

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0901161-7 A2**



* B R P I 0 9 0 1 1 6 1 A 2 *

(22) Data de Depósito: 03/03/2009
(43) Data da Publicação: 16/11/2010
(RPI 2080)

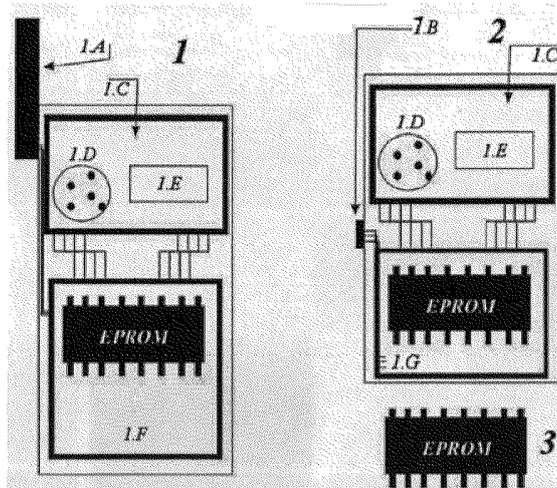
(51) *Int.Cl.:*
G01S 1/00
G01S 1/02

(54) Título: **EQUIPAMENTO ELETRÔNICO E MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE COORDENADAS GEODÉSICAS**

(73) Titular(es): Universidade Federal de Santa Maria,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

(72) Inventor(es): Adelir José Strieder, Fernando Dapper, Gelson Lauro Dal Forno

(57) Resumo: Equipamento Eletrônico e Método para Determinação de Coordenadas Geodésicas. A presente invenção trata de um equipamento aperfeiçoado para determinação mais precisa e acurada de determinadas coordenadas, tais como coordenadas geodésicas e coordenadas ortogonais de quaisquer ponto no espaço de cobertura do Sistema de Posicionamento Global (GPS), ou similar. Além disso, a presente invenção refere-se ao método de processamento discriminado dos sinais individuais de cada satélite do sistema GNSS e combinação dos mesmos por meio de técnicas de estatística vetorial.





Relatório Descritivo de Patente de Invenção

Equipamento Eletrônico e Método para Determinação de Coordenadas Geodésicas

5 Campo da Invenção

A presente invenção é relacionada a um equipamento eletrônico aperfeiçoado para determinação de coordenadas no espaço, como coordenadas geodésicas e ortogonais, por meio do processamento individualizado dos sinais dos satélites GNSS. A presente invenção refere-se, também, a um método de combinação dos sinais individuais de cada satélite do sistema GNSS por meio do emprego de estatística vetorial.

Antecedentes da Invenção

Existem diversos tipos de memórias utilizadas para a determinação de certas coordenadas geodésicas, tais como memória RAM, considerada uma memória volátil, memória ROM, considerada uma memória não-volátil e pode ser gravada apenas uma vez e a memória EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), que também é um tipo de memória BIOS, na qual é considerada uma memória não-volátil, mas é gravada eletricamente e apagada expondo uma janela à luz ultravioleta por alguns minutos. A memória EPROM apagável pode ser escrita diversas vezes, após serem apagadas pela luz ultravioleta, através de uma janela montada na embalagem do circuito integrado. Os módulos de memória servem para armazenar o programa de gerenciamento, as rotinas de tarefas e os registros das ocorrências, sendo os dois primeiros armazenados em memória não-volátil (EPROM). Para permitir o reconhecimento dos componentes básicos de hardware e o arranque do sistema operativo têm-se o circuito integrado ROM, EPROM, ou EEPROM. Os tipos de ROM, tal como o E2PROM (Electrical EPROM) é um tipo especial de PROM que pode ser escrita utilizando um programador de EPROMs e também pode ser apagada através de sinais elétricos, e o seu conteúdo pode ser reescrito eletricamente. A memória EPROM, considerada um tipo fixo, contém

o sistema operacional do determinado fabricante. A memória EPROM consegue armazenar dados e gerenciar a seqüência de operações, não sendo acessível ao usuário. Esse módulo EPROM pode estar embarcado em qualquer receptor de sinais GNSS (Global Navigation Satellite System), ou
5 constituir um módulo para ser acoplado em receptores antigos. As EPROMs possuem capacidade até 512 Kbytes, suficiente para conter os algoritmos atualmente desenvolvidos, bem como a inserção de informações adicionais para apresentação ao mercado, ou conforme desejado por clientes.

O módulo EPROM contém uma resolução de grupo de aquisição individualizada e processamento individualizado de sinais GNSS, ou similares, conhecidos como MAPPEA. O MAPPEA por definição é o módulo de aquisição e processamento de posicionamento espacial acurado e pode ser comercializado em vários formatos. Uma das formas de comercialização do módulo MAPPEA é que pode ser vendido isoladamente para ser integrado com
10 um receptor de sinais GNSS ou similar tradicionalmente fabricado pela indústria. Adicionalmente, o MAPPEA também pode ser integrado em um equipamento novo, para ser acoplado em GPS antigos (receptores antigos de sinais GNSS). Nesse caso, o MAPPEA deve também conter um display LCD. A conexão com os equipamentos antigos pode ser feita por meio da saída de
15 dados utilizada pelos diferentes fabricantes. Além disso, o MAPPEA pode ser incluído em um novo equipamento GPS (receptor de sinais GNSS). Nesse caso, o equipamento deverá conter uma placa de receptor de sinais GPS, uma antena, um display LCD e uma fonte de alimentação. Esses componentes são comercializados no mercado de peças eletrônicas.

Os componentes eletrônicos a serem adquiridos no mercado para construção do MAPPEA e os componentes adicionais a serem usados para montagem do GPS operam numa vasta faixa de condições ambientais: -30 °C a + 50 °C, umidade relativa desde 0% até 98%. A durabilidade, pelo que se pode observar da descrição dos componentes eletrônicos em algumas
25 empresas fabricantes, é afetada pelas condições de uso, mas geralmente é maior do que 5-6 anos em condições normais de operação. Em todo caso, os
30

componentes eletrônicos podem ser acondicionados em “cases” (caixas) a prova de água ou de umidade, de acordo com *designs* específicos conforme a situação de comercialização.

5 Os equipamentos disponíveis no mercado utilizam módulos de processamento cuja metodologia não discrimina os sinais dos satélites para determinar as coordenadas de cada época, ou seja, agrupa todos os satélites por meio de combinações paramétricas, através da análise de dados de forma escalar. Logo, a presente invenção visa solucionar esse tipo de problema, através do aumento da precisão e da acurácia das coordenadas geodésicas e
10 das coordenadas ortogonais de quaisquer pontos no espaço de cobertura do Sistema de Posicionamento Global (GPS), ou similar, sendo uma excelente vantagem da presente invenção.

Na literatura patentária, foram encontrados alguns documentos relacionados ao assunto da presente invenção, mas sem antecipar ou sugerir o
15 escopo da mesma.

A patente brasileira PI 8601137-5 intitulada “Método de utilização para Memórias Eprom” descreve o uso de EPROMs comuns para consultas ocasionais em circuitos de baixo consumo tipo CMOS.

20 A patente européia EP 0864155, intitulada “Voltage Reference Generator for Eprom Memory Array”, descreve um gerador de referência de tensão para a disposição de memória EPROM encaixada em uma microplaqueta de microcontrolador, além de descrever uma técnica para leitura de um elemento de memória de uma disposição EPROM.

25 A patente européia EP 1308962, intitulada “Single poly-embedded EPROM”, propõe uma estrutura nova de memória não-volátil, ou seja, permanente, onde o sistema proposto no referido documento contempla dois transistores conectados em série ao PMOS.

30 Tendo em vista as limitações encontradas no estado da técnica, os inventores desenvolveram um equipamento e um método que consegue processar discriminadamente os sinais dos satélites de uma forma muito mais acurada e precisa.

Sumário da Invenção

5 É objeto da presente invenção, proporcionar um equipamento com características melhoradas de determinação das coordenadas geodésicas e das coordenadas ortogonais de pontos no espaço. Estas características melhoradas permitem diminuir o tempo de rastreamento dos satélites para obtenção das coordenadas, além de aumentar a precisão e a acurácia das medidas.

Em especial, tal equipamento compreende:

- 10 a) meios para discriminação de sinais de satélites;
b) meios para combinar os sinais discriminados; e
c) meios para ajustar as coordenadas finais do ponto de observação.

15 É um outro objeto da presente invenção fornecer um método de processamento discriminado dos sinais individuais de cada satélite do sistema GNSS e a combinação dos mesmos por métodos de estatística vetorial.

Em especial, o método compreende as etapas de:

- 20 a) discriminar os sinais de cada satélite do sistema;
b) combinar os sinais discriminados; e
c) ajustar as coordenadas finais do ponto de observação.

Estes e outros objetos da presente invenção ficarão mais aparentes e claros a partir da descrição detalhada da invenção.

Breve Descrição das Figuras

25 Os esquemas ilustrativos das subunidades funcionais montadas para comercialização são apresentados na Figura 1 e estão organizados em 3 (três) diferentes modelos para comercialização: 1) GPS MAPPEA completo, onde 1.A corresponde a antena, 1.C ao LCD, 1.D a Posição dos Satélites, 1.E as Coordenadas: $31^{\circ}03'55,39''S$, $54^{\circ}23'45,27''W$ e $h = 279m$, 1.F corresponde a
30 Placa receptora GPS; 2) Módulo MAPPEA para acoplar em receptores GPS antigos e processar a conversão dos dados, onde 1.B corresponde a porta

serial, 1.C ao LCD, 1.D a Posição dos Satélites, 1.E as Coordenadas: 31°03'55,39"S, 54°23'45,27"W e h = 279m, 1.G corresponde ao Circuito Impresso; e 3) EPROM com os algoritmos de discriminação de satélites, processamento dos dados e cálculo da posição geográfica acurada.

5 A Figura 2 mostra o gráfico comparativo das diferenças em comprimento de arco resultante entre os valores das coordenadas oficiais e os valores calculados pelos algoritmos do MAPPEA (arco 1) e pelo software SKI 2.3 (arco 2) para a Estação de rastreamento de Porto Alegre (RS) em: 06/01/2001.

10 A Figura 3 mostra o gráfico comparativo das diferenças em altura elipsoidal, entre os valores das coordenadas oficiais e os valores calculados pelos algoritmos do MAPPEA (h1) e pelo software SKI 2.3 (h2) para a Estação de rastreamento de Porto Alegre (RS) em: 06/01/2001.

15 Descrição Detalhada da Invenção

Os exemplos aqui descritos têm o intuito apenas de exemplificar algumas das inúmeras formas de realizar a invenção, sem impor limitações à mesma.

20 A presente invenção descreve um equipamento eletrônico que permite a determinação mais precisa e acurada das coordenadas geodésicas e das coordenadas ortogonais de quaisquer pontos no espaço de cobertura do Sistema de Posicionamento Global (GPS), ou similar. A melhoria de precisão e acurácia das coordenadas de um ponto de observação é alcançada mediante um processo de discriminação dos sinais individuais de cada satélite do sistema e a combinação desses sinais individualizados dos satélites visíveis 4 a 4 para uma mesma época. O equipamento eletrônico individualiza e processa os sinais de código e das portadoras em todas as suas combinações. O equipamento eletrônico ajusta as coordenadas finais do ponto por meio da estatística na esfera. A mudança dos princípios de processamento e
30 construção de combinação adequada é um dos fundamentos do conceito inventivo subjacente à invenção. O equipamento da invenção proporciona

diversas vantagens em relação aos equipamentos existentes, tais como alta eficiência, alta produtividade, baixo custo, alta qualidade do produto e redução de resíduos. O equipamento eletrônico da presente invenção proporciona a diminuição do tempo de rastreamento dos satélites para obtenção de coordenadas, a melhora da precisão e o aumento da acurácia das coordenadas de um ponto de observação. Além disso, esse equipamento proporciona meios para melhor controlar a deformação de pontes e viadutos. O equipamento da invenção pode ser utilizado como controle remoto de escorregamentos de encostas, cadastro rural e urbano, controle de navegação e deslocamento de aeronaves civis e militares, de frotas de caminhões, ônibus e veículos em geral.

Os equipamentos atualmente existentes no mercado utilizam módulos de processamento que agrupam todos os sinais dos satélites para uma mesma época de observação e ajustam as coordenadas do ponto de observação por meio de métodos paramétricos. O equipamento da presente invenção, por outro lado, fornece coordenadas finais dos pontos de observação com altura elipsoidal 90% mais precisa do que os resultados fornecidos pelos equipamentos já existentes. Para tanto, o equipamento da invenção compreende um módulo de processamento (EPRM) onde está gravado o sistema de aquisição, processamento e determinação das coordenadas geodésicas e das coordenadas ortogonais de quaisquer pontos no espaço de cobertura do Sistema de Posicionamento Global (GPS), ou similar. Esse módulo EPRM pode estar embarcado em qualquer receptor de sinais GNSS (*Global Navigation Satellite System*), ou constituir um módulo para ser acoplado em receptores antigos. A melhoria de precisão e acurácia das coordenadas é alcançada mediante um processo de discriminação dos sinais individuais de cada satélite do sistema e a combinação dos satélites visíveis 4 a 4 para uma mesma época para a obtenção das coordenadas de um ponto. O ajustamento das coordenadas finais do ponto é realizado de modo também inédito com o emprego de parâmetros.

O equipamento da presente invenção é um equipamento que compreende:

a) meios para discriminação de sinais de satélites;
b) meios para combinar os sinais discriminados; e
c) meios para ajustar as coordenadas finais do ponto de observação.

5 Em uma realização preferencial, tais meios podem estar presentes em um único módulo EPROM. O módulo EPROM contém regras formais de discriminação dos sinais dos satélites do Sistema Global de Navegação, o processo de cálculo para combinação dos sinais dos satélites 4 a 4 em cada época e para determinação das coordenadas e as combinações de
10 ajustamento das coordenadas finais do ponto de observação pela metodologia de análise de dados na esfera (MAPPEA). Os algoritmos de discriminação dos sinais dos satélites do Sistema Global de Navegação são capazes de individualizar e processar os sinais de Código e das portadoras em todas as suas combinações.

15 A presente invenção também provê um método para discriminação das coordenadas geodésicas, apresentado no algoritmo 1, que compreendendo as etapas de:

a) discriminar os sinais de cada satélite do sistema;
b) combinar os sinais discriminados; e
20 c) ajustar as coordenadas finais do ponto de observação.

Algoritmo 1

```
&& processa combinações da constelação "visível"  
&& (horário arquivo observações)  
Select _tbl_sat      && _tbl_sat contém os registros de todas as  
                    && combinações possíveis  
  
ok1 = .f.  
ok2 = .f.  
ok3 = .f.  
ok4 = .f.  
contador_combinacao = 0  
_ctrl_comb = 0  
_n_sat_v = _cont
```

```

_nro_combina = numero_combinacoes(_n_sat_v,4)

&& simples efeito de visualização
IF _file_epoca = 1
  ThisForm.Shape2.Visible = .t.
ENDIF

IF _n_sat_v > 3 AND _n_sat_v < 11 && mínimo de 4 satélites visíveis
  && na época atual máximo de 10
  && por época

DO WHILE (NOT EOF()) AND (contador_combinacao < _nro_combina)
  testa_comb = Gera_combinacoes(_sat_epoca_atual) && função gera
  && combinações
  && entre todos os
  && satélites da
  && época, 4 x 4,
  && fazendo um
  && "match" entre
  && os registros
  && da tabela de
  && combinações e
  && os satélites
  && da época atual

  IF testa_comb
    INSERT INTO _tbl_com (dm1,dm2,dm3,dm4) VALUES (_m1, _m2, _m3,
    _m4)
    && _tbl_com é a tabela que contém todas as combinações
    && válidas geradas para época atual
    contador_combinacao = contador_combinacao + 1
  ENDIF
  SKIP + 1
ENDDO
ENDIF

```

Em especial, os satélites da etapa a) são os satélites disponíveis à época da medição, e recomenda-se utilizar os sinais de um mínimo de 4 satélites.

A combinação dos sinais é feita preferencialmente 4 x 4, desta forma gerando resultados com um mínimo de erro e mais precisos.

Assim, o equipamento da invenção reduz o tempo de rastreio de satélites em 80% e fornece coordenadas geográficas com erro no mínimo 70% menor, além de alturas elipsoidais 90% mais acuradas, como mostra a tabela 1 abaixo e as Figuras 2 e 3.

Tabela 1 - Diferenças em metros entre os valores das coordenadas oficiais e os valores calculados por meio dos algoritmos do MAPPEA e por meio *software* SKI 2.3. Dados expressos em comprimentos de arco (latitude, longitude e arco resultante) e altura elipsoidal para a Estação Rastreadora de Porto Alegre (RS) em 06/01/2001.

bs	Algoritmos do MAPPEA				SKI 2.3			
	latitude	longitude	arco	h	latitude	longitude	arco	h
1	1,959	-0,376	1,995	0,464	4,838	-2,991	5,688	-16,334
2	1,959	-3,529	4,037	-1,834	5,873	-2,966	6,579	-13,412
3	1,959	0,553	2,036	2,402	6,699	-3,001	7,341	-11,702
4	1,959	0,555	2,036	2,385	6,919	-3,201	7,623	-10,695
5	1,959	0,555	2,036	2,385	7,007	-3,799	7,971	-9,966
6	2,999	-2,206	3,723	-0,094	9,531	5,640	11,074	-8,972
7	2,999	-5,534	6,295	0,691	9,684	5,703	11,239	-9,039
8	2,999	-4,134	5,108	0,805	9,798	5,498	11,235	-9,269
9	2,999	-3,618	4,700	0,902	10,010	5,295	11,324	-9,730
10	2,999	-3,323	4,476	0,711	9,227	4,514	10,272	-9,191
11	0,909	-2,582	2,737	-0,543	12,433	-5,566	13,622	-15,653
12	0,909	-1,453	1,714	-0,197	11,608	-5,435	12,818	-15,144
13	0,909	-1,126	1,447	0,191	9,541	-6,353	11,462	-19,802
14	0,909	-0,374	0,983	-0,245	8,888	-7,140	11,401	-22,443
15	0,909	0,025	0,909	-0,331	8,605	-7,492	11,409	-23,704

16	-1,179	8,607	8,687	6,492	21,109	-1,956	21,199	54,592
17	-1,179	9,142	9,218	6,464	13,287	-1,554	13,378	18,610
18	-1,179	8,988	9,065	5,777	7,264	-0,774	7,305	-11,921
19	-1,179	8,589	8,669	4,384	6,146	-1,080	6,240	-15,162
20	-1,179	7,779	7,868	3,101	5,323	-1,478	5,524	-17,159

5 A mudança dos princípios de processamento é um dos principais conceitos inventivos subjacentes à presente invenção. Os meios de aquisição, processamento e determinação das coordenadas geográficas pelo equipamento e método aqui descritos proporcionam, entre outras vantagens quando comparados com equipamentos atualmente comercializados: a redução do tempo de aquisição dos sinais do GNSS ou similar em 80%, para uma mesma posição; e o fornecimento de resultados com erro no mínimo 70% inferior (ver tabelas 2 e 3 abaixo).

15 Tabela 2 – Quantidades de discrepâncias em arco (calculadas pelos algoritmos do MAPPEA) que possuem valor menor, igual ou maior do que o valor da discrepância obtida pelo *software* SKI 2.3. Os valores estão discretizados em classes percentuais. Valores de discrepâncias obtidos para várias épocas e em várias estações de rastreamento.

Classes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	≤30%	≤40%	≤50%	≤100%	≤110%	≤120%	≤130%	≤200%	>200%
POA 6/1	8	2	4	3	0	0	1	2	0
POA 12/7	0	0	3	16	0	0	0	1	0
PARA 6/1	12	0	1	6	0	0	0	1	0
PARA 12/7	11	2	0	1	4	0	0	2	0
UEPP 6/1	2	8	0	5	0	0	0	0	5
UEPP 12/7	0	0	0	8	0	0	2	10	0
TAKI 17	2	5	6	6	3	1	1	1	0
TAKI 20	0	0	0	9	7	5	1	7	7
TAKI 21	0	1	4	16	3	2	3	6	0
PRÉDIO 12	3	4	2	10	1	1	1	0	2

PRÉDIO 15	7	6	4	7	0	0	0	0	0
CAMOBI	5	3	3	12	0	3	0	0	0
TOTAL	50	31	27	99	18	12	9	30	14
T. ACUM	50	81	108	207	225	237	246	276	290
% ≤	17,24	10,69	9,31	34,14	6,21	4,14	3,10	10,34	4,83
% ACUM.	17,24	27,93	37,24	71,38	77,59	81,72	84,83	95,17	100,00

Tabela 3 – Quantidades de discrepâncias em altura (APYTE) que possuem valor menor, igual ou maior ao valor da discrepância obtida pelo SKI 2.3. Os valores estão discretizados em classes percentuais. Valores de discrepâncias obtidos para várias épocas e em várias estações de rastreamento.

5

Classes	1	2	3	4	5	6	7
	≤ 10%	≤ 20%	≤ 30%	≤ 40%	≤ 50%	≤ 100%	> 100%
POA 6/1	11	3	4	1	1	0	0
POA 12/7	5	7	4	1	3	0	0
PARA 6/1	3	2	7	2	0	5	1
PARA 12/7	8	2	1	3	4	2	0
UEPP 6/1	3	6	5	3	2	1	0
UEPP 12/7	7	4	4	0	1	4	0
TAKI 17	13	4	4	1	1	2	0
TAKI 20	20	10	2	1	0	2	1
TAKI 21	5	19	6	0	0	2	3
PRÉDIO 12	2	10	8	2	1	1	0
PRÉDIO 15	15	3	4	1	1	0	0
CAMOBI	10	15	1	0	0	0	0
TOTAL	102	85		15	14	19	5
T. ACUM	102	187	237	252	266	285	290
% ≤	35,17	29,31	17,24	5,17	4,83	6,55	1,72
% ACUM.	35,17	64,48	81,72	86,90	91,72	98,28	100,00

Os versados na arte valorizarão imediatamente os importantes benefícios decorrentes do uso da presente invenção. Variações na forma de concretizar o conceito inventivo aqui exemplificado devem ser compreendidas como dentro do espírito da invenção e das reivindicações anexas.

10

Reivindicações

Equipamento Eletrônico e Método para Determinação de Coordenadas Geodésicas

- 5 1. Equipamento eletrônico para determinação de coordenadas **caracterizado por** compreender:
- a. Meios para discriminação de sinais de satélites;
 - b. Meios para combinar os sinais discriminados; e
 - c. Meios para ajustar as coordenadas finais do ponto de
- 10 observação.
2. Equipamento eletrônico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelos itens a), b) e c) estarem presentes em um único módulo EPROM.
3. Equipamento eletrônico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente uma antena, um LCD e uma
- 15 placa receptora GPS.
4. Equipamento eletrônico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente um LCD, uma porta serial de entrada de dados e um circuito impresso.
- 20 5. Equipamento eletrônico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por reduzir o tempo de rastreamento em aproximadamente 80%.
6. Equipamento eletrônico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por fornecer coordenadas geográficas com erro no mínimo 70% menor.
- 25 7. Equipamento eletrônico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por fornecer alturas elipsoidais com erro no mínimo 90% menor.
8. Método para determinação de coordenadas geodésicas caracterizado por compreender as etapas de:
- a) discriminar os sinais de cada satélite do sistema;
 - b) combinar os sinais discriminados; e
 - c) ajustar as coordenadas finais do ponto de observação.
- 30

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por compreender a discriminação de pelo menos 4 satélites.

10. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelos satélites estarem visíveis a uma mesma época.

5 11. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pela combinação dos sinais ser uma combinação compreendendo pelo menos 4 sinais de satélites distintos.

10 12. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo ajuste das coordenadas finais do ponto de observação ser realizado pela metodologia de análise de dados na esfera (MAPPEA).

Figuras

Figura 1

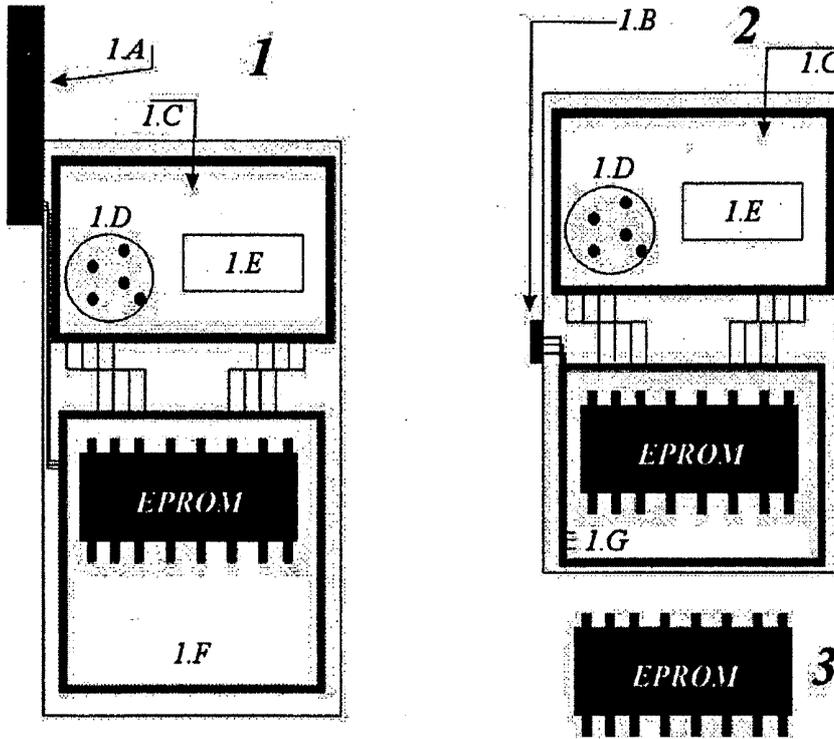


Figura 2

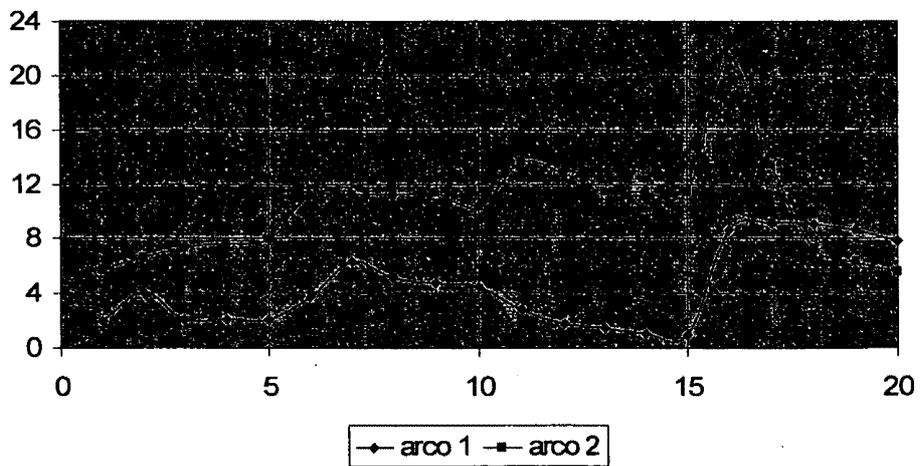
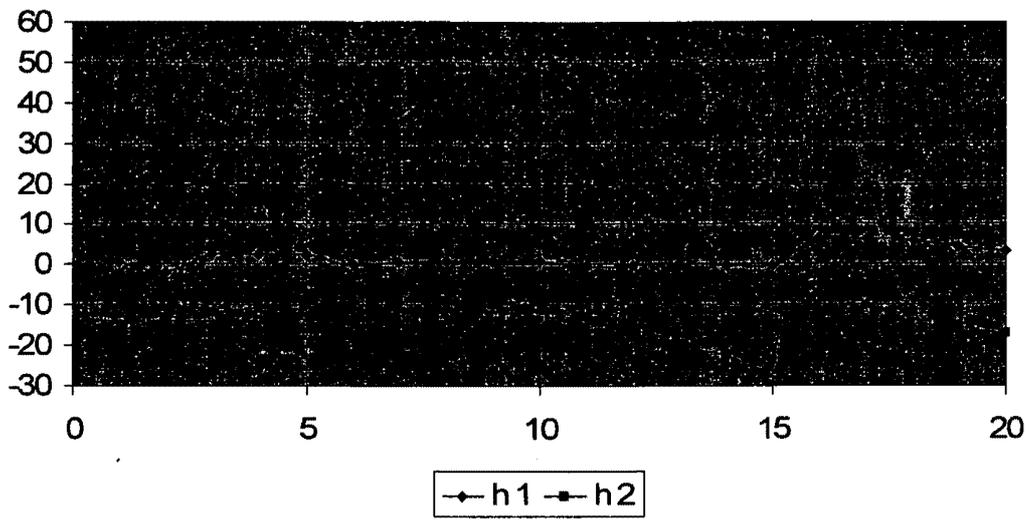


Figura 3



PI0901161-7

Resumo**Equipamento Eletrônico e Método para Determinação de Coordenadas Geodésicas**

- 5 A presente invenção trata de um equipamento aperfeiçoado para determinação mais precisa e acurada de determinadas coordenadas, tais como coordenadas geodésicas e coordenadas ortogonais de quaisquer ponto no espaço de cobertura do Sistema de Posicionamento Global (GPS), ou similar. Além disso, a presente invenção refere-se ao método de processamento
- 10 discriminado dos sinais individuais de cada satélite do sistema GNSS e combinação dos mesmos por meio de técnicas de estatística vetorial.