

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

(21) **PI1001591-4 A2**

(22) Data de Depósito: 11/05/2010
(43) Data da Publicação: 26/04/2011
(RPI 2103)



(51) *Int.Cl.:*
A61N 7/00
A61B 8/13

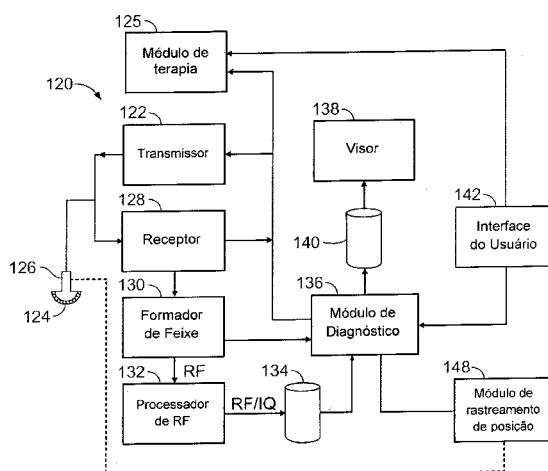
(54) Título: **SISTEMA DE TERAPIA E IMAGEAMENTO POR ULTRASSOM E MÉTODO DE ADMINISTRAÇÃO DE TERAPIA**

(30) Prioridade Unionista: 11/05/2009 US 12/463,822

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): CHRISTOPHER ROBERT HAZARD, CYNTHIA ELIZABETH LANDBERG DAVIS, DHIRAJ ARORA, KAI ERIK THOMENIUS, KENNETH WAYNE RIGBY, LOWELL SCOTT SMITH, WARREN LEE, YING FAN

(57) Resumo: SISTEMA DE TERAPIA E IMAGEAMENTO POR ULTRASSOM E MÉTODO DE ADMINISTRAÇÃO DE TERAPIA A presente invenção refere-se a um sistema de terapia e imageamento por ultrassom que inclui uma sonda de ultrassom 126 e um módulo de diagnóstico por ultrassom 136 para controlar a sonda 126 e obter sinais de ultrassom diagnóstico provenientes de uma região de interesse (ROI). A ROI inclui tecido adiposo e tecido não adiposo. O módulo de diagnóstico 136 analisa os sinais de ultrassom diagnóstico e diferencia automaticamente o tecido adiposo do tecido não adiposo. O sistema também inclui um módulo de terapia por ultrassom 125 para controlar a sonda 126 para administrar, durante uma sessão de terapia, uma terapia no local do tratamento 222 baseada em um parâmetro de terapia para o tecido adiposo diferenciado pelo módulo de diagnóstico por ultrassom 136. Também é fornecido um método para administrar uma terapia a uma região de interesse (ROI) em um paciente.





**“SISTEMA DE TERAPIA E IMAGEAMENTO POR ULTRASSOM E MÉTODO
DE ADMINISTRAÇÃO DE TERAPIA”**

REFERÊNCIA CRUZADA AOS PEDIDOS RELACIONADOS

O presente pedido inclui matéria objeto que é similar à matéria
5 objeto descrita nos Pedidos de Patente que exibem um Protocolo de Advogado
Nº 235594 (555-0003US), intitulado “ULTRASOUND SYSTEM AND METHOD
TO DELIVER THERAPY BASED ON USER DEFINED TREATMENT
SPACES,” e Protocolo de Advogado Nº 235610 (555-0005US), intitulado
10 “ULTRASOUND SYSTEM AND METHOD TO DETERMINE MECHANICAL
PROPERTIES OF A TARGET REGION,” ambos foram depositados de forma
contemporânea ao presente e são incorporados por citação em sua totalidade.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A presente matéria objeto refere-se, de modo geral, a um sistema
de terapia e imageamento diagnóstico que proporciona imageamento
15 diagnóstico e tratamento de uma região de interesse em um paciente, e mais
particularmente, a sistemas de ultrassom que formam a imagem e tratam o
tecido adiposo.

Nos dias atuais existem diversos sistemas de delineamento
corporal que tentam remover ou destruir o tecido gorduroso (ou tecido adiposo)
20 do corpo de uma pessoa. Alguns sistemas podem ser invasivos, como a
lipoaspiração, onde um dispositivo é inserido no corpo e fisicamente remove o
tecido adiposo através de aspiração. Outros sistemas podem ser não-
invasivos. Por exemplo, em um sistema não invasivo, sinais de ultrassom com
foco de alta-intensidade (HIFU) são direcionados a uma região dentro do tecido
25 adiposo. Os sinais de HIFU podem ao menos parcialmente liquefazer o tecido
adiposo através de lise ou causando cavitação ou dano térmico às células no
interior do tecido adiposo.

No entanto, como os sinais de ultrassom podem produzir um

efeito prejudicial sobre tecido não adiposo, é importante que o usuário de um sistema HIFU conheça e controle onde o tratamento foi administrado no interior do corpo de um paciente. Em um sistema conhecido, o usuário desenha um esboço de uma região em uma superfície do corpo onde o tratamento será
5 administrado e também aplica marcadores à superfície no entorno ou dentro do esboço do corpo do paciente. Uma câmera de vídeo é posicionada acima do corpo e orientada para visualizar a superfície da pele do paciente onde a terapia é aplicada. O sistema HIFU rastreia o progresso da terapia com base no local do esboço no corpo e os marcadores.

10 O sistema HIFU descrito acima possui certas limitações. Por exemplo, o sistema HIFU pode exibir apenas a superfície da pele do paciente e não fornece uma representação visual ou uma imagem do volume do corpo sob a superfície. Consequentemente, o sistema HIFU acima não fornece controle para localização da terapia a certas regiões sob a superfície da pele. Ademais,
15 o sistema HIFU convencional acima também não conhece ou determina onde tecido não adiposo pode estar localizado em relação ao tecido adiposo. Portanto, o sistema HIFU não diferencia automaticamente os tecidos. O sistema HIFU também não pode confirmar que a terapia foi administrada às regiões desejadas.

20 Portanto, existe a necessidade de sistemas de terapia e imageamento por ultrassom que indiquem onde, no interior de um volume do paciente, a terapia já foi ou será administrada. Além disso, existe a necessidade de sistemas que facilitem a um usuário do sistema identificar um espaço de tratamento de uma região de interesse abaixo da superfície e aplicar
25 o tratamento ao espaço.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Em uma modalidade, o sistema de terapia e imageamento por ultrassom inclui uma sonda de ultrassom e um módulo de diagnóstico por

ultrassom para controlar a sonda e obter sinais de ultrassom diagnóstico provenientes de uma região de interesse (ROI). A ROI inclui tecido adiposo e tecido não adiposo. O módulo de diagnóstico analisa os sinais de ultrassom diagnóstico e diferencia automaticamente o tecido adiposo do tecido não adiposo. O sistema também inclui um módulo de terapia por ultrassom para controlar a sonda para administrar, durante uma sessão de terapia, uma terapia no local do tratamento baseada em um parâmetro de terapia para o tecido adiposo diferenciado pelo módulo de diagnóstico por ultrassom.

Em outra modalidade, é fornecido um método para entregar uma terapia a uma região de interesse (ROI) em um paciente. O método inclui obter sinais de ultrassom diagnóstico a partir de uma região de interesse (ROI). A ROI inclui tecido adiposo e tecido não adiposo. O método também inclui analisar os sinais de ultrassom diagnóstico e diferencia automaticamente o tecido adiposo do tecido não adiposo. Também, o método inclui entregar a terapia, durante uma sessão de terapia, em um local do tratamento baseada em um parâmetro de terapia para o tecido adiposo diferenciado pelo módulo de diagnóstico por ultrassom.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é um diagrama de bloco de um sistema de ultrassom formado de acordo com uma modalidade da invenção.

A Figura 2 é um diagrama de bloco de um módulo de diagnóstico no sistema de ultrassom da Figura 1 formado de acordo com uma modalidade da invenção.

A Figura 3 é um diagrama de bloco de um módulo de terapia no sistema de ultrassom da Figura 1 formado de acordo com uma modalidade da invenção.

A Figura 4 ilustra uma janela apresentada em um visor da Figura 1 que exibe um espaço de tratamento de uma região de interesse.

A Figura 5 ilustra janelas que podem estar presentes no visor da Figura 1.

A Figura 6 ilustra outra janela apresentada em um visor da Figura 1 que exibe um espaço de tratamento de uma região de interesse.

5 A Figura 7 mostra a janela na Figura 6 na medida em que o sistema de ultrassom fornece terapia ao espaço de tratamento.

A Figura 8 é uma imagem de uma vista plana C de uma região de interesse.

10 A Figura 9 ilustra um sistema de ultrassom de acordo com uma modalidade que inclui um sistema de rastreamento e um sistema de registro.

A Figura 10 ilustra transdutores matriciais que podem ser usados com uma sonda de acordo com várias modalidades.

15 A Figura 11 ilustra um sistema de ultrassom de acordo com uma modalidade que inclui um dispositivo para remover tecido adiposo de um paciente durante uma sessão de terapia.

A Figura 12 é um fluxograma que ilustra um método de acordo com uma modalidade.

20 A Figura 13 ilustra um sistema de imageamento por ultrassom de bolso ou portátil que pode ser configurado para exibir uma região de interesse durante uma sessão de terapia de acordo com várias modalidades.

25 A Figura 14 ilustra um sistema de imageamento por ultrassom de console fornecido em uma base móvel que pode ser configurado para exibir uma região de interesse durante uma sessão de terapia de acordo com várias modalidades.

A Figura 15 é um diagrama de bloco de maneiras exemplificativas em que as modalidades da invenção podem ser armazenadas, distribuídas e instaladas em um meio legível por computador.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

As modalidades exemplificativas que são descritas em detalhe abaixo incluem os sistemas de ultrassom e os métodos para imageamento e tratamento de uma região de interesse (ROI). A ROI pode incluir tecido adiposo e/ou tecido não adiposo, como um tecido muscular, osso, tecido de órgãos, e vasos sanguíneos. O sistema pode exibir a ROI de modo que um operador ou usuário do sistema pode distinguir o tecido adiposo e o tecido não adiposo e/ou o sistema pode diferenciar automaticamente o tecido adiposo e o tecido não adiposo antes do tratamento. O tratamento da ROI pode incluir a administração de sinais de ultrassom com foco de alta-intensidade (HIFU) aos locais do tratamento no interior da ROI. Por exemplo, os sinais HIFU podem ser direcionados aos locais de tratamento dentro do tecido adiposo para ao menos parcialmente liquefazer o tecido adiposo. A liquefação pode ocorrer por meio de lise celular, cavitação, e/ou dano térmico ao tecido adiposo.

A descrição detalhada de certas modalidades adiante será melhor compreendida quando lida em conjunto com os desenhos em anexo. Na medida em que as figuras ilustram diagramas de blocos funcionais de várias modalidades, os blocos funcionais não são necessariamente indicativos da divisão entre o conjunto de circuitos de hardware. Assim, por exemplo, um ou mais blocos funcionais (por exemplo, processadores ou memórias) podem ser implantados em uma única peça de hardware (por exemplo, um processador de sinal de uso geral ou memória de acesso aleatória, disco rígido, ou similares). Similarmente, os programas podem ser programas autônomos, podem ser incorporados como sub-rotinas em um sistema em funcionamento, podem ser funções em um pacote de software instalado, e similares. Deve ser compreendido que as várias modalidades não são limitadas às configurações e instrumentalidade mostrada nos desenhos.

Conforme usado no presente, um elemento ou etapa

mencionados no singular e precedidos do termo “um” ou “uma” não deve ser entendido de forma a excluir o plural dos ditos elementos ou etapas, a menos que essa exclusão seja declarada explicitamente. Ademais, as referências a “uma modalidade” não visam ser interpretadas de modo a excluir a existência de modalidades adicionais que também incorporem os recursos mencionados. Além disso, salvo quando o contrário for afirmado explicitamente, as modalidades “que compreendem” ou são “dotadas” de um elemento ou de uma pluralidade de elementos que exibem uma propriedade particular podem incluir outros elementos desse tipo que não são dotados dessa propriedade.

Deve-se notar que, muito embora as várias modalidades possam ser descritas em associação a um sistema de ultrassom, os métodos e sistemas aqui descritos não se limitam ao imageamento por ultrassom. Em particular, as várias modalidades podem ser implantadas em associação a diferentes tipos de imageamento médico, incluindo-se, por exemplo, imageamento por ressonância magnética (MRI) e imageamento por tomografia computadorizada (CT). Ainda, as várias modalidades podem ser implantadas em outros sistemas de imageamento não médicos, por exemplo, sistemas de teste não destrutivos, como os sistemas de triagem em aeroportos.

Um efeito técnico das várias modalidades dos sistemas e métodos descritos no presente inclui a geração de uma imagem de uma ROI e a aceitação das entradas do usuário para designar um espaço de tratamento no interior da ROI que corresponde ao tecido adiposo. Outro efeito técnico pode incluir a administração de terapia aos locais de tratamento e a movimentação automática do local do tratamento entre múltiplos pontos (ou sítios de tratamento) dentro do tratamento. Em algumas modalidades, outro efeito técnico inclui a análise dos sinais de ultrassom diagnóstico e a diferenciação automática do tecido adiposo do tecido não adiposo. Outros efeitos técnicos podem ser proporcionados pelas modalidades aqui descritas.

A Figura 1 é um diagrama de bloco de um sistema de imageamento por ultrassom e terapia 120 em que as várias modalidades podem exibir e administrar uma terapia a uma ROI conforme descrito em mais detalhes abaixo. O sistema de ultrassom 120 inclui um transmissor 122 que
5 conduz uma matriz de elementos transdutores 124 (por exemplo, cristais piezoelétricos) dentro de uma sonda 126 a emitir sinais ultrassônicos pulsados para um corpo ou volume. Os sinais ultrassônicos pulsados podem se destinar ao imageamento e à terapia da ROI. Por exemplo, a sonda 126 pode transmitir pulsos de baixa energia durante o imageamento e pulsos de energia elevada
10 durante terapia. Uma variedade de geometrias pode ser usada e a matriz de elementos transdutores 124 pode ser fornecida como parte, por exemplo, de diferentes tipos de sondas de ultrassom.

Os sinais de imageamento são retroespalhados a partir das estruturas no corpo, por exemplo, tecido adiposo, tecido muscular, tecido
15 conectivo, células sanguíneas, vasos ou objetos no interior do corpo (por exemplo, um cateter ou uma agulha) para produzir ecos que retornam para os elementos 124. Os ecos são recebidos por um receptor 128. Os ecos recebidos são fornecidos a um formador de feixe 130 que executa a formação do feixe e emite um sinal de RF. O sinal de RF é então fornecido a um processador de RF
20 132 que processa o sinal de RF. Como alternativa, o processador de RF 132 pode incluir um demodulador complexo (não mostrado) que demodula o sinal de RF para formar pares de dados de IQ representativos dos sinais de eco. Os dados de sinal de RF ou IQ podem então ser fornecidos diretamente a uma memória 134 para armazenamento (por exemplo, armazenamento temporário).
25 Opcionalmente, a emissão do formador de feixe 130 pode ser transferida diretamente ao módulo de diagnóstico 136.

O sistema de ultrassom 120 também inclui um módulo de diagnóstico ou processador 136 para processar a informação de ultrassom

adquirida (por exemplo, sinal de dados de RF ou pares de dados de IQ) e preparar quadros de informação de ultrassom para exibir em um visor 138. O módulo de diagnóstico 136 é adaptado para executar uma ou mais operações de processamento de acordo com uma pluralidade de modalidades de ultrassom selecionáveis na informação de ultrassom adquirida. A informação de ultrassom adquirida pode ser processada em tempo real durante a varredura ou sessão de terapia enquanto os sinais de eco são recebidos. Adicionalmente ou como alternativa, a informação de ultrassom pode ser armazenada temporariamente na memória 134 durante uma sessão de varredura e processada período inferior ao tempo real em uma operação conectada ou não. Uma memória de imagem 140 é incluída para armazenar os processados quadros da informação de ultrassom adquirida que não estão programados para serem exibidos imediatamente. A memória de imagem 140 pode compreender qualquer meio de armazenamento de dados conhecido, por exemplo, um meio de armazenamento permanente, meio de armazenamento removível, etc.

O módulo de diagnóstico 136 é conectado a uma interface do usuário 142 que controla a operação do módulo de diagnóstico 136 conforme explicado abaixo em mais detalhe e é configurado para receber entradas de um usuário. O visor 138 inclui um ou mais monitores que apresentam as informações do paciente, o que inclui imagens de ultrassom terapêuticas e diagnósticas ao usuário para revisão, diagnóstico, análise, e tratamento. O visor 138 pode exibir automaticamente, por exemplo, um conjunto de dados de ultrassom em 2D, 3D, ou 4D armazenado na memória 134 ou 140 ou que estão sendo correntemente obtidas, sendo que esse conjunto de dados é também exibido com uma representação gráfica (por exemplo, um esboço de um espaço de tratamento ou de um marcador dentro d espaço de tratamento). Uma ou ambas as memórias 134 e memória 140 pode armazenar conjuntos de

dados em 3D dos dados de ultrassom, onde tais conjuntos de dados em 3D são acessados para apresentar em imagens 2D e 3D. Por exemplo, um conjunto de dados de ultrassom em 3D pode ser mapeado na memória 134 ou 140 correspondente, bem como um ou mais planos de referência. O
5... processamento dos dados, inclusive dos conjuntos de dados, pode estar baseado em parte nas entradas do usuário, por exemplo, as seleções do usuário recebidas na interface do usuário 142.

O módulo de diagnóstico 136 é configurado para analisar os sinais de ultrassom e diferenciar automaticamente o tecido adiposo do tecido
10 não adiposo (por exemplo, tecido muscular, osso, tecido conectivo, órgãos). O módulo de diagnóstico 136 também pode ser configurado para receber os comandos de imageamento do usuário para delinear ou fornecer de outra forma uma sobreposição que indica um espaço de tratamento no interior da ROI. O módulo de diagnóstico 136 também pode receber os comandos de
15 terapia do usuário (por exemplo, através da interface do usuário 142) concernente a como aplicar a terapia aos locais de tratamento no interior da ROI. Os comandos da terapia podem se referir aos parâmetros de terapia e similares.

O módulo de diagnóstico 136 se comunica com um módulo de
20 terapia 125 que é configurado para controlar a sonda 126 durante uma sessão de terapia. A "sessão de terapia," conforme usado no presente, é um período de tempo em que o paciente recebe a terapia. Por exemplo, uma sessão de terapia pode incluir uma única aplicação de sinais de ultrassom para liquefazer o tecido adiposo em um único local do tratamento ou dentro de um único
25 espaço de tratamento dentro do corpo. Uma sessão de terapia também pode incluir um período de tempo prolongado em que um paciente recebe múltiplas aplicações de sinais de ultrassom dentro de um espaço de tratamento de uma região do corpo ou dentro de múltiplas regiões do corpo. Uma sessão de

terapia também pode incluir uma visita do paciente a um operador d sistema 120.

O módulo de diagnóstico 136 é configurado para controlar a sonda 126 a fim de obter sinais de ultrassom diagnóstico a partir da ROI, e o
5 módulo de terapia 125 é configurado para administrar uma terapia aos locais de tratamento com base em um ou mais parâmetros de terapia. O módulo de terapia 125 pode automaticamente mover o local do tratamento entre múltiplos pontos com base nas entradas do usuário.

Em operação, o sistema 120 adquire dados, por exemplo,
10 conjuntos de dados volumétricos por meio de várias técnicas (por exemplo, varredura em 3D, imageamento em 3D em tempo real, varredura de volume, varredura em 2D com transdutores dotados de sensores de posicionamento, varredura a mão livre usando uma técnica de correlação de voxel, varredura usando transdutores matriciais ou 2D, etc.). Os dados podem ser obtidos pela
15 movimentação da sonda 126, como um trajeto linear ou curvilíneo, enquanto varre a ROI. Em cada posição linear ou arqueada, a sonda 126 obtém planos de varredura que são armazenados na memória 134. A sonda 126 também pode ser mecanicamente móvel dentro da sonda de ultrassom.

Como opção, o sistema 120 pode incluir um módulo de
20 rastreamento de posição 148 que rastreia a posição da sonda 126 e comunica a posição ao módulo de diagnóstico 136. A posição da sonda 126 pode ser rastreada em relação a um ponto de referência no ou próximo ao paciente, um marcador, e similares. Conforme será descrito com maior detalhamento abaixo, a posição da sonda 126 pode ser usada para indicar, ao usuário, as
25 regiões do paciente que já foram tratadas, as que estão sendo tratadas, ou as que ainda não foram tratadas.

A Figura 2 é um diagrama de bloco exemplificativo do módulo de diagnóstico 136, e a Figura 3 é um diagrama de bloco exemplificativo do

módulo de terapia 125. Os módulos de terapia e diagnóstico 125 (Figura 3) e 136 (Figura 2) são ilustrados conceitualmente como uma coleção de módulos, mas podem ser implantados utilizando qualquer combinação de placas de hardware dedicadas, DSPs, processadores, etc. Como alternativa, os módulos da Figuras 2 e 3 podem ser implantados utilizando um off-the-shelf PC com um único processador ou múltiplos processadores, com as operações funcionais distribuídas entre os processadores. Como opção adicional, os módulos da Figura 2 e 3 podem ser implantados utilizando uma configuração híbrida em que certas funções modulares são executadas utilizando um hardware dedicado, enquanto as funções modulares remanescentes são executadas utilizando um off-the-shelf PC e similares. Os módulos também podem ser implantados como módulos de software dentro de uma unidade de processamento. Ademais, o módulo de diagnóstico 136 pode incluir o módulo de terapia 125, ou o módulo de terapia 125 pode incluir o módulo de diagnóstico 136.

As operações dos módulos ilustrados nas Figuras 2 e 3 podem ser controladas por um controlador de ultrassom local 150 ou pelo módulo de diagnóstico 136. Os módulos 152-166 executam operações intermediárias do processador. O módulo de diagnóstico 136 pode receber dados de ultrassom 170 em uma de diversas formas. Na modalidade da Figura 2, os dados de ultrassom 170 recebidos constituem pares de dados de IQ representativos dos componentes real e imaginário associados a cada amostra de dados. Os pares de dados de IQ são fornecidos a um ou mais módulos, por exemplo, um módulo de fluxo de cor 152, um módulo de imageamento da força de radiação acústica (ARFI) 154, um módulo do modo B 156, um módulo de Doppler espectral 158, um módulo de fluxo acústico 160, um módulo Doppler de tecido 162, um módulo de varredura C 164, e um módulo de elastografia 166. Outros módulos podem ser incluídos, como um módulo de modo M, um módulo de

Doppler de energia, imageamento harmônico por tensão de tecido, entre outros. No entanto, as modalidades aqui descritas não se limitam ao processamento de pares de dados de IQ. Por exemplo, o processamento pode ser realizado com os dados de RF e/ou usando outros métodos. Além disso, os dados podem ser processados através de múltiplos módulos.

Cada um dos módulos 152-166 é configurado para processar os pares de dados de IQ de maneira correspondente para gerar, respectivamente, dados de fluxo de cor 172, dados de ARFI 174, dados do modo B 176, dados de Doppler espectral 178, dados de fluxo acústico 180, dados de Doppler de tecido 182, dados de varredura C 184, dados de elastografia 186, entre outros, podendo todos eles ser armazenados em uma memória 190 (ou memória 134 ou memória de imagem 140 mostrada na Figura 1) temporariamente antes do processamento subsequente. Os dados 172-186 podem ser armazenados, por exemplo, como conjuntos de valores de dados vetoriais, onde cada conjunto define um quadro de imagem de ultrassom individual. Os valores dos dados vetoriais são em geral organizados com base em um sistema de coordenada polar.

Um módulo para conversão de varredura 192 acessa e obtém a partir da memória 190 os valores de dados vetoriais associados com um quadro de imagem e converte o conjunto de valores de dados vetoriais em coordenadas cartesianas para gerar um quadro de imagem de ultrassom 193 formatado para exibição. Os quadros de imagem de ultrassom 193 gerados pelo módulo para conversão de varredura 192 podem ser fornecidos de volta para a memória 190 para processamento subsequente ou podem ser fornecidos para a memória 134 (Figura 1) ou para a memória de imagem 140 (Figura 1). Uma vez que o módulo para conversão de varredura 192 gera os quadros de imagem de ultrassom 193 associados com os dados, os quadros de imagem podem ser rearmazenados na memória 190 ou informados ao longo

de um barramento 199 a uma base de dados (não mostrado), à memória 134, à memória de imagem 140 e/ou a outros processadores (não mostrado).

Como exemplo, é possível desejar a observação de diferentes imagens de ultrassom em relação a uma sessão de terapia em tempo real no visor 138 (Figura 1). Para isso, o módulo para conversão de varredura 192 obtém conjuntos de dados para imagens armazenadas na memória 190 do que está sendo correntemente obtido. Os dados vetoriais são interpolados quando necessário e convertidos em um formato X, Y para exibição em vídeo para produzir quadros de imagem de ultrassom. Os quadros de imagem de ultrassom convertidos por varredura são fornecidos a um controlador de exibição (não mostrado) que pode incluir um processador de vídeo que mapeia o vídeo para um mapeamento na escala do cinza para exibição em vídeo. O mapa em escala de cinza pode representar uma função de transferência dos dados da imagem bruta para os níveis de cinza exibidos. Uma vez que os dados de vídeo sejam mapeados para os valores na escala do cinza, o controlador de exibição controla o visor 138, o que pode incluir um ou mais monitores ou janelas do visor, para exibir o quadro de imagem. A imagem exibida no visor 138 é produzida a partir de um quadro de imagem de dados em que cada dado indica a intensidade ou o brilho de um respectivo pixel no visor.

Fazendo referência novamente à Figura 2, um módulo processador de vídeo em 2D 194 pode ser usado para combinar um ou mais dos quadros gerados a partir de diferentes tipos de informação de ultrassom. Por exemplo, o módulo processador de vídeo em 2D 194 pode combinar diferentes quadros de imagem mapeando um tipo de dados para um mapa de cinza e mapeando o outro tipo de dados para um mapa colorido para exibição em vídeo. Na imagem final exibida, os dados de pixel de cor são sobrepostos aos dados de pixel de escala colorida para formar um único quadro de imagem

de modo múltiplo que é novamente re-armazenado na memória 190 ou informado através do barramento 199. Sucessivos quadros de imagens podem ser armazenados como um cine loop (imagens 4D) na memória 190 ou memória 140 (Figura 1). O cine loop representa um buffer de imagem circular primeiro a entrar, primeiro a sair para capturar os dados da imagem que é exibida em tempo real para o usuário. O usuário pode congelar cine loop inserindo um comando de congelamento na interface do usuário 142. A interface do usuário 142 pode incluir, por exemplo, um teclado e um mouse e todos os outros controles de entrada associados com a entrada de informação no sistema de ultrassom 120 (Figura 1). Em uma modalidade, a interface do usuário 142 inclui o visor 138 que pode ser sensível ao toque e configurado para interagir com uma caneta. A interface do usuário 142 pode também receber as entradas do usuário por meio de reconhecimento por voz ou ativação.

Um módulo de processador 3D 196 também é controlado pela interface do usuário 142 e acessa a memória 190 para obter grupos espacialmente consecutivos de quadros de imagem de ultrassom e para gerar representações de imagens tridimensionais dos mesmos, como através de algoritmos que produzem superfície ou que produzem volume enquanto são mostrados. As imagens tridimensionais podem ser geradas utilizando várias técnicas de imageamento, como ray-casting, projeção máxima do pixel de intensidade e similares.

Um módulo gráfico 197 também pode ser controlado pelo sistema 120 e pode acessar a memória 190 para obter grupos de quadros de imagem de ultrassom que foram armazenados ou que estão sendo correntemente obtidas. O módulo gráfico 197 pode gerar imagens que incluem as imagens da ROI e a representação gráfica posicionada (por exemplo, em sobreposição) sobre as imagens da ROI. A representação gráfica pode representar um

esboço de um espaço de tratamento, o ponto focal ou a região do feixe da terapia, um trajeto obtido pela região focal dentro do espaço de tratamento, uma sonda usada durante a sessão, e similares. As representações gráficas também podem também podem ser usadas par indicar o progresso d sessão de terapia. As representações gráficas podem ser geradas com o uso de um desenho ou imagem salva (por exemplo, desenho gerado por gráfico de computador), ou a representação gráfica pode ser diretamente desenhada pelo usuário sobre a imagem usando um dispositivo de indicação, por exemplo, uma caneta eletrônica ou mouse, ou outro dispositivo de interface.

Também mostrado, um módulo de referência 195 pode ser usado para identificar um ponto de referência no ou próximo ao paciente durante a sessão de terapia. Por exemplo, um ponto de referência pode ser um elemento ou estrutura anatômica do corpo que é determinado pelo sistema 120 ou pelo usuário. O ponto de referência também pode ser um elemento ou marcador posicionado na superfície do corpo do paciente. Conforme será descrito em maior detalhe abaixo, o módulo de referência 195 pode usar os dados de imageamento para determinar uma relação do espaço de tratamento em relação a um ponto de referência.

Fazendo referência à Figura 3, o módulo de terapia 125 pode ser acoplado ao módulo de diagnóstico 136 (Figura 2) e à interface do usuário 142 (Figura 1) e incluir um módulo de formação de feixe de transmissão 127 e um módulo de transmissão 129. O módulo de terapia 125 e o módulo de diagnóstico 136 também podem ser a um módulo ou processador comum. O módulo de formação de feixe de transmissão 127 é configurado para controlar o local e o movimento de um ponto focal ou região gerada pelos elementos transdutores 124. Por exemplo, o módulo de formação de feixe de transmissão 127 pode controlar a direção mecânica ou eletrônica da sonda para mover a região focal de um feixe de terapia dentro dos espaços de tratamento ou entre

diferentes espaços de tratamento. O módulo de transmissão 129 é configurado para acionar os elementos transdutores 124 (ou apenas um porção ou subconjunto dos elementos transdutores 124) no fornecimento dos pulsos de energia para a ROI para imageamento e terapia.

5 A Figura 4 ilustra a janela 100 que pode ser apresentada no visor 138 (Figura 1). O visor 138 se comunica com o módulo de diagnóstico 136 (Figura 1) para exibir uma imagem 102 da ROI do paciente dentro da janela 100. Como mostra a imagem 102, a ROI pode incluir camadas ou tecidos adiposos 104 e 106 e camadas ou tecidos não adiposos, como uma camada
10 dérmica 109, tecido conectivo 108, e tecido muscular 110. A imagem 102 da ROI pode também incluir outras estruturas anatômicas como um osso, órgãos, cartilagem, e outros. Como será discutido em maior detalhe, o sistema 120 pode ser capaz de identificar ou diferenciar automaticamente as camadas. Após diferenciar o tecido adiposo 104 dos demais tecidos, o sistema 120 pode
15 administrar os pulsos da terapia (por exemplo, HIFU) para ao menos um dos tecidos adiposos 104 e 106. Como alternativa, o usuário do sistema 120 pode ser capaz de reconhecer ou identificar através da imagem 102 as diferentes camadas de tecido. O usuário pode então inserir as entradas do usuário para designar os espaços dentro de ao menos um dos tecidos adiposos 104 e 106
20 para receber a terapia.

A fim de diferenciar automaticamente o tecido adiposo 104, 106 dos tecidos não adiposos e, mais especificamente, o tecido dérmico 109, tecido conectivo 108, e tecido muscular 110, o módulo de diagnóstico 136 pode analisar os sinais de ultrassom recebidos da ROI. Por exemplo, o módulo de
25 diagnóstico 136 pode usar dados obtidos através de um ou mais métodos de processamento (por exemplo, modo B, elastografia, fluxo de cor). Em algumas modalidades, o módulo de diagnóstico 136 automaticamente diferencia o tecido adiposo 104 dos tecidos não adiposos ao menos identificando barreiras ou

limites 112 e 114 (indicado como linhas hachuradas) entre os tecidos adiposos 104 e 106 e/ou um tecido não adiposo adjacente, como o tecido dérmico 109 e o tecido muscular 110. Por exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode identificar o tecido conectivo 108 que se estende entre os tecidos adiposos 104 e 106. O sistema 120 (Figura 1) pode usar a informação armazenada
5 concernente a anatomia humana geral na ROI para identificar um local do tecido adiposo 104 em relação ao limite 112 (isto é, o tecido conectivo 108 mostrado na Figura 4). Mais especificamente, o sistema 120 pode identificar o tecido adiposo 104 como o tecido ou camada diretamente estendida sob o
10 tecido conectivo 108. Como opção, o sistema 120 pode indicar ao operador as diferentes camadas e tecidos no interior da ROI através da ilustração das representações gráficas das barreiras ou limites 112 e 114, como uma sobreposição de linhas hachuradas sobre a imagem 102 como mostra a Figura 4.

15 O sistema 120 pode diferenciar automaticamente os tecidos no interior da ROI com o uso de outros métodos separadamente ou em conjunto com a identificação das barreiras ou limites. Como outro exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode diferenciar automaticamente o tecido adiposo de outros tecidos ao menos medindo diretamente uma pluralidade de pontos no interior
20 da ROI para uma característica adiposa. A característica adiposa pode incluir uma medida das propriedades mecânicas do tecido em um ou mais pontos, como a rigidez de um tecido, uma velocidade da onda de cisalhamento entre pontos, uma velocidade da onda longitudinal entre pontos, e uma densidade do tecido em um ou mais pontos. A característica adiposa pode também se referir
25 às propriedades térmicas, inclusive a condutividade térmica e calor específico. Outra característica adiposa pode ser a inducibilidade à cavitação visto que o tecido não adiposo não seria danificado sob condições que produzissem cavitação no tecido adiposo.

Além de identificar o tecido adiposo 104 mensurando uma característica adiposa, o módulo de diagnóstico 136 pode identificar outros tecidos mensurando as características não adiposas. Por exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode identificar o tecido conectivo 108 e o tecido muscular 110 mensurando as propriedades mecânicas do tecido em um ou mais pontos no interior da ROI, como a rigidez de um tecido, uma velocidade da onda de cisalhamento entre pontos, uma velocidade da onda longitudinal entre pontos, e uma densidade do tecido um ou mais pontos. A característica não adiposa pode também se referir às propriedades térmicas.

Ainda, as técnicas que empregam um ou mais módulos 152-166 (Figura 2) e/ou os métodos descritos acima podem ser usados para examinar os padrões na imagem que são característicos de diferentes tipos de tecidos (por exemplo, tecido adiposo, tecido muscular, tecido conectivo, tecido ósseo). Por exemplo, uma aparência estratificada que é característica do tecido muscular pode ser determinada, ou a estrutura celular do tecido adiposo causada pelos limites do tecido conectivo poderia ser determinada.

Como um exemplo mais específico, em algumas modalidades, o módulo de diagnóstico 136 pode analisar as imagens obtidas através do processamento do modo B. A imagem do modo B é uma imagem que pode ser escala de cinza ou colorida, mostrando uma seção transversal da ROI ao longo de um plano de varredura. A imagem do modo B refere-se a uma energia de retroespalhamento acústica proveniente dos diferentes tecidos no interior da ROI. A Figura 4 ilustra uma imagem em escala de cinza do modo B da ROI. Como mostrado, os diferentes tecidos podem ter níveis de brilho diferentes. O módulo de diagnóstico 120 pode medir um nível de brilho de uma pluralidade de pontos dentro da imagem 102 para diferenciar o tecido adiposo 104 em relação a outros tecidos. Ademais, o módulo de diagnóstico 136 pode usar informação armazenada, como as estruturas anatômicas esperadas para uma

ROI particular, além dos níveis de brilho medido para determinar o tecido adiposo 104. Como exemplo, se a ROI é do abdômen, o módulo de diagnóstico 136 pode esperar que a imagem 102 inclua o tecido dérmico 106 e o tecido adiposo 104 separados pelo tecido conectivo 108.

5 Também, o sistema 120 pode usar métodos de processamento por elastografia isoladamente ou junto com outros métodos de processamento para diferenciar o tecido adiposo 104. Em um tipo de elastografia por ultrassom, é aplicada uma compressão à ROI (por exemplo, ao longo da superfície da pele) e imagens tensionadas dos tecidos em resposta à
10 compressão podem ser obtidas. Por exemplo, as técnicas de rastreamento de marca acústica podem usar dados obtidos antes e depois da compressão aplicada para calcular o movimento relativo dos diferentes tipos de tecidos em decorrência de suas diferentes propriedades mecânicas (por exemplo, tensão ou rigidez do tecido). Desse modo, as imagens obtidas através de elastografia,
15 também chamadas elastogramas, referem-se às propriedades elásticas dos tecidos. Mais ainda, outras técnicas podem ser usadas para examinar as propriedades mecânicas de diferentes tecidos. Por exemplo, outras técnicas de elastografia, como a indução e medição das ondas de cisalhamento ou vibro-acustografia, podem ser usadas para diferenciar o tecido adiposo de outros
20 tipos de tecido.

A Figura 5 mostra três janelas 801-803 que podem ser mostradas em conjunto ou separadamente no visor 138 (Figura 1). Mais especificamente, a Figura 5 ilustra uma modalidade onde o módulo de diagnóstico 136 (Figura 1) usa os dados obtidos através de um método de processamento do modo B e
25 dados obtidos através de um método de processamento elastográfico. A janela 801 inclui uma imagem do modo B 804 de uma ROI. Conforme discutido acima, o módulo de diagnóstico 136 pode usar dados do método de processamento do modo B e/ou do método de processamento elastográfico para diferenciar

automaticamente o tecido adiposo 808 e 810 dos tecidos não adiposos 812 e 814. A janela 802 ilustra a imagem do modo B 804 e uma imagem elastográfica 806 (também mencionado como um elastograma) que sobrepõe uma à outra ou são integradas uma à outra. (Muito embora não mostrado na Figura 5, o elastograma 806 pode ser colorido (por exemplo, vermelho) e sobrepor a imagem do modo B em branco e preto ou em escala de cinza 804 de modo a fornecer um tingimento ou sombreamento avermelhado.) A janela 802 pode representar a ROI antes da aplicação da terapia.

A janela 803 é um exemplo de uma janela que um operador pode visualizar no visor 138 (Figura 1) durante uma sessão de terapia. Como mostrado, um local do tratamento 820 pode ser indicado por uma representação gráfica 821, como um oval alongado. A janela 803 mostra um espaço tratado 822 à esquerda do local do tratamento 820 que já recebeu terapia e um espaço 824 não tratado à direita do local do tratamento 820 que não recebeu terapia. Quando a terapia é aplicada e os sinais HIFU são direcionados ao local do tratamento 820, o tecido adiposo 810 pode ser ao menos parcialmente liquefeito no ou próximo ao local do tratamento 820. Portanto, as propriedades mecânicas do tecido adiposo 810 correspondentes ao espaço tratado 822 serão diferentes das propriedades mecânicas do tecido adiposo 810 correspondentes ao espaço não tratado 824. Durante o tratamento do tecido adiposo 810, o elastograma 806 pode ser atualizado. Os espaços dotados de diferentes propriedades mecânicas podem ser visualmente diferentes no elastograma 806 e, conseqüentemente, a janela 803. Por exemplo, uma porção do elastograma 806 correspondente ao espaço tratado 822 pode ter uma cor ou sombreamento esverdeado. Uma porção do elastograma 806 correspondente ao espaço não tratado 824 pode ter uma cor ou sombreamento avermelhado. Portanto, a janela 803 pode indicar ao operador que os espaços ou áreas da ROI no paciente que foram tratadas, que

estão sendo tratadas, ou que não foram tratadas.

Ademais, o elastograma 806 não se limita a mostrar duas cores onde uma é para o espaço tratado e a outra é para o espaço não tratado. O elastograma 806 pode mostrar um espectro de cores que são indicativas das propriedades mecânicas do tecido adiposo 810. Por exemplo, se a terapia aplicada ao local do tratamento 820 não liquefizer o tecido adiposo 810 no local do tratamento 820, a cor (ou alguma outra indicação visual) no elastograma 806 pode indicar to o operador que o tratamento apenas parcialmente liquefeito o tecido adiposo 810.

Em algumas modalidades, após a varredura inicial para obter sinais de ultrassom diagnóstico ter sido executada e o tecido adiposo ter sido identificado, o módulo de diagnóstico 136 pode automaticamente estabelecer um parâmetro de terapia antes de a terapia ser aplicada à ROI. Por exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode identificar a espessura de uma camada do tecido adiposo. Com base na espessura do tecido adiposo e/ou outros fatores, o módulo de diagnóstico 136 pode automaticamente estabelecer uma profundidade da região focal, um tamanho da região focal, um tempo de ablação para cada ponto no interior da ROI que recebe terapia, um nível de energia dos sinais da terapia, e uma taxa de movimento região focal no interior da ROI durante a sessão de terapia. Outros parâmetros podem ser automaticamente estabelecidos, inclusive uma pressão de pico negativa, a taxa de repetição de pulso, um ciclo de atividade, um tempo de contato, e sequências de pulso. Também, se a espessura, profundidade, ou densidade da camada do tecido adiposo(s) diminui ou aumenta na medida em que o tecido adiposo se estende lateralmente através da ROI (por exemplo, através da imagem 102 (Figura 4)), os parâmetros de terapia podem mudar de acordo com a espessura, densidade, ou profundidade da camada enquanto a terapia é aplicada. Por exemplo, se a espessura é decrescente, então o tamanho da

região focal pode também diminuir ou o nível de energia dos sinais da terapia pode diminuir na medida em que a terapia se desloca ao longo do tecido adiposo 104.

Depois ou enquanto a terapia é aplicada no interior da ROI, o
5 módulo de diagnóstico 136 pode analisar sinais de ultrassom proveniente de uma segunda varredura suplementar para confirmar o tratamento da ROI. Por exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode obter imagens da segunda varredura que inclui dados processados através de métodos de elastografia. Depois ou enquanto o tecido adiposo recebe terapia, as imagens obtidas
10 através de métodos de elastografia podem indicar uma alteração da rigidez do tecido em um local que recebeu ou está recebendo terapia. Mais especificamente, uma imagem inicial pode ter uma cor, brilho, ou densidade que indica a rigidez do tecido adiposo antes do tratamento. Na segunda varredura suplementar, a cor, o brilho, ou a densidade do tecido adiposo pode
15 variar onde o tecido adiposo recebeu a terapia. As imagens da varredura inicial e suplementar podem ser usadas pelo sistema 120 para confirmar que o tratamento foi recebido dentro do tecido adiposo. Por exemplo, as imagens da varredura suplementar e inicial podem ser sobrepostas uma à outra ou mostradas lado a lado no visor 138. O operador pode confirmar que tratamento
20 foi recebido dentro do tecido adiposo pela comparação das imagens.

Como complemento ou alternativa, o módulo de diagnóstico 136 pode usar outros métodos de processamento para facilitar a determinar se uma característica do tecido adiposo ou outro tecido foi alterado em função da terapia. Também, depois de avaliar a ROI na segunda varredura suplementar,
25 os parâmetros de terapia podem ser ajustados se a terapia tiver que ser aplicada novamente à ROI ou se a região focal se mover para outro local no interior da ROI.

As Figuras 6 e 7 também ilustram recursos do sistema 120 que

podem ser usados por um operador durante uma sessão de terapia para facilitar a administração da terapia à ROI. A Figura 6 ilustra a janela 202 que pode ser apresentada no visor 138 (Figura 1). Como mostra a imagem 204, a ROI inclui tecido adiposo 206 e 208 e tecidos não adiposos, como um tecido dérmico 209, tecido muscular 210, e tecido conectivo 211. Em algumas modalidades, o sistema 120 automaticamente designa um espaço de tratamento 212 ou a interface do usuário 142 (Figura 1) aceita as entradas do usuário para designar o espaço de tratamento 212 no interior da ROI. O espaço de tratamento 212 representa um espaço que será tratado durante uma sessão de terapia e está em geral localizado dentro de um tecido adiposo, como o tecido adiposo 206. O espaço de tratamento 212 designado pode corresponder a uma porção do tecido adiposo 206 dentro da imagem 204 ou o espaço de tratamento 212 pode corresponder à totalidade do tecido adiposo 206 no interior da ROI. A título de exemplo, o espaço de tratamento 212 pode estar localizado e conformado de modo que o espaço de tratamento 212 é está afastado dos tecidos não adiposos 208 e 210. Desse modo, é possível reduzir a probabilidade de a terapia ser inadvertidamente aplicada aos espaços fora do espaço de tratamento 212, como os tecidos não adiposos 211 e 210.

O visor 138 pode indicar ao usuário ou outro observador (por exemplo, o paciente ou uma pessoa em local remoto) o espaço de tratamento 212 designado pelas entradas do usuário. Uma representação gráfica, como um esboço 214, pode ser sobreposto a uma imagem 204. O esboço 214 designa os limites do espaço de tratamento 212 para indicar a um observador onde a terapia será aplicada. O esboço 214 pode ser determinado pelos parâmetros inseridos pelo usuário. Por exemplo, o usuário pode selecionar os esboços pré-programados 214 ou pode inserir coordenadas ou dimensões para o espaço de tratamento 212 para formar o esboço 214. O esboço 214 pode

indicar uma região confinada dentro do espaço de tratamento 212. O esboço 214 pode assumir várias formas, inclusive uma forma retangular arredondada (como mostrado), a forma de um paralelogramo, outra forma geométrica, e similares, ou uma forma determinada pelo sistema 120.

5 O usuário pode também inserir uma notação de desenho para indicar onde o esboço 214 deve estar localizado. A notação de desenho pode ser inserida através de um teclado, um mouse, ou outro dispositivo indicador. Como exemplo, o usuário pode usar uma caneta e diretamente contatar a tela sensível ao toque do visor 138 ou um painel que é comunicativamente
10 acoplado à interface do usuário 142 para desenhar a notação de desenho sobre a imagem 204. Como outro exemplo, a interface do usuário 142 pode reconhecer os toques de um dedo na tela do visor 138. Ademais, a interface do usuário 142 pode ter um módulo ativação por voz que recebe comandos de voz do usuário para inserir as entradas do usuário, inclusive a notação de desenho.

15 O esboço 214 pode ser posicionado em relação aos pontos de referência 250, 252, e 254. O módulo de referência 195 (Figura 2) pode ser configurado para identificar automaticamente os pontos de referência 250, 252, ou 254 no paciente ou receber as entradas do usuário que identificam os pontos de referência. Por exemplo, o ponto de referência 250 pode ser uma
20 superfície da pele do paciente ou a camada dérmica 209, o ponto de referência 252 pode ser um ponto particular de ou uma porção de um limite entre os tecidos adiposos 206 e 208, e o ponto de referência 254 pode ser um ponto ao longo de uma superfície da sonda 126. (Para fins ilustrativos, o ponto de referência 254 e a sonda 126 são mostrados na Figura 6. No entanto, o ponto
25 de referência 254 e a sonda 126 podem ou não ser mostrados ao observador na imagem 204.) Os pontos de referência também podem ser outros pontos no interior da ROI, como um osso, outros artefatos, ou um elemento referencial como uma vara metálica colocada na pele do paciente.

Depois de identificar um ponto de referência, o módulo de referência 195 pode determinar uma relação do espaço de tratamento 212 em relação ao ponto de referência identificado com o uso de métodos de processamento de sinal de ultrassom (por exemplo, rastreamento por marca acústica). O módulo de referência 195 pode posicionar o esboço 214 do espaço de tratamento 212 em uma imagem 204 com base na relação do espaço de tratamento 212 em relação ao ponto de referência identificado. Como um exemplo mais específico, o módulo de referência 195 pode estabelecer uma relação posicional entre o tecido adiposo 206 e o ponto de referência 254 que representa uma superfície da sonda 126. Com base na relação posicional, o módulo de referência 195 pode ajustar uma posição do espaço de tratamento 212 em uma imagem 204. Em outras palavras, enquanto a sonda 126 se move ao longo da superfície da pele ou é pressionada no paciente, o esboço 214 em uma imagem 204 também pode se mover.

Ademais, o módulo de referência 195 pode usar dados reunidos ou determinados pelo módulo de diagnóstico 136 (Figura 1) para determinar onde colocar o espaço de tratamento 212 no interior da ROI. Mais especificamente, o módulo de referência 195 pode usar informações ou dados concernentes à caracterização do tecido discutidos acima. Por exemplo, o módulo de referência 195 pode usar a pluralidade de pontos no interior da ROI que foram analisados para características adiposas ou não adiposas. Usando esses dados, o módulo de referência 195 pode automaticamente localizar ou determinar a posição do espaço de tratamento 212 no interior da ROI.

Em algumas modalidades, o módulo de diagnóstico 136 pode ser configurado para obter os sinais de ultrassom diagnóstico em diferentes taxas de quadro. Uma taxa de quadro é o número de quadros ou imagens tomados por segundo. Mais especificamente, o módulo de diagnóstico 136 pode ser configurado para obter sinais de ultrassom diagnóstico associados com

diferentes espaços de imageamento no interior da ROI em diferentes taxas de quadro. Por exemplo, os sinais provenientes do espaço de tratamento 212 podem ser obtidos em uma taxa de quadro enquanto os sinais provenientes de outros espaços fora do espaço de tratamento 212 podem ser obtidos em outra taxa de quadro. Em uma modalidade, o módulo de diagnóstico 136 é configurado para adquirir sinais de ultrassom diagnóstico em uma primeira taxa em um espaço de imageamento que inclui o espaço de tratamento 212 e em uma taxa mais lenta um espaço de imageamento que exclui o espaço de tratamento 212. Como alternativa, a primeira taxa pode ser mais lenta que a segunda taxa.

A Figura 7 mostra uma janela 202 enquanto o sistema 120 (Figura 1) fornece a terapia ao espaço de tratamento 212. Quando a terapia é aplicada, os sinais de terapia ultrassônicos (por exemplo, HIFU) provenientes da sonda 126 (Figura 1) são direcionados a um local do tratamento 222 (indicados como os pontos 222A e 222B na Figura 7) dentro do espaço de tratamento 212. Um local do tratamento 222 inclui a região onde um feixe de terapia 224 formado pelos sinais de ultrassom provenientes dos elementos transdutores 124 é focado (isto é, o local do tratamento 222 inclui a região focal dos elementos transdutores 124) dentro de um corpo de um paciente. O feixe de terapia 224 é conformado e direcionado por meio de uma configuração e operação selecionada dos elementos transdutores 124. Desse modo, a região focal do feixe de terapia 224 e, consequentemente, o local do tratamento 222 pode ter forma e tamanho variados dentro de uma única sessão de terapia. Quando o tecido adiposo 206 é tratado, o feixe de terapia 224 que é administrado ao local do tratamento 222 ao menos parcialmente liquefaz (por exemplo, lisa, causa cavitação e/ou dano térmico) o tecido adiposo 206 dentro da região focal. O tecido adiposo dentro de um espaço que imediatamente circunda a região focal também pode ser afetado.

O módulo de terapia 125 (Figura 1) é configurado para mover o local do tratamento 222 por todo o espaço de tratamento 212 entre múltiplos pontos ou sítios de tratamento. Conforme usado no presente, "mover o local do tratamento entre múltiplos pontos" inclui mover o local do tratamento 222 ao longo de um trajeto da terapia 228 entre um primeiro ponto e um último ponto e também inclui mover o local do tratamento 222 para separar e distinguir pontos dentro do espaço de tratamento 212 que pode ou não ser adjacente entre si ao longo de um trajeto. O trajeto da terapia 228 pode ser formado por pontos separados onde terapia é aplicada. Por exemplo, a terapia pode ser aplicada primeiramente a um primeiro ponto (indicado como o local do tratamento 222A). Depois que a terapia tiver sido aplicada ao primeiro ponto, a região focal pode ser reajustada sobre um segundo ponto ao longo do trajeto da terapia 228 que é separada e remotamente afastada do primeiro ponto. A terapia pode então ser aplicada ao segundo ponto. O processo pode continuar ao longo do trajeto da terapia 228 até conclusão da sessão de terapia em um último ponto (indicado como o local do tratamento 222B). Em outras modalidades, a terapia pode ser continuamente aplicada enquanto a região focal é movida ao longo do trajeto da terapia 228 por varrição. Por exemplo, a terapia pode ser continuamente aplicada enquanto o local do tratamento 222 é movido entre o primeiro ponto e o último ponto na Figura 7.

O trajeto da terapia 228 pode ter várias formas e pode ser pré-programado ou, como alternativa, desenhado pelo usuário. Como mostra a Figura 7, o módulo de terapia 125 pode direcionar o local do tratamento 222 por varrição dentro do espaço de tratamento 212. Mais especificamente, o local do tratamento 222 pode se mover de um primeiro local lateral 230 próximo a um lado da imagem 204 ou esboço 214 para um segundo local lateral que 232 é próximo ao lado oposto da imagem 204 ou esboço 214. O local do tratamento 222 pode manter uma profundidade pré-determinada dentro do tecido adiposo

206 enquanto o local do tratamento 222 se move entre o primeiro e o segundo local lateral 230 e 232. Em algumas modalidades, depois de o local do tratamento 222 ser movido do primeiro local lateral 230 para o segundo local lateral 232, a profundidade do local do tratamento 222 pode ser aumentada ou diminuída. Como mostra a Figura 7, o local do tratamento 222 se move para frente e para trás entre o primeiro e o segundo local lateral 230 e 232 e aumenta a profundidade do local do tratamento 222 após cada cruzamento do espaço de tratamento 212. Desse modo, as porções de tecido adiposo 206 podem evitar a sustentação de múltiplos períodos de terapia. Como alternativa, a profundidade do local do tratamento 222 pode gradualmente mudar enquanto o local do tratamento 222 é movido por varrição. Como exemplo, a profundidade do local do tratamento 222 dentro do tecido adiposo 206 pode se mover em paralelo a um limite 236 (indicado como uma linha hachurada) entre o tecido adiposo 206 e o tecido não adiposo 208. O limite 236 pode ou não ser mostrado ao observador.

No entanto, o trajeto da terapia 228 mostrado na Figura 7 é apenas um exemplo da aplicação de terapia a múltiplos pontos dentro do espaço de tratamento 212. Muitos outros trajetos da terapia podem ser obtidos pelo local do tratamento 222. Por exemplo, o módulo de terapia 125 pode direcionar o local do tratamento 222 por varrição entre dois locais verticais ao mesmo tempo em que altera a posição lateral dentro do espaço de tratamento 212 depois que os locais verticais foram atravessados. Ademais, não é necessário que o local do tratamento 222 se mova entre pontos adjacentes ao longo do trajeto da terapia 228, mas podem ser movidos para pontos aleatórios ou pré-determinados dentro do espaço de tratamento 212 que não são adjacentes entre si. Por exemplo, a terapia pode ser aplicada a um canto de um espaço de tratamento 212. Subsequentemente, a região focal pode então ser reajustada para outro canto e a terapia pode ser aplicada.

Conforme descrito acima, a administração da terapia pode se basear em um parâmetro de terapia. Um parâmetro de terapia inclui qualquer fator ou valor que pode ser determinado pelo sistema 120 ou qualquer entrada que puder ser inserida pelo usuário que afete a terapia aplicada ao ROI. Por exemplo, um parâmetro de terapia pode incluir um parâmetro transdutor que se refere à configuração ou operação dos elementos transdutores 124 ou sonda 126. Exemplos de um parâmetro transdutor incluem uma profundidade da região focal, um tamanho da região focal, um tempo de ablação para cada ponto no interior da ROI que recebe terapia, um nível de energia dos sinais da terapia, e uma taxa de movimento da região focal no interior da ROI durante a sessão de terapia. Os parâmetros transdutores também podem incluir uma frequência ou intensidade dos sinais de ultrassom da terapia, energia, pressão rarefacional de pico, frequência de repetição de pulso e comprimento, ciclo de atividade, profundidade de campo, forma de onda usada, velocidade de movimento do feixe, densidade do feixe, pulso de partida da cavitação, e parâmetros de sequência de pulso geral. Também, os parâmetros de terapia podem incluir parâmetros anatômicos, como local, forma, espessura, e orientação do tecido adiposo 206 e dos tecidos não adiposos. Um parâmetro anatômico pode também incluir a densidade do tecido adiposo 206 e dos tecidos não adiposos. Ademais, os parâmetros de terapia incluem o tipo de sonda 126 usada durante a sessão de terapia. A idade, gênero, peso, genética ou histórico médico do paciente também podem ser parâmetros de terapia. Depois de a terapia ser aplicada ao espaço de tratamento 212, o sistema 120 ou o operador pode ajustar os parâmetros da terapia antes de aplicar a terapia ao espaço de tratamento 212 novamente ou a outro espaço de tratamento.

Retornando à Figura 7, em algumas modalidades, o visor 138 pode sobrepor outra representação gráfica, como um marcador 240, sobre uma imagem 204 que designa o local do tratamento ou os locais 222. O tamanho e

forma do marcador 240 podem corresponder ao tamanho e à forma da região focal da sonda 126. Enquanto o feixe de terapia 224 move o local do tratamento 222 dentro do espaço de tratamento 212, o visor 138 pode continuamente atualizar o marcador 240 para cobrir novos pontos dentro do espaço de tratamento 212 enquanto os pontos estão recebendo a terapia. Em algumas modalidades, o marcador 240 pode corresponder apenas ao ponto ou pontos dentro do espaço de tratamento que estão correntemente recebendo tratamento.

No entanto, em outras modalidades, o marcador 240 ou outra representação gráfica pode também indicar um trajeto dentro do espaço de tratamento 212 que recebeu terapia. Por exemplo, se o local do tratamento 222 é aplicado continuamente e movido dentro do espaço de tratamento 212, o trajeto pode ser indicado por uma linha espessa (por exemplo, como uma pintura vetorial) ao longo do trajeto. Se a terapia é aplicada em pontos distintos e separados, a representação gráfica, como o marcador 240, pode ser deixada em cada ponto. Desse modo, ao término de uma sessão de terapia, a imagem 204 pode ter múltiplos marcadores 240 sobrepostos na imagem 204 que indicam onde a terapia foi aplicada. Em algumas modalidades, as representações gráficas que indicam uma terapia passada podem permanecer em uma imagem 204 indefinidamente (isto é, até ser removida pelo usuário ou até que a sessão de terapia seja concluída). Em outras modalidades, as representações gráficas indicando uma terapia passada podem se modificar ao longo do tempo. Essas representações gráficas podem indicar um período desde que a terapia foi aplicada, uma fluidez do tecido, uma temperatura, a rigidez do tecido, ou alguma outra característica do tecido que pode mudar com o tempo. Como exemplo, quando a terapia é primeiramente aplicada ao ponto, a representação gráfica pode ser vermelha para indicar que o ponto recentemente recebeu a terapia. Com o decorrer do tempo, a representação

gráfica pode esmaecer ou mudar para outra cor (por exemplo, azul) para indicar que decorreu um período de tempo pré-determinado desde que a terapia foi aplicada ao ponto.

A Figura 8 é uma imagem 270 de uma vista plana C da ROI em
5 uma profundidade pré-determinada. A vista plana C se estende ao longo de um plano que não intercepta a sonda 126 ou os elementos transdutores 124. A vista plana C pode ser perpendicular à vista da imagem 204 mostrada nas Figuras 6 e 7. Em algumas modalidades, a vista plana C da ROI é usada junto com a imagem 204. A imagem 270 pode ser fornecida em uma janela (não
10 mostrado) no visor 138 simultaneamente com a janela 202 ou separadamente. A imagem 270 também pode ser apresentada em um visor separado (não mostrado). Em modalidades alternativas, a imagem 270 é usada exclusivamente durante uma sessão de terapia (isto é, sem as imagens 102 e 204).

15 A vista plana C na Figura 8 mostra uma imagem de ultrassom 270 ao longo do plano C em uma profundidade pré-determinada. O seguinte refere-se a uma profundidade com a ROI. No entanto, depois que a terapia foi aplicada a uma profundidade da ROI, o usuário do sistema 120 (Figura 1) pode mudar as profundidades e obter uma nova vista plana C na nova profundidade.
20 Como mostra, a imagem 270 ilustra seções 272-275 que indicam esses espaços dentro da vista da imagem 270 que completaram o tratamento ou uma porção do tratamento. A seção 276 não recebeu qualquer tratamento. Como exemplo, a imagem 270 pode ser de uma região do abdômen do paciente. A seção 272 pode estar próxima a um lado do paciente e a seção 276 pode estar
25 próxima ao centro (por exemplo, umbigo) do paciente. Durante uma sessão de terapia, um usuário pode aplicar terapia à seção 272 próximo ao lado do paciente.

Similarmente à descrição acima, a imagem 270 pode indicar ao

usuário aqueles espaços da região abdominal que já completaram o tratamento. O sistema 120 pode determinar que o tecido adiposo tem características que são diferentes antes, durante, e depois do tratamento nas seções 272-275 através de métodos de processamento de sinal de ultrassom.

- 5 As características podem se referir, por exemplo, à rigidez do tecido ou à temperatura da seção correspondente. As características podem se correlacionar a cores diferentes ou contrastantes na imagem da Figura 8, dependendo do valor medido das características. Mais especificamente, a seção 275 pode ter uma cor que indica a terapia que está sendo correntemente
- 10 administrada ou que foi administrada recentemente. A seção 272 pode ter uma cor que indica que a terapia foi aplicada há um período de tempo.

A Figura 9 ilustra um sistema de ultrassom 300 formado de acordo com uma modalidade. O sistema 300 pode incluir ou usar recursos, componentes, processos, e janelas similares aos descritos acima para as

15 Figuras 1-8. Mais especificamente, o sistema 300 inclui um computador portátil 302 que tem um visor primário 304 e que é acoplado comunicativamente a um visor secundário 306. O computador 302 pode também incluir software e conjunto de circuito interno configurado para execução em relação ao sistema 120 (Figura 1). O sistema 300 inclui uma sonda 326 que é acoplada ao

20 computador 302 e tem um dispositivo de posição da sonda 370. O sistema também inclui um dispositivo de posição de referência 372 que pode estar localizado próximo ao paciente ou pode ser fixado ao paciente. Os dispositivos de posição 370 e 372 podem ter transmissores e/ou receptores que se comunicam entre si e/ou com o computador 302. Por exemplo, os dispositivos

25 de posição 370 e 372 pode se comunicar com um módulo de rastreamento de posição (não mostrado), como a o módulo de rastreamento de posição 148 mostrado na Figura 1. O módulo de rastreamento de posição pode receber sinais dos dispositivos de posição 370 e/ou 372. Em uma modalidade

particular, o dispositivo de posição 372 tem um par de bobinas que cria um campo eletromagnético. O módulo de rastreamento de posição recebe dados (por exemplo, informações de posição) dos dispositivos de posição 370 e 372 concernentes ao local da sonda 326. Enquanto a sonda 326 aplica a terapia ao paciente e é movida ao longo do paciente, o visor 304 e/ou 306 pode mostrar o movimento da sonda 326 em relação ao paciente.

Também mostrado na Figura 9, o sistema 300 pode ser configurado para registrar onde a terapia será aplicada durante a sessão de terapia. O sistema 300 pode incluir uma caneta eletrônica 374 e elemento fiducial 376 fixada ao corpo do paciente. O elemento fiducial 376 é fixado próximo ao esterno do paciente na Figura 9, mas pode ser fixado a outros espaços. O usuário que desejar esboçar ou delinear onde terapia será aplicada pode usar a caneta eletrônica 374 para desenhar no corpo do paciente. Primeiramente, a caneta eletrônica 374 pode encaixar com o elemento fiducial 376 de modo que o local da caneta eletrônica 374 em relação ao corpo do paciente é conhecido. Depois do encaixe, a caneta eletrônica 374 se move ao longo da superfície do corpo e informa ao computador 302 a posição corrente da caneta eletrônica 374. Também, a caneta eletrônica 374 pode marcar corpo do paciente (por exemplo, através de tinta, resina, ou outra substância) onde a terapia será aplicada. O computador 302 usa os dados recebidos pela caneta eletrônica 374 e o dispositivo de posição 372 para indicar no visor 306 onde a terapia deve ser aplicada. Como mostra, o visor 306 pode mostrar a representação gráfica de uma vista lateral do corpo e a representação gráfica 384 de uma vista anterior do corpo. O computador 302 usa a informação da caneta eletrônica 374 para esboçar uma região 386 do corpo a ser tratada. A região 386 pode estar colorida de verde antes do tratamento. Em uma modalidade alternativa, um único elemento ou dispositivo pode executar as funções do elemento fiducial 376 e do dispositivo de posição de referência 372.

Como exemplo, as representações gráficas 382 e 384 podem ser fotografias digitais do corpo da paciente. Quando a terapia é aplicada ao corpo, o computador 302 rastreia a posição da sonda 326. Enquanto a terapia é aplicada, o visor 306 indica o progresso geral da sessão de terapia. Por exemplo, o visor 306 pode mostrar ao usuário a região do corpo que está correntemente recebendo a terapia, as regiões do corpo que já receberam a terapia, e as regiões do corpo que ainda têm que receber a terapia. Por exemplo, as regiões que receberam a terapia podem ser coloridas de vermelho e as regiões que não receberam terapia pode ser coloridas de verde. Também, a representação gráfica 380 da sonda 326 pode ser mostrada no visor 306 para indicar uma posição corrente da sonda 326 em relação ao corpo.

A Figura 10 ilustra transdutores 410, 420, e 430 que podem ser usados com a sonda (não mostrado) de acordo com várias modalidades. Os transdutores 410, 420, e 430 podem incluir matrizes reconfiguráveis. Em algumas modalidades, o módulo de diagnóstico 136 (Figura 1) e o módulo de terapia 125 (Figura 1) controlam a sonda 126 (Figura 1) para transmitir pulsos de imageamento de baixa energia e pulsos de terapia de energia elevada, respectivamente. O transdutor 410 tem uma matriz de imageamento 412 e uma matriz de terapia separada 414 que circunda a matriz de imageamento 412. A matriz de imageamento 412 e a matriz de terapia 414 podem ser estar em um relacionamento fixo entre si. Os pulsos de imageamento e os pulsos de terapia podem ser liberados separadamente ou de forma intercalada ou sobreposta. Em algumas modalidades, os pulsos de imageamento de baixa energia podem também ser transmitidos pela matriz de terapia 414. As reflexões dos pulsos de imageamento de baixa energia podem ser recebidas pela matriz de imageamento 412 para formar uma imagem da região focal da matriz de terapia 414. As modalidades desse duplo sistema de terapia e imageamento estão descritas em mais detalhe na Patente Nº US 5.769.790, que é aqui

incorporada na totalidade por citação.

Quando realizando o imageamento ou aplicando a terapia a um paciente, a pressão aplicada pelo transdutor ao corpo do paciente pode alterar a espessura ou outras características da ROI, como a rigidez do tecido.

- 5 Combinando as matrizes de imageamento e terapia em um transdutor, a terapia pode ser aplicada imediatamente depois que o transdutor imageia a ROI. Desse modo, uma representação ou identificação precisa do tecido adiposo pode ser fornecida imediatamente antes de a terapia ser aplicada.

- 10 O transdutor 420 inclui uma matriz 422 onde toda a matriz pode ser usada para ambos, imageamento e terapia. No entanto, o transdutor 430 tem uma matriz 432 de elementos transdutores onde a porção da terapia 434 da matriz 432 pode ser ativada para administrar a terapia. Como tal, o módulo de terapia 125 pode acionar um subconjunto (por exemplo, a porção da terapia 434) dos elementos transdutores da matriz 432 baseados nas entradas do
- 15 usuário que designa o espaço de tratamento. Assim, o módulo de diagnóstico 136 e o módulo de terapia 125 podem liberar pulsos de imageamento de baixa energia e pulsos de terapia de energia elevada de maneira intercalada para ao menos parcialmente sobrepor a matriz dos elementos transdutores.

- 20 A figura 11 ilustra um sistema de ultrassom 450 de acordo com uma modalidade que inclui um dispositivo 452 para remover tecido ou líquido de um paciente durante uma sessão de terapia. O dispositivo 452 pode incluir um tubo oco que é inserido no corpo do paciente (isto é, sob a pele do paciente próximo ao local onde a terapia está sendo recebido). O dispositivo 452 pode também incluir um dispositivo de aspiração (não mostrado) par remover o
- 25 tecido ou líquido do interior da ROI através do tubo. A sonda 454 é acoplada comunicativamente a um computador 460 dotado de um visor 462. O visor 462 pode mostrar o tubo ou fornecer uma representação gráfica 464 do tubo durante uma sessão de terapia. O visor 462 pode mostrar imagens da ROI

enquanto o tecido é removido do paciente. Em uma modalidade, uma imagem da ROI antes do tratamento pode ser mostrada lado a lado com uma imagem da ROI enquanto tratamento está sendo aplicado. Assim, o operador do sistema 450 pode identificar visualmente uma quantidade de tecido que foi removida do paciente durante a sessão de terapia. Além disso, o sistema 450 pode incorporar outros de recursos imageamento, terapia, interface do usuário, rastreamento, e registro conforme descrito para o sistema 120 e 300.

A Figura 12 é um fluxograma que ilustra um método 500 para administrar terapia a ao menos uma ROI em um paciente. O método 500 pode ser executado por um usuário ou um operador de um sistema de imageamento e terapia. Por exemplo, o sistema usado pode ser os sistemas 120, 300, ou 450 (discutido acima) ou outros sistemas descritos abaixo. A sessão de terapia pode começar em 502 quando o operador posiciona a sonda em um local pré-determinado no corpo do paciente para observar uma ROI. A ROI pode ser uma das muitas que serão observadas durante a sessão de terapia. Os sinais do imageamento por ultrassom da ROI são obtidos em 504. Os sinais podem ser processados em dados via diferentes sub-módulos de ultrassom, como os módulos 152-166 descritos acima em referência à Figura 2. Em uma modalidade, os sinais são processados em dados através ao menos do processamento do modo B ou da elastografia.

Uma imagem da ROI é gerada e exibida ao operador e, como opção, ao paciente em 506. A imagem pode ser, por exemplo, uma imagem do modo B em escala de cinza e/ou colorida. A imagem também pode ser uma combinação das imagens que são sobrepostas ou arranjadas lado a lado entre si em um visor. Por exemplo, a imagem pode ser formada a partir dos dados obtidos através de processamento do modo B e dos dados obtidos através de elastografia. Como opção, o sistema pode diferenciar automaticamente o tecido adiposo dos outros tecidos em 508 e indicar ao operador as diferentes

camadas de tecido dentro da imagem. O sistema pode indicar a diferenciação dos tecidos dentro da imagem para o usuário através de linhas, cor, brilho, ou outras indicações visuais. Também, o sistema pode automaticamente designar um espaço de tratamento em 510 e a sobreposição de uma apresentação gráfica (por exemplo, linha) que indica um limite entre as camadas de tecido.

No entanto, o sistema pode também aceitar entradas do usuário em 512 provenientes do operador depois que uma imagem simples (isto é, uma imagem sem representações gráficas ou outras indicações) da ROI é exibida ou depois que uma imagem é exibida que automaticamente diferencia os tecidos e indica os diferentes tecidos ao operador. As entradas do usuário podem designar um espaço de tratamento. O sistema pode exibir em 514 a representação gráfica (por exemplo, um esboço) do espaço de tratamento designado. O sistema pode então estabelecer automaticamente os parâmetros da terapia em 516 e/ou o sistema pode aceitar as entradas do usuário para os parâmetros da terapia em 518. Como opção, em 520, o operador pode designar um trajeto da terapia dentro do espaço de tratamento. A terapia é então administrada a um local do tratamento em 522 dentro do espaço de tratamento designado. O sistema pode, como opção, em 524, exibir uma representação gráfica (por exemplo, um marcador) do local do tratamento com a imagem.

Depois ou enquanto o tratamento é administrado ao espaço de tratamento, o sistema pode obter sinais de ultrassom do espaço de tratamento em 526. Em 528, o sistema determina se o tratamento está completo. Se o tratamento para o espaço de tratamento correspondente não estiver completo, o sistema pode automaticamente ajustar os parâmetros da terapia em 530 e/ou automaticamente mover o local do tratamento em 532 para outro ponto dentro do espaço de tratamento. O local do tratamento pode se mover ao mesmo tempo em que administra o tratamento ou depois que o tratamento for

concluído para um ponto particular. Ademais, os parâmetros da terapia podem ser ajustados enquanto o local do tratamento se move. Como opção, o sistema pode exibir uma representação gráfica que indica o trajeto assumido pelo local do tratamento dentro do espaço de tratamento em 534. O sistema administra a
 5 terapia a um novo ponto e continua este processo até que a terapia para o espaço de tratamento correspondente esteja completa.

Depois que a terapia para o espaço de tratamento esteja completa, o sistema pode determinar (ou perguntar ao operador) em 536 se a terapia para paciente está completa. Se a terapia para o paciente estiver
 10 completa, então a sessão de terapia foi concluída. No entanto, se a sessão de terapia não estiver completa, então o sistema ou o operador pode mover a sonda em 538 para outro local no paciente. Em algumas modalidades, o sistema pode também rastrear em 540 um local da sonda enquanto a sonda se move para outro local. O sistema pode também exibir para o operador aquelas
 15 regiões que já receberam tratamento e aquelas regiões que não receberam o tratamento.

Muito embora o fluxograma ilustre as etapas sequenciais no método 500, as presentes modalidades incluem métodos que executam um número menor de etapas e também métodos que executam as etapas em
 20 diferentes ordens ou podem executar as etapas simultaneamente. Por exemplo, o sistema pode exibir uma imagem da ROI depois que o sistema diferenciou automaticamente o tecido adiposo dos outros tecidos. O sistema pode também administrar a terapia a um local do tratamento no interior da ROI e simultaneamente obter sinais de imageamento e exibir uma imagem da ROI
 25 durante a terapia.

A figura 13 mostra outro exemplo de um sistema de ultrassom e, em particular, um sistema de imageamento por ultrassom portátil ou de pequeno porte 676. No sistema 676, um visor 642 e uma interface do usuário

640 formam uma única unidade. A título de exemplo, o sistema de imageamento por ultrassom de pequeno porte 676 pode ser um sistema de ultrassom de pequeno porte ou portátil com aproximadamente 0,05 m (2 polegadas) de largura, aproximadamente 0,1 m (4 polegadas de comprimento), e aproximadamente 0,012 m (0,5 polegadas) de profundidade e peso inferior a 0,08 kg (3 onças). O visor 642 pode ser, por exemplo, um visor de LCD colorido de 320 x 320 pixel (no qual uma imagem médica 690 pode ser exibida em combinação com uma representação gráfica(s) conforme descrito acima). O teclado do tipo datilográfico 680 de botões 682 pode como opção ser incluído na interface do usuário 640. Deve-se notar que as várias modalidades podem ser implantadas em associação a um sistema de ultrassom de pequeno porte 676 dotado de diferentes dimensões, pesos, e consumo de energia.

A cada um dos controles de múltiplas funções 684 podem ser atribuídas funções de acordo com o modo de operação do sistema. Portanto, cada um dos controles de múltiplas funções 684 pode ser configurado para fornecer uma pluralidade de diferentes ações. Os espaços de exibição de etiqueta 686 associados aos controles de múltiplas funções 684 podem ser incluídos de acordo com a necessidade no visor 642. O sistema 676 pode ter ainda teclas adicionais e/ou controles 688 para funções com fins específicos, as quais podem incluir, sem caráter limitante, "congelamento," "controle de profundidade," "controle de ganho," "modo colorido," "impressão," e "armazenamento."

Como outro exemplo mostrado na Figura 14, um sistema de ultrassom do tipo console 745 pode ser fornecido em uma base móvel 747 que pode ser configurada para exibir a região de interesse durante uma sessão de terapia. O sistema 745 também pode ser citado como um sistema de carrinho. O visor 742 e a interface do usuário 740 são fornecidos e é preciso compreender que o visor 742 pode ser separado ou separável da interface do

usuário 740. A interface do usuário 740 pode ser, como opção, uma tela de toque, permitindo ao operador selecionar opções tocando as representações gráficas, ícones e similares exibidos.

A interface do usuário 740 também inclui botões de controle 752 que podem ser usados para controlar o sistema de imageamento por ultrassom portátil 745 conforme desejado ou necessário, e/ou conforme tipicamente fornecido. A interface do usuário 740 fornece múltiplas opções de interface que o usuário pode fisicamente manipular para interagir com os dados de ultrassom e outros dados que podem ser exibidos, assim como lançar entradas do usuário e estabelecer e modificar os parâmetros da terapia ou imageamento. As opções de interface podem ser usadas para entradas específicas, entradas programáveis, contextual inputs, e similares. Por exemplo, um teclado 754 e track ball 756 podem ser fornecidos. O sistema 745 tem ao menos uma porta da sonda 760 para aceitar as sondas.

A Figura 15 é um diagrama de bloco de maneiras exemplificativas em que as várias modalidades aqui descritas podem ser armazenadas, distribuídas e instaladas em meio legível por computador. Na Figura 15, a “aplicação” representa um ou mais dos métodos e operações de processo discutidas acima.

Como mostra a Figura 15, um aplicativo é inicialmente gerado e armazenado como código fonte 1001 em um meio legível por computador fonte 1002. O código fonte 1001 é em seguida conduzido ao longo do trajeto 1004 e processado por um compilador 1006 para produzir um código de objeto 1010. O código de objeto 1010 é conduzido ao longo do trajeto 1008 e salvo como um ou mais mestres de aplicativo em um meio legível por computador mestre 1011. O código de objeto 1010 é em seguida copiado numerosas vezes, como denota o trajeto 1012, para produzir cópias de aplicativo de produção 1013 que são salvas em um meio legível por computador de produção separado 1014. O

meio legível por computador de produção 1014 é então conduzido, como denota o trajeto 1016, a vários sistemas, dispositivos, terminais e similares. No exemplo da Figura 15, um terminal de usuário 1020, um dispositivo 1021 e um sistema 1022 são mostrados como exemplos de componentes de hardware, nos quais o meio legível por computador de produção 1014 é instalado como aplicativo (como denota 1030-1032).

O código fonte pode ser redigido como roteiro, ou em qualquer linguagem de nível alto ou baixo. Exemplos de meio legível por computador fonte, mestre, e de produção 1002, 1011 e 1014 incluem, entre outros, CDRom, RAM, ROM, memória instantânea, unidade RAID, memória em uma de sistema computacional e similares. Exemplos de trajetos 1004, 1008, 1012, e 1016 incluem, entre outros, trajetos de rede, a internet, Bluetooth, GSM, LANs sem fio de infra-vermelho, HIPERLAN, 3G, satélite, e similares. Os trajetos 1004, 1008, 1012, e 1016 podem também representar serviços de portadoras públicas ou privadas que transportam uma ou mais cópias físicas do meio legível por computador fonte, mestre, ou de produção 1002, 1011, ou 1014 entre dois locais geográficos. Os trajetos 1004, 1008, 1012, e 1016 podem representar threads realizados por um ou mais processadores em paralelo. Por exemplo, um computador pode manter o código fonte 1001, o compilador 1006 e o código de objeto 1010. Múltiplos computadores podem operar em paralelo para produzir as cópias de aplicativo de produção 1013. Os trajetos 1004, 1008, 1012, e 1016 podem ser intraestadual, interestadual, intrapaís, interpaís, intracontinental, intercontinental e similares.

Conforme usadas em todo o relatório e especificações, as expressões “meio legível por computador” e “instruções configuradas para” serão uma referência a um ou mais dentre i) o meio legível por computador fonte 1002 e o código fonte 1001, ii) o meio legível por computador máster e código de objeto 1010, iii) um meio legível por computador de produção 1014 e

as cópias de aplicativo de produção 1013 e/ou iv) os aplicativos 1030-1032 salvos na memória no terminal 1020, dispositivo 1021 e sistema 1022.

As várias modalidades e/ou componentes, por exemplo, o monitor ou visor, ou seus componentes e controladores, também podem ser implantados como parte de um ou mais computadores ou processadores. O computador ou processador pode incluir um dispositivo de computação, um dispositivo de entrada, uma unidade de exibição, e uma interface, por exemplo, para acessar a Internet. O computador ou processador pode incluir a microprocessador. O microprocessador pode ser conectado a um barramento de comunicação. O computador ou processador pode também incluir uma memória. A memória pode incluir a Memória de Acesso Aleatório (RAM) e a Memória Somente Leitura (ROM). O computador ou processador pode ainda incluir um dispositivo de armazenamento, que pode ser uma unidade de disco rígido ou uma unidade de armazenamento removível como uma unidade de disquete, unidade de disco óptico, e similares. O dispositivo de armazenamento também pode ser outro meio similar para carregar programas de computador ou outras instruções no computador ou processador.

Conforme usado no presente, o termo "computador" pode incluir qualquer sistema a base de processador ou a base de microprocessador que inclui sistemas usando microcontroladores, computadores de ajuste de risco reduzido (RISC), circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), circuitos lógicos, e qualquer outro circuito ou processador capaz de executar as funções aqui descritas. Os exemplos acima são exclusivamente exemplificativos, e, portanto, não pretendem limitar de forma alguma a definição e/ou o significado do termo "computador".

O computador ou processador executa um conjunto de instruções que são armazenadas em um ou mais elementos de armazenamento, a fim de processar os dados de entrada. Os elementos de armazenamento podem

também armazenar dados ou outra informação conforme desejado ou necessário. O elemento de armazenamento pode estar na forma de uma fonte de informação ou em um elemento de memória física dentro de uma máquina de processamento.

5 O conjunto de instruções pode incluir vários comandos que instruem o computador ou processador como uma máquina de processamento para executar operações específicas como os métodos e processos aqui descritos. O conjunto de instruções pode estar na forma de um programa de software. O software pode estar em várias formas como um software de
10 sistema ou software de aplicativo. Ademais, o software pode estar na forma de uma coleção de programas separados, um módulo de programa dentro de um programa maior ou uma porção de um módulo de programa. O software também pode incluir uma programação modular na forma de programação orientada ao objeto. O processamento de dados de lançamento pela máquina
15 de processamento pode ser em resposta aos comandos do usuário, ou em resposta aos resultados de um processamento prévio, ou em resposta a uma solicitação efetuada por outra máquina de processamento.

Conforme usado no presente, os termos “software” e “firmware” são intercambiáveis, e incluem qualquer programa de computador armazenado
20 na memória para execução por um computador, inclusive a memória RAM, memória ROM, memória EPROM, memória EEPROM, e memória RAM não volátil (NVRAM). Os tipos de memória acima são exclusivamente exemplificativos, e, portanto não limitam os tipos de memória viáveis para armazenamento de um programa de computador.

25 Muito embora as modalidades descritas acima sejam ilustradas como tratando o tecido adiposo, modalidades alternativas podem ser usadas para tratar outros tecidos dentro do corpo. Por exemplo, as modalidades descritas acima podem ser usadas para imagear e tratar um tumor dentro de

uma região de interesse. Da mesma forma descrita para o tecido adiposo, as modalidades podem ser usadas para identificar automaticamente o tumor e/ou permitir entradas do usuário para identificar os espaços de tratamento dentro de uma região de interesse e para estabelecer parâmetros da terapia para o tratamento. Ademais, as modalidades aqui descritas podem ser usadas para tratamentos paliativos ao câncer, tratamento térmico muscular, ou administrar drogas, proteínas, células tronco, vacinas, DNA, e gene de ativação ultrassônica.

Deve-se ter em mente que a descrição acima é ilustrativa, e não restritiva. Por exemplo, as modalidades descritas acima (e/ou seus aspectos) podem ser usadas em combinação uma com a outra. Além disso, muitas modificações podem ser realizadas para adaptar uma situação ou material particular aos ensinamentos da invenção sem se desviar de seu escopo. As dimensões, tipos de materiais, orientações dos vários componentes, e o número e as posições dos vários componentes aqui descritos são concebidos para definir parâmetros de certas modalidades, em hipótese alguma limitantes, e constituem modalidades meramente exemplificativas. Muitas outras modalidades e modificações dentro do espírito e do escopo das reivindicações serão evidenciadas pelos indivíduos versados na técnica mediante a análise da descrição acima. O escopo da invenção deve, portanto, ser determinado com referência às reivindicações em anexo, junto com o escopo integral de equivalentes a que tais reivindicações são intituladas. Nas reivindicações em anexo, os termos "inclui" e "no qual" são usados como equivalentes do idioma inglês dos respectivos termos "que compreende" e "em que". Mais ainda, nas reivindicações adiante, os termos "primeiro," "segundo," e "terceiro," etc. são usados meramente como rótulos, e não pretender impor exigências numéricas em seus objetos. Ademais, as limitações das reivindicações adiante não são redigidas no formato de meio mais função (means plus function) não

pretendem ser interpretadas com base na 35 U.S.C. § 112, parágrafo sexto, a menos e até que as ditas limitações da reivindicação usem expressamente a expressão “meio para” seguida de uma declaração da lacuna da função da estrutura adicional.

5 O relatório escrito usa exemplos para desvendar a invenção, inclusive o melhor modo, e também para permitir que um indivíduo versado na técnica pratique a invenção, inclusive realizar e usar quaisquer dispositivos ou sistemas e executar quaisquer métodos incorporados. O escopo patenteável da invenção é definido pelas reivindicações, e pode incluir outros exemplos que
10 ocorram aos indivíduos versados na técnica. Esses outros exemplos pretendem estar inseridos no escopo das reivindicações, se possuírem elementos estruturais que não sejam divergentes da linguagem literal das reivindicações, ou se incluírem elementos estruturais equivalentes com diferenças não substanciais da linguagem literal das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE TERAPIA E IMAGEAMENTO POR ULTRASSOM, que compreende:

uma sonda de ultrassom 126;

5 um módulo de diagnóstico por ultrassom 136 para controlar a sonda 126 para obter sinais de ultrassom diagnóstico provenientes de uma região de interesse (ROI), sendo que a ROI inclui tecido adiposo e tecido não adiposo, o módulo de diagnóstico 136 analisa os sinais de ultrassom diagnóstico e diferencia automaticamente o tecido adiposo do tecido não
10 adiposo; e

um módulo de terapia por ultrassom 125 para controlar a sonda 126 para administrar, durante uma sessão de terapia, uma terapia em um local do tratamento 222 com base em um parâmetro de terapia para o tecido adiposo diferenciado pelo módulo de diagnóstico por ultrassom 136.

15 2. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o módulo de diagnóstico 136 diferencia o tecido adiposo identificando uma barreira entre o tecido adiposo e o tecido não adiposo.

3. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o módulo de diagnóstico 136 diferencia o tecido adiposo medindo diretamente
20 uma pluralidade de pontos dentro da ROI para uma característica adiposa.

4. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o módulo de diagnóstico 136 diferencia o tecido adiposo com base em uma análise de modo B ou elastografia dos sinais de ultrassom diagnóstico.

5. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o
25 módulo de diagnóstico 136 obtém um primeiro conjunto de sinais de ultrassom diagnóstico durante uma varredura inicial antes que o módulo de terapia 125 comece a administrar a terapia à ROI e obtenha um segundo conjunto de sinais de ultrassom diagnóstico durante uma varredura suplementar durante a sessão

de terapia, o módulo de terapia 125 ajusta o parâmetro de terapia com base no segundo conjunto de sinais de ultrassom diagnóstico.

6. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o módulo de diagnóstico 136 ajusta automaticamente o parâmetro de terapia com base no sinal de ultrassom diagnóstico obtido pelo módulo de diagnóstico 136.

7. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o módulo de diagnóstico 136 identifica uma espessura de uma camada de tecido adiposo e o módulo de terapia 125 ajusta o parâmetro de terapia com base na espessura.

8. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o módulo de diagnóstico 136 analisa os sinais de ultrassom diagnóstico para confirmar um local do tecido adiposo antes de administrar a terapia.

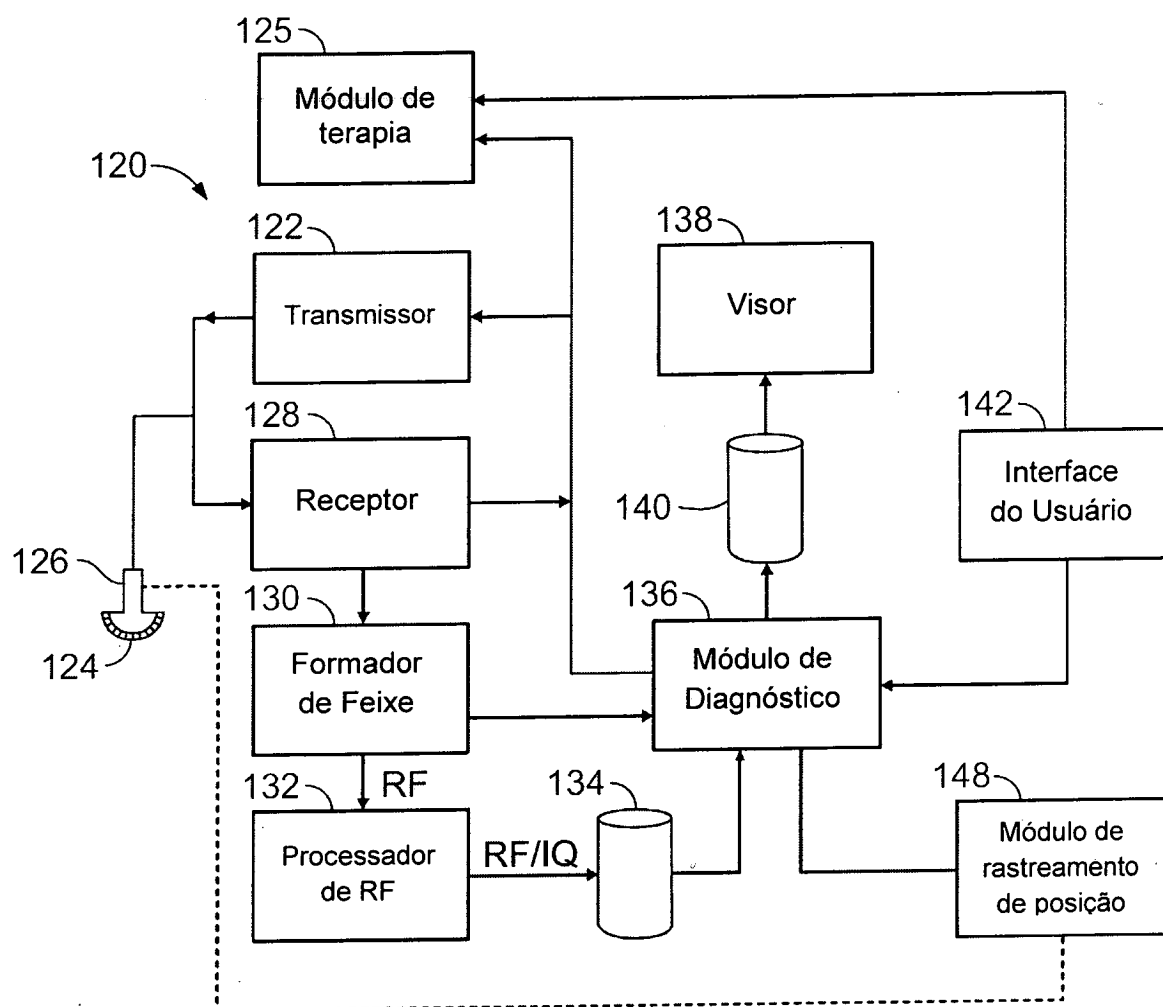
9. MÉTODO DE ADMINISTRAÇÃO DE TERAPIA, a uma região de interesse (ROI) em um paciente, sendo que o método compreende:

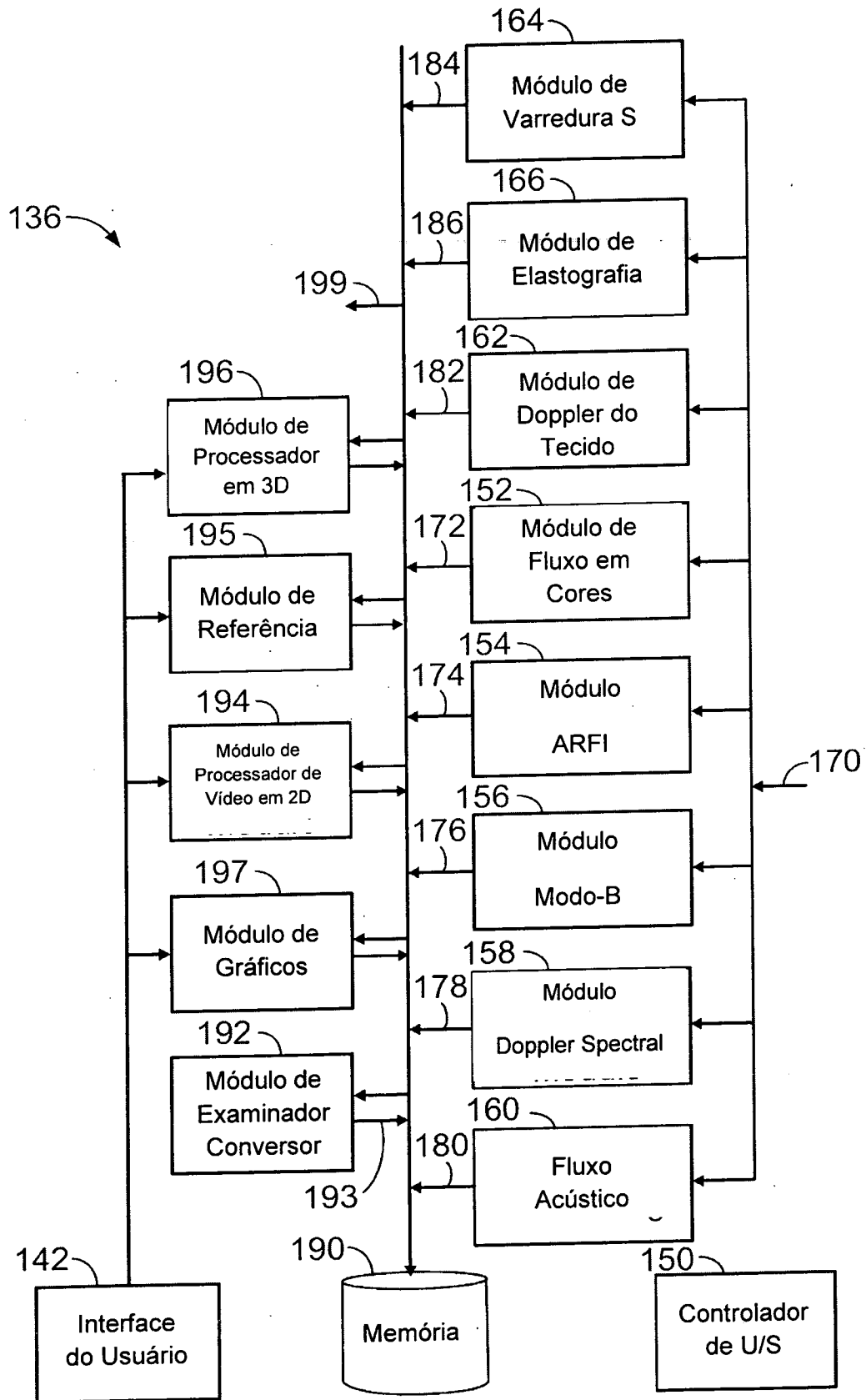
obter sinais de ultrassom diagnóstico a partir de uma região de interesse (ROI), sendo que a ROI inclui tecido adiposo e tecido não adiposo;

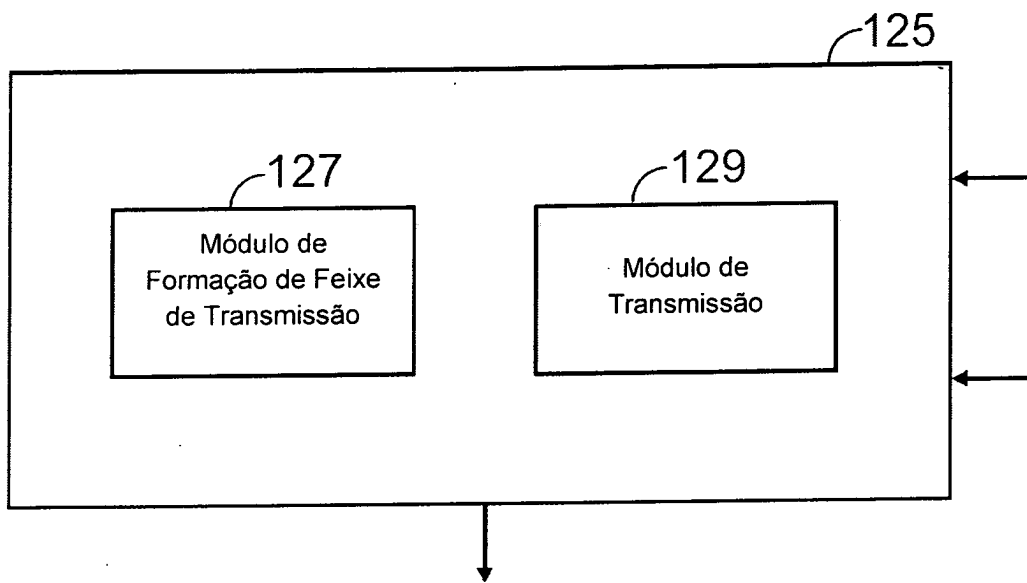
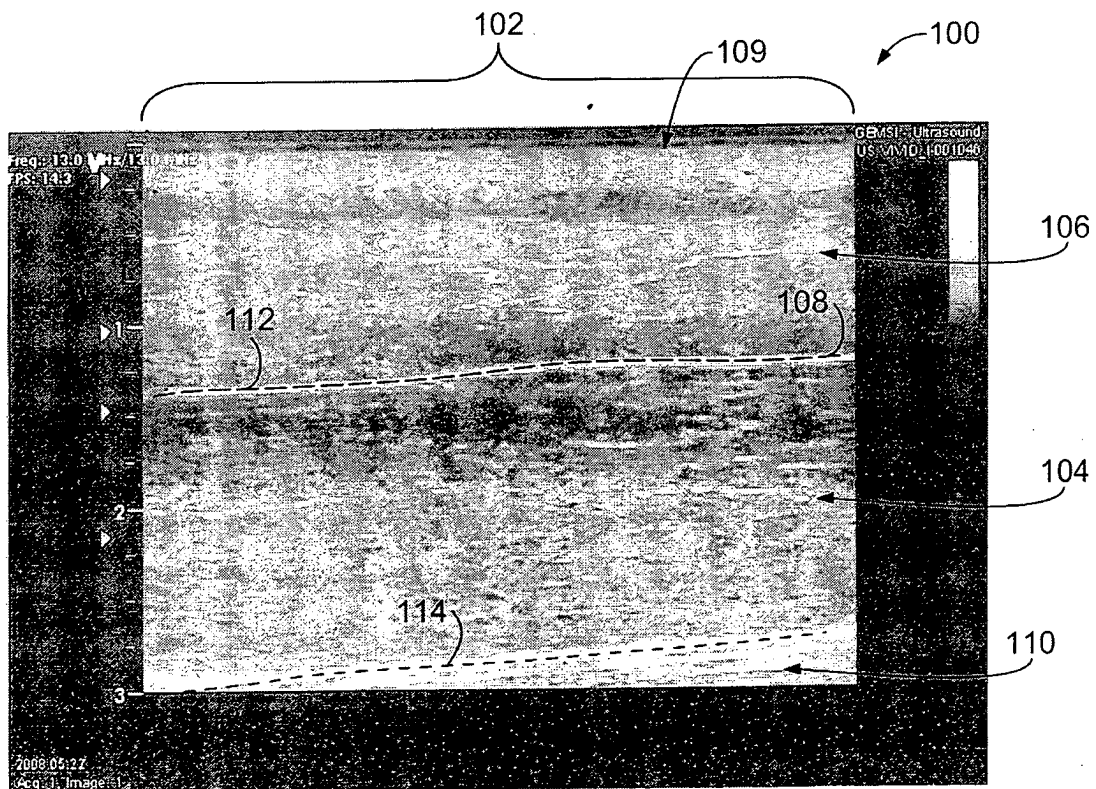
analisar os sinais de ultrassom diagnóstico e diferenciar automaticamente o tecido adiposo do tecido não adiposo; e

administrar a terapia, durante uma sessão de terapia, em um local do tratamento 222 baseada em um parâmetro de terapia para o tecido adiposo diferenciado pelo módulo de diagnóstico por ultrassom 136.

10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, em que a diferenciação automática inclui a identificação de uma barreira entre o tecido adiposo e o tecido não adiposo.

**Fig. 1**

**Fig. 2**

**Fig. 3****Fig. 4**

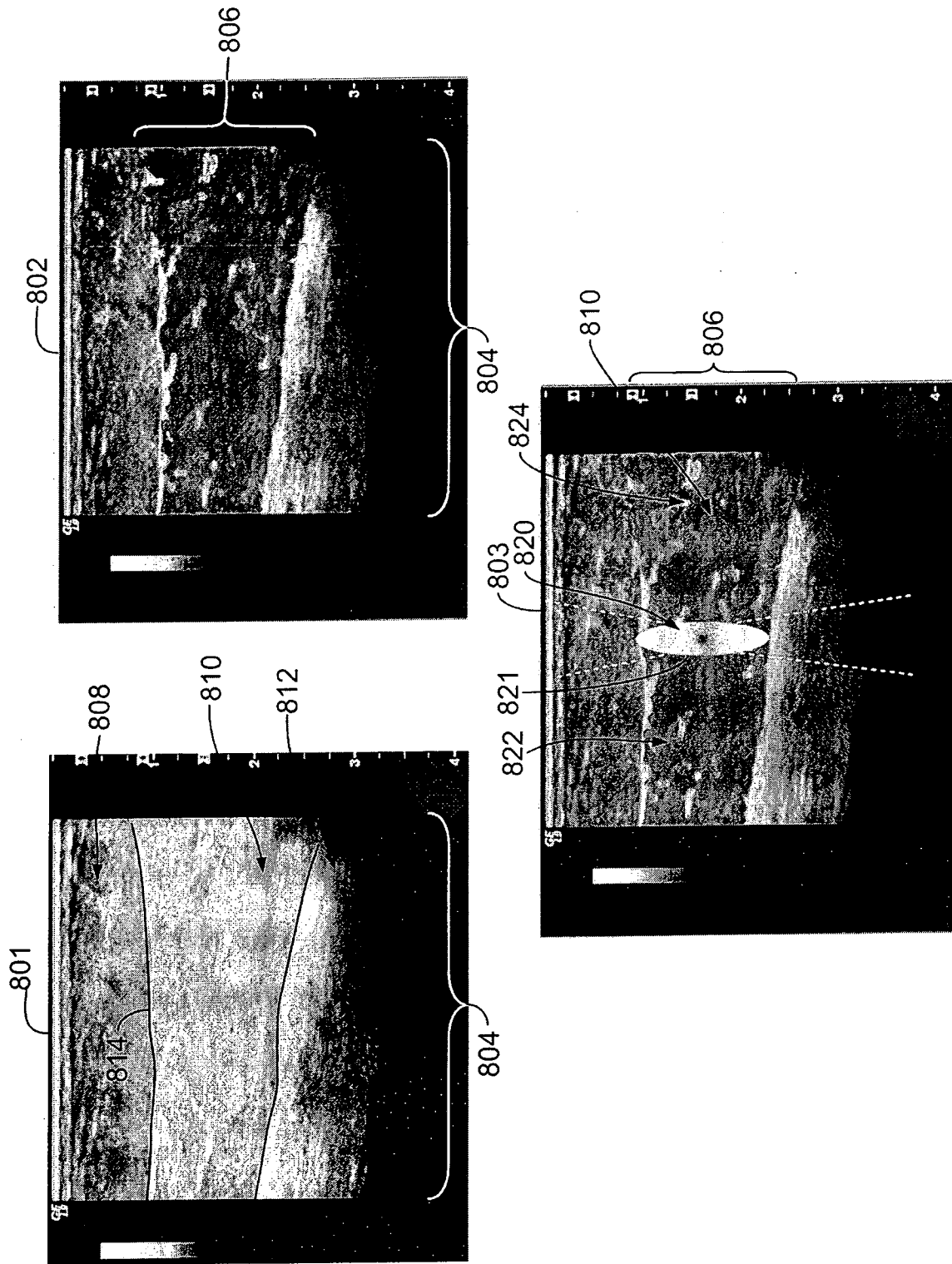


Fig. 5

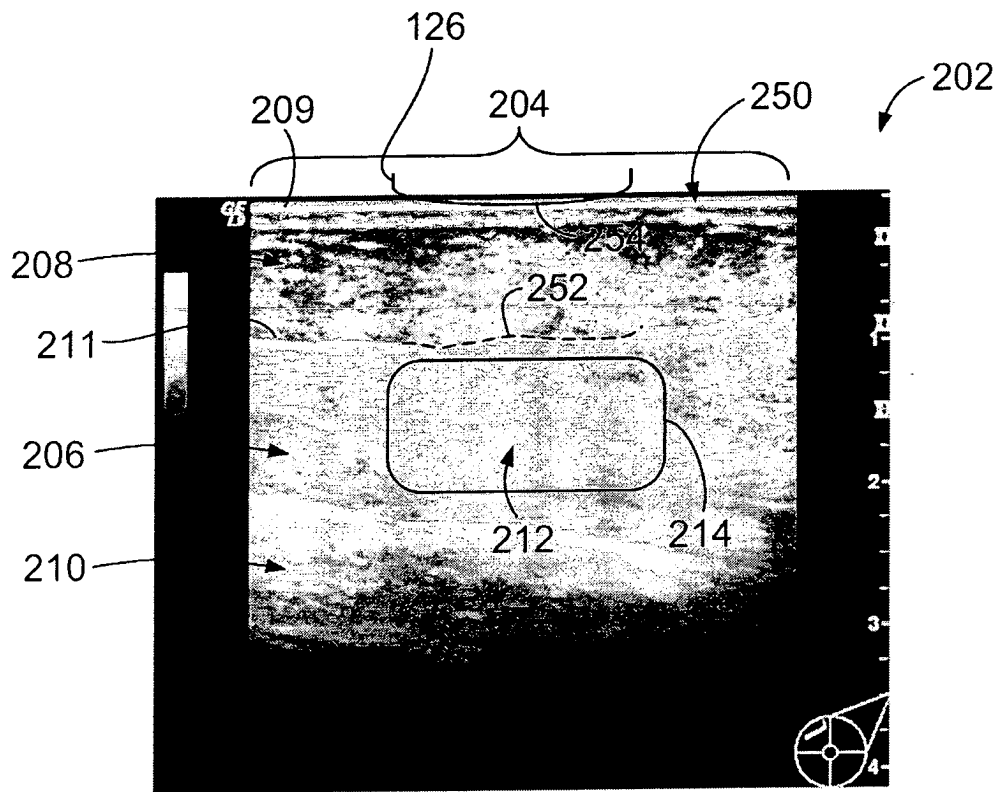


Fig. 6

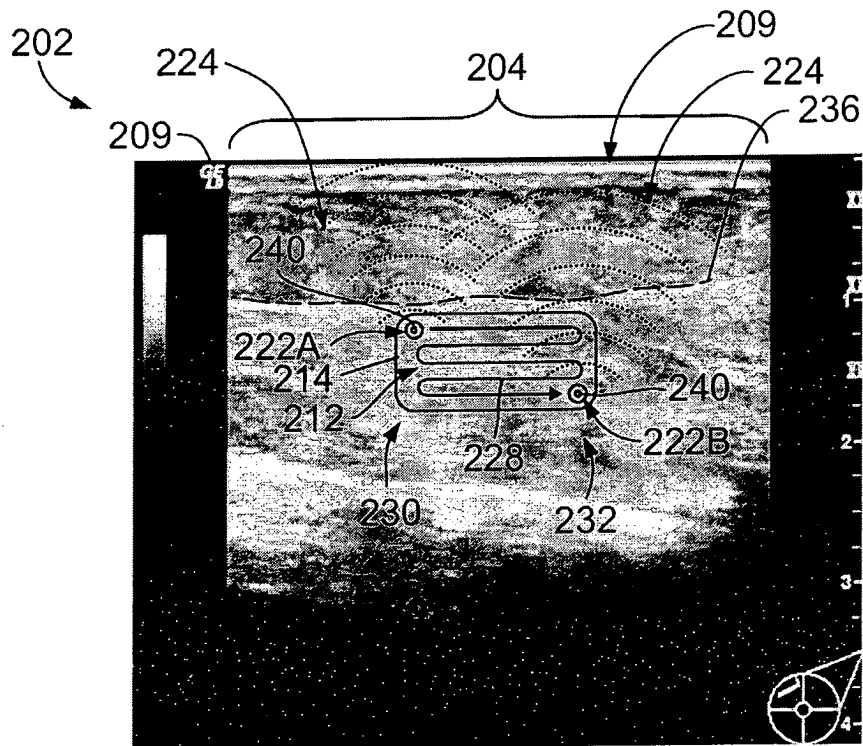


Fig. 7

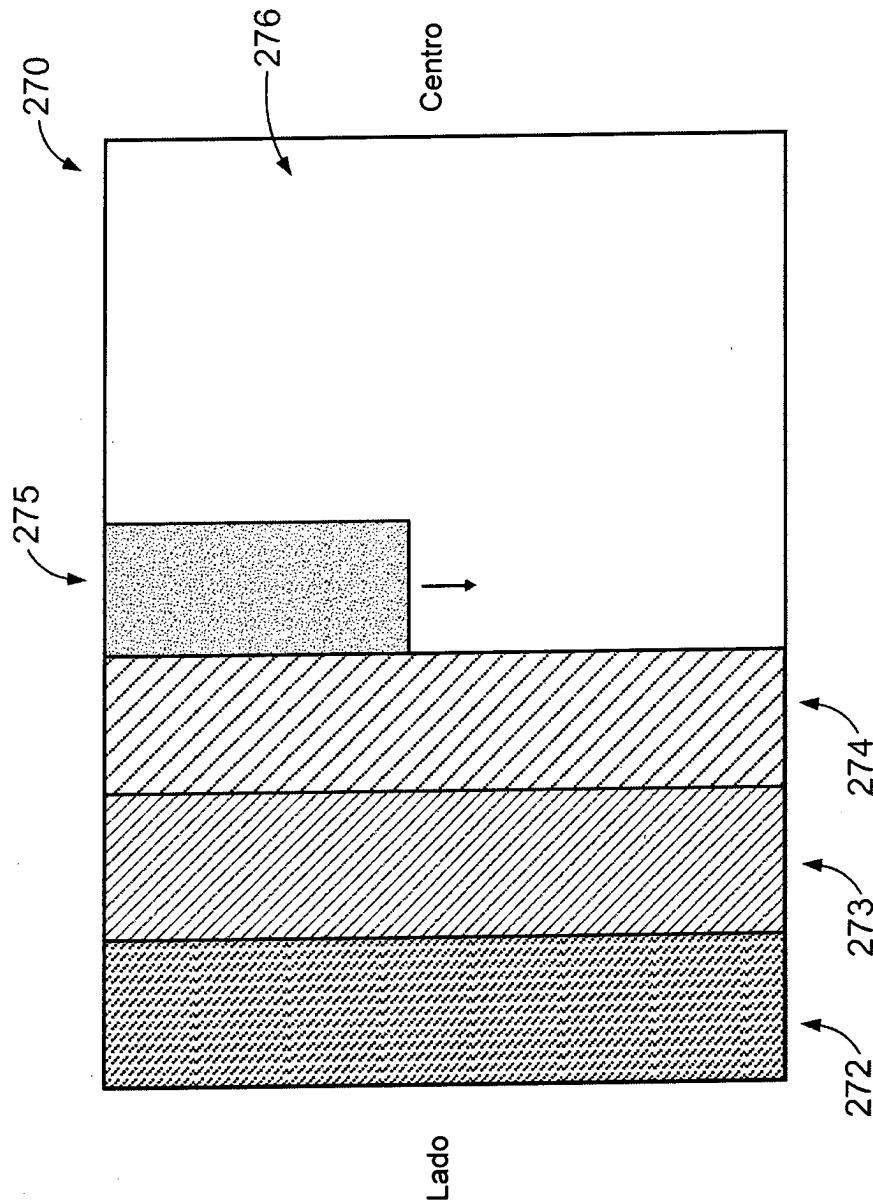


Fig. 8

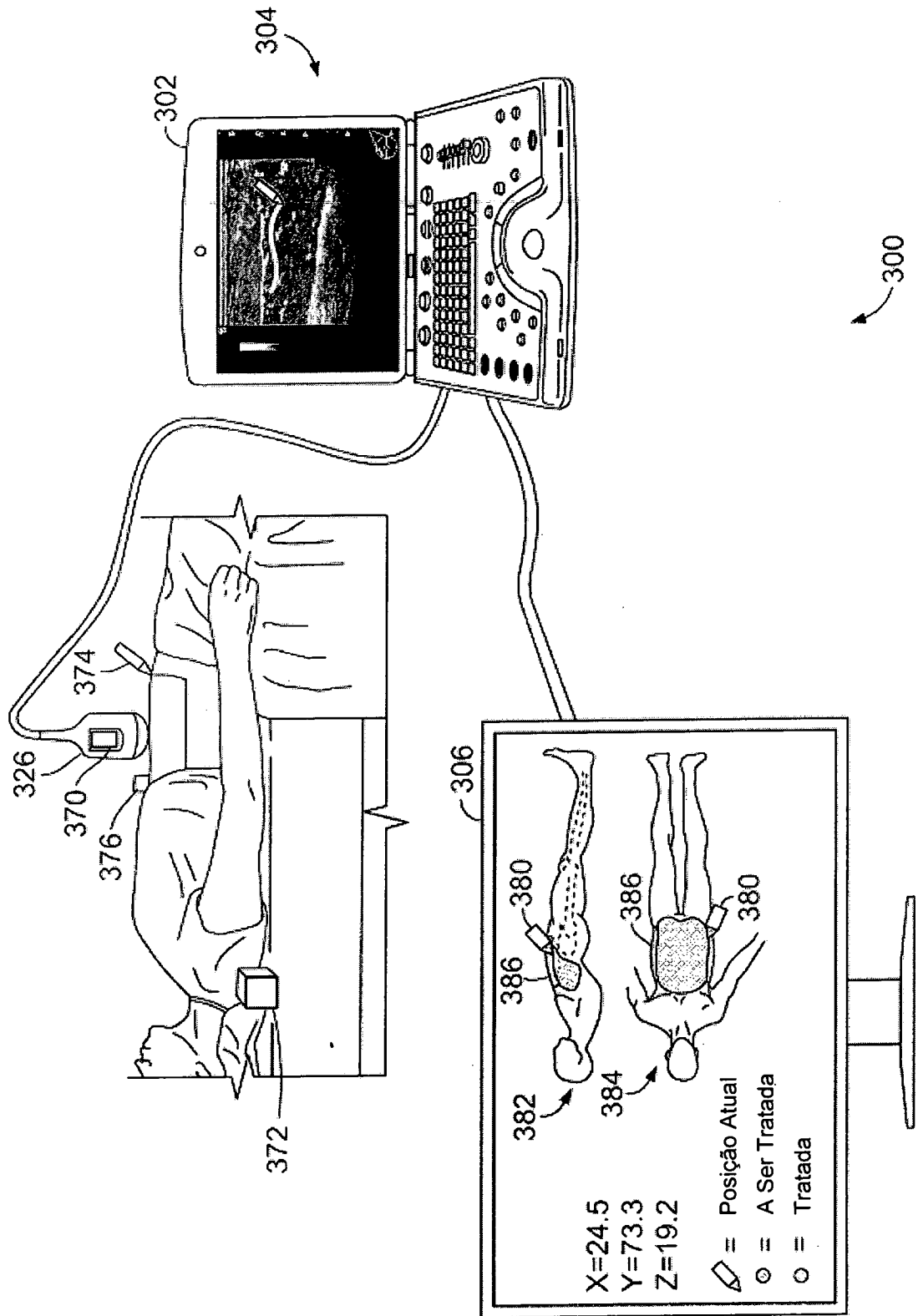
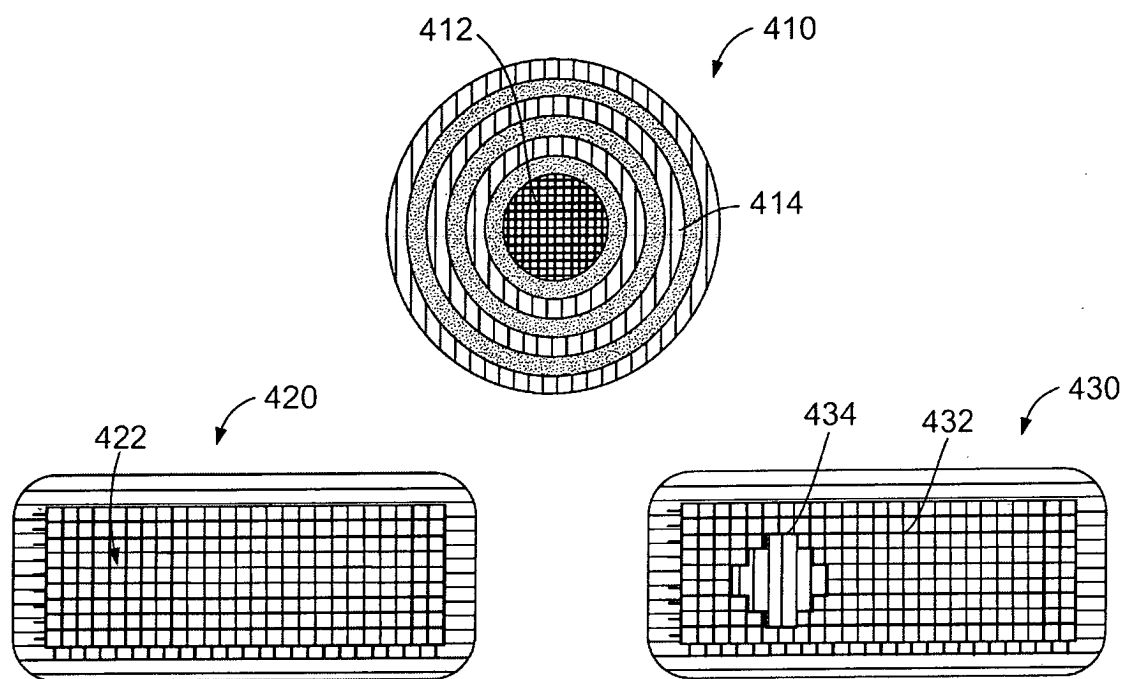
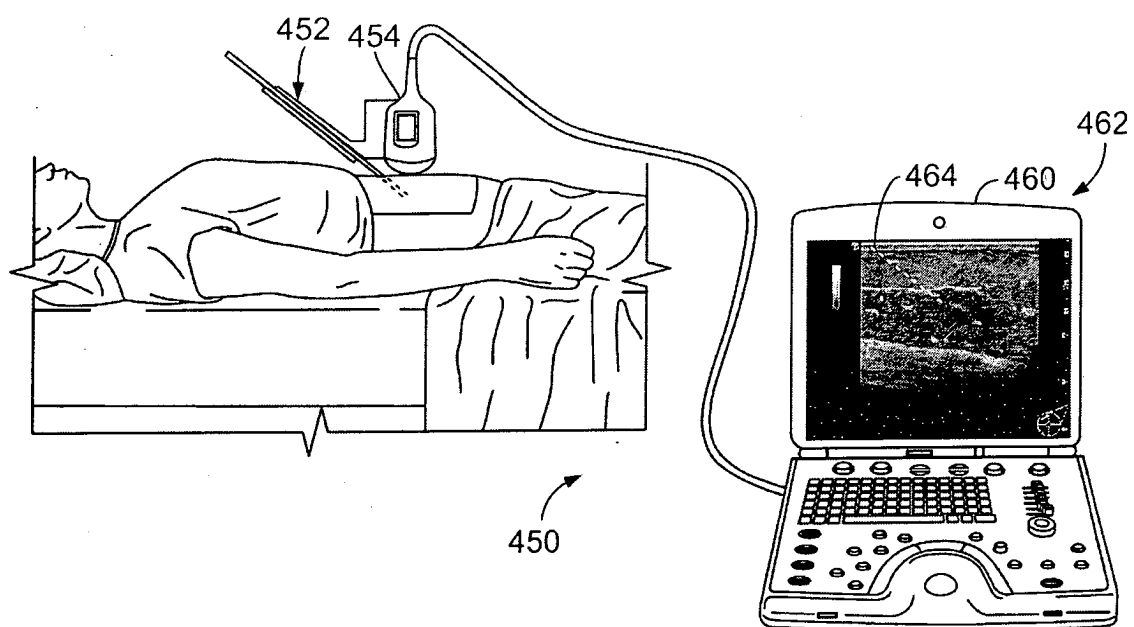


Fig. 9

**Fig. 10****Fig. 11**

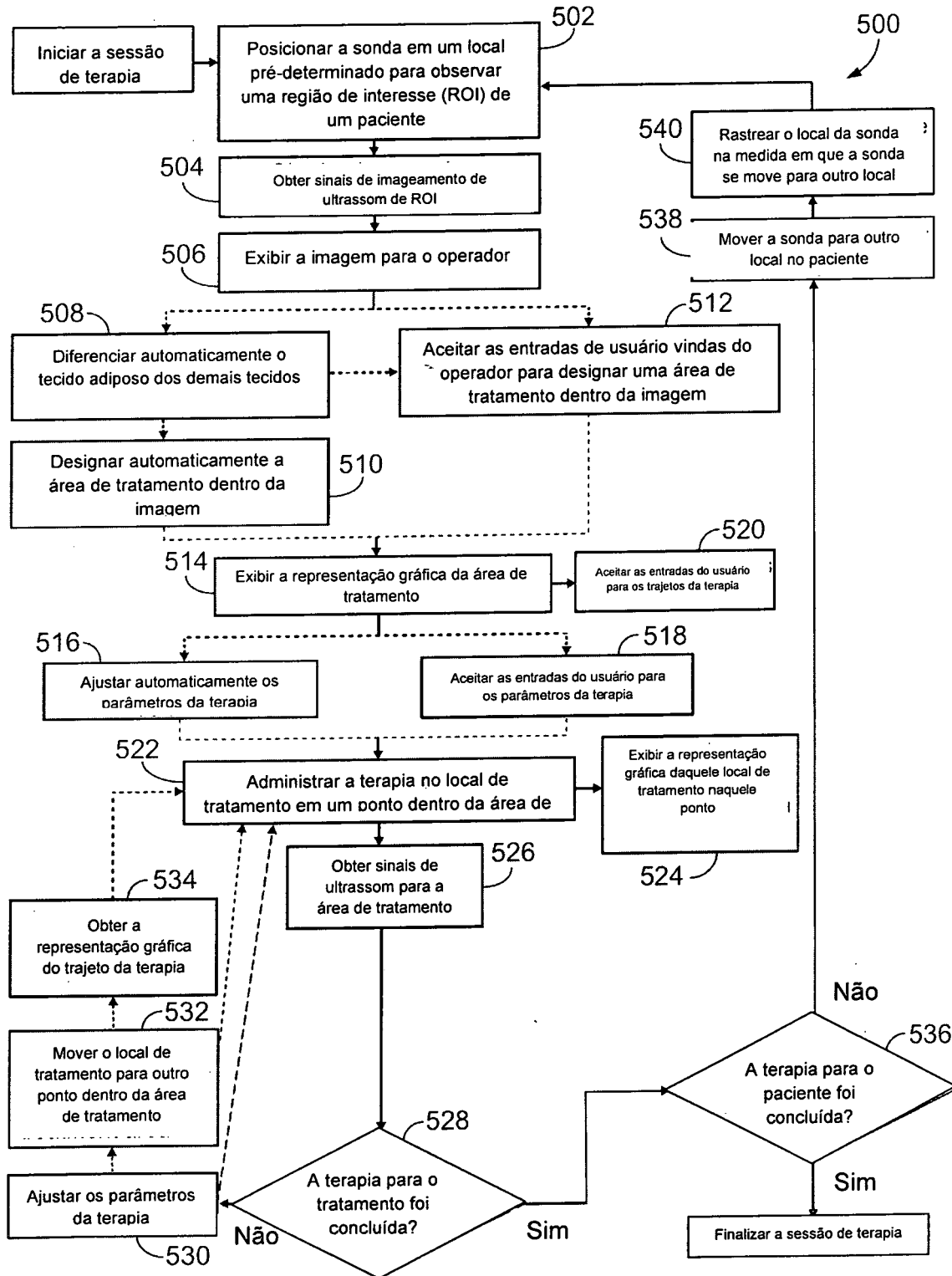
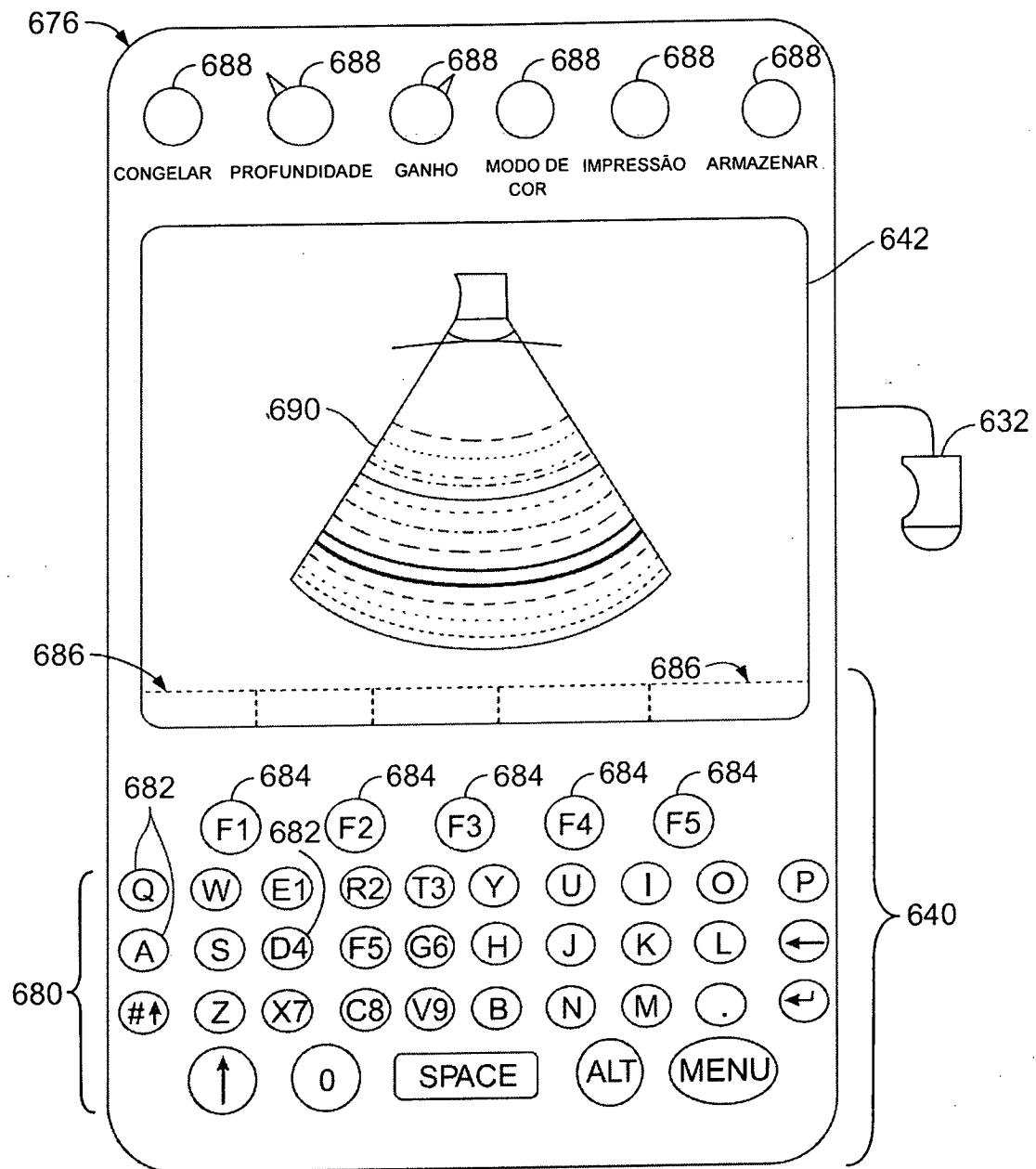


Fig. 12

**Fig. 13**

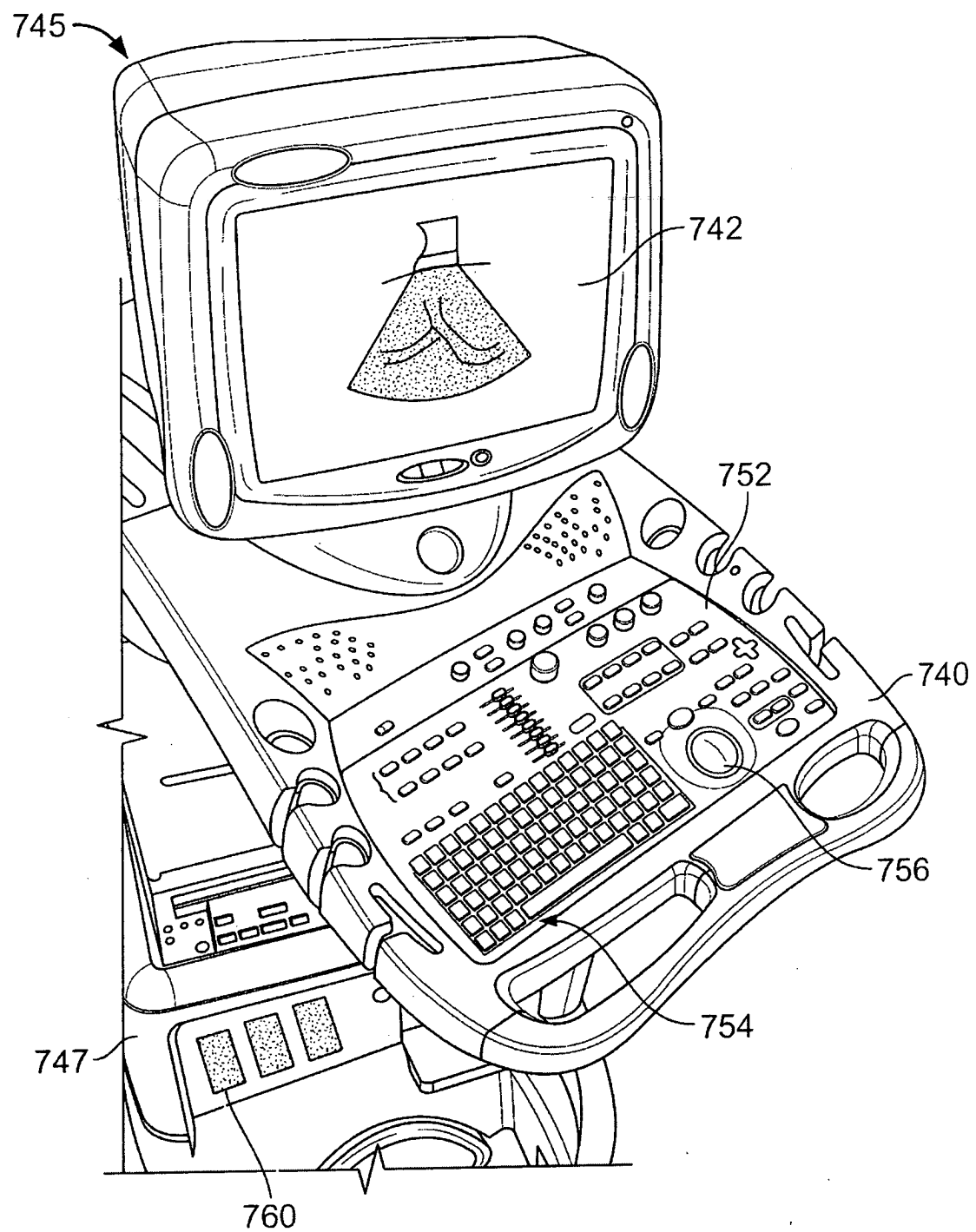


Fig. 14

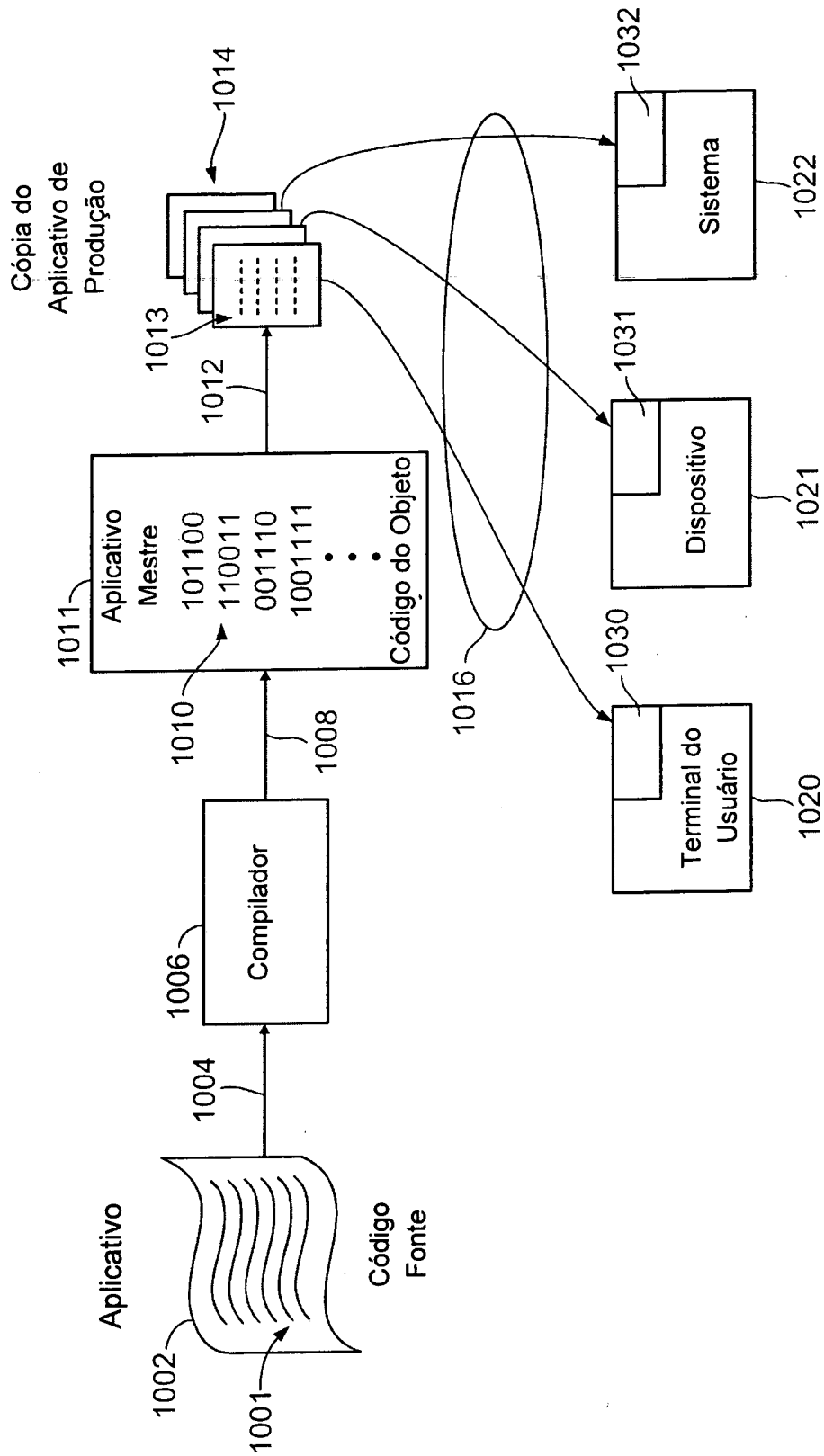


Fig. 15

RESUMO**“SISTEMA DE TERAPIA E IMAGEAMENTO POR ULTRASSOM E MÉTODO DE ADMINISTRAÇÃO DE TERAPIA”**

A presente invenção refere-se a um sistema de terapia e
5 imageamento por ultrassom que inclui uma sonda de ultrassom 126 e um
módulo de diagnóstico por ultrassom 136 para controlar a sonda 126 e obter
sinais de ultrassom diagnóstico provenientes de uma região de interesse (ROI).
A ROI inclui tecido adiposo e tecido não adiposo. O módulo de diagnóstico 136
analisa os sinais de ultrassom diagnóstico e diferencia automaticamente o
10 tecido adiposo do tecido não adiposo. O sistema também inclui um módulo de
terapia por ultrassom 125 para controlar a sonda 126 para administrar, durante
uma sessão de terapia, uma terapia no local do tratamento 222 baseada em
um parâmetro de terapia para o tecido adiposo diferenciado pelo módulo de
diagnóstico por ultrassom 136. Também é fornecido um método para
15 administrar uma terapia a uma região de interesse (ROI) em um paciente.