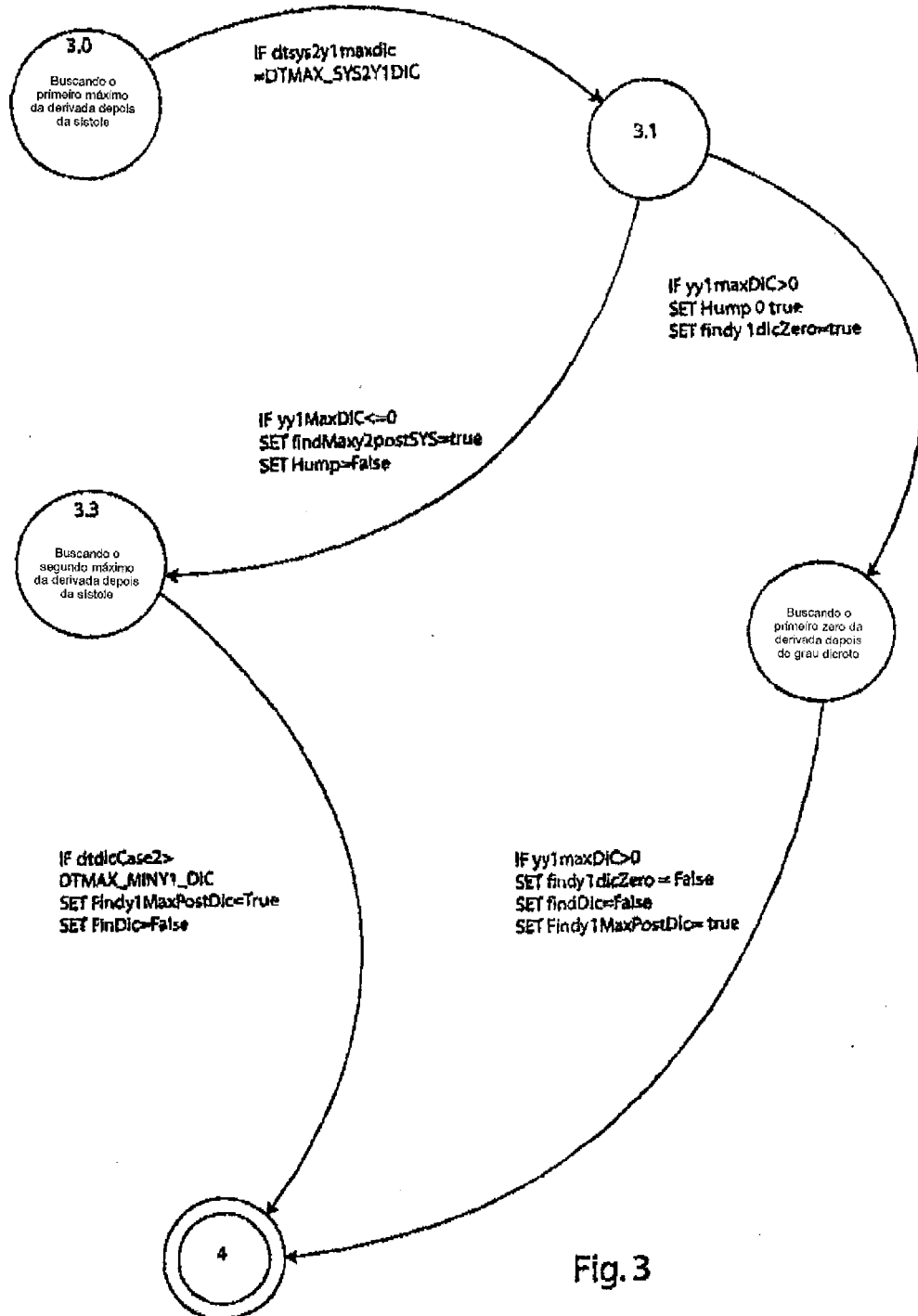


Fig. 3

