



**República Federativa do Brasil**

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



**(11) BR 112020021857-0 B1**

**(22) Data do Depósito:** 17/05/2019

**(45) Data de Concessão:** 25/06/2024

**(54) Título:** MÉTODO

**(51) Int.Cl.:** E21B 21/06; E21B 41/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 04/06/2018 US 62/680,438.

**(73) Titular(es):** HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC..

**(72) Inventor(es):** PRASHANT SHEKHAR; GILLIES ALEXANDER MACDONALD; ABHIJIT KULKARNI.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2019032967 de 17/05/2019

**(87) Publicação PCT:** WO 2019/236272 de 12/12/2019

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 26/10/2020

**(57) Resumo:** Um método inclui depositar, em uma tela de agitador, materiais de fundo de poço e fluidos que chegam a uma superfície do poço como resultado de uma operação de fundo de poço. Os materiais de fundo de poço são separados dos fluidos usando a tela de agitador. Usando um radar, uma onda eletromagnética é emitida em direção a uma extremidade de descarga da tela de agitador ou um trânsito a jusante do agitador. Um reflexo da onda eletromagnética refletida em uma porção dos materiais de fundo de poço é detectado. Uma velocidade dos materiais de fundo de poço avançando ao longo da tela de agitador em direção à extremidade de descarga da tela de agitador ou em um trânsito a jusante para o agitador é determinada. Uma área aproximada ocupada pelos materiais de fundo de poço na tela de agitador é determinada. Um volume dos materiais de fundo de poço com base na velocidade dos materiais de fundo de poço e a área aproximada ocupada pelos materiais de fundo de poço na tela de agitador é determinado.

## “MÉTODO”

### Campo técnico

[001] A divulgação geralmente se refere ao campo de recuperação de hidrocarbonetos de fundo de poço e, mais particularmente, à medição de velocidade de fragmentos e cascalhos perfurados em um agitador.

### Fundamentos

[002] Aumentar a eficácia das operações de bombeamento, varredura, perfuração, fraturamento, etc. pode reduzir o custo das operações de recuperação de hidrocarbonetos. Uma abordagem para aumentar a eficácia de tais operações é observar as características de várias partículas que retornam à superfície da Terra do fundo do poço durante diferentes operações de recuperação de hidrocarbonetos.

### Breve descrição dos desenhos

[003] As modalidades da divulgação podem ser mais bem compreendidas com referência aos desenhos anexos.

[004] A FIG. 1 é um diagrama de blocos de um sistema de exemplo para medição de volume com base na velocidade de fragmentos e cascalhos de fundo de poço, de acordo com algumas modalidades.

[005] A FIG. 2 é uma vista lateral de uma extremidade de descarga de uma tela do agitador sem fragmentos e cascalhos, de acordo com algumas modalidades.

[006] A FIG. 3 é uma vista lateral de uma extremidade de descarga de uma tela do agitador com fragmentos e cascalhos, de acordo com algumas modalidades.

[007] As FIGS. 4-5 são fluxogramas de operações para medição de volume com base na velocidade de fragmentos e cascalhos de fundo de poço, de acordo com algumas modalidades.

[008] A FIG. 6 é um diagrama esquemático de um sistema de plataforma de perfuração, de acordo com algumas modalidades.

[009] A FIG. 7 é um computador de exemplo, de acordo com algumas modalidades.

### Descrição de modalidades

[0010] A descrição que se segue inclui exemplos de sistemas, métodos, técnicas e fluxos de programa que incorporam aspectos da divulgação. No entanto, entende-se que esta

divulgação pode ser praticada sem esses detalhes específicos. Por exemplo, esta divulgação se refere à perfuração como uma operação de fundo de poço em exemplos ilustrativos. Aspectos desta divulgação também podem ser aplicados a qualquer outro tipo de operação de fundo de poço que resulte em fragmentos e cascalhos ou quaisquer outras partículas de fundo de poço chegando à superfície do poço (por exemplo, fraturamento). Em outros casos, instâncias de instrução, protocolos, estruturas e técnicas bem conhecidas não foram mostradas em detalhes para não ofuscar a descrição.

[0011] Várias modalidades se referem à medição ou determinação de uma velocidade de fragmentos e cascalhos que chegam à superfície da Terra durante uma operação de fundo de poço (por exemplo, perfuração) conforme os cascalhos avançam através de um agitador. No entanto, várias modalidades não devem ser limitadas à medição da velocidade de fragmentos e cascalhos perfurados. Algumas modalidades também podem ser usadas para monitorar o ângulo de inclinação do agitador, monitorando assim a saúde do agitador, bem como monitorando as mudanças na densidade da lama ou parâmetros reológicos da lama de retorno que afetam a velocidade de transporte. Ambos os fragmentos e cascalhos e fluidos podem vir à superfície durante a operação de fundo de poço. Consequentemente, os fragmentos e cascalhos e fluidos são transferidos para uma superfície superior do agitador. A superfície superior do agitador pode ser uma tela, de forma que fluidos caiam, deixando os fragmentos e cascalhos. Durante a operação, o agitador vibra e a tela pode ser configurada como um transportador para mover os fragmentos e cascalhos de uma primeira extremidade para uma segunda extremidade (ou uma "extremidade de descarga"), resultando na queda dos fragmentos e cascalhos da extremidade de descarga.

[0012] Uma área aproximada dos fragmentos e cascalhos no agitador (conhecida como "área sob a curva") também pode ser medida ou determinada além da velocidade dos fragmentos e cascalhos. A medição da velocidade e a área aproximada dos fragmentos e cascalhos no agitador podem ser aproveitadas para determinar um volume dos fragmentos e cascalhos em ou durante um determinado período de tempo. O volume total dos fragmentos e cascalhos recebidos do fundo do poço e processados pelo agitador para uma determinada zona ou local na formação sendo perfurada pode, então, ser determinado adicionando medições do volume de fragmentos e cascalhos para os períodos de tempo que

foram associados com os fragmentos e cascalhos daquela certa zona ou localização. O volume total dos fragmentos e cascalhos também pode ser determinado para uma operação de fundo de poço particular, um determinado momento de uma operação de fundo de poço particular, etc.

[0013] Sem medição da velocidade dos fragmentos e cascalhos, podem ocorrer erros na determinação do volume dos fragmentos e cascalhos. As abordagens convencionais para medição de velocidade incluem aproximações e inferências feitas ao soltar uma partícula conhecida no agitador e medir o tempo para a distância percorrida. No entanto, essas abordagens convencionais tendem a induzir a erros nos cálculos. Por exemplo, essas abordagens convencionais não fornecem uma leitura contínua da velocidade e não levam em consideração as mudanças na velocidade. Além disso, tais abordagens podem aumentar o custo do sistema substancialmente se este processo de queda de uma partícula conhecida em certos intervalos de tempo for automatizado.

[0014] Várias modalidades usam radar (RAdio Detection And Ranging) para rastrear o movimento das partículas que se movem em uma tela de agitador. O radar selecionado pode ser um radar que transmite uma faixa estreita de ondas eletromagnéticas e pode ser de alta resolução. Em algumas modalidades, o radar é posicionado para emitir ondas eletromagnéticas em uma extremidade de descarga da tela de agitador. Esta posição do radar garante que as velocidades dos fragmentos e cascalhos estão sendo capturadas na extremidade de descarga da tela de agitador em vez do meio da tela de agitador, onde a velocidade dos fragmentos e cascalhos pode ser maior.

[0015] A velocidade obtida do radar pode ser integrada a uma plataforma de volume de fragmentos e cascalhos que inclui a medição de uma área dos cascalhos em movimento na tela de agitador, ou a área sob a curva. Uma medição de volume de um fragmento e cascalho pode ser calculada multiplicando a velocidade de um fragmento e cascalho pela área dos fragmentos e cascalhos. Por conseguinte, uma medição de volume total dos fragmentos e cascalhos pode ser feita pela adição de uma medição de volume de cada fragmento e cascalho em movimento através da tela de agitador. O uso de radar para medir a velocidade de um fragmento e cascalho em movimento ao longo da tela de agitador supera os desafios de vibração, iluminação ambiente variável, névoa, variação mecânica,

respingo de lama, alto custo, etc. que introduzem erro na determinação da velocidade com abordagens convencionais.

[0016] Em algumas modalidades, um dispositivo óptico pode fazer medições ópticas da área dos fragmentos e cascalhos. Por exemplo, dispositivos ópticos podem ser posicionados acima de uma tela de agitador para fazer medições ópticas. Alternativamente ou além disso, dispositivos ópticos podem ser posicionados na extremidade de descarga da tela de agitador para fazer medições ópticas. O radar também pode ser usado para determinar a inclinação do agitador. A velocidade das partículas que saem do agitador pode ser correlacionada ao ângulo de inclinação do agitador. Devido à vibração contínua de alta frequência, é provável que as mudanças na inclinação do agitador durante a operação não sejam detectadas. No entanto, saber se o ângulo de inclinação do agitador mudou facilita a manutenção da integridade do agitador. O excesso de inclinação para baixo pode causar maior velocidade das partículas, bem como perda de lama de perfuração e fragmentos e cascalhos, aumentando assim o custo das operações. Por outro lado, o excesso de inclinação para cima do agitador pode fazer com que as partículas permaneçam na tela de agitador por mais tempo, diminuindo a velocidade das partículas e, eventualmente, fazendo com que as partículas se acomodem na tela de agitador (ou “cegando” a tela de agitador). O aumento na densidade da lama de retorno ou outros parâmetros reológicos também pode fazer com que a velocidade das partículas diminua. Utilizando a correlação entre a velocidade das partículas e a inclinação do agitador, a integridade do agitador e a tela de agitador podem ser monitoradas conforme as mudanças ocorrem. Qualquer mudança substancial na velocidade pode ser incorporada como um alarme, proporcionando assim mais oportunidades para monitoramento de integridade do agitador ou monitoramento de mudanças na densidade da lama ou parâmetros reológicos da lama de retorno que afetam a velocidade de transporte.

#### Sistema de Exemplo

[0017] A FIG. 1 é um diagrama de blocos de um sistema de exemplo para medição de volume com base na velocidade de fragmentos e cascalhos de fundo de poço, de acordo com algumas modalidades. Um sistema 100 compreende uma combinação de um dispositivo de imageamento 124, um radar 190 e um ou mais processadores 130. O

dispositivo de imageamento 124, o radar 190 e/ou os processadores 130 podem estar localizados acima da superfície 166 de uma formação geológica, talvez fazendo parte de um sistema de aquisição de dados 152. Em algumas modalidades, o dispositivo de imageamento 124 pode compreender uma ou mais câmeras CCD (dispositivo de carga acoplada) ou CMOS (semicondutor de óxido de metal complementar), incluindo câmeras de baixa luz ou infravermelho.

[0018] O sistema 100 também pode incluir lógica 140, talvez compreendendo um subsistema de aquisição de dados programável. A lógica 140 pode ser usada para adquirir informações de fluxo de vídeo ao vivo 128 e outros dados, como informações de fundo de poço, incluindo a profundidade de uma broca de perfuração durante uma operação de perfuração.

[0019] Uma memória 150, localizada acima ou abaixo da superfície 166, pode ser usada para armazenar dados de imagem adquiridos capturados pelo dispositivo de imageamento 124 e dados de reflexo detectados pelo radar 190, bem como outros dados (por exemplo, talvez em um banco de dados 134). A memória 150 é comunicativamente acoplada ao(s) processador(es) 130. O dispositivo de imageamento 124 e o radar 190 são acoplados comunicativamente aos processadores 130. Os processadores 130 podem controlar o dispositivo de imageamento 124 e o radar 190. Embora represente apenas um radar, o sistema 100 pode incluir vários radares que estão posicionados para emitir uma onda eletromagnética para uma extremidade de descarga 198 de uma tela de agitador 108. Embora a Figura 1 represente o radar 190 como posicionado em direção a uma tela de agitador, o sistema 100 pode incluir qualquer outro trânsito colocado a jusante do agitador 104 que é usado para transportar material, como por meio de vibração, ação de êmbolo, transportador ou outros meios. O radar 190 pode, assim, ser posicionado em direção a esse trânsito.

[0020] Durante a operação, fragmentos e cascalhos 112 de fundo de poço juntamente com fluidos são encaminhados do poço e depositados na tela de agitador 108 em sua extremidade frontal 199. Os fragmentos e cascalhos 112 e fluidos se movem em direção à extremidade de descarga 198 da tela de agitador, enquanto um agitador 104 faz com que a tela de agitador 108 vibre para separar mais facilmente os fragmentos e cascalhos 112 dos

fluidos. Durante esta operação, o radar 190 emite uma onda eletromagnética 192 em direção aos fragmentos e cascalhos 112 na ou perto da extremidade de descarga 198. Um reflexo 194 da onda eletromagnética é refletido dos fragmentos e cascalhos e detectado pelo radar 190. Conforme descrito adicionalmente abaixo, os reflexos detectados pelo radar 190 são usados para determinar uma velocidade dos fragmentos e cascalhos 112 conforme eles se movem através da tela de agitador 108. O ângulo de inclinação da tela de agitador 108 também pode ser monitorado durante a operação.

[0021] O dispositivo de imageamento 124 pode capturar imagens dos fragmentos e cascalhos 112 na tela de agitador 108. Conforme descrito adicionalmente abaixo, as imagens dos fragmentos e cascalhos 112 podem ser usadas para determinar uma área dos fragmentos e cascalhos 112. Por sua vez, um volume dos fragmentos e cascalhos 112 pode ser derivado da velocidade e da área dos fragmentos e cascalhos 112. Os processadores 130 também podem ser configurados para publicar o volume de fragmentos e cascalhos 112 em conjunto com as condições prováveis associadas a uma operação de poço (por exemplo, perfuração, fraturamento, etc.). Alternativamente ou além disso, os processadores 130 podem modificar a operação do poço com base no volume de fragmentos e cascalhos 112.

[0022] O radar 190 pode incluir o seguinte: 1) um transmissor que cria o pulso de energia; 2) um comutador de transmissão/recepção para controlar quando uma antena do radar 190 deve transmitir pulsos e quando receber pulsos; 3) uma antena para transmitir os pulsos para a atmosfera e receber os pulsos refletidos; e 4) um receptor que detecta, amplifica e transforma os sinais recebidos em formato de vídeo. Em algumas modalidades, o radar 190 opera na região de micro-ondas do espectro eletromagnético em frequências que se estendem de aproximadamente 400 MegaHertz (MHz) a 40 GigaHertz (GHz). O radar 190 pode extrair a mudança de frequência do sinal refletido produzido por um alvo em movimento com base na diferença entre a frequência do sinal recebido e a frequência do sinal que foi transmitido.

[0023] Para capturar a velocidade, um sinal de 4-20 miliamperes (mA), RS-232/485 ou qualquer outro protocolo de comunicação pode ser utilizado. O radar 190 pode ser conectado ao sistema de aquisição de dados 152 por meio de cabos intrinsecamente

seguros blindados ou não blindados. O sistema de aquisição de dados 152 pode usar barreiras intrinsecamente seguras ou pode ser um sistema remoto de entrada/saída (I/O). O sistema de aquisição de dados 152 pode ser certificado para áreas classificadas como Zona 1. Para minimizar múltiplos lances de cabo, o cabo de fibra/cobre pode ir de um sistema de aquisição de dados local certificado de Zona 1 152 para uma área segura (por exemplo, um dispositivo de perfilagem de lama). O sistema de aquisição de dados 152 pode ser conectado a um computador de rede 156 e banco de dados, como o banco de dados 134 na memória 150. As interfaces gráficas de usuário (GUIs) podem ser criadas para traçar as leituras de velocidade e/ou tendências em um visor 196.

[0024] A velocidade dos fragmentos e cascalhos 112 também pode ser usada para monitorar sua correlação com o ângulo de inclinação do agitador, monitorar a saúde do agitador 104 e/ou levar em consideração mudanças acidentais e/ou indesejadas no agitador 104. A velocidade pode ser monitorada ao longo da duração da operação para rastrear mudanças repentinas na densidade da lama de retorno ou outras propriedades reológicas que afetam a velocidade de transporte.

[0025] A FIG. 2 é uma vista lateral de uma extremidade de descarga de uma tela de agitador sem fragmentos e cascalhos, de acordo com algumas modalidades. Em particular, a FIG. 2 representa uma vista lateral de uma extremidade de descarga 202 de uma tela de agitador 200 que pode ser um exemplo da extremidade de descarga 198 da tela de agitador 108 representada na FIG. 1. Fragmentos e cascalhos (por exemplo, os fragmentos e cascalhos 112) do fundo do poço que são depositados na tela de agitador 200 se movem através da tela de agitador 200 em direção à extremidade de descarga 202.

[0026] A FIG. 3 é uma vista lateral de uma extremidade de descarga de uma tela de agitador com fragmentos e cascalhos, de acordo com algumas modalidades. Em particular, a FIG. 3 representa uma vista lateral da extremidade de descarga 202 da tela de agitador 200 da FIG. 2 que inclui fragmentos e cascalhos 302. Uma área 304 dos fragmentos e cascalhos 302 pode ser determinada pelo processamento das imagens capturadas pelo dispositivo de imageamento 124 (conforme descrito abaixo). Embora as FIGS. 2-3 descrevam a tela de agitador como uma tela plana, a tela de agitador pode ser qualquer outro tipo de tela (como corrugado, etc.) Um radar, como o radar 190 da FIG. 1, captura a



velocidade dos fragmentos e cascalhos 302 conforme os fragmentos e cascalhos 302 atingem a extremidade de descarga 202 da tela de agitador 200. O radar 190 transmite uma onda eletromagnética para capturar a velocidade dos fragmentos e cascalhos 302 o mais próximo possível da extremidade de descarga 202 para evitar o contato de porções dos fragmentos e cascalhos 302 que estão mais próximos do centro da tela de agitador 200. As medições de volume podem ser imprecisas se a velocidade dos fragmentos e cascalhos 302 for medida muito longe da extremidade de descarga 202, uma vez que a velocidade pode ser maior nesta região da tela de agitador 200.

#### Operações de exemplo

[0027] Operações de exemplo para determinar fragmentos e cascalhos de volume com base em medições de velocidade e área dos fragmentos e cascalhos são agora descritas. As FIGS. 4-5 são fluxogramas de operações para medição de volume com base na velocidade de fragmentos e cascalhos de fundo de poço, de acordo com algumas modalidades. Operações dos fluxogramas 400-500 das FIGS. 4-5 continuam entre si através dos pontos de transição A-B. As operações dos fluxogramas 400-500 podem ser realizadas por software, firmware, hardware ou uma combinação dos mesmos. As operações do fluxograma 400 começam no bloco 402.

[0028] No bloco 402, uma operação de fundo de poço é realizada que resulta em fragmentos e cascalhos e fluido chegando à superfície da Terra. Por exemplo, a operação de fundo de poço pode ser perfuração, fraturamento, etc. Um exemplo de operação de perfuração está representado na FIG. 5, que é descrito com mais detalhes abaixo.

[0029] No bloco 404, os fragmentos e cascalhos e o fluido são depositados em uma tela de agitador para separar os fragmentos e cascalhos do fluido. Por exemplo, com referência à FIG. 1, o fluido e os fragmentos e cascalhos 112 são depositados na tela de agitador 108.

[0030] No bloco 406, uma onda eletromagnética é emitida, usando um radar, em direção aos fragmentos e cascalhos em uma extremidade de descarga da tela de agitador. Por exemplo, na FIG. 1, o radar 190 emite a onda eletromagnética 192 em direção aos fragmentos e cascalhos 112 na extremidade de descarga 198 da tela de agitador 108. Como outro exemplo, o radar 190 emite a onda eletromagnética em direção aos fragmentos e cascalhos 302 na extremidade de descarga 202 da tela de agitador 200 representada na

FIG. 3.

[0031] No bloco 408, um reflexo da onda eletromagnética refletido em pelo menos um fragmento e cascalho na tela de agitador é detectado usando o radar. Como exemplo, na FIG. 1, o radar 190 detecta o reflexo 194 da onda eletromagnética 192 que refletiu em pelo menos um dos fragmentos e cascalhos 112.

[0032] No bloco 410, uma velocidade dos fragmentos e cascalhos na tela de agitador é determinada com base no reflexo do pulso eletromagnético. Por exemplo, com referência à FIG. 1, o radar 190 processa o reflexo 194 e determina uma frequência Doppler com base na diferença entre a frequência da onda eletromagnética 192 e a frequência do reflexo 194. A velocidade pode então ser determinada com base na frequência Doppler e nas frequências observadas dos pulsos eletromagnéticos. Em algumas modalidades, o radar 190 pode transmitir a velocidade dos fragmentos e cascalhos 112 para o sistema de aquisição de dados 152 para armazenamento na memória 150. As operações continuam no ponto de transição A, que continua no ponto de transição A do fluxograma 500.

[0033] No bloco 512, uma determinação é feita se uma mudança repentina na velocidade dos fragmentos e cascalhos ocorreu. Mudanças na velocidade observada podem ser indicativas das seguintes mudanças: mudanças nos parâmetros de perfuração, mudanças na formação de fundo de poço ou mudanças intencionais ou acidentais na inclinação para cima ou para baixo do agitador. Uma mudança de limiar na velocidade pode ser estabelecida, o que indica uma magnitude que é considerada uma mudança. O valor limiar pode indicar uma magnitude máxima da mudança na velocidade que é permitida. Por exemplo, pelo menos um aumento ou diminuição de X% na velocidade ao longo de N medições pode ser definido como mudança repentina na velocidade, em que X e N podem ser definidos com base no tipo de formação, tipo ou tamanho do agitador, profundidade do poço, etc. Exemplos do valor de X podem ser 5, 10, 50, etc. Exemplos de valores de N podem ser 1, 2, 3, 10, etc. Um aumento na velocidade pode ser indicativo de potencial inclinação excessiva para baixo do agitador, enquanto uma diminuição pode ser indicativa de potencial inclinação excessiva para cima do agitador. Mudanças na velocidade também podem ser atribuídas a mudanças na densidade da lama de perfuração ou outras propriedades reológicas da lama de perfuração retornando à superfície. Além disso, as

mudanças nos parâmetros de perfuração e/ou mudanças na formação do fundo do poço podem causar um aumento nos fragmentos e cascalhos que retornam do fundo do poço. Uma mudança na velocidade pode ser uma consequência deste aumento nos retornos de fundo de poço. Para facilitar o monitoramento do agitador ou da integridade da tela de agitador, se uma mudança repentina na velocidade for observada, uma notificação que indica a mudança repentina pode ser emitida. Por exemplo, com referência à FIG. 1, um ou mais cálculos de velocidade armazenados na memória 150 podem ser analisados pelo(s) processador(es) 130 para determinar se uma mudança repentina na velocidade ocorreu. Se a mudança na velocidade exceder um limiar, as operações continuam no bloco 514. Se a mudança na velocidade não exceder um limiar, as operações continuam no ponto de transição B, que continua no ponto de transição B do fluxograma 400.

[0034] No bloco 514, uma determinação é feita se os parâmetros de perfuração mudaram. As mudanças nos parâmetros de perfuração podem ser verificadas em um perfil de perfuração. Por exemplo, com referência à FIG. 1, os parâmetros de perfuração e as alterações perfiladas nos parâmetros de perfuração podem ser armazenadas em um perfil de perfuração na memória 150. O(s) processador(es) 130 podem recuperar parâmetros de perfuração perfilados da memória 150 para determinar se uma mudança foi feita. Se os parâmetros de perfuração não mudaram, as operações continuam no bloco 516. Se os parâmetros de perfuração mudaram, as operações continuam no bloco 522.

[0035] No bloco 516, uma determinação é feita se uma mudança na formação ocorreu. Mudanças na formação de fundo de poço podem ser verificadas monitorando a profundidade das operações de perfuração e comparando a profundidade com gráficos de formação geológica. Por exemplo, uma profundidade da broca de perfuração pode ser comparada a uma condição de formação esperada representada em um gráfico de formação geológica. Se a condição de formação geológica correspondente à profundidade da broca de perfuração mudou desde uma observação anterior, pode ser determinado que a formação mudou. A comparação de volumes de lama de perfuração no poço de perfuração e poço de lama de perfuração pode ser usada alternativamente ou adicionalmente para verificação de mudanças de formação de fundo de poço. Por exemplo, com referência à FIG. 1, o(s) processador(es) 130 podem aproveitar dados de profundidade de broca de

perfuração, volumes de lama de perfuração no poço de perfuração e poço de lama de perfuração e gráficos de formação geológica armazenados na memória 150 para a análise. Se uma mudança na formação não ocorreu, as operações continuam no bloco 518. Se uma mudança na formação ocorreu, as operações continuam no bloco 522.

[0036] No bloco 518, é feita uma determinação de se o ângulo de inclinação da tela de agitador mudou. Por exemplo, com referência à FIG. 1, um sensor pode ser montado na tela de agitador 108 que captura o ângulo de inclinação da tela de agitador 108. Um ângulo limiar de inclinação pode ser estabelecido, o que indica uma medição limiar que constitui uma mudança. Por exemplo, o limiar de erro pode ser uma magnitude máxima permitida da mudança no ângulo de inclinação da tela de agitador 108. Como outro exemplo, o limiar de erro pode estabelecer um aumento ou diminuição do limiar no ângulo de inclinação de X graus sobre N medições capturadas pelo sensor da tela de agitador 108 (por exemplo, um aumento ou diminuição do limiar de 5 graus capturado em 3 medições, etc.). O ângulo de inclinação pode ter mudado intencionalmente ou acidentalmente (por exemplo, devido a falhas mecânicas do agitador 104). Mudanças detectadas no ângulo de inclinação da tela de agitador 108 podem ser perfiladas na memória 150 para análise (por exemplo, pelo(s) processador(es) 130) e/ou indicadas com uma saída de notificação para a tela 196. Se o ângulo de inclinação do agitador mudou, as operações continuam no bloco 520. Se o ângulo de inclinação da tela de agitador não mudou, as operações continuam no ponto de transição B, que continua no ponto de transição B do fluxograma 400.

[0037] No bloco 520, é feita uma determinação de se a mudança no ângulo de inclinação da tela de agitador foi intencional. Alterações intencionais no ângulo de inclinação da tela de agitador capturadas pelo sensor podem ser perfiladas. Por exemplo, com referência à FIG. 1, o ângulo de inclinação pode ser armazenado na memória 150 após um aumento ou diminuição no ângulo de inclinação da tela de agitador 108. O(s) processador(es) 130 podem verificar se o ângulo de inclinação detectado da tela de agitador 108 foi perfilado para determinar que a mudança foi intencional. Se a mudança no ângulo de inclinação da tela de agitador foi intencional, as operações continuam no bloco 522. Se a mudança no ângulo de inclinação da tela de agitador não foi intencional (ou seja, foi acidental), as operações continuam para o bloco 524.

[0038] No bloco 522, é feita uma determinação de que a mudança na velocidade é causada por uma mudança nos parâmetros de perfuração, uma mudança na formação e/ou uma mudança intencional no ângulo de inclinação da tela de agitador. Uma notificação e/ou alarme é gerado, o que indica que uma alteração na velocidade foi detectada. A notificação e/ou alarme pode indicar a causa subjacente da mudança na velocidade. Alternativamente ou além disso, o evento de mudança de velocidade pode ser perfilado em um perfil de eventos. Por exemplo, com referência à FIG. 1, uma notificação e/ou alarme pode ser gerado e enviado para o visor 196. O evento também pode ser perfilado na memória 150. As operações continuam no ponto de transição B, que continua no ponto de transição B do fluxograma 400.

[0039] No bloco 524, é feita uma determinação de que a mudança na velocidade é causada por uma mudança acidental no ângulo de inclinação da tela de agitador. Mudanças acidentais no ângulo de inclinação da tela de agitador podem surgir devido ao desgaste mecânico, afrouxamento dos parafusos no agitador, etc., o que pode contribuir para a perda de lama de perfuração ou pode causar danos à tela de agitador. Pode ser emitida uma notificação ou alarme que indica que a mudança na velocidade dos fragmentos e cascalhos é devido a uma mudança acidental no ângulo de inclinação da tela de agitador. Alternativamente ou além disso, a mudança na velocidade e a mudança no ângulo de inclinação devido a causas não intencionais podem ser registradas (por exemplo, em um perfil de eventos). Por exemplo, com referência à FIG. 1, o ângulo de inclinação medido e a mudança detectada na velocidade podem ser registrados em um perfil de eventos na memória 150. Uma notificação ou alarme também pode ser gerado e enviado para o visor 196. As operações continuam no ponto de transição B, que continua no ponto de transição B do fluxograma 400.

[0040] No bloco 412, um tamanho ou área dos fragmentos e cascalhos na tela de agitador é determinado. Em algumas modalidades, um tamanho ou área dos fragmentos e cascalhos pode ser definido como uma área dos fragmentos e cascalhos ("área sob a curva"). Por exemplo, com referência às FIGS. 1 e 3, o dispositivo de imageamento 124 pode capturar uma imagem dos fragmentos e cascalhos 112 na extremidade de descarga 198 da tela de agitador 108. Os dados de imagem adquiridos são comunicados ao sistema de aquisição de

dados 152. A área 304 dos fragmentos e cascalhos 302 conforme capturado nos dados de imagem pode ser determinada com base na análise dos dados de imagem (por exemplo, pelo(s) processador(es) 130). Por exemplo, a área 304 sob a curva pode ser determinada identificando a "curva" formada pelo limite superior dos fragmentos e cascalhos 302 na extremidade de descarga 202 acima da estrutura da tela de agitador 200. A área 304 que é então calculada é a área entre a tela de agitador 200 e o limite superior, ou a curva, dos fragmentos e cascalhos 302 na tela de agitador 200. A área 304 dos fragmentos e cascalhos 302 pode ser armazenada na memória 150.

[0041] No bloco 414, um volume dos fragmentos e cascalhos na tela de agitador é determinado com base na velocidade dos fragmentos e cascalhos e na área dos fragmentos e cascalhos na tela de agitador. Por exemplo, na FIG. 1, o(s) processador(es) 130 podem calcular o volume dos fragmentos e cascalhos 112 recuperando da memória 150 a velocidade e a área dos fragmentos e cascalhos 112. O(s) processador(es) 130 calculam o volume dos fragmentos e cascalhos 112 como o produto da velocidade e da área. Em algumas modalidades, a velocidade pode ser determinada com menos frequência do que a área aproximada dos fragmentos e cascalhos porque a velocidade dos fragmentos e cascalhos tende a mudar com menos frequência. Por exemplo, a velocidade pode ser determinada uma vez a cada minuto, a cada cinco minutos, a cada 10 minutos, etc., enquanto uma imagem dos fragmentos e cascalhos é capturada e processada a cada segundo, a cada cinco segundos, a cada 10 segundos, etc. Por conseguinte, o volume de fragmentos e cascalhos pode ser calculado após cada determinação de velocidade e/ou cada determinação de área.

[0042] No bloco 416, é feita uma determinação de se fragmentos e cascalhos e fluido continuam a ser depositados na tela de agitador. Se assim for, as operações do fluxograma 400 retornam ao bloco 408. Caso contrário, as operações dos fluxogramas 400-500 serão concluídas.

#### Aplicação de perfuração de exemplo

[0043] A FIG. 6 é um diagrama esquemático de um sistema de plataforma de perfuração, de acordo com algumas modalidades. Por exemplo, na FIG. 6, pode ser visto como um sistema 664 também pode formar uma porção de uma sonda de perfuração 602 localizada

na superfície 604 de um poço 606. A perfuração dos poços de petróleo e gás é comumente realizada usando uma coluna de tubos de perfuração conectados entre si para formar uma coluna de perfuração 608 que é abaixada por meio de uma mesa rotatória 610 em um furo de poço ou poço 612. Aqui, a plataforma de perfuração 686 é equipada com uma torre 688 que suporta um guincho.

[0044] A sonda de perfuração 602 pode, assim, fornecer suporte para a coluna de perfuração 608. A coluna de perfuração 608 pode operar para penetrar na mesa rotativa 610 para perfurar o poço 612 através das formações de subsuperfície 614. A coluna de perfuração 608 pode incluir um kelly 616, tubo de perfuração 618 e uma composição de fundo 620, talvez localizada na porção inferior do tubo de perfuração 618.

[0045] A composição de fundo 620 pode incluir comandos 622, uma ferramenta de fundo de poço 624 e uma broca de perfuração 626. A broca de perfuração 626 pode operar para criar um poço 612 penetrando na superfície 604 e nas formações de subsuperfície 614. A ferramenta de fundo de poço 624 pode compreender qualquer um de uma série de tipos diferentes de ferramentas incluindo ferramentas MWD, ferramentas LWD e outras.

[0046] Durante as operações de perfuração, a coluna de perfuração 608 (talvez incluindo o Kelly 616, o tubo de perfuração 618 e a composição de fundo 620) pode ser girada pela mesa rotativa 610. Em adição a, ou em alternativa, a composição de fundo 620 pode também ser girada por um motor (por exemplo, um motor de lama) que está localizado no fundo do poço. Os comandos 622 podem ser usados para adicionar peso à broca de perfuração 626. Os comandos 622 também podem operar para enrijecer a composição de fundo 620, permitindo que a composição de fundo 620 transfira o peso adicionado para a broca de perfuração 626 e, por sua vez, auxilie a broca de perfuração 626 a penetrar na superfície 604 e nas formações de subsuperfície 614.

[0047] Durante operações de perfuração, uma bomba de lama 632 pode bombear fluido de perfuração (por vezes conhecido pelos versados na técnica como "lama de perfuração") de um tanque de lama 634 através de uma mangueira 636 para o tubo de perfuração 618 e para baixo para a broca de perfuração 626. O fluido de perfuração pode fluir para fora da broca de perfuração 626 e retornar para a superfície 604 através de uma área anular 640 entre o tubo de perfuração 618 e os lados do poço 612. O fluido de perfuração pode, então,

retornar para o tanque de lama 634 onde tal fluido é filtrado. Em algumas modalidades, o fluido de perfuração pode ser usado para resfriar a broca de perfuração 626, bem como para fornecer lubrificação para a broca de perfuração 626 durante operações de perfuração. Adicionalmente, o fluido de perfuração pode ser usado para remover fragmentos da formação de subsuperfície 614 criados pela operação da broca de perfuração 626. São as imagens desses fragmentos e cascalhos que muitas modalidades operam para adquirir e processar.

[0048] Assim, com referência agora à FIG. 1, pode ser visto que em algumas modalidades, o sistema 664 pode compreender uma tela de agitador 108 para receber lama de perfuração ou fluido e fragmentos e cascalhos e o sistema 100 como descrito anteriormente.

[0049] Deve também ser entendido que o aparelho e os sistemas de várias modalidades podem ser utilizados em aplicações diferentes de operações de bombeamento e perfuração e, assim, várias modalidades não serão assim limitadas. As ilustrações do sistema 100 e do sistema 664 se destinam a fornecer uma compreensão geral da estrutura de várias modalidades e não se destinam a servir como uma descrição completa de todos os elementos e características de aparelho e sistemas que possam fazer uso das estruturas aqui descritas.

[0050] As aplicações que podem incluir o novo aparelho e sistemas de várias modalidades incluem circuitos eletrônicos usados em computadores de alta velocidade, circuitos de comunicação e processamento de sinal, modems, módulos de processador, processadores embutidos, comutadores de dados e módulos específicos de aplicação. Tais aparelhos e sistemas podem ainda ser incluídos como subcomponentes dentro de uma variedade de sistemas eletrônicos, como televisores, telefones celulares, computadores pessoais, estações de trabalho, rádios, players de vídeo, veículos, processamento de sinal para ferramentas geotérmicas e sistemas de telemetria de nó de interface de transdutor inteligente, entre outros. Algumas modalidades incluem uma série de métodos.

#### Computador de exemplo

[0051] A FIG. 7 representa um computador de exemplo, de acordo com algumas modalidades. O computador inclui um processador 701 (possivelmente incluindo múltiplos processadores, múltiplos núcleos, múltiplos nós e/ou implementação de multi-threading,



etc.). O computador inclui memória 707. A memória 707 pode ser a memória do sistema (por exemplo, um ou mais de cache, SRAM, DRAM, RAM de capacitor zero, RAM de transistor duplo, eDRAM, RAM EDO, RAM DDR, EEPROM, NRAM, RRAM, SONOS, PRAM, etc.) ou qualquer uma ou mais das realizações possíveis já descritas acima de meio legível por máquina. O sistema de computador também inclui um barramento 703 (por exemplo, PCI, ISA, PCI-Express, barramento HyperTransport®, barramento InfiniBand®, NuBus, etc.) e uma interface de rede 705 (por exemplo, uma interface Fibre Channel, uma interface Ethernet, uma interface de sistema de computador pequeno da Internet, interface SONET, interface sem fio, etc.).

[0052] O computador também inclui um analisador 711 e um controlador 715. O analisador 711 pode realizar processamento e análise dos fragmentos e cascalhos de fundo de poço com base nos reflexos das ondas eletromagnéticas e nas imagens capturadas (como descrito acima). O controlador 715 pode controlar o radar e o dispositivo de imageamento, bem como as diferentes operações que podem ocorrer na resposta aos resultados da análise. Por exemplo, o controlador 715 pode comunicar instruções ao equipamento, dispositivos, etc. apropriados para alterar as operações de perfuração. Qualquer uma das funcionalidades descritas anteriormente pode ser parcialmente (ou totalmente) implementada em hardware e/ou no processador 701. Por exemplo, a funcionalidade pode ser implementada com um circuito integrado específico de aplicação, na lógica implementada no processador 701, em um coprocessador em um dispositivo periférico ou cartão, etc. Além disso, as realizações podem incluir menos componentes ou componentes adicionais não ilustrados na Figura 7 (por exemplo, placas de vídeo, placas de áudio, interfaces de rede adicionais, dispositivos periféricos, etc.). O processador 701 e a interface de rede 705 são acoplados ao barramento 703. Embora ilustrado como sendo acoplado ao barramento 703, a memória 707 pode ser acoplada ao processador 701. Embora representadas como um computador, algumas modalidades podem ser qualquer tipo de dispositivo ou aparelho para executar as operações aqui descritas.

[0053] Será compreendido que cada bloco das ilustrações de fluxograma e/ou diagramas de blocos, e combinações de blocos nas ilustrações de fluxograma e/ou diagramas de blocos, podem ser implementadas por código de programa. O código do programa pode ser

fornecido a um processador de um computador de uso geral, computador de uso especial ou outra máquina ou aparelho programável.

[0054] Como será apreciado, aspectos da divulgação podem ser incorporados como um sistema, método ou código/instruções de programa armazenados em uma ou mais mídias legíveis por máquina. Por conseguinte, os aspectos podem assumir a forma de hardware, software (incluindo firmware, software residente, microcódigo, etc.), ou uma combinação de aspectos de software e hardware que podem ser geralmente referidos neste documento como um "circuito", "módulo" ou "sistema". A funcionalidade apresentada como módulos/unidades individuais nas ilustrações de exemplo pode ser organizada de forma diferente de acordo com qualquer plataforma (sistema operacional e/ou hardware), ecossistema de aplicativos, interfaces, preferências do programador, linguagem de programação, preferências do administrador, etc.

[0055] Qualquer combinação de um ou mais meios legíveis por máquina pode ser utilizada. O meio legível por máquina pode ser um meio de sinal legível por máquina ou um meio de armazenamento legível por máquina. Um meio de armazenamento legível por máquina pode ser, por exemplo, mas não limitado a, um sistema, aparelho ou dispositivo, que emprega qualquer um ou uma combinação de tecnologia eletrônica, magnética, óptica, eletromagnética, infravermelha ou semicondutora para armazenar o código do programa. Exemplos mais específicos (uma lista não exaustiva) do meio de armazenamento legível por máquina incluiriam o seguinte: um disquete de computador portátil, um disco rígido, uma memória de acesso aleatório (RAM), uma memória somente leitura (ROM), uma memória somente leitura programável apagável (EPROM ou memória Flash), uma memória somente leitura de disco compacto portátil (CD-ROM), um dispositivo de armazenamento óptico, um dispositivo de armazenamento magnético ou qualquer combinação adequada dos anteriores. No contexto deste documento, um meio de armazenamento legível por máquina pode ser qualquer meio tangível que pode conter ou armazenar um programa para uso por ou em conexão com um sistema, aparelho ou dispositivo de execução de instrução. Um meio de armazenamento legível por máquina não é um meio de sinal legível por máquina.

[0056] Um meio de sinal legível por máquina pode incluir um sinal de dados propagado

com código de programa legível por máquina incorporado no mesmo, por exemplo, em banda base ou como parte de uma onda transportadora. Tal sinal propagado pode assumir qualquer uma de uma variedade de formas, incluindo, mas não se limitando a, eletromagnética, óptica ou qualquer combinação adequada dos mesmos. Um meio de sinal legível por máquina pode ser qualquer meio legível por máquina que não seja um meio de armazenamento legível por máquina e que pode se comunicar, propagar ou transportar um programa para uso por ou em conexão com um sistema, aparelho ou dispositivo de execução de instrução.

[0057] O código de programa incorporado em um meio legível por máquina pode ser transmitido usando qualquer meio apropriado, incluindo, mas não se limitando a, cabo sem fio, cabo de aço, cabo de fibra óptica, RF, etc., ou qualquer combinação adequada dos anteriores.

[0058] O código de programa de computador para realizar operações para aspectos da divulgação pode ser escrito em qualquer combinação de uma ou mais linguagens de programação, incluindo uma linguagem de programação orientada a objetos, como a linguagem de programação Java®, C++ ou semelhante; uma linguagem de programação dinâmica, como Python; uma linguagem de script, como linguagem de programação Perl ou linguagem de script PowerShell; e linguagens de programação procedurais convencionais, como a linguagem de programação "C" ou linguagens de programação semelhantes. O código do programa pode ser executado inteiramente em uma máquina autônoma, pode ser executado de maneira distribuída em várias máquinas e pode ser executado em uma máquina enquanto fornece resultados e/ou aceita entrada em outra máquina.

[0059] O código/instruções do programa também podem ser armazenados em um meio legível por máquina que pode direcionar uma máquina para funcionar de uma maneira particular, de modo que as instruções armazenadas no meio legível por máquina produzam um artigo de fabricação incluindo instruções que implementam a função/ato especificado no fluxograma e/ou bloco ou blocos do diagrama de bloco.

[0060] O uso do aparelho, sistemas e métodos divulgados neste documento pode fornecer a capacidade de monitorar mudanças nas partículas de fundo de poço (por exemplo,

fragmentos e cascalhos), de modo que o impacto das propriedades e atividades do fluido de perfuração no campo possa ser avaliado imediatamente. Essa capacidade pode ser usada para aumentar a eficiência, redirecionando as operações de bombeamento e perfuração em tempo real, talvez como parte de um sistema de controle de circuito fechado.

[0061] Embora os aspectos da divulgação sejam descritos com referência a várias implementações e explorações, será entendido que esses aspectos são ilustrativos e que o escopo das reivindicações não está limitado a eles. Em geral, as técnicas para processamento e análise de partículas de fundo de poço, conforme descrito neste documento, podem ser implementadas com instalações consistentes com qualquer sistema de hardware ou sistemas de hardware. Muitas variações, modificações, acréscimos e melhorias são possíveis.

[0062] Instâncias plurais podem ser fornecidas para componentes, operações ou estruturas aqui descritas como uma instância única. Finalmente, os limites entre vários componentes, operações e armazenamentos de dados são um tanto arbitrários e operações específicas são ilustradas no contexto de configurações ilustrativas específicas. Outras alocações de funcionalidade são previstas e podem cair dentro do escopo da divulgação. Em geral, as estruturas e a funcionalidade apresentadas como componentes separados em configurações de exemplo podem ser implementadas como uma estrutura ou componente combinado. Da mesma forma, as estruturas e a funcionalidade apresentadas como um componente simples podem ser implementadas como componentes separados. Estas e outras variações, modificações, acréscimos e melhorias podem cair dentro do escopo da divulgação.

[0063] O uso da frase "pelo menos um de" precedendo uma lista com a conjunção "e" não deve ser tratado como uma lista exclusiva e não deve ser interpretado como uma lista de categorias com um item de cada categoria, a menos que especificamente indicado de outra forma. Uma cláusula que recita "pelo menos um de A, B e C" pode ser infringida com apenas um dos itens listados, vários dos itens listados e um ou mais dos itens na lista e outro item não listado.

#### Modalidades de exemplo

[0064] As modalidades de exemplo incluem o seguinte:

[0065] Modalidade 1: Um método que compreende: depositar, em uma tela de agitador,

uma pluralidade de materiais de fundo de poço e fluidos que chegam a uma superfície de um poço como resultado de uma operação de fundo de poço no poço, em que os materiais de fundo de poço compreendem fragmentos e cascalhos; separar, usar a tela de agitador, os materiais de fundo de poço dos fluidos; emitir, usando um radar, uma onda eletromagnética em direção a pelo menos uma de uma extremidade de descarga da tela de agitador e um trânsito; detectar um reflexo da onda eletromagnética refletida em pelo menos uma porção dos materiais de fundo de poço; e determinar, com base no reflexo da onda eletromagnética, uma velocidade do material de fundo de poço avançando ao longo de pelo menos um do trânsito e da tela de agitador em direção à extremidade de descarga da tela de agitador.

[0066] Modalidade 2: O método da Modalidade 1, compreendendo ainda: determinar uma área de pelo menos a porção dos materiais de fundo de poço; e determinar um volume dos materiais de fundo de poço com base na velocidade dos materiais de fundo de poço avançando ao longo de pelo menos uma da tela de agitador em direção à extremidade de descarga da tela de agitador e no trânsito e na área de pelo menos a porção dos materiais de fundo do poço.

[0067] Modalidade 3: O método da Modalidade 2, em que a determinação do volume dos materiais de fundo de poço compreende calcular um produto da velocidade dos materiais de fundo de poço e da área de pelo menos uma porção dos materiais de fundo de poço.

[0068] Modalidade 4: O método de qualquer uma das Modalidades 1-3, em que determinar a velocidade dos materiais de fundo de poço compreende: determinar uma diferença na frequência entre a onda eletromagnética emitida pelo radar e o reflexo da onda eletromagnética; e calcular a velocidade dos materiais de fundo de poço, com base na diferença de frequência.

[0069] Modalidade 5: O método de qualquer uma das Modalidades 1-4 compreendendo ainda correlacionar um ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito para a velocidade dos materiais de fundo de poço.

[0070] Modalidade 6: O método da Modalidade 5, compreendendo ainda determinar que o ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito precisa ser corrigido com base na correlação do ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de

agitador e do trânsito para a velocidade dos materiais de fundo de poço.

[0071] Modalidade 7: O método da Modalidade 6, em que determinar que o ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e o trânsito precisam ser corrigidos compreende: determinar se uma mudança na velocidade dos materiais de fundo de poço excedeu um limiar de velocidade; e em resposta à mudança na velocidade excedendo o limiar de velocidade, determinar se a mudança na velocidade é resultado de uma mudança em um ângulo de uma inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito excedendo um limiar de erro ou um aumento em uma quantidade de material de fundo de poço retornando do fundo de poço; gerar um alarme para uma mudança na velocidade; em resposta à mudança na velocidade sendo o resultado do aumento na quantidade de material de fundo de poço retornando do fundo de poço, determinar se o aumento na quantidade de material de fundo de poço é resultado de uma mudança nos parâmetros de perfuração ou uma mudança na formação sendo perfurada e gerar um alarme para velocidade aumentada e determinar uma causa de retornos crescentes devido à mudança em parâmetros de perfuração ou uma formação sendo perfurada; e em resposta à mudança na velocidade excedendo o limiar de velocidade sendo o resultado da mudança no ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e o trânsito excedendo o limiar de erro e que a mudança no ângulo de inclinação não foi intencional, gerar um alarme de que há um erro no ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito.

[0072] Modalidade 8: Um ou mais meios legíveis por máquina não transitórios compreendendo código de programa executável por um processador para fazer um dispositivo: receber um valor de reflexo de um reflexo de uma onda eletromagnética que refletiu em pelo menos uma porção de materiais de fundo de poço depositados em pelo menos um de uma tela de agitador e um trânsito, em que o reflexo é baseado na emissão da onda eletromagnética de um radar em direção a pelo menos uma de uma extremidade de descarga da tela de agitador e do trânsito; determinar, com base no valor de reflexo, uma velocidade dos materiais de fundo de poço avançando ao longo da tela de agitador em direção a pelo menos uma das extremidades de descarga da tela de agitador e do trânsito; determinar uma área dos materiais de fundo de poço em pelo menos um da tela de agitador e do trânsito; e determinar um volume dos materiais de fundo de poço com base na

velocidade dos materiais de fundo de poço avançando ao longo da tela de agitador em direção à extremidade de descarga da tela de agitador e na área dos materiais de fundo do poço na tela de agitador.

[0073] Modalidade 9: Os um ou mais meios legíveis por máquina não transitórios da Modalidade 8, em que o código de programa para determinar o volume dos materiais de fundo de poço compreende código de programa executável pelo processador para fazer com que o dispositivo calcule um produto da velocidade dos materiais de fundo de poço e da área dos materiais de fundo de poço.

[0074] Modalidade 10: Os um ou mais meios legíveis por máquina não transitórios da Modalidade 8 ou 9, em que o código de programa para determinar a velocidade dos materiais de fundo de poço compreende código de programa executável pelo processador para fazer o dispositivo: determinar uma diferença na frequência entre a onda eletromagnética emitida pelo radar e o reflexo da onda eletromagnética; e calcular a velocidade dos materiais de fundo de poço, com base na diferença de frequência.

[0075] Modalidade 11: Os um ou mais meios legíveis por máquina não transitórios de qualquer uma das Modalidades 8-10 compreendendo ainda o código de programa executável pelo processador para fazer com que o dispositivo correlacione um ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e o trânsito para a velocidade dos materiais de fundo de poço.

[0076] Modalidade 12: Os uma ou mais meios legíveis por máquina não transitórios da Modalidade 11, compreendendo ainda o código de programa executável pelo processador para fazer o dispositivo determinar que o ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito precisa ser corrigido com base na correlação do ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito para a velocidade dos materiais de fundo de poço.

[0077] Modalidade 13: Os um ou mais meios legíveis por máquina não transitórios da Modalidade 12, em que o código do programa para determinar que o ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito precisa ser corrigido compreende o código do programa executável pelo processador para fazer o dispositivo: determinar se uma mudança na velocidade dos materiais de fundo de poço excedeu um limiar de

velocidade; e em resposta à mudança na velocidade excedendo o limiar de velocidade, determinar se a mudança na velocidade é resultado de uma mudança em um ângulo de uma inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito excedendo um limiar de erro ou um aumento em uma quantidade de material de fundo de poço retornando do fundo de poço; gerar um alarme para uma mudança na velocidade; em resposta à mudança na velocidade sendo o resultado do aumento na quantidade de material de fundo de poço retornando do fundo de poço, determinar se o aumento na quantidade de material de fundo de poço é resultado de uma mudança nos parâmetros de perfuração ou uma mudança na formação sendo perfurada e gerar um alarme para velocidade aumentada e determinar uma causa de retornos crescentes devido à mudança em parâmetros de perfuração ou uma formação sendo perfurada; e em resposta à mudança na velocidade excedendo o limiar de velocidade sendo o resultado da mudança no ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e o trânsito excedendo o limiar de erro e que a mudança no ângulo de inclinação não foi intencional, gerar um alarme de que há um erro no ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito.

[0078] Modalidade 14: Um aparelho que compreende: uma tela de agitador na qual os materiais de fundo de poço e o fluido de um poço devem ser colocados, os materiais de fundo de poço um produto de uma operação de fundo de poço; um agitador para vibrar a tela de agitador para separar os materiais de fundo de poço do fluido; um radar para emitir uma onda eletromagnética sobre os materiais de fundo de poço em pelo menos um da tela de agitador e de um trânsito e detectar um reflexo da onda eletromagnética refletido em pelo menos uma porção dos materiais de fundo de poço; e um dispositivo para determinar uma velocidade dos materiais de fundo de poço avançando ao longo de pelo menos uma da tela de agitador em direção a uma extremidade de descarga da tela de agitador e o trânsito.

[0079] Modalidade 15: O aparelho da Modalidade 14 compreendendo ainda o dispositivo para: determinar uma área dos materiais de fundo de poço em pelo menos um da tela de agitador e do trânsito; e determinar um volume dos materiais de fundo de poço com base na velocidade dos materiais de fundo de poço avançando ao longo de pelo menos um da tela de agitador em direção à extremidade de descarga da tela de agitador e o trânsito e a área dos materiais de fundo de poço em pelo menos um da tela de agitador e o trânsito.



[0080] Modalidade 16: O aparelho da Modalidade 15, em que o dispositivo para determinar o volume dos materiais de fundo de poço compreende o dispositivo para calcular um produto da velocidade dos materiais de fundo de poço e da área dos materiais de fundo de poço.

[0081] Modalidade 17: O aparelho de qualquer uma das Modalidades 14-16, em que o dispositivo para determinar a velocidade dos materiais de fundo de poço compreende o dispositivo para: determinar uma diferença na frequência entre a onda eletromagnética emitida pelo radar e o reflexo da onda eletromagnética; e calcular a velocidade dos materiais de fundo de poço, com base na diferença de frequência.

[0082] Modalidade 18: O aparelho de qualquer uma das Modalidades 14-17, compreendendo ainda o dispositivo para correlacionar um ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito com a velocidade dos materiais de fundo de poço.

[0083] Modalidade 19: O aparelho da Modalidade 18, compreendendo ainda o dispositivo para determinar que o ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito precisa ser corrigido com base na correlação do ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito para a velocidade dos materiais de fundo de poço.

[0084] Modalidade 20: O aparelho da Modalidade 19, em que o dispositivo para determinar que o ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e o trânsito precisam ser corrigidos compreende o dispositivo para: determinar se uma mudança na velocidade dos materiais de fundo de poço excedeu um limiar de velocidade; e em resposta à mudança na velocidade excedendo o limiar de velocidade, determinar se a mudança na velocidade é resultado de uma mudança em um ângulo de uma inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito ou um aumento em uma quantidade de material de fundo de poço retornando do fundo de poço; gerar um alarme para uma mudança na velocidade; em resposta à mudança na velocidade sendo o resultado do aumento na quantidade de material de fundo de poço retornando do fundo de poço, determinar se o aumento na quantidade de material de fundo de poço é resultado de uma mudança nos parâmetros de perfuração ou uma mudança na formação sendo perfurada e gerar um

alarme para velocidade aumentada e determinar uma causa de retornos crescentes devido à mudança em parâmetros de perfuração ou uma formação sendo perfurada; e em resposta à mudança na velocidade excedendo o limiar de velocidade sendo o resultado da mudança no ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e o trânsito excedendo o limiar de erro e que a mudança no ângulo de inclinação não foi intencional, gerar um alarme de que há um erro no ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador e do trânsito.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método, caracterizado pelo fato de compreender:

- depositar, em uma tela de agitador (200), uma pluralidade de materiais de fundo de poço e fluidos chegando a uma superfície de um poço como um resultado de uma operação de fundo de poço no poço, sendo que os materiais de fundo de poço compreendem fragmentos;
- separar, usando a tela de agitador (200), os materiais de fundo de poço dos fluidos;
- emitir, usando um radar (190), uma onda eletromagnética (192) em direção a pelo menos um de uma extremidade de descarga (202) da tela de agitador (200) e um trânsito;
- detectar uma reflexão (194) da onda eletromagnética (192) refletida em pelo menos uma porção dos materiais de fundo de poço;
- determinar, com base na reflexão (194) da onda eletromagnética (192), uma velocidade do material de fundo de poço avançando ao longo de pelo menos um do trânsito e da tela de agitador (200) em direção à extremidade de descarga (202) da tela de agitador (200); e
- determinar que o ângulo de inclinação precisa ser corrigido com base na correlação de um ângulo de inclinação de pelo menos uma tela de agitador (200) e o trânsito para a velocidade, sendo que a determinação que o ângulo de inclinação precisa ser corrigido compreender:
  - determinar se uma mudança na velocidade dos materiais de fundo de poço excedeu um limiar de velocidade; e
  - determinar se a mudança na velocidade é um resultado de uma mudança em um ângulo de uma inclinação de pelo menos um da tela de agitador (200) e do trânsito excedendo um limiar de erro ou um aumento em uma quantidade de material de fundo de poço retornando do fundo de poço em resposta à mudança na velocidade excedendo o limiar de velocidade;
  - gerar um alarme para uma mudança na velocidade;
  - determinar se o aumento na quantidade de material de fundo de poço é um resultado de uma mudança nos parâmetros de perfuração ou uma mudança na formação sendo perfurada e gerar um alarme para velocidade aumentada e determinar uma causa de retornos crescentes devido à mudança em parâmetros de perfuração ou uma formação sendo perfurada em resposta à mudança na velocidade sendo o resultado do aumento na

quantidade de material de fundo de poço retornando do fundo de poço; e

- gerar um alarme de que há um erro no ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador (200) e do trânsito em resposta à mudança na velocidade excedendo o limiar de velocidade sendo o resultado da mudança no ângulo de inclinação de pelo menos um da tela de agitador (200) e do trânsito excedendo o limiar de erro e que a mudança no ângulo de inclinação foi não intencional.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

- determinar uma área de pelo menos a porção dos materiais de fundo de poço; e

- determinar um volume dos materiais de fundo de poço com base na velocidade dos materiais de fundo de poço avançando ao longo de pelo menos uma da tela de agitador (200) em direção à extremidade de descarga (202) da tela de agitador (200) e no trânsito e na área de pelo menos a porção dos materiais de fundo de poço.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de determinar o volume dos materiais de fundo de poço compreender calcular um produto da velocidade dos materiais de fundo de poço e da área de pelo menos a porção dos materiais de fundo de poço.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de determinar a velocidade dos materiais de fundo de poço compreender:

- determinar uma diferença na frequência entre a onda eletromagnética (192) emitida pelo radar (190) e a reflexão (194) da onda eletromagnética (192); e

- calcular a velocidade dos materiais de fundo de poço com base na diferença de frequência.

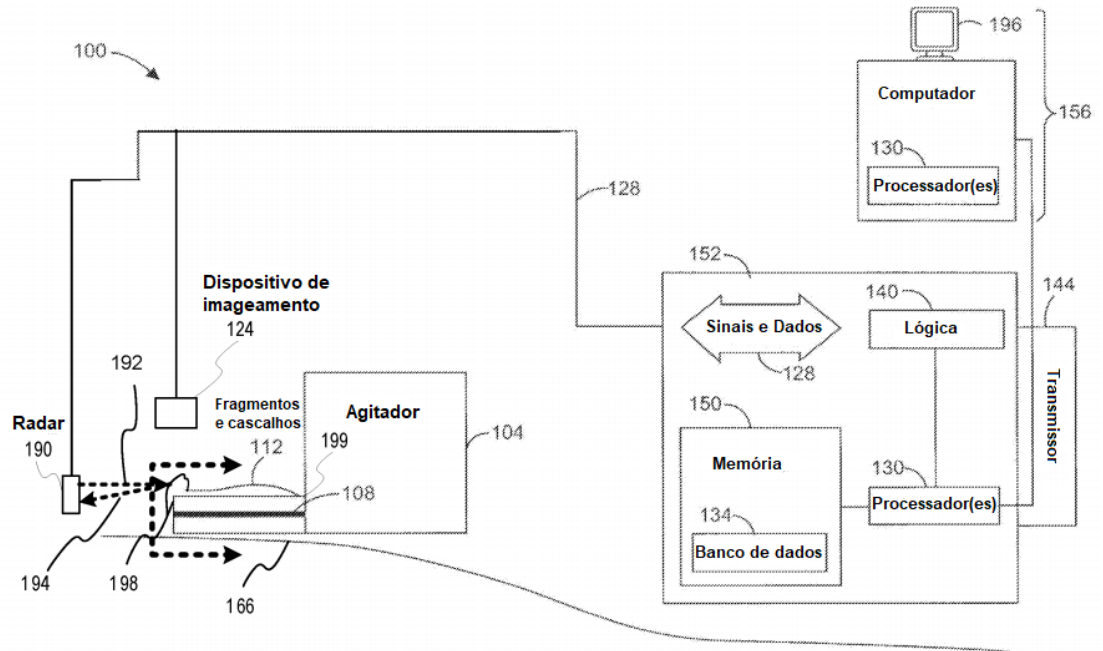


FIG. 1

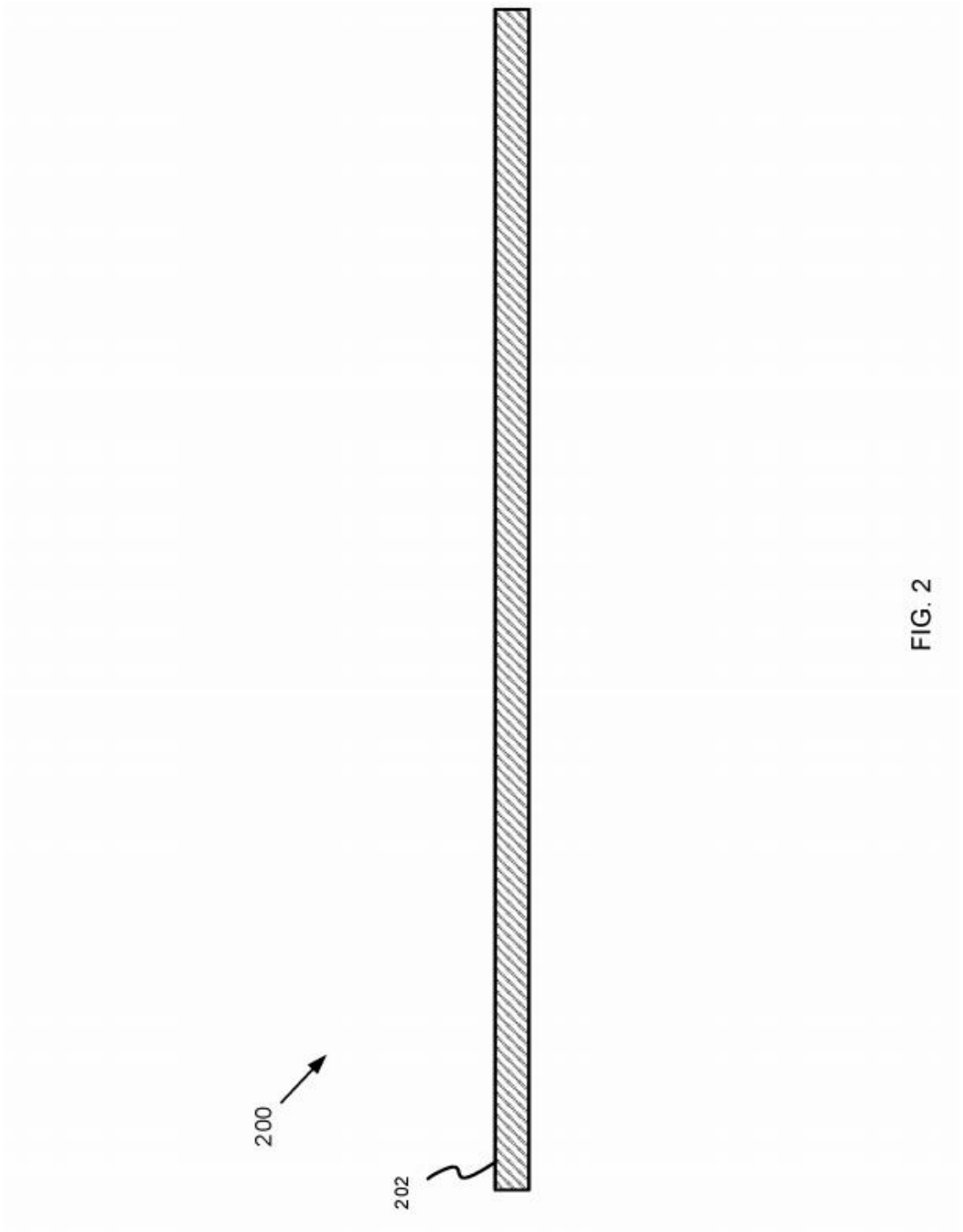


FIG. 2

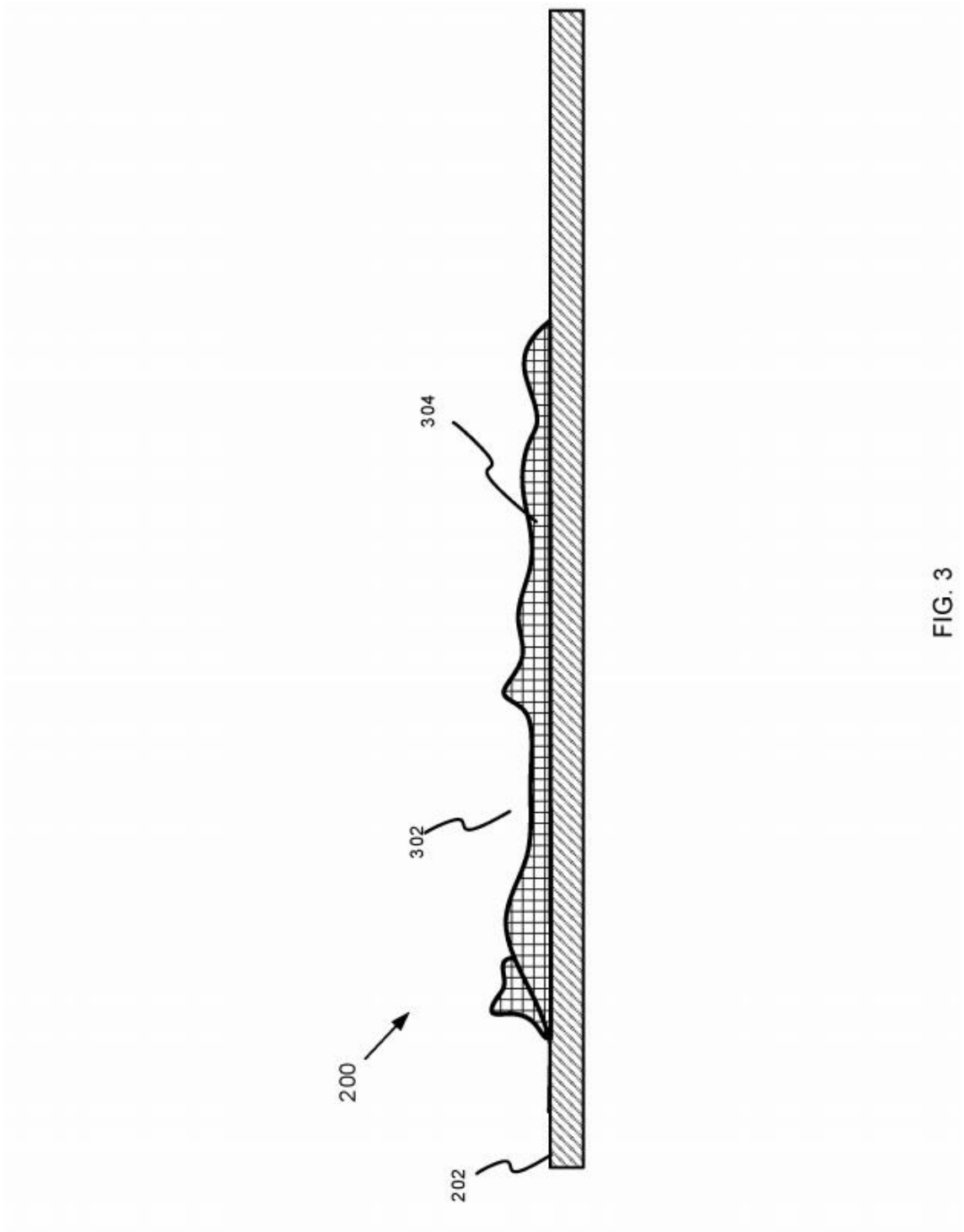


FIG. 3

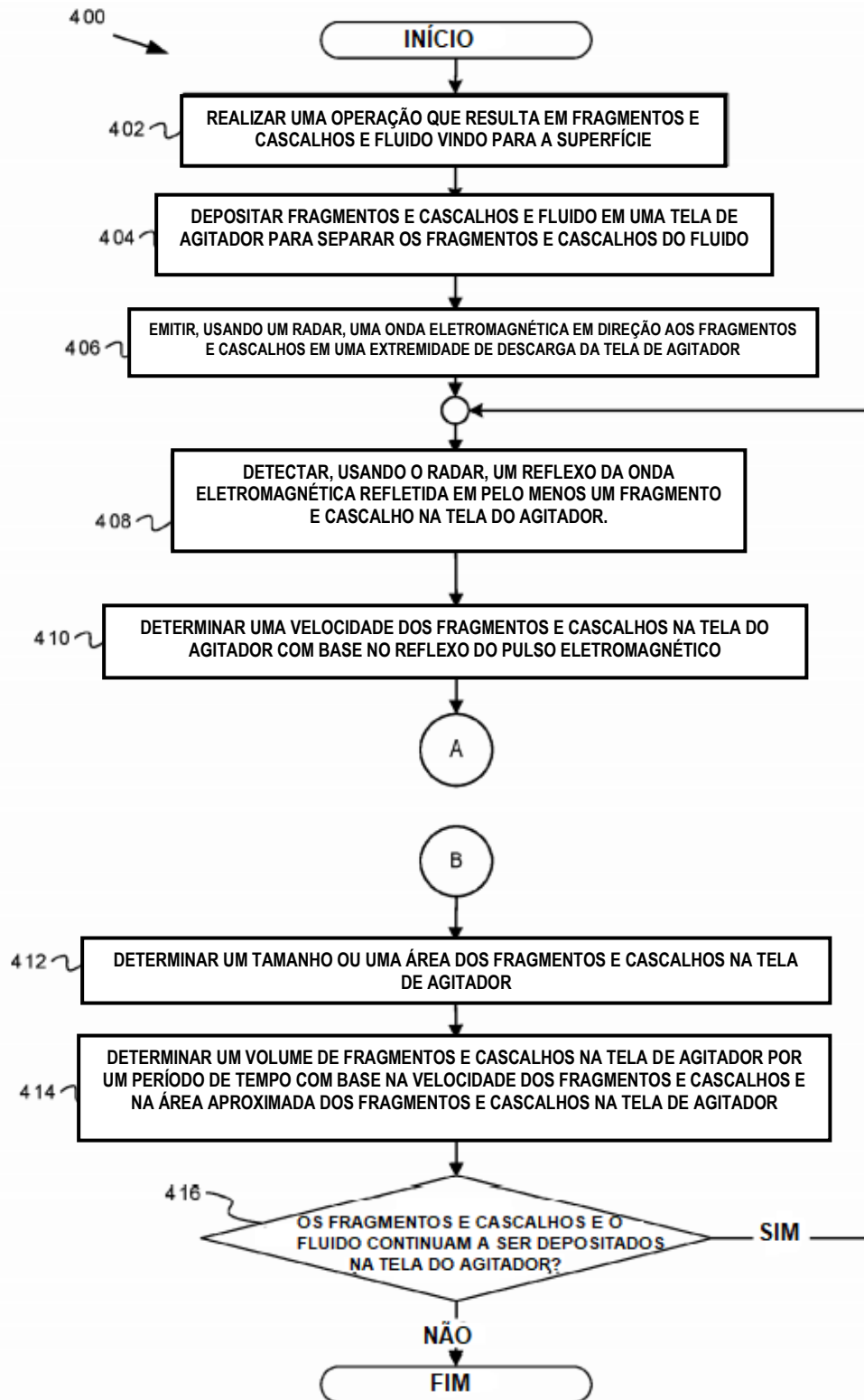


FIG. 4



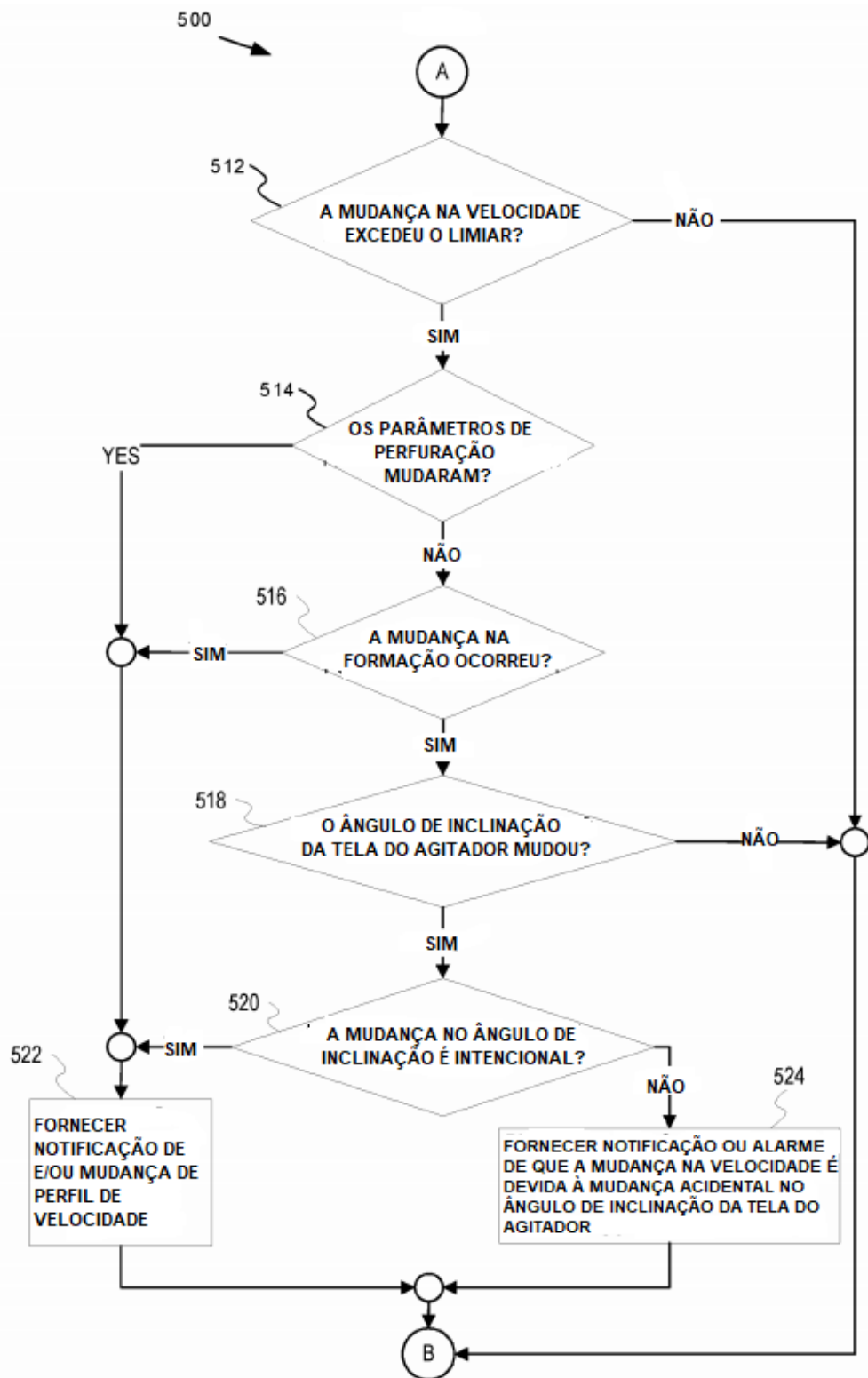


FIG. 5

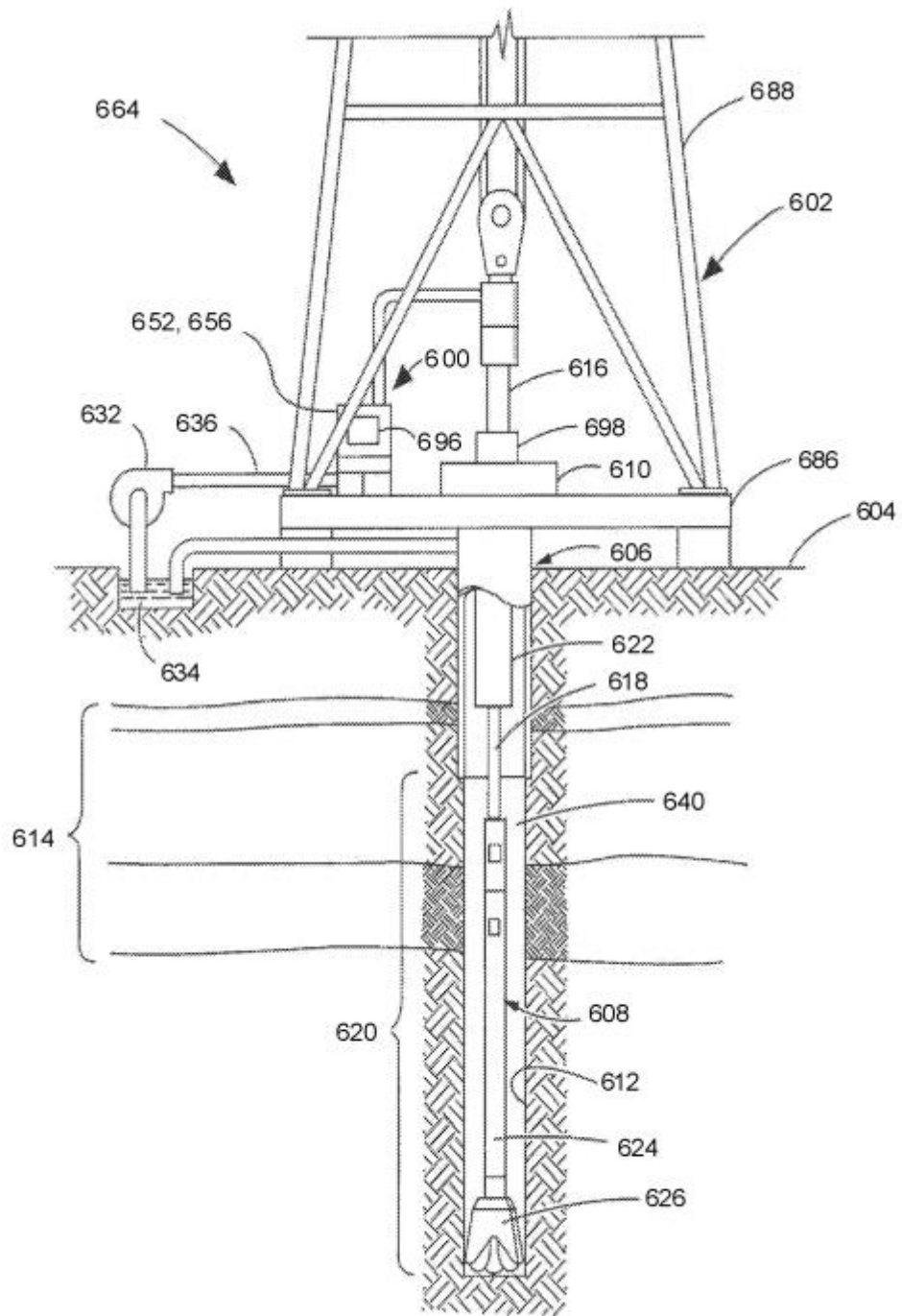


FIG. 6

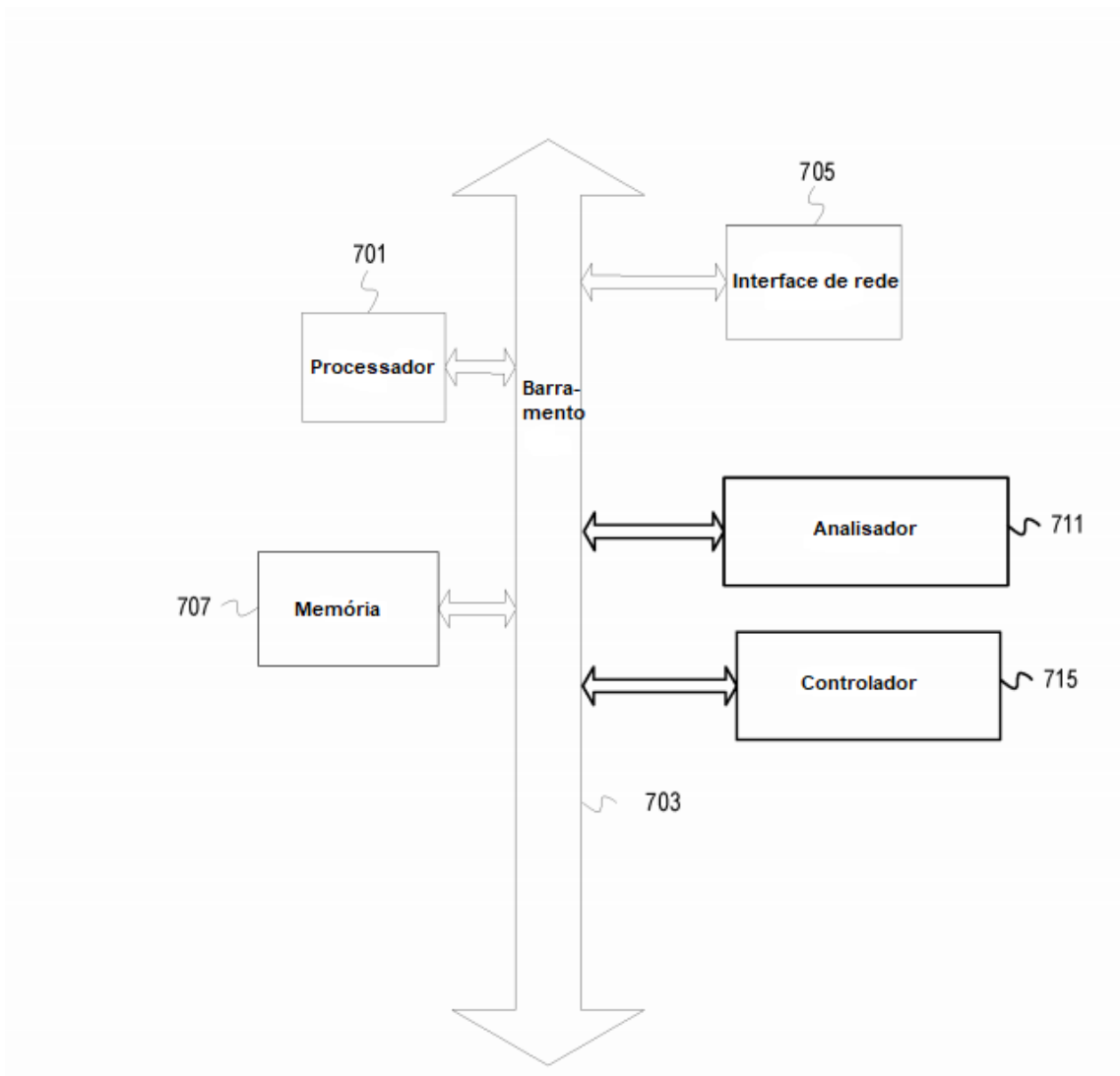


FIG. 7