



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

(11) PI 0605923-6 B1

(22) Data do Depósito: 12/01/2006

(45) Data de Concessão: 03/07/2018



(54) Título: "SISTEMA DE POÇOS SUBTERRÂNEOS, SISTEMA PARA PRODUÇÃO DE FLUIDOS A PARTIR DE DUAS OU MAIS FORMAÇÕES SUBTERRÂNEAS, MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE POÇO, MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE POÇO EM UM CAMPO CONTENDO UM OU MAIS POÇOS EXISTENTES, MÉTODO DE PRODUÇÃO DE FLUIDOS A PARTIR DE DUAS OU MAIS FORMAÇÕES SUBTERRÂNEAS SEPARADAS VERTICALMENTE POR UMA OU MAIS CAMADAS IMPERMEÁVEIS, SISTEMA DE POÇOS SUBTERRÂNEOS PARA PRODUZIR FLUIDOS, SISTEMA PARA PRODUÇÃO DE FLUIDOS A PARTIR DE UMA OU MAIS FORMAÇÕES SUBTERRÂNEAS, MÉTODO DE PRODUÇÃO DE FLUIDOS A PARTIR DE UMA OU MAIS FORMAÇÕES SUBTERRÂNEAS"

(51) Int.Cl.: E21B 7/04; E21B 43/00

(30) Prioridade Unionista: 14/01/2005 US 60/644,385

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

(72) Inventor(es): STEPHEN A. GRAHAM; CHARLES E . GRAHAM III; JONATHON G. WEISS

"SISTEMA DE POÇOS SUBTERRÂNEOS, SISTEMA PARA PRODUÇÃO DE FLUIDOS A PARTIR DE DUAS OU MAIS FORMAÇÕES SUBTERRÂNEAS, MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE POÇO, MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE POÇO EM UM CAMPO CONTENDO UM OU MAIS POÇOS EXISTENTES, MÉTODO DE PRODUÇÃO DE FLUIDOS A PARTIR DE DUAS OU MAIS FORMAÇÕES SUBTERRÂNEAS SEPARADAS VERTICALMENTE POR UMA OU MAIS CAMADAS IMPERMEÁVEIS, SISTEMA DE POÇOS SUBTERRÂNEOS PARA PRODUZIR FLUIDOS, SISTEMA PARA PRODUÇÃO DE FLUIDOS A PARTIR DE UMA OU MAIS FORMAÇÕES SUBTERRÂNEAS, MÉTODO DE PRODUÇÃO DE FLUIDOS A PARTIR DE UMA OU MAIS FORMAÇÕES SUBTERRÂNEAS"

Caso Relacionado

[001] Esse pedido reivindica prioridade do pedido U.S. Nº 60/644.385 depositado em 14 de janeiro de 2005.

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a um equipamento e a técnicas para a produção de fluidos a partir de uma formação subterrânea. Mais particularmente, essa invenção refere-se a técnicas aperfeiçoadas para utilização de múltiplos poços para recuperação de óleo ou outros fluidos de formação de uma forma mais eficiente do que se os fluidos fossem recuperados a partir de cada poço individual.

Antecedentes da Invenção

[002] Óleo é tipicamente recuperado de poços individuais, incluindo poços que são bombeados com uma bomba de poço energizada por um cordão de haste. Os problemas com a tecnologia convencional para recuperação de hidrocarbonos abaixo da superfície incluem zonas de pagamento lenticular que são relativamente pequenas e heterogêneas, e situações nas quais a qualidade do reservatório em lentes de areia adjacentes que são alvo de um estágio de fratura único varia consideravelmente. O esgotamento da pressão

pode ser maior em uma zona, e as metodologias de estimulação de fratura podem não ser eficientes e muito ineficientes visto que os estágios de fratura que têm por alvo múltiplas lentes podem percorrer em um único intervalo com o maior esgotamento e menor gradiente de fratura. Mesmo em situações nas quais a qualidade do reservatório e a pressão nas lentes de areia adjacentes focados em um único estágio de fratura são similares, os métodos atuais podem resultar em meios comprimentos de fratura limitada em uma única zona e deixar muitas zonas insuficientemente estimuladas devido às restrições na taxa de bomba e à viscosidade do fluido para evitar o crescimento excessivo da altura da fratura. A avaliação petrofísica da análise de arquivo varia consideravelmente devido às variações na litologia, salinidade da água variável e extremamente baixa, e perfis de invasão de fluido desconhecidos. Muitos poços encontram perfuradores de areia de baixa produção com uma espessura média de entre 1,5 a 6,1 metros (5 a 20 pés), caso no qual não é possível se completar todas as zonas devido à necessidade de estimulação de fratura. Muitas zonas finas são consideradas muito marginais para se perfurar e estimular.

[003] Os poços devem ser substancialmente verticais se os sistemas de elevação de bomba de feixe forem utilizados, de forma que as áreas de campo com estradas de acesso difícil e problemas de localização não podem ser economicamente exploradas. Ademais, não existe forma efetiva de se testar a produtividade de óleo e água por zona enquanto se produz com um sistema de elevação de bomba de feixe. A deposição de parafina é problemática durante a fase de produção, e não há necessidade de se reduzir os custos com desenvolvimento e de elevação para a produção efetiva. O desenvolvimento off-shore e terrestre onde as restrições de superfície não permitem uma alta densidade do desenvolvimento do poço não são possíveis devido à necessidade de se ter um sistema de elevação artificial de bomba de feixe dedicado. O tempo de finalização significativo é exigido para teste com

limpa-tubos e estimulação de fratura utilizando-se a tubulação unida. Tratamentos de fratura também podem ser um problema na finalização inicial visto que as propriedades rochosas da areia e xisto são similares.

[004] Várias técnicas têm sido empregadas para aumentar a recuperação de óleo e outros fluidos subterrâneos utilizando uma disposição cooperativa entre os poços. Em algumas aplicações, água, gás natural, nitrogênio, dióxido de carbono, vapor ou outro fluido pode ser injetado em um poço de forma que o óleo seja guiado na direção de um poço de produção espaçado com relação ao primeiro poço. Nos casos nos quais a injeção de água secundária aumenta o mecanismo de acionamento de gás, sistemas de elevação artificial de alto volume são comumente empregados na fase de produção. O acionamento de gás em solução é o mecanismo de acionamento primário típico em tais reservatórios relativamente pequenos e divididos. A recuperação secundária com injeção de água de um poço e recuperação a partir de outro poço para fins de manutenção de pressão e varredura geralmente é ineficiente devido às variações das propriedades rochosas e da continuidade desconhecida das lentes de areia entre os poços. A injeção de água em poços desviados com alvo em zonas específicas para fins de manutenção de pressão e varredura de óleo geralmente não permite que o operador saiba se a água injetada sofreu passagem prematura na zona de produção, visto que todas as zonas são entrelaçadas e apenas o volume de água total e as taxas de água são medidas.

[005] Em outras aplicações, um único poço é perfurado a partir da superfície, e múltiplos poços horizontais ou laterais se estendem a partir do poço vertical para maximizar a recuperação do óleo a partir do poço. Vários problemas, não obstante, existem com relação às abordagens da técnica anterior para utilização da tecnologia existente para recuperação de fluidos de formação. Os furos são perfurados de forma convencional, alagados e testados para identificação de perfuradores de areia para finalização. As zonas pay

também podem ser selecionadas em parte com base no mapeamento geológico, seções transversais e ambas as análises petrofísica e de fluido. Geralmente, um envoltório de produção é assentado com cimento para cobrir toda a zona de areia ou xisto, e todas as zonas a serem testadas são perfuradas ou fraturadas com uma pistola do envoltório. O uso de uma tubulação de produção com conjuntos de bujões ou embalador de ponte adequados para isolamento de zonas específicas para teste com limpa-tubos envolve um tempo de aparelhamento oneroso. Muitas vezes, cimento, água ou zonas de gás devem ser espremidas e a areia no furo do poço deve ser retirada e um teste com limpa-tubos realizado novamente, o que também resulta em um tempo de aparelhamento intenso e oneroso. Adicionalmente o tempo de aparelhamento é utilizado para fraturar ou estimular uma zona única ou grupos de perfuradores utilizando múltiplos estágios de fratura. As zonas de cimento são tipicamente espremidas para remoção do excesso de água se a zona reduzir significativamente a produção de outros poços. Grandes bombas de feixe são tipicamente utilizadas para a elevação artificial para bombear o óleo para a superfície, e os poços são tipicamente trabalhados com operações envolvendo testes com limpa-tubos, operações de aperto com cimento ou enchimento. A incapacidade de se testar o fluxo de entrada da produção a partir de zonas específicas durante o modo de produção também é um problema, visto que todas as zonas são tipicamente entrelaçadas e produzidas com sistema de elevação de bomba de feixe. A deposição de parafina nas hastes e na tubulação nos poços de produção é um problema significativo visto que o óleo produzido se move lentamente na direção da superfície, e é resfriado à medida que sobe no poço. Altos custos operacionais resultam, dessa forma, das técnicas da técnica anterior e do equipamento para recuperação de fluidos de formação subterrânea.

[006] Vários desafios são comumente encontrados quando da utilização de uma abordagem de exploração atual, incluindo:

- Tempo de finalização significativo é exigido para o teste com limpa-tubos e estimulação de fratura utilizando tubulação unida;
- Zonas pay lenticulares são frequentemente relativamente pequenas em tamanho com propriedades rochosas heterogêneas e, dessa forma, exigem o desenvolvimento de tais reservas para perfuração de poços em espaços de poço muito pequenos. Poços de alta densidade são frequentemente necessários para se explorar a variedade de lentes de areia relativamente pequenas ou compartimentos de reservatório, o que pode ser muito oneroso. Quando observados em conjunto, os vários reservatórios empilhados podem conter uma quantidade de óleo significativa no lugar, mas quando apenas um compartimento de reservatório é completado para produção, o desenvolvimento pode não ser econômico. O desenvolvimento off-shore ou terrestre onde as restrições de superfície não permitem o desenvolvimento de um poço de alta densidade não são práticos devido à necessidade de se ter um sistema de elevação artificial de bomba de feixe dedicado.
- Muitos poços encontram perfuradores de areia de baixa produção com uma espessura média de entre 1,5 a 6,1 metros (5 a 20 pés), caso no qual não é possível se completar todas as zonas devido à necessidade de estimulação de fratura. Muitas zonas finas são consideradas muito marginais para perfuração e estimulação utilizando-se práticas de finalização atuais.
- Em situações nas quais a qualidade do reservatório em lentes de areia adjacentes focalizadas em um único estágio de estimulação de fratura varia consideravelmente ou onde o esgotamento de pressão é maior em uma zona, as metodologias atuais de estimulação de fratura podem não ser eficientes e altamente ineficientes visto que os estágios de fratura focalizando as múltiplas lentes entrarão no único intervalo com o maior esgotamento/menor gradiente de fratura.
- Em situações nas quais a qualidade do reservatório e a pressão em lentes de areia adjacentes focalizando um único estágio de fratura são

similares, os presentes métodos de estimulação podem resultar em meios comprimentos de fratura limitados em uma única zona e deixar muitas zonas insuficientemente estimuladas devido basicamente às restrições na taxa de bomba e viscosidade de fluido para evitar um crescimento excessivo da altura da fratura.

- A recuperação secundária com injeção de água, gás, e/ou vapor a partir de um poço e recuperação de outro poço para fins de manutenção de pressão e varredura geralmente é ineficiente devido a: (1) variação das propriedades rochosas, e (2) continuidade desconhecida das lentes de areia entre os poços.
- A avaliação petrofísica através da análise de registro é complicada devido a: (1) variações na litologia; (2) salinidade da água variável e extremamente baixa e (3) perfis desconhecidos de invasão de fluido.
- Muitas zonas finas serão consideradas muito marginais para serem perfuradas e estimuladas devido ao custo relativamente alto da finalização.
- Os poços devem ser substancialmente verticais se os sistemas de elevação de bomba de feixe forem utilizados, dessa forma, as áreas de campo com estradas de difícil acesso e problemas de localização ou em muitos ambientes off-shore não podem ser economicamente exploradas.
- Os métodos atualmente disponíveis não permitem que se teste a produtividade de óleo e água por zona enquanto produz as sequências entrelaçadas de areia/xisto com os sistemas de elevação por bomba de feixe. A injeção de água, vapor e/ou fases em poços desviados focalizando zonas específicas para fins de manutenção de pressão e varredura de óleo geralmente não permitem que o operador saiba se a água injetada sofreu passagem prematura na zona completada dos poços de produção, visto que todas as zonas são entrelaçadas e apenas o volume total da água e as taxas de água são medidos. As abordagens de finalização e produção atuais nessas situações de desenvolvimento de campo de óleo exigem intervenção de

aparelhagem onerosa e demorada utilizando um procedimento de teste com limpa-tubo em uma tentativa de se determinar quais zonas resultam em água, vapor e/ou gás excessivos.

- Em muitos campos de óleo, a deposição de parafina dentro da tubulação de produção e no exterior dos cordões de haste nos poços de produção é um problema durante a fase de produção. À medida que o óleo bruto sobe de forma relativamente lenta pelo cordão de tubulação na direção da superfície, o óleo resfria, o que contribui de forma significativa para o problema. A remoção de tal parafina da tubulação do furo do poço e dos cordões de haste é um problema oneroso em muitos dos desenvolvimentos de campo de óleo.

- A deposição da parafina nas hastes e na tubulação nos poços de produção é um problema significativo visto que o óleo produzido se move lentamente na direção da superfície, e é resfriado à medida que sobe no poço.

[007] Em outras abordagens de exploração, um único poço é perfurado a partir da superfície, e múltiplos poços horizontais ou laterais se estendem a partir do poço vertical para maximizar a recuperação do óleo a partir do poço. Vários problemas, não obstante, existem com relação às abordagens da técnica anterior para utilização da tecnologia existente para recuperação de fluidos de formação. Os altos custos operacionais, dessa forma, resultam das técnicas anteriores e do equipamento para recuperação dos fluidos de formação subterrânea.

[008] A patente U.S. Nº 5.074.360 descreve um poço substancialmente horizontal perfurado para interceptar um poço substancialmente vertical preexistente. O poço horizontal pode ser perfurado a partir da superfície, e múltiplos poços horizontais podem ser perfurados para interceptar um poço vertical comum, ou perfurados a partir de um local comum para múltiplos poços verticais. A patente U.S. Nº 4.458.945 descreve um sistema que utiliza eixos de acesso verticais que se estendem através da

zona que apresenta óleo e gás. Um sistema de tubulação é colocado através de túneis horizontais que interconectam os poços de produção interceptando uma pluralidade de locais de mina tipo drenagem para uma bomba na base de um eixo geométrico vertical, bombeando, assim, o óleo e o gás coletados para a superfície. Os poços de produção se estendem a partir do túnel horizontal para cima para a zona de produção. A patente U.S. Nº 6.848.508 descreve um poço de entrada que se estende a partir da superfície na direção de uma zona subterrânea. Poços inclinados se estendem a partir do final de um poço de entrada para a zona subterrânea, ou podem se estender alternativamente a partir de qualquer outra parte adequada para entrada. Onde existem múltiplas zonas subterrâneas em profundidades variáveis, os poços inclinados podem se estender através da zona subterrânea mais próxima da superfície para dentro e através da zona subterrânea mais profunda. Os poços articulados podem se estender a partir de cada poço inclinado para dentro de cada zona subterrânea. A patente U.S. Nº 6.119.776 descreve um método de produção de óleo utilizando partes de poço horizontal verticalmente espaçadas com fraturas se estendendo entre essas partes.

[009] As desvantagens da técnica anterior são superadas pela presente invenção, e um sistema e método aperfeiçoados são doravante descritos para a produção de fluidos a partir de uma formação subterrânea.

Sumário da Invenção

[0010] Em uma modalidade, um sistema para a produção de fluidos a partir de uma ou mais formações subterrâneas inclui uma linha de fluxo abaixo da superfície possuindo pelo menos uma posição dentro ou abaixo de uma ou mais formações subterrâneas, um ou mais poços de drenagem, cada um se estendendo a partir da superfície, e um poço de recuperação se estendendo a partir da superfície. Cada poço de drenagem intercepta uma ou mais formações subterrâneas e possui uma extremidade inferior em comunicação por fluido com o poço da linha de fluxo abaixo da superfície. O

poço de recuperação inclui um cordão de produção, e está em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície.

[0011] Em outra modalidade, um sistema inclui uma pluralidade de poços de drenagem, cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando uma ou mais formações subterrâneas. Cada um dos poços de drenagem possui uma extremidade inferior em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície. Uma bomba pode ser fornecida para bombear fluidos a partir do poço de recuperação para a superfície.

[0012] De acordo com uma modalidade do método de produção de fluidos a partir de uma ou mais formações subterrâneas, uma linha de fluxo abaixo da superfície é perfurada com pelo menos uma parte dentro ou abaixo da uma ou mais formações subterrâneas. O método inclui o fornecimento de um ou mais poços de drenagem, cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando uma ou mais formações subterrâneas e possuindo uma extremidade inferior em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície. Um poço de recuperação se estendendo a partir da superfície é fornecido de forma a estar em conexão por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície. Os fluidos podem ser recuperados a partir da extremidade inferior do poço de recuperação.

[0013] Modalidades, características e vantagens adicionais da presente invenção se tornarão aparentes a partir da descrição detalhada que se segue, onde é feita referência às figuras nos desenhos em anexo.

Breve Descrição dos Desenhos

[0014] A figura 1 é uma vista lateral de uma modalidade de um sistema para recuperação de óleo de acordo com a presente invenção;

[0015] A figura 2 é uma vista superior de vários poços ilustrados na figura 1;

[0016] A figura 3 é uma vista superior de outra modalidade de um sistema de acordo com a presente invenção.

[0017] A figura 4 é uma vista superior de outra modalidade de um sistema de acordo com a presente invenção.

[0018] A figura 5 é uma vista lateral de outra modalidade de um sistema para recuperação de fluidos de formação.

[0019] A figura 6 é uma vista lateral de um sistema para recuperação de fluidos de formação em uma aplicação off-shore.

Descrição Detalhada das Modalidades Preferidas

[0020] A presente invenção pode ser utilizada na recuperação de hidrocarbonos em aplicações de desenvolvimento de campo de óleo onde os hidrocarbonos são dispersos em sequência empilhada de reservatórios divididos dentro de um intervalo bruto relativamente espesso de areia permeável e xisto não produtivos impermeáveis. Em muitos casos, a produção desejada de hidrocarbono é óleo bruto a partir de lentes de areia relativamente pequenas ou compartimentos de reservatório possuindo baixa continuidade de reservatório e propriedades rochosas heterogêneas, e que exigem comumente estimulação de fratura. Devido ao tamanho relativamente pequeno de cada lente de areia ou compartimento de reservatório, o entrelaçamento de muitas zonas separadas em uma única finalização alcança uma exploração eficiente e econômica.

[0021] Em uma modalidade, a presente invenção permite que um grande número de reservatórios relativamente finos seja completado de forma eficiente, opcionalmente com estimulação de fratura, a partir de uma linha de fluxo abaixo da superfície e múltiplos poços de drenagem. A linha de fluxo abaixo da superfície está em comunicação por fluido com um poço de recuperação. A utilização dessa técnica de drenagem, uma área de campo relativamente grande pode ser desenvolvida com um único poço de recuperação e um único sistema de elevação artificial tal como uma bomba submersível elétrica, uma bomba de haste alternada acionada por uma tomada de bomba, uma bomba de cavidade progressiva energizada por um cordão de

haste rotativo, uma bomba a jato energizada hidraulicamente, ou a partir de um sistema de elevação por gás. Ao invés de ter vários poços verticais, cada um bombeando um campo para recuperar hidrocarbonos de uma determinada área de campo, a produção da área de campo pode ser combinada em um poço de recuperação.

[0022] A figura 1 ilustra um sistema 10 para recuperação de fluidos de uma ou mais formações subterrâneas 12. O sistema inclui uma pluralidade de poços, cada um se estendendo a partir da superfície 14. Os versados na técnica reconhecerão que cada um dos poços descritos aqui pode ser perfurado como parte do programa para recuperação de fluido a partir das formações subterrâneas, ou um ou mais dos poços pode existir, como explicado adicionalmente abaixo, de forma que outros poços sejam perfurados para cooperar com os poços existentes para recuperação de fluidos. Na figura 1, um poço de drenagem primário 16 se estende a partir da superfície e através do envoltório de superfície 18, através da pluralidade de formações subterrâneas 12, e então é desviado para resultar em uma linha de fluxo abaixo da superfície 20 que possui pelo menos uma parte que está dentro ou abaixo de uma ou mais formações subterrâneas. Em uma modalidade preferida, a seção vertical 22 do poço de drenagem primário inclui um envoltório 24 que se estende através da pluralidade de formações subterrâneas 12 e é perfurado subsequentemente dentro das zonas de produção de forma que os fluidos drenem pela ação da gravidade para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície 20. Para a modalidade apresentada, o envoltório 24 no poço de drenagem primário 16 termina abaixo da formação subterrânea mais inferior 12, e é inclinado de forma geralmente horizontal abaixo das formações subterrâneas a serem produzidas em uma determinada área de campo para formar a linha de fluxo abaixo da superfície 20. O final da linha de fluxo 20 pode ser fechado por vários mecanismos convencionais, incluindo simplesmente o encerramento do processo de perfuração ou o fornecimento

de um bujão 47 perto do final da linha de fluxo.

[0023] Uma pluralidade de poços de drenagem secundários 26, 28, 30, 32 e 34 é ilustrada, cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando uma ou mais formações subterrâneas 12, de forma que uma parte inferior de cada um desses poços de drenagem secundários esteja em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície 20 do poço de drenagem primário. Esses poços de drenagem secundários podem ser substancialmente verticais, tais como os poços 26, 30, 32 e 34, ou podem ter uma ou mais seções desviadas 36, como ilustrado para o poço 28, permitindo assim que mais de um poço se estenda descendentemente a partir da mesma parte de superfície 37, enquanto ainda espaça lateralmente os poços secundários que passam através das formações. Novamente, cada um dos poços de drenagem secundários podem ser formados para permitir que o fluido de formação drene para dentro do poço de drenagem secundário respectivo, e então para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície 20 do poço de drenagem primário. Cada poço de drenagem secundário pode incluir um envoltório de superfície 38, com um envoltório de poço de drenagem secundário 40 se estendendo através do envoltório de superfície, através da pluralidade de formações, e entrando em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície 20 do poço de drenagem primário 16. Cada poço secundário pode, dessa forma, ser subsequentemente perfurado como ilustrado nas figuras 1 e 2 para incluir planos de fratura 39 que fornecem a recuperação de fluidos por drenagem da formação subterrânea. As perfurações anteriores em um poço de drenagem podem ser fechadas para bloquear o fluxo para o poço, como ilustrado na figura 1 por blocos de perfuração 41. A figura 1 ilustra uma válvula 64 perto da extremidade inferior do poço de drenagem 26, e sensores 62 e 60 nos poços de drenagem 30 e 32, respectivamente. Esses componentes no poço de drenagem podem ser utilizados para controlar o fluxo ou para perceber as condições de fluido ou

taxas de fluxo de fluido, como discutido acima.

[0024] Esse sistema também inclui um poço de recuperação 42 que possui um envoltório de superfície 44 e um envoltório 46 que, como ilustrado, também é perfurado nas zonas das formações subterrâneas. Um cordão de produção 45 é fornecido dentro do envoltório 46, e se estende descendentemente para uma bomba de alta capacidade 48. O cordão de produção pode ser um tubo de diâmetro relativamente grande. A extremidade inferior do poço de recuperação 42 está, dessa forma, em comunicação por fluido com uma parte inferior da linha de fluxo abaixo da superfície 20 do poço de drenagem primário 16, de forma que o fluido da seção vertical do poço primário e de cada um dos poços de drenagem secundários flui pela ação da gravidade ou por um diferencial de pressão para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície 20, e então para dentro da parte inferior do poço de recuperação 42. O fluido do poço de drenagem primário e cada um dos poços de drenagem secundários, dessa forma, flui para o poço de recuperação, onde uma bomba elétrica submersível, uma bomba energizada por haste, uma bomba a jato, ou um sistema de elevação por gás pode ser utilizado para bombear os fluidos através do cordão de produção 45 para a superfície.

[0025] Nas modalidades preferidas, a linha de fluxo abaixo da superfície do poço primário é angulada na direção de uma extremidade inferior do poço de recuperação a mais ou menos 45 graus a partir do plano horizontal, e em muitas aplicações é angulada descendentemente a menos de 20° com relação ao plano horizontal na direção da extremidade inferior do poço de recuperação. A linha de fluxo abaixo da superfície 20 é algumas vezes referida como "inclinada" visto que essa linha de fluxo é frequentemente inclinada para cima a cerca de 30° ou inclinada para baixo a cerca de 45°. A linha de fluxo 20 pode, no entanto, ser substancialmente horizontal com pouca ou nenhuma inclinação. Se a linha de fluxo for inclinada para cima, o cabeçote hidrostático do fluido na linha de fluxo e/ou

nos poços de drenagem pode ser suficiente para resultar em um fluxo de fluido para o poço de recuperação. Em algumas modalidades, a linha de fluxo abaixo da superfície pode ser angulada como descrito nesse parágrafo entre suas interseções com um ou mais poços de drenagem secundários e o poço de recuperação, porém essa seção da linha de fluxo abaixo da superfície entre essas interações pode incluir uma subseção da linha de fluxo abaixo da superfície que é angulada fora dessa faixa (por exemplo, uma seção de "queda" mais íngreme que 45 graus) que pode ter sido perfurada por motivos geológicos ou outros motivos. Em uma opção, o poço de recuperação 42 é substancialmente vertical e dessa forma pode receber uma haste de acionamento 50 energizada na superfície para acionar a bomba de furo de poço 48.

[0026] Em algumas modalidades, a seção do poço de drenagem primário 16 acima de uma seção inclinada inferior passa através e está em comunicação por fluido com uma ou mais formações subterrâneas 12. Essa seção pode ser uma seção substancialmente vertical do poço de drenagem primário, que também pode incluir o envoltório perfurado para recuperação de fluidos a partir das formações subterrâneas. Cada um dos um ou mais poços de drenagem secundários também pode incluir um envoltório perfurado para recuperação de fluidos a partir das formações subterrâneas. Além disso, o poço de recuperação 42 propriamente dito pode atravessar e estar em comunicação por fluido com uma ou mais formações subterrâneas, de forma que os fluidos da formação possam drenar pela ação da gravidade para uma parte inferior do poço de recuperação e então ser bombeados para a superfície através do cordão de produção 45.

[0027] Quando um poço é perfurado, pode haver um acúmulo de lama associado com a operação de perfuração que bloqueia temporariamente a comunicação por fluido entre a formação e o poço perfurado. Tal poço perfurado não obstante é considerado como estando em comunicação por

fluido com a formação visto que o acúmulo de lama é convencionalmente penetrado ou removido como parte do processo de finalização, ou de outra forma, se rompe para permitir o fluxo de fluido entre a formação e o poço de drenagem. Em algumas modalidades, telas e/ou pacotes de cascalho também podem ser empregados nos poços de drenagem primários e/ou secundários.

[0028] Com referência agora à figura 2, uma vista superior do sistema como ilustrado na figura 1 ilustra o poço de drenagem primário 16 e cada um dentre a pluralidade de poços de drenagem secundários 26, 28, 30, 32 e 34. Cada um desses poços, além do poço de recuperação 42, pode ser perfurado. A seção de cada poço de drenagem primário, cada poço de drenagem secundário e o poço de recuperação também podem ser o furo aberto, ou pode ter um forro com fendas para comunicação por fluido entre a formação de suporte de fluido e cada poço.

[0029] A figura 2 também ilustra outra característica da invenção, onde um ou mais poços de injeção podem ser utilizados para empurrar ou acionar o fluido para os poços de drenagem, e então através de uma linha de fluxo abaixo da superfície e para um poço de recuperação. A figura 2, dessa forma, ilustra os poços de injeção 70A que podem ser injetados com fluido desejado, tal como água, nitrogênio, dióxido de carbono, vapor, ou outro fluido de acionamento para acionar hidrocarbonos na direção do poço de drenagem 26. De forma similar, o fluido pode ser injetado no poço 70B para acionar o fluido na direção dos poços de drenagem 28 e 30. O terceiro poço de injeção 70C pode ser utilizado para empurrar os fluidos na direção dos poços de drenagem 32 e 34. Outro poço de injeção 70D pode empurrar os fluidos na direção do poço de recuperação 42 que pode incluir perfurações para a drenagem de fluido para a extremidade inferior do poço de recuperação.

[0030] É uma característica particular do sistema que a combinação de poços inclua uma pluralidade de poços de drenagem, e para muitas

modalidades, três ou mais poços de drenagem, cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos uma das uma ou mais formações subterrâneas em um local de interceptação respectivo. Um grande número de poços de drenagem reduz o volume de fluxo para a linha de fluxo 20 e então para o poço de recuperação, onde um único sistema de elevação é muito mais econômico do que o fornecimento de um sistema de elevação para cada poço. A parte inferior de cada poço de drenagem está, dessa forma, em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície 20, de forma que a linha de fluxo abaixo da superfície então transmita o fluido dos poços de drenagem para o poço de recuperação.

[0031] A figura 3 ilustra uma vista superior de outra modalidade de um sistema de acordo com a presente invenção, onde uma pluralidade de poços de drenagem primários 16A, 16B e 16C são espaçados dentro de um campo, e fluem na direção de um único poço de recuperação 42. Uma pluralidade de poços de drenagem secundários 52A, 54A e 56A está, cada um em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície 20A do poço de drenagem primário 16A, e, de forma similar, os poços de drenagem secundários 52B, 54B, 56B e 58B estão, cada um, em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície 20B do poço de drenagem primário 16B, enquanto os poços de drenagem secundários 52C, 54C e 56C estão, cada um, em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície 20C do poço de drenagem primário 16C. Cada um dos poços de drenagem primários e os poços de drenagem secundários, dessa forma, flui na direção do mesmo poço de recuperação 42. A figura 3 também apresenta uma parte de outra linha de fluxo abaixo da superfície 20D e um poço secundário 52D, de forma que o fluido de uma ou mais formações flua por ação da gravidade através de um ou mais poços 52D e através da linha de fluxo 20D para o poço de recuperação 42.

[0032] A figura 4 ilustra outra modalidade de um sistema de acordo

com a presente invenção, com os poços de drenagem primários 16A a 16G e 16I a 16N, cada um fluindo na direção de um dos poços de recuperação 42A, 42B, ou 42C, ou fluindo na direção de outra linha de fluxo abaixo da superfície 20 de um poço de drenagem primário, que, por sua vez, flui para um poço de recuperação. Por meio de exemplo, o poço de drenagem primário 16A inclui uma linha de fluxo abaixo da superfície 20A que está em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície 20G do poço de drenagem primário 16G, de forma que óleo que flui de um ou mais dos poços de drenagem secundários 52A, 52B, ou 52C flua para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície 20A do poço de drenagem primário 16A e então flua para uma parte da linha de fluxo abaixo da superfície 20G do poço primário 16G e para o poço de recuperação 42A. A linha de fluxo abaixo da superfície 20D e 20J dos poços de drenagem primários 16D e 16J, respectivamente, não são retas, mas, ao invés disso, são curvas de modo a estarem em comunicação por fluido com cada um dos poços de drenagem secundários 54A, 54B e 54C, e 56A, 56B, 56C e 56D, respectivamente. As linhas de fluxo 20B, 20C, 20E, 20F, 20I, 20K, 20L e 20M fornecem linhas de fluxo para pelo menos um dos poços de recuperação, como ilustrado. Um benefício significativo do sistema de acordo com a presente invenção é que nenhuma tubulação de produção ou bombas são fornecidas nos poços de drenagem primários ou nos poços de drenagem secundários. Além disso, as linhas de fluxo abaixo da superfície 20 de cada um dos poços de drenagem primários em um campo são espaçados por uma distância selecionada uma da outra, apesar de uma pluralidade de poços de drenagem primários poderem ser perfurados a partir da mesma parte ou plataforma utilizando técnicas de perfuração direcional.

[0033] A figura 4 também ilustra poços de injeção 78A, 78B, e 78C que podem ser utilizados para acionar fluido para um ou mais dos poços de drenagem, aumentando, dessa forma, de maneira significativa a produção. Se

o fluido de acionamento passar para um poço de drenagem, uma passagem pode ser detectada com os sensores discutidos abaixo com relação à figura 5 para detectar uma mudança nas propriedades de fluido, de forma que o processo de injeção para esse poço de injeção possa ser descontinuado, ou a formação com a passagem de fluidos de acionamento possa ser fechada na área que cerca o poço de drenagem.

[0034] A modalidade da figura 4 também ilustra o benefício de se fornecer poços de recuperação duplicados, de forma que um poço de recuperação possa ser fechado, por exemplo, para reparo de uma bomba ou da linha de fluxo de produção, enquanto o fluido continua a ser recuperado a partir do outro poço de recuperação. O poço de recuperação 42A pode ser fechado, enquanto a linha de fluxo 20H passa os fluidos para o poço de recuperação 42B. De forma similar, o poço de recuperação 42B pode ser fechado, e os fluidos passados para um ou ambos os poços de recuperação 42A ou 42C. A recuperação continuada do fluido é particularmente importante visto que o fluxo contínuo de fluido para um poço de recuperação melhora a recuperação, e visto que o fluxo de fluido uma vez encerrado pode ser difícil de ser reiniciado. De acordo, uma grade de poços incluindo dois ou mais poços de recuperação pode ser preferível para muitas aplicações para se aumentar a probabilidade de um fluxo de fluido contínuo para pelo menos um poço de recuperação.

[0035] Uma característica adicional da invenção é que os poços de recuperação podem ser substancialmente poços verticais, permitindo, assim, o uso de uma haste de acionamento alternada ou rotativa para energizar a bomba no furo do poço. Além disso, um poço de recuperação substancialmente vertical encurta a distância entre a bomba e a superfície. Como descrito aqui, é vantajoso também se pelo menos alguns dos poços de drenagem pudessem ser poços substancialmente verticais. Isso não apenas encurta o comprimento do poço, mas evita os altos custos de utilização de

ferramentas de perfuração especiais e técnicas de perfuração direcional que são tipicamente necessárias para poços que são deliberadamente desviados ou angulados. Como descrito aqui, um poço "substancialmente vertical" é um no qual o poço não é deliberadamente perfurado com técnicas de perfuração direcional, e tipicamente é um poço no qual a interceptação do poço com a linha de fluxo abaixo da superfície é desviada menos do que cerca de 45 graus com relação à superfície do poço.

[0036] A figura 5 descreve outra modalidade da invenção, onde a linha de fluxo abaixo da superfície 20 é um desvio do poço de recuperação 46. Dessa forma, nenhuma linha de fluxo primária é fornecida para essa modalidade. Os poços de drenagem 26, 28, 30 e 32 podem, dessa forma, incluir perfurações para a recuperação de hidrocarbonos, com hidrocarbonos fluindo pela ação da gravidade através do poço de drenagem respectivo para a linha de fluxo abaixo da superfície 20, e então para dentro da parte inferior 72 do poço de recuperação 46, que contém uma bomba de fluido ou outro sistema de recuperação de óleo para a superfície. O raio relativamente curto então pode, dessa forma, ser fornecido para a transição 70 entre o poço de recuperação e a linha de fluxo abaixo da superfície 20, e se desejável, o intervalo entre uma extremidade inferior da linha de fluxo abaixo da superfície e a parte inferior 72 do poço de recuperação pode incluir uma ou mais fraturas ou perfurações 57 de forma que um grande cabeçote de fluido não seja necessário para se fazer com que o óleo flua por ação da gravidade da linha de fluxo abaixo da superfície 20 para dentro da parte inferior 72 do poço de recuperação.

[0037] A figura 5 também ilustra uma válvula de controle de superfície 64 para controlar o fluxo de fluido do poço de drenagem 28 para a linha de fluxo abaixo da superfície 20, e uma propriedade de fluido ou sensor de propriedade de formação 60 para perceber uma propriedade respectiva do fluido sendo transmitida através do poço de drenagem 28, ou a propriedade da

formação que cerca o poço 28. O sensor 62 também pode ser fornecido no poço de drenagem 28 para perceber a taxa de fluxo do fluido a partir do poço 28 para a linha de fluxo abaixo da superfície 20. Dessa maneira, a quantidade de fluido que flui de cada poço de drenagem para a linha de fluxo abaixo da superfície pode ser monitorada, juntamente com as propriedades do fluido que flui para a linha de fluxo abaixo da superfície. No caso, por exemplo, que o fluxo primário se tornar água ao invés de óleo, a válvula 64 pode ser fechada para reduzir o fluxo de saída do poço de drenagem.

[0038] As operações de intervenção também podem ser utilizadas para vedar o fluxo de uma formação em particular para um poço de drenagem em particular. Cada um dos poços de drenagem também pode ser fornecido com uma válvula controlada por superfície, tal como uma manga deslizante 65, para controlar o fluxo de uma formação em particular para esse poço de drenagem, ou de todas as formações interceptadas por esse poço. A figura 5 ilustra uma manga deslizante 65 para fechar as perfurações fornecidas para cada uma das perfurações no poço de drenagem 30. Válvulas de controle similares podem ser fornecidas para outros poços de drenagem, ou para locais interceptados de um poço de drenagem em particular com as formações selecionadas. Se for determinado, por exemplo, que uma formação em particular está produzindo água ao invés de quantidades econômicas de óleo, então a válvula de controle no local dessa interceptação com o poço de drenagem pode ser fechada, de forma que o óleo continue a fluir de outras formações para o poço de drenagem. Enquanto esses são exemplos, os versados na técnica apreciarão que vários tipos de válvulas, mangas deslizantes, e outros meios de controle de fluxo ou isolamento de zona podem ser empregados com técnicas de intervenção a partir da superfície, ou através de controle remoto elétrico, ou com fio de fibra ótica, hidráulico e/ou sem fio.

[0039] A figura 6 descreve outra modalidade da invenção utilizada em uma aplicação off-shore. A figura 6 ilustra um par de plataformas off-shore

37A e 37B. Um poço de drenagem primário 16 se estende através da linha de lama 14 e para a linha de fluxo abaixo da superfície 20 de forma substancialmente similar ao poço de drenagem primário e linha de fluxo ilustrados na figura 1. Três poços de drenagem 28, 30 e 32 são ilustrados perfurados a partir da mesma plataforma, cada um interceptando uma pluralidade de formações para a drenagem de óleo para dentro da linha de fluxo 20. O poço de drenagem 28 inclui uma válvula de controle 64 e sensores 60 e 62 como discutido previamente. O poço de recuperação 46 está em comunicação por fluido com a linha de fluxo 20, e se estende a partir de outra plataforma 37B através de uma pluralidade de formações 12. O cordão de produção 45 é fornecido dentro do poço de recuperação 46 como discutido previamente para recuperação e fluidos para a plataforma 37B. Um ou mais poços de drenagem 34 também se estendem a partir da plataforma 37B de onde o poço de recuperação 46 é perfurado, e passam através das formações 12 para estarem em comunicação por fluido com a linha de fluxo 20.

[0040] Apesar de as figuras 1, 5 e 6 ilustrarem, cada um dos poços de drenagem como estando no mesmo plano que a linha de fluxo 20 e o poço de recuperação 46, os versados na técnica compreenderão que alguns dos poços de drenagem podem estar dentro ou substancialmente adjacentes a um plano definido pelo poço de recuperação e a linha de fluxo, mas em outras aplicações outros dos poços de drenagem podem ser espaçados desse plano, de forma que a extremidade inferior de um poço de drenagem possa ser angulada de forma que uma linha de fluxo relativamente reta 20 também intercepte a extremidade inferior desse poço de drenagem angulado, ou a linha de fluxo 20 pode ser angulada para interceptar um ou mais poços que não estão dentro do mesmo plano, como ilustrado para as linhas de fluxo 20D e 20J, como ilustrado na figura 4. O sistema de poços pode, dessa forma, ter poços de drenagem que são angulados de forma a serem interceptados por uma linha de fluxo, ou a linha de fluxo 20 pode ser angulada em vários locais

para interceptar um poço de drenagem que não está no mesmo plano que outros poços de drenagem. A pluralidade de poços de acordo com essa invenção, dessa forma, pode frequentemente não se encontrar dentro de um plano como ilustrado nas figuras 1, 5 e 6 mas pode ter três características dimensionais para alcançar as finalidades apresentadas aqui.

[0041] De acordo com o método de produção de fluidos de acordo com a invenção, o poço primário é perfurado a partir da superfície e inclui uma linha de fluxo abaixo da superfície dentro ou abaixo de uma ou mais formações subterrâneas. O método inclui a perfuração de um ou mais poços de drenagem secundários, cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando uma ou mais formações subterrâneas, e possuindo uma extremidade inferior em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície do poço de drenagem primária. O poço de recuperação pode ser perfurado se estendendo a partir da superfície até uma linha de fluxo abaixo da superfície para recuperação de fluidos a partir da extremidade inferior dos poços de drenagem. O poço de recuperação pode ser perfurado para passar através de ou interceptar as uma ou mais formações subterrâneas, e pode ser perfurado ou incluir um forro com fenda que está em comunicação por fluido com essas formações. O poço de recuperação pode ser substancialmente vertical, de forma que uma haste de acionamento possa se estender a partir da superfície para energizar a bomba no furo do poço.

[0042] Em algumas aplicações, os poços de drenagem podem ser um furo aberto, sem qualquer envoltório perfurado ou forro com fenda para bloquear o fluxo entre a formação e o poço de drenagem. Em aplicações selecionadas, um ou mais dos poços de drenagem ou um ou mais dos poços de recuperação podem ser poços previamente perfurados, e podem ter sido utilizados previamente como um poço de recuperação ou um poço de injeção. Os poços podem, dessa forma, serem completados novamente para servir como um poço de drenagem ou um poço de recuperação. As zonas que foram

abertas para injeção de fluido em uma formação podem, dessa forma, ser fechadas, e novas zonas podem ser perfuradas ou fraturadas. De acordo com o método de formação do sistema de poços subterrâneos como descrito aqui, o um ou mais poços de drenagem e poços de recuperação podem e primeiramente perfurados ou completados novamente, ou, como explicado acima, um poço existente pode ser utilizado para um ou mais desses poços. A linha de fluxo abaixo da superfície é preferivelmente o último segmento de um poço que é perfurado, e pode ser perfurado pela perfuração de um poço de drenagem primário que leva para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície ou pela perfuração de um poço de recuperação que leva para a linha de fluxo abaixo da superfície. A linha de fluxo abaixo da superfície pode utilizar técnicas convencionais para agitar a linha de fluxo para interceptar a parte inferior de cada poço de drenagem e poço de recuperação. A alta confiabilidade de interceptação da linha de fluxo abaixo da superfície com esses poços de drenagem e poços de recuperação pode ser alcançada utilizando-se o Sistema de Abrangência de Ímã Rotativo (RMRS) fornecido por Halliburton Energy Services. Esse sistema pode utilizar um ímã perto da broca do conjunto de furo inferior do poço de linha de fluxo abaixo da superfície sendo perfurado, que pode ser uma das linhas de dreno ou poço de recuperação, e inclui um instrumento de pesquisa de linha de fio movido para um local a poucos metros do ponto de interceptação alvo em um poço de drenagem ou poço de recuperação. O instrumento de pesquisa percebe a anomalia magnética quando a broca com o ímã se aproxima do alvo. O conjunto de furo inferior é então agitado em resposta a essa informação percebida de forma que a broca intercepte o ponto de interceptação alvo. Outros sistemas podem ser utilizados, e podem incluir um sensor em um poço que responde a sinais de outro poço, ou que responde ao alvo ou outro componente, opcionalmente no conjunto de furo inferior, ou no outro poço. Técnicas de pesquisa direcional convencionais podem utilizar ferramentas de

pesquisa giroscópicas de alta precisão que podem incluir navegação inercial e/ou girar-enquanto-perfura, como sabido na técnica, ferramenta de tecnologia de abrangência magnética, ou outras ferramentas de interseção de poço. Em outras aplicações, os um ou mais poços de drenagem e/ou poço de recuperação podem ser perfurados depois que a linha de fluxo abaixo da superfície é perfurada, caso no qual o poço de drenagem ou poço de recuperação pode ser agitado para intersectar a linha de fluxo abaixo da superfície.

[0043] Visto que o poço de drenagem primário nem os poços de drenagem secundários exigem tubulação de produção, hastes ou uma bomba no furo, o acesso total está disponível para cada poço para intervenções sem aparelhamento, tal como alongamento de produção e outras operações com fio ou para operações de tubulação espiralada. As zonas podem ser completadas sem maior intervenção de poço. Adicionalmente, a determinação de quais zonas devem ser completadas, a realização do trabalho de recuperação tal como tratamentos de fratura, os tratamentos de conformação para desligamento de água ou gás, ou técnicas de recompletar utilizando tubulação espiralada podem ser eficientemente empregadas nos poços de drenagem primários e nos poços de drenagem secundários sem intervenção de aparelhagem. Além disso, as técnicas dessa invenção permitem o gerenciamento aperfeiçoado do reservatório pela rápida determinação de que a água, vapor ou gás de um injetor atravessou para um poço de recuperação em uma zona particular sem interferir com a produção de outras zonas utilizando as técnicas de alongamento de produção que não exigem um aparelho para desenvolvimento. Várias ferramentas também podem ser utilizadas para medir a taxa de fluxo total e o corte de óleo por zona durante a fase de produção em um poço de drenagem sem a necessidade de um aparelho de reforma para remoção de tubulação, bomba ou hastes. Adicionalmente, os métodos da presente invenção eliminam a necessidade de se testar a

produtividade das zonas utilizando técnicas de limpeza. Se uma passagem excessiva de água for identificada utilizando-se alongamento de produção ou sensores permanentes de poço, um tratamento de conformação à tubulação espiralada pode ser utilizado para se desligar as zonas problemáticas e permitir que água ou gás injetado seja redirecionado para outro poço de drenagem.

[0044] A fonte de água para um poço injetor pode ser marcada com um material residual que pode ser prontamente detectado pelas técnicas de alongamento de produção. A continuidade das lentes de areia entre os poços pode, dessa forma, ser confirmada e os fluxos de água injetada podem ser rastreados com o tempo.

[0045] Pela produção de uma zona por um curto período de tempo antes do tratamento de fratura, um maior diferencial de gradiente de fratura entre as areias e xisto pode ser criado. Em se fazendo isso, os meios comprimentos de fraturas podem se estender além dos comprimentos convencionais devido à altura não controlável da fratura associada com tratamentos maiores. Os poços não precisam ser perfurados em um espaçamento justo visto que os planos de fratura propriamente ditos podem se estender além das lentes do reservatório que são penetradas pelo poço.

[0046] Como explicado acima, os poços de drenagem não precisam ser verticais visto que os poços não precisam ser bombeados por haste. A perfuração dos múltiplos poços de recuperação secundários é, dessa forma, prática para campos off-shore e operações terrestres que exigem um impacto ambiental reduzido. As técnicas de perfuração direcional podem ser utilizadas para penetrar múltiplos "pontos sensíveis" desviados identificados por análise sísmica ou outros meios para maximizar a recuperação de hidrocarbono.

[0047] Como descrito aqui, um grande número de poços pode, dessa forma, ser conectado de forma fluida a um único poço de recuperação abaixo da superfície. O fluido só é produzido em um ou mais poços de recuperação e

o fluxo de fluido é geralmente descendente por meio da ação da gravidade na direção da temperatura mais alta, extremidade inferior do poço de recuperação que foi equipada com um sistema de elevação artificial grande e cordão de produção que foi projetado para minimizar o acúmulo de parafina durante as operações de produção, reduzindo, assim, os novos depósitos de parafina. Pelo fornecimento de um grande sistema de elevação artificial, o custo de um sistema é inferior em comparação com o fornecimento de vários sistemas de elevação artificial para cada poço.

[0048] Pela manutenção de acesso total aos poços de drenagem primário e secundário, novos poços podem ser completados ou recompletados, e os poços podem ser estimulados em termos de fratura nas zonas de hidrocarbono existentes ou em novas zonas sem o desligamento do sistema de recuperação de tubulação abaixo da superfície. O alongamento da produção dos poços pode identificar as oportunidades para se otimizar as eficiências, e as zonas que produzem água em excesso, vapor ou gás podem ser isoladas utilizando-se a tubulação espiralada transportando produtos químicos e/ou cimento. Adicionalmente, os produtos químicos para melhorar a estabilidade do furo de poço aberto podem ser mais baratos do que a colocação de um forro na linha de fluxo abaixo da superfície ou poços de drenagem.

[0049] O conceito da presente invenção terá aplicações em várias aplicações de desenvolvimento de campo de óleo, incluindo as com sequências espessas de intervalos estratificados de areia/xisto, zonas de óleo exigindo tratamentos de estimulação de fratura, e zonas com baixa continuidade de reservatório e propriedades rochosas heterogêneas. O sistema descrito aqui também pode ser utilizado para técnicas nas quais a expansão de gás é o mecanismo de acionamento de reservatório primário, e também pode ser utilizado com técnicas envolvendo injeção de água, vapor e/ou gás para a recuperação de óleo secundária. O equipamento de elevação artificial de alto

volume permite que a técnica seja utilizada quando houver produção de água significativa a partir das operações de recuperação secundárias. Os hidrocarbonos, que incluem um alto teor de parafina podem ser recuperados de forma eficiente e o óleo pode ser recuperado de forma mais eficiente em comparação com as técnicas de exploração tradicionais que envolvem altos custos operacionais, altas densidades de poço para explorar múltiplas lentes de reservatório pequenas, proteções fracas contra xisto, e intervenção de reforma para o teste de nível de zona.

[0050] Com as aplicações discutidas acima, o fluido de formação flui por ação da gravidade para o poço de recuperação, frequentemente com o auxílio de um diferencial de pressão entre o fluido no poço de drenagem e/ou linha de fluxo abaixo da superfície, e a pressão reduzida na parte inferior do poço de recuperação que contém a bomba ou outro sistema de elevação de poço de recuperação. Em outras aplicações, a pressão do reservatório em cada um dos locais de interceptação é suficiente para que a coluna de fluido no poço de drenagem seja maior do que no local de interceptação de formação respectivo. Nessas aplicações, uma linha de fluxo abaixo da superfície pode interceptar os poços de coleta acima dos locais de interceptação de formação, visto que a pressão de fluido fornece a força para acionar o óleo para a linha de fluxo abaixo da superfície e então para o poço de recuperação. A parte inferior do poço de coleta, apesar de estar acima da formação, não obstante, está em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície e, dessa forma, com o poço de recuperação. Essa disposição pode não ser preferível visto que não fornece a drenagem total da formação, mas pode ter aplicação em alguns campos. Note-se que os poços conectados à linha de fluxo abaixo da superfície não são chamados de "poços de drenagem" nesse pedido, visto que a gravidade não auxilia no movimento do fluido para o poço de recuperação abaixo da superfície.

[0051] Os termos "interceptando" e "interceptação" como utilizados

aqui envolvem o cruzamento ou interseção de um poço ou uma linha de fluxo, tal como um poço de drenagem, com uma formação de produção. Um "local de interceptação" é a zona na qual o poço intercepta uma formação de produção. Alguns ou todos os locais de interceptação são mais altos do que a extremidade inferior do poço de recuperação para facilitar o fluxo do poço de recuperação. Uma linha de fluxo abaixo da superfície está "dentro" de uma formação se qualquer parte da linha de fluxo se estender para dentro ou de outra forma estiver em qualquer parte da formação. Uma linha de fluxo abaixo da superfície está "abaixo" de uma formação se estiver verticalmente abaixo de pelo menos uma parte da formação. A linha de fluxo subjacente pode ou não ser espaçada lateralmente a partir da formação, e em algumas aplicações a linha de fluxo pode ser espaçada por uma distância considerável da interceptação de um ou mais poços de drenagem com uma ou mais formações.

[0052] Um "poço de recuperação" como utilizado aqui é um poço a partir do qual os fluidos são recuperados para a superfície. Um "poço de drenagem" é um poço que recebe os fluidos de uma formação, e transmite os fluidos, comumente com gravidade e frequentemente com um diferencial de pressão, para uma linha de fluxo abaixo da superfície e então para um poço de recuperação. Um "poço de drenagem primário" pode ou não interceptar uma formação de produção, e, dessa forma, pode ou não ser completado para produção.

[0053] O termo "se estendendo a partir da superfície" quando utilizado com relação a um poço inclui os poços perfurados a partir da superfície, e os poços perfurados a partir de outro poço, por exemplo, em um sistema multilateral ou de junção, com o poço parente de tal sistema tendo sido perfurado a partir da superfície. "Superfície" de um poço é a superfície de terra mais superior do poço terrestre, e é a linha de lama de um poço off-shore. A frase "fluxo de controle para a linha de fluxo abaixo da superfície"

inclui a abertura, o fechamento ou a medição de uma zona particular para a entrada no poço de drenagem.

[0054] O termo "comunicação por fluido" significa que o fluido pode fluir sem um diferencial de pressão significativo entre dois locais. A comunicação por fluido pode resultar da interceptação de uma formação e um poço, da interceptação de dois poços, ou de poços estando tão perto que os fluidos passam sem restrição significativa entre os dois poços, opcionalmente devido à perfuração ou fratura do espaçamento entre os poços. O termo "fluido" como utilizado aqui significa um líquido ou uma combinação de um líquido e um gás. A água pode, dessa forma, ser recuperada com uma bomba a partir do poço de recuperação para melhorar o fluxo de gases de hidrocarbono da formação para a superfície. Em outras aplicações, óleo e gases de hidrocarbono ou óleo e água podem ser recuperados a partir do poço de recuperação. A frase "operação de intervenção" significa uma operação formada a partir da superfície de um ou mais dos poços de drenagem e inclui estimulação de poço, uma limpeza do poço, uma operação de teste de formação e/ou poço, e uma operação de desligamento de fluido. Como utilizado aqui, a frase "operação de estimulação" significa uma operação para estimular a produção, e inclui a perfuração ou fratura da formação, acidificação, e limpeza do poço.

[0055] Como descrito aqui, um ou mais poços de drenagem, e em muitas aplicações uma pluralidade de poços de drenagem, podem se estender a partir da superfície que intercepta pelo menos uma das uma ou mais formações subterrâneas, com uma parte inferior do poço de drenagem estando em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície. Em uma aplicação ilustrativa, quatro poços de drenagem podem interceptar, cada um, a formação e possuir uma parte inferior em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície. Poços adicionais no campo desses quatro poços de drenagem, poços adicionais esses que podem ou não drenar o

fluido de formação para dentro do poço, não são considerados poços de drenagem como descrito aqui visto que não possuem uma parte inferior em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície. Um ou mais desses poços adicionais também pode ser um poço de recuperação visto que o fluido pode ser recuperado a partir do poço. Não é, no entanto, um poço de recuperação em comunicação por fluido com uma linha de fluxo abaixo da superfície como descrito aqui, visto que os fluidos que entram nos um ou mais poços de drenagem fluem para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície e então para o poço de recuperação.

[0056] Apesar de as modalidades específicas da invenção terem sido descritas aqui em alguns detalhes, isso foi feito apenas para fins de explicação dos vários aspectos da invenção, e não deve limitar o escopo da invenção como definida nas reivindicações que se seguem. Os versados na técnica compreenderão que a modalidade ilustrada e descrita é ilustrativa, e várias outras substituições, alterações e modificações, incluindo, mas não-limitado a essas alternativas de desenho especificamente discutida aqui, podem ser realizadas na prática da invenção sem se distanciar de seu escopo.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de poços subterrâneos (10), caracterizado por compreender:

uma linha de fluxo abaixo da superfície (20) possuindo pelo menos uma parte abaixo de pelo menos uma dentre duas ou mais formações subterrâneas (12) separadas verticalmente por uma ou mais camadas impermeáveis de fluido;

uma pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34), cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos duas dentre as duas ou mais formações subterrâneas cada um em um local de interceptação respectivo e possuindo uma parte inferior em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície (20), a linha de fluxo abaixo da superfície entre cada local de comunicação por fluido com um poço de drenagem e um poço de recuperação comum (42) estando angulada por 45° ou menos com relação ao plano horizontal; e

o poço de recuperação (42) comum se estendendo a partir da superfície e em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície, de forma que os fluidos de formação que entram em dois ou mais poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) a partir de duas ou mais formações (12) fluem para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície (20) e então para dentro do poço de recuperação comum (42).

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação comum (42) possui uma seção inferior, e em que pelo menos uma parte de cada local de interceptação é mais alta do que a dita seção inferior do poço de recuperação.

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

um poço de drenagem primário (16) se estendendo a partir da superfície e possuindo uma parte inferior que forma a linha de fluxo abaixo da superfície (20).

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o poço de drenagem primário (16) inclui uma seção acima da linha de fluxo abaixo da superfície (20) que intercepta pelo menos duas ou mais formações subterrâneas (12).

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a linha de fluxo abaixo da superfície (20) é pelo menos parcialmente contida em uma mais baixa dentre duas ou mais formações subterrâneas (12).

6. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) inclui pelo menos um dentre um envoltório perfurado (46) ou um forro com fenda para recuperação de fluidos a partir de duas ou mais formações subterrâneas (12).

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação (42) intercepta pelo menos uma dentre duas ou mais formações subterrâneas (12).

8. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o poço (42) de recuperação inclui uma parte inferior formando a linha de fluxo abaixo da superfície (20).

9. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

outra linha de fluxo abaixo da superfície possuindo uma parte abaixo de pelo menos uma dentre duas ou mais formações subterrâneas separadas verticalmente por uma ou mais camadas impermeáveis;

outra pluralidade de poços de drenagem se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos duas dentre duas ou mais formações

subterrâneas cada um em um local de interceptação respectivo e possuindo uma parte inferior em comunicação por fluido com a outra linha de fluxo abaixo da superfície; e

a outra linha de fluxo abaixo da superfície estando em comunicação por fluido com um dentre a linha de fluxo abaixo da superfície e o poço de recuperação, de forma que os fluidos de duas ou mais formações fluam para dentro de outra linha de fluxo abaixo da superfície através de outra pluralidade de poços de drenagem e para dentro do poço de recuperação.

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

outro poço de recuperação se estendendo a partir da superfície e em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície.

11. Sistema para produção de fluidos a partir de duas ou mais formações subterrâneas (12), caracterizado por compreender:

um poço de drenagem primário (16) se estendendo a partir da superfície, o poço de drenagem primário (16) incluindo uma linha de fluxo abaixo da superfície (20) possuindo pelo menos uma dentre duas ou mais formações subterrâneas (12) separadas verticalmente por uma ou mais camadas impermeáveis de fluido;

uma pluralidade de poços de drenagem secundários (26, 28, 30, 32, 34), cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos duas dentre as duas ou mais formações subterrâneas (12) em um local de interceptação respectivo e possuindo uma parte inferior em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície (20), cada poço de drenagem secundário incluindo pelo menos um dentre um envoltório perfurado (46) ou um forro com fenda contido em uma formação subterrânea; e

um poço de recuperação comum (42) se estendendo a partir da superfície, com uma parte inferior em comunicação por fluido com a linha de

fluxo abaixo da superfície (20), o poço de recuperação incluindo um sistema de elevação localizado no poço de recuperação.

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o sistema de elevação é pelo menos parcialmente contido na parte inferior do poço de recuperação (42).

13. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a linha de fluxo abaixo da superfície (20) entre o local de comunicação por fluido com cada um da pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) e o local de comunicação por fluido com o poço de recuperação é angulada em 45° ou menos com relação ao plano horizontal.

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o sistema de elevação de poço de recuperação inclui um ou mais dentre uma bomba acionada a partir da superfície por uma haste de acionamento (50), uma bomba a jato energizada hidraulicamente e um sistema de válvula de elevação a gás.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o poço de drenagem primário (16) inclui uma seção acima da linha de fluxo abaixo da superfície (20) que intercepta e está em comunicação por fluido com pelo menos uma dentre as duas ou mais formações subterrâneas.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação intercepta e está em comunicação por fluido com duas ou mais formações subterrâneas.

17. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

outra linha de fluxo abaixo da superfície possuindo uma parte abaixo de pelo menos uma dentre duas ou mais formações subterrâneas separadas verticalmente por uma ou mais camadas impermeáveis;

outra pluralidade de poços de drenagem secundários, cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos duas dentre as duas ou mais formações subterrâneas em locais de interceptação respectivos e possuindo uma parte inferior em comunicação por fluido com a outra linha de fluxo abaixo da superfície; e

a outra linha de fluxo abaixo da superfície estando em comunicação por fluido com um dentre a linha de fluxo abaixo da superfície e o poço de recuperação, de forma que os fluidos de duas ou mais formações fluam para dentro de outra linha de fluxo abaixo da superfície através de outra pluralidade de poços de drenagem secundários e para dentro do poço de recuperação.

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem secundários inclui um sensor de furo de poço (60, 62) para perceber uma dentre uma condição de formação e uma condição de fluido.

19. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem secundários inclui um dispositivo de controle de fluxo (65) para controlar o fluxo para dentro de um dos respectivos poços de drenagem secundários a partir de uma dentre as duas ou mais formações subterrâneas.

20. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem secundários inclui um dispositivo de controle de fluxo (64) para controlar o fluxo de um poço de drenagem respectivo (28) para a linha de fluxo abaixo da superfície (20).

21. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

um poço de injeção (70A, 70B, 78A, 78B) espaçado de cada um dentre a pluralidade de poços de drenagem secundários para injeção de

fluido para dentro de duas ou mais formações subterrâneas (12) para mover os fluidos de recuperação para dentro de pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem secundários.

22. Método de construção de um sistema de poço, caracterizado por compreender:

perfurar uma pluralidade poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34), cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos duas ou mais formações subterrâneas (12) em um local de interceptação respectivo, as formações subterrâneas estando separadas verticalmente por uma ou mais camadas impermeáveis de fluido;

perfurar uma linha de fluxo abaixo da superfície (20) possuindo pelo menos uma parte abaixo de pelo menos uma dentre duas ou mais formações subterrâneas separadas verticalmente por uma ou mais camadas impermeáveis de fluido e em comunicação por fluido com uma parte inferior de um ou mais poços de drenagem, a linha de fluxo abaixo da superfície entre cada local de comunicação por fluido com um poço de drenagem e um poço de recuperação comum é angulada em 45° ou menos com relação ao plano horizontal;

perfurar um poço de recuperação comum que se estende a partir da superfície e em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície; e

recuperar fluidos para a superfície através do poço de drenagem comum, de forma que os fluidos de formação que entram na pluralidade de poços de drenagem fluem através do poço de drenagem e para a linha de fluxo abaixo da superfície e então para o poço de recuperação

23. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

perfurar um poço de drenagem primário (16) se estendendo a partir da superfície e possuindo uma parte inferior formando a linha de fluxo abaixo da superfície (20).

24. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

perfurar o poço de recuperação para interceptar pelo menos uma dentre as duas ou mais formações subterrâneas.

25. Método, de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que cada um da pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) é provido com pelo menos um dentre um envoltório perfurado (46) ou um forro com fenda para comunicação dos fluidos a partir das duas ou mais formações subterrâneas.

26. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

formar pelo menos uma parte da linha de fluxo abaixo da superfície para estar em comunicação por fluido direta com pelo menos uma dentre as duas ou mais formações subterrâneas.

27. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que a linha de fluxo abaixo da superfície é perfurada de forma a estar em comunicação por fluido com os um ou mais poços de drenagem previamente perfurados e com um poço de recuperação previamente perfurado.

28. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

angular a linha de fluxo abaixo da superfície (20) em 45° ou menos com relação ao plano horizontal entre o local de comunicação por fluido com cada poço de drenagem e o local de comunicação por fluido com o poço de recuperação.

29. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação possui uma seção inferior, e onde pelo menos uma parte do local de interceptação respectivo da pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) é mais alta do que a seção inferior do poço de recuperação.

30. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

fornece um sistema de elevação dentro do poço de recuperação, o sistema de elevação possuindo um ou mais dentre uma bomba acionada a partir da superfície por uma haste de acionamento, uma bomba a jato energizada hidraulicamente, e um sistema de válvula de elevação por gás.

31. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação é substancialmente vertical e uma haste de acionamento se estende a partir da superfície para energizar uma bomba no furo do poço.

32. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

fornece um sensor de furo de poço em pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) para perceber uma dentre uma condição de formação e uma condição de fluido.

33. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

realizar uma operação de estimulação de poço a partir da superfície em pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem.

34. Método, de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que a operação de estimulação de poço é selecionada a partir de um grupo que consiste em um ou mais dentre a limpeza, perfuração, acidificação de poço e fratura da formação.

35. Método de construção de um sistema de poço em um campo contendo um ou mais poços existentes, caracterizado por compreender:

fornecer um poço de recuperação comum ou finalizar um poço existente como um poço de recuperação, o poço de recuperação se estendendo a partir da superfície e incluindo uma parte inferior;

fornecer uma pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) ou finalizar um poço existente como um poço de drenagem, cada um da pluralidade de poços de drenagem se estendendo a partir da superfície e incluindo uma parte inferior, a cada um ou mais poços de drenagem interceptando duas ou mais formações em um local de interceptação respectivo, as duas ou mais formações espaçadas verticalmente por uma ou mais camadas impermeáveis;

perfurar uma linha de fluxo abaixo da superfície (20) possuindo pelo menos uma parte abaixo de pelo menos uma dentre duas ou mais formações subterrâneas (12), de forma que a linha de fluxo abaixo da superfície seja perfurada para comunicação por fluido com a pluralidade de poços de drenagem; e

fornecer comunicação por fluido entre a linha de fluxo abaixo da superfície e o poço de recuperação comum, em que as interceptações respectivas da pluralidade de poços de drenagem são mais altas do que a parte inferior do poço de recuperação.

36. Método, de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dos poços de drenagem existentes foi previamente um poço de injeção ou recuperação.

37. Método, de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

injetar fluidos em um ou mais poços de injeção espaçados de pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) para mover os fluidos de formação para pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem.

38. Método, de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

fornecer um anel de recuperação dentro do poço de recuperação para recuperação de fluidos a partir da extremidade inferior do poço de recuperação para a superfície.

39. Método de produção de fluidos a partir de duas ou mais formações subterrâneas separadas verticalmente por uma ou mais camadas impermeáveis, caracterizado por compreender:

fornecer uma pluralidade de poços de drenagem se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos duas formações subterrâneas em um local de interceptação respectivo;

fornecer uma linha de fluxo abaixo da superfície possuindo pelo menos uma parte abaixo de pelo menos uma dentre duas ou mais formações subterrâneas e em comunicação por fluido com uma parte inferior da pluralidade de poços de drenagem;

fornecer um poço de recuperação comum se estendendo a partir da superfície e em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície; e

produzir fluidos a partir de duas ou mais formações para baixo através da pluralidade de poços de drenagem e então para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície e então para dentro do poço de recuperação comum e então para a superfície.

40. Método, de acordo com a reivindicação 39, caracterizado pelo fato de que a linha de fluxo abaixo da superfície entre o local de comunicação por fluido com cada poço de drenagem e o local de

comunicação por fluido com o poço de recuperação é angulada em 45° ou menos com relação ao plano horizontal.

41. Método, de acordo com a reivindicação 39, caracterizado pelo fato de que o dito poço de recuperação possui uma seção inferior, e onde a localização da interceptação de cada um dos um ou mais poços de drenagem é mais alta do que a dita seção inferior de poço de recuperação.

42. Método, de acordo com a reivindicação 39, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

realizar uma operação de estimulação de poço a partir da superfície na pluralidade de poços de drenagem.

43. Método, de acordo com a reivindicação 39, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

realizar uma operação de intervenção de poço a partir da superfície no um ou mais poços de drenagem enquanto se produz fluidos a partir do poço de recuperação, a operação de intervenção de poço selecionada a partir de um grupo consistindo em um ou mais dentre uma limpeza de poço, e/ou uma operação de teste de formação de poço, uma operação de estimulação, uma operação de desligamento de fluido, um ajuste de dispositivo de controle de fluido, e uma operação de substituição ou reparo de sensor.

44. Método, de acordo com a reivindicação 39, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

fornecer em pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem de pelo menos um sensor e um dispositivo de controle de fluxo; e

alterar a produção a partir de pelo menos um local de interceptação enquanto se produz fluidos a partir do poço de recuperação.

45. Sistema de poços subterrâneos para produzir fluidos, caracterizado por compreender:

uma linha de fluxo abaixo da superfície estendendo-se a partir da superfície, possuindo uma parte inferior dentro ou abaixo de pelo menos uma formação subterrânea;

uma pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34), cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos uma formação subterrânea em um local de interceptação respectivo e possuindo uma parte inferior em comunicação por fluido com a parte inferior da linha de fluxo abaixo da superfície, cada um da pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) incluindo pelo menos um dentre um envoltório perfurado (46) ou um forro com fenda para recuperação de pelo menos uma porção dos fluidos de formação a partir de pelo menos uma formação subterrânea, tal que pelo menos uma porção dos fluidos de formação movem para baixo a pluralidade de poços de drenagem para a linha de fluxo abaixo da superfície, pontos ao longo da linha de fluxo abaixo da superfície entre cada local de comunicação por fluido com um poço de drenagem e um poço de recuperação comum (42) estando angulada por 45° ou menos com relação ao plano horizontal; e

um poço de recuperação comum (42) se estendendo a partir da superfície e em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície, de forma que pelo menos uma porção dos fluidos de formação que entram na pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) a partir de pelo menos uma formação (12) fluem para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície e então para dentro do poço de recuperação comum (42).

46. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação comum (42) possui uma seção inferior, e em que pelo menos uma parte de cada local de interceptação é mais alta do que a dita seção inferior do poço de recuperação.

47. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, caracterizado pelo fato de que uma porção da linha de fluxo abaixo da superfície (20) intercepta pelo menos uma formação subterrânea.

48. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, caracterizado pelo fato de que a linha de fluxo abaixo da superfície é pelo menos parcialmente contida em uma mais inferior dentre a pelo menos uma formação subterrânea (12).

49. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação inclui uma parte inferior que forma a linha de fluxo abaixo da superfície (20).

50. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

outra linha de fluxo abaixo da superfície possuindo uma parte abaixo de pelo menos uma formação subterrânea;

outra pluralidade de poços de drenagem, cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos uma formação subterrânea em um local de interceptação respectivo e possuindo uma parte inferior em comunicação por fluido com a outra linha de fluxo abaixo da superfície; e

a outra linha de fluxo abaixo da superfície estando em comunicação por fluido com um dentre a linha de fluxo abaixo da superfície e o poço de recuperação, de forma que os fluidos de pelo menos uma formação subterrânea fluam para dentro de outra linha de fluxo abaixo da superfície através de outra pluralidade de poços de drenagem e para dentro do poço de recuperação.

51. Sistema para produção de fluidos a partir de uma ou mais formações subterrâneas (12), caracterizado por compreender:

um poço de drenagem primário (16) se estendendo a partir da superfície, o poço de drenagem primário (16) incluindo uma linha de fluxo

abaixo da superfície possuindo pelo menos uma parte dentro ou abaixo de pelo menos uma formação subterrânea;

uma pluralidade de poços de drenagem secundários, cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos uma formação subterrânea em um local de interceptação respectivo e possuindo uma parte inferior em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície, cada poço de drenagem secundário incluindo pelo menos um dentre um envoltório perfurado ou um forro com fenda contido em uma formação subterrânea, tal que pelo menos uma porção dos fluidos de formação move para baixo a pluralidade de poços de drenagem para a linha de fluxo abaixo da superfície, cada um da pluralidade de poços de drenagem secundários incluindo um dispositivo de controle de fluxo para controlar o fluxo a partir de um respectivo poço de drenagem secundário para a linha de fluxo abaixo da superfície; e

um poço de recuperação comum se estendendo a partir da superfície, com uma parte inferior em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície, o poço de recuperação incluindo um sistema de elevação.

52. Sistema, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de que o sistema de elevação é pelo menos parcialmente contido na parte inferior do poço de recuperação.

53. Sistema, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de que a linha de fluxo abaixo da superfície entre o local da comunicação por fluido com cada um dentre a pluralidade de poços de drenagem e o local da comunicação por fluido com o poço de recuperação é angulada em 45° ou menos com relação ao plano horizontal.

54. Sistema, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de que o sistema de elevação de poço de recuperação inclui um ou mais dentre uma bomba acionada a partir da superfície por uma haste de

acionamento, uma bomba a jato energizada hidraulicamente e um sistema de válvula de elevação a gás.

55. Sistema, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de que o poço de drenagem primário (16) inclui uma seção acima da linha de fluxo abaixo da superfície que intercepta e está em comunicação por fluido com pelo menos uma dentre uma ou mais formações subterrâneas (12) tal que pelo menos uma porção dos fluidos de formação do poço de drenagem primário (16) se mova para a linha de fluxo abaixo da superfície.

56. Sistema, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação intercepta e está em comunicação por fluido com pelo menos uma formação subterrânea.

57. Sistema, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

outra linha de fluxo abaixo da superfície possuindo uma parte dentro ou abaixo de pelo menos uma dentre uma ou mais formações subterrâneas;

outra pluralidade de poços de drenagem secundários, cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos uma formação subterrânea em um local de interceptação respectivo e possuindo uma parte inferior em comunicação por fluido com a outra linha de fluxo abaixo da superfície; e

a outra linha de fluxo abaixo da superfície estando em comunicação por fluido com um dentre a linha de fluxo abaixo da superfície e o poço de recuperação, de forma que pelo menos uma porção dos fluidos de pelo menos uma formação subterrânea flua para dentro de outra linha de fluxo abaixo da superfície através de outra pluralidade de poços de drenagem secundários e para dentro do poço de recuperação.

58. Sistema, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de que cada da pluralidade de poços de drenagem secundários inclui

um sensor de furo de poço para perceber uma dentre uma condição de formação e uma condição de fluido.

59. Sistema, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dentre uma pluralidade de poços de drenagem secundários inclui um dispositivo de controle de fluxo para controlar o fluxo para dentro de um dos respectivos poços de drenagem secundários a partir de pelo menos uma formação subterrânea.

60. Sistema, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

um poço de injeção espaçado de cada um dentre a pluralidade de poços de drenagem secundários para injeção de fluido para dentro de pelo menos uma formação subterrânea para mover os fluidos de recuperação para dentro de pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem secundários.

61. Método de construção de um sistema de poço, caracterizado por compreender:

perfurar uma pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34), cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos uma formação subterrânea em um local de interceptação respectivo;

perfurar uma linha de fluxo abaixo da superfície (20) se estendendo a partir da superfície possuindo uma porção inferior dentro ou abaixo de pelo menos uma formação subterrânea, a linha de fluxo abaixo da superfície em comunicação por fluido com uma parte inferior de um ou mais poços de drenagem, , de modo que a pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) produza os fluidos recuperados para a porção inferior da linha de fluxo subterrânea, pontos ao longo da linha de fluxo abaixo da superfície entre cada local de comunicação por fluido com um poço de drenagem e um poço de recuperação comum (42) sendo angulada em 45° ou menos com relação ao plano horizontal; e

perfurar um poço de recuperação comum se estendendo a partir da superfície e em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície; e

recuperar fluidos para a superfície através do poço de drenagem comum, de forma que pelo menos uma porção dos fluidos de formação de que entram na pluralidade de poços de drenagem fluem através do poço de drenagem e para a linha de fluxo abaixo da superfície e então para o poço de recuperação

62. Método, de acordo com a reivindicação 61, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

formar pelo menos uma parte da linha de fluxo abaixo da superfície (20) para estar em comunicação por fluido direta com pelo menos uma formação subterrânea.

63. Método, de acordo com a reivindicação 61, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

perfurar o poço de recuperação para interceptar pelo menos uma formação subterrânea.

64. Método, de acordo com a reivindicação 61, caracterizado pelo fato de que a linha de fluxo abaixo da superfície é perfurada de forma a estar em comunicação por fluido com um ou mais poços de drenagem previamente perfurados e com um poço de recuperação previamente perfurado.

65. Método, de acordo com a reivindicação 61, caracterizado pelo fato de que cada um da pluralidade de poços de drenagem é provido com pelo menos um dentre um envoltório perfurado ou um forro com fenda para comunicação por fluido a partir de pelo menos uma formação subterrânea.

66. Método, de acordo com a reivindicação 61, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação possui uma seção inferior, e onde pelo menos uma parte do local de interceptação respectivo da pluralidade de poços

de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) é mais alta do que a seção inferior do poço de recuperação.

67. Método, de acordo com a reivindicação 61, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

fornecer um sistema de elevação dentro do poço de recuperação, o sistema de elevação possuindo um ou mais dentre uma bomba acionada a partir da superfície por uma haste de acionamento, uma bomba a jato energizada hidraulicamente, e um sistema de válvula de elevação por gás.

68. Método, de acordo com a reivindicação 61, caracterizado pelo fato de que o poço de recuperação é substancialmente vertical e uma haste de acionamento se estende a partir da superfície para energizar uma bomba no furo do poço.

69. Método, de acordo com a reivindicação 61, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

fornecer um sensor de furo de poço em pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) para perceber uma dentre uma condição de formação e uma condição de fluido.

70. Método, de acordo com a reivindicação 61, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

realizar uma operação de estimulação a partir da superfície em pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem.

71. Método, de acordo com a reivindicação 70, caracterizado pelo fato de que a operação de estimulação de poço é selecionada a partir de um grupo que consiste em um ou mais dentre a limpeza, perfuração, acidificação de poço e fratura da formação.

72. Método de construção de um sistema de poço em um campo contendo um ou mais poços existentes, caracterizado por compreender:

fornecer um poço de recuperação comum ou finalizar um poço existente como um poço de recuperação, o poço de recuperação se estendendo a partir da superfície e incluindo uma parte inferior;

fornecer uma pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34) ou finalizar um poço existente como um poço de drenagem, cada um da pluralidade de poços de drenagem se estendendo a partir da superfície e incluindo uma parte inferior, a cada um ou mais poços de drenagem interceptando uma ou mais formações em um local de interceptação respectivo;

perfurar uma linha de fluxo abaixo da superfície (20) se estendendo a partir da superfície possuindo uma porção inferior dentro ou abaixo de pelo menos uma dentre uma ou mais formações subterrâneas, de forma que a linha de fluxo abaixo da superfície seja perfurada para comunicação por fluido com a pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34), a pluralidade de poços de drenagem em comunicação fluida com pelo menos uma das uma ou mais formações de tal modo que pelo menos uma porção dos fluidos de formação move para baixo a pluralidade de poços de drenagem para a linha de fluxo abaixo da superfície; e

fornecer comunicação por fluido entre a linha de fluxo abaixo da superfície e o poço de recuperação comum, em que as interceptações respectivas da pluralidade de poços de drenagem são mais altas do que a parte inferior do poço de recuperação

injetar fluidos em um ou mais poços de injeção espaçados de pluralidade de poços de drenagem para mover fluidos de formação para dentro da pluralidade de poços de drenagem.

73. Método, de acordo com a reivindicação 72, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dos poços de drenagem existentes foi previamente um poço de injeção ou recuperação.

74. Método, de acordo com a reivindicação 72, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

fornecer um anel de recuperação dentro do poço de recuperação para recuperação de fluidos a partir da extremidade inferior do poço de recuperação para a superfície.

75. Método de produção de fluidos a partir de uma ou mais formações subterrâneas (12), caracterizado por compreender:

fornecer uma pluralidade de poços de drenagem (26, 28, 30, 32, 34), cada um se estendendo a partir da superfície e interceptando pelo menos uma formação subterrânea em um local de interceptação respectivo;

fornecer uma linha de fluxo abaixo da superfície (20) se estendendo a partir da superfície possuindo uma porção inferior dentro ou abaixo a uma ou mais formações e em comunicação por fluido com uma parte inferior da pluralidade de poços de drenagem, a pluralidade de poços de drenagem em comunicação fluida com pelo menos uma formação subterrânea de tal modo que pelo menos uma porção dos fluidos de formação flui a partir da pluralidade de poços de drenagem para a linha de fluxo abaixo da superfície;

fornecer um poço de recuperação comum se estendendo a partir da superfície e em comunicação por fluido com a linha de fluxo abaixo da superfície;

injetar fluidos em um ou mais poços de injeção espaçados de pluralidade de poços de drenagem para mover fluidos de formação para dentro da pluralidade de poços de drenagem

produzir pelo menos uma porção dos fluidos a partir de uma ou mais formações para baixo através da pluralidade de poços de drenagem e então para dentro da linha de fluxo abaixo da superfície e então para dentro do poço de recuperação comum e então para a superfície.

76. Método, de acordo com a reivindicação 75, caracterizado pelo fato de que a linha de fluxo abaixo da superfície entre o local de comunicação por fluido com cada poço de drenagem e o local de comunicação por fluido com o poço de recuperação é angulada em 45° ou menos com relação ao plano horizontal.

77. Método, de acordo com a reivindicação 75, caracterizado pelo fato de que o dito poço de recuperação possui uma seção inferior, e onde o local de interceptação de cada um dentre um ou mais poços de drenagem é mais alto do que a dita seção inferior de poço de recuperação.

78. Método, de acordo com a reivindicação 75, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

realizar uma operação de estimulação de poço a partir da superfície na pluralidade de poços de drenagem.

79. Método, de acordo com a reivindicação 75, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

realizar uma operação de intervenção de poço a partir da superfície no um ou mais poços de drenagem enquanto se produz fluidos a partir do poço de recuperação, a operação de intervenção de poço selecionada a partir de um grupo consistindo em um ou mais dentre uma limpeza de poço, ou uma operação de teste de formação de poço, uma operação de estimulação, uma operação de desligamento de fluido, um ajuste de dispositivo de controle de fluido, e uma operação de substituição ou reparo de sensor.

80. Método, de acordo com a reivindicação 75, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

fornecer em pelo menos um dentre a pluralidade de poços de drenagem de pelo menos um sensor e um dispositivo de controle de fluxo; e

alterar a produção a partir de pelo menos um local de interceptação enquanto se produz fluidos a partir do poço de recuperação.

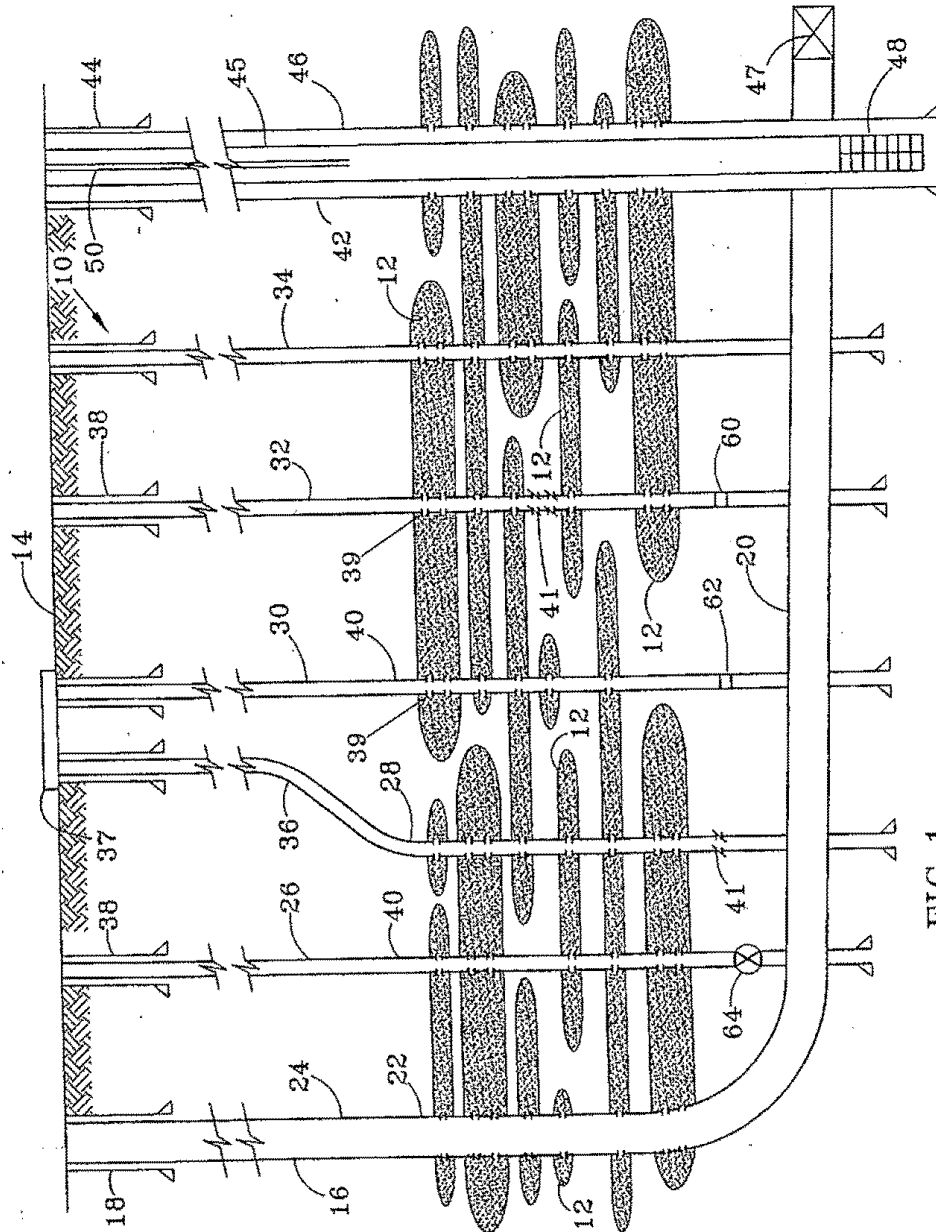
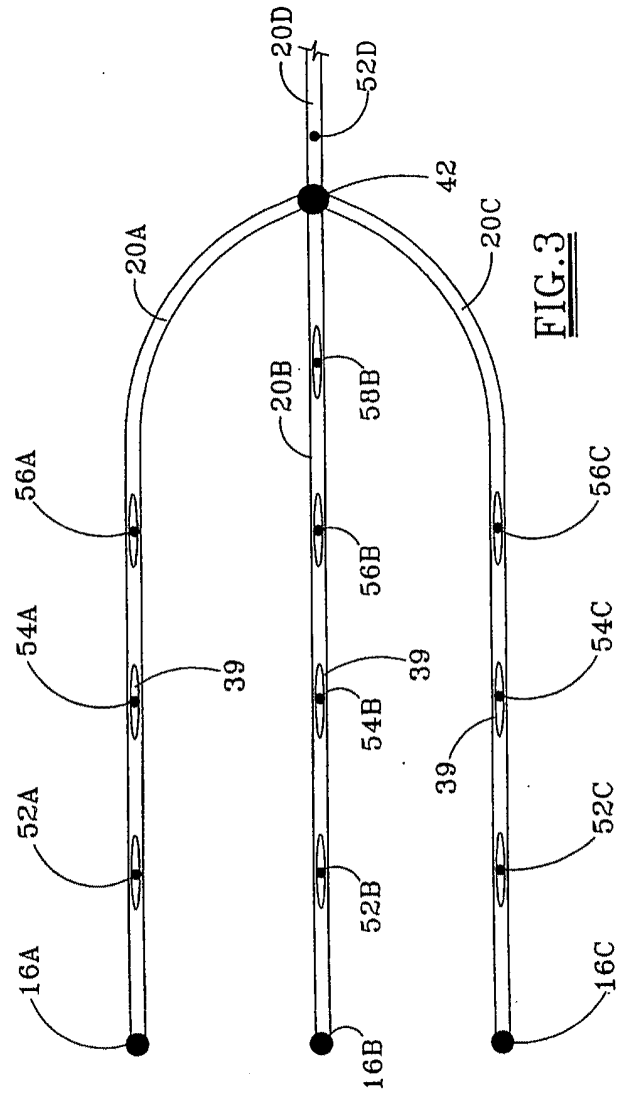
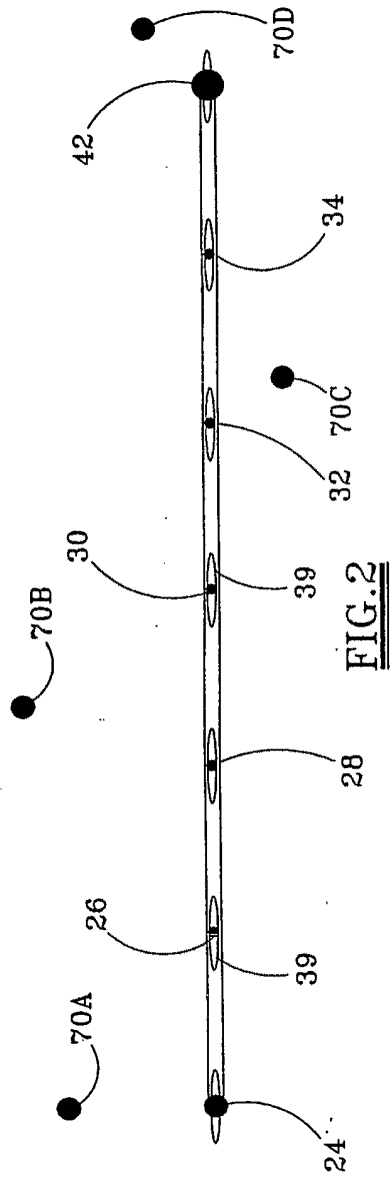
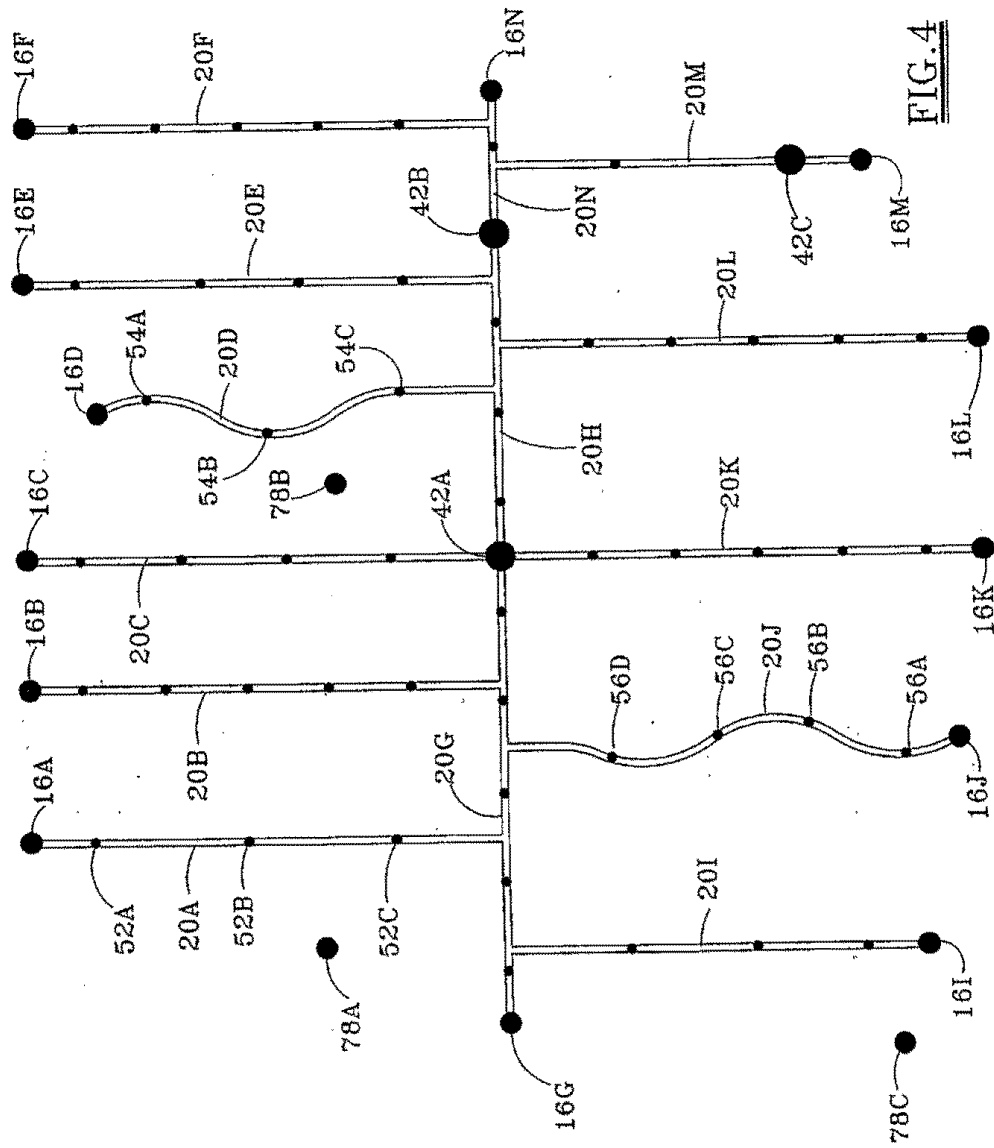


FIG. 1





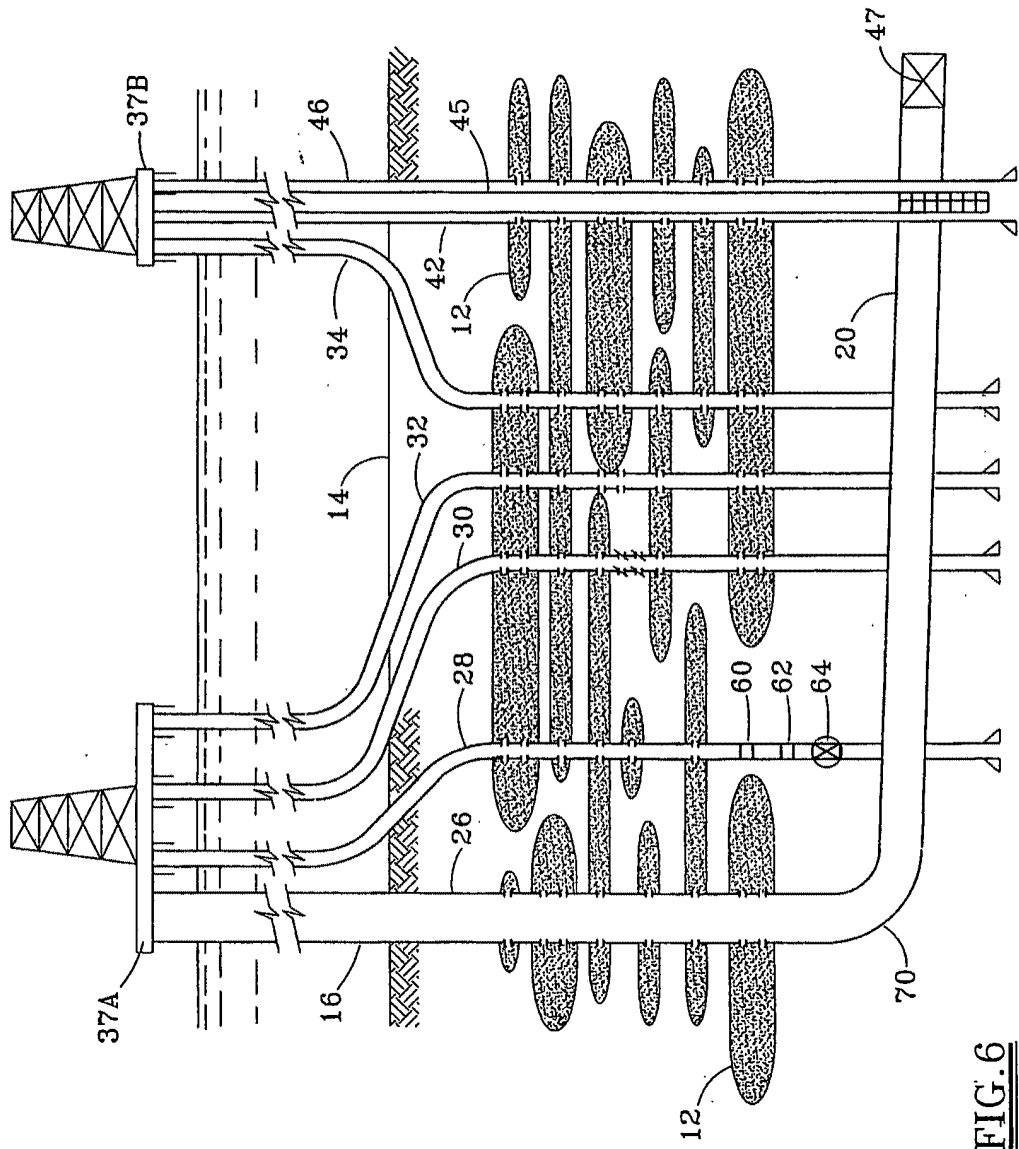


FIG. 6