



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0907642-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 05/01/2009**

**(45) Data de Concessão: 27/07/2021**

---

**(54) Título:** MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA UM DISPOSITIVO DE FUNDO DE POÇO E MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR

**(51) Int.Cl.:** E21B 43/26; G01V 3/18.

**(30) Prioridade Unionista:** 04/01/2008 US 11/969,577.

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

**(72) Inventor(es):** ANDREAS HARTMANN; OLEG N. AKIMOV; ANSGAR BAULE; CHRISTIAN FULDA.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2009030106 de 05/01/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/089150 de 16/07/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 05/07/2010

**(57) Resumo:** SISTEMA E MÉTODO DE CONTROLE DE QUALIDADE EM TEMPO REAL PARA DISPOSITIVOS DE PERFILAGEM DE FUNDO DE POÇO. A invenção refere-se a modalidade ilustrativa de um método para valiar a qualidade de uma imagem de formação de fundo de poço, o método compreendendo coleta de dados de sistema de aquisição de uma pluralidade de sensores de fundo de poço, aplicando um conjunto de regras aos dados de sistema de aquisição para obter um indicador de qualidade de aquisição e apresentação do indicador de qualidade de aquisição em uma localização de superfície. Um sistema é divulgado para realizar o método.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA UM DISPOSITIVO DE FUNDO DE POÇO E MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR**".

Antecedente

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se, em geral, à perfilagem de formação.

Antecedentes da Técnica Relacionada

[002] Perfilagem de poços de petróleo foi conhecida há muitos anos e provê informações a um perfurador de óleo e gás sobre a formação de solo particular que está sendo perfurado. Em poços de petróleo convencionais, depois que um poço foi perfurado, uma vareta de prova conhecida como sonda é abaixada dentro do furo do poço e utilizada para determinar algumas características das formações que o poço atravessou. A sonda é geralmente um cilindro de aço vedado hermeticamente, que é pendurado no final de um longo cabo que dá suporte mecânico para a sonda e fornece energia para a instrumentação no interior da sonda. O cabo também fornece canais de comunicação para o envio de informações sob a forma de dados até a superfície. Assim, é possível medir alguns parâmetros das formações do solo em função da profundidade, ou seja, enquanto a sonda está sendo puxada para cima do furo através do furo de poço. Tais medições de "cabo" são normalmente feitas em tempo real (no entanto, estas medidas são tomadas muito tempo depois que a perfuração real do poço teve lugar).

[003] Uma sonda de cabo usualmente transmite energia para a formação em torno do poço, bem como agindo como um receptor adequado para detectar a mesma energia retornando da formação para fornecer a aquisição de um parâmetro de interesse. Como é bem-

conhecido nesta técnica, esses parâmetros de interesse incluem mas não estão limitados a resistividade elétrica, a energia acústica, ou medições nucleares que, direta ou indiretamente, fornecem informações sobre densidades do subsolo, refletâncias, limites, fluidos e litologias entre muitos outros.

[004] Ferramentas de cabo de avaliação de formação (tais como ferramentas de densidade de raios gama) têm muitos inconvenientes e desvantagens, incluindo perda de tempo de perfuração, a despesa e demora envolvidas em pôr em movimento a coluna de perfuração, de modo a permitir que a ferramenta de cabo seja abaixada dentro do poço e tanto a constituição de um bolo de lama substancial quanto a invasão da formação por fluidos de perfuração, durante o período de tempo entre a perfuração e a realização das medições. Uma melhoria sobre estas técnicas da técnica anterior é a técnica de medição durante a perfuração (MWD), na qual muitas das características da formação são determinadas substancialmente simultaneamente com a perfuração do poço.

[005] A medição durante a perfuração (MWD) elimina em parte ou totalmente a necessidade de interromper a operação de perfuração para remover a coluna de perfuração do furo no sentido de fazer as medições necessárias obteníveis por meio das técnicas de cabo. Além da capacidade para perfilar as características da formação através da qual a broca está passando, essa informação em uma base de tempo real fornece segurança substancial e vantagens logísticas em relação às técnicas de cabo para a operação de perfuração. Um problema potencial com ferramentas de perfilagem MWD é que as medições são normalmente feitas enquanto a ferramenta está girando. Dado que as medições são feitas logo após a broca ter perfurado o poço, desmoroamentos são um problema menor do que na perfilagem a cabo. No entanto, podem haver algumas variações no espaçamento entre a fer-

ramenta de perfilagem e a parede do poço ("standoff"), com azimute. Medições nucleares são particularmente degradadas por grandes "standoff", devido ao espalhamento produzido por fluidos de perfuração entre a ferramenta e a formação.

[006] A Patente US Nº 5.397.893 para Minette, cujo conteúdo é plenamente incorporado por referência, ensina um método para analisar dados de uma ferramenta de perfilagem de avaliação de formação MWD que compensa a rotação da ferramenta de perfilagem (junto com o resto da coluna de perfuração), durante os períodos de medição. A medição da densidade é combinada com a medição de um calibre do poço, preferencialmente um calibre acústico. O calibre acústico mede continuamente o "standoff" enquanto a ferramenta está girando em torno do poço. Se o calibre está alinhado com a fonte e os detectores de densidade, isto dá uma determinação do "standoff" na frente dos detectores em qualquer momento. Esta informação é usada para separar os dados de densidade em uma série de caixas com base na quantidade de "standoff". Após um intervalo de tempo preestabelecido, a medição da densidade pode ser feita. O primeiro passo neste processo é para densidades de espaço curto (SS) e espaço longo (LS) a serem calculadas a partir dos dados em cada caixa. Então, essas medidas de densidade são combinadas em uma maneira que minimize o erro total no cálculo da densidade. Esta correção é aplicada utilizando o algoritmo de "cume e nervuras" para dar uma densidade corrigida.

[007] A Patente U S Nº 6.584.837 para Kurkoski, aqui totalmente incorporada por referência, revela um sensor de densidade LWD que inclui uma fonte de raios gama e, pelo menos, dois detectores de NaI espaçados afastados desde a fonte para determinar medidas indicativas da densidade de formação. Um magnetômetro no colar de broca mede o azimute relativo dos detectores NaI. Um calibre acústico é usado para fazer medições de "standoff" dos detectores NaI. As medi-

ções efetuadas pelos detectores são divididas em caixas espaciais definidas pelo "standoff" e azimute. Dentro de cada setor azimutal, as medidas de densidade são compensadas para "standoff" para fornecer uma medição da densidade única para o setor. Os setores azimutais são combinados de modo a proporcionarem uma densidade de ajuste do poço (*geosteering*) da posição azimutal compensada. O método da invenção pode também ser utilizado com dispositivos de perfilagem de porosidade de nêutron.

[008] Instrumentos de MWD, em alguns casos, incluem uma disposição para o envio de, pelo menos, algumas das imagens de subsuperfície e medições obtidas com um aparelho na superfície da Terra no momento em que as medições são feitas através de um sistema de telemetria (telemetria MWD, por exemplo). Um tal sistema de telemetria modula a pressão de um fluido de perfuração bombeado através de um conjunto de perfuração para perfurar o poço. Os sistemas de telemetria de modulação de pressão de fluido conhecidos na técnica, no entanto, são limitados à transmissão de dados a uma taxa de, no máximo, apenas alguns bits por segundo. Devido a que o volume de dados medidos pelo típico instrumento de perfilagem de poço gerando imagem é relativamente grande, neste momento, as imagens do poço após um instrumento MWD são removidas do poço e os conteúdos de um dispositivo de armazenamento interno, ou memória, são recuperados, ou em menor resolução durante a perfuração. As imagens estão disponíveis em tempo real e, portanto, é provido controle de qualidade em tempo real em uma versão ilustrativa.

[009] Muitos tipos de instrumentos de perfilagem de poços foram adaptados para fazer medições que podem ser convertidas em uma representação visual ou "imagem" da parede de um poço perfurado através de formações de solo. Instrumentos típicos para o desenvolvimento de imagens de parâmetros de medidas de interesse incluem

dispositivos de medição de densidade, dispositivos de medição de resistividade elétrica, dispositivos de imagens gama e de reflexão acústica/medição de tempo de percurso. Estes instrumentos medem uma propriedade das formações de solo próximas à parede do poço, ou uma propriedade relacionada, em relação à direção azimutal, em torno de uma parcela substancial do perímetro do poço. Os valores da propriedade medida são correlacionados tanto a sua posição de profundidade do poço quanto à sua posição azimutal em relação a alguma referência selecionada, tais como o norte geográfico ou o lado gravitacionalmente mais superior do poço. A representação visual é então desenvolvida, apresentando os valores, no que diz respeito às suas profundidades e orientações azimutais, por exemplo, usando uma cor ou tom de cinza, que corresponde ao valor da propriedade medida.

#### Sumário

[0010] É divulgada uma modalidade ilustrativa de um método para avaliar a qualidade de dados de uma imagem de formação de fundo de poço, o método compreendendo coletar dados de uma pluralidade de sensores de fundo de poço, e sobre a superfície, aplicando um conjunto de regras aos dados adquiridos para obter um indicador de qualidade de sistema de aquisição e apresentar o indicador em uma localização de superfície. Um sistema é divulgado para realizar o método em tempo real.

#### Breve Descrição dos Desenhos

[0011] A modalidade ilustrativa e suas vantagens serão melhor compreendidas por referência à seguinte descrição detalhada e os desenhos anexos nos quais:

[0012] A figura 1 mostra um diagrama esquemático de um sistema de perfuração tendo uma coluna de perfuração que inclui um aparelho de acordo com a modalidade ilustrativa;

[0013] A figura 2 ilustra o caminho sensor para aquisição de dados

por uma ferramenta de imagem de fundo do poço durante a perfuração;

[0014] A figura 3 é um fluxograma que ilustra a organização geral de uma modalidade ilustrativa;

[0015] A figura 4 é um fluxograma que ilustra operações da modalidade ilustrativa;

[0016] A figura 5 é um diagrama esquemático de um sistema de perfuração com uma coluna de perfuração que inclui um aparelho de acordo com a modalidade ilustrativa; e

[0017] As figura 6 - figura 15 são representações de estruturas de dados incorporados em um meio legível por computador contendo dados indicativos de informações úteis para realizar o método e sistema de uma modalidade ilustrativa.

#### Descrição Detalhada de Modalidades Ilustrativas

[0018] Um método para a transmissão de medidas de geração de imagem em telemetria de modulação de pressão inclui medições de resistividade nas orientações azimutais ou intervalos de orientação azimutal pré-selecionados, e transmitir os valores de resistividade adquiridos para a superfície através da telemetria de modulação de pressão.

[0019] Em uma modalidade exemplificativa, são divulgados um método e sistema para avaliar a qualidade dos dados de um dispositivo de fundo de poço, tal como uma ferramenta de perfilagem de formação de fundo de poço, ferramenta de obter imagem de formação ou instrumento de avaliação de formação. O método compreendendo coleta de dados de sistema de obter imagem e dados de sistema de perfilagem de uma pluralidade de sensores de fundo de poço e poço acima, aplicação de um conjunto de regras aos dados de sistema de obter imagem para obter um indicador de qualidade de imagem e apresentação do indicador de qualidade de imagem ao local de superfície.

Em outra modalidade o método compreende ainda mais prover ação corretiva para ajustar o sistema de aquisição de dados indicado pelo indicador de qualidade de aquisição. Em outra modalidade do método, os dados do sistema de obtenção de imagem compreendem ainda mais dados de sensor eletrônico, indicando pelo menos dois elementos selecionados do grupo que consiste em estado de ferramenta de fundo de poço, propriedade de formação, qualidade de telemetria, da posição do bit e da qualidade de pesquisa. Em outra modalidade do método, as regras estão contidas em um sistema especialista. Em outra modalidade do método, as regras estão contidas em uma rede neural. Em outra modalidade entradas são processadas por um agente de software implementando uma avaliação das entradas para determinar a qualidade de dados usando estatística Bayesiana, componentes principais, lógica *fuzzy*, etc.

[0020] Em outra modalidade do método, o conjunto de regras é formado a partir de um conjunto de treinamento inicial de entradas e saídas, o método compreendendo ainda mais a criação de novas regras por parte de aprendizagem de máquina, rastreando dados de avaliação de formação, dados de perfilagem, dados de sistema de obter imagem e de ações corretivas de engenheiro de serviço de campo durante as operações. Em outra modalidade do método, os dados do sistema de obter imagem são ponderados dinamicamente com base nas regras. Em outra modalidade do método, o indicador de qualidade da imagem é definido como normal, o que em uma modalidade particular, é indicado por um valor de 0, quando uma ferramenta de fundo de poço mostra uma corrente de eletrodo de proteção para um eletrodo de proteção que excede um limite definido e um valor de dados de resistividade indica baixa resistividade na formação ou o indicador de qualidade da imagem é definido como alerta, o que em uma modalidade particular, é indicado por um 2, quando a ferramenta de fundo de

poço mostra uma corrente que excede um limite definido e o valor dos dados de resistividade não indica baixa resistividade.

[0021] Em outra modalidade é divulgado um sistema para avaliar a qualidade dos dados de uma ferramenta de perfilagem de formação de fundo de poço, o sistema compreendendo um processador em comunicação de dados com um meio legível por computador e um programa de computador armazenado no meio legível por computador, o programa de computador compreendendo instruções para coletar dados de sistema de aquisição de uma pluralidade de sensores em um dispositivo de fundo de poço, tal como uma ferramenta de avaliação de formação, no fundo do poço em uma formação e furo acima em um local de superfície; instruções para aplicar um conjunto de regras a dados de sistema para obter um indicador de qualidade de aquisição, e instruções para apresentar o indicador de qualidade de aquisição no local da superfície. Em outra modalidade do sistema, o programa de computador compreende ainda mais instruções para fornecer ação corretiva para ajustar o sistema e qualidade de imagem indicada pelo indicador de qualidade de aquisição. Em outra modalidade, o sistema de dados do sistema de aquisição compreende ainda mais dados de sensor eletrônico indicando, pelo menos, dois itens de dados selecionados do grupo que consiste em dados de estado de ferramenta de fundo do poço, dados de propriedades de formação, dados de qualidade de telemetria, dados de posição de bit, e dados de qualidade de pesquisa. Em outra modalidade do sistema as regras estão contidas em um sistema especialista. Em outra modalidade do sistema as regras estão contidas em uma rede neural. Em outra modalidade do sistema o conjunto de regras é formado a partir de um conjunto de treinamento inicial de entradas e saídas, o programa de computador compreendendo ainda mais instruções para criar novas regras usando aprendizagem de máquina, rastreando dados de sistema de aquisição

e ações corretivas de engenheiro de serviço de campo durante operações de obter imagem. Em outra modalidade do sistema os dados de sistema de aquisição são ponderados dinamicamente com base nas regras. Em outra modalidade do sistema o indicador de qualidade de aquisição é definido como normal quando uma ferramenta de fundo de poço mostra uma corrente que excede um limite definido e um valor de dados de resistividade de formação indica baixa resistividade em uma formação ou o indicador de qualidade de aquisição é definido como alerta, quando a ferramenta de fundo de poço mostra uma corrente que excede um limite definido e o valor de dados de resistividade não indica baixa resistividade.

[0022] A figura 1 mostra um diagrama esquemático de um sistema de perfuração 100 tendo um conjunto de fundo de poço contendo um sistema de sensor e os dispositivos de superfície de acordo com uma modalidade da presente invenção. Como mostrado, o sistema 100 inclui uma torre convencional 111 erigida sobre um piso Derrick 112 que suporta uma mesa rotativa 114, que é girada por um motor principal (não mostrado) a uma velocidade de rotação desejada. A coluna de perfuração 120, que inclui uma seção de tubo de perfuração 122 se estende para baixo desde a mesa rotativa 114 dentro de poço 126. Uma broca 150 fixada à extremidade de fundo de poço de coluna de perfuração desintegra as formações geológicas quando ela é girada. A coluna de perfuração 120 é acoplada a um guincho 130 através de um conjunto de haste quadrada 121, junta rotativa 128 e linha 129 através de um sistema de polias 127. Durante as operações de perfuração, o guincho 130 é operado para controlar o peso sobre a broca e a taxa de penetração da coluna de perfuração 120 dentro do poço 126. A operação do guincho é bem-conhecida na técnica e assim não é descrita em detalhe aqui.

[0023] Durante as operações de perfuração um fluido de perfura-

ção adequado (comumente referido na técnica como "lama") 131 de um tanque de lama 132 é distribuído sob pressão através da coluna de perfuração 120 por uma bomba de lama 134. O fluido de perfuração 131 passa da bomba de lama 134 para dentro da coluna de perfuração 120 através de um *desurger* 136, linha de fluido 138 e a junta de haste quadrada 121. O fluido de perfuração é descarregado no fundo do poço 151 através de uma abertura na broca 150. O fluido de perfuração circula para cima através do espaço anular 127 entre a coluna de perfuração 120 e o poço 126 e é descarregado no tanque de lama 132 através de uma linha de retorno 135. Preferencialmente, uma variedade de sensores (não mostrados) são apropriadamente implantados na superfície de acordo com métodos conhecidos na técnica de fornecer informações sobre vários parâmetros relacionados à perfuração, tais como taxa de fluxo de fluido, peso sobre a broca, carga de gancho, etc.

[0024] A unidade de controle de superfície 140 (que inclui ainda mais um sistema especialista ou outras funcionalidades de software, tais como um sistema especialista ou uma rede neural, como mostrado na figura 4) recebe sinais dos sensores e dispositivos de fundo de poço através de um sensor 143 colocado na linha de fluido 138 e processa tais sinais de acordo com instruções programadas à unidade de controle de superfície. A unidade de controle de superfície exibe os parâmetros de perfuração desejados e outras informações em uma tela/monitor 142 cujas informações são utilizadas por um operador para controlar as operações de perfuração. A unidade de controle de superfície 140 contém um computador, memória para armazenar dados, gravador de dados e outros periféricos. A unidade de controle de superfície 140 também inclui modelos e processa dados de acordo com instruções programadas e responde aos comandos do usuário entrados através de meios apropriados, tais como um teclado. A unidade de

controle 140 é preferencialmente adaptada para ativar alarmes 144, quando ocorrem certas condições operacionais inseguras ou indesejáveis.

[0025] Em uma modalidade particular, um motor de perfuração ou motor de lama 155 acoplado à broca 150 através de um eixo de acionamento (não mostrado) dispostos em um conjunto de mancais 157 gira a broca 150, quando o fluido de perfuração 131 é passado através do motor de lama 155 sob pressão. O conjunto de mancais 157 suporta as forças radiais e axiais da broca, o empuxo para baixo do motor de perfuração e o carregamento da potência reativa para cima a partir do peso aplicado sobre a broca. Um estabilizador 158 acoplado ao conjunto de mancal 157 atua como um centralizador para a parte mais baixa do conjunto de motor de lama.

[0026] Em uma modalidade do sistema da presente invenção, o subconjunto de fundo de poço 159 (também conhecido como o conjunto de furo de fundo ou "BHA"), que contém os vários sensores e dispositivos MWD para fornecer informações sobre a formação e os parâmetros de perfuração de fundo de poço e o motor de lama, é acoplado entre a broca 150 e o tubo de perfuração 122. O conjunto de fundo de poço 159 preferencialmente é de construção modular, em que os vários dispositivos são seções interconectadas de modo que cada uma das seções possa ser substituída quando desejado.

[0027] Ainda referindo-se à figura 1, o BHA também contém sensores e dispositivos, além dos sensores acima descritos. Tais dispositivos podem incluir um dispositivo para medir a resistividade da formação próximo e/ou na frente da broca de perfuração, um dispositivo de raios gama para medir a intensidade de raios gama da formação e dispositivos para a determinação do azimute e inclinação da coluna de perfuração. O dispositivo de medir a resistividade da formação 164 pode ser acoplado acima do subconjunto de "entrada" inferior 162 que

fornece sinais, dos quais a resistividade da formação próximo ou na frente da broca 150 é determinada. Pode ser usado um dispositivo de resistividade de propagação múltipla (MPR), com um ou mais pares de antenas de transmissão 166A e 166B espaçadas de um ou mais pares de antenas receptoras 168a e 168b. Na operação, as ondas eletromagnéticas transmitidas são perturbadas enquanto elas se propagam através da formação em torno do dispositivo de resistividade 164. As antenas receptoras 168a e 168b detectam as ondas perturbadas. A resistividade da formação pode ser derivada a partir da fase e amplitude dos sinais detectados, bem como a parte real e parte imaginária do sinal. Os sinais detectados são tratados por um circuito de fundo de poço que é preferencialmente colocado em um alojamento 170 acima do motor de lama 155 e transmitido à unidade de controle de superfície 140 usando um sistema de telemetria adequado 172. Adicionalmente ou em vez do dispositivo de resistividade de propagação, um dispositivo de perfilagem de indução adequado ou qualquer outro dispositivo de medição de resistividade podem ser usados para medir a resistividade da formação.

[0028] O inclinômetro 174 e o dispositivo de raios gama 176 podem ser colocados ao longo do dispositivo de medição de resistividade 164, para respectivamente determinar a inclinação da parte da coluna de perfuração próximo à broca 150 e de intensidade de raios gama da formação. Quaisquer inclinômetro e dispositivo de raios gama adequados, no entanto, podem ser utilizados para as finalidades da presente invenção. Além disso, um dispositivo de azimute (não mostrado), tal como um magnetômetro ou um dispositivo giroscópico, pode ser utilizado para determinar o azimute da coluna de perfuração. Esses dispositivos são conhecidos na técnica e, portanto, não são descritos em detalhe aqui. Na configuração acima descrita, o motor de lama 155 transfere potência para a broca 150 por um ou mais eixos ociosos, que

funcionam através do BHA. O eixo oco permite ao fluido de perfuração passar desde o motor de lama 155 até a broca 150. Numa modalidade alternativa da linha de perfuração 120, o motor de lama 155 pode ser acoplado abaixo do dispositivo de medição de resistividade 164 ou em qualquer outro lugar adequado.

[0029] A coluna de perfuração contém um conjunto de sensor modular, um conjunto de motor e subconjuntos de "entrada" Em uma modalidade, o conjunto do sensor pode incluir um dispositivo de resistividade, dispositivo de raios gama e inclinômetro, todos os quais estão em um alojamento comum entre a broca e o motor de lama. O conjunto de poços da presente invenção pode incluir uma seção MWD que contém um dispositivo nuclear de medição da porosidade de formação, um dispositivo de densidade nuclear, um sistema de sensor acústico colocado, e um sistema de testes de formação acima do motor de lama 164 no alojamento para fornecer informações úteis para avaliar e testar formações subterrâneas ao longo de poço 126. Um processador de fundo de poço pode ser utilizado para o processamento dos dados.

[0030] Ferramentas de cabo de perfilagem têm sido usadas com sucesso para produzir imagens subterrâneas. Em uma modalidade ilustrativa, para aplicações de MWD, as medições feitas pelos sensores de fundo de poço são enviadas para a superfície, usando o sistema de telemetria de forma que as imagens subterrâneas e determinações de parâmetros estejam disponíveis para aplicações em tempo real, tais como (ajuste da posição do poço). Em uma modalidade ilustrativa, medições e parâmetros de sistema detectados pelo BHA são enviados para a superfície para a avaliação em tempo real por uma função de software como um sistema especialista para avaliar o serviço de campo de engenheiro (FSE) na superfície das operações em curso. A função do software, que também pode ser implementada em hardware, monitora saídas do BHA e apresenta um indicador de esta-

do para o FSE como se o sistema de MWD está normal, em advertência ou em alerta. Em uma modalidade ilustrativa, o sistema de MWD provê para a aquisição de parâmetros de formação baseados em sensores BHA específicos, ou seja, a partir de qualquer um de uma variedade de sensores de avaliação de formação, incluindo um sensor de resistividade, um sensor de densidade, um sensor de porosidade, um sensor de obter imagem de microrresistividade, um telespectador de poço, um sensor de raios gama e/ou um calibre (acústico ou mecânico).

[0031] Passando agora à figura 2, é mostrado um poço 126 com seis setores azimutais, por simplicidade. Em uma modalidade ilustrativa, o poço é dividido em 120 setores de 3 graus para cada um num total de 360 graus. Um dos setores é rotulado como 203. Como se observa, o uso de 120 setores não pode ser interpretado como uma limitação da invenção e geralmente, mais ou menos setores podem ser usados. Enquanto a perfuração avança, um sensor no BHA que faz uma medição de uma propriedade da parede do poço (ou a formação adjacente) delineia um caminho em espiral representado por 205. O caminho em espiral terá um passo uniforme, se a taxa de penetração (ROP) do BHA na formação é uniforme. Na prática, o ROP pode não ser uniforme.

[0032] Em uma modalidade ilustrativa, uma imagem compreende três quantidades de medidas. A primeira é tempo ou profundidade medida por um relógio interno no BHA, que pode ser processada em conjunto com um sistema adequado de medição de profundidade. A segunda é um ângulo de face de ferramenta medido por um dispositivo de orientação adequada, tal como um magnetômetro e um giroscópio. O ângulo de face de ferramenta pode ser referenciado ao norte magnético ou ao lado alto da ferramenta ou qualquer outro ponto de referência adequado. A diferença dos ângulos de face de ferramenta refe-

renciado ao norte magnético e ao lado alto da ferramenta depende do azimute e inclinação da ferramenta, bem como sobre a inclinação magnética e pode ser medida separadamente ou calculada pelo azimute e inclinação de ferramenta, bem como medidas de inclinação magnética. O azimute e inclinação de ferramenta podem ser medidos separadamente. Em uma modalidade da invenção, eles são medidos pela sonda direcional ONTRAK TM, marca registrada da Baker Hughes Incorporated. A inclinação magnética pode ser medida na superfície ou pode ser determinada por exemplo, pelo Modelo Geomagnético Global de Pesquisa Geológica Britânico (BGGM). A terceira quantidade definindo a imagem é uma propriedade de formação, tais como resistividade elétrica, densidade ou porosidade. A imagem em si consiste em uma matriz de medidas de avaliação de formação, onde o número de linha e coluna de cada célula da matriz é caracterizado pelo tempo ou profundidade e o ângulo de face de ferramenta, respectivamente. A penetração  $\Delta L$  durante um incremento da marca de memória  $T_M$  é indicada na figura 2 por 207. Em uma modalidade ilustrativa, os dados do BHA são transmitidos desde a localização de fundo de poço através do sistema de telemetria para a superfície e, então reconstruída a imagem. A transmissão dos dados é feita usando um canal de telemetria adequado, tal como canal de telemetria de pulso de lama 127. Deve ser observado que o sensor de avaliação de formação do BHA não tem que fazer medições durante a rotação continuada do BHA.

[0033] Passando agora à figura 3, um fluxograma ilustra a sequência geral de operações para a presente invenção aplicada a um sistema de obter imagem. No bloco 221, são definidos os parâmetros de obtenção de imagem em tempo real. O bloco 223 refere-se às operações de fundo de poço. O bloco 225 geralmente se refere às operações relativas à transmissão dos dados desde a localização de fundo

de poço para a localização de superfície, e o bloco 227 refere-se a operações na superfície. Estas categorias gerais são discutidas em seguida.

[0034] O conjunto de parâmetros 221 determina a qualidade da imagem recebida em tempo real. A programação da ferramenta pode ser feita enquanto a ferramenta está na superfície ou através de ligação de fundo, enquanto a ferramenta está no fundo do poço. Os parâmetros predefinidos de obtenção de imagem em tempo real que são providos para a ferramenta podem incluir, mas não estão limitados a: (i) o número de linhas e colunas da imagem, (ii) a resolução de tempo: este é o tempo coberto por uma única linha de dados, (iii) o número de bits por pixel, que é o número de bits com que os valores medidos de avaliação de formação serão discretizados (iv) o número de palavras por estrutura de tempo de telemetria para um bloco de imagem (v) o método de escala a ser utilizado, e (vi) o método de criação de bloco de dados. Os parâmetros listados acima não pretendem ser abrangentes e, em princípio, existem outros conjuntos de parâmetros possíveis que estão relacionadas com os parâmetros na lista acima.

[0035] A presente invenção também inclui um canal de telemetria de pulso de lama 172 entre o BHA e a unidade de controle de superfície 140, que fornece a capacidade de alterar pelo menos um subconjunto dos parâmetros de obtenção de imagem predefinidos. Com esta técnica, é possível alterar as opções de obtenção de imagens em tempo real, tais como resoluções no tempo, ângulo de face da ferramenta e resistividade. Estas opções são definidas pelo conjunto de parâmetros de obtenção de imagem. Os parâmetros de obtenção de imagem podem ser alterados quando o processo de perfuração está em curso. Isto pode ser muito útil para aplicações de (ajuste de posição do poço) OK. A redefinição de parâmetros pode ser feita manualmente ou através de ligações de fundo automaticamente quando os dados medidos

preenchem condições específicas com base na aplicação de regras armazenadas no banco de dados 127 na unidade de controle 140. Por exemplo, isso pode ser feito a intervalos de tempo regulares, a intervalos regulares de profundidade, quando a profundidade específica predefinida é atingida, quando os valores medidos de avaliação de formação mostram variações significativas e/ou quando inclinações são encontradas pelos algoritmos de detecção automática de inclinação como é conhecido na técnica. As opções para transmissão em tempo real também podem ser controladas por outras ferramentas de medição de avaliação de formação, por exemplo, ferramentas gerais de medição.

[0036] Passando agora à figura 4, em uma modalidade ilustrativa, é executado um conjunto de funções como mostrado na figura 4. A ordem de execução no fluxograma da figura 4 não é ditada pela figura 4, enquanto qualquer função mostrada na figura 4 pode ser executada em qualquer ordem com relação a outras funções na figura 4, bem como qualquer função pode ser deixada de fora da execução completamente.

[0037] Como mostrado na figura 4, no fluxograma 400 a modalidade ilustrativa no bloco 404 coleta dados do sistema de obtenção de imagem (incluindo mas não limitado a dados enviados do BHA à superfície através do canal de telemetria 172, ou desde fontes de dados furo acima), incluindo mas não limitado ao estado da ferramenta, posição da ferramenta, estado do sistema de telemetria e estado da pesquisa. No bloco 406 uma modalidade ilustrativa aplica regras aos dados de sistema de obtenção de imagem para obter uma ação corretiva sugerida e um indicador de qualidade do sistema de obtenção de imagem. As entradas, que incluem, mas não estão limitadas aos dados do sistema de obtenção de imagem, são aplicadas a um sistema especialista baseado em regras, uma rede neural baseada em regras ou outro

software baseado em regras ou implementação de hardware que opera sobre dados do sistema de obtenção de imagem através da aplicação de regras para obter uma ação corretiva sugerida e um indicador de qualidade de sistema de obtenção de imagem. No bloco 408, uma modalidade ilustrativa apresenta o indicador de qualidade do sistema de obtenção de imagem em uma tela na superfície. O indicador de qualidade do sistema de obtenção de imagem pode ser visualizado na superfície como uma barra vertical com códigos de cores para indicar o estado do sistema de obtenção de imagem, como discutido aqui. Em outra modalidade ilustrativa o sistema baseado em regras é treinado por uma ação de operador, tal como o FSE tomando uma ação corretiva para ajustar ou redefinir o sistema de perfuração 100 com base nas entradas atuais a partir dos dados do sistema de obtenção de imagem. Em outra modalidade ilustrativa, o sistema baseado em regras, executa a ação corretiva ajustando o sistema de perfuração 100. Alguns exemplos de cenários de ações corretivas com base em dados de sistema de obtenção de imagem são discutidos abaixo. No bloco 410 uma modalidade ilustrativa atualiza as regras com base nos dados do sistema atual de obtenção de imagem e as ações corretivas tomadas pelo FSE e executadas pelo próprio sistema baseado em regras.

[0038] Passando agora à figura 5, a figura 5 é um diagrama esquemático de um sistema de perfuração com uma coluna de perfuração que inclui um aparelho de acordo com a modalidade ilustrativa. Em uma modalidade ilustrativa, o BHA 159 envia os dados do sistema de obtenção de imagem para a unidade de controle de superfície 140 através do canal de telemetria de pulso de lama 172. Em uma modalidade ilustrativa, o controle de qualidade em tempo real de dados de imagem a formação é realizado através de um sistema especialista, rede neural ou outro controle baseado em regras e software de análise sobre a superfície na unidade de controle 140. A unidade de controle

ainda inclui mas não está limitada a um processador 123, memória 125 e base de dados 127. A memória é um meio legível por computador contendo instruções que, quando executadas por um computador são úteis na execução das funções do sistema e método de uma modalidade ilustrativa. O BHA transmite dados do sistema de obtenção de imagem, estado de ferramenta e dados direcionais 510, bem como os dados que indicam a qualidade de transmissão de dados através do canal de telemetria de pulso de lama 172.

[0039] A qualidade dos dados do sistema de obtenção de imagem processados pelo sistema especialista é indicada pelos dados transmitidos em tempo real 510. A qualidade depende de vários fatores avaliados pelo sistema especialista. Uma entrada de fator para o sistema especialista é estado de ferramenta de fundo de poço. Os problemas de ferramenta de fundo de poço podem ser categorizados tanto como críticos, por exemplo, perda de imagem completa, quanto não-críticos, pelas regras do sistema especialista. Por exemplo, a ferramenta de poço pode escolher para se recuperar de uma falha ou um indicador de estado subótimo para o qual a falha não prejudica excessivamente a qualidade da imagem de formação. Um segundo fator é a qualidade das informações da pesquisa que irá influenciar diretamente a orientação da imagem e, portanto, qualquer interpretação de imagem com base nos dados de imagem. A magnitude do problema de ferramenta de fundo de poço determina se ela pode ou não ser aceita. Um terceiro fator é a qualidade do canal de telemetria. Baixa largura de banda ou falha da telemetria irá resultar em perda de dados de imagem ou imagens de baixa qualidade.

[0040] O sistema de superfície 148 ou um sistema de fundo de poço envia dados direcionais para a unidade de controle 140. O sistema de controle prevê ainda mais diagnósticos detalhados 401 para testar o sistema de perfuração, o BHA e a capacidade do BHA realizar ob-

tenção de imagem em uma qualidade aceitável. O estado do sistema em tempo real é exibido na tela 142 para o FSE. Como mostrado na figura 6, o estado pode ser exibido no lado direito da tela de estado de sistema em tempo real 142, como uma única barra codificada por cores como vermelho<sup>144</sup>, amarelo <sup>146</sup>, ou verde <sup>148</sup>. Ao clicar com o mouse sobre aquela barra, são fornecidas informações adicionais, tais como uma ação corretiva de sistema especialista sugerida ou pendente como instantânea ou em uma tela de texto. Os dados de controle de qualidade também serão tornados disponíveis no banco de dados para mostrar.

[0041] Estas estruturas de dados seguintes mostradas na figura 7 - figura 15 são ilustrações de estruturas de dados embutidas na memória legível por computador que contêm dados utilizados pelo sistema especialista para avaliar a qualidade do sistema de obtenção de imagem e demonstram ainda mais que o estado não é apenas dependente do estado da ferramenta, mas também sobre uma série de variáveis diferentes que são monitoradas periodicamente ou continuamente e/ou simultaneamente, no sentido de obter a melhor qualidade de imagem. Para simplificar esta tarefa para o FSE, foi desenvolvido um sistema especialista de controle de qualidade em tempo real de que monitora todas as fontes de dados relevantes e analisaas mesmas, no sentido de determinar o estado geral do sistema.

[0042] Passando agora à figura 7, em uma modalidade ilustrativa, como mostrado na figura 7, o sistema 700 de exibição em tempo real 142 irá exibir um dos três estados, normal, cautela e alerta. Um indicador de estado normal ou verde indica que todos os diagnósticos são bons, a qualidade de imagem é como esperada. A cautela ou indicador de estado amarelo indica que são definidos alguns diagnósticos não-críticos, a imagem pode ser afetada. Um indicador de estado de alerta ou vermelho indica que o estado do sistema em tempo real é crítico,

nenhuma imagem ou imagem ruim adquirida. Como mostrado na figura 7, há ações adequadas a serem tomadas pelo FSE executando o sistema MWD em tempo real e o analista de perfil interpretando a imagem do sistema de MWD. Se o estado exibido na tela em tempo real 142 é verde 706, nenhuma ação é necessária para o engenheiro de serviço de campo (FSE) 702 e o analista de perfil 704 é assegurado de que há boa qualidade de imagem que pode ser usada para a interpretação 706. Se o estado exibido na tela em tempo real 142 é amarelo, o FSE deve verificar a causa do aviso amarelo do estado do sistema 712 e, se possível, retornar o sistema ao estado verde. O analista de perfil é informado que a imagem pode estar inutilizada ou medidas corretivas sugeridas ou pendentes, tais como verificação de diagnósticos, sinalizar a imagem como boa ou ruim, e só deve ser utilizada quando o diagnóstico indica que a imagem é boa 710. Se o estado do sistema exibido na tela em tempo real 142 é um alarme ou de estado vermelho o FSE deve executar imediata resolução de problema 716 e o analista de perfil é informado que a imagem não deve ser utilizada para a interpretação 714. Em uma modalidade ilustrativa ação corretiva é sugerida através do visor 142, ou executada pelo sistema especialista ou rede neural. Em outra modalidade ilustrativa um roteiro de ações de correção na saída é executado pelo sistema especialista ou FSE.

[0043] Passando agora à figura 8, o estado do sistema 800 é gravado como dados armazenados na estrutura de dados incorporada em um meio legível por computador para armazenar dados indicativos do estado do sistema. O estado do sistema, indicador de qualidade e dados de entrada podem ser ajustados ou ponderados com base nas regras, por exemplo, um estado do sistema de 1 pode se ajustado ponderado a um estado de 0 ou 2, baseado em uma aplicação das regras para a entrada de dados. Por exemplo, em uma modalidade exemplificativa particular, se o sensor é energizado 802 o estado é fixado em 2

804 pendendo de nova revisão e aplicação das regras sobre os dados de estado do sistema especialista, e se a corrente de proteção energizando um eletrodo de proteção na ferramenta de fundo de poço desta forma emitindo um campo eletromagnético na formação, excede um limite predefinido 806, o estado é definido como 1, pendendo de nova revisão e aplicação das regras sobre os dados de estado pelo sistema especialista. O estado do sistema é calculado a partir de diversos diagnósticos, com valores 0-2 (0 - verde, 1 - amarelo, 2 - vermelho), o valor usado é sempre o pior de todos os parâmetros de entrada (isto é, Estado de Controle de Qualidade de Obter Imagem (IQCS) = máx (estado 1, estado 2, ..., estado N). A tabela abaixo define o diagnóstico, fornece os valores correspondentes de estado, e a fonte. Alguns bits no estado são considerados críticos, se forem zero, alguns se forem um no entanto o sistema especialista considerará outras entradas de dados do sistema de obter imagem para escolher um estado apropriado para mostrar ao FSE na tela em tempo real 172. As seções seguintes definem as fontes para o diagnóstico acima e como elas são derivadas.

[0044] Como mostrado na figura 9, o estado da ferramenta é derivado da aplicação de um conjunto de regras aplicadas aos valores de estado de ferramenta e outras entradas de dados de sistema e armazenados em estrutura de dados 900. O estado de ferramenta inclui estado de ferramenta de fundo de poço por meio de telemetria de pulso de lama 902. Como mostrado na figura 9, com base nos dados da estrutura de dados 900, uma modalidade ilustrativa define o estado do sistema em tempo real repetidamente usa o valor mais recente de IQCS, até que o novo valor é determinado pelo sistema especialista desde os dados de sistema de perfilagem e obtenção de imagem transmitidos a partir do BHA 904.

[0045] Como mostrado na figura 10, a estrutura de dados 1000

contém dados que indicam quando uma nova informação direcional 1002 a partir de fundo de poço desde o sistema de superfície, a unidade de controle 140 de sistema especialista 141 corrige o azimute de ferramenta de fundo de poço 1004 utilizando a correção magnética para grade, subtrai azimute de sistema de superfície do azimute DIT corrigido, subtrai a inclinação de sistema de superfície de inclinação DIT, toma valores absolutos de inclinação e diferença de azimute, e se um dos valores absolutos é maior do que o limite predefinido, fixa o bit de estado definido como 1 ou fixa o bit de estado definido como 0. Uma modalidade ilustrativa usa esse valor do bit de estado até que chegam novos dados de pesquisa de fundo de poço. Se nenhuma informação direcional de DIT ou pesquisa de sistema de superfície estão presentes, o sistema especialista ao invés armazena valores em falta, não exibe uma curva; fixa o estado do sistema amarelo, e exibe uma mensagem de advertência em tempo real para sugerir ou executar ações corretivas para corrigir o problema.

[0046] Como mostrado na figura 11, a estrutura completa de dados de estado de sistema 1100 contém dados indicando sinalizações providas pelo estado de ferramenta de poço, estado de pesquisa direcional e de estado de canal de comunicação. Uma modalidade ilustrativa apresenta uma plotagem ou uma produção de cópia impressa de dados da ferramenta de poço, referido como uma curva. As curvas descritas nas tabelas abaixo fornecem detalhes para o FSE em relação às possíveis causas, para facilitar a resolução de problemas e ações corretivas, se o estado do sistema é amarelo ou vermelho. As curvas também ajudam um usuário a fazer uma avaliação detalhada da qualidade de imagem para interpretação/inclinação-seleção quando o estado do sistema de perfuração é amarelo. Os dados são armazenados no banco de dados 127 e exibidos.

[0047] Como mostrado na figura 12, a estrutura de dados 1200

contém dados indicando condições que permitem uma modalidade ilustrativa avaliar os efeitos relacionados a diferenças de escala de estruturas de imagem uma modalidade ilustrativa examina dados de bloco de imagem atual 1202, toma valores de escala mínimo/máximo 1204 do cabeçalho da imagem transmitida e armazena estes dados para cada imagem. Em uma modalidade ilustrativa esses dados são armazenados para cada imagem e são comparados a outras medidas de resistividade.

[0048] Como mostrado na figura 13, a estrutura de dados 1300 contém dados indicando condições que permitem uma modalidade ilustrativa a avaliar a qualidade geral da imagem, verificando largura de banda de telemetria contando palavras de dados transmitidos para a imagem atual 1302 e armazenando e exibindo estes dados para cada linha de imagem 1304. Como mostrado na figura 14, a estrutura de dados 1400 contém dados indicando condições que permitem uma modalidade ilustrativa para avaliar a qualidade geral da imagem, uma modalidade ilustrativa armazena a quantidade de correção de erro usada para a imagem atual. A estrutura de dados inclui campos para telemetria de pulso de lama (MPT) a qualidade de fluxo de dados 1402 e campo para armazenar os dados indicativos da quantidade de correção de erro usado atualmente 1404 e uma sinalização se é excedido um limiar de correção de erro prefixado.

[0049] Em um cenário ilustrativo em que o sistema de obter imagem em tempo real, associada à ferramenta MWD de BHA é inoperante enquanto a broca é apanhada para fora do fundo do poço. Neste caso, a broca é apanhada para fora do fundo do poço, e a circulação de lama na perfuração é interrompida. Quando a circulação de lama é retomada uma pesquisa direcional inválida é tomada pela ferramenta direcional e enviada para o BHA, que relata os dados direcionais para o sistema de controle de superfície. O BHA usa os dados de pesquisa

direcional inválidos causando um erro de imagem girada. No atual cenário ilustrativo, o sistema de controle de qualidade em tempo real 140 da presente modalidade ilustrativa monitora os dados direcionais vindos da ferramenta de fundo de poço através do canal de telemetria e de fontes de dados de superfície, e determina que exista um problema, fixando assim o estado de controle de qualidade em tempo real para vermelho ou um indicador de alerta. O sistema de controle de qualidade em tempo real 140 também monitora outras entradas operacionais do sistema de obter imagens e dados do sistema de perfuração, indicando, por exemplo, a posição da broca. Em uma modalidade ilustrativa, o sistema especialista do sistema de controle de qualidade em tempo real aplica regras para as entradas e toma medidas corretivas para sanar o problema. Em outra modalidade ilustrativa, o sistema especialista do sistema de controle de qualidade em tempo real aplica as regras para as entradas e exibe medidas corretivas recomendadas para sanar o problema. Em uma modalidade ilustrativa, as medidas corretivas tomadas ou exibidas como recomendadas é para citar as bombas de lama e iniciar uma nova pesquisa direcional de forma que a ferramenta direcional envia dados válidos de pesquisa direcional para o BHA, que transmite dados de imagem válidos para a superfície. O estado de controle de qualidade em tempo real na tela 142 é fixado para verde, indicando normal. Em outro cenário ilustrativo, o sistema de controle de qualidade em tempo real do sistema especialista monitora os dados de qualidade de telemetria de pulso de lama e determina que a transmissão de dados de telemetria fosse interrompida por 10 segundos. Assim, os dados de imagem exibidos estão incorretos, devido à perda de dados durante o lapso de 10 segundos na transmissão de telemetria e um estado de alerta vermelho é exibido pelo sistema especialista do sistema de controle de qualidade em tempo real. São tomadas medidas corretivas adequadas ou recomendadas pelo sistema

especialista de sistema de controle de qualidade em tempo real. Em outro cenário ilustrativo, o sistema especialista de sistemas de controle de qualidade em tempo real determina que a correção de erros no canal de telemetria está acima de um nível aceitável, por exemplo, acima de 10%.

[0050] São utilizados algoritmos de correção de erro, incluindo, mas não limitado a correção de erro de *Reed-Solomon*, que é um código de correção de erros que funciona superamostrando um polinômio construído a partir dos dados. O polinômio é avaliado em vários pontos, e esses valores são enviados ou gravados. Amostrando o polinômio com mais frequência do que o necessário, o polinômio é sobredeterminado. Já que "muitos" dos pontos são recebidos corretamente, o receptor pode recuperar o polinômio original, mesmo na presença de "alguns" pontos ruins.

[0051] Em um cenário ilustrativo, o sistema de controle de qualidade em tempo real envia comandos para reestruturar a transmissão de dados através do canal de telemetria reduzindo a taxa de transmissão de dados e o tamanho dos pacotes de dados transmitidos através do canal de telemetria. Em uma modalidade ilustrativa o BHA envia imagens, incluindo dados de sistema de perfuração para o sistema de controle de qualidade em tempo real a partir do qual o tempo real do sistema de controle de qualidade realiza ação corretiva ou sugere ações corretivas. Os dados do BHA podem incluir, mas não estão limitados a dados indicativos de estado de tempo real normal, estado de tempo real preventivo, estado crítico de tempo real, azimute, inclinação, tempo, algumas medidas adicionais importantes de outras ferramentas MWD, energização de ferramenta de obter imagem no fundo do poço, estado de memória, estado de comunicação interna de ferramenta, referência magnética ou de face da ferramenta lateral alta, estado de magnetômetro, obtendo a informação de imagem de circun-

ferência plena do furo, ausência de espaço de memória livre, faixas de medição, estado de comunicação de telemetria de pulso de lama, o número do setor da imagem, a profundidade de cor da imagem, contador de imagem, o número de palavras decodificadas por imagem, o formato de correção de erros.

[0052] Em outra modalidade ilustrativa particular, existem três entradas principais. Os primeiros dados de entrada são compostos pelo fluxo de dados da ferramenta que contém os dados da imagem, bem como os dados de diagnóstico, os dados de diagnóstico poderiam ser faixas de medição, os indicadores de hardware, ou seja, todos os aparelhos eletrônicos estão trabalhando na especificação, por exemplo, memória ou eletrônica de magnetômetro. O segundo conjunto de dados de entrada são os dados da telemetria de pulso de lama (MPT) do sistema. O software analisa o fluxo de dados no que diz respeito à sua qualidade, ou seja, são bits perdidos, quantos bytes são transmitidos por imagem, ocorreu algum erro que possa ser corrigido. O terceiro conjunto de entradas é constituído de dados do sistema de superfície, que é particularmente informações de pesquisa, ou seja, inclinação e azimute de poço que é usado. O sistema e método fornecem três níveis de estado de sistema, bom, mau e intermediário. Quando o estado do sistema é bom (verde) nenhuma ação é exigida pelo FSE. Quando o estado do sistema é intermediário (amarelo), há um possível problema, em que o FSE deve verificar. Quando o estado do sistema é vermelho, ou em um nível de alerta quando a ação corretiva imediata é sugerida, há uma falha de sistema do sistema, e imediata atenção é sugerida ou requerida.

[0053] Para cada entrada da ferramenta de fundo de poço enviada para o sistema de controle de qualidade em tempo real, incluindo cerca de 20 entradas em um sistema ilustrativo, uma regra, limite e gravidade são definidos individualmente para cada entrada e uma regra de-

finida para cada entrada no contexto de cada outra entrada e valor de entrada. Ação corretiva é também sugerida ou provida aplicando-se as entradas às regras do sistema especialista para vários valores para cada entrada. A severidade é ou intermediária ou ruim. Em outra modalidade particular, se uma entrada cruza o seu limiar, o estado do sistema é definido para a severidade da respectiva entrada. Por exemplo, se há dez entradas abaixo dos seus limiares, uma entrada de severidade intermediária e uma que é ruim, o estado global deveria ser presumido ajuste pendente de mau estado pela aplicação das regras no sistema especialista ou em uma rede neural.

[0054] Algumas das regras operam sobre as propriedades derivadas dos dados de sistema de obter imagem. Por exemplo, em uma modalidade particular um problema de pesquisa é detectado como segue

1. Pegue a informação direcional que é usada no fundo do poço (azimute e inclinação)

2. Pegue a informação oficial direcional (que reside no banco de dados na superfície)

3. Pegue a diferença entre as duas pesquisas direcionais.

4. Defina o estado do sistema de advertência (amarelo), se essa diferença for maior do que 5°. Neste caso, o sistema fica apenas com uma "advertência", porque uma imagem com os dados utilizáveis ainda está sendo produzida. Se for detectado um erro o FSE ou sistema especialista "interage" para determinar a causa do erro. Isto pode significar duas coisas. 1. O FSE ou sistema especialista irá olhar para o software de processamento (este software também contém o sistema especialista), que mostra todos os diagnósticos e irá mostrar a causa. 2. O FSE ou sistema especialista cria uma plotagem de diagnóstico detalhado que irá mostrar o estado do sistema e as entradas. Isso permite que um FSE ou sistema especialista a ver como o siste-

ma MWD evoluiu no tempo e quando e como ele falhou. Quando o sistema FSE ou especialista determina a causa de raiz do erro, são tomadas ações corretivas. Isso pode significar várias coisas: - Mudar os parâmetros de telemetria de pulso de lama, ou seja, melhorar a qualidade do fluxo de dados - Alterando os parâmetros no software de aquisição em tempo real, por exemplo, para torná-lo menos suscetível a erros de transmissão – Advertir o perfurador ou cliente a tomar uma ação específica, ou seja, reiniciar a ferramenta, ignorar certas partes da imagem adquirida.

[0055] O exemplo acima é apenas para fins ilustrativos e não se destina a limitar o âmbito de aplicação da invenção que é definida pelas seguintes reivindicações.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para avaliação de qualidade de sistema de aquisição para um dispositivo de fundo de poço (164), **caracterizado por** compreender:

coletar dados de sistema de aquisição a partir de uma pluralidade de sensores (168a, 168b, 143) de fundo de poço e de furo acima;

aplicar um conjunto de regras para os dados do sistema de aquisição para obter um indicador de qualidade de aquisição que indica a qualidade dos dados de aquisição, em que o conjunto de regras é formado a partir de um conjunto inicial de treinamento de entradas e saídas;

criar novas regras por aprendizado de máquina rastreando pelo menos um dentre os dados de sistema de formação de imagens e ações corretivas de engenheiros de serviço de campo durante operações de formação de imagens; e

representar o indicador de qualidade de aquisição em um local de superfície (142).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a avaliação compreende ainda mais uma indicação de qualidade de aquisição, o método compreendendo ainda mais:

fornecer ação corretiva para ajustar o sistema de aquisição, como indicado pelo indicador de qualidade de aquisição.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** os dados compreendem ainda mais dados de sistema de aquisição de dados de sensor eletrônico, indicando pelo menos dois itens selecionados do grupo consistindo em estado de ferramenta de fundo de poço, propriedade de formação, qualidade de telemetria, posição de broca (150), e dados direcionais.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado**

**pelo fato de que** as regras estão contidas em um sistema especialista (141).

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** as regras estão contidas em uma rede neural.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o conjunto de regras é formado a partir de um conjunto de treinamento inicial de entradas e saídas, o método compreendendo ainda mais:

mudar um estado de sistema se o sensor está energizado;  
revisar estado de sistema com base nas regras aplicadas ao conjunto de dados; e

criar novas regras por aprendizado de máquina rastreando dados de sistema de obtenção de imagem e/ou ações corretivas de engenheiro de serviço de campo durante operações de obtenção de imagem.

7. Método, de reivindicação 6, **caracterizado pelo fato de que** os dados são dinamicamente ponderados com base nas regras.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de que** o indicador de qualidade de aquisição é definido como normal quando uma ferramenta de fundo de poço mostra uma corrente de eletrodo de proteção que excede um limite definido e os valores de dados de resistividade de formação indicam baixa resistividade na formação ou o indicador de qualidade de aquisição é definido como alerta quando a ferramenta de fundo de poço mostra a corrente que excede o limite definido e o valor de dados de resistividade não indica baixa resistividade de formação.

9. Meio legível por computador para utilização com um sistema de avaliação de formação de fundo de poço para a realização do método como definido na reivindicação 1, o meio legível por computador **caracterizado pelo fato de que** compreende instruções que habi-

litam um processador (123) a:

coletar dados do sistema de aquisição a partir de uma pluralidade de sensores (168a, 168b, 143) de fundo de poço e de furo acima;

aplicar um conjunto de regras aos dados do sistema de aquisição para obter um indicador de qualidade de aquisição que indica a qualidade dos dados de aquisição, em que o conjunto de regras é formado a partir de um conjunto inicial de treinamento de entradas e saídas;

criar novas regras por aprendizado de máquina rastreando pelo menos um dentre os dados de sistema de formação de imagens e ações corretivas de engenheiros de serviço de campo durante operações de formação de imagens; e

representar o indicador de qualidade de aquisição em um local de superfície (142).

10. Meio legível por computador, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda instruções que habilitam um processador (123) a fornecer a ação corretiva para ajustar a qualidade de sistema de aquisição indicada pelo indicador de qualidade de sistema de aquisição.

11. Meio legível por computador, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de que** os dados de sistema de aquisição compreendem ainda os dados de sensor eletrônico, indicando pelo menos dois itens selecionados do grupo consistindo em estado de ferramenta de poço, propriedade de formação, qualidade de telemetria, posição da broca (150), e dados direcionais.

12. Meio legível por computador, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de que** as regras estão contidas em um sistema especialista (141).

13. Meio legível por computador, de acordo com a reivindicação

cação 9, **caracterizado pelo fato de que** o conjunto de regras é formado a partir de um conjunto de treinamento inicial de entradas e saídas, compreendendo ainda mais instruções para mudar o estado de sistema se o sensor está energizado; e revisar estado de sistema com base em regras ao conjunto de dados; e

instruções para criar novas regras por aprendizagem de máquina, rastreando dados de sistema de aquisição e ações corretivas de engenheiro de serviço de campo durante operações de aquisição de dados.

14. Meio legível por computador, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de que** os dados de sistema de aquisição são ponderados dinamicamente com base nas regras.

15. Meio legível por computador, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato de que** o indicador de qualidade da imagem é definido como normal quando uma ferramenta de fundo de poço mostra um consumo de corrente superior a um limite e um valor de dados de resistividade de formação indica baixa resistividade na formação ou o indicador de aquisição de dados é definido como alerta, quando a ferramenta de fundo de poço mostra um consumo de corrente excedendo a um limite e o valor de dados de resistividade não indica baixa resistividade.

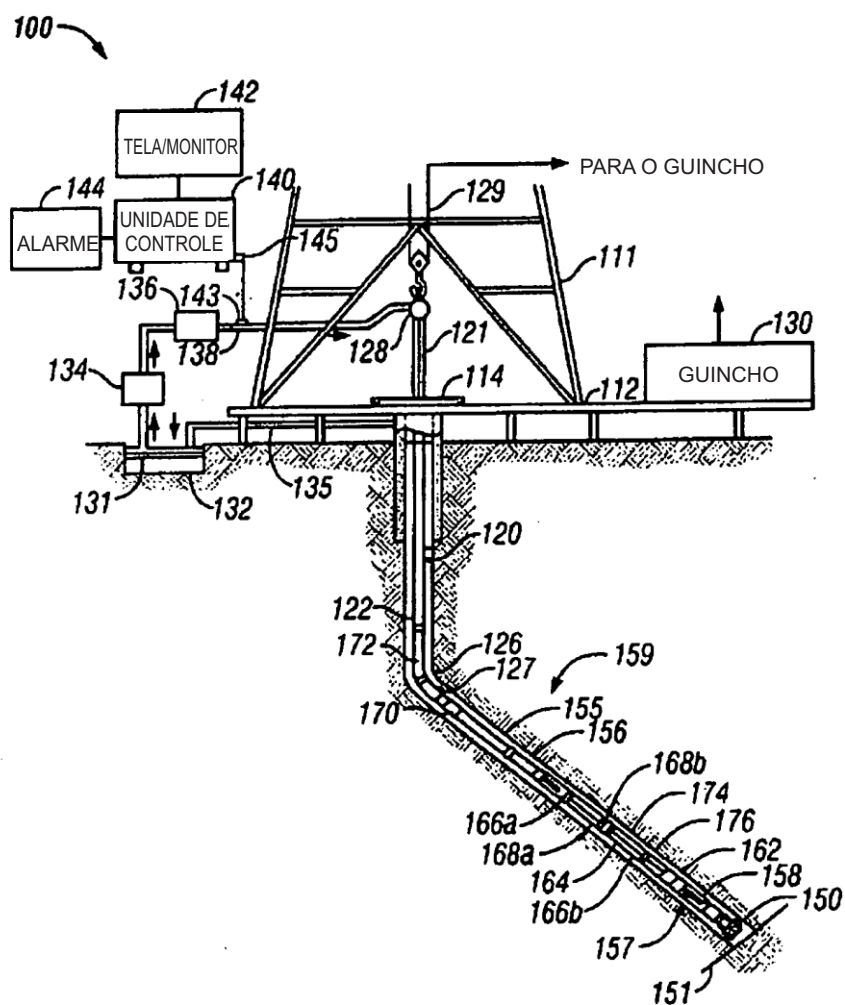
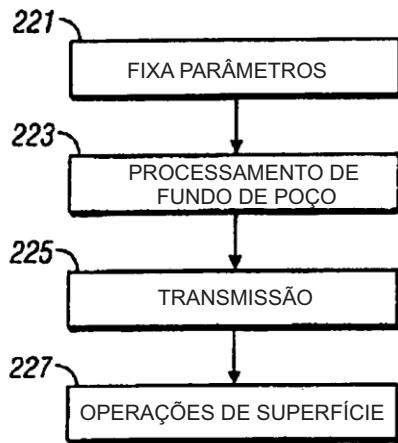
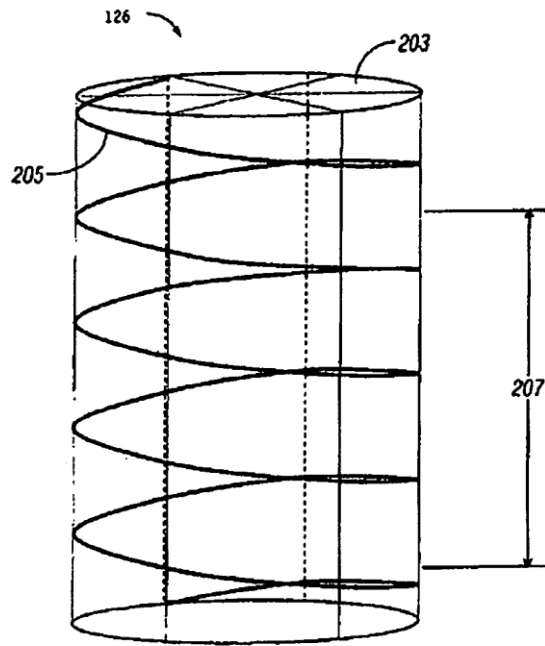
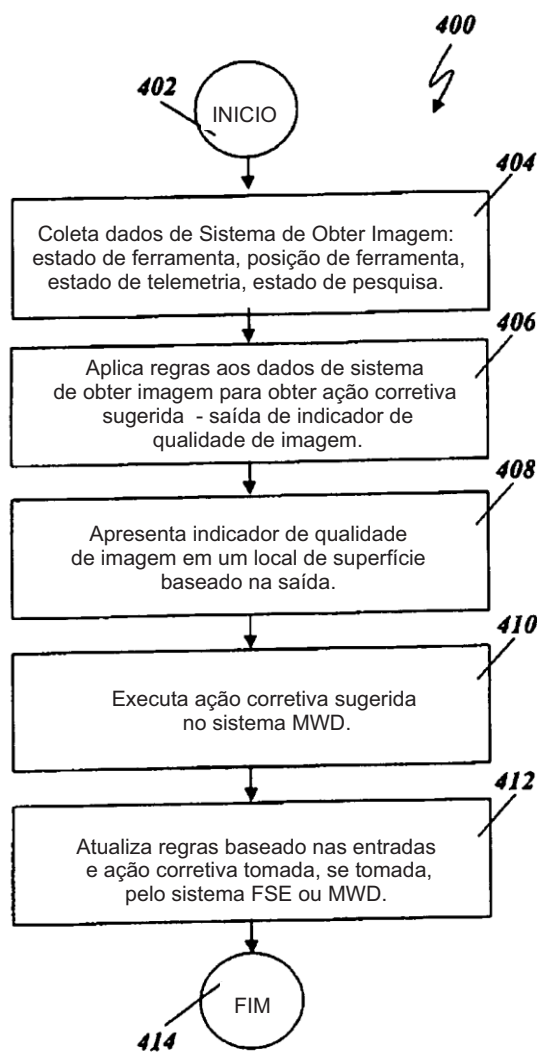
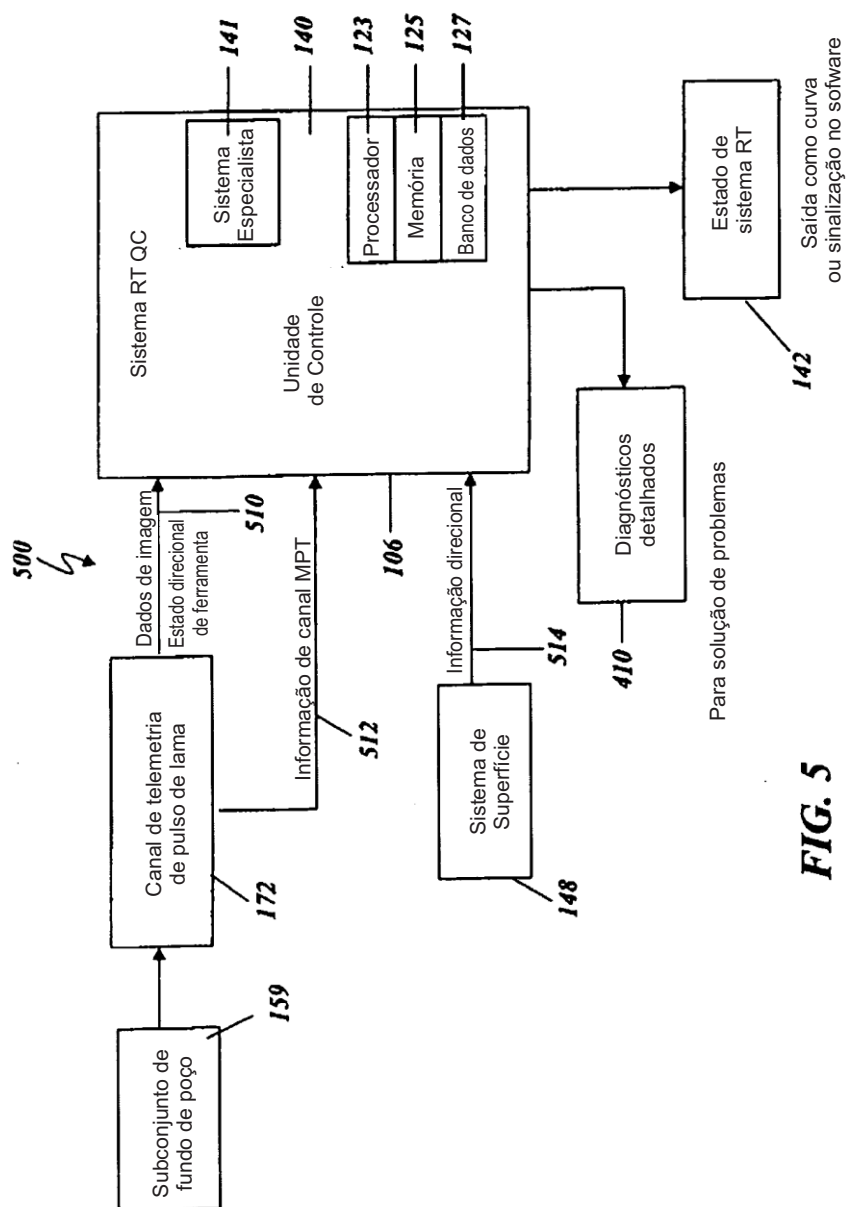


FIG. 1



**FIG. 4**



**FIG. 5**

600 ↙

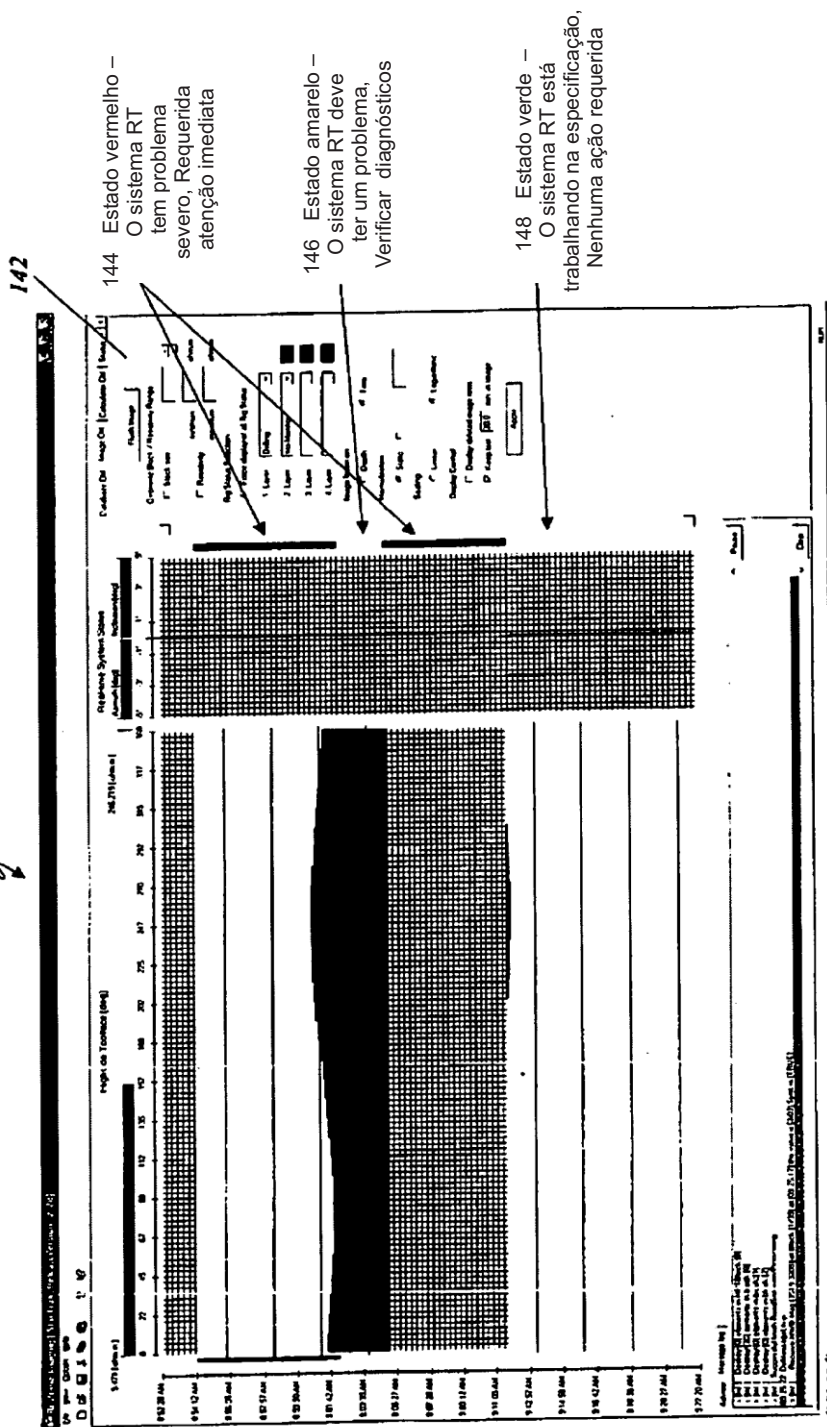


FIG. 6

700

FIG.7

	702	706	712	716
	<b>Estado Verde</b>	<b>Estado Amarelo</b>	<b>Estado Vermelho</b>	
FSE	Nenhuma ação requerida	Verificar causa para estado, se possível retornar o sistema para estado verde	É requerido imediata solução de problema	
Analista de perfil	Boa qualidade de imagem, pode ser usada para interpretação	Imagem deve ser não usável. Verificar diagnósticos, sinalização de imagem como boa/má, somente use se o diagnóstico indica boa imagem.	Não use imagem para interpretação	714

704

710

800

FIG.8

Fonte	Dagnóstico	Estado
802	Eletrodo de trabalho energizado ?	2
	Estado da Placa de memória ?	2
	Comunicação com placa de memória ruim ?	2
	Comunicação com placa de formação de imagem ruim ?	2
	Placa de magnetômetro ruim ?	2
	Ferramenta não detectando rotação ?	2
	EEPROM ruim ?	2
	Memória de ferramenta plena ?	1
	Corrente de proteção excede limites ?	1
	Dados de magnetômetro ruins ?	1
	Pesquisa muda por mais de 5° ?	1
	Perfurando com campo magnético ?	1
	Fusível rompido ?	2
MPT, banco de dados de superfície	As informações direcionais de superfície e fundo de poço não são as mesmas ?	1
MPT banco de dados de superfície	Estão disponíveis todas as informações direcionais requeridas ?	1
Canal MPT	A qualidade de canal de telemetria de pulso de lama é suficiente ?	2

Se uma pergunta de diagnóstico é respondida porsim, o estado geral será fixado para o valor definido na coluna de estado

802

804

806

900  
⚡

	Verificação de estado da ferramenta	
<b>Entrada</b>	Estado de ferramenta de fundo de poço viatelemetria de pulso de lama	902
<b>Saída</b>	Curva de sinalização e exibição visual	
<b>Algoritmo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Analisa o estado de ferramenta de fundo de poço</li> <li>· Fixa o estado de sistema de tempo real correspondentemente até a próxima atualização do estado de ferramenta</li> </ul>	904

FIG. 9

1000  
⚡

	Verificação direcional	
<b>Entrada</b>	Pesquisa de ferramenta de fundo de poço Pesquisa de base de dados de superfície	1002
<b>Saída</b>	Curva de sinalização, exibição visual	
<b>Algoritmo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Extrai pesquisa oficial da base de dados de superfície</li> <li>· Extrai pesquisa de ferramenta de fundo de poço atual via telemetria de pulso de lama</li> <li>· Faz correções necessárias à pesquisa de fundo de poço</li> <li>· Compara pesquisa de superfície e fundo de poço</li> </ul>	

FIG. 10

1100  
⚡

	Estado de sistema combinado detalhado	
<b>Entrada</b>	Dados de ferramenta de fundo de poço via telemetria de pulso de lama, Dados de qualidade de telemetria de pulso de lama, dados de sistema de superfície	
<b>Saída</b>	Curva de sinalização para armazenamento, exibição visual	
<b>Algoritmo</b>	Combina <ul style="list-style-type: none"> <li>· Estado de ferramenta de fundo de poço</li> <li>· Estado de pesquisa direcional</li> <li>· Estado de telemetria de pulso de lama</li> </ul>	1100

FIG. 11

1200  
⚡

	Verificação de faixa de resistividade	
<b>Entrada</b>	Dados de bloco de imagem atual	1202
<b>Saída</b>	Curva para armazenamento	1204
<b>Algoritmo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Computa valores de resistividade mínimo e máximo de imagem atual</li> <li>· Armazena dados para cada imagem</li> <li>· Compara a outras medidas de resistividade</li> </ul>	

FIG. 12

1300  
⚡

<b>Entrada</b>	Dados de bloco de imagem atual	1302
<b>Saída</b>	STK_QCDWORDX	
<b>Categoria</b>	STKImgX	
<b>Est. de tempo</b>	Feito	
<b>Software</b>	Star Track.exe	
<b>Estado</b>	Necessita teste	
<b>Algoritmo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Conta palavras de dados no bloco de imagem atual</li> <li>· Armazena e repete estes dados para cada linha de imagem</li> </ul>	1304

FIG. 13

1400  
⚡

	Verificação de correção de erro	
<b>Entrada</b>	Fluxo de dados MPT	1402
<b>Saída</b>	Curva de Sinalização para armazenamento, exibição visual	
<b>Algoritmo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Determina a quantidade de correção de erro atualmente usada</li> <li>· Sinaliza se limite é excedido</li> </ul>	1404

FIG. 14

<b>Entrada</b>	Dados de bloco de imagem atual
<b>Saída</b>	STK_QCImgCountX
<b>Tabela</b>	STKImgX
<b>Est. de tempo</b>	Feito
<b>Software</b>	Star Track.exe
<b>Estado</b>	Necessita teste
<b>Algoritmo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Depois de cada bloco de imagem, incrementa contador em um</li> <li>· Armazena dados para tabela, repetindo o valor para cada linha de imagem até o próximo bloco de imagem</li> <li>· Reinicia o contador a zero em ciclo de potência, implementação atual é para reiniciar contador no início de programa</li> </ul>

FIG. 15