



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

**(11) PI 0615006-3 B1**

**(22) Data do Depósito:** 04/08/2006

**(45) Data de Concessão:** 22/05/2018



---

**(54) Título:** MÉTODO E APARELHO PARA MELHORAR IMAGENS DE RESISTIVIDADE DE FORMAÇÃO OBTIDAS COM FERRAMENTAS GALVÂNICAS DE POÇO

**(51) Int.Cl.:** G01V 3/20; G01V 3/24; E21B 47/01

**(30) Prioridade Unionista:** 10/08/2005 US 11/201,251

**(73) Titular(es):** BAKER HUGHES INCORPORATED

**(72) Inventor(es):** STANISLAV W. FORGANG; RANDY GOLD

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO E APARELHO PARA MELHORAR IMAGENS DE RESISTIVIDADE DE FORMAÇÃO OBTIDAS COM FERRAMENTAS GALVÂNICAS DE POÇO**".

Antecedentes da Invenção

5    1. Campo da Invenção

Esta invenção relaciona-se de um modo geral à exploração de hidrocarbonetos envolvendo investigações de regiões de uma formação terrestre que podem ser penetradas por um furo de sondagem. Mais especificamente, a invenção trata do problema de representação digital precisa de  
10    sinais analógicos medidos por sensores na formação terrestre para processamento subsequente. Discute-se um exemplo em algum detalhe de investigações de furos de sondagem altamente localizadas empregando a introdução e a medição de correntes elétricas de análise de concentração individual injetadas em direção à parede de um furo de sondagem com uma ferramen-  
15    ta deslocada ao longo do furo de sondagem.

2. Antecedentes da Invenção

É bem conhecida a exploração elétrica de furo de sondagem terrestre e diversos dispositivos e técnicas têm sido descritos para este propósito. Em uma investigação elétrica de um furo de sondagem, a corrente de  
20    um eletrodo é introduzida na formação por uma ferramenta dentro do furo de sondagem. Há dois modos de operação: em um, a corrente no eletrodo de medição é mantida constante e é medida uma voltagem, enquanto que no segundo modo é fixada a voltagem do eletrodo e é medida a corrente fluindo do eletrodo. Em condições ideais, é desejável que se a corrente é variada  
25    para manter constante a voltagem medida em um eletrodo monitor, a corrente é inversamente proporcional à resistividade da formação terrestre sendo investigada. Inversamente, é desejável que se a corrente é mantida constante, a voltagem medida no eletrodo monitor é proporcional à resistividade da formação terrestre sendo investigada.

30    Têm sido discutidas técnicas para investigação de formação terrestre com conjuntos de eletrodos de medição. Ver, por exemplo, a Patente Norte-americana número 2930969, de acordo com Baker, a Patente Cana-

dense número 685727, de acordo com Mann e outros, a Patente Norte-americana número 4468623, de acordo com Gianzero, e a Patente Norte-americana número 5502686, de acordo com Dory e outros. A Patente de Baker mostra uma multiplicidade de eletrodos, cada um deles formado de botões que são unidos eletricamente por fios flexíveis, com botões e fios embutidos na superfície de um tubo desmontável. A Patente de Mann mostra um conjunto de botões de eletrodos pequenos ou montados em uma ferramenta ou em uma almofada, cada um deles introduzindo em sequência uma corrente de análise de medição de modo separado para uma investigação elétrica da formação terrestre. Os botões de eletrodos são dispostos em um plano horizontal com espaçamentos circunferenciais entre os eletrodos e é descrito um dispositivo para excitar sequencialmente e medir uma corrente de análise. A Patente de Gianzero mostra um dispositivo montado em almofadas, cada almofada possuindo uma multiplicidade de pequenos eletrodos de medição dos quais são injetadas correntes de análise em direção à parede do furo de sondagem. Os eletrodos de medição são dispostos em um conjunto onde são colocados em intervalos segundo pelo menos uma direção circunferencial (próximo do eixo do furo de sondagem) de modo a injetar correntes de análise dentro dos segmentos do furo de sondagem que se superpõem um ao outro para uma extensão predeterminada à medida que a ferramenta é deslocada ao longo do furo de sondagem. A Patente Norte-americana 6348796, de acordo com Evans e outros, tendo o mesmo cessionário como a presente invenção e cujo conteúdo está aqui totalmente incorporado como referência, mostra um dispositivo de resistividade montado em almofada no qual os eletrodos não se superpõem. A Patente Norte-americana 6714014, de acordo com Evans e outros, tendo o mesmo cessionário como a presente invenção e cujo conteúdo está aqui totalmente incorporado como referência, mostra um dispositivo de resistividade montado em almofada que apresenta um dispositivo de tratamento de imagem de resistividade que utiliza acoplamento capacitivo e que pode ser usada com lama a base de óleo.

Os dispositivos descritos nas duas patentes de Evans e na de

Gianzero podem ser referidos como um sistema "dois-eletrodos" compreendendo o eletrodo de medição e a almofada. Um dos problemas com as ferramentas de tratamento de imagem "dois-eletrodos" é uma carência de resolução para a falta de homogeneidade da resistividade na frente dos botões da almofada. A razão deste fenômeno pode ser facilmente observada na Figura 3, que mostra caminhos simplificados para a corrente  $I_n$  penetrando no botão. O mandril da ferramenta é marcado por 34 e dois exemplos de eletrodos de resistividade 41a e 41n são mostrados em uma almofada 55. A corrente em cada um dos eletrodos é determinada pela impedância total  $R_i$  que foi afetada pela impedância de fuga  $R_L$  entre o eletrodo e o retorno, a impedância do fluido entre o eletrodo  $R_{fl}$  e a formação, e a impedância de formação de fundo  $R_F$ , assim como a variação local da resistividade da formação  $\Delta R_F$  – o sinal desejado.

$$R_i = R_L(R_{fl} + R_F + \Delta R_F)/R_L + R_{fl} + R_F + \Delta R_F$$

A impedância  $R_{fl}$  pode ser muito pequena na presença de grande elevação resultando em correntes de fuga muito significativas  $I_{L_i}$ . Esta situação de medição pode conduzir à resposta da almofada como demonstrado na Figura 4a. Está mostrado na Figura 4a um sinal medido 101 representado graficamente como uma função do eletrodo número  $n$ . O sinal medido 101 inclui um grande sinal de fundo e um componente de sinal de tratamento de imagem pequeno. O sinal desejado pode ser digitalizado pobremente, se não há alcance dinâmico suficiente do conversor analógico para digital utilizado no sistema, ou pode ser cortado para o nível de escala total 103. Deve ser observado que em ferramentas conhecidas o problema acima mencionado não pode ser recuperado por controle de ganho automático, ou em pós-processamento.

O problema do sistema de dois-eletrodos é característico dos muitos que são encontrados na avaliação das formações terrestres. Em termos gerais, uma multiplicidade de sensores faz medições de um parâmetro de interesse da formação terrestre. Os sinais associados com cada um dos sensores podem ser caracterizados como a soma de um sinal de fundo e um sinal diferencial. O sinal diferencial varia de um sensor para outro e é carac-

terístico de variações locais no parâmetro de interesse. Os sinais nos sensores são medições analógicas. Em situações em que o sinal de fundo é muito maior que o sinal diferencial, é desejável aumentar o alcance dinâmico dos sinais diferenciais quando a saída dos sensores é parte de um sistema de processamento de dados digital. A presente invenção dirige-se a este problema.

#### Sumário da Invenção

Uma modalidade da presente invenção é um aparelho utilizado para detectar uma propriedade de uma região subterrânea. O aparelho inclui uma multiplicidade de sensores, cada sensor possuindo um sinal associado indicativo de uma propriedade da região, e um sistema de circuitos elétricos que proporciona uma diferença entre um sinal de pelo menos um dos sensores e um sinal combinado derivado de um ou mais dos sensores. O sistema de circuitos elétricos pode incluir um sistema de circuitos elétricos analógico.

O sistema de circuitos elétricos pode ser usado com o que combina sinais de mais de um sensor para proporcionar o sinal combinado. O aparelho pode incluir um processador que produz uma imagem de uma parede do furo de sondagem a partir da diferença. A região subterrânea pode compreender pelo menos um de (i) uma matriz de formação, (ii) um fluido de formação, e (iii) um fluido de furo de sondagem. Os sensores podem ser sensores acústicos, sensores de resistividade, sensores nucleares, sensores de ressonância nuclear magnética, sensores óticos, e/ou sensores de pressão. Um conversor digital para analógico pode digitalizar a diferença. O sensor pode incluir eletrodos de medição e os sinais associados podem ser sinais de medição. Se isto ocorrer, um eletrodo adicional pode ser proporcionado com um potencial substancialmente o mesmo que o do eletrodo de medição. Um dispositivo de transporte pode ser usado para transportar o aparelho dentro de um furo de sondagem na região subterrânea. O dispositivo de transporte pode ser um cabo liso, um cabo trançado e/ou uma perfuradora tubular. Pode ser incluído no aparelho um sensor de orientação. O sistema de circuitos elétricos pode estar em uma composição de fundo e um ou mais da multiplicidade de sensores pode ser um sensor virtual definido pela rotação da

composição de fundo. O sensor pode ser instalado em um primeiro furo de sondagem e uma fonte de energia pode ser posicionada em um segundo furo de sondagem situado ao lado do primeiro furo de sondagem. A fonte de energia pode ser uma fonte acústica e/ou uma fonte eletromagnética.

- 5 Uma outra modalidade da presente invenção é um método de avaliação de uma região subterrânea. É obtido uma multiplicidade de sinais indicativos de uma propriedade da região subterrânea e é proporcionada uma diferença entre pelo menos um dos sinais e um sinal combinado derivado de uma multiplicidade de sinais. A diferença pode ser obtida usando
- 10 um sistema de circuitos elétricos analógico. Uma imagem do furo de sondagem na região subterrânea pode ser produzida. O método pode envolver a digitalização do sinal de diferença. Os sinais podem ser obtidos por intermédio de sensores acústicos, sensores de resistividade, sensores de ressonância nuclear magnética, sensores óticos, sensores de pressão, e/ou sensores
- 15 nucleares. Os sensores podem ser transportados em um furo de sondagem usando um cabo trançado, um cabo liso ou uma perfuradora tubular. Pelo menos um dos sensores pode ser um sensor virtual definido pela rotação dos sensores. Os sinais podem ser obtidos em um primeiro furo de sondagem e podem ser o resultado da ativação de uma fonte de energia em um
- 20 segundo furo de sondagem situado ao lado do primeiro furo de sondagem. A fonte pode ser uma fonte acústica e/ou uma fonte eletromagnética.

#### Breve Descrição das Figuras

- A presente invenção é melhor entendida fazendo-se referência às figuras que a acompanham onde numerais semelhantes referem-se a
- 25 elementos semelhantes, e nas quais:

A figura 1 (técnica anterior) mostra a ferramenta de tratamento de imagem desta invenção suspensa em um furo de sondagem;

A figura 2a (técnica anterior) é uma vista esquemática mecânica de uma ferramenta de tratamento de imagem usando a presente invenção;

- 30 A figura 2b (técnica anterior) é uma vista detalhada de um exemplo de almofada de eletrodo;

A figura 3 é um diagrama de circuito esquemático ilustrando a

corrente de fuga e a resistividade de fundo;

A figura 4a ilustra o resultado da corrente de fuga e a resistividade de fundo nas saídas dos eletrodos individuais;

A figura 4b mostra o resultado do uso do método da presente  
5 invenção nas saídas dos eletrodos individuais; e

A figura 5 é um diagrama de circuitos de um sistema de circuitos elétricos para a implementação da presente invenção.

#### Descrição Detalhada da Invenção

A figura 1 mostra uma ferramenta de tratamento de imagem 10  
10 suspensa em um furo de sondagem 12 que penetra a formação terrestre tal como 13, a partir de um cabo adequado 14 que passa sobre uma roldana 16 montada em uma plataforma de perfuração 18. Por padrão industrial, o cabo 14 inclui uma peça de tensão e sete condutores para transmitir comandos à ferramenta e para receber dados de retorno da ferramenta, assim como e-  
15 nergia elétrica para a ferramenta. A ferramenta 10 é levantada e abaixada por trabalhos de tração 20. O módulo eletrônico 22, na superfície 23, transmite os comandos de operação necessários para dentro do poço e em retorno recebe dados de retorno que podem ser gravados em um meio de armazenamento de arquivo de qualquer tipo desejado para processamento simul-  
20 tâneo ou posterior. Os dados podem ser transmitidos de forma analógica ou digital. Podem ser proporcionados processadores de dados, tal como um computador adequado 24, para executar análise de dados no campo em tempo real ou os dados gravados podem ser enviados para um centro de processamento, ou ambos, para posterior processamento dos dados. Algum  
25 processamento de dados pode também ser feito em um computador no interior do furo.

A figura 2a é uma vista externa esquemática de um sistema de tratamento de imagem de parede lateral de um furo de sondagem. A ferramenta 10, compreendendo o sistema de tratamento de imagem, inclui con-  
30 juntos de resistividade 26 e, opcionalmente, uma cubeta de filtração 30 e um telespectador acústico circunferencial 32. Módulos eletrônicos 28 e 38 podem estar posicionados em locais adequados no sistema e não necessaria-

mente nas localizações indicadas. Os componentes podem ser montados em um mandril 34 de uma maneira convencional bem conhecida. Um módulo de orientação 36 incluindo um magnetômetro e um acelerômetro ou sistema de direção inercial pode ser montado acima das montagens de tratamento de imagem 26 e 32. A parte superior 38 da ferramenta 10 contém um módulo de telemetria para tomada de amostras, digitalização e transmissão dos dados das amostras dos vários componentes para os equipamentos eletrônicos de superfície 22 de uma forma convencional. Se dados acústicos são obtidos, eles são preferivelmente digitalizados, embora em um arranjo alternativo os dados possam ser retidos em forma analógica para a transmissão à superfície onde serão digitalizados mais tarde pelos equipamentos eletrônicos de superfície 22.

Também mostrados na figura 2a estão três conjuntos resistivos 26 (um quarto está oculto nesta vista). Com referências às Figuras 2a e 2b, cada conjunto inclui eletrodos de medição 41a, 41b,...41n para injeção de correntes elétricas na formação, eletrodos de focalização 43a, 43b para focalização horizontal das correntes elétricas dos eletrodos de medição e eletrodos de focalização 45a, 45b para focalização vertical das correntes elétricas dos eletrodos de medição. Por convenção, "vertical" refere-se à direção ao longo do eixo do furo de sondagem, e "horizontal" refere-se a um plano perpendicular à vertical. O método da presente invenção pode ser usado com ferramentas que não possuem os eletrodos de focalização.

Outras modalidades da invenção podem ser usadas em operações medição-enquanto-perfurando (MWD), exploração-enquanto-perfurando (LWD) ou exploração-enquanto-descendo (LWT). A montagem do sensor pode ser usada em uma almofada substancialmente não rotativa, como mostrado na Patente Norte-americana 6173793 tendo o mesmo cessionário como no presente pedido e o seu conteúdo totalmente aqui incorporado como referência. A montagem do sensor pode também ser usada em uma bucha não rotativa, como a apresentada na patente norte-americana 6247542, o conteúdo da qual aqui totalmente incorporado como referência. É também possível a implementação de cabo trançado da invenção, no qual

a montagem do sensor é transportada para o interior do furo em um cabo trançado, os dados gravados em um dispositivo de memória adequado, e devolvidos para processamento subsequente.

Como acima observado, o sinal medido é dominado pelos efeitos da impedância de formação de fundo  $R_f$  e as correntes de fuga  $IL_f$ . A presente invenção é baseada no reconhecimento do fato que  $R_f$ ,  $R_{fl}$  e as correntes de fuga estão variando em quantidade lentamente em relação à posição do eletrodo espacial. Uma retroalimentação adaptável é implementada na extremidade frontal da almofada, isto é, antes da digitalização. Isto é ilustrado tomando como referência a Figura 5. As saídas de corrente suavizadas  $V_1, V_2, V_3, \dots V_n$  dos eletrodos 41a, 41b, 41c, ..., 41n são calculadas por média pelo amplificador nivelador 151 e a saída do amplificador nivelador VB é usada como uma retroalimentação negativa para os amplificadores diferenciais 141a, 141b, 141c, ..., 141n, a outra entrada para os amplificadores diferenciais sendo as correntes medidas correspondentes  $I_1, I_2, I_3, \dots I_n$  dos eletrodos de botão. A saída do amplificador nivelador 151 pode também ser usada para processamento mais adiante, salva para recuperação subsequente, ou telemetrada para acima do furo como uma indicação da resistividade de formação de fundo. As saídas filtradas dos eletrodos de botão  $V_1, V_2, V_3, \dots V_n$  proporcionam uma imagem de alta resolução da resistividade da formação que possui um alcance dinâmico aperfeiçoado sobre as medições não tratadas e são digitalizadas usando métodos padrões. A imagem é indicativa de heterogeneidades locais da parede do furo de sondagem. A média pode ser adicionada novamente para as saídas filtradas digitalizadas para proporcionar uma indicação de resistividade de formação absoluta.

Voltando agora à figura 4b, o sinal 101 mostra o resultado do uso do processamento de retroalimentação da extremidade frontal da saída 101 dos eletrodos. As diferenças entre os eletrodos são aumentadas: estas diferenças são indicativas de não homogeneidades na resistividade da parede do furo de sondagem. O alcance dinâmico é maior que na figura 4a.

Em termos gerais, os eletrodos de medição constituem sensores e as correntes de medição são medições associadas com os eletrodos de

medição. O sistema de circuitos elétricos analógico combina as correntes de medição pela sua média. Uma diferença entre a média da corrente e as medidas de correntes individuais forma uma saída proveitosa do sistema. Deve ser observado que o método descrito acima pode também ser usado com  
5 outras disposições de sensores, incluindo aquelas sem eletrodos de focalização ou almofadas. A Patente Norte-americana 6801039, de acordo com Fabris e outros, tendo o mesmo cessionário como a presente invenção e o conteúdo da qual aqui é incorporado como referência, mostra o uso de um sistema de eletrodo desfocalizado que é usado para a determinação da re-  
10 sistividade dos fluídos de furo de sondagem.

O aparelho e método descritos acima podem ser usados com lama à base de água (WBM), assim como com lama à base de óleo (OBM). Para a lama à base de óleo, o acoplamento capacitivo dos sinais elétricos é usado empregando, por exemplo, os ensinamentos da Patente Norte-  
15 americana 6714014, de acordo com Evans e outros, tendo o mesmo cessionário como na presente invenção e o conteúdo da qual é aqui incorporado como referência. Como discutido em '014 de acordo com Evans, a corrente é uma corrente de alta frequência modulada que acopla capacitivamente a fonte elétrica na ferramenta de exploração para a formação.

20 O problema de um grande sinal de fundo é também encontrado em outras situações tais como operações de recuperação secundárias. O objetivo é monitorar o fluxo de hidrocarbonetos em um reservatório entre um poço de injeção e um poço de produção. Fontes sísmicas ou eletromagnéticas são posicionadas em um furo de sondagem e uma multiplicidade de de-  
25 tectores são instalados caracteristicamente em um segundo furo. A passagem de energia das fontes é afetada pela distribuição relativa dos fluidos no reservatório. O que é de interesse são diferenças entre o sinal recebido nos diferentes receptores. O sistema de circuitos elétricos de retroalimentação discutido acima pode ser usado para aumentar o sinal desejado na presença  
30 do grande sinal de fundo(as propriedades de massa da formação terrestre entre a fonte e o receptor).

Ainda um outro exemplo está no telespectador do furo de son-

dagem no qual uma fonte acústica dentro de um furo de sondagem é usada para se obter uma imagem da parede do furo de sondagem. O uso de um dispositivo acústico para determinar a geometria do furo de sondagem e a elevação da ferramenta é apresentado na Patente Norte-americana 5638337, de acordo com Priest. A Patente Norte-americana 4463378, de acordo com Rambow, mostra tanto a amplitude quanto o tempo de reflexões acústicas de um telespectador de furo de sondagem. Enquanto os tempos (e, por conseguinte, a geometria do furo de sondagem) são relativamente insensíveis ao fluido no furo de sondagem, a amplitude pode ser grandemente afetada pela atenuação dos sinais acústicos dentro do fluido do furo de sondagem. Esta atenuação proporciona um forte sinal de fundo que deve ser removido de modo a se fazer uma interpretação significativa da amplitude do sinal. O método acima descrito pode ser usado para esse propósito. Enquanto o dispositivo de Priest necessitaria usar o conceito de sensor virtual descrito acima, o uso de conjuntos acústicos para o tratamento de imagens das paredes de furo de sondagem é apresentado na Patente Norte-americana 5640371, de acordo com Schmidt e outros, com o seu conteúdo incorporado aqui como referência.

O método da presente invenção é um método geral que é aplicável a um conjunto de medições indicativo de propriedades de uma região subterrânea. O conceito básico é que as medições individuais são normalizadas subtraindo um sinal composto derivado de outros elementos do conjunto. Isto inclui medições da ressonância nuclear magnética das propriedades de eco de spin da formação terrestre feitas por sensores de ressonância nuclear magnética, medições nucleares tais como medições de raios gama indicativas de densidade da formação e medições de nêutrons indicativas da porosidade da formação. Outros tipos de conjunto de sensores que podem se beneficiar do método da presente invenção são os sensores de pressão e sensores óticos. O termo região subterrânea é programado para incluir formações terrestres, a matriz de rocha, fluidos na matriz de rocha, assim como furos de sondagem em formações terrestres.

O aparelho e método têm sido acima descritos usando a imple-

mentação de um cabo liso como um exemplo. A presente invenção pode também ser implementada para aplicações de medição-enquanto-perfurando (MWD). Um exemplo de tratamento de imagens de resistividade para medição-enquanto-perfurando (MWD) é discutido na Patente Norte-americana 6600321, de acordo com Evans, tendo o mesmo cessionário da presente invenção e o seu conteúdo totalmente incorporado aqui como referência.

Alternativamente, para aplicações medição-enquanto-perfurando (MWD), pode ser usada uma disposição como a descrita no Pedido de Depósito de Patente Norte-americano número de série 10/616.857, de acordo com Chemali e outros, tendo o mesmo cessionário da presente invenção e o seu conteúdo aqui incorporado como referência. Chemali não requer um conjunto de eletrodos: em vez disso, um único eletrodo pode ser usado. No contexto da presente invenção, a medição feita por um único eletrodo em uma multiplicidade de ângulos rotacionais e uma multiplicidade de profundidades define um conjunto virtual de eletrodos de medição, cujas medições podem ser processadas digitalmente usando os mesmos princípios da filtragem de retroalimentação analógica descrita acima. A implementação usando um único eletrodo requer o uso de um sensor de orientação tal como um magnetômetro, e estimativas precisas de profundidade à medida que a perfuração prossegue. As estimativas de profundidade podem ser feitas usando, por exemplo, o método apresentado na Patente Norte-americana 6769497, de acordo com Dubinsky e outros, tendo o mesmo cessionário da presente invenção e com o seu conteúdo incorporado aqui como referência.

A operação dos transmissores e receptores pode ser feita por um processador no interior do furo ou um processador de superfície. Está implícito no controle e processamento dos dados o uso de um programa de computador em um meio de leitura de máquina adequado que permite ao processador executar o controle e o processamento. O processamento pode incluir, por exemplo, a produção de uma imagem de resistividade da parede do furo de sondagem usando os sinais filtrados dos eletrodos de medição. O meio de leitura de máquina pode incluir Memórias de Apenas Leitura, Memórias de Apenas Leitura Programável Apagável, Memórias de Apenas Leitura



Alterável Eletricamente, Memórias Flash e discos óticos. O termo "processador", como usado aqui, é programado para incluir Conjuntos de Pontes Programáveis de Campo (FPGAs).

- 5 Enquanto a apresentação antecedente está direcionada para as modalidades preferenciais, modificações diferentes serão evidentes para aqueles versados na técnica. Pretende-se que todas as variações dentro do objetivo e espírito das reivindicações anexas sejam englobadas pela apresentação antecedente.

## REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho usado para detectar uma propriedade de uma região subterrânea, o aparelho compreendendo:

5 (a) uma multiplicidade de sensores (41a, ... 41n), cada sensor tendo um sinal associado indicativo da propriedade da região; e **caracterizado por**

(b) um sistema de circuitos elétricos que proporciona uma diferença entre um sinal de pelo menos um da multiplicidade de sensores (41a, ... 41n) e um sinal combinado derivado da multiplicidade de sensores  
10 (41a, ... 41n).

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o sistema de circuitos elétricos compreende um sistema de circuitos elétricos analógico.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado**  
15 **pelo fato de que** compreende ainda um sistema de circuitos elétricos que combina sinais de uma multiplicidade de sensores (41a, ... 41n) para dar o sinal combinado.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda um processador que produz uma  
20 imagem do furo de sondagem a partir da diferença.

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a região subterrânea compreende pelo menos um de (i) uma matriz de formação, (ii) um fluido de formação, e (iii) um fluido de furo de sondagem.

25 6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a multiplicidade de sensores (41a, ... 41n) é selecionada do grupo consistindo em (i) um sensor acústico, (ii) um sensor de resistividade, (iii) um sensor nuclear, (iv) um sensor de ressonância nuclear magnética, um (v) sensor de pressão, e (vi) um sensor ótico.

30 7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda um conversor digital para analógico que digitaliza a diferença.

8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a multiplicidade de sensores (41a, ... 41n) compreende eletrodos de medição e os sinais associados compreendem correntes de medição.

5                    9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda um eletrodo adicional tendo um potencial substancialmente igual a um potencial de um eletrodo de medição.

10                   10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda um dispositivo de transporte que transporta o aparelho para dentro de um furo de sondagem na região subterrânea, o dispositivo transportador selecionado de um grupo consistindo em (i) um cabo liso, (ii) um cabo trançado, e (iii) uma perfuradora tubular.

15                   11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda um sensor de orientação que faz uma medição de orientação.

20                   12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado pelo fato de que** o sistema de circuitos elétricos está em uma montagem de composição de fundo (BHA) e no qual pelo menos um da multiplicidade de sensores (41a, ... 41n) é um sensor virtual definido pela rotação da montagem de composição de fundo (BHA).

25                   13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a multiplicidade de sensores (41a, ... 41n) está instalada em um primeiro furo de sondagem.

                     14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda uma fonte de energia posicionada em um segundo furo de sondagem situado ao lado do primeiro furo de sondagem.

30                   15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de que** a fonte é selecionada do grupo consistindo em (i) uma fonte acústica, e (ii) uma fonte eletromagnética.

16. Método de avaliação de uma região subterrânea, o método

compreendendo:

(a) adquirir uma multiplicidade de sinais indicativa de uma propriedade da região subterrânea; e **caracterizado por**

(b) usar um sistema de circuitos elétricos do fundo do furo para  
5 proporcionar uma diferença entre pelo menos um dos sinais e um sinal combinado derivado da multiplicidade dos sinais.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** proporcionar a diferença compreende usar um sistema de circuitos elétricos analógico.

10 18. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda a produção de uma imagem de uma parede de um furo de sondagem na região subterrânea.

19. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda digitalizar a diferença.

15 20. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda obter a multiplicidade de sinais usando sensores (41a, ... 41n) selecionados do grupo consistindo de (i) sensores (41a, ... 41n) acústicos, (ii) sensores (41a, ... 41n) de resistividade, (iii) sensores (41a, ... 41n) nucleares, (iv) sensores (41a, ... 41n) de ressonância  
20 nuclear magnética, (v) sensores (41a, ... 41n) de pressão, e (vi) sensores (41a, ... 41n) óticos.

21. Método, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato de que** a multiplicidade de sinais compreende correntes de medição indicativas de uma resistividade da região subterrânea.

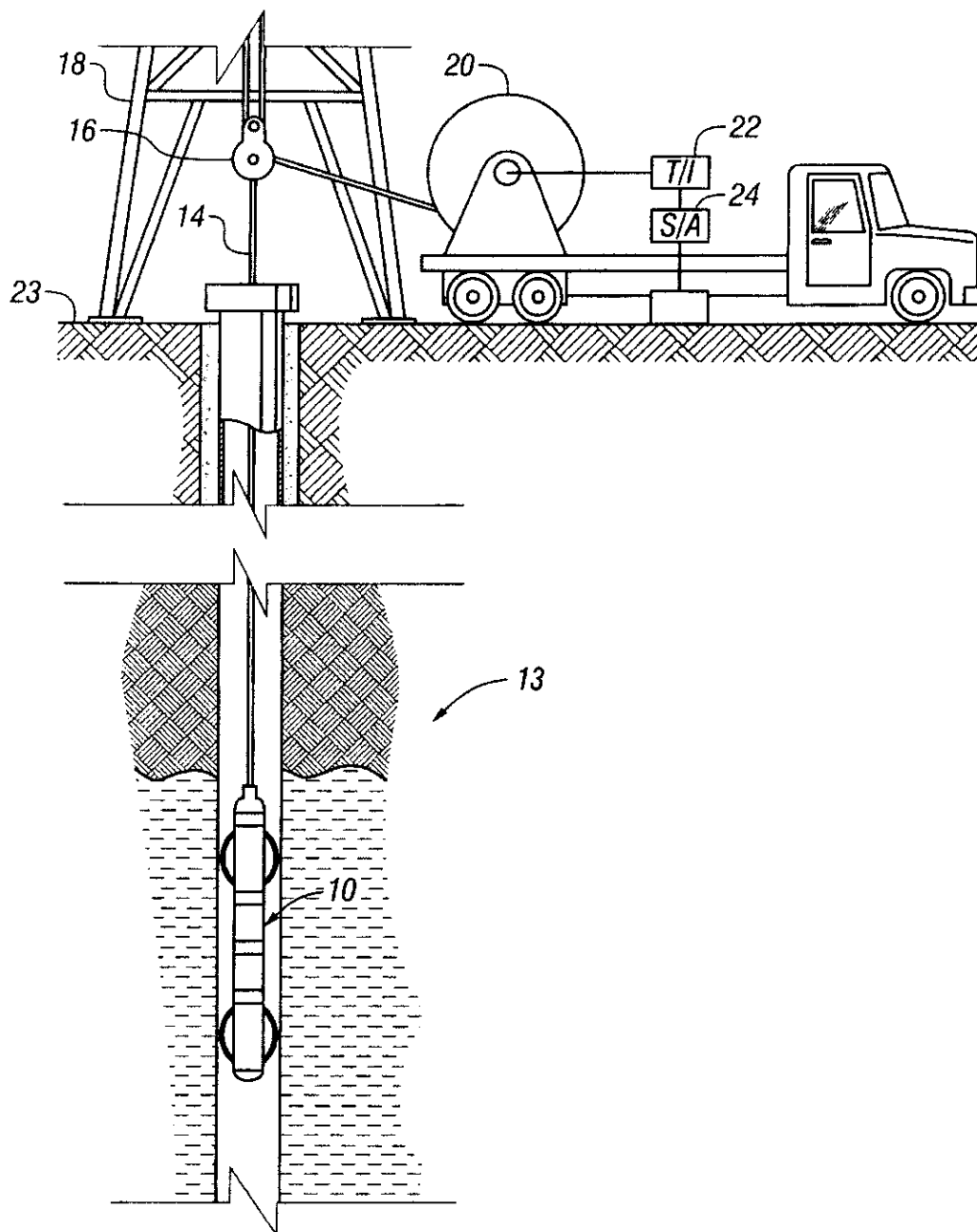
25 22. Método, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato de que** obter a multiplicidade de sinais compreende ainda usar sensores (41a, ... 41n) transportados em um dispositivo de transporte selecionado de (i) um cabo liso, (ii) um cabo trançado, e (iii) uma perfuradora tubular.

30 23. Método, de acordo com a reivindicação 22, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda definir pelo menos um da multiplicidade de sensores (41a, ... 41n) como um sensor virtual definido pela rotação dos

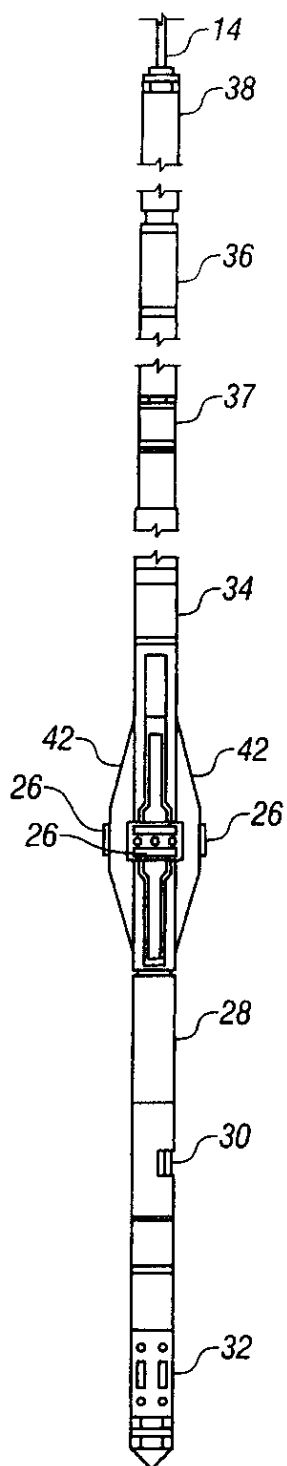
sensores (41a, ... 41n).

24. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato de que** a multiplicidade de sinais é obtida em um primeiro furo de sondagem, os sinais resultando da ativação de uma fonte de energia  
5 posicionada em um segundo furo de sondagem situada ao lado do primeiro furo de sondagem.

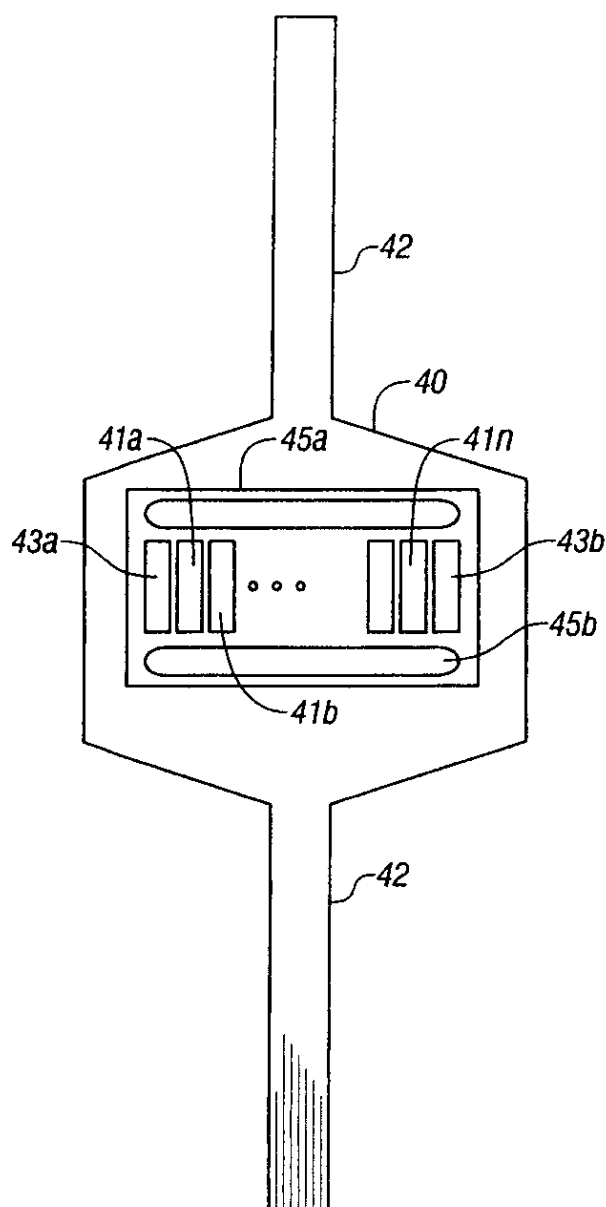
25. Método, de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado pelo fato de que** a fonte é selecionada do grupo consistindo de (i) uma fonte acústica, e (ii) uma fonte eletromagnética.



**FIG. 1**  
 (Técnica Anterior)



**FIG. 2A**  
 (Técnica Anterior)



**FIG. 2B**  
 (Técnica Anterior)

3/5

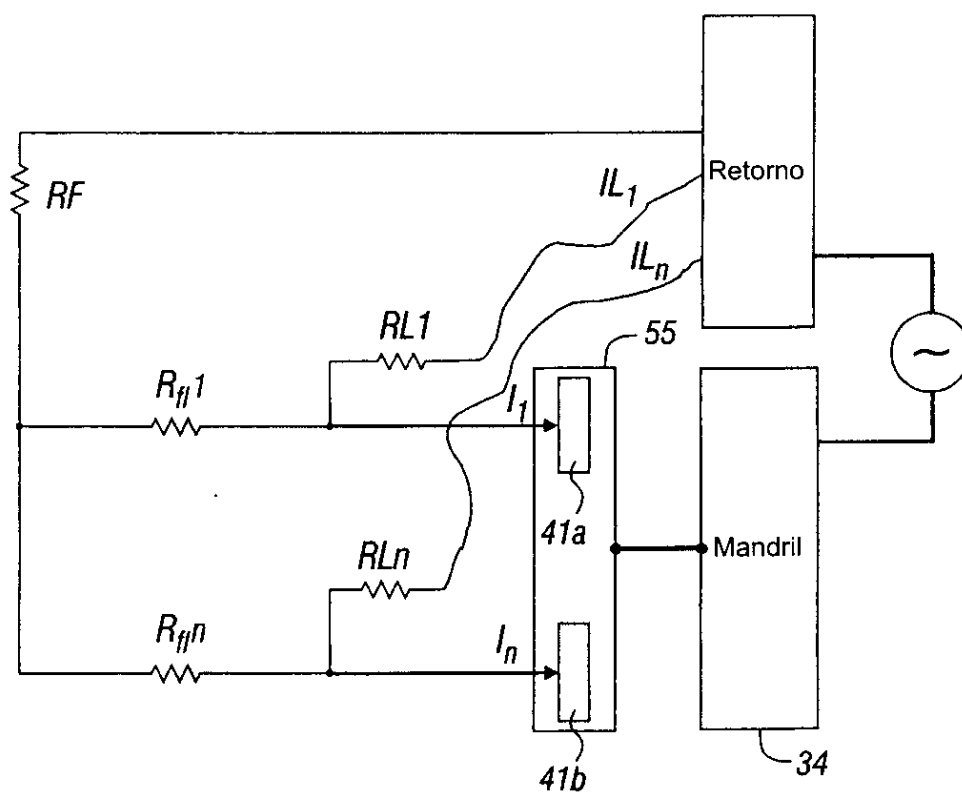


FIG. 3

4/5

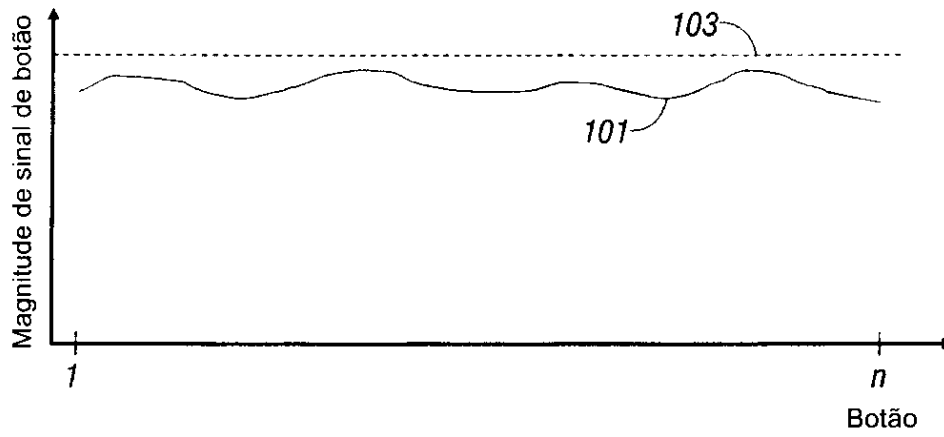


FIG. 4a

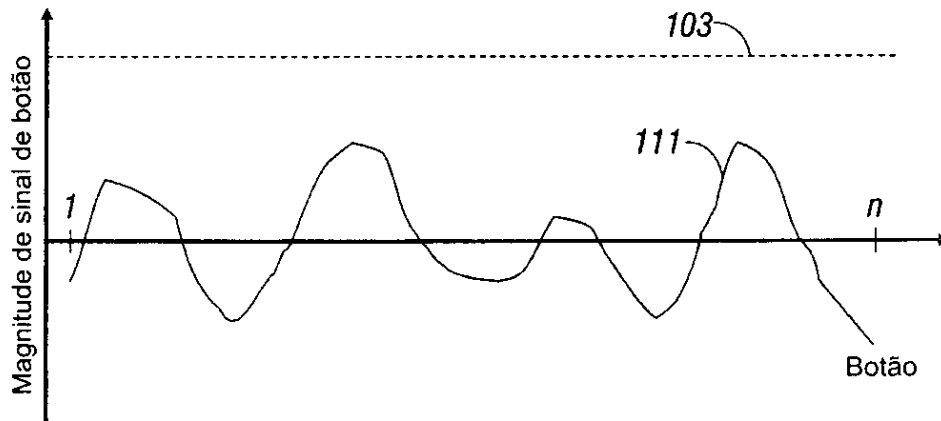


FIG. 4b

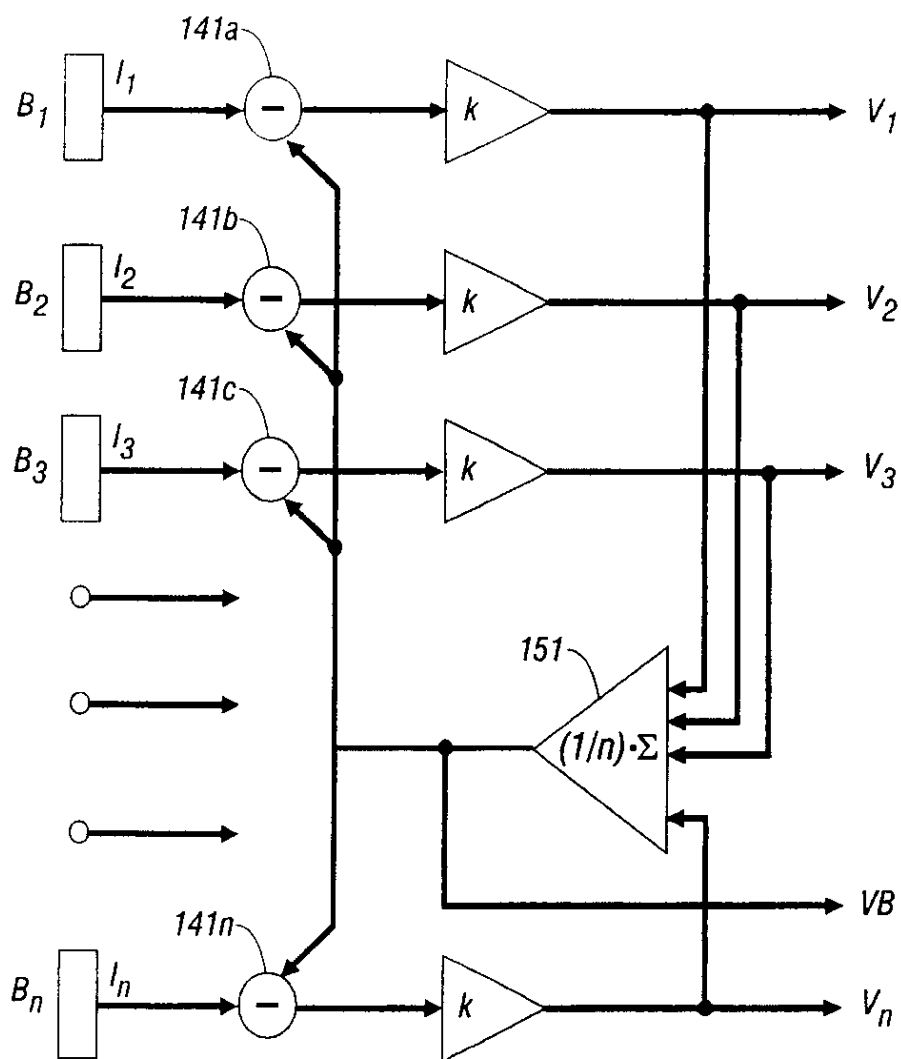


FIG. 5