

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

(21) **PI0707522-7 A2**

(22) Data de Depósito: 06/02/2007
(43) Data da Publicação: 03/05/2011
(RPI 2104)



(51) *Int.Cl.:*
C10G 1/00

(54) Título: **MÉTODO E SISTEMA PARA EXTRAÇÃO DE HIDROCARBONETOS DE XISTO BETUMINOSOS**

(30) Prioridade Unionista: 17/11/2006 US 11/600,992,
06/02/2006 US 60/765,667

(73) Titular(es): Shale And Sands Oil Recovery LLC

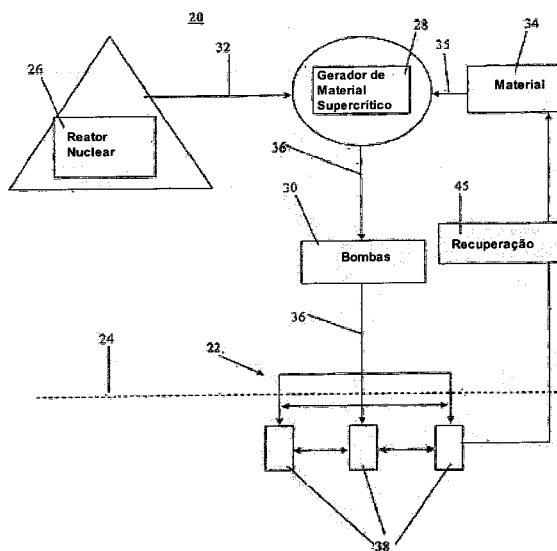
(72) Inventor(es): Thomas B. O'Brien

(74) Procurador(es): Veirano e Advogados Associados

(86) Pedido Internacional: PCT US2007003098 de 06/02/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/092415 de 16/08/2007

(57) Resumo: METODO E SISTEMA PARA EXTRAÇÃO DE HIDROCARBONETOS DE XISTOS BETUMINOSOS A presente invenção se refere um sistema e método para extrair produtos de hidrocarboneto de xistos betuminosos usando fontes de energia nuclear para que a energia frature as formações de xistos betuminosos e forneça calor e pressão suficientes para produzir produtos líquidos e gasosos do hidrocarboneto. As modalidades da presente invenção também revelam as etapas de extrair produtos de hidrocarboneto das formações de xistos betuminosos.



**MÉTODO E SISTEMA PARA EXTRAÇÃO DE HIDROCARBONETOS DE
XISTOS BETUMINOSOS**

REFERÊNCIA CRUZADA RELACIONADA AO PEDIDO

Este pedido de patente reivindica o benefício do
5 pedido de patente americano número de série provisório
60/765,667, depositado em 06 de fevereiro de 2006, e o
pedido de patente de utilidade americano número de série
provisório 11/600,992, depositados em 17 de novembro de
2006, sendo todo o conteúdo destes pedidos incorporado aqui
10 por referência em sua totalidade.

Campo da invenção

A presente invenção se relaciona a utilização de
fontes de energia alternativas para criar um método e um
sistema que minimize o custo de produzir hidrocarbonetos
15 úteis proveniente de xistos ricos em hidrocarboneto ou
xistos betuminosos. O projeto vantajoso da presente
invenção, inclui um sistema e um método para a recuperação
de hidrocarbonetos que fornece diversos benefícios,
incluindo economizar custos e minimização de energia,
20 limitando o uso da água e reduzindo a emissão de gases de
efeito estufa e outras emissões e efluências, tais como
dióxido de carbono e outros gases e líquidos.

Antecedente da Invenção

A descoberta de sistemas e métodos melhorados e
25 econômicos para extrair hidrocarbonetos de formações

rochosas ricas organicamente, tais como o xisto betuminoso, foi um desafio por muitos anos. Historicamente, uma quantidade substancial de hidrocarbonetos é produzida dos reservatórios subterrâneos.

5 Os reservatórios podem incluir o xisto rico organicamente dos quais os hidrocarbonetos se derivam. O xisto contém um precursor do hidrocarboneto conhecido como querogênio. O querogênio é um material orgânico complexo que pode amadurecer naturalmente em hidrocarbonetos quando
10 é exposto a temperaturas acima de 100°C. Este processo, entretanto, pode ser extremamente lento e ocorre sobre o tempo geológico.

As formações imaturas de xistos betuminosos são aquelas que ainda liberam seu querogênio sob a forma de
15 hidrocarbonetos. Estas formações rochosas ricas organicamente representam uma vasta fonte de energia. Entretanto, o querogênio deve ser recuperado das formações de xistos betuminosos, que sob métodos anteriores conhecidos pode ser um empreendimento complexo e caro, que
20 pode ter um impacto ambiental negativo tal como gases de efeito estufa e outras emissões e efluências, tais como dióxido de carbono e outros gases e líquidos.

Em um método conhecido, os xistos betuminosos contendo querogênio próximo da superfície podem ser minados
25 e comprimidos e, em um processo conhecido como retortar, o

xisto comprimido pode então ser aquecido a altas temperaturas para converter o querogênio em hidrocarbonetos líquidos. Entretanto, há uma série de inconvenientes para a produção de xistos betuminosos que inclui custos elevados
5 de mineração, compressão, e retortagem do xisto, e um impacto ambiental negativo, que também inclui custo de eliminação de entulho do xisto, local de descontaminação e limpeza. Adicionalmente, muitos depósitos de xistos betuminosos são profundos, o que torna a superfície de
10 mineração impraticável.

Várias tentativas foram feitas para superar os inconvenientes dos métodos anteriores conhecidos de recuperação empregando in situ (isto é, "no local") processos. Os processos in situ podem incluir técnicas nas
15 quais o querogênio é sujeito ao aquecimento in situ através de combustão, aquecimento com outro material ou por aquecedores elétricos e pelas radiofrequências na própria formação do xisto. O xisto é retortado e o óleo resultante é drenado para o fundo do entulho de modo que o óleo é
20 produzido dos poços. Ainda em outras tentativas, as técnicas in situ foram descritas incluindo fraturar e aquecer as formações de xisto no subsolo para liberar gases e óleos. Estes tipos de técnicas tipicamente requerem hidrocarbonetos acabados para produzir energia térmica e
25 elétrica e aquecer o xisto, e podem empregar técnicas de

fratura convencionais ou materiais explosivos. Entretanto, estas tentativas, também continuam a sofrer desvantagens tais como impactos ambientais negativos, custos elevados com combustível para produzir a energia térmica para o aquecimento e/ou eletricidade, assim como o alto consumo de água. Adicionalmente, estes métodos podem ter um impacto ambiental negativo tal como gases de efeito estufa e outras emissões e efluências, tais como dióxido de carbono e outros gases e líquidos. Conseqüentemente, seria desejável superar as desvantagens e os inconvenientes da arte prévia com um método e um sistema para recuperar produtos de hidrocarboneto de formações rochosas, tais como o xisto betuminoso, que aquece o xisto betuminoso através da energia induzida elétrica ou termicamente produzida por um reator nuclear. Seria desejável se o método e o sistema pudessem acelerar o processo de maturação dos precursores do óleo cru e do gás natural. É mais desejável que o método e o sistema da presente invenção fossem vantajosamente empregados para minimizar os custos de entrada de energia, usar a água limitadamente e reduzir a emissão de gases de efeito estufa e outras emissões e efluências, tais como o dióxido de carbono e outros gases e líquidos.

Resumo da Invenção

De acordo com o descrito, um método e sistema são revelados para recuperar produtos de hidrocarboneto de

formações rochosas, tais como xisto betuminoso, que aquecem o xisto betuminoso através da energia térmica produzida por um reator nuclear para superar as desvantagens e os inconvenientes da arte prévia. Desejavelmente, o método e o sistema podem acelerar o processo de maturação dos precursores de óleo cru e gás natural. O método e o sistema podem ser vantajosamente empregados para minimizar os custos de entrada de energia, para limitar o uso da água e reduzir a emissão de gases de efeito estufa e outras emissões e efluências, tais como dióxido de carbono e outros gases e líquidos.

No método e sistema É contemplado que o material supercrítico será injetado na formação para produzir a fratura e a porosidade que maximizarão a produção de hidrocarbonetos úteis da formação de xistos betuminosos.

Em uma modalidade particular, de acordo com a presente divulgação, um método para recuperar produtos de hidrocarboneto é fornecido. O método inclui as etapas de: produzir energia térmica usando um reator nuclear; fornecer energia térmica a um gerador de gás quente; fornecer um gás ao gerador de gás quente; produzir um fluxo de gás quente de alta pressão do gerador de gás quente usando uma bomba de alta pressão; injetar fluxo de gás quente de alta pressão em poços de injeção onde os poços de injeção são dispostos em uma formação de xistos betuminosos; retortar o

xisto betuminoso na formação de xistos betuminosos usando o calor do fluxo de gás quente para produzir produtos de hidrocarboneto; e extrair os produtos de hidrocarboneto do poço de recuperação.

5 Em uma modalidade alternativa, o método inclui as etapas de: gerar eletricidade usando uma turbina de vapor nuclear; retortar o xisto betuminoso em uma formação de xistos betuminosos usando aquecedores elétricos alimentados por eletricidade para produzir produtos de hidrocarboneto;
10 e extrair os produtos de hidrocarboneto do poço de injeção.

 Em uma outra modalidade alternativa, o método inclui as etapas de: produzir a energia térmica usando um reator nuclear; fornecer energia térmica a um gerador de sal fundido ou metal líquido; fornecer um sal ou metal ao
15 gerador de sal fundido ou metal líquido; produzir sal fundido ou fluxo de metal fundido do gerador de sal fundido ou metal líquido usando uma bomba, injetar o sal fundido ou do fluxo do metal líquido nas baionetas dos poços de injeção onde os poços de injeção são dispostos em uma
20 formação de xistos betuminosos, retortar o xisto betuminoso na formação de xistos betuminosos usando o calor do sal fundido ou o fluxo do metal líquido para produzir produtos de hidrocarboneto; e extrair os produtos de hidrocarboneto do poço de recuperação.

25 Em uma outra modalidade alternativa, o método inclui

as etapas de gerar eletricidade usando uma turbina de vapor nuclear; retortar o xisto betuminoso em uma formação de xistos betuminosos usando as radiofrequências energizadas pela eletricidade para produzir produtos de hidrocarboneto; 5 e extrair os produtos de hidrocarboneto do poço de recuperação.

A presente invenção fornece um sistema e um método para extração de produtos de hidrocarboneto de xistos betuminosos usando fontes do reator nuclear para que a 10 energia fracture as formações de xistos betuminosos e forneça calor suficiente e/ou a energia elétrica para produzir produtos líquidos e gasosos do hidrocarboneto. As modalidades da presente invenção também revelam as etapas de extrair os produtos de hidrocarboneto das formações de 15 xistos betuminosos.

O xisto betuminoso contém os precursores de óleo cru e gás natural. O método e o sistema podem ser empregados para acelerar artificialmente o processo de maturação destes precursores, fraturando primeiro a formação usando 20 materiais supercríticos para aumentar a porosidade e a permeabilidade, e então aquecem o xisto para aumentar a temperatura da formação acima do aquecimento natural criado por uma pressão de sobrecarga. O uso de um reator nuclear pode reduzir o custo de entrada da energia em comparação à 25 utilização de hidrocarbonetos acabados para a produção de

energia térmica e/ou produto. Os reatores nucleares produzem temperatura supercrítica na faixa de 200° a 1100°C (dependendo do material a ser usado) necessária para aumentar a pressão usada no processo de fratura comparado à
5 fratura hidráulica convencional e/ou uso de explosivos. No xisto betuminoso, o máximo de fratura é vantajoso para a acumulação e à recuperação do hidrocarboneto. Geralmente, os xistos maciços em seu estado natural têm permeabilidade e porosidade muito limitadas.

10 Adicionalmente, limitar o uso da água é também benéfico. O uso de grandes quantidades de água tem implicações à jusante em termos de disponibilidade e poluição da água. O método e o sistema podem significativamente reduzir o uso da água.

15 Mais, o uso de gás natural/carvão/óleo para uma fonte de energia de entrada cria gases de efeito estufa e outras emissões e efluências, tais como dióxido de carbono e outros gases. Um número cada vez maior de cientistas acredita que os gases de efeito estufa contribuem para um
20 fenômeno descrito popularmente como "aquecimento global". O método e o sistema da presente divulgação podem significativamente reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

Breve Descrição dos Desenhos

25 A presente invenção, tanto em sua organização quanto

na sua maneira da operação, será compreendida mais
perfeitamente da descrição detalhada das modalidades
ilustrativas a seguir juntamente com os desenhos anexos,
nos quais:

5 A figura 1 é um diagrama esquemático de um método e
sistema para fraturar o xisto betuminoso usando uma fonte
de energia nuclear de acordo com os princípios da presente
invenção;

10 A figura 2 é um diagrama esquemático dos eixos de
perfuração direcionados usados em um local da extração, de
acordo com os princípios da presente invenção;

A figura 3 é um diagrama do processo de fluxo de
energia do método e sistema mostrados na figura 1;

15 A figura 4 é um diagrama esquemático de um método e
sistema para retortar o xisto betuminoso usando uma fonte
de energia nuclear de acordo com os princípios da presente
invenção;

A figura 5 é um diagrama do processo de fluxo de
energia do método e sistema mostrados na figura 4;

20 A figura 6 é um diagrama esquemático de uma
modalidade alternativa do método e sistema mostrados na
figura 4;

A figura 7 é um diagrama de fluxo da energia do
processo do método e sistema mostrados em figura 6;

25 A figura 8 é um diagrama esquemático de uma

modalidade alternativa do método e sistema mostrados na figura 4;

A figura 9 é um diagrama de fluxo da energia do processo do método e sistema mostrados na figura 8;

5 A figura 10 é um diagrama esquemático de uma modalidade alternativa do método e sistema mostrados na figura 4; e

A figura 11 é um diagrama do processo de fluxo de energia do método e sistema mostrados na figura 10.

10 Descrição detalhada

As modalidades exemplificativas do método e do sistema para extrair produtos de hidrocarboneto usando fontes de energia alternativas para fraturar formações de xistos betuminosos e para aquecer o xisto para produzir
15 produtos líquidos e gasosos do hidrocarboneto são discutidas em termos de recuperação de produtos de hidrocarboneto das formações rochosas e, mais particularmente, em termos de recuperação de tais produtos de hidrocarboneto de xistos betuminosos através da energia
20 térmica produzida por um reator nuclear. O método e sistema de recuperação de hidrocarbonetos podem acelerar o processo de maturação dos precursores de óleo cru e gás natural. É contemplado que um método e sistema como revelados aqui podem ser empregados para minimizar custos de entrada de
25 energia, limitar o uso da água, e reduzir a emissão de

gases de efeito estufa e outras emissões e efluências, tais como dióxido de carbono e outros gases e líquidos. O uso de um reator nuclear para produzir energia térmica reduz os custos de entrada de energia e evita o desperdício de produtos de hidrocarboneto acabados para produzir energia 5 térmica e os inconvenientes relacionados associados a estes discutidos aqui. É previsto que a presente divulgação pode ser empregada com uma faixa de aplicações de recuperação para a extração de xistos betuminosos que inclui outras técnicas in situ, tais como combustão e processos 10 alternativos de aquecimento e métodos de produção da superfície. É ainda previsto a presente divulgação pode ser usada para a recuperação de diferentes materiais de hidrocarbonetos ou dos seus precursores dispostos em posições subterrâneas. 15

A seguinte discussão inclui uma descrição do método e sistema para recuperar hidrocarbonetos de acordo com os princípios da presente divulgação. As modalidades alternativas também são divulgadas. A referência será feita 20 agora em detalhe às modalidades exemplificativas da presente divulgação, que são ilustradas nas figuras acompanhantes. Retornando agora a figura 1, é ilustrado um método e um sistema para recuperar produtos de hidrocarboneto, como, por exemplo, um sistema 20 para 25 fraturar e retortar o xisto betuminoso usando um reator

nuclear e um sistema de transferência térmico associado, de acordo com os princípios da presente divulgação.

O reator nuclear e os componentes térmicos do sistema 20 são apropriados para aplicações de recuperação. Exemplos 5 deste reator nuclear e dos componentes térmicos são aqui fornecidos, embora equipamentos alternativos possam ser selecionados e/ou preferidos, como determinado por alguém versado na técnica. As modalidades detalhadas da presente divulgação são aqui reveladas, entretanto, deve ser 10 compreendida que as modalidades descritas são meramente exemplos de divulgação, que pode ser modificadas de várias formas. Conseqüentemente, os detalhes funcionais específicos aqui revelados não devem ser interpretados como limitativos, mas meramente como uma base para as 15 reivindicações e como uma base representativa para que uma pessoa versada na arte empregue variações a presente divulgação de qualquer modalidade detalhada de maneira apropriadamente. Em um aspecto do sistema 20 e seu método de operação associado, um local de extração 22 do xisto 20 betuminoso é selecionado para a recuperação de produtos de hidrocarboneto e o tratamento de precursores de óleo e gás. A seleção de local será baseada no mapeamento da subsuperfície usando dados existentes da perfuração tais como perfis geofísicos e testemunhos de poços e finalmente 25 os dados do novo poço de perfuração dentro de uma grade

regular. As áreas com elevadas concentrações de querogênio relativamente maduro e de litologia favorável à fratura serão selecionadas. Os dados de perfis geofísicos de poços quando disponíveis, incluindo resistividade, condutibilidade, perfis sônicos e etc. serão empregados. Os dados sísmicos são desejáveis; entretanto, o testemunho dos poços é um método confiável para determinar a porosidade e a permeabilidade reais que estão relacionadas ao aquecimento eficiente e à extração do produto acabado, hidrocarbonetos úteis. O tamanho e a distribuição do grão também são desejáveis porque os xistos levam areias. As áreas onde há uma densidade elevada de perfuração e dados confiáveis com indicações positivas nos dados seriam ideais. A análise geoquímica é também desejável ao processo, como os xistos tendem a ter características geoquímicas muito complexas. A geoquímica da superfície é desejável em um sentido localizado. As características estruturais e os ambientes deposicionais são desejáveis em mais área ou sentido regional. A reconstrução de ambientes deposicionais e a dinâmica pós-deposicional são desejáveis. Por exemplo, os xistos betuminosos ao longo da costa central da Califórnia apresentam muita fratura natural devido à dobradura pós-deposicional e fratura dos leitos. A modelagem computacional tridimensional fornecida é bastante com dados precisos seria desejável. Enquanto, a experiência

é obtida nos parâmetros ótimos para a exploração, todo o processo e sistema podem ser modulados em sua aplicação aos diferentes ambientes subsuperficiais. No local selecionado 22, um nível de superfície 24 é perfurado para a extração dos testemunhos de poços (não mostrados) usando o equipamento de perfuração apropriado para uma aplicação na formação da rocha, como é conhecido por uma pessoa versada na arte. Os testemunhos de poços são extraídos do local 22 e a informação geológica é tomada dos testemunhos de poços. Estes testemunhos de poços estão analisados para determinar se o local selecionado 22 é apropriado para a recuperação de hidrocarbonetos e o tratamento dos precursores de óleo e de gás.

Se os testemunhos de sondagem têm as características desejadas, o local 22 será considerado apropriado para tentar extrair hidrocarbonetos do xisto betuminoso. Assim, uma estratégia e um projeto são formulados para construir poços de fratura e poços de injeção da retorta, como será discutido abaixo. As junções, as fraturas e as fraquezas deposicional serão exploradas para maximizar o efeito deste método de fratura. Áreas ideais podem ser identificadas com um grau relativamente alto de fratura natural devido às dobras e falhas como observado nas áreas da costa central da Califórnia. Disposições de tubulações serão orientadas em concerto com estas fraquezas existentes para criar o

rompimento máximo da matriz da rocha. A colocação do reator nuclear também será formulada e planejada por implementação, bem como todas as outras colocações de infra-estruturas necessárias para a execução do método e sistema. É contemplado que caso os testemunhos de sondagem tomados do local selecionado não sejam considerados como tendo as características desejadas, um local alternativo pode ser selecionado. O local 22 é também preparado para a instalação e construção relativa de um gerador de material supercrítico 28 e de outros componentes incluindo as bombas de alta pressão 30 e equipamento de perfuração (não mostrado).

Em um outro aspecto do sistema 20, a instalação e a construção relacionada do reator nuclear 26 e dos componentes do sistema de transferência térmica no local 22 são realizadas. O equipamento de encanamento (não mostrado) é construído e instalado. Um material de suprimento 34 é conectado ao equipamento de encanamento e aos componentes do sistema de transferência térmico. O equipamento elétrico (não mostrado) é preso e instalado. As conexões elétricas fora do local (se disponível) são feitas ao equipamento elétrico. Se as conexões elétricas fora do local não estão disponíveis, então uma pequena corrente de energia do reator nuclear pode ser gerada usando um gerador elétrico convencional (não mostrado). É contemplado que equipamento

de encanamento e o equipamento elétrico que são empregados, também são apropriados para uma aplicação da extração de xistos betuminosos e, mais particularmente, para a recuperação de hidrocarbonetos e para o tratamento de seus
5 precursores, como é conhecido por aqueles versados na técnica.

É previsto que o reator nuclear 26 pode ser um reator nuclear de pequena ou grande escala empregado no sistema 20 de acordo com os princípios da presente divulgação. O reator nuclear 26 é uma fonte térmica usada para fornecer a
10 energia térmica 32 para fraturar uma formação de xistos betuminosos (não mostrada). O reator nuclear 26 é dimensionado para ser localizado próximo ou na formação de xistos betuminosos do local 22. É previsto que a faixa
15 térmica do reator nuclear 26 está entre 20 MWth a 3000 MWth. Por exemplo, um reator nuclear, tal como o reator Toshiba 4S, pode ser usado. Estes reatores podem incluir reatores de todas as gerações III, III+ e IV, incluindo, mas não limitados aos reatores de água pressurizada,
20 reatores de água de ebulição, reatores de CANDU, reatores avançados de gás, ESBWR, reatores de temperatura muito alta, reatores de refrigeração a hélio ou outros gases, reatores de sal fundido, reatores de água supercríticos e
todas as próximas gerações de projetos de plantas
25 nucleares.

O gerador material supercrítico 28 é construído e instalado no local 22. O reator nuclear 26 é acoplado ao gerador de material supercrítico 28, como é conhecido por aqueles versados na técnica, para transferência de energia 5 térmica 32. A fonte fornecedora de material 34 entrega o material 35 ao gerador de material supercrítico 28. O sistema 20 emprega o gerador de material supercrítico 28, em colaboração com o reator nuclear 26 como a fonte térmica, para produzir o material supercrítico 36 para 10 fraturar as formações de xistos betuminosos. É contemplado que um número de materiais pode ser gerado pelo gerador de material supercrítico 28 para fraturar, tal como a água, dióxido de carbono e nitrogênio, entre outros.

O uso do material supercrítico 36 é empregado para 15 realçar a permeabilidade e a porosidade da formação de xistos betuminosos com fratura. Os estudos mostraram que o material supercrítico pode eficazmente ser usado para permear e fraturar as formações rochosas. (Veja, por exemplo: 14th International Conference on the Properties of 20 Water and Steam in Kyoto, Sergei Fomin*. Shin-ichi Takizawa and Toshiyuki Hashida, Mathematical Model of the Laboratory Experiment that Simulates the Hydraulic Fracturing of Rocks under Supercritical Water Conditions, Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University, Sendai 25 980-8579, Japan), que é incorporado aqui em sua totalidade.

Outro material supercrítico tem sido usado em outras aplicações.

Os sistemas para controlar pressões extremamente altas devem ser instalados para operar com segurança em todo o aparelho. A colocação de dispositivos anti-rupturas e válvulas de escape de pressão será integrada no sistema e monitorada cautelosamente no início do processo de teste.

As bombas de alta pressão 30 são instaladas e acopladas no local 22, o gerador de material supercrítico 28 para injetar material supercrítico 36 nas formações de xistos betuminosos. As bombas de alta pressão 30 entregam material supercrítico 36 aos poços de fratura de xistos betuminosos 38 em alta pressão. O material supercrítico 36 é entregue em altas pressões às formações de xistos betuminosos para conseguir a permeabilidade máxima no xisto. É previsto que as bombas da alta pressão 30 entregam pressões na escala entre 50 e 500 MPa ou maior. Estas bombas podem ser centrífugas ou outros tipos de bombas. As bombas de alta pressão e as estações de bombeamento remotas exigidas (não mostradas) podem ser projetadas para a operação remota usando os sistemas de tubulações para Aquisição de Dados e Controle Supervisório (SCADA) e podem ser equipadas com o equipamento de proteção tal como controladores de pressão da entrada e descarga e dispositivos de fechamento automático em caso de partida

das condições de funcionamento do projeto.

É ainda previsto que um parâmetro ótimo de injeção pode ser determinado baseado nas características da formação e em outros fatores. Os ambientes geológicos podem
5 variar localmente e regionalmente. Assim como discutido acima, o sistema 20 pode incluir várias configurações de bomba de alta pressão tais como uma série de bombas múltiplas para conseguir ótimos resultados. O sistema de distribuição material supercrítico descrito é construído e
10 instalado no local 22, como conhecido por aqueles versados na técnica. Todos os sistemas são testados e uma integração de distorção é executada.

Uma infra-estrutura 39 para fratura de poços 38 (a figura 1) é construída no local 22, como mostrado na figura
15 2. Um equipamento de perfuração 40 com o equipamento projetado para a perfuração direcional precisa é trazido para o local. Isto será muito importante para determinar exatamente a posição do pedaço ao perfurar. Muitas inovações recentes em sondas de perfuração e nos projetos
20 de equipamento tornam isto possível. As sondas de perfuração podem ser alugadas por dia ou por profundidade perfurada e são trazidas parte por parte no caso de sondas de perfuração grandes e podem ser montadas sobre o caminhão no caso de sondas pequenas. As sondas de perfuração
25 montadas sobre caminhões podem perfurar a profundidades de

682 metros (2200 pés) ou mais do local 22, como é conhecido por aqueles versados na técnica. A sonda de perfuração 40 é disposta adjacente a um furo de perfuração vertical 42 do qual o furo de perfuração horizontais 44, que pode ser
5 disposto nas direções ortogonal, angular ou não-ortogonal em relação ao furo de perfuração vertical 42, é formado. O xisto betuminoso que fraturado os poços 38 é instalado com infra-estrutura 39 do local 22. Os poços de fratura de xistos betuminosos 38 injetam material supercrítico 36 nos
10 furos de perfuração 42, 44 de formação de xistos betuminosos e local 22.

A perfuração direcional é empregada para maximizar o aumento na permeabilidade e porosidade da formação de xistos betuminosos e para maximizar a exposição da formação
15 de xistos betuminosos ao calor induzido. A configuração dos furos de perfuração horizontais 44 pode ser formulada baseada em características geológicas da formação de xistos betuminosos como determinado pelas amostras de perfuração e pela investigação geofísica. Estas características incluem
20 as desconformidades deposicionais, orientação dos planos de leito, xistosidade, assim como rompimentos estruturais dentro dos xistos em consequência das tectônicas. As fraquezas existentes nas formações de xistos betuminosos podem ser exploradas incluindo desconformidades
25 deposicionais, fraturas de esforço e falhas.

Uma ilustração do fluxo de energia do sistema 20 para operações de fratura do xisto betuminoso (figura 1), como mostrado na figura 3, inclui energia nuclear 46 gerada do reator nuclear 26. A energia nuclear 46 cria a energia
5 térmica 32 que é transferida para o gerador de material supercrítico 28 para produzir o material supercrítico 36. O material supercrítico 36 é entregue às bombas de alta pressão 30. A energia da bomba 48 coloca material supercrítico 36 sob alta pressão.

10 As bombas de alta pressão 30 entregam material supercrítico 36 para os poços de fratura 38 com energia suficiente 50 para causar fratura nas formações de xistos betuminosos. Tal força de fratura aumenta a porosidade e a permeabilidade da formação de xistos betuminosos com a
15 estimulação hidráulica sob circunstâncias supercrítica. Os materiais supercríticos residuais das operações de fratura são recuperados através de um sistema de recuperação de material 45 e é reintroduzido ao gerador de material supercrítico 28 através da fonte de material 34 usando
20 canalizações apropriadas, como é de conhecimento daqueles versados na técnica. É previsto que um sistema de recuperação de material é empregado para minimizar o consumo de material usado para fraturar a formação de xistos betuminosos. Um sistema de reciclagem pode ser
25 desdobrado para minimizar também qualquer poluição da água

subterrânea e reciclar o material sempre que for possível.

Em um outro aspecto do sistema 20, as operações de fratura que empregam o sistema de distribuição material supercrítico descrito e os poços de fratura 38 de xistos betuminosos 38 são iniciadas. O reator nuclear 26 e o sistema de distribuição de material estão funcionando. A fratura das formações de xistos betuminosos através dos poços 38 é conduzida para aumentar a permeabilidade e a porosidade da formação de xistos betuminosos por indução do calor. O processo de fratura na formação de xistos betuminosos no local 22 é seguido através das tomadas de leituras. Baseado nestes valores de leitura, as formulações são conduzidas para determinar quando a fratura está avançada a um nível desejado. Um método de determinação do nível de fratura seria tomar alguns tipos de material basicamente inerte, circulando-o pelo buraco, e lendo a quantidade e a taxa de perda material. Em outras palavras, medir a "perda" na formação. Os gases também podem ser empregados com a quantidade de perda de pressão sendo usada para medir o grau da fratura. Estas medidas seriam comparadas ao nível "pré-fratura". Este método seria particular útil no caso de microfratura. Os testemunhos de poços são extraídos da formação fraturada de xistos betuminosos. Estes testemunhos são analisados. A análise dos resultados é usada para formular e implementar um

esquema da perfuração para os poços de injeção para poços de perfuração e retortagem para a recuperação de produto.

Em um outro aspecto do sistema 20, poços de fratura 38 de xistos betuminosos 38 são desmantelados da infra-
5 estrutura 39. Inicialmente, o funcionamento do reator nuclear 26 é interrompido temporariamente na parada programada fria ou quente dependendo particularmente do das características do reator. Os poços de fratura 38 de xistos betuminosos 38 são desmontados e removidos da infra-
10 estrutura 39 do local 22. Os poços de retorta e os poços de recuperação de perfuração (não mostrados) são construídos com a infra-estrutura 39, no lugar de poços de fratura 38 de xistos betuminosos 38, e instalados no local 22 em conexão com os furos de perfuração 42, 44. As modalidades
15 exemplares dos sistemas de retorta para o uso com sistema 20, de acordo com os princípios da presente divulgação, estas serão descritas em detalhe com relação às figuras 4 a 11 e discutidas abaixo.

Os poços de retorta transferem materiais aquecidos às
20 formações de xistos betuminosos fraturadas para induzir o aquecimento. A exposição de xistos betuminosos ao calor em relação à alta pressão acelera a maturação dos precursores de hidrocarboneto, tais como querogênio, que formam produtos de hidrocarboneto liquefeitos e gasosos. Durante
25 as operações de retortagem, os hidrocarbonetos acumulam. Um

sistema apropriado de recuperação é construído para a recuperação do hidrocarboneto, como será discutido. O reator nuclear 26 é reiniciado para as operações de retortagem, como descrito. Todos os sistemas são testados e
5 uma integração de distorção é executada.

Em um outro aspecto do sistema 20, as operações de retortagem que empregam poços de retorta e poços de recuperação da perfuração são iniciadas para a recuperação de produto. Os poços de retorta e os poços de perfuração
10 são funcionais e operacionais. Em uma modalidade particular, como mostrado na figura 4, o sistema 20 inclui um sistema de retortagem 120 para operações de retortagem em relação às formações de xistos betuminosos fraturadas no local 22, similar àquelas descritas com relação às figuras
15 1 a 3. O local 22 é preparado para a instalação e a relativa construção do sistema de retortagem 120, que inclui o aparelho de manutenção do gás e os componentes do sistema transferência térmica, que serão descritos.

O sistema de retortagem 120 utiliza gases quentes que
20 são injetados nas formações de xistos betuminosos fraturadas para induzir o aquecimento e acelerar o processo de maturação dos precursores do hidrocarboneto como discutido. O reator nuclear 26, discutido acima, é uma fonte térmica que fornece energia térmica 132 para retortar
25 a formação de xistos betuminosos *in situ*. O reator nuclear

26 é dimensionado para ser colocado próximo ou no local 22 da formação fraturada de xistos betuminosos. É previsto que a faixa térmica do reator nuclear 26 está entre 20 MWth a 3000 MWth. É também contemplado que o hidrogênio gerado pelo reator nuclear 26 pode ser usado para aumentar o valor do material contendo carbono, que pode se assemelhar ao carvão e ser recuperável. Um gerador de hidrogênio (não mostrado) térmico, eletrólise, ou outro pode ser ligado ao reator nuclear 26 para gerar hidrogênio para este uso. Um sistema de injeção de gás 134 é instalado no local 22. O sistema de injeção de gás 134 entrega o gás a um gerador de gás quente 128. O gerador de gás quente 128 é construído e instalado no local 22. Há muitos tipos de geradores a gás quente disponíveis para este tipo de aplicação que inclui, mas não está limitado, às caldeiras e similares. O reator nuclear 26 é acoplado ao gerador de gás quente 128, como é conhecido por aqueles versados na técnica, para transferência de energia térmica 132. O sistema 20 emprega o gerador de gás quente 128, em colaboração com o reator nuclear 26, como fonte térmica para produzir gás quente 136 para a retorta das formações de xistos betuminosos fraturadas.

É previsto que a saída térmica do reator nuclear 26 pode ser usada para aquecer vários tipos de gás para injeção para a retortar as formações de xistos betuminosos,

tais como ar, dióxido de carbono, oxigênio, nitrogênio, metano, ácido acético, vapor ou outros gases apropriados e outras combinações apropriadas. Outros gases também podem ser injetados secundariamente para maximizar o processo para retortagem se apropriado.

As bombas de alta pressão 130 são instaladas no local 22 e acopladas ao gerador de gás quente 128 para injetar gás quente 136 nas formações de xistos betuminosos fraturadas. As bombas de alta pressão 130 colocam gás quente 136 em um estado de alta pressão para promover a retorta das formações de xistos betuminosos. É previsto que o sistema 20 pode incluir as várias configurações de bomba de alta pressão que incluem as bombas múltiplas e gases múltiplos para maximizar a eficácia da operação de retorta.

Os poços de injeção de retorta 138 do aquecimento de xistos betuminosos ativo são instalados com a infraestrutura do sistema 20, como discutidos. O gás quente 136 é transferido para os poços de injeção 138 e injetados na formação fraturada de xistos betuminosos. O uso da perfuração horizontal descrito com relação à figura 3, pode ser empregado para maximizar a exposição da formação de xistos betuminosos ao calor necessário para formar tanto hidrocarbonetos gasosos como liquefeitos. Isto pode levar entre 2 a 4 anos para que se forme querogênio suficiente para ser comercialmente recuperável. Após essa recuperação

pode ocorrer em um nível comercial entre 3 a 30 anos ou mais.

Um sistema de recuperação de produto 160 é construído no local 22. O sistema de recuperação de produto 160 pode ser um sistema convencional de recuperação do hidrocarboneto ou outro sistema apropriado que atenda as exigências de recuperação e é acoplado nos poços de recuperação de perfuração 120 (não mostrados) para a coleta de hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos que são liberados durante o processo para retortagem. Uma ilustração do fluxo de energia do sistema 20 com sistema de retortagem 120 para operações de retortagem de xistos betuminosos (figura 4), como mostrado na figura 5, inclui energia nuclear gerada do gás do reator nuclear 26 é entregue do sistema de injeção de gás 134 para o gerador de gás quente 128. A energia nuclear 146 gera energia térmica 132 que é transferida ao gerador de gás quente 128 para produzir gás quente 136. O gás quente 136 é entregue as bombas de alta pressão 130. A bomba de energia 148 coloca gás quente 136 sob alta pressão.

As bombas de alta pressão 130 entregam gás quente 136 aos poços de injeção de retorta 138 com energia suficiente para transferir gás quente 136 às formações de xistos betuminosos fraturadas para induzir o aquecimento para operações de retortagem. A exposição de xistos

betuminosos ao calor em relação à alta pressão acelera a maturação dos precursores do hidrocarboneto, tais como, querogênio que forma hidrocarbonetos liquefeitos e gasosos. Durante as operações de retortagem, os produtos de hidrocarboneto 162 acumulam. Os produtos de hidrocarboneto 162 são extraídos e coletados pelo sistema de recuperação do produto 160. O gás residual das operações de retortagem é recuperado através de um sistema de reciclagem do gás 145 e injetado novamente no gerador de gás quente 128 através do sistema de injeção de gás 134. É previsto que um sistema de recuperação de gás seja usado para minimizar o consumo de gás usado para retortar a formação de xisto betuminoso fraturada.

Em uma modalidade alternativa como mostrado na figura 6, o sistema 20 inclui um sistema de retortagem 220 para operações de retortagem em relação às formações de xistos betuminosos fraturadas no local 22, similar àqueles descritos. O local 22 é preparado para a instalação e a construção relativa do sistema de retortagem 220, que inclui um gerador de vapor e componentes do sistema transferência térmica, como será descrito.

O sistema de retortagem 220 emprega o calor gerado pelos aquecedores elétricos introduzidos nos furos perfurados nas formações de xistos betuminosos fraturadas do local 22. O calor gerado induz o aquecimento das

formações de xistos betuminosos fraturadas para acelerar o processo de maturação dos precursores do hidrogênio, como discutido. O reator nuclear 26 discutido acima, é uma fonte térmica que coopera com um gerador de vapor 228 para alimentar uma turbina de vapor 230 para gerar o vapor que pode ser usado para conduzir um gerador elétrico 234 a produzir energia elétrica para retortar à formação fraturada de xistos betuminosos *in situ*. Caso o reator de água pressurizada convencional ou reator de não ebulição de água similar forem usados, um trocador de calor (não mostrado) pode ser requerido. O reator nuclear 26 é dimensionado para ser encontrado no local 22, ou perto deste, da formação fraturada de xistos betuminosos. É previsto que a faixa de capacidade elétrica do reator nuclear 26 está entre 50 MWe a 2000 MWe. É contemplado que o hidrogênio gerado pelo reator nuclear 26 pode ser usado para aumentar o valor do material constante do carbono, que pode se assemelhar ao carvão, podendo assim ser recuperável. Um gerador de hidrogênio (não mostrado), térmico, eletrólise, ou outro pode ser ligado ao reator nuclear 26 para gerar hidrogênio para este uso.

A fonte de água 34 entrega água ao gerador de vapor 228, que é construído e instalado no local 22. O reator nuclear 26 é acoplado ao gerador de vapor 228, como é conhecido por aqueles versados na técnica, para

transferência de energia térmica 232. O sistema 20 emprega o gerador de vapor 228, em colaboração com o reator nuclear 26, como fonte térmica para produzir vapor 236 para ativar a turbina de vapor 230 para operar um gerador elétrico que
5 fornece energia elétrica para a retorta das formações de xistos betuminosos fraturadas. Caso o reator de água pressurizada convencional ou reator de não ebulição de água similar forem usados, um trocador de calor (não mostrado) pode ser requerido.

10 O gerador de vapor 228 é acoplado a turbina de vapor 230, de modo conhecido por aqueles versados na técnica. O vapor 236 do gerador de vapor 228 flui na turbina de vapor 230 para fornecer energia mecânica 237 para gerador elétrico 234. A turbina de vapor 230 é acoplada ao gerador
15 elétrico 234, de modo conhecido por aqueles versados na técnica, e a energia mecânica 237 gera corrente 239 do gerador elétrico 234. É contemplado que a corrente 239 pode incluir corrente alternada ou corrente contínua.

A corrente 239 do gerador elétrico 234 é entregue
20 aos poços de injeção de retorta 138 que aquece eletricamente o xisto betuminoso ativo. Os poços de injeção 238 utilizam aquecedores de resistência elétrica (não mostrados), que são montados nos furos perfurados nas formações de xistos betuminosos fraturadas do local 22,
25 para promover a retorta do óleo betuminoso (veja, por

exemplo, a discussão em "Shell to take 61% stake in China Oil Shale Venture", Green Car Congress, Internet article, September 1, 2005, incorporado aqui como referência). Os aquecedores de resistência elétrica aquecem a subsuperfície das formações de xistos betuminosos fraturadas a aproximadamente 343°C (650°F) durante um período de 3 a 4 anos. Durante este período de tempo, a produção de hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos é recuperada em um sistema de recuperação de produto 260.

10 O sistema de recuperação de produto 260 é construído no local 22. O sistema de recuperação de produto 260 é acoplado com poços de injeção 238 ou poços de recuperação da perfuração para a coleta de hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos que são liberados durante o processo da retorta. Uma ilustração do fluxo de energia do sistema 15 com sistema de retortagem 220 (figura 6) para operações de retortagem de xistos betuminosos, como mostrado na figura 7, inclui a energia nuclear 246 gerada do reator nuclear 26. A energia nuclear 246 gera a energia térmica 232 que é transferida ao gerador de vapor 228 para produzir o vapor 20 236. Caso o reator de água pressurizada convencional ou reator de não ebulição de água similar forem usados, um trocador de calor (não mostrado) pode ser requerido. O vapor 236, que produz a energia mecânica 237 é entregue à 25 turbina de vapor 230. A energia mecânica 237 gera a

corrente 239 do gerador elétrico 234.

A corrente 239 entrega a energia elétrica 241 aos elementos de aquecimento elétrico para aquecer as formações de xistos betuminosos fraturadas para induzir o aquecimento. A exposição de xistos betuminosos ao calor acelera a maturação dos precursores do hidrocarboneto, tais como o querogênio, que forma hidrocarbonetos liquefeitos e gasosos. Durante as operações de retortagem, os produtos de hidrocarboneto acumulam. Os produtos de hidrocarboneto são extraídos e coletados pelo sistema de recuperação do produto 260.

Em uma outra modalidade alternativa, como mostrado na figura 8, o sistema 20 inclui um sistema de retortagem 320 para as operações de retortagem em relação às formações de xistos betuminosos fraturadas no local 22, similar àquele descrito. O local 22 é preparado para a instalação e construção relativa do sistema de retortagem 320, que inclui um gerador de sal fundido ou metal líquido, os aquecedores da baioneta e os componentes de sistema transferência térmica, que serão descritos.

O sistema de retortagem 320 emprega os sais fundidos ou o metal líquido, que são injetados nas formações de xistos betuminosos fraturadas para acelerar o processo de maturação dos precursores do hidrocarboneto como discutido. O reator nuclear 26 é uma fonte térmica que fornece energia

térmica 332 para retortar a formação fraturada de xistos betuminosos in situ. O reator 26 de Nucleai é dimensionado para ser colocado próximo ou no local 22 da formação fraturada de xistos betuminosos. É previsto que a faixa
5 térmica do reator nuclear 26 está entre 20 MWth a 3000 MWth. É também contemplado que o hidrogênio gerado pelo reator nuclear 26 pode ser usado para aumentar o valor do material contendo carbono, que pode se assemelhar ao carvão e ser recuperável. Um gerador de hidrogênio (não mostrado)
10 térmico, eletrólise, ou outro pode ser ligado ao reator nuclear 26 para gerar hidrogênio para este uso.

Um sistema de injeção de sal 334 é instalado no local 22. O sistema de injeção de sal 334 entrega sais a um gerador de sal fundido 328. O gerador de sal fundido 328 é
15 construído e instalado no local 22. O reator nuclear 26 é acoplado ao gerador de sal fundido 328, como é conhecido por aqueles versados na arte, para transferência de energia térmica 332. O sistema 20 emprega o gerador de sal fundido 328, em colaboração com o reator nuclear 26 como fonte
20 térmica para produzir o sal fundido 336 para a retorta das formações de xistos betuminosos fraturadas.

É previsto que a saída térmica do reator nuclear 26 pode ser usada para aquecer vários tipos de sais para a injeção na retortagem do xisto betuminoso, tal como sais
25 halogenetos, sais nitrato, sais de fluoreto, e sais de

cloreto. É previsto também que os metais líquidos podem ser usados com sistema de retortagem 320 como uma alternativa aos sais, que inclui o uso de um sistema de injeção do metal e de um gerador metal líquido. A saída térmica do reator nuclear 26 pode ser usada para aquecer vários tipos de metais para injeção para retortar o xisto betuminoso incluindo os metais alcalinos, tal como o sódio.

As bombas 330 são instaladas no local 22 e acopladas ao gerador de sal fundido 328 para injetar sal fundido 336 nas formações de xistos betuminosos fraturadas. As bombas 330 são acopladas aos poços de injeção de aquecimento de retorta do xisto betuminoso ativo 338 para entregar o sal fundido 336 para a retorta das formações de xistos betuminosos fraturadas. É previsto que o sistema 20 pode incluir as várias configurações de bomba que incluem as bombas múltiplas para maximizar a eficácia da operação da retorta. É previsto também que as bombas 331 podem ser empregadas para recuperar o sal fundido residual, após as operações de retortagem, para retornar ao gerador de sal fundido 328, como parte da recuperação e o sistema de reciclagem do sistema de retortagem 320, discutido abaixo.

Os poços de injeção de aquecimento de retorta do xisto betuminoso ativo 338 é instalado com a infraestrutura do sistema 20, como discutido. O sal fundido 336 é transferido para os poços de injeção 338 e injetado na

formação fraturada de xistos betuminosos. O uso da perfuração horizontal descrito em relação à figura 3, pode ser empregado para maximizar a exposição da formação de xistos betuminosos para o aquecimento necessário para forma
5 hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos. Isto pode levar entre 2 a 4 anos para a formação de querogênio suficiente para ser comercialmente recuperável. Após essa recuperação pode ocorrer em um nível comercial entre 3 a 30 anos ou mais.

10 Um sistema de recuperação de produto 360 é construído no local 22. O sistema de recuperação de produto 360 pode ser acoplado nos poços de injeção 338 para a coleta de hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos que são liberados durante o processo para retortagem ou pode ser poços de
15 recuperação de perfuração. Uma ilustração do fluxo de energia do sistema 20 com o sistema de retortagem 320 (figura 8) para operações de retortagem de xistos betuminosos, como mostrado na figura 9, inclui energia nuclear 346 gerada do reator nuclear 26. O sal é entregue
20 do sistema de injeção de sal 334 para o gerador de sal fundido 328.

A energia nuclear 346 cria a energia térmica 332 que é transferida ao gerador de sal fundido 328 para produzir o sal fundido 336. O sal fundido 336 é entregue às bombas 330
25 e a energia da bomba 348 entrega o sal fundido 336 para os

poços de injeção de retorta 338 com energia suficiente 350 para transferir o sal fundido 336 para as formações de xistos betuminosos fraturadas para induzir o aquecimento. A exposição do xisto betuminoso ao aquecimento acelera a

5 maturação dos precursores do hidrocarboneto, tais como o querogênio, que forma hidrocarbonetos liquefeitos e gasosos. Durante as operações de retortagem, os produtos do hidrocarboneto 362 acumulam. Os produtos do hidrocarboneto 362 são extraídos e coletados pelo sistema de recuperação

10 do produto 360. O sal fundido residual 364 das operações de retortagem é recuperado através de um sistema de recuperação de sal 345 e injetada novamente ao gerador de sal fundido 328 através das bombas 331 e do sistema de injeção de sal 334. É previsto que o sistema de recuperação

15 de sal 345 seja empregado para minimizar o consumo de sal usado para retortar a formação de xisto betuminoso fraturada.

Em uma outra modalidade alternativa, como mostrado na figura 10, o sistema 20 inclui um sistema de retortagem 420

20 para operações de retortagem em relação às formações de xistos betuminosos fraturadas no local 22, similar àquelas descritas. O local 22 é preparado para a instalação e a construção relativa do sistema de retortagem 420, que inclui um gerador de vapor, osciladores e componentes do

25 sistema de transferência térmica, como será descrito.

O sistema de retortagem 420 emprega o calor gerado pelos osciladores, que são montados com as formações de xistos betuminosos fraturadas do local 22. O calor gerado induz o aquecimento das formações de xistos betuminosos fraturadas para acelerar o processo de maturação dos precursores do hidrogênio, como discutido. O reator nuclear 26, discutido acima, é uma fonte térmica que coopera com um gerador de vapor 228 para alimentar a turbina de vapor 230 para gerar a energia elétrica para retortar a formação fraturada de xistos betuminosos in situ. O reator nuclear 26 é dimensionado para ser colocado próximo ou no local 22 da formação fraturada de xistos betuminosos. É previsto que a taxa da capacidade elétrica do reator nuclear 26 está entre 50 MWe a 3000 MWe. É contemplado que o hidrogênio gerado pelo reator nuclear 26 pode ser usado para aumentar o valor do material contendo carbono, que pode se assemelhar ao carvão, e assim ser recuperável. Um gerador de hidrogênio (não mostrado) térmico, eletrólise, ou outro pode ser ligado ao reator nuclear 26 para gerar hidrogênio para este uso.

A fonte de água 34 entrega água ao gerador de vapor 228, que é construído e instalado no local 22. O reator nuclear 26 é acoplado ao gerador de vapor 228, de modo conhecido por aqueles versados na técnica, para transferir a energia térmica 232. O sistema 20 emprega o gerador de

vapor 228, em conjunto com o reator nuclear 26 como fonte térmica, para produzir o vapor 236 para ativar a turbina de vapor 230 para a retorta das formações de xistos betuminosos fraturadas.

5 O gerador de vapor 228 é acoplado à turbina de vapor 230, de modo conhecido por aqueles versados na técnica. O vapor 236 do gerador de vapor 228 flui na turbina de vapor 230 para fornecer a energia mecânica 237 a um gerador elétrico 234. A turbina de vapor 230 é acoplada ao gerador
10 elétrico 234, e a energia mecânica 237 gera a corrente 239 do gerador elétrico 234. É contemplado que a corrente 239 pode incluir corrente alternada ou corrente contínua.

A corrente 239 do gerador elétrico 234 é entregue aos osciladores 438. A energia elétrica entregue aos
15 osciladores 438 através da corrente 239 cria uma radiofrequência que tem um comprimento de onda onde a atenuação é compatível com o afastamento do poço para fornecer calor substancialmente uniforme.

Um sistema de recuperação de produto 460 é construído
20 no local 22. O sistema de recuperação de produto 460 é conectado com os poços de recuperação para a coleta de hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos que são liberados durante o processo de retortagem. Uma ilustração do fluxo de energia do sistema 20 com sistema de retortagem 420
25 (figura 10) para operações de retortagem de xistos

betuminosos, como mostrado na figura 11, inclui a energia nuclear 446 gerada do reator nuclear 26. A energia nuclear 446 cria a energia térmica 232 que é transferida para o gerador de vapor 228 para produzir o vapor. O vapor 236 é
5 entregue à turbina de vapor 230, que produz a energia mecânica 237. A energia mecânica 237 gera a corrente 239 proveniente do gerador elétrico 234.

A corrente 239 entrega a energia elétrica aos osciladores 438 para criar as radiofrequências 241 para
10 aquecer as formações de xistos betuminosos fraturadas para induzir o aquecimento. A exposição do xisto betuminoso ao calor acelera a maturação dos precursores do hidrocarboneto, tais como o querogênio, que forma hidrocarbonetos liquefeitos e gasosos durante as operações
15 de retortagem, os produtos de hidrocarboneto acumulam. Os produtos de hidrocarboneto são extraídos e coletados pelo sistema de recuperação do produto 460.

Será compreendido que várias modificações podem ser feitas nas modalidades aqui reveladas. Conseqüentemente, a
20 descrição acima não deve ser interpretada como limitativa, mas meramente como exemplos das várias modalidades. Aqueles versados na técnica poderão prever outras modificações dentro do escopo e espírito das reivindicações aqui anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para recuperar produtos de hidrocarboneto, o método sendo CARACTERIZADO por compreender as etapas de:

5 produzir energia térmica usando um reator nuclear;
 fornecer a dita energia térmica a um gerador de material supercrítico;

 fornecer um material ao dito gerador de material supercrítico;

10 produzir um fluxo de material supercrítico do dito gerador de material supercrítico usando uma bomba de alta pressão;

 injetar o dito fluxo do material supercrítico nos poços de fratura onde os ditos poços de fratura são
15 dispostos em uma formação de xistos betuminosos; e

 fraturar a dita formação de xistos betuminosos usando o calor do dito fluxo do material supercrítico dos ditos poços de fratura.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de:

20 fornecer a dita energia térmica a um gerador de gás quente;

 fornecer um gás ao dito gerador de gás quente;

 produzir um fluxo de gás quente de alta pressão do
25 dito gerador de gás quente usando uma bomba de alta pressão;
 e

 injetar o dito fluxo de gás quente de alta pressão em

dispostos na dita formação de xisto betuminoso.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de:

5 retortar o xisto betuminoso na dita formação de xisto betuminoso usando o calor do dito fluxo de gás quente para produzir produtos de hidrocarboneto; e extrair os ditos produtos de hidrocarboneto dos ditos poços de injeção.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, CARACTERIZADO por a etapa de extração incluir um sistema de
10 recuperação de produto acoplado aos ditos poços de injeção em uma configuração para a coleção de hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos liberados durante a etapa de retortagem.

5. Método, de acordo com a reivindicação 3,
15 CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de recuperar o gás residual da etapa de retortagem através de um sistema de reciclagem, o dito gás residual é injetado com o dito gerador de gás quente.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1,
20 CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de:

fornece a dita energia térmica a um gerador de vapor;
fornece água ao dito gerador de vapor;
produzir vapor do dito gerador de vapor;
injetar do dito vapor em uma turbina de vapor para
25 gerar energia mecânica;
fornece dita energia mecânica a um gerador elétrico;
gerar corrente do dito gerador elétrico da dita

energia mecânica; e

alimentar os aquecedores de resistência elétrica com os a dita corrente, os ditos aquecedores são dispostos nos poços de injeção nos quais os ditos poços de injeção são
5 dispostos na dita formação de xistos betuminosos.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de:

retortar o xisto betuminoso na dita formação de xistos betuminosos usando o calor dos ditos aquecedores para
10 produzir produtos de hidrocarboneto; e

extrair os ditos produtos de hidrocarboneto dos ditos poços de injeção.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, CARACTERIZADO pelo fato de que a etapa de extração inclui um
15 sistema de recuperação de produto acoplado aos ditos poços de injeção em uma configuração para a coleta de hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos liberados durante a etapa de retortagem.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de:
20

fornecer a dita energia térmica ao gerador de metal líquido ou sal fundido;

fornecer sal ou metal ao dito gerador de metal líquido ou sal fundido;

25 produzir um sal fundido ou um fluxo do metal líquido do dito gerador de metal líquido ou sal fundido usando uma bomba; e

injetar o dito fluxo de sal fundido ou metal líquido na baioneta dos poços de injeção onde os ditos poços de injeção são dispostos na dita formação de xistos betuminosos.

5 10. Método, de acordo com a reivindicação 9, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de:

retortar o xisto betuminoso na dita formação de xistos betuminosos usando o calor do dito sal fundido ou do fluxo do metal líquido para produzir produtos de hidrocarboneto; e

10 extrair os ditos produtos de hidrocarboneto do dito poço de injeção.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, CARACTERIZADO por a etapa de extração incluir um sistema de recuperação do produto acoplado aos ditos poços de injeção em uma configuração para a coleta de hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos liberados durante a etapa de retortagem.

12. Método, de acordo com a reivindicação 10, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender a etapa de recuperar sal ou metal residual da etapa de retortagem através de um sistema de reciclagem, o dito sal residual ou metal sendo injetado no dito gerador de sal fundido ou metal líquido.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de:

25 fornecer a dita energia térmica a um gerador de vapor;
fornecer água ao dito gerador de vapor;
produzir vapor do dito gerador de vapor;

injetar o dito vapor em uma turbina de vapor para gerar energia mecânica;

fornecer a dita energia mecânica a um gerador elétrico;

5 gerar corrente ao dito gerador elétrico da dita energia mecânica; e

alimentar os osciladores com a dita corrente para criar radiofrequências para produzir calor, os ditos osciladores sendo disposto com poços de injeção onde os
10 ditos poços de injeção são dispostos na dita formação de xistos betuminosos.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de:

retortar o xisto betuminoso na dita formação de xistos
15 betuminosos usando o calor dos ditos osciladores para produzir produtos de hidrocarboneto; e

extrair os ditos produtos de hidrocarboneto dos ditos poços de injeção.

15. Método, de acordo com a reivindicação 13, CARACTERIZADO por compreende a etapa de extração inclui um
20 sistema de recuperação de produto acoplado aos ditos poços de injeção em uma configuração para a coleta de hidrocarbonetos gasosos e liquefeitos liberados durante a etapa de retortagem.

25 16. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender a etapa de construir uma infra-estrutura na dita formação de xistos

betuminosos, a dita infra-estrutura sendo formada pela perfuração na direção horizontal e vertical em uma configuração que aumenta a permeabilidade e a porosidade da dita formação do xisto betuminoso.

5 17. Método para recuperar produtos de hidrocarboneto, o método sendo CARACTERIZADO por compreender as etapas de:
 produzir a energia térmica usando um reator nuclear;
 fornecer a dita energia térmica a um gerador de gás quente;

10 fornecer um gás ao dito gerador de gás quente;
 produzir um fluxo de gás quente de alta pressão do dito gerador de gás quente usando uma bomba de alta pressão;
 injetar o dito fluxo de gás quente de alta pressão em poços de injeção onde os ditos poços de injeção são
15 dispostos em uma formação de xistos betuminosos;

 retortar o xisto betuminoso na dita formação de xistos betuminosos usando o calor do dito fluxo de gás quente para produzir produtos de hidrocarboneto; e

 extrair os ditos produtos de hidrocarboneto dos ditos
20 poços de injeção.

 18. Método para recuperar produtos de hidrocarboneto, o método sendo CARACTERIZADO por compreender as etapas de:

 produzir energia térmica usando um reator nuclear;
 fornecer a dita energia térmica a um gerador de vapor;
25 fornecer água ao dito gerador de vapor;
 produzir vapor ao dito gerador de vapor;
 injetar o dito vapor em uma turbina de vapor para

gerar energia mecânica;

fornecer a dita energia mecânica a um gerador elétrico;

5 gerar a corrente do dito gerador elétrico da dita energia mecânica;

energizar os aquecedores de resistência elétrica com a dita corrente, os ditos aquecedores sendo dispostos com poços de injeção onde os ditos poços de injeção são dispostos em uma formação de xisto betuminoso;

10 retortar o xisto betuminoso na dita formação de xisto betuminoso usando o calor dos ditos aquecedores para produzir produtos de hidrocarboneto; e

extrair os ditos produtos de hidrocarboneto dos ditos poços de injeção.

15 19. Método para recuperar produtos de hidrocarboneto, o método sendo CARACTERIZADO por compreender as etapas de:

produzir energia térmica usando um reator nuclear;

fornecer a dita energia térmica a um gerador de sal fundido ou metal líquido;

20 fornecer sal ou metal a dito gerador de sal fundido ou metal líquido;

produzir um sal fundido ou fluxo do metal líquido do dito gerador de sal fundido ou metal líquido usando uma bomba;

25 injetar o dito sal fundido ou fluxo de metal líquido nas baionetas dos poços de injeção onde os ditos poços de injeção são dispostos em uma formação de xisto betuminoso;

retortar o xisto betuminoso na dita formação de xistos betuminosos usando o calor do dito sal fundido ou fluxo do metal líquido para produzir produtos de hidrocarboneto; e extrair os ditos produtos de hidrocarboneto do poço de injeção.

20. Método para recuperar produtos de hidrocarboneto, o método sendo CARACTERIZADO por compreender as etapas de:

produzir energia térmica usando um reator nuclear;

fornecer a dita energia térmica a um gerador de vapor;

10 fornecer água ao dito gerador de vapor;

produzir vapor ao dito gerador de vapor;

injetar o dito vapor em uma turbina de vapor para gerar energia mecânica;

15 fornecer a dita energia mecânica a um gerador elétrico;

gerar corrente do dito gerador elétrico da dita energia mecânica;

20 alimentar os osciladores com a dita corrente para criar radiofrequências para produzir calor, os ditos osciladores sendo dispostos em poços de injeção onde os ditos poços de injeção são dispostos em uma formação de xistos betuminosos;

25 retortar o xisto betuminoso na dita formação de xistos betuminosos usando o calor dos ditos osciladores para produzir produtos de hidrocarboneto; e

extrair os ditos produtos de hidrocarboneto dos ditos poços de injeção.

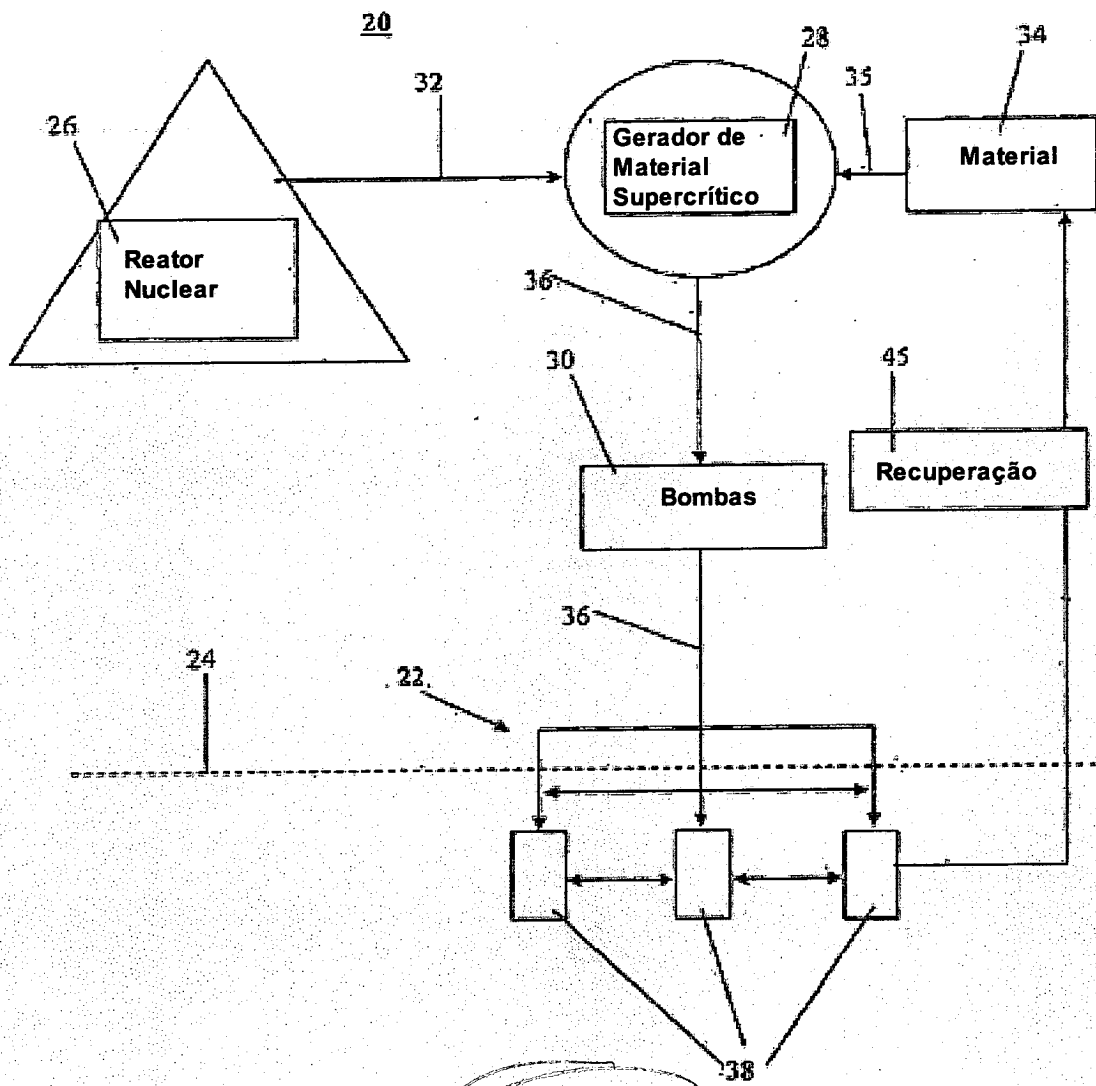


Figura 1

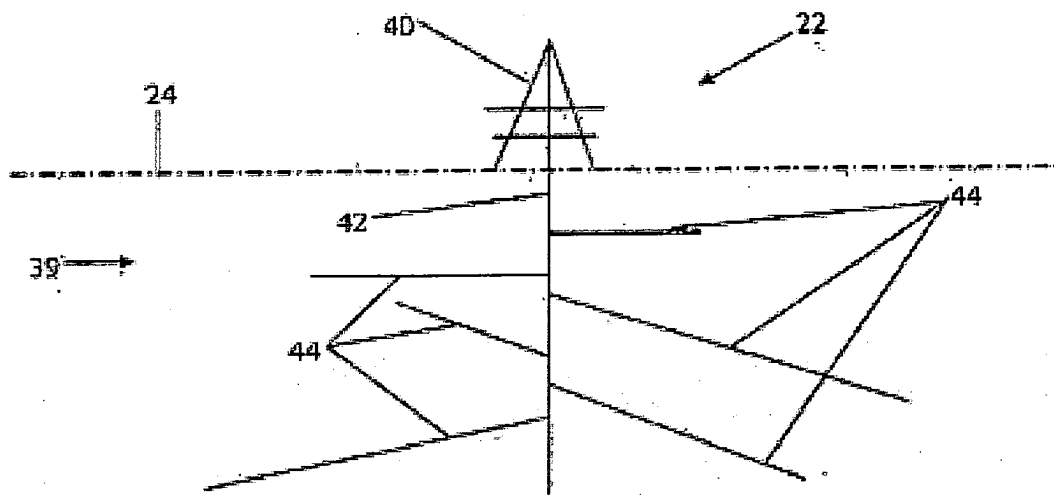


Figura 2

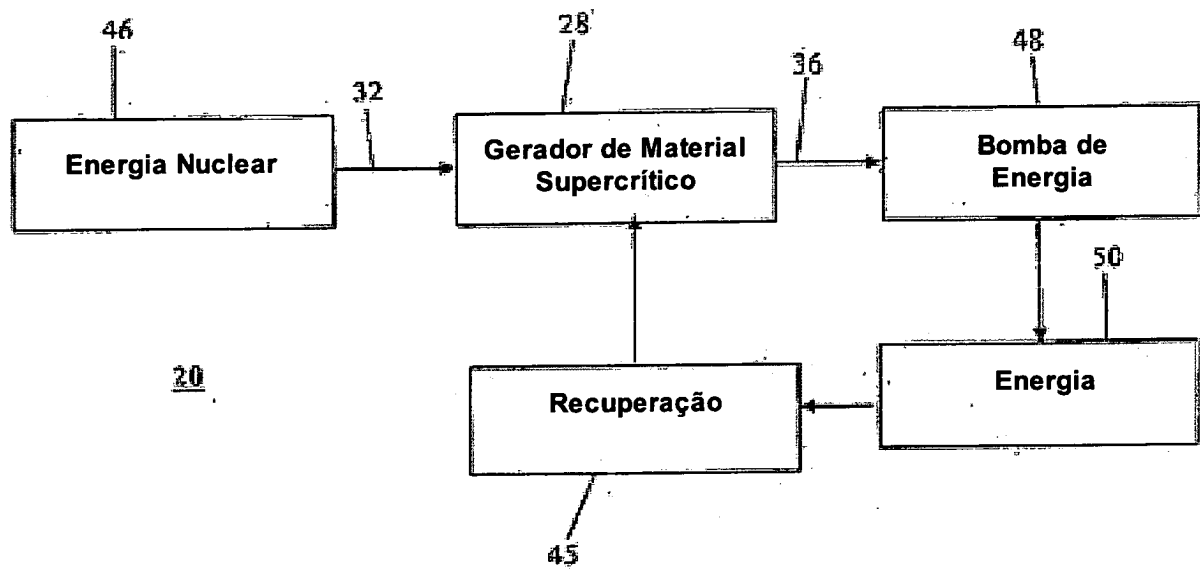


Figura 3

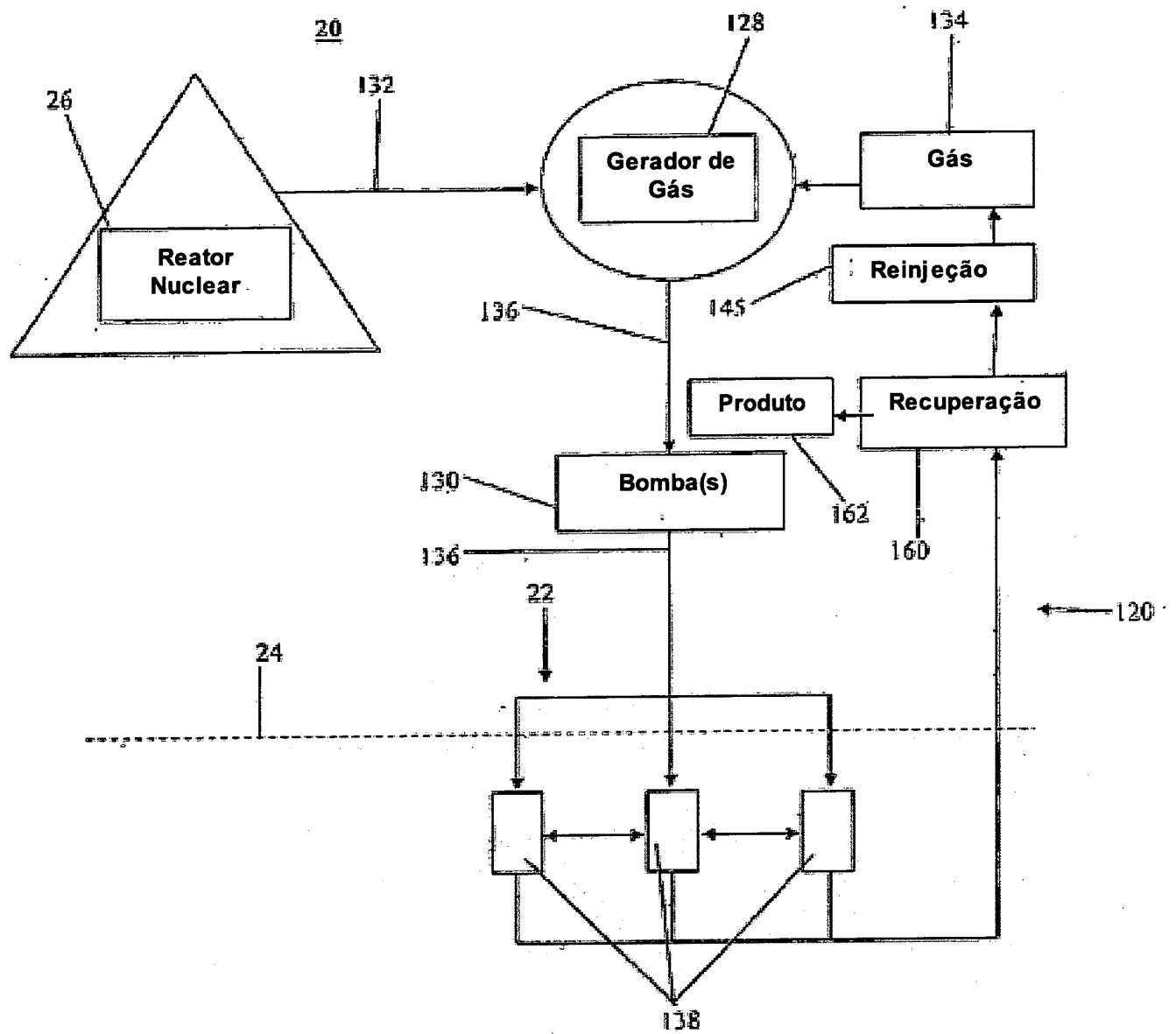


Figura 4

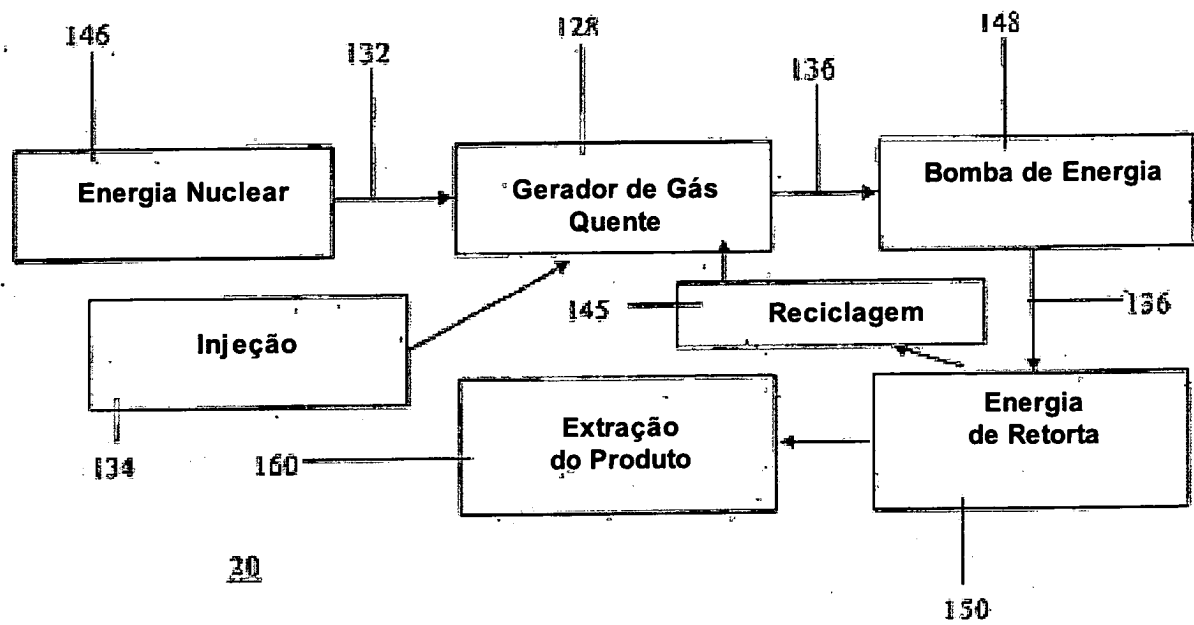


Figura 5

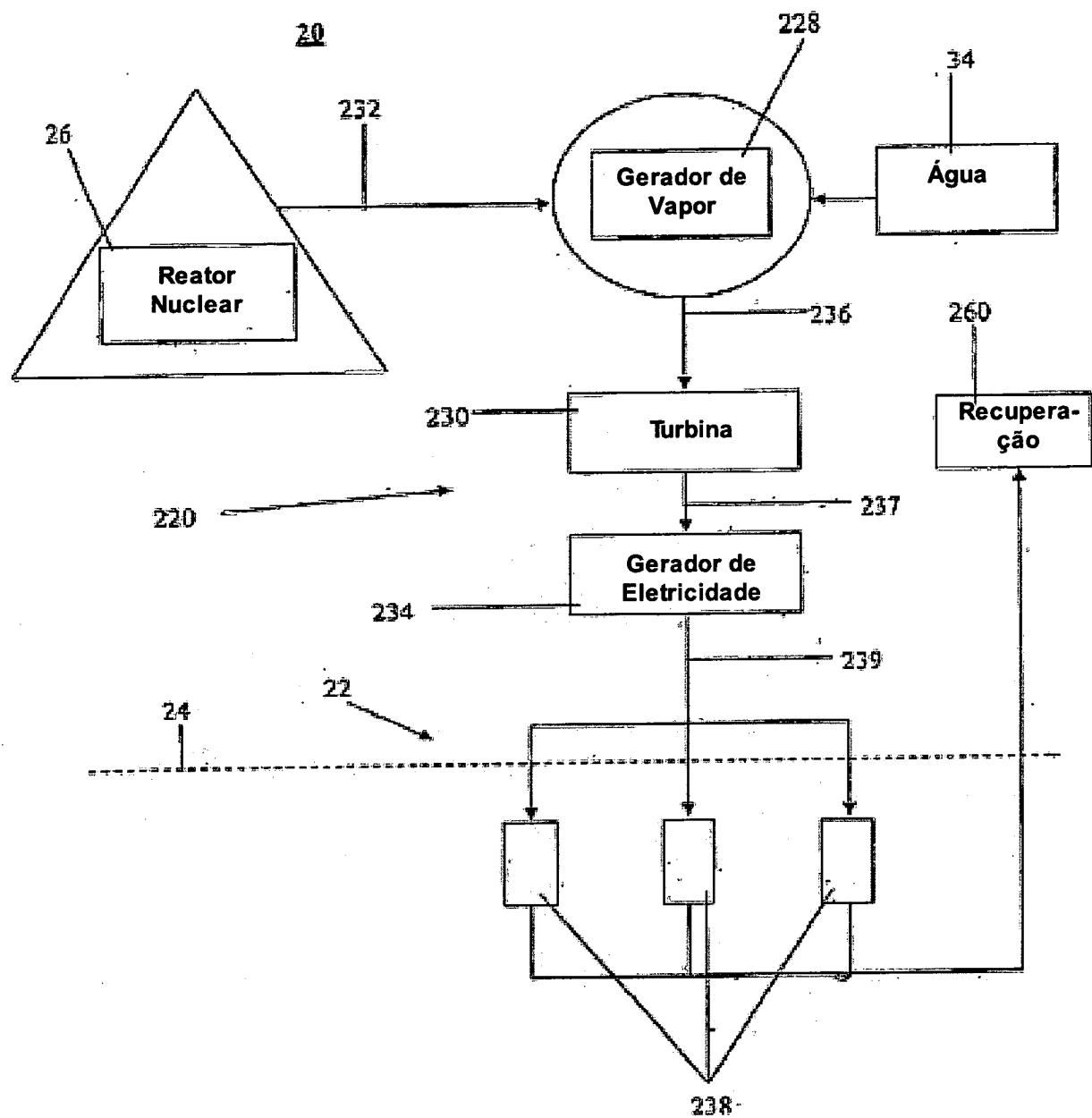


Figura 6

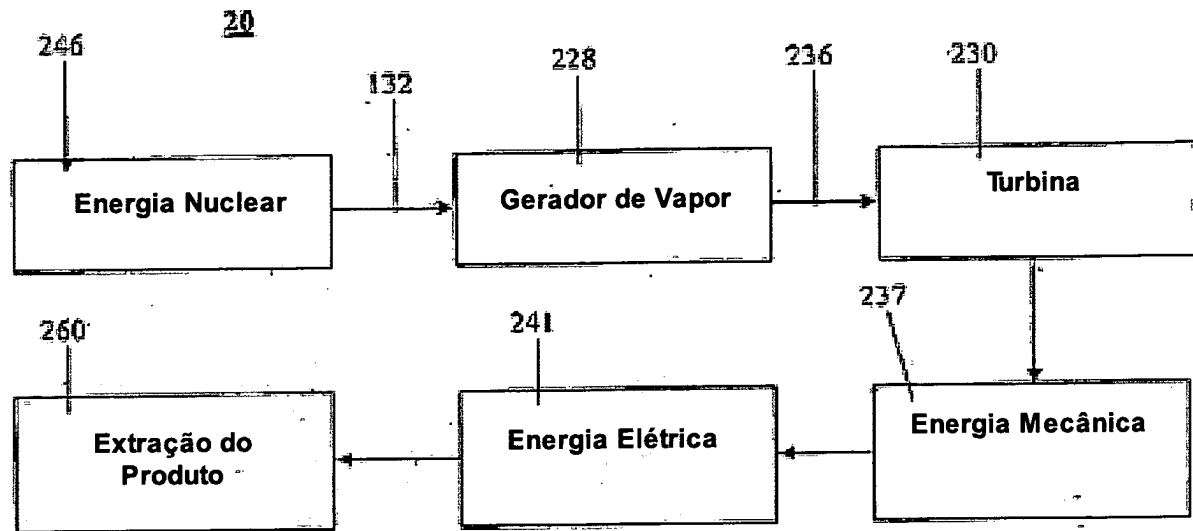


Figura 7

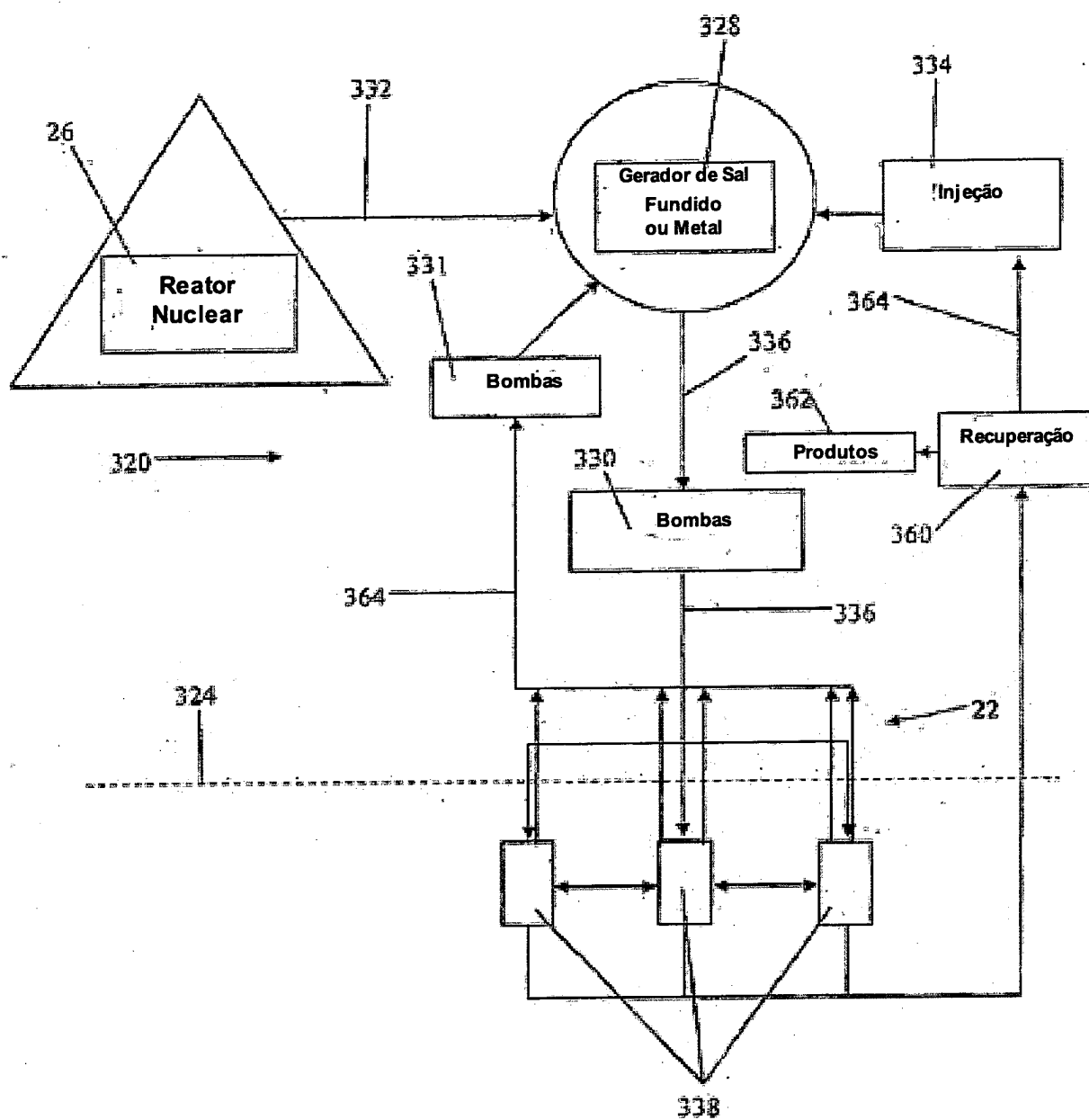


Figura 8

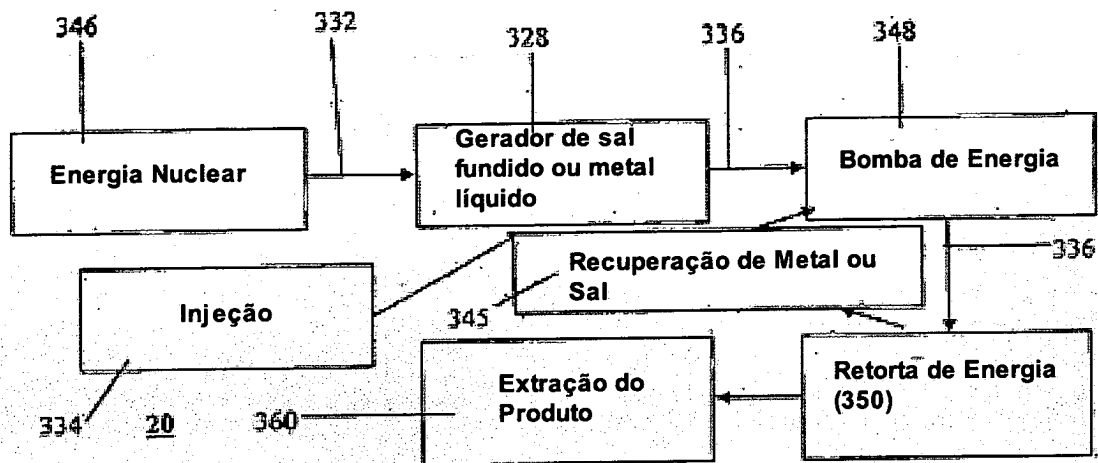


Figura 9

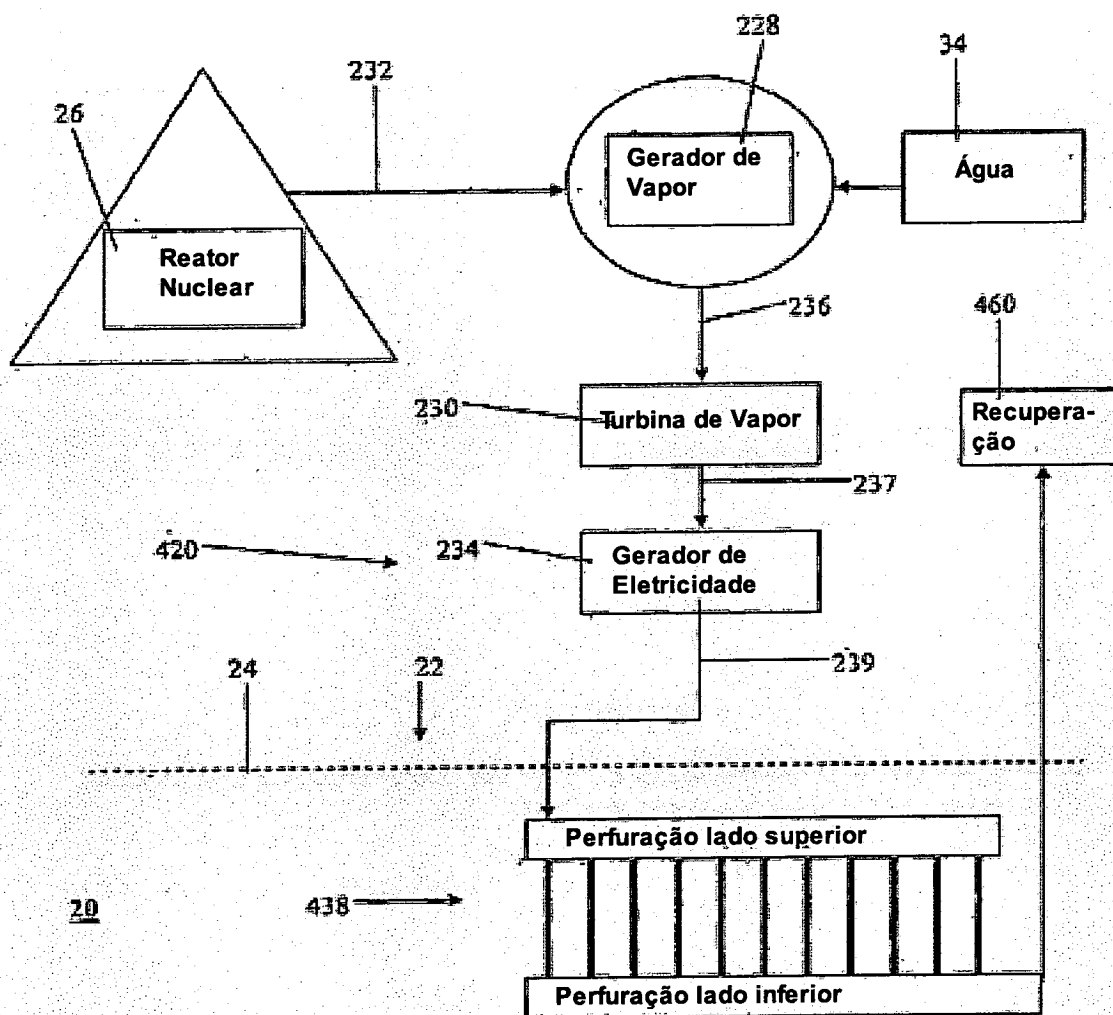


Figura 10

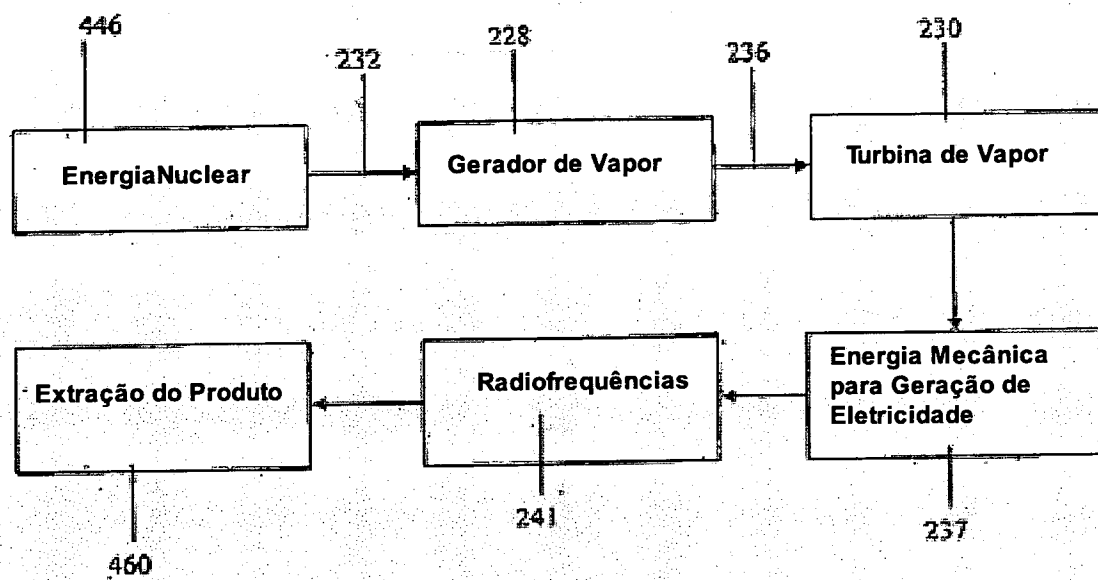
20

Figura 11

RESUMO

**MÉTODO E SISTEMA PARA EXTRAÇÃO DE HIDROCARBONETOS DE
XISTOS BETUMINOSOS**

5 A presente invenção se refere um sistema e método para
extrair produtos de hidrocarboneto de xistos betuminosos
usando fontes de energia nuclear para que a energia fracture
as formações de xistos betuminosos e forneça calor e pressão
suficientes para produzir produtos líquidos e gasosos do
10 hidrocarboneto. As modalidades da presente invenção também
revelam as etapas de extrair produtos de hidrocarboneto das
formações de xistos betuminosos.