



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

(11) PI 0911638-9 B1



(22) Data do Depósito: 23/04/2009

(45) Data de Concessão: 26/03/2019

(54) Título: MÉTODOS, SISTEMAS E COMPOSIÇÕES DE FUNDO QUE INCLUEM UM ESCAREADOR COM SAÍDAS TRASEIRAS EFETIVAS VARIÁVEIS

(51) Int.Cl.: E21B 10/26; E21B 10/30.

(30) Prioridade Unionista: 23/04/2008 US 61/047,355.

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

(72) Inventor(es): MATTHIAS MEISTER.

(86) Pedido PCT: PCT US2009041526 de 23/04/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/132179 de 29/10/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/10/2010

(57) Resumo: MÉTODOS, SISTEMAS E COMPOSIÇÕES DE FUNDO QUE INCLUEM UM ESCAREADOR COM SAÍDAS TRASEIRAS EFETIVAS VARIÁVEIS A presente invenção refere-se a brocas de 5 escareador que têm cortadores com diferentes ângulos de saída traseira efetiva. Os sistemas de perfuração incluem uma broca piloto e uma broca do escareador, em que os cortadores nas regiões de ombro da broca do escareador têm um ângulo médio de saída traseira efetiva maior que os cortadores nas regiões de ombro da broca piloto. Métodos de perfuração de poços incluem a perfuração de um furo com uma broca piloto, e o escareamento do furo com uma broca do escareador que tem cortadores nas regiões de ombro da broca do escareador que tem um ângulo médio de saída traseira efetiva maior que o dos cortadores nas regiões de ombro da broca piloto. Os métodos de formação dos sistemas de perfuração incluem fixar as brocas de escareador e piloto a uma coluna de perfuração, e posicionar os cortadores nas regiões de ombro da broca do escareador que têm um ângulo médio de saída traseira efetiva maior que o dos cortadores nas regiões de ombro da broca piloto.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODOS, SISTEMAS E COMPOSIÇÕES DE FUNDO QUE INCLUEM UM ESCAREADOR COM SAÍDAS TRASEIRAS EFETIVAS VARIÁVEIS"**.

REFERÊNCIA CRUZADA AO PEDIDO RELACIONADO

5 O presente Pedido reivindica o benefício do Pedido Provisório de Patente Nº de Série US 61/047.355 depositado em 23 de abril de 2008 e intitulado REAMER DRILLING BIT WITH VARYING EFFECTIVE BACKRAKE, cujo teor é aqui incorporado em sua totalidade por meio de citação.

10 Campo da Técnica

A presente invenção refere-se em termos gerais a brocas de perfuração do escareador para uso na perfuração de poços, a composições de fundo e sistemas que incorporam brocas de perfuração do escareador, e a métodos para produzir e usar tais brocas de escareador, composições e sistemas.

15 Antecedentes

Poços de petróleo (furos de poço) são habitualmente perfurados com uma coluna de perfuração. A coluna de perfuração inclui um elemento tubular que tem uma composição de perfuração que inclui uma única broca de perfuração em sua extremidade do fundo. No entanto, algumas vezes a coluna de perfuração inclui duas brocas de perfuração separadas: a primeira no fundo da composição de perfuração (denominada "broca de perfuração piloto" ou "broca piloto") para perfurar o poço de um primeiro diâmetro de poço menor; e a segunda broca de perfuração localizada acima, ou na parte superior do poço, a broca piloto (denominada "broca do escareador" ou "escareador") amplia o poço perfurado pela broca piloto.

As brocas pilotos tipicamente incluem diversas regiões, como o nariz, cone, ombro mais baixo ou região mais baixa e um ombro mais alto ou região mais alta, sendo que sobre cada região há elementos de corte (também denominados "cortadores") que cortam a formação para perfurar o poço do primeiro diâmetro menor. A broca do escareador tipicamente inclui um ombro mais baixo ou região mais baixa e um ombro mais alto ou região mais

alta, onde cada uma dessas regiões tem um determinado número de elementos de corte, os quais cortam a formação para ampliar o poço do primeiro poço menor. A orientação de uma face de corte frontal de um elemento de corte pode ser caracterizada por um ângulo de saída traseira e por um ângulo de saída lateral, os quais, em combinação com o ângulo de perfil do elemento de corte, definem uma saída traseira efetiva (ou agressividade) do elemento de corte. A carga sobre uma região de uma broca durante a perfuração do poço depende da saída traseira efetiva dos elementos de corte naquela região. Uma distribuição de carga irregular entre o escareador e a broca piloto em geral acarreta problemas, especialmente quando a broca piloto está em uma formação macia, enquanto a broca do escareador está em uma formação relativamente dura. Submetida a essas condições de perfuração, a região mais baixa da broca do escareador está tipicamente submetida a uma carga maior em comparação à carga sobre a broca piloto, o que pode danificar a broca do escareador ou desgastá-la rapidamente, apesar de a broca piloto ainda estar em uma condição aceitável. A razão, de modo geral, é que a de saída traseira efetiva da região mais baixa das brocas de escareador normalmente utilizadas é relativamente baixa (isto é, a agressividade é relativamente alta).

Portanto, há necessidade de uma broca de escareador aprimorada que possa ser usada para distribuir de forma seletiva (por exemplo, regular) a carga entre a broca do escareador e uma broca piloto associada para uso na perfuração de poços.

Breve Sumário da Invenção

Em algumas modalidades, a presente invenção inclui brocas de escareador dotadas de um corpo geralmente tubular que se estendem entre uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, e uma pluralidade de elementos de corte transportados pelo corpo entre a primeira extremidade e a segunda extremidade do mesmo. O corpo tubular é configurado para fixação a uma coluna de perfuração. O ângulo de saída traseira efetiva de ao menos um elemento de corte da pluralidade é igual ou superior a cerca de quinze graus (15°).

Em modalidades adicionais, a presente invenção inclui brocas de escareador dotadas de um corpo geralmente tubular que se estendem entre uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, e uma pluralidade de elementos de corte transportados pelo corpo entre a primeira extremidade e a segunda extremidade do mesmo. O corpo tubular é configurado para fixação a uma coluna de perfuração. Os elementos de corte definem um perfil de corte da broca do escareador removido de um eixo geométrico longitudinal da broca do escareador, e ao menos um elemento de corte da pluralidade de elementos de corte tem um ângulo de saída lateral igual ou superior a cerca de cinco graus (5°).

Em modalidades adicionais, a presente invenção inclui composições de fundo e sistemas de perfuração que incluem uma broca piloto e uma broca do escareador. A broca piloto inclui uma pluralidade de elementos de corte que define um perfil de corte de uma broca piloto, e a broca do escareador inclui uma pluralidade de elementos de corte que define um perfil de corte da broca do escareador. Os elementos de corte nas regiões de ombro da broca do escareador têm um ângulo médio de saída traseira efetiva maior que os elementos de corte nas regiões de ombro da broca piloto. Modalidades adicionais da presente invenção incluem composições de fundo e sistemas de perfuração que incluem uma broca piloto e uma broca do escareador para ampliar um poço perfurado pela broca piloto. A broca piloto inclui uma pluralidade de elementos de corte que definem um perfil de corte de uma broca piloto, e a broca do escareador inclui uma pluralidade de elementos de corte que definem um perfil de corte da broca do escareador. Ao menos um elemento de corte da pluralidade sobre a broca do escareador tem um ângulo de saída lateral igual ou superior a cerca de cinco graus (5°).

Outras modalidades da presente invenção incluem métodos de perfuração de poços em formações subterrâneas. Seleciona-se uma broca piloto que tenha elementos de corte em suas regiões de ombro dotadas de um primeiro ângulo de saída traseira efetiva. Seleciona-se uma broca do escareador que tenha elementos de corte em suas regiões de ombro que têm um segundo ângulo de saída traseira efetiva maior que o primeiro ângu-

lo de saída traseira efetiva. A broca piloto é usada para perfurar um furo piloto, e o furo piloto é escareado com a broca do escareador, onde o furo piloto usa uma broca piloto.

5 Ainda outras modalidades incluem métodos de formação de sistemas de perfuração. Forma-se uma broca piloto dotada de uma pluralidade de elementos de corte nas regiões de ombro de um perfil de corte da broca piloto, e os elementos de corte da pluralidade são posicionados sobre a broca piloto para ter um primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva. Forma-se uma broca do escareador que tem uma pluralidade de elementos de corte
10 nas regiões de ombro de um perfil de corte da broca do escareador, e os elementos de corte da pluralidade são posicionados sobre a broca do escareador para que haja um segundo ângulo médio de saída traseira efetiva maior que o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva. A broca piloto e a broca do escareador estão presas a uma coluna de perfuração comum.

15 Breve Descrição dos Desenhos

Para um entendimento detalhado da presente revelação, o relatório descritivo adiante deve ser consultado, devendo ser tomado em associação aos desenhos em anexo, onde elementos iguais foram, de modo geral, designados com números iguais, e em que:

20 A figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de poço que compreende uma coluna de perfuração que inclui uma broca do escareador produzida de acordo com uma modalidade da presente revelação;

A figura 2 é uma vista plana lateral de uma modalidade de uma broca do escareador que pode ser usada no sistema da figura 1;

25 A figura 3 é uma representação gráfica de um modelo de computador usado para calcular forças que atuam sobre os elementos de corte de uma broca do escareador como aquela da figura 2;

A figura 4 é um diagrama esquemático mostrando uma relação entre elementos de corte sobre uma broca piloto e elementos de corte sobre
30 a broca do escareador de acordo com uma modalidade da presente revelação;

A figura 5 é um gráfico mostrando uma relação entre o peso e

torque para uma broca piloto e brocas de escareador de acordo com modalidades da revelação;

5 A figura 6 é um quadro do ângulo de perfil, ângulo de saída traseira, ângulo de saída lateral e ângulo de saída traseira efetiva dos elementos de corte sobre uma broca piloto e elementos de corte sobre uma broca do escareador, de acordo com uma modalidade da presente revelação;

A figura 7 ilustra o ângulo de saída traseira de um elemento de corte sobre uma broca do escareador com aquela da figura 2; e

10 A figura 8 ilustra o ângulo de saída lateral de um elemento de corte sobre uma broca do escareador como aquela da figura 2.

Descrição Detalhada

15 As ilustrações aqui apresentadas não são vistas concretas de qualquer sistema de perfuração particular, composição de ferramenta de perfuração, ou componente de tal composição, sendo, contudo, representações idealizadas que são empregadas para descrever a presente invenção.

20 A figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de perfuração 100 exemplificativo que pode utilizar o aparelho e métodos aqui revelados para perfuração de poços. A figura 1 mostra um poço 110 que inclui uma seção mais alta 111 sobre o qual é instalado um revestimento 112, e uma seção mais baixa 114 que está sendo perfurada com uma coluna de perfuração 118. A coluna de perfuração 118 inclui um elemento tubular 116 que carrega uma composição de perfuração 130 em sua extremidade do fundo. O elemento tubular 116 pode ser constituído unindo seções de tubo de perfuração ou pode ser uma tubulação espiralada. A primeira broca de perfuração 150 (também denominada "broca piloto") é fixada à extremidade de fundo da composição de perfuração 130 para perfurar um primeiro furo de diâmetro menor 142 na formação 119. A segunda broca de perfuração 160 (também denominada neste instrumento "broca do escareador" ou "escareador") é disposta acima ou nas partes superiores do poço da broca piloto 150 na coluna de perfuração para ampliar o poço 142 até um segundo poço de diâmetro mais largo 120. Os termos poço e furo de poço são usados como sinônimos.

25

30

A coluna de perfuração 118 se estende até uma sonda 180 na superfície 167. A sonda 180 mostrada é uma sonda terrestre, para esclarecimento da explicação. O aparelho e métodos aqui descritos são igualmente aplicados quando uma sonda ao largo da costa é usada para efetuar perfurações submarinas. Um quadro giratório 169 ou um *top drive* (não mostrado) pode ser utilizado para girar a coluna de perfuração 118 e a composição de perfuração 130, e portanto a broca piloto 150 e a broca do escareador 160 para perfurar respectivamente os poços 142 e 114. A sonda 180 também inclui dispositivos convencionais, como mecanismos que adicionam seções complementares ao tubo de perfuração 116, enquanto o poço 110 é perfurado. A unidade de controle da superfície 190, que pode ser uma unidade computadorizada, é disposta na superfície para receber e processar dados do fundo do poço transmitidos pela composição de perfuração 130 e para controlar as operações de vários dispositivos e sensores na composição de perfuração 130. Um fluido de perfuração proveniente de uma fonte do mesmo 179 é bombeado sob pressão através do elemento tubular 116 que descarrega no fundo da broca piloto 150 e volta à superfície via espaço anular (também denominado "anular") entre a coluna de perfuração 118 e a parede interna do poço 110.

Durante a operação, quando a coluna de perfuração é girada, tanto a broca piloto 150 quanto o escareador 160 gira. A broca piloto 150 perfura o primeiro poço 142, ao mesmo tempo em que a broca do escareador 160 perfura o segundo e maior poço 120. A subsuperfície terrestre pode conter estrato de rocha constituído de diferentes estruturas rochas que podem variar desde formações macias até formações extremamente duras. Quando a formação muda de uma formação relativamente mais dura para uma formação relativamente mais macia, a broca piloto 150 começa a perfurar a formação macia, enquanto a broca do escareador ainda está perfurando a formação dura. Nessas condições, a broca do escareador 160 pode ser submetida a cargas substancialmente mais elevadas que a broca piloto 150, o que pode danificar a broca do escareador ou desgastá-la em uma taxa mais rápida, enquanto a broca piloto permanece em uma condição ope-

racional suficientemente satisfatória para prosseguir em serviço. Este desgaste irregular ocorre pelo fato de que os elementos de corte nas regiões mais baixas de brocas de escareador comumente usadas têm ângulos de saída traseira efetiva relativamente baixos e, sendo assim, uma agressividade elevada. Tipicamente, o ângulo de saída traseira dos elementos de corte do escareador é igual ou inferior a cerca de 30 graus, e o ângulo de saída lateral está abaixo de (inferior a) 5 graus, o que resulta em brocas de escareador com uma agressividade relativamente elevada. A broca do escareador 160 mostrada na figura 1 é produzida de acordo com os métodos aqui descritos para reduzir a carga sobre determinadas regiões da broca do escareador e aumentar a vida da broca, conforme descrito em mais detalhes em consulta às figuras 2 a 5.

A figura 2 ilustra uma modalidade de uma broca expansível do escareador 200 que pode ser usada no sistema de perfuração 100 da figura 1. A broca expansível do escareador 200 pode incluir um corpo tubular geralmente cilíndrico 208 que tem um eixo geométrico longitudinal L_{208} . O corpo tubular 208 da broca expansível do escareador 200 pode ter uma extremidade mais baixa 290 e uma extremidade mais alta 291. Os termos "mais baixo" e "mais alto," aqui usados em referência às extremidades 290, 291, se referem às posições típicas das extremidades 290, 291 uma em relação à outra, quando a broca expansível do escareador 200 é posicionada dentro de um poço. A extremidade mais baixa 290 do corpo tubular 208 da broca expansível do escareador 200 pode incluir um conjunto de roscas (por exemplo, um elemento de pino macho rosqueado) para conectar a extremidade mais baixa 290 a outra seção ou componente da coluna de perfuração 118 (figura 1). De modo semelhante, a extremidade mais alta 291 do corpo tubular 208 da broca expansível do escareador 200 pode incluir um conjunto de roscas (por exemplo, um elemento de caixa fêmea rosqueada) para conectar a extremidade mais alta 291 a uma seção de uma coluna de perfuração ou outro componente da coluna de perfuração 118 (figura 1).

A broca do escareador 200 inclui três lâminas ou blocos de corte deslizantes 201 que estão posicionados em uma circunferência ao redor do

corpo tubular 208. Cada lâmina 201 pode compreender uma ou mais fileiras de elementos de corte 222 fixados a um corpo da lâmina 201 em sua superfície externa 212. As lâminas 201 possuem mobilidade entre uma posição contraída, onde as lâminas 201 são mantidas no interior do corpo tubular 208, e uma posição estendida ou expandida onde as lâminas 201 se projetam lateralmente a partir do corpo tubular 208. Os elementos de corte 222 sobre as lâminas 201 engatam nas paredes de uma formação subterrânea dentro de um poço, quando as lâminas 201 estão na posição estendida, mas não engatam nas paredes da formação, quando as lâminas 201 estão na posição contraída. Apesar de a broca expansível do escareador 200 incluir três lâminas 201, observa-se que uma, duas ou mais de três lâminas 201 podem ser utilizadas. Mais ainda, apesar de as lâminas 201 estarem posicionadas simétrica e circunferencialmente em um eixo geométrico ao longo do corpo tubular 208, as lâminas 201 também podem ser posicionadas em circunferência assimétrica, e também podem ser posicionadas assimetricamente ao longo do eixo geométrico longitudinal L_{208} na direção de qualquer uma das extremidades 290 e 291.

A construção e operação da broca expansível do escareador 200 mostrada na figura 2 é descrita com mais detalhes na Publicação do Pedido de Patente dos Estados Unidos nº US 2008/0128175 A1 por Radford *et al.*, publicada em 5 de junho de 2008.

A figura 3 é uma representação gráfica de um modelo de computador dos elementos de corte 222 de uma broca do escareador, como a broca do escareador 200. Os elementos de corte 222 definem um perfil do cortador da broca do escareador 200, que é definida como o perfil de uma superfície 214 cortada mediante a rotação da broca do escareador 200 por meio de uma revolução completa. O perfil do cortador da broca do escareador 200 é removido do eixo geométrico longitudinal da broca do escareador 200 (ao contrário do perfil do cortador de uma broca piloto, que se estende até o eixo geométrico longitudinal da broca piloto), e pode ser visualizado pela rotação de cada um dos elementos de corte 222 ao redor de um eixo geométrico longitudinal da broca do escareador 200 em um plano comum.

Alguns dos elementos de corte 222 podem ser redundantes. Em outras palavras, dois ou mais dos elementos de corte 222 podem ser posicionados e orientados sobre a broca do escareador 200 para acompanhar substancialmente a mesma trajetória helicoidal, ao mesmo tempo em que a broca do escareador 200 é girada dentro de um poço enquanto um peso é aplicado à broca do escareador 200.

As figuras 2 e 3 apresentam meramente um exemplo de uma configuração (por exemplo, locais e orientações) dos elementos de corte 222 da broca do escareador 200. Qualquer configuração adequada dos elementos de corte 222 e do perfil de corte pode ser empregada nas modalidades da presente invenção.

Durante uma operação de perfuração, cada elemento de corte 222 pode ser submetido a uma força aplicada sobre o cortador pela formação que está sendo cortada. Essas forças que agem sobre cada elemento de corte 222 podem ser caracterizadas por um vetor de força, que representa a magnitude e a direção da força líquida que atua sobre o elemento de corte 222 pela formação. Como exemplo, os vetores de força 230 são mostrados para alguns dos elementos de corte 222 na figura 3. O local e a orientação dos elementos de corte 222, o perfil de corte, e os vetores de força mostrados na figura 3 não são interpretados como limitações.

Cada elemento de corte 222 da broca do escareador 200 inclui uma face de corte frontal, que pode ser caracterizada por um ângulo de saída traseira e um ângulo de saída lateral. A definição do "ângulo de saída traseira" é discriminada abaixo com referência à Figura 7, e uma definição do "ângulo de saída lateral" é discriminado abaixo com referência à Figura 8.

A figura 7 é uma vista em seção transversal de um elemento de corte 222 posicionado sobre a lâmina 201 da broca do escareador 200 (figura 3). A direção cortante é representada pela seta direcional 230. O elemento de corte 222 pode ser montado sobre a lâmina 201 em uma orientação de sorte que a face de corte 232 do elemento de corte 222 é orientada em um ângulo de saída traseira 234 em relação à linha 240. A linha 240 pode ser definida como uma linha que se estende (no plano da figura 7) radialmente

para fora a partir da superfície 212 da lâmina 201 da broca do escareador 200 em uma direção substancialmente perpendicular à mesma naquele local. Adicionalmente ou em alternativa, a linha 240 pode ser definida como uma linha que se estende (no plano da figura 7) radialmente para fora a partir da superfície 212 da broca do escareador 200 em uma direção substancialmente perpendicular à direção cortante 230. O ângulo de saída traseira 234 pode ser medido em relação à linha 240, sendo ângulos positivos medidos no sentido anti-horário, e ângulos negativos medidos no sentido horário.

A figura 8 é uma vista lateral parcial ampliada de um elemento de corte 222 montado sobre lâmina 201 da broca do escareador 200 (figura 3). A direção cortante é representada pela seta direcional 230. O elemento de corte 222 pode ser montado sobre a lâmina 201 em uma orientação tal que a face de corte 232 do elemento de corte 222 é orientada substancialmente perpendicular à direção cortante 230. Nessa configuração, o elemento de corte 222 não exibe um ângulo de saída lateral. O ângulo de saída lateral do elemento de corte 222 pode ser definido como o ângulo entre a linha 240, que é orientada substancialmente perpendicular à direção cortante 230 e tangente à superfície 212 da lâmina 201 próxima da face de corte 232, sendo os ângulos positivos medidos no sentido anti-horário, e os ângulos negativos medidos no sentido horário. Por exemplo, um elemento de corte 222 pode ser montado na orientação representada pela linha tracejada 242A. Nesta configuração, o elemento de corte 222 pode ter um ângulo de saída lateral negativo 244A. Ademais, o elemento de corte 222 pode ser montado na orientação representada pela linha tracejada 242B. Nesta configuração, o elemento de corte 222 pode ter um ângulo de saída lateral positivo 244B.

A agressividade de um elemento de corte 222 depende do ângulo de saída traseira efetiva do elemento de corte. Um ângulo de saída traseira maior reduz a agressividade. A agressividade total de uma região de uma broca baseia-se no ângulo de saída traseira efetiva total ou médio dos elementos de corte naquela região. O ângulo de saída traseira efetiva pode ser definido por, e calculado a partir da equação 1:

$$\text{BKR efetiva} = \text{BKR} \cos(\text{PA}) + \text{SRK} \sin(\text{PA})$$

em que BKR é a saída traseira do elemento de corte, SRK é a saída lateral do elemento de corte, e PA é o ângulo de perfil do elemento de corte, onde o ângulo de perfil é definido como o ângulo entre a linha que se estende em posição normal à superfície da lâmina no ponto em que o elemento de corte está localizado e passa através do centro do elemento de corte, e uma linha que se estende através do centro do elemento de corte paralelamente ao eixo geométrico longitudinal da broca (vide a figura 4). A orientação dos elementos de corte, no entanto, é selecionada de acordo com os métodos e recursos descritos com referência às figuras 4-5.

A figura 4 mostra um esquema simplificado de uma broca do escareador 350 produzida de acordo com uma modalidade da revelação e uma broca piloto 310 que pode ser usada com a broca do escareador 350. A figura 4 ilustra um perfil do elemento de corte de alguns elementos de corte em cada uma delas, a broca do escareador 350 e a broca piloto 310. A broca piloto 310 é mostrada incluindo um corpo de broca 312, que tem uma pluralidade de lâminas. Uma lâmina 314 e seu perfil são mostrados na figura 4. O perfil da lâmina 314 inclui uma região de nariz 316 próxima ao ponto mais fundo 318 da broca piloto 310, uma região de cone 320, uma região de ombro mais baixa 322, e uma região de ombro mais alta 324. A região de cone 320 é mostrada to include elementos de corte P_1 e P_2 , a região de nariz 316 é mostrada to include elemento de corte P_3 , a região de ombro mais baixa 322 é mostrada incluindo os elementos de corte P_4 e P_5 , e a região de ombro mais alta 324 é mostrada incluindo os elementos de corte P_6 - P_7 .

Cada elemento de corte tem um ângulo de perfil PA definido como o ângulo entre a linha 340 que se estende em posição normal á superfície da lâmina no ponto em que o elemento de corte está localizado e passa através do centro d elemento de corte, e a linha 342 que se estende através do centro do elemento de corte paralelamente ao eixo geométrico longitudinal da broca. Por exemplo, o ângulo de perfil do elemento de corte P_4 pode ter cerca de 45 graus, o ângulo de perfil do elemento de corte P_5 pode ter cerca de 60 graus, e o ângulo de perfil do elemento de corte P_7 pode ter cerca de 80 graus. A broca do escareador 350 é mostrada incluindo os elemen-

tos de corte R_1 - R_3 sobre uma região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350, e os elementos de corte R_4 - R_6 sobre uma região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 350.

5 O número de elementos de corte em cada uma das regiões dos perfis mostrada na figura 4 é selecionado arbitrariamente neste documento unicamente com propósitos ilustrativos e de facilidade de entendimento. Na prática, o número de elementos de corte em cada uma das regiões dos perfis, os locais dos elementos de corte, e a orientação dos mesmos são selecionados com base em diversos critérios de desenho e do uso pretendido para as brocas. Os critérios do desenho podem incluir o desenho dos elementos de corte de uma broca piloto que é destinada ao uso junto com a broca do escareador.

15 A região de cone 320 da broca piloto 310 pode ser definida como a região da broca piloto que se estende a partir do elemento de corte radialmente mais próximo ao eixo geométrico longitudinal da broca piloto 310 até o último elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA igual ou inferior a cerca de -10 graus. A região de nariz 316 da broca piloto 310 pode ser definida como a região da broca piloto 310 que se estende a partir do primeiro elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA maior que cerca de -10 graus até o último elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA igual ou inferior a cerca de 10 graus. A região de ombro mais baixa 322 da broca piloto 310 pode ser definida como a região da broca piloto 310 que se estende a partir do primeiro elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA maior que cerca de 10 graus até o último elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA igual ou inferior a cerca de 79 graus. A região de ombro mais alta 324 da broca piloto 310 pode ser definida como a região da broca piloto 310 que se estende a partir do primeiro elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA maior que cerca de 79 graus até o primeiro elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA de cerca de 90 graus.

30 A região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 pode ser definida como a região da broca do escareador 350 que se estende a partir do primeiro elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA de ao

menos cerca de 10 graus até o último elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA igual ou inferior a cerca de 79 graus. A região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 350 pode ser definida como a região da broca do escareador 350 que se estende a partir do primeiro elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA maior que cerca de 79 graus até o primeiro elemento de corte que tem um ângulo de perfil PA de cerca de 90 graus.

Em referência à figura 6, o Quadro 1 mostra um exemplo do ângulo de perfil PA, ângulo de saída traseira BRK e ângulo de saída lateral SRK para cada um dos elementos de corte P_1 - P_7 da broca piloto 310 e elementos de corte R_1 - R_5 da broca do escareador 350. O ângulo de saída traseira efetiva ("EFF. BRK"), calculado com o uso da equação 1 acima para cada elemento de corte, é mostrado na última coluna do quadro 1. Conforme já observado, quanto maior a saída traseira efetiva de um elemento de corte, mais baixa a agressividade do elemento de corte. No exemplo mostrado no quadro 1, a saída traseira efetiva total (isto é, média) dos elementos de corte na região de ombro mais alta 324 (elementos de corte P_5 - P_7) da broca piloto 310 é substancialmente inferior à saída traseira efetiva total (isto é, média) dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 322 (elemento de corte P_4). Sendo assim, a região de ombro mais alta 324 da broca piloto 310 é mais agressiva que a região de ombro mais baixa 322. Nas brocas pilotos PDC típicas, os ângulos de saída traseira dos elementos de corte nas várias regiões do perfil são frequentemente iguais e inferiores a vinte graus. Os ângulos de saída lateral dos elementos de corte nas várias regiões do perfil também são frequentemente iguais e entre zero e cinco graus. Os ângulos de saída lateral dos elementos de corte empregados nas brocas de escareador são frequentemente iguais a zero graus. Esses valores baixos dos ângulos de saída lateral, e a orientação dos elementos de corte em um ângulo de saída traseira uniforme entre cerca de 15 graus e cerca de 30 graus, proporcionam ângulos de saída traseira efetiva relativamente baixos e uma agressividade substancialmente elevada para as regiões da broca do escareador. Portanto, as combinações de brocas de escareador e piloto anteri-

ormente empregadas proporcionam brocas de perfuração dotadas de uma distribuição irregular de carga entre a broca do escareador e a broca piloto durante a perfuração do poço, o que pode avariar a broca do escareador quando a broca piloto 310 estiver perfurando uma formação macia, ao mesmo tempo em que a broca do escareador 350 ainda está perfurando uma formação dura. Isso decorre tipicamente do fato de que, sob tais condições de perfuração, a região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 está submetida a uma carga elevada, o que pode causar dano à broca do escareador 350 ou desgastá-la rapidamente, enquanto a broca piloto 310 ainda permanece em uma condição aceitável.

O quadro 1 mostra ainda um exemplo da seleção dos ângulos de saída lateral dos elementos de corte da broca do escareador 350 para controlar a agressividade da broca do escareador 350 de acordo com algumas modalidades da presente invenção. Como mostra o quadro 1, os ângulos de saída lateral dos elementos de corte $R_1 - R_6$ na broca do escareador 350 pode variar de 25 graus a 5 graus. Em modalidades adicionais, os ângulos de saída lateral dos elementos de corte $R_1 - R_6$ na broca do escareador 350 podem ser uniformes (isto é, ao menos substancialmente equivalentes) e igual ou superior a cerca de 5 graus.

A saída traseira efetiva média dos elementos de corte $R_1 - R_3$ na região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 é substancialmente maior que a saída traseira efetiva média dos elementos de corte $R_4 - R_6$ na região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 350. A saída traseira efetiva média dos elementos de corte $R_1 - R_3$ na região de ombro mais baixa 352 é de 23,8 graus, enquanto a saída traseira efetiva média dos elementos de corte $R_4 - R_6$ na região de ombro mais alta 354 é de 7,9 graus. Sendo assim, na modalidade da figura 3, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 é ao redor de três (3) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 354. Em modalidades adicionais da presente invenção, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 pode ser cerca de igual ou superior a cerca de uma vez e meia (1,5) a

saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 354. Ainda em outras modalidades, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 pode ser cerca de duas vezes (2) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 354, ou até mesmo igual ou superior a três vezes (3) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 354.

Ademais, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte R_1 - R_3 na região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 é substancialmente maior que a saída traseira efetiva média dos elementos de corte P_4 - P_5 na região de ombro mais baixa 322 da broca piloto 310. A saída traseira efetiva média dos elementos de corte R_1 - R_3 na região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 é de 23,8 graus, enquanto a saída traseira efetiva média dos elementos de corte P_4 - P_5 na região de ombro mais baixa 322 da broca piloto 310 é de 11,4 graus. Portanto, na modalidade da figura 3, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 é aproximadamente 2 vezes (duas) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 322 da broca piloto 310. Em modalidades adicionais da presente invenção, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 pode ser igual ou superior a cerca de uma vez e meia (1,5) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 322 da broca piloto 310. Em outras modalidades adicionais, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 pode ser maior que aproximadamente 2 vezes (duas) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 322 da broca piloto 310, ou até mesmo igual ou superior a cerca de três vezes (3) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 322 da broca piloto 310.

Em acréscimo, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte R_4 - R_6 na região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 350 é

substancialmente maior que a saída traseira efetiva média dos elementos de corte $P_6 - P_7$ na região de ombro mais alta 324 da broca piloto 310. A saída traseira efetiva média dos elementos de corte $R_4 - R_6$ na região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 350 é de 7,9 graus, enquanto a saída traseira efetiva média dos elementos de corte $P_6 - P_7$ na região de ombro mais alta 324 da broca piloto 310 é de 4,3 graus. Sendo assim, na modalidade da figura 3, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 350 é ao redor de 1,8 vezes a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 324 da broca piloto 310. Em modalidades adicionais da presente invenção, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 350 pode ter igual ou superior a cerca de uma vez e meia (1,5) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 324 da broca piloto 310. Em outras modalidades complementares, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 350 pode ser maior que cerca de 1,8 vezes (por exemplo, ao redor de duas (2) vezes) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 324 da broca piloto 310, ou até mesmo igual ou superior a cerca de três vezes (3) a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais alta 324 da broca piloto 310.

De modo geral, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte nas regiões de ombro 352, 354 da broca do escareador 350 pode ser substancialmente maior que a saída traseira efetiva média efetiva dos elementos de corte nas regiões de ombro 322, 324 da broca piloto 310. Por exemplo, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte $R_1 - R_6$ nas regiões de ombro 352, 354 da broca do escareador 350 é de 15,9 graus, enquanto a saída traseira efetiva média dos elementos de corte $P_4 - P_7$ nas regiões de ombro 322, 324 da broca piloto 310 é de 7,9 graus. Portanto, na modalidade da figura 3, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte nas regiões de ombro 352, 354 da broca do escareador 350 é aproximadamente 2 vezes (duas) a saída traseira efetiva média dos elementos de

corte nas regiões de ombro 322, 324 da broca piloto 310. Em modalidades adicionais da presente invenção, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte nas regiões de ombro 352, 354 da broca do escareador 350 pode ser aproximadamente 1,5 vezes (uma vez e meia) a saída traseira efetiva média efetiva dos elementos de corte nas regiões de ombro 322, 324 da broca piloto 310. Em outras modalidades complementares, a saída traseira efetiva média efetiva dos elementos de corte nas regiões de ombro 352, 354 da broca do escareador 350 pode ser maior que aproximadamente 2 vezes (duas) a saída traseira efetiva média efetiva dos elementos de corte nas regiões de ombro 322, 324 da broca piloto 310, ou até mesmo igual ou superior a cerca de três vezes (3) a saída traseira efetiva média efetiva dos elementos de corte nas regiões de ombro 322, 324 da broca piloto 310.

Seria interessante que o ângulo do perfil dos elementos de corte sobre a broca piloto 310 fosse capaz de variar ao longo de uma gama relativamente ampla de ângulos, enquanto os elementos de corte sobre a broca do escareador 350 fossem capazes de variar ao longo de uma gama de ângulos relativamente estreita. Portanto, se a intenção for reduzir a saída traseira efetiva média efetiva dos elementos de corte na broca do escareador 350, e, assim, a agressividade da broca do escareador, o ângulo de perfil pode ter uma característica imediatamente variável dos elementos de corte da broca do escareador 350. Além disso, observa-se que o seno de um ângulo é relativamente maior que o cosseno do ângulo para ângulos entre quarenta e cinco graus e noventa graus, enquanto o cosseno de um ângulo é relativamente maior que o seno do ângulo para ângulos entre zero graus e quarenta e cinco graus. Portanto, é possível valorizar, mediante observação da equação 1 acima que, para os ângulos entre quarenta e cinco graus e noventa graus, um aumento maior no ângulo de saída traseira efetiva pode ser obtido variando o ângulo de saída lateral (que é fatorado pelo seno do ângulo de perfil) do que o que pode ser obtido pela variação do ângulo de saída traseira (que é fatorado pelo cosseno do ângulo de perfil) pelo mesmo grau.

Sendo assim, em algumas modalidades, pode ser desejável alte-

rar o ângulo de saída traseira efetiva dos elementos de corte da broca do escareador 350 variando os ângulos de saída lateral dos elementos de corte da broca do escareador 350. Por exemplo, um ou mais elementos de corte da broca do escareador 350 podem ter um ângulo de saída lateral igual ou superior a cerca de cinco graus (5°). Como mostra o quadro 1 (figura 6), os elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 do perfil de corte da broca do escareador 350 podem ter um primeiro ângulo médio de saída lateral, e elementos de corte da broca do escareador 350 na região de ombro mais alta 354 do perfil de corte da broca do escareador 350 pode ter um segundo ângulo médio de saída lateral que é inferior ao primeiro ângulo médio de saída lateral. Como mostra o quadro 1 (figura 6), o ângulo médio de saída lateral dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 pode ser maior que cerca de doze graus (12°) (por exemplo, igual ou superior a cerca de quinze (15°) graus), e o ângulo médio de saída lateral dos elementos de corte na região de ombro mais alta 354 pode ser inferior a cerca de doze graus (12°) (por exemplo, igual ou inferior a cerca de (10°) graus). No exemplo particular não limitante mostrado no quadro 1 (figura 6), os elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 têm um ângulo médio de saída lateral de vinte graus (20°), e os elementos de corte na região de ombro mais alta 354 têm um ângulo médio de saída lateral de 6 a 7 graus decimais (6,7°). Sendo assim, em algumas modalidades da broca do escareador 350, os elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 do perfil de corte têm um ângulo médio de saída lateral de ao menos cerca de quinze graus (15°). Também como mostra o quadro 1 (figura 6), em algumas modalidades, os elementos de corte da broca piloto 310 (por exemplo, os elementos de corte nas regiões de ombro da broca piloto 310, ou os elementos de corte em todas as regiões da broca piloto 310) podem ter um ângulo médio de saída lateral igual ou inferior a cerca de dez graus (10°), ou até mesmo igual ou inferior a cerca de cinco graus (5°) (por exemplo, cerca de três graus (3°)).

Nas configurações descritas acima, a agressividade da região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 é substancialmente me-

nor que a agressividade da região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 350. Além disso, no exemplo do quadro 1, a saída traseira efetiva média efetiva dos elementos de corte na região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 350 é substancialmente maior que a saída traseira efetiva média efetiva do elemento de corte em cada uma das regiões da broca piloto. Por conseguinte, durante a perfuração de um poço com a broca piloto 310 e com a broca do escareador 350, a região de ombro mais baixa 352 da broca do escareador 310 será menos agressiva que a região de ombro mais alta 354 da broca do escareador 310, e menos agressiva que a região de ombro mais alta 324 e a região de ombro mais baixa 322 da broca piloto 310 individualmente, reduzindo com isso as chances de um rápido desgaste e colapso, quando a broca piloto 310 estiver perfurando a formação macia, ao mesmo tempo em que a broca do escareador 350 está perfurando a formação dura. O quadro 1 mostra simplesmente um exemplo de um método que pode ser usado para alterar o ângulo de saída traseira, e assim, a agressividade dos elementos de corte de uma broca do escareador. Os ângulos de saída traseira efetiva dos elementos de corte sobre a broca do escareador, e assim, a agressividade da broca do escareador, pode ser personalizada de forma seletiva (por exemplo, reduzida) escolhendo uma combinação particular de ângulos de saída lateral e dos ângulos de saída traseira para os elementos de corte da broca do escareador. Em acréscimo, a saída traseira efetiva média dos elementos de corte da broca do escareador pode ser personalizada de forma seletiva junto com a saída traseira efetiva média dos elementos de corte em uma ou mais regiões de uma broca piloto junto com a qual a broca do escareador deve ser usada. Por conseguinte, a agressividade da broca do escareador pode ser compatibilizada com (por exemplo, reduzida em relação) a agressividade da broca piloto selecionando apropriadamente os ângulos de saída lateral e os ângulos de saída traseira dos elementos de corte na broca do escareador e na broca piloto. Sendo assim, em algumas modalidades, uma distribuição ideal do peso-na-broca pode ser aplicada entre a broca do escareador e a broca piloto.

A figura 5 mostra um gráfico 400 da relação de torque e peso

sobre a broca de uma broca piloto PB (que é similar à broca piloto 310) e o efeito da alteração dos ângulos de saída lateral (e, portanto, ângulos de saída traseira efetiva) para as brocas de escareador R_A , R_B e R_C . A curva 402 mostra que o comportamento da broca piloto P_B é substancialmente normal (isto é, o torque aumenta linearmente em uma taxa estável com peso crescente). Os elementos de corte da broca do escareador R_A têm o mesmo ângulo de saída traseira, e cada elemento de corte tem um ângulo de saída lateral de cerca de três graus. A curva 404 indica que o torque sobre a broca do escareador R_A aumenta com o peso crescente em uma taxa muito mais alta que o torque sobre a broca piloto P_B . Sendo assim, se a broca do escareador R_A for usada junto com a broca piloto P_B , a distribuição de carga entre a broca do escareador R_A e a broca piloto P_B seria relativamente irregular, onde um torque bem mais elevado é aplicado ao escareador R_A , o que pode resultar no desgaste relativamente rápido do escareador R_A . Os elementos de corte da broca do escareador R_B foram alterados para aumentar a saída traseira efetiva média dos elementos de corte na região de ombro mais baixa da broca do escareador R_B . A curva 406 indica que, se a broca do escareador R_B é usada junto com a broca piloto P_B invés da broca do escareador R_A , uma melhor distribuição de carga seria fornecida entre a broca do escareador R_B e a broca piloto P_B , em comparação à distribuição de carga entre a broca do escareador R_A e a broca piloto P_B . Em outras palavras, o torque sobre a broca do escareador R_B seria menor para um dado peso do que o torque sobre a broca do escareador R_A para aquele peso. Os elementos de corte da broca do escareador R_C exibem um ângulo médio de saída traseira efetiva maior que os elementos de corte da broca do escareador R_B pelo fato de o ângulo médio de saída lateral dos elementos de corte da broca do escareador R_C ser maior que o dos elementos de corte da broca do escareador R_B . A curva 408 indica que, se a broca do escareador R_C for usada junto com a broca piloto P_B ao invés da broca do escareador R_B ou da broca do escareador R_A , uma melhor distribuição de carga seria fornecida entre a broca do escareador R_C e a broca piloto P_B . Em outras palavras, o torque sobre a broca do escareador R_C seria menor para um dado peso do

que o torque sobre a broca do escareador R_A ou sobre a broca do escareador R_B para aquele peso.

Portanto, de acordo com modalidades da presente invenção, conforme descrito acima, a relação entre a saída traseira efetiva média dos elementos de corte sobre a broca do escareador e a saída traseira efetiva média dos elementos de corte sobre uma broca piloto pode ser projetada e configurada para distribuir um peso entre a broca do escareador e a broca piloto de maneira a aperfeiçoar a distribuição de cargas entre a broca do escareador e a broca piloto e estender a vida do sistema de perfuração.

As modalidades da presente invenção também incluem métodos para formação de brocas de escareador e sistemas de perfuração, incluindo-se brocas de escareador e brocas pilotos, conforme previamente descrito neste instrumento, bem como métodos de uso das brocas de escareador e dos sistemas de perfuração, incluindo-se brocas de escareador e brocas pilotos conforme já descrito anteriormente.

Em caráter exemplificativo, e não limitante, para perfurar um poço em uma formação subterrânea, pode-se selecionar uma broca piloto dotada de elementos de corte em suas regiões de ombro que têm um primeiro ângulo de saída traseira efetiva. Pode ser selecionada uma broca do escareador que tenha elementos de corte em suas regiões de ombro que têm um segundo ângulo de saída traseira efetiva maior que o primeiro ângulo de saída traseira efetiva. A broca piloto então pode ser usada para perfurar o furo piloto, e o furo piloto pode ser escareado com a broca do escareador perfurando o furo piloto com o uso da broca piloto. Esse método pode ser adaptado para acomodar qualquer uma das várias estruturas e recursos descritos acima para as várias modalidades das brocas de escareador e dos sistemas de perfuração da presente invenção.

Como outro exemplo não limitante, um sistema de perfuração pode ser constituído formando uma broca piloto dotada de uma pluralidade de elementos de corte nas regiões de ombro de um perfil de corte da broca piloto, formando a broca do escareador dotada de uma pluralidade de elementos de corte nas regiões de ombro de um perfil de corte da broca do es-

careador, e prendendo a broca piloto e a broca do escareador a uma coluna de perfuração comum. Os elementos de corte da pluralidade sobre a broca piloto são posicionados para ter um primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva, e os elementos de corte da pluralidade sobre a broca do escareador são posicionados para ter um segundo ângulo médio de saída traseira efetiva maior que o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva. Novamente, esse método pode ser adaptado para acomodar as várias estruturas e recursos já descritos acima para as diversas modalidades de brocas de escareador e sistemas de perfuração da presente invenção.

10 O relatório descritivo precedente é dirigido às modalidades particulares a título ilustrativo e esclarecimento. Os indivíduos versados na técnica, no entanto, perceberão com clareza a possibilidade da realização de muitas modificações e alterações das modalidades descritas acima sem desviar do escopo e da essência das modalidades aqui reveladas. As reivindicações adiante se destinam a uma interpretação que abranja todas as referidas modificações e alterações.

REIVINDICAÇÕES

1. Broca do escareador compreendendo:

um corpo geralmente tubular que se estende entre uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, sendo o corpo geralmente tubular configurado para fixação a uma coluna de perfuração; e

5 uma pluralidade de elementos de corte dispostos em uma ou mais lâminas transportados pelo corpo geralmente tubular entre a sua primeira extremidade e a sua segunda extremidade, em que os elementos de corte da pluralidade definem um perfil de corte radialmente separado de um eixo longitudinal da broca do escareador e separado longitudinalmente da primeira extremidade e da segunda extremidade do corpo geralmente tubular quando a uma ou mais lâminas estão em uma posição operável;

a broca do escareador caracterizada pelo fato de que:

15 pelo menos um elemento de corte da pluralidade de elementos de corte tem um ângulo de saída lateral efetivo de quinze graus (15°) ou superior, em que pelo menos um elemento de corte da pluralidade de elementos de corte possui ângulo de saída lateral de cinco graus (5°) ou superior, e em que a pluralidade de elementos de corte compreende todos os elementos de corte transportados pela broca de escareador entre a primeira e a segunda extremidade.

2. Broca do escareador compreendendo:

um corpo geralmente tubular que se estende entre uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, sendo o corpo geralmente tubular configurado para fixação a uma coluna de perfuração; e

25 uma pluralidade de elementos de corte transportados pelo corpo geralmente tubular entre a sua primeira extremidade e a sua segunda extremidade, em que os elementos de corte da pluralidade definem um perfil de corte radialmente separado de um eixo longitudinal da broca do escareador quando a uma ou mais lâminas estão em uma posição operável;

30 a broca do escareador caracterizada pelo fato de que:

ao menos um elemento de corte da pluralidade possui um ângulo de saída lateral efetivo de quinze graus (15°) ou mais; e

em que um perfil de corte da broca de escareador inclui uma região de ombro mais baixa e uma região de ombro mais alta, em que os elementos de corte na região de ombro mais baixa têm um primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva que é maior que um segundo ângulo médio de saída traseira efetiva dos elementos de corte na região de ombro mais alta.

3. Broca do escareador, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que os elementos de corte na região de ombro mais baixa têm um primeiro ângulo médio de saída lateral que é maior que um segundo ângulo médio de saída lateral dos elementos de corte na região de ombro mais alta.

4. Broca do escareador, de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que primeiro ângulo médio de saída lateral é maior que quinze graus (15°), e o segundo ângulo médio de saída lateral é menor que dez graus (10°).

5. Broca do escareador, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva é 1,5 vezes (uma vez e meia) o segundo ângulo médio de saída traseira efetiva.

6. Broca do escareador, de acordo com a reivindicação 5, caracterizada pelo fato de que o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva é maior que vinte graus (20°), e o segundo ângulo médio de saída traseira efetiva é inferior a quinze graus (15°).

7. Broca do escareador, de acordo com a reivindicação 5, caracterizada pelo fato de que o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva é 2 vezes (duas) o segundo ângulo médio de saída traseira efetiva.

8. Broca do escareador, de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva é maior que vinte graus (20°), e o segundo ângulo médio de saída traseira efetiva é menor que dez graus (10°).

9. Broca do escareador compreendendo:
um corpo geralmente tubular que se estende entre uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, sendo o corpo geralmente tubular configurado para fixação a uma coluna de perfuração; e

uma pluralidade de elementos de corte dispostos em uma ou mais lâminas transportadas pelo corpo geralmente tubular entre a sua primeira extremidade e a sua segunda extremidade, em que os elementos de corte da pluralidade definem um perfil de corte radialmente separado de um eixo longitudinal da broca do escareador e longitudinalmente separado da primeira extremidade e da segunda extremidade do corpo geralmente tubular quando a uma ou mais lâminas estão em uma posição operável;

5 a broca do escareador caracterizada pelo fato de que:
pelo menos um elemento de corte da pluralidade possui um ângulo de saída lateral efetivo de cinco graus (5°) ou mais; e
10 em que a pluralidade de elementos de corte compreende todos os elementos de corte transportados pela broca de escareador entre a primeira extremidade e a segunda extremidade.

10. Broca do escareador compreendendo:
15 um corpo geralmente tubular que se estende entre uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, sendo o corpo geralmente tubular configurado para fixação a uma coluna de perfuração; e

uma pluralidade de elementos de corte transportados pelo corpo geralmente tubular entre a sua primeira extremidade e a sua segunda extremidade, em que os elementos de corte da pluralidade definem um perfil de corte radialmente separado de um eixo longitudinal da broca do escareador quando a uma ou mais lâminas estão em uma posição operável;

25 a broca do escareador caracterizada pelo fato de que:
pelo menos um elemento de corte da pluralidade possui um ângulo de saída lateral efetivo de cinco graus (5°) ou mais;

em que os elementos de corte da pluralidade em uma região de ombro mais baixa do perfil de corte têm um primeiro ângulo médio de saída lateral e em que elementos de corte da pluralidade em uma segunda região de ombro mais alta do perfil de corte têm um segundo ângulo médio de saída lateral dos elementos de corte menor que o primeiro ângulo médio de saída lateral.

11. Broca do escareador, de acordo com a reivindicação 10, caracterizada pelo fato de que o primeiro ângulo de médio de saída lateral é maior que doze graus (12°) e o segundo ângulo médio de saída lateral é menor que doze graus (12°).

5 12. Broca do escareador compreendendo:

um corpo geralmente tubular que se estende entre uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, sendo o corpo geralmente tubular configurado para fixação a uma coluna de perfuração; e

10 uma pluralidade de elementos de corte dispostos em uma ou mais lâminas transportados pelo corpo geralmente tubular entre a sua primeira extremidade e a sua segunda extremidade, em que os elementos de corte da pluralidade definem um perfil de corte radialmente separado de um eixo longitudinal da broca do escareador quando a uma ou mais lâminas estão em uma posição operável;

15 a broca do escareador caracterizada pelo fato de que:

peelo menos um elemento de corte da pluralidade de elementos de corte possui um ângulo de saída lateral de cinco graus (5°) ou mais;

20 em que os elementos de corte da pluralidade em uma região de ombro mais baixa do perfil de corte têm um ângulo médio de saída lateral de pelo menos quinze graus (15°); e

em que a pluralidade de elementos de corte compreende todos os elementos de corte transportados pela broca de escareador entre a primeira extremidade e a segunda extremidade.

13. Sistema de perfuração compreendendo:

25 uma broca piloto que compreende uma primeira pluralidade de elementos de corte definindo um primeiro perfil de corte da broca piloto;

30 uma broca do escareador para alargamento de um furo de poço perfurado, em que a broca de escareador compreende uma segunda pluralidade de elementos de corte definindo um segundo perfil de corte da broca do escareador,

o sistema de perfuração caracterizado pelo fato de que:

os elementos de corte da primeira pluralidade nas regiões de ombro do primeiro perfil de corte da broca piloto têm um primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva; e

5 sendo que os elementos de corte da segunda pluralidade nas regiões de ombro do segundo perfil de corte da broca do escareador têm um segundo ângulo médio de saída traseira efetiva que é maior que o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva.

14. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o segundo ângulo médio de saída traseira efetiva
10 é 1,5 vezes (uma vez e meia) o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva.

15. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a segunda saída traseira média é igual ou superior a quinze graus (15°), e o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva
15 é menor que dez graus (10°).

16. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o segundo ângulo médio de saída traseira efetiva é 2 vezes (duas) o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva.

17. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que os elementos de corte da primeira pluralidade nas
20 regiões de ombro do primeiro perfil de corte da broca piloto possuem um primeiro ângulo médio de saída lateral, e os elementos de corte da segunda pluralidade nas regiões de ombro do segundo perfil de corte da broca de escareador possuem um segundo ângulo médio de saída lateral que é maior do
25 que o primeiro ângulo médio de saída lateral.

18. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o primeiro ângulo médio de saída lateral é inferior a cinco graus (5°) e o segundo ângulo médio de saída lateral é maior que cinco graus (5°).

19. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o segundo ângulo médio de saída lateral é de
30 pelo menos dez graus (10°).

20. Sistema de perfuração compreendendo:

uma broca piloto que compreende uma primeira pluralidade de elementos de corte definindo um primeiro perfil de corte da broca piloto; e

5 uma broca do escareador para alargamento de um furo de poço perfurado pela broca piloto, em que a broca de escareador compreende uma segunda pluralidade de elementos de corte definindo um segundo perfil de corte da broca do escareador,

o sistema de perfuração caracterizado pelo fato de que:

10 pelo menos um elemento de corte da segunda pluralidade de elementos de corte têm um ângulo de saída lateral de cinco graus (5°) ou mais, em que elementos de corte da segunda pluralidade de elementos de corte em uma região de ombro mais baixa do segundo perfil de corte que possui um primeiro ângulo médio de saída lateral, e em que elementos de corte da segunda pluralidade de elementos de corte em uma região de ombro mais alta
15 do segundo perfil de corte que possui um segundo ângulo médio de saída lateral menor que o primeiro ângulo médio de saída traseira.

21. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que o primeiro ângulo médio de saída lateral é superior a 12 graus (12°) e o segundo ângulo médio de saída lateral é inferior a 12
20 graus (12°).

22. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o primeiro ângulo médio de saída lateral é de quinze graus (15°) ou mais, e o segundo ângulo médio de saída lateral é de dez graus (10°) ou menos.

25 23. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que os elementos de corte da segunda pluralidade de elementos de corte em uma região de ombro mais baixa do segundo perfil de corte possuem um ângulo médio de saída lateral de pelo menos quinze graus (15°).

30 24. Sistema de perfuração, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que os elementos de corte da primeira pluralidade de elementos de corte em regiões de ombro da broca piloto possuem um ângulo

médio de saída lateral de dez graus (10°) ou menos.

25. Método de perfurar um furo de poço em uma formação subterrânea compreendendo:

- 5 selecionar uma broca piloto;
 selecionar uma broca de escareador;
 perfurar um furo piloto usando a broca piloto; e
 escarear o furo piloto do a broca de escareador enquanto perfura o furo piloto usando a broca piloto;
- 10 o método caracterizado pelo fato de que:
 selecionar uma broca piloto compreende selecionar uma broca piloto que possui uma primeira pluralidade de elementos de corte em regiões de ombro de um perfil de corte da broca piloto, em que os elementos de corte da primeira pluralidade possuem um primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva; e
- 15 sendo que selecionar uma broca de escareador compreende selecionar uma broca de escareador que possui uma segunda pluralidade de elementos de corte em regiões de ombro de um perfil de corte da broca de escareador, em que os elementos de corte da segunda pluralidade possuem um segundo ângulo médio de saída traseira efetiva maior que o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva.
- 20

26. Método, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que selecionar a broca de escareador compreende adicionalmente selecionar uma broca de escareador que possui uma segunda pluralidade de elementos de corte em regiões de ombro de um perfil de corte da broca de escareador, em que os elementos de corte da segunda pluralidade possuem um segundo ângulo médio de saída traseira efetiva maior que uma vez e meia (1,5) o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva.

25

27. Método de formar um sistema de perfuração compreendendo:
 formar uma broca piloto que possui uma primeira pluralidade de elementos de corte nas regiões de ombro de um perfil de corte da broca piloto;

30 formar uma broca do escareador que tem uma segunda pluralidade de elementos de corte nas regiões de ombro de um perfil de corte da

broca do escareador;

posicionar os elementos de corte da segunda pluralidade sobre a broca do escareador para ter um segundo ângulo médio de saída traseira efetiva maior que o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva; e

5 prender a broca piloto e a broca do escareador a uma coluna de perfuração comum;

o método caracterizado por:

posicionar os elementos de corte da primeira pluralidade sobre a broca piloto para ter um primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva.

10 28. Método, de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente prender os elementos de corte da segunda pluralidade à broca do escareador em orientações que fazem com que o segundo ângulo médio de saída traseira efetiva seja maior que 1,5 vezes (uma vez e meia) o primeiro ângulo médio de saída traseira efetiva.

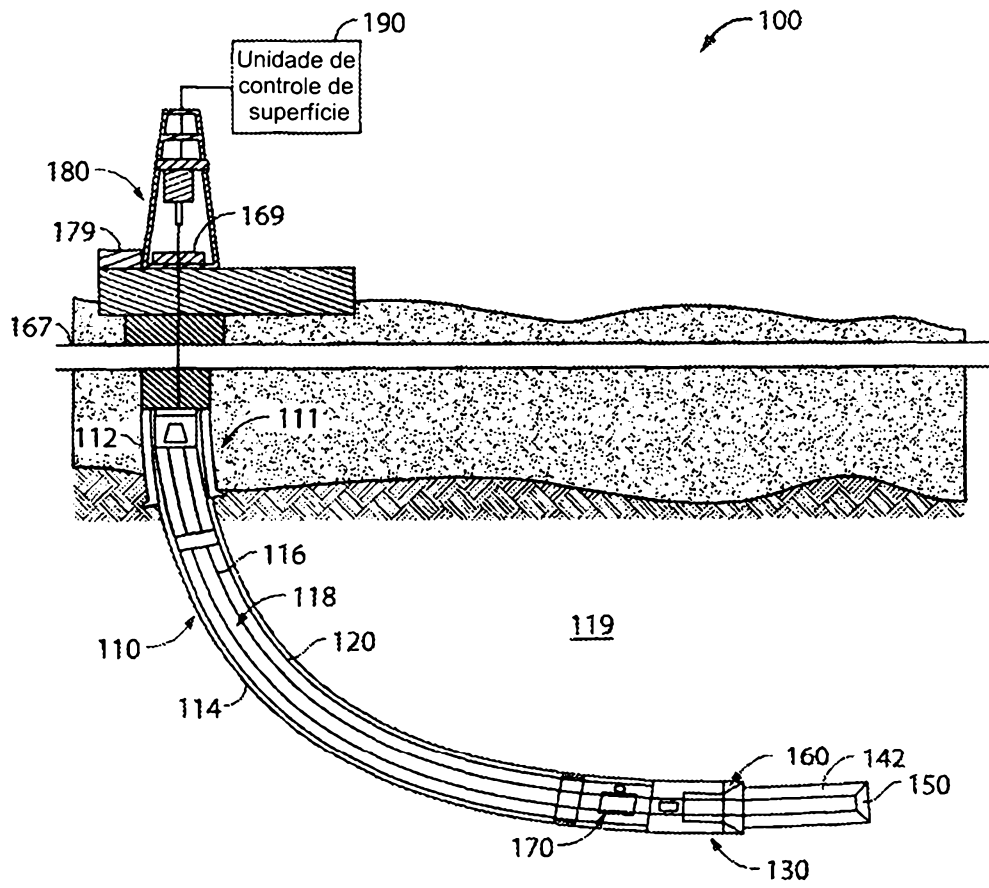


FIG. 1

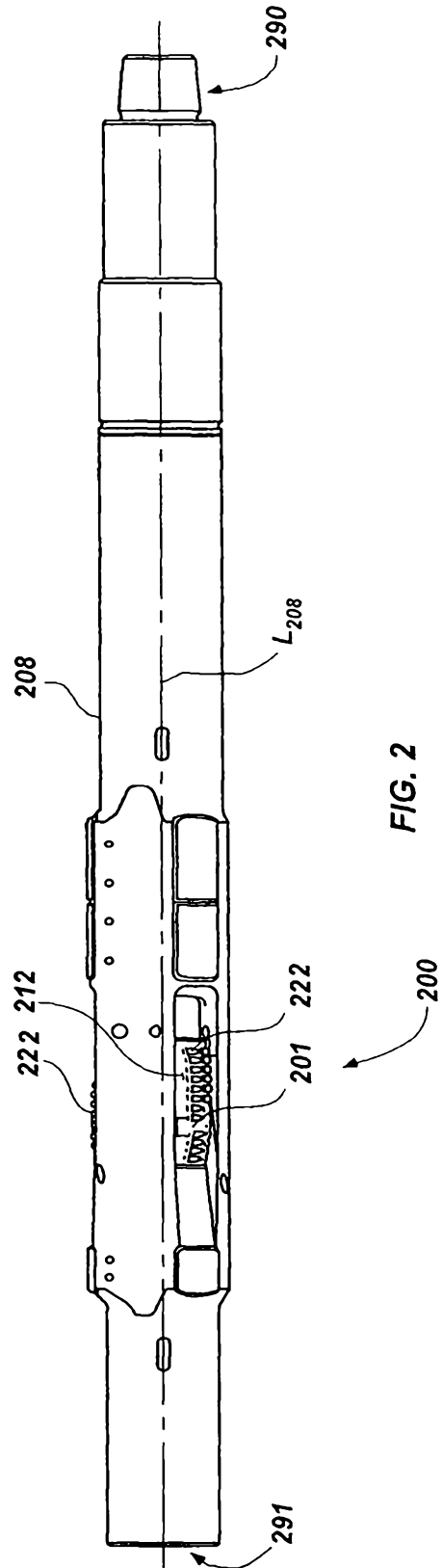


FIG. 2

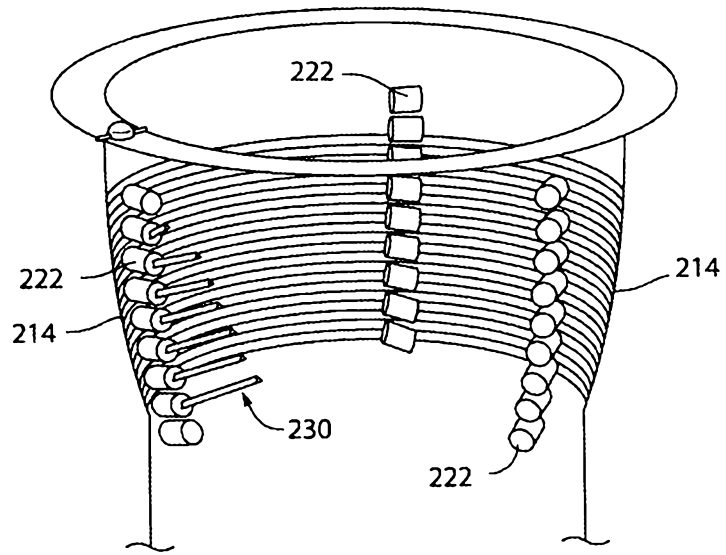


FIG. 3

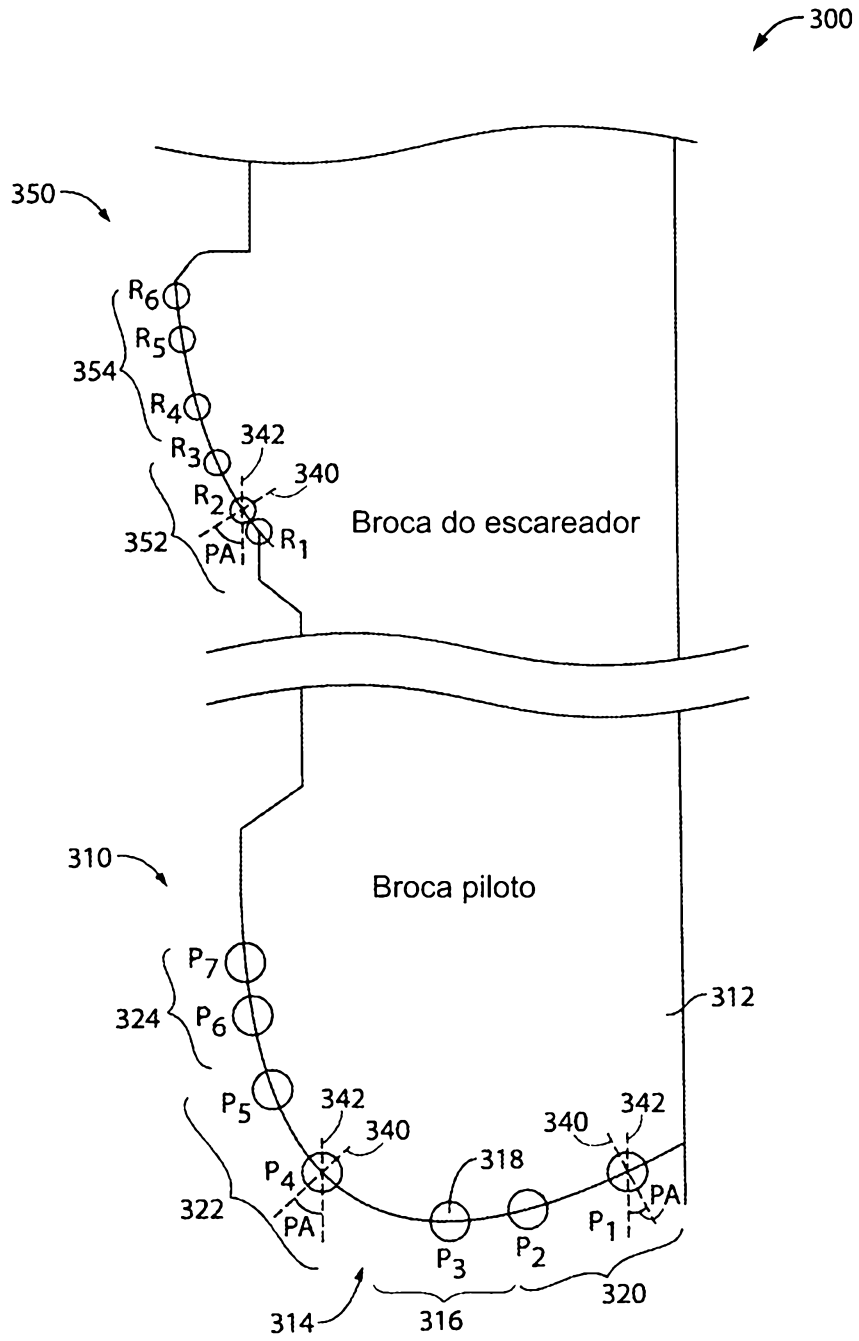


FIG. 4 322

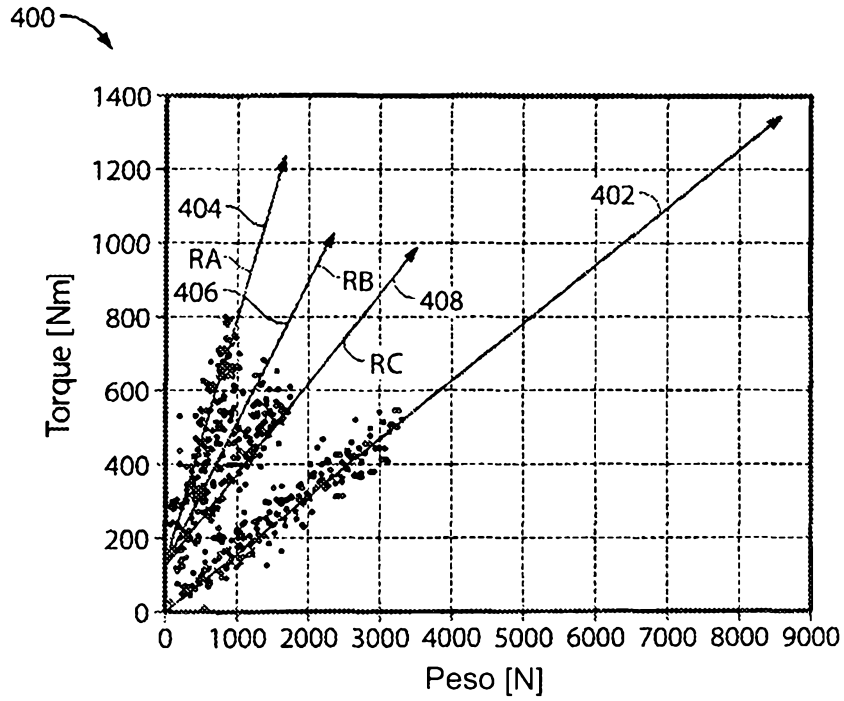


FIG. 5

Tabela 1

	Elemento	PA	BRK	SRK	EFF. BRK
310 Broca piloto	P ₁	-20	15	3	13.1
	P ₂	-20	15	3	13.1
	P ₃	0	15	3	15
	P ₄	45	15	3	12.7
	P ₅	60	15	3	10.1
	P ₆	80	15	3	5.6
	P ₇	90	15	3	3
350 Broca do escareador	R ₁	60	15	25	29.2
	R ₂	70	15	20	23.9
	R ₃	75	15	15	18.4
	R ₄	80	15	10	12.5
	R ₅	85	15	5	6.3
	R ₆	90	15	5	5

FIG. 6

