



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

**(11) BR 102017025010-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 22/11/2017**

**(45) Data de Concessão: 22/11/2022**

**(54) Título:** MÉTODO E SISTEMA PARA FORMAR UMA PARTE DE COMPÓSITO

**(51) Int.Cl.:** B29C 43/10; B29L 31/30.

**(52) CPC:** B29C 43/10; B29L 2031/30.

**(30) Prioridade Unionista:** 23/01/2017 US 15/412,674.

**(73) Titular(es):** THE BOEING COMPANY.

**(72) Inventor(es):** CHELSEY ELIZIBETH HENRY; JEREMY ROBERT LARKIN; KARI P. LARKIN; HONG HUE TAT; YUAN-JYE WU.

**(57) Resumo:** A presente invenção refere-se a um exemplo de um método para formar uma parte de compósito que inclui, com base na especificação da parte, cortar camadas de material em uma sequência e posicionar as camadas para formar a pilha. Para cada camada, após posicionar a camada e antes de cortar a próxima camada na sequência, o método inclui (i) fazer a leitura ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem, (ii) determinar, com base na imagem, pelo menos duas bordas da camada, (iii) determinar, com base nas bordas, a largura medida em locais ao longo do comprimento da camada, (iv) comparar a largura medida em cada localização a uma largura alvo na localização, (v) decidir, com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção, e (vi) se a decisão for de ajustar o processo de produção, então ajustar o processo de produção com base na comparação. A especificação da parte especifica a largura alvo em cada localização.

## Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO E SISTEMA PARA FORMAR UMA PARTE DE COMPÓSITO"**.

### **Antecedentes**

[001] A presente invenção, em geral, refere-se a partes de compósito, e mais particularmente a, sistemas e métodos para formar uma parte de compósito.

[002] A não ser que de outro modo indicado aqui, os materiais descritos na presente seção não são como a técnica anterior em relação às reivindicações e não são admitidas como técnica anterior por inclusão nessa seção.

[003] Com propriedades de peso leve e alta resistência, os materiais compósitos são amplamente usados para a fabricação de partes em uma variedade de indústrias. Por exemplo, a indústria aeroespacial usa partes de compósito para a produção de componentes estruturais leves de aeronaves e espaçonaves tais como, por exemplo, estruturas de armação de fuselagem, longarinas, asas, estabilizadores horizontais, e/ou estabilizadores verticais. Uma abordagem para formar uma parte de compósito inclui cortar múltiplas camadas de material de compósito, posicionando as camadas em uma forma tendo um formato desejado, e então curar as camadas enquanto ainda está no formato desejado.

### **Sumário**

[004] Um método e um sistema para formar uma parte de compósito são descritos. Em um exemplo, um método para formar uma parte de compósito inclui cortar, com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas de material em uma sequência uma camada de cada vez. A especificação da parte especifica os parâmetros para um processo de produção para formar a parte de compósito. O método também inclui posicionar, uma camada de cada vez e com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas para formar a

pilha na região de medição de um dispositivo de assentamento. Para cada camada, após posicionar a camada e antes de cortar a próxima camada na sequência, o método inclui (i) fazer a leitura ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem de uma camada, (ii) determinar, com base na imagem, pelo menos duas bordas de uma camada, (iii) determinar, com base em pelo menos duas bordas, a largura medida em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada, (iv) realizar uma comparação da largura medida de uma camada em cada localização a uma largura alvo na localização, (v) decidir, com base na comparação, se ajustar ao processo de produção, e (vi) se a decisão for de ajustar o processo de produção, então ajustar o processo de produção com base na comparação da largura medida com relação à largura alvo em cada localização. Os parâmetros especificados pela especificação da parte incluem a largura alvo em cada localização ao longo do comprimento de camada. Também, para pelo menos uma camada, a decisão seja de ajustar o processo de produção.

[005] Em outro exemplo, um sistema para formar uma parte de compósito inclui um dispositivo cortante para cortar, uma camada de cada vez, uma pluralidade de camadas de material, uma região de medição para receber uma pluralidade de camadas, uma camada de cada vez, para formar uma pilha, e um dispositivo de medição para fazer a leitura da região de medição. O sistema também inclui um controlador configurado para fazer com que o dispositivo cortante corte, com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas uma camada de cada vez em uma sequência. A especificação da parte especifica os parâmetros para um processo de produção para formar a parte de compósito. Para cada camada, após receber a camada na região de medição e antes de fazer com que o dispositivo cortante corte a próxima camada na sequência, o controlador é adicionalmente configurado para:

(i) fazer com que o dispositivo de medição faça a leitura ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem de uma camada, (ii) determinar, com base na imagem, pelo menos duas bordas de uma camada, (iii) determinar, com base em pelo menos duas bordas, a largura medida em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada, (iv) realizar a comparação da largura medida de uma camada em cada localização com relação à largura alvo na localização, (v) decidir, com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção, e (vi) se a decisão for de ajustar o processo de produção, então ajustar, com base na comparação, pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência. Os parâmetros especificados pela especificação da parte incluem a largura alvo em cada localização ao longo do comprimento de camada. Para pelo menos uma camada, a decisão é de ajustar o processo de produção.

[006] Em outro exemplo, é descrito um meio não transitório que pode ser lido por computador tendo armazenado no mesmo, instruções de programa que quando executadas por um controlador, fazem com que uma parte do sistema de produção de compósito realize um conjunto de atos. Uma parte do sistema de produção de compósito inclui um dispositivo cortante para cortar uma pluralidade de camadas de material, uma região de medição para receber uma pluralidade de camadas para formar uma pilha, e um dispositivo de medição para fazer a leitura da região de medição. O conjunto de atos inclui cortar, pelo dispositivo cortante e com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas uma camada de cada vez em uma sequência. A especificação da parte especifica os parâmetros para um processo de produção para formar a parte de compósito. O conjunto de atos também inclui posicionar, uma camada de cada vez e com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas para formar a pilha na região de

medição. Para cada camada, após posicionar a camada e antes de cortar a próxima camada na sequência, o conjunto de atos adicionalmente inclui: (i) fazer a leitura, pelo dispositivo de medição, ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem da camada, (ii) determinar, com base na imagem, pelo menos duas bordas de uma camada, (iii) determinar, com base em pelo menos duas bordas, a largura medida em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento da camada, (iv) realizar a comparação da largura medida de uma camada em cada localização com relação à largura alvo na localização, (v) decidir, com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção, e (vi) se a decisão for de ajustar o processo de produção, então ajustar, com base na comparação, pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência. Os parâmetros especificados pela especificação da parte incluem a largura alvo em cada localização ao longo do comprimento de camada. Para pelo menos uma camada, a decisão é de ajustar o processo de produção.

[007] Os referidos assim como outros aspectos, vantagens, e alternativas se tornarão aparentes para aqueles versados na técnica pela leitura da descrição detalhada a seguir com referência onde apropriado aos desenhos em anexo. Ademais, deve ser entendido que a descrição proporcionada na presente seção de sumário e em algum ponto no presente documento pretende ilustrar o assunto reivindicado por meio de exemplo e não por meio de limitação.

### **Breve Descrição das Figuras**

[008] As novas características que se acredita caracterizar os exemplos ilustrativos são determinadas nas reivindicações em anexo. Os exemplos ilustrativos, entretanto, assim como um modo preferido de uso, objetivos e descrições adicionais dos mesmos, serão melhor entendidos com referência à descrição detalhada a seguir de um

desenho ilustrativo da presente descrição quando lida em conjunto com os desenhos em anexo.

[009] A figura 1A ilustra uma vista lateral de uma parte de compósito de acordo com um exemplo.

[0010] A figura 1B ilustra outra vista lateral da parte de compósito da figura 1A.

[0011] A figura 1C ilustra uma vista de topo da parte de compósito da figura 1A.

[0012] A figura 2 ilustra um diagrama de bloco simplificado de um sistema para formar uma parte de compósito de acordo com um exemplo.

[0013] A figura 3A ilustra uma vista lateral de um dispositivo de medição para fazer a leitura da região de medição de um dispositivo de assentamento de acordo com um exemplo.

[0014] A figura 3B ilustra outra vista lateral do dispositivo de medição para fazer a leitura da região de medição do dispositivo de assentamento na figura 3A.

[0015] A figura 4A ilustra um gráfico que traça a altura medida através da largura de uma camada, de acordo com um exemplo.

[0016] A figura 4B ilustra um gráfico de uma inclinação da linha traçada ilustrada na figura 4A.

[0017] A figura 5A ilustra um gráfico de a largura alvo ao longo de um comprimento de uma camada, de acordo com um exemplo.

[0018] A figura 5B ilustra uma porção ampliada do gráfico da figura 5A.

[0019] A figura 6 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0020] A figura 7 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0021] A figura 8 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0022] A figura 9 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0023] A figura 10 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0024] A figura 11 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0025] A figura 12 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0026] A figura 13 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0027] A figura 14 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0028] A figura 15 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0029] A figura 16 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0030] A figura 17 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

[0031] A figura 18 ilustra um gráfico de fluxo de um exemplo de processo para formar uma parte de compósito, de acordo com um exemplo.

## **Descrição Detalhada**

### **I. Visão Geral**

[0032] Os sistemas e métodos da presente descrição proporcionam sistemas e métodos de fabricação para formar uma parte de compósito. Em geral, a parte de compósito pode ser formada por cortar uma pluralidade de camadas de material de compósito não curado, posicionar as camadas uma em cima da outra para formar uma pilha, e curar a pilha. A operação de um sistema pode ser controlada com base na especificação da parte, que especifica os parâmetros para o processo de produção. Por exemplo, a especificação da parte pode especificar os parâmetros que proporcionam uma quantidade de camadas a serem cortadas e dimensões alvo para cada camada. Ao se usar os referidos parâmetros, um dispositivo cortante pode cortar cada camada a um formato e tamanho desejado. Como outro exemplo, a especificação da parte pode especificar os parâmetros que proporcionam uma sequência para cortar as camadas e posicionar as camadas na pilha, e/ou parâmetros que proporcionam a posição das camadas uma em relação a outra na pilha. Ao se usar a especificação da parte, o sistema pode assim realizar um processo de produção para formar a parte de compósito de acordo com a configuração desejada proporcionada pela especificação da parte.

[0033] Durante o processo de produção, uma ou mais das camadas pode não ser produzida exatamente como especificado pela especificação da parte. Por exemplo, os processos para cortar e/ou posicionar as camadas pode ter variabilidade estatística inerente, que faz com que uma parte do compósito seja produzida com uma ou mais variações e/ou erros relativos à especificação da parte. Dependendo do



uso final da parte de compósito e/ou a indústria, relativamente pequenas variações podem ser aceitáveis enquanto que variações relativamente grandes podem resultar em rejeição da parte de compósito.

[0034] Na indústria aeroespacial, por exemplo, necessidades de segurança de qualidade pode se referir às características dimensionais da parte de compósito. Em alguns casos, um inspetor pode verificar o local de uma camada individual (por exemplo, usando calibradores) em poucas localizações para estimar se as características dimensionais de uma camada se desviam a partir da especificação da parte por mais do que uma tolerância de engenharia permitida. Enquanto o inspetor avalia a camada, o processo de produção pode ser interrompido desse modo introduzindo retardos relativamente longos para o processo de produção. Se o inspetor determina que a característica dimensional de uma camada não vai de encontro a tolerância de engenharia permitida (isto é, o inspetor identifica uma condição fora de tolerância), toda a parte de compósito pode ser rejeitada e descartada.

[0035] Adicionalmente, o inspetor pode realizar uma checagem final da parte de compósito uma vez que o processo de produção esteja completo. Por exemplo, o inspetor pode estimar um volume final da parte de compósito e determinar se o volume final está dentro das tolerâncias de engenharia permitidas da especificação da parte. Em alguns casos, o inspetor pode não identificar a condições fora de tolerância durante a inspeção das camadas individuais, mas o inspetor pode identificar uma condição fora de tolerância para a parte de compósito final. Isso pode ocorrer quando pequenas variações em camadas individuais se acumulam para coletivamente fazer com que a parte final seja fora de tolerância. Alternativamente, pelo fato do inspetor poder apenas verificar localmente as camadas individuais em uns poucos locais, o inspetor pode perder uma condição fora de tolerância para uma ou mais camadas.

[0036] Os sistemas e métodos existentes para formar uma parte de compósito são assim suscetíveis a retardos e/ou materiais de refugo em virtude dos processos de inspeção, as condições fora de tolerâncias, e/ou rejeições das partes de compósito formadas. Os sistemas e métodos para formar uma parte de compósito proporcionada pela presente descrição pode ajudar de modo benéfico a mitigar os referidos inconvenientes dos sistemas e métodos existentes. Em particular, os sistemas e métodos da presente descrição podem reduzir (ou eliminar) os retardos e os refugos por avaliar as camadas em uma base de camada-por-camada para identificar a condições fora de tolerância durante o processo de produção e, se uma condição fora de tolerância for identificada, ajustar de modo dinâmico uma ou mais etapas subsequentes no processo de produção para mitigar a condição fora de tolerância.

[0037] Dentro dos exemplos, após cortar cada camada, um dispositivo de medição pode fazer a leitura ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem de uma camada. Um controlador pode determinar as bordas de uma camada com base na imagem e dimensões de uma camada com base nas bordas. As dimensões determinadas podem incluir, por exemplo, a largura medida em múltiplos locais ao longo do comprimento de uma camada, uma linha central ao longo do comprimento de uma camada, a área de superfície medida de uma camada, e/ou um volume medido de uma camada. O controlador pode comparar as dimensões determinadas às dimensões alvo correspondentes para a camada, que são proporcionadas pela especificação da parte. Se for determinado, com base na comparação, de que uma condição fora de tolerância existe (ou que provavelmente exista durante as etapas subsequentes no processo), então o processo de produção é ajustado.

[0038] Em um exemplo, ajustar o processo de produção inclui

ajustar um ou mais parâmetros na especificação da parte, que são usados para cortar a camada subsequente. Por exemplo, se a largura medida de uma camada é determinada para ser muito estreita, o processo de produção pode ser ajustado para cortar a camada subsequente com uma largura aumentada. De modo similar, se a largura medida de uma camada é determinada para ser muito ampla, o processo de produção pode ser ajustado para cortar a camada subsequente com uma largura reduzida. Em exemplos adicionais ou alternativos, ajustar o processo de produção inclui adicionar material adicional à camada na pilha, reposicionar a camada na pilha, e/ou remover e cortar a camada de substituição. Dentro dos exemplos, o sistema pode implementar com vantagem os referidos ajustes dinâmicos ao processo de produção para responder às condições fora de tolerância sem interrupção, desse modo aumentando a eficiência de fabricação.

## **II. Exemplos de Partes de Compósito**

[0039] As figuras 1A-1C ilustram uma parte de compósito 100 de acordo com um exemplo. Em particular, a figura 1A ilustra uma vista plana de um lado da parte de compósito 100 em um plano X-Z de um sistema de coordenada 102, a figura 1B ilustra uma vista plana de um lado da parte de compósito 100 em um plano Y-Z do sistema de coordenada 102, e a figura 1C ilustra uma vista de topo da parte de compósito em um plano X-Y do sistema de coordenada 102. Para ilustrar mais claramente os aspectos da parte de compósito, as figuras 1A-1C não estão em escala uma em relação a outra.

[0040] Como mostrado nas figuras 1A-1C, a parte de compósito 100 inclui uma pluralidade de camadas 110 de material de compósito arranjada na pilha 112. Um exemplo de material de compósito que pode ser usado inclui um material leve, tal como uma fita ou tecido de reforço pré-impregnado não curado (isto é, "prepreg"). A fita ou tecido pode

incluir uma pluralidade de fibras tais como fibras de grafite que são embutidas dentro de um material de matriz, tal como um polímero, por exemplo, um polímero de epóxi ou fenólico. A fita ou tecido pode ser unidirecional ou tecido dependendo, por exemplo, de um grau de reforço desejado. As camadas 110 podem ser de qualquer dimensão adequada para proporcionar vários graus de reforço, e a parte de compósito 100 pode incluir qualquer quantidade de camadas de fita ou tecido de prepreg.

[0041] As camadas 110 são dispostas uma em cima da outra, e alinhadas em uma determinada dimensão e/ou determinada orientação. Uma quantidade de camadas 110 para ser empilhada pode depender da geometria de configuração final da parte de compósito 100, e assim, a parte de compósito 100 pode ser montada de modo a ter a desejada espessura em uma determinada orientação. Como mostrado na figura 1C, as camadas 110 no exemplo ilustrado são posicionadas na pilha 112 de modo que as camadas 110 são alinhadas sobre uma linha central comum 114, que se estende ao longo de um comprimento das camadas 110 em um ponto médio entre as duas bordas 116 das camadas 110. O alinhamento das camadas 110 sobre a linha central comum 114 pode facilitar de modo benéfico alcançar determinadas geometrias de partes da especificação da parte em alguns exemplos.

[0042] Como mostrado nas figuras 1A-1C, cada camada 110 tem um comprimento que se estende em uma direção paralela ao eixo Y do sistema de coordenada 102, a largura que se estende em uma direção paralela ao eixo X do sistema de coordenada 102, e uma altura que se estende em uma direção paralela ao eixo Z do sistema de coordenada 102. No exemplo ilustrado, as camadas 110 em geral têm os mesmos comprimentos e alturas, mas têm diferentes larguras. Também, no exemplo ilustrado, as camadas 110 são em geral retangulares e as

camadas 110 diminuem em largura a partir da camada mais ao fundo na pilha 112 para a camada mais em cima na pilha 112. Em exemplos adicionais ou alternativos, as camadas 110 podem ter diferentes formatos, tamanhos, e/ou orientações do que as ilustradas nas figuras 1A-1C.

### **III. Exemplos de Sistemas**

[0043] A figura 2 ilustra um diagrama simplificado de um sistema 200 para formar a parte de compósito 100 de acordo com um exemplo. Como mostrado na figura 2, o sistema 200 pode incluir um controlador 217, um dispositivo cortante 218, um dispositivo de posicionamento 220, um dispositivo de assentamento 222, um dispositivo de medição 224, um dispositivo de acionamento 226, um dispositivo curativo 228, e um dispositivo de entrada/saída 230. Os referidos componentes do sistema 200 pode ser conectado em qualquer modo, que inclui conexões com fio ou sem fio. Ademais, em alguns exemplos, os componentes do sistema 200 mostrados como uma única entidade pode ser distribuído entre múltiplas entidades físicas, e os componentes mostrados como múltiplas entidades podem ser incorporados como uma única entidade física.

[0044] O controlador 217 pode ser implementado usando hardware, software e/ou firmware. Por exemplo, o controlador 217 pode incluir um ou mais processadores 232 e um meio não transitório que pode ser lido por computador 234 (por exemplo, memória volátil e/ou não volátil) que armazena instruções de linguagem de máquina ou outras instruções executáveis. As instruções, quando executadas por um ou mais processadores, faz com que o controlador 217 realize as várias operações do sistema 200 descrito aqui.

[0045] Como mostrado na figura 2, o meio que pode ser lido por computador 234 armazena a especificação da parte 236, que especifica uma pluralidade de parâmetros que se referem a um processo de

produção para formar a parte de compósito 100. Como exemplos, a especificação da parte 236 pode incluir os parâmetros que se referem à quantidade de camadas 110 para a parte de compósito 100, uma ou mais dimensões alvo de cada camada 110, uma sequência para cortar as camadas 110, uma sequência para posicionar as camadas 110 no dispositivo de assentamento 222, a posição alvo de cada camada 110 na pilha 112, e/ou um volume alvo da pilha 112 em cada etapa no processo de produção. Em uma implementação, as dimensões alvo de cada camada 110 incluem a largura alvo em cada localização de uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada 110. Como exemplos adicionais ou alternativos, os parâmetros podem se referir a tolerâncias de engenharia, que pode proporcionar valores ou quantidades de limiar para determinar se irá ajustar o processo de produção como descrito em detalhes adicionais abaixo. Os parâmetros da especificação da parte 236 podem adicionalmente incluir instruções que podem ser lidas por computador que, quando executadas pelo controlador 217, a operação de controle dos componentes do sistema 200 para realizar um processo de produção para formar a parte de compósito 100.

[0046] Em um exemplo, o controlador 217 pode determinar a especificação da parte 236 com base, pelo menos em parte, no software implementado por computador que recebe informações que se referem ao desenho da parte de compósito 100 e gera os parâmetros para o sistema 200 a partir da informação. Por exemplo, o software pode incluir ferramentas de software de desenho com auxílio de computador (CAD) para especificar aspectos de desenhos da parte de compósito 100, que inclui aspectos de desenho que se referem a um ou mais dos parâmetros de exemplos descritos acima.

[0047] O dispositivo cortante 218 pode ser operado para cortar um material 238 em uma pluralidade de camadas 110, uma camada de

cada vez. Em um exemplo, o dispositivo cortante 218 inclui uma ferramenta de cortar que pode se mover ao longo de um ou mais eixos de máquina para seguir um trajeto de corte programado, que é com base na especificação da parte 236. Por exemplo, um ou mais parâmetros da especificação da parte 236 pode proporcionar coordenadas que correspondem a bordas alvo de uma camada 110 e a ferramenta cortante pode se mover ao longo do trajeto de cortar que inclui as coordenadas. As coordenadas para guiar o dispositivo cortante 218 pode ser com base nos parâmetros da especificação da parte 236 que especifica a largura alvo em cada localização da pluralidade de localizações ao longo do comprimento de cada camada 110. Como tal, o dispositivo cortante 218 corta a camada 110 para as dimensões alvo especificadas por parâmetros da especificação da parte 236 para a camada 110.

[0048] Em um exemplo, o dispositivo cortante 218 pode incluir uma máquina de controle numérico por computador (CNC) com um ou mais cortador(es) ultrassônico(s) cada um dos quais tendo uma faca de cortar acionada por um transdutor ultrassônico. O(s) cortador(es) ultrassônico(s) pode(m) ser acoplado(s) a uma cabeça de ferramenta que pode se mover ao longo de um ou mais eixos de máquina para seguir o trajeto de corte programado, que é com base na especificação da parte 236. Como exemplos adicionais ou alternativos, o dispositivo cortante 218 pode incluir um ou mais serras de fita, fresadoras, serras de sabre, trituradores de matriz, e/ou rodas de corte para cortar cada camada 110 a partir do material 238.

[0049] O dispositivo de assentamento 222 tem uma superfície de assentamento 240 na qual as camadas 110 são posicionadas para formar uma pilha 112. O dispositivo de assentamento 222 também tem uma região de medição 242, que inclui um volume de espaço livre que se estende a partir da superfície de assentamento 240 em direção do

dispositivo de medição 224 (como mostrado nas figuras 3A-3B descritas em detalhes adicionais abaixo). Como tal, o dispositivo de assentamento 222 recebe as camadas 110, uma camada de cada vez, na região de medição 242 quando as camadas 110 são posicionadas para formar a pilha 112 na superfície de assentamento 240.

[0050] Como mostrado na figura 2, o sistema 200 pode incluir um dispositivo de posicionamento 220 que facilita posicionar as camadas 110 na região de medição 242 do dispositivo de assentamento 222. Por exemplo, em uma implementação na qual o dispositivo cortante 218 é em uma primeira estação e o dispositivo de assentamento 222 é em uma segunda estação, o dispositivo de posicionamento 220 pode incluir um dispositivo de transporte para mover as camadas 110, uma camada de cada vez, a partir do dispositivo cortante 218 para o dispositivo de assentamento 222. Por exemplo, o dispositivo de posicionamento 220 pode incluir um ou mais carretéis para separar em kits cada camada 110 a partir do dispositivo cortante 218 para o dispositivo de assentamento 222.

[0051] Como outro exemplo, o dispositivo de posicionamento 220 pode incluir um ou mais robôs tendo extremidades executoras que podem fisicamente manipular cada camada 110 para posicionar a camada 110 uma em relação a outra na região de medição 242. Os robôs podem ser controlados com base na especificação da parte 236. Por exemplo, os parâmetros da especificação da parte 236 podem especificar as coordenadas no dispositivo de assentamento 222 para a posição alvo de cada camada 110, e o(s) robô(s) pode(m) mover a camada 110 para a localização alvo.

[0052] Como um exemplo adicional, o dispositivo de posicionamento 220 pode incluir uma matriz física e/ou uma matriz de luz projetada para facilitar o assentamento manual das camadas 110 na superfície de assentamento 240. A operação da(s) matriz(es) também



pode ser com base na especificação da parte 236. Por exemplo, a matriz de luz projetada pode projetar um padrão de luz, que indica a posição de cada camada 110, na superfície de assentamento 240 com base em coordenadas para o padrão de luz proporcionado por parâmetros da especificação da parte 236.

[0053] Em um exemplo alternativo ou adicional, o dispositivo de posicionamento 220 pode ser combinado com o dispositivo cortante 218. Por exemplo, em alguns exemplos, o dispositivo cortante 218 pode cortar cada camada 110 e posicionar a camada 110 no dispositivo de assentamento 222 substancialmente simultaneamente. Em uma implementação, o material 238 é disposto na pilha 112, o dispositivo cortante 218 então corta a próxima camada 110 a partir do material *in-situ* na pilha 112, e qualquer excesso de material 238 é removido. Em outra implementação, o dispositivo cortante 218 pode dispensar o material 238, cortar a camada 110 a partir do material 238, e posicionar a camada 110 em uma única operação contínua.

[0054] O dispositivo de medição 224 pode ser operado para fazer a leitura da região de medição 242 para determinar uma imagem da(s) camada(s) 110 na superfície de assentamento 240. Dentro dos exemplos, o dispositivo de medição 224 pode incluir um sensor de deslocamento (por exemplo, um sensor de deslocamento a laser e/ou um sensor de deslocamento ultrassônico) que pode medir, em uma pluralidade de pontos na região de medição 242, a distância entre (i) o dispositivo de medição 224 e (ii) a(s) camada(s) 110 na região de medição 242 e/ou a superfície de assentamento 240. A respectiva distância medida em cada ponto na região de medição 242 corresponde à respectiva medição da altura naquele ponto. As medições de altura obtidas pelo dispositivo de medição 224 podem ser espacialmente mapeadas para os respectivos pontos na região de medição 242 para determinar a imagem da(s) camada(s) 110 na região de medição 242.

[0055] Para facilitar fazer a leitura o dispositivo de medição 224 sobre os pontos na região de medição 242, o dispositivo de acionamento 226 pode ser operado para mover o dispositivo de medição 224 com relação à região de medição 242. Dentro dos exemplos, o dispositivo de acionamento 226 pode incluir um ou mais dispositivos de acionamento mecânico, dispositivos de acionamento hidráulico, dispositivos de acionamento pneumático, e/ou dispositivos de acionamento eletromecânico para mover o dispositivo de medição 224. Em um exemplo, o dispositivo de acionamento 226 pode incluir um dispositivo de acionamento linear que pode ser operado para mover o dispositivo de medição 224 em uma única dimensão ao longo de um comprimento da(s) camada(s) 110 na região de medição 242. Em outro exemplo, o dispositivo de acionamento 226 pode ser operado para mover o dispositivo de medição 224 em múltiplas dimensões. Mover o dispositivo de medição 224 em múltiplas dimensões pode ser benéfico, por exemplo, em implementações nas quais o dispositivo de medição 224 precisa ser movido para fazer a leitura sobre toda a largura da(s) camada(s) 110 e/ou a região de medição 242.

[0056] Em geral, o dispositivo de acionamento 226 pode ser operado para mover o dispositivo de medição 224 para permitir que o dispositivo de medição 224 obtenha a distância e/ou uma medição da altura em uma pluralidade de pontos na região de medição 242. Como um exemplo, o dispositivo de acionamento 226 pode ser operado para facilitar que o dispositivo de medição 224 obtenha a medição aproximadamente a cada 0,1 milímetros (isto é, aproximadamente 0,0039 polegadas) através da largura da região de medição 242 e aproximadamente a cada 4 milímetros (isto é, aproximadamente 0,1575 polegadas) ao longo do comprimento de região de medição 242. Assim, para a camada 110 que é aproximadamente 60 milímetros (isto é, aproximadamente 2,3622 polegadas) de largura e aproximadamente

185 milímetros (isto é, aproximadamente 7.2834 polegadas) de comprimento, o dispositivo de medição 224 mede a respectiva distância em aproximadamente 27750 pontos na região de medição 242.

[0057] As figuras 3A-3B ilustram vistas laterais do dispositivo de medição 224 fazendo a leitura de três das camadas 110 na região de medição 242 de acordo com um exemplo. Nas figuras 3A-3B, cada camada 110 tem um comprimento que se estende em uma direção paralela ao eixo Y do sistema de coordenada 102, a largura que se estende em uma direção paralela ao eixo X do sistema de coordenada 102, e uma altura que se estende em uma direção paralela ao eixo Z do sistema de coordenada 102. Para ilustrar mais claramente os aspectos das referidas características, as figuras 3A-3B não estão em escala uma em relação a outra.

[0058] Como mostrado nas figuras 3A-3B, as camadas 110 são arranjadas na pilha 112 na superfície de assentamento 240, que é uma superfície plana que se estende em um primeiro plano da região de medição 242 (por exemplo, um plano paralelo ao plano X-Y do sistema de coordenada 102). Como também mostrado nas figuras 3A-3B, o dispositivo de medição 224 pode se mover ao longo de uma pista 344 acima da superfície de assentamento 240 a partir de uma primeira extremidade 242A da região de medição 242 para uma segunda extremidade 242B da região de medição 242. A pista 344 assim guia o movimento do dispositivo de medição 224 em um segundo plano, que é paralelo em uma distância fixa acima do primeiro plano. Isso permite que o dispositivo de medição 224 faça a leitura ao longo do comprimento das camadas 110 em um modo de cima para baixo.

[0059] Com referência de volta à figura 2, o dispositivo de curar 228 pode ser operado para curar a pilha 112. Por exemplo, o dispositivo curativo 228 pode incluir uma autoclave e/ou um sistema de saco de vácuo para aplicar calor e/ou pressão nas camadas 110 da pilha 112.

[0060] A unidade de entrada/saída 230 inclui um ou mais dispositivos configurados para receber as informações a partir de e/ou proporcionar informações a um usuário. Por exemplo, a unidade de entrada/saída 230 pode incluir uma tela que é configurada para emitir informação ao usuário. Em uma implementação, a tela é uma tela de toque configurada para emitir informação ao usuário e receber informação do usuário. A unidade de entrada/saída 230 pode adicionalmente e/ou alternativamente incluir um ou mais botões, chaves, alavancas, microfones, etc., configurados para receber informações do usuário e/ou um ou mais alto-falantes, luzes indicadoras, etc., configurados para apresentar informações visuais/auditivas para o usuário. Como descrito acima, a unidade de entrada/saída 230 é acoplada em modo comunicativo ao controlador 217 para receber as informações a partir do usuário e/ou proporcionar as informações ao usuário.

[0061] Dentro dos exemplos, o sistema 200 pode ser configurado para operar de modo autônomo e/ou semiautônomo. Adicionalmente, o sistema 200 é mostrado na figura 2 apenas para fins ilustrativos de acordo com um exemplo, e pode incluir mais ou menos componentes em exemplos adicionais ou alternativos.

#### **IV. Exemplos de Operações**

[0062] Em operação, o sistema 200 realiza um processo de produção que inclui uma sequência de operações para formar uma parte de compósito 100. Dentro dos exemplos, o processo de produção inclui (i) cortar, pelo dispositivo cortante 218 com base na especificação da parte 236, uma pluralidade de camadas 110 de material em uma sequência uma camada de cada vez, (ii) posicionar, uma camada de cada vez e com base na especificação da parte 236, as camadas para formar a pilha 112 na região de medição 242 do dispositivo de assentamento 222, (iii) após posicionar cada camada 110, avaliar a

camada 110 para decidir se irá ajustar o processo de produção antes de cortar a próxima camada na sequência, e (iv) se a decisão for de ajustar o processo de produção, então determinar e implementar um ajuste para o processo de produção com base na avaliação.

[0063] Para cortar as camadas, o dispositivo cortante 218 primeiro recebe o material 238 a partir de um suprimento de material. O dispositivo cortante 218 então corta, com base na especificação da parte 236, as camadas 110 de material 238 em uma sequência uma camada de cada vez. Como descrito acima, a operação do dispositivo cortante 218 pode ser controlada com base nos parâmetros da especificação da parte 236. Por exemplo, o dispositivo cortante 218 pode cortar uma quantidade programada de camadas em uma sequência programada para dimensões programadas com base nos parâmetros da especificação da parte 236.

[0064] Em uma implementação, o dispositivo cortante 218 pode cortar cada camada 110 por se mover ao longo de um trajeto de corte programado com base em coordenadas especificadas pelos parâmetros da especificação da parte 236 para a camada 110. As coordenadas proporcionadas pela especificação da parte 236 podem assim facilitar a cortar cada camada 110 de acordo com um ou mais larguras alvo em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada 110. Em uma implementação, as coordenadas podem representar pontos de viragem nos quais as mudanças com relação à largura alvo de uma camada 110 são desejadas.

[0065] As camadas 110 são posicionadas, uma camada de cada vez e com base na especificação da parte 236, para formar a pilha 112 na região de medição 242 do dispositivo de assentamento 222. Por exemplo, o dispositivo de posicionamento 220 pode posicionar as camadas 110 uma em relação a outra com base nas coordenadas especificadas pelos parâmetros da especificação da parte 236. As

coordenadas podem representar as posições alvo para as camadas 110. Em uma implementação, as posições alvo das camadas 110 são configuradas para alinhar a linha central 114 de cada camada 110 com a linha central 114 das outras camadas 110 na pilha 112.

[0066] Como descrito acima, posicionar as camadas 110 com base na especificação da parte 236 pode adicionalmente ou alternativamente incluir posicionar as camadas 110, uma camada de cada vez, de acordo com a sequência das camadas 110 especificada pela especificação da parte 236. Dentro dos exemplos, uma primeira camada 110 na sequência é posicionada na superfície de assentamento 240 para iniciar a formação da pilha 112, e cada camada subsequente 110 na sequência é então posicionada em cima da camada precedente 110 na sequência.

[0067] Para avaliar cada camada 110 após a camada 110 ser posicionada na região de medição 242 e antes de cortar a próxima camada na sequência, o dispositivo de medição 224 faz uma leitura ao longo do comprimento de uma camada 110 para determinar uma imagem da camada 110. Em um exemplo, ao mesmo tempo em que faz a leitura ao longo do comprimento de uma camada 110, o dispositivo de medição 224 mede uma altura em uma pluralidade de pontos na região de medição 242. O dispositivo de medição 224 e/ou o controlador 217 pode então espacialmente mapear a altura medida em cada ponto para a região de medição 242 para formar a imagem. Em uma implementação, o controlador 217 também gera uma representação gráfica de uma imagem por codificar uma pluralidade de valores em escala de cinza para as diferentes medições de altura. O dispositivo de entrada/saída 230 pode emitir a representação gráfica para um operador.

[0068] Com base na imagem, o controlador 217 determina pelo menos duas bordas 116 de uma camada 110. Por exemplo, o controlador 217 pode determinar um primeiro conjunto de uma

pluralidade de pontos na região de medição 242 e um segundo conjunto de uma pluralidade de pontos na região de medição na qual a altura medida muda mais do que uma quantidade limiar. A quantidade limiar pode ser com base, por exemplo, na espessura de uma camada 110.

[0069] A figura 4A ilustra um gráfico 400 das alturas medidas nos pontos na região de medição 242 para uma única localização ao longo do comprimento de uma camada 110 de acordo com um exemplo, e a figura 4B ilustra um gráfico 402 de uma inclinação do gráfico mostrado na figura 4A. Como mostrado nas figuras 4A-4B, as bordas 116 de uma camada 110 são indicadas pelos pontos 404 nos quais a altura medida e, assim, a inclinação muda mais do que a quantidade limiar. Como um exemplo, a quantidade limiar pode ser uma mudança da inclinação por aproximadamente 0,0025 no exemplo ilustrado da figura 4B.

[0070] Com base em pelo menos duas bordas 116, o controlador 217 determina a largura medida em cada um dos locais ao longo do comprimento de uma camada 110. Por exemplo, o controlador 217 pode determinar a largura medida em cada localização por determinar a distância entre o ponto no primeiro conjunto e o ponto no segundo conjunto que corresponde às bordas 116 de uma camada 110 na localização.

[0071] O controlador 217 então realiza a comparação da largura medida de uma camada 110 em cada localização com relação à largura alvo na localização, que é especificada pelos parâmetros da especificação da parte 236. O controlador 217 em seguida decide, com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção antes de cortar a próxima camada na sequência. Por exemplo, o controlador 217 pode realizar a comparação por determinar a diferença entre a largura medida e a largura alvo em cada localização e então determina se a diferença é maior do que a quantidade limiar. Se a diferença entre a largura medida e a largura alvo for pelo menos uma localização que é

maior do que a quantidade limiar, o controlador 217 pode decidir ajustar o processo de produção. Em um exemplo, a quantidade limiar para uma diferença entre a largura medida e a largura alvo pode ser aproximadamente 0,762 milímetros (isto é, aproximadamente 0,03 polegadas).

[0072] Como outro exemplo, o controlador 217 pode realizar a comparação por determinar a diferença entre a localização de uma transição nas larguras medidas com relação à localização de uma transição para as larguras alvo. Por exemplo, em algumas implementações, a especificação da parte 236 pode especificar as larguras alvo que mudam com o comprimento da camada 110. A localização na qual a largura alvo muda pode ser referida como a localização da transição da largura. Nas referidas implementações, o controlador 217 pode determinar, com base nas larguras medidas, um ou mais locais de transição de largura e determinar a diferença entre a(s) localização(ões) da transição da larguras das larguras medidas e a(s) localização(ões) correspondente da transição da largura(s) das larguras alvo. Se a diferença entre os locais de transição de largura das larguras medida e alvo é maior do que a quantidade limiar, o controlador 217 pode decidir ajustar o processo de produção. Em um exemplo, a quantidade limiar para a diferença em locais de transição de largura das larguras medidas e alvo pode ser aproximadamente 2,54 milímetros (isto é, aproximadamente 0,1 polegadas).

[0073] A figura 5A ilustra um gráfico 500 das larguras alvo em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada 110 de acordo com um exemplo. Como mostrado na figura 5A, as larguras alvo podem mudar em uma pluralidade de localizações de transição de largura 508 no presente exemplo. A figura 5B ilustra uma vista ampliada de uma porção do gráfico 500 mostrado na figura 5A em um exemplo de localização da transição. Adicionalmente, a figura 5B



ilustra a largura alvo com base na especificação da parte 236, uma largura máxima permitida de uma camada com base na quantidade limiar para a diferença entre a largura medida e a largura alvo, e a largura mínima permitida com base na quantidade limiar. No exemplo da figura 5B, a quantidade limiar é 0,762 milímetros (isto é, aproximadamente 0,03 polegadas). A figura 5B adicionalmente ilustra a localização máxima permitida da transição da largura e a localização mínima permitida da transição da largura com base na largura alvo e a quantidade limiar de 2,54 milímetros (isto é, aproximadamente 0,1 polegadas) para a diferença em locais de transição de largura.

[0074] Se o controlador 217 decide ajustar o processo de produção, então o processo de produção é ajustado com base na comparação da largura medida com relação à largura alvo em cada localização. Em um exemplo, o controlador 217 ajusta o processo de produção por ajustar, com base na diferença entre a largura medida e a largura alvo em cada localização, pelo menos um parâmetro da especificação da parte 236 para cortar a próxima camada. Por exemplo, se a largura medida de uma camada 110 é menor do que a largura alvo em uma primeira localização, o controlador 217 pode ajustar o(s) parâmetro(s) da especificação da parte 236 por aumentar a largura alvo na primeira localização para a próxima camada na especificação da parte 236. De modo similar, se a largura medida de uma camada 110 é maior do que a largura alvo na primeira localização, o controlador 217 pode ajustar o(s) parâmetro(s) da especificação da parte 236 por reduzir a largura alvo na primeira localização para a próxima camada na especificação da parte 236. Assim, quando o processo de produção prossegue com cortar a próxima camada 110, o dispositivo cortante 218 será programado para seguir um trajeto de corte ajustado através do material para mitigar a condição fora de tolerância identificada durante a avaliação de uma camada 110.

[0075] Em exemplos adicionais ou alternativos, o controlador 217 pode ajustar o(s) parâmetro(s) da especificação da parte 236 por aumentar e/ou reduzir a largura alvo para mais do que uma das camadas restantes 110 na pilha 112. Por exemplo, o controlador 217 pode ajustar o(s) parâmetro(s) da especificação da parte 236 por aumentar e/ou reduzir a largura alvo para as próximas duas camadas 110, as próximas três camadas 110, as próximas quatro camadas 110, etc. na pilha 112. Isso pode proporcionar a mitigação de uma condição fora de tolerância por ajustes menores das múltiplas camadas 110 em vez de um ajuste comparativamente grande em uma única camada 110.

[0076] Em exemplos adicionais ou alternativos, ajustar o processo de produção inclui adicionar material adicional à camada 110 na pilha 112. Por exemplo, o controlador 217 pode determinar, com base na diferença entre a largura medida e a largura alvo na localização, uma quantidade do material para adicionar à camada 110 na localização. A determinada quantidade de material de compósito é então adicionada à camada 110 na localização para mitigar a condição fora de tolerância.

[0077] Em exemplos adicionais ou alternativos, ajustar o processo de produção inclui remover e cortar a camada de substituição 110 antes de cortar a próxima camada na sequência. Por ajustar o processo de produção com base na avaliação de uma camada 110 antes de cortar a próxima camada na sequência, o sistema 200 pode implementar de modo vantajoso os referidos ajustes dinâmicos para o processo de produção para responder às condições fora de tolerância sem interrupção, desse modo aumentando a eficiência da fabricação.

[0078] Dentro dos exemplos, o controlador 217 adicionalmente ou alternativamente avalia a camada 110 por determinar, com base em pelo menos duas bordas 116, uma linha central 114 de uma camada e comparar a linha central 114 à linha central de referência. Por exemplo, o controlador 217 pode determinar a linha central 114 por determinar

um conjunto de pontos na região de medição 242 que são igualmente espaçados entre as bordas 116 de uma camada 110 ao longo do comprimento de uma camada 110. A linha central de referência pode ser a linha central 114 da primeira camada na sequência. O controlador 217 pode comparar a linha central 114 de uma camada 110 à linha central de referência por determinar a diferença entre a linha central 114 de uma camada 110 e a linha central de referência, e determinar se a diferença é maior do que a quantidade limiar.

[0079] Em um exemplo, se o controlador 217 determina que a diferença é maior do que a quantidade limiar, então a camada 110 é reposicionada na pilha 112 para reduzir a diferença entre a linha central 114 de uma camada 110 e a linha central de referência. Em outro exemplo, se o controlador 217 determina que a diferença é maior do que a quantidade limiar, então a camada 110 é removida a partir da pilha 112 e recortada para reduzir a diferença entre a linha central 114 de uma camada 110 e a linha central de referência.

[0080] Também, dentro dos exemplos, o controlador 217 adicionalmente ou alternativamente avalia a camada 110 por determinar, com base em pelo menos duas bordas 116, a área de superfície de uma camada. Com base na determinada área de superfície de uma camada 110 e a espessura conhecida de uma camada 110, o controlador 217 pode determinar o volume da pilha 112 que existe na região de medição 242 após a camada 110 ser posicionada. O controlador 217 então compara o volume medido ao volume alvo da pilha 112 esperado para estar na região de medição 242 nesse estágio do processo de produção. A especificação da parte 236 pode especificar o volume alvo para cada estágio do processo de produção.

[0081] O controlador 217 então decide, com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo, se irá ajustar pelo menos um parâmetro da especificação da parte 236 para cortar a

próxima camada na sequência. Por exemplo, o controlador 217 pode determinar se a diferença entre o volume medido e o volume alvo é maior do que a quantidade limiar e, se assim for, então o controlador 217 pode decidir ajustar o(s) parâmetro(s). Se o controlador 217 decide ajustar o(s) parâmetro(s), então o controlador 217 pode ajustar pelo menos um parâmetro da especificação da parte 236 para cortar a próxima camada.

[0082] Por exemplo, se o volume medido é menor do que o volume alvo, o controlador 217 pode ajustar o(s) parâmetro(s) da especificação da parte 236 por aumentar a largura alvo em um ou mais locais para a próxima camada na especificação da parte 236. De modo similar, se o volume medido é maior do que o volume alvo, o controlador 217 pode ajustar o(s) parâmetro(s) da especificação da parte 236 por reduzir a largura alvo em um ou mais locais para a próxima camada na especificação da parte 236. Assim, quando o processo de produção prossegue com cortar a próxima camada, o dispositivo cortante 218 será programado para seguir um trajeto de corte ajustado através do material para mitigar o risco da parte de compósito 100 ter um volume inaceitável com a conclusão do processo de produção.

[0083] Em exemplos adicionais ou alternativos, ajustar o processo de produção inclui adicionar material adicional à camada 110 na pilha 112 e/ou remover e cortar a camada de substituição 110 antes de cortar a próxima camada na sequência para mitigar o risco da parte de compósito 100 ter um volume inaceitável.

[0084] Após todas as camadas 110 terem sido cortadas e posicionadas na pilha 112, o dispositivo curativo 228 cura as camadas 110. Por exemplo, o dispositivo curativo 228 pode aplicar calor e/ou pressão para curar a pilha de camadas na parte de compósito final 100 tendo dimensões e propriedades de acordo com a configuração da especificação da parte 236.

[0085] Com referência agora à figura 6, um gráfico de fluxo para um processo 600 para formar uma parte de compósito é ilustrado de acordo com um exemplo. No bloco 610, o processo 600 inclui cortar, com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas de material em uma sequência uma camada de cada vez. A especificação da parte especifica os parâmetros para um processo de produção para formar a parte de compósito. No bloco 612, o processo 600 inclui posicionar, uma camada de cada vez e com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas para formar a pilha na região de medição de um dispositivo de assentamento.

[0086] No bloco 614, o processo 600 inclui, para cada camada, após posicionar a camada e antes de cortar a próxima camada na sequência, realizar uma pluralidade de etapas que incluem os blocos 614A-614F. Como mostrado no bloco 614A, as etapas incluem fazer a leitura ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem da camada. No bloco 614B, as etapas incluem determinar, com base na imagem, pelo menos duas bordas de uma camada. No bloco 614C, as etapas incluem determinar, com base em pelo menos duas bordas, a largura medida em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada. No bloco 614D, as etapas incluem realizar a comparação da largura medida de uma camada em cada localização com relação à largura alvo na localização. Os parâmetros especificados pela especificação da parte incluem a largura alvo em cada localização ao longo do comprimento de camada.

[0087] No bloco 614E, as etapas incluem decidir, com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção. No bloco 614F, se a decisão for de ajustar o processo de produção no bloco 614E, então as etapas incluem ajustar o processo de produção com base na comparação da largura medida com relação à largura alvo em cada localização. Para pelo menos uma camada, a decisão no bloco 614E é

de ajustar o processo de produção.

[0088] As figuras 7-18 ilustram aspectos adicionais do processo 600 de acordo com exemplos adicionais. Como mostrado na figura 7, fazer a leitura ao longo do comprimento de uma camada para determinar a imagem no bloco 614A pode incluir medir a respectiva altura em cada ponto para uma pluralidade de pontos na região de medição no bloco 616, e determinar a imagem por mapeamento espacial a altura medida em cada ponto para a região de medição no bloco 618. Como mostrado na figura 8, detectar pelo menos duas bordas no bloco 614B pode incluir determinar um primeiro conjunto de uma pluralidade de pontos e um segundo conjunto de uma pluralidade de pontos nos quais a altura medida muda mais do que a quantidade limiar no bloco 720.

[0089] Como mostrado na figura 9, ajustar o processo de produção no bloco 614F inclui determinar a diferença entre a largura medida e a largura alvo na primeira localização de uma pluralidade de localizações no bloco 622, e ajustar, com base na diferença, pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência no bloco 624.

[0090] Como mostrado na figura 10, ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte no bloco 624 pode incluir aumentar a largura alvo na primeira localização para a próxima camada na especificação da parte no bloco 624A, onde a largura medida é menor do que a largura alvo na primeira localização. Como mostrado na figura 11, ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte no bloco 624 pode incluir reduzir a largura alvo na primeira localização para a próxima camada na especificação da parte no bloco 624B, onde a largura medida é maior do que a largura alvo na primeira localização.

[0091] Como mostrado na figura 12, ajustar o processo de produção no bloco 614F inclui determinar a diferença entre a largura medida e a largura alvo na primeira localização de uma pluralidade de localizações

no bloco 626, determinar, com base na diferença, uma quantidade de material para adicionar à camada na primeira localização no bloco 628, e adicionar a quantidade de material à camada na primeira localização no bloco 630.

[0092] Como mostrado na figura 13, ajustar o processo de produção no bloco 614F inclui remover a camada a partir da pilha no bloco 632, cortar a camada de substituição do material no bloco 634, e após cortar a camada de substituição no bloco 632 e remover a camada a partir da pilha no bloco 634, posicionar a camada de substituição na pilha no bloco 636.

[0093] Como mostrado na figura 14, o processo 600 pode também incluir determinar, no bloco 638, a linha central de referência da primeira camada na sequência com base em pelo menos duas bordas determinadas para a primeira camada no bloco 614C. No bloco 640, o processo 600 adicionalmente inclui, para cada camada na sequência após a primeira camada, realizar uma pluralidade de etapas mostradas nos blocos 640A-640D. No bloco 640A, as etapas incluem determinar a linha central de uma camada com base em pelo menos duas bordas determinada para a camada. No bloco 640B, as etapas incluem determinar a diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência. No bloco 640C, as etapas incluem determinar se a diferença é maior do que a quantidade limiar. No bloco 640D, em resposta à diferença ser maior do que a quantidade limiar, as etapas incluem reposicionar a camada na pilha para reduzir a diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência.

[0094] Como mostrado na figura 15, no bloco 642, o processo 600 pode também incluir, para cada camada, realizar uma série de etapas mostradas nos blocos 642A-642E. No bloco 642A, o processo 600 inclui determinar, com base em pelo menos duas bordas, a área de superfície de uma camada. No bloco 642B, o processo 600 inclui determinar, com

base na área de superfície, um volume medido da pilha na região de medição. No bloco 642C, o processo 600 inclui comparar o volume medido a um volume alvo da pilha na região de medição. A especificação da parte especifica o volume alvo. No bloco 642D, o processo 600 inclui decidir, com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo, se irá ajustar pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência. No bloco 642E, se for decidido no bloco 642D ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte, então o processo inclui ajustar o pelo menos um parâmetro com base na comparação. Para pelo menos uma camada, a decisão com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo no bloco 642D é de ajustar o pelo menos um parâmetro.

[0095] Como mostrado na figura 16, ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada no bloco 642E inclui reduzir a largura alvo para pelo menos uma localização ao longo do comprimento da próxima camada no bloco 644, onde o volume medido é maior do que o volume alvo. Como mostrado na figura 17, ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada no bloco 642E inclui aumentar a largura alvo para pelo menos uma localização ao longo do comprimento da próxima camada no bloco 646, onde o volume medido é menor do que o volume alvo.

[0096] Como mostrado na figura 18, fazer a leitura ao longo do comprimento de uma camada no bloco 614A pode incluir, no bloco 648, mover um sensor de deslocamento a laser a partir da primeira extremidade da região de medição para a segunda extremidade da região de medição em um segundo plano que é paralelo ao primeiro plano. A pilha é posicionada na superfície plana que se estende no primeiro plano da região de medição, e o primeiro plano está a uma



distância fixa a partir do segundo plano.

## **V. Exemplos de Variações**

[0097] No exemplo ilustrado nas figuras 3A-3B, a superfície de assentamento 240 é uma superfície plana; entretanto, em outro exemplo, a superfície de assentamento 240 pode ser uma superfície em um mandril tendo um formato tridimensional. Adicionalmente, nos exemplos ilustrados nas figuras 1A-1C e nas figuras 3A-3B, as camadas têm formatos substancialmente retangulares; entretanto, em exemplos adicionais ou alternativos, as camadas podem ter diferentes formatos e tamanhos.

[0098] Pelos termos "substancialmente" ou "cerca de" usados neste relatório descritivo, significa que a característica, parâmetro ou valor recitado não precisa ser alcançado exatamente, mas que os desvios ou variações, que incluem, por exemplo, tolerâncias, erros de medição, limitações da precisão da medição e outros fatores conhecidos daqueles versados na técnica, podem ocorrer em quantidades que não impeçam o efeito da característica que foi pretendida proporcionar.

[0099] Exemplos de aspectos foram descritos acima. Após estudar as configurações, exemplos, e arranjos descritos neste relatório descritivo, os versados na técnica podem vir a entender, entretanto, que mudanças e modificações podem ser produzidas sem se desviar a partir do verdadeiro espírito e âmbito da presente descrição. A descrição dos diferentes aspectos vantajosos foi apresentada com objetivo de ilustração e de descrição, e não é pretendido que sejam exaustivas ou limitadas às formas descritas. Após a revisão da presente descrição, muitas modificações e variações se tornarão aparentes para aqueles versados na técnica. Adicionalmente, diferentes aspectos vantajosos podem proporcionar diferentes vantagens em comparação a outros aspectos vantajosos. Os exemplos dos aspectos selecionados são escolhidos e descritos de modo a explicar os princípios da descrição, a

aplicação prática, e para permitir que outros versados na técnica entendam a descrição com várias modificações como são adequadas para o uso particular contemplado.

[00100] Adicionalmente, a descrição compreende exemplos de acordo com as cláusulas a seguir:

1. Método para formar uma parte de compósito, que compreende:

[00101] cortar, com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas de material em uma sequência uma camada de cada vez, em que a especificação da parte especifica os parâmetros para um processo de produção para formar a parte de compósito;

[00102] posicionar, uma camada de cada vez e com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas para formar a pilha na região de medição de um dispositivo de assentamento;

[00103] para cada camada, após posicionar a camada e antes de cortar a próxima camada na sequência:

[00104] fazer a leitura ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem de uma camada;

[00105] determinar, com base na imagem, pelo menos duas bordas de uma camada;

[00106] determinar, com base em pelo menos duas bordas, a largura medida em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada;

[00107] realizar a comparação da largura medida de uma camada em cada localização com relação à largura alvo na localização, em que os parâmetros especificados pela especificação da parte compreendem a largura alvo em cada localização ao longo do comprimento de uma camada;

[00108] decidir, com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção; e

[00109] se a decisão for de ajustar o processo de produção, então ajustar o processo de produção com base na comparação da largura medida com relação à largura alvo em cada localização,

[00110] em que, para pelo menos uma camada, a decisão seja de ajustar o processo de produção.

2. Método, de acordo com a cláusula 1, em que fazer a leitura ao longo do comprimento de uma camada para determinar a imagem compreende:

[00111] medir a respectiva altura em cada ponto para uma pluralidade de pontos na região de medição; e

[00112] determinar a imagem por mapeamento espacial a altura medida em cada ponto para a região de medição.

3. Método, de acordo com a cláusula 2, em que determinar pelo menos duas bordas compreende determinar um primeiro conjunto de uma pluralidade de pontos e um segundo conjunto de uma pluralidade de pontos nos quais a altura medida muda por mais do que a quantidade limiar.

4. Método, de acordo com a cláusula 1, em que ajustar o processo de produção compreende:

[00113] determinar a diferença entre a largura medida e a largura alvo na primeira localização de uma pluralidade de localizações; e

[00114] ajustar, com base na diferença, pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência.

5. Método, de acordo com a cláusula 4, em que a largura medida é menor do que a largura alvo na primeira localização, e

[00115] em que ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte compreende aumentar a largura alvo na primeira localização para a próxima camada na especificação da parte.

6. Método, de acordo com a cláusula 4, em que a largura medida é maior do que a largura alvo na primeira localização, e

[00116] em que ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte compreende reduzir a largura alvo na primeira localização para a próxima camada na especificação da parte.

7. Método, de acordo com a cláusula 1, em que ajustar o processo de produção compreende:

[00117] determinar a diferença entre a largura medida e a largura alvo na primeira localização de uma pluralidade de localizações;

[00118] determinar, com base na diferença, uma quantidade do material para adicionar à camada na primeira localização; e

[00119] adicionar a quantidade de material à camada na primeira localização.

8. Método, de acordo com a cláusula 1, em que ajustar o processo de produção compreende:

[00120] remover a camada a partir da pilha;

[00121] cortar a camada de substituição do material; e

[00122] após cortar a camada de substituição e remover a camada a partir da pilha, posicionar a camada de substituição na pilha.

9. Método, de acordo com a cláusula 1, adicionalmente que compreende:

[00123] determinar a linha central de referência da primeira camada na sequência com base em pelo menos duas bordas determinadas para a primeira camada;

[00124] para cada camada na sequência após a primeira camada:

[00125] determinar a linha central de uma camada com base em pelo menos duas bordas determinada para a camada;

[00126] determinar a diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência;

[00127] determinar se a diferença é maior do que a quantidade limiar; e

[00128] em resposta à diferença ser maior do que a quantidade

limiar, reposicionar a camada na pilha para reduzir a diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência.

10. Método, de acordo com a cláusula 1, adicionalmente compreendendo:

[00129] para cada camada:

[00130] determinar, com base em pelo menos duas bordas, a área de superfície de uma camada;

[00131] determinar, com base na área de superfície, um volume medido da pilha na região de medição;

[00132] comparar o volume medido a um volume alvo da pilha na região de medição, em que a especificação da parte especifica o volume alvo;

[00133] decidir, com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo, se irá ajustar pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência; e

[00134] se for decidido ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte, então ajustar o pelo menos um parâmetro com base na comparação,

[00135] em que, para pelo menos uma camada, a decisão com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo seja de ajustar o pelo menos um parâmetro.

11. Método, de acordo com a cláusula 10, em que o volume medido é maior do que o volume alvo, e

[00136] em que ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada compreende reduzir a largura alvo para pelo menos uma localização ao longo do comprimento da próxima camada.

12. Método, de acordo com a cláusula 10, em que o volume medido é menor do que o volume alvo, e

[00137] em que ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação

da parte para cortar a próxima camada compreende aumentar a largura alvo para pelo menos uma localização ao longo do comprimento da próxima camada.

13. Método, de acordo com a cláusula 1, em que a pilha é posicionada na superfície plana que se estende em um primeiro plano da região de medição,

[00138] em que fazer a leitura ao longo do comprimento de uma camada compreende mover um sensor de deslocamento a laser a partir da primeira extremidade da região de medição para a segunda extremidade da região de medição em um segundo plano que é paralelo ao primeiro plano, e

[00139] em que o primeiro plano está a uma distância fixa a partir do segundo plano.

14. Sistema para formar uma parte de compósito, que compreende:

[00140] um dispositivo cortante para cortar, uma camada de cada vez, uma pluralidade de camadas de material;

[00141] uma região de medição para receber uma pluralidade de camadas, uma camada de cada vez, para formar uma pilha;

[00142] um dispositivo de medição para fazer a leitura da região de medição; e

[00143] um controlador configurado para:

[00144] fazer com que o dispositivo cortante corte, com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas uma camada de cada vez em uma sequência, em que a especificação da parte especifica os parâmetros para um processo de produção para formar a parte de compósito, e

[00145] para cada camada, após receber a camada na região de medição e antes de fazer com que o dispositivo cortante corte a próxima camada na sequência:

[00146] fazer com que o dispositivo de medição faça a leitura ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem de uma camada;

[00147] determinar, com base na imagem, pelo menos duas bordas de uma camada;

[00148] determinar, com base em pelo menos duas bordas, a largura medida em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada;

[00149] realizar a comparação da largura medida de uma camada em cada localização com relação à largura alvo na localização, em que os parâmetros especificados pela especificação da parte compreendem a largura alvo em cada localização ao longo do comprimento de uma camada;

[00150] decidir, com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção; e

[00151] se a decisão for de ajustar o processo de produção, então ajustar, com base na comparação, pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência,

[00152] em que, para pelo menos uma camada, a decisão seja de ajustar o processo de produção.

15. Sistema, de acordo com a cláusula 14, em que o dispositivo de medição é um sensor de deslocamento a laser.

16. Sistema, de acordo com a cláusula 14, em que o controlador é adicionalmente configurado para:

[00153] determinar a linha central de referência da primeira camada na sequência com base em pelo menos duas bordas determinada para a primeira camada;

[00154] para cada camada na sequência após a primeira camada:

[00155] determinar a linha central de uma camada com base em pelo menos duas bordas determinada para a camada;

[00156] determinar a diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência;

[00157] determinar se a diferença é maior do que a quantidade limiar; e

[00158] em resposta à diferença ser maior do que a quantidade limiar, reposicionar a camada na pilha para reduzir a diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência.

17. Sistema, de acordo com a cláusula 14, em que o controlador é adicionalmente configurado para:

[00159] para cada camada:

[00160] determinar, com base em pelo menos duas bordas, a área de superfície de uma camada;

[00161] determinar, com base na área de superfície, um volume medido da pilha na região de medição;

[00162] comparar o volume medido a um volume alvo da pilha na região de medição, em que a especificação da parte especifica o volume alvo;

[00163] decidir, com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo, se ajustar pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência; e

[00164] se for decidido ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte, então ajustar o pelo menos um parâmetro com base na comparação,

[00165] em que, para pelo menos uma camada, a decisão com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo seja de ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte.

18. A meio não transitório que pode ser lido por computador tendo armazenado no mesmo, instruções de programa que quando executadas por um controlador, fazem com que uma parte do sistema de produção de compósito realize um conjunto de atos, em que a parte



de sistema de produção de compósito inclui um dispositivo cortante para cortar uma pluralidade de camadas de material, a região de medição para receber uma pluralidade de camadas para formar a pilha, e um dispositivo de medição para fazer a leitura da região de medição, o conjunto de atos que compreende:

[00166] cortar, pelo dispositivo cortante e com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas uma camada de cada vez em uma sequência, em que a especificação da parte especifica os parâmetros para um processo de produção para formar a parte de compósito;

[00167] posicionar, uma camada de cada vez e com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas para formar a pilha na região de medição; e

[00168] para cada camada, após posicionar a camada e antes de cortar a próxima camada na sequência:

[00169] fazer a leitura, pelo dispositivo de medição, ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem de uma camada;

[00170] determinar, com base na imagem, pelo menos duas bordas de uma camada;

[00171] determinar, com base em pelo menos duas bordas, a largura medida em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada;

[00172] realizar a comparação da largura medida de uma camada em cada localização com relação à largura alvo na localização, em que os parâmetros especificados pela especificação da parte compreendem a largura alvo em cada localização ao longo do comprimento de uma camada;

[00173] decidir, com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção; e

[00174] se a decisão for de ajustar o processo de produção, então ajustar, com base na comparação, pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência,

[00175] em que, para pelo menos uma camada, a decisão seja de ajustar o processo de produção.

19. Meio não transitório que pode ser lido por computador, de acordo com a cláusula 18, em que o conjunto de atos adicionalmente compreende:

[00176] determinar a linha central de referência da primeira camada na sequência com base em pelo menos duas bordas determinada para a primeira camada;

[00177] para cada camada na sequência após a primeira camada:

[00178] determinar a linha central de uma camada com base em pelo menos duas bordas determinadas para a camada;

[00179] determinar a diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência;

[00180] determinar se a diferença é maior do que a quantidade limiar; e

[00181] em resposta à diferença ser maior do que a quantidade limiar, reposicionar a camada na pilha para reduzir a diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência.

20. Meio não transitório que pode ser lido por computador, de acordo com a cláusula 18, em que o conjunto de atos adicionalmente compreende:

[00182] para cada camada:

[00183] determinar, com base em pelo menos duas bordas, a área de superfície de uma camada;

[00184] determinar, com base na área de superfície, um volume medido da pilha na região de medição;

[00185] comparar o volume medido a um volume alvo da pilha na região de medição, em que a especificação da parte especifica o volume alvo;

[00186] decidir, com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo, se irá ajustar pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência; e

[00187] se for decidido ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte, então ajustar o pelo menos um parâmetro com base na comparação,

[00188] em que, para pelo menos uma camada, a decisão com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo seja de ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método (600) para formar uma parte de compósito, **caracterizado pelo fato de que** compreende:

cortar (600), com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas de material em uma sequência uma camada de cada vez, em que a especificação da parte especifica os parâmetros para um processo de produção para formar a parte de compósito;

posicionar (612), uma camada de cada vez e com base na especificação da parte, uma pluralidade de camadas para formar a pilha na região de medição de um dispositivo de assentamento;

para cada camada (614), após posicionar a camada e antes de cortar a próxima camada na sequência:

fazer a leitura (614A) ao longo de um comprimento de uma camada para determinar uma imagem de uma camada;

determinar (614B), com base na imagem, pelo menos duas bordas de uma camada;

determinar (614C), com base em pelo menos duas bordas, a largura medida em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada;

realizar (614D) a comparação da largura medida de uma camada em cada localização com relação à largura alvo na localização, em que os parâmetros especificados pela especificação da parte compreendem a largura alvo em cada localização ao longo do comprimento de uma camada;

decidir (614E), com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção; e

se a decisão (614F) é de ajustar o processo de produção, então ajustar o processo de produção com base na comparação da largura medida com relação à largura alvo em cada localização,

em que, para pelo menos uma camada, a decisão seja de ajustar o processo de produção,

em que ajustar (614F) o processo de produção compreende:

determinar (622) uma diferença entre a largura medida e a largura alvo em uma primeira localização da pluralidade de localizações;

ajustar (624), com base na diferença, pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência.

2. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** fazer a leitura ao longo do comprimento de uma camada para determinar a imagem compreende:

medir (616) a respectiva altura em cada ponto para uma pluralidade de pontos na região de medição; e

determinar (618) a imagem por mapeamento espacial a altura medida em cada ponto para a região de medição.

3. Método (600), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** a largura medida é menor do que a largura alvo na primeira localização, e

em que ajustar (624) o pelo menos um parâmetro da especificação da parte compreende aumentar (624A) a largura alvo na primeira localização para a próxima camada na especificação da parte.

4. Método (600), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** a largura medida é maior do que a largura alvo na primeira localização, e

em que ajustar (624) o pelo menos um parâmetro da especificação da parte compreende reduzir (624B) a largura alvo na primeira localização para a próxima camada na especificação da parte.

5. Método (600), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que** ajustar (614F) o

processo de produção compreende:

- determinar (626) a diferença entre a largura medida e a largura alvo na primeira localização de uma pluralidade de localizações;

- determinar (628), com base na diferença, uma quantidade do material para adicionar à camada na primeira localização;

- adicionar (630) a quantidade de material à camada na primeira localização.

6. Método (600), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado pelo fato de que** ajustar (614F) o processo de produção compreende:

- remover (632) a camada a partir da pilha;

- cortar (634) a camada de substituição do material; e

- após cortar (636) a camada de substituição e remover a camada a partir da pilha, posicionar a camada de substituição na pilha.

7. Método (600), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende:

- determinar (638) a linha central de referência da primeira camada na sequência com base em pelo menos duas bordas determinadas para a primeira camada;

- para cada camada (640) na sequência após a primeira camada:

- determinar (640A) a linha central de uma camada com base em pelo menos duas bordas determinada para a camada;

- determinar (640B) a diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência;

- determinar (640C) se a diferença é maior do que a quantidade limiar; e

- em resposta (640D) à diferença ser maior do que a quantidade limiar, reposicionar a camada na pilha para reduzir a

diferença entre a linha central de uma camada e a linha central de referência.

8. Método (600), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende:

para cada camada (642):

determinar (642A), com base em pelo menos duas bordas, a área de superfície de uma camada;

determinar (642B), com base na área de superfície, um volume medido da pilha na região de medição;

comparar (642C) o volume medido a um volume alvo da pilha na região de medição, em que a especificação da parte especifica o volume alvo;

decidir (642D), com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo, se irá ajustar pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência; e

se for decidido (642E) ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte, então

ajustar o pelo menos um parâmetro com base na comparação,

em que para pelo menos uma camada, a decisão com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo seja de ajustar o pelo menos um parâmetro.

9. Método (600), de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** o volume medido é maior do que o volume alvo, e

em que ajustar (642) o pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada compreende reduzir (644) a largura alvo para pelo menos uma localização ao longo

do comprimento da próxima camada.

10. Método (600), de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** o volume medido é menor do que o volume alvo, e

em que ajustar (642) o pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada compreende aumentar (646) a largura alvo para pelo menos uma localização ao longo do comprimento da próxima camada.

11. Sistema (200) para formar uma parte de compósito (100), **caracterizado pelo fato de que** compreende:

um dispositivo cortante (218) para cortar, uma camada (110) de cada vez, uma pluralidade de camadas (110) de material;

a região de medição (242) para receber uma pluralidade de camadas (110), uma camada (110) de cada vez, para formar a pilha (112);

um dispositivo de medição (224) para fazer a leitura da região de medição (242); e

um controlador (217) configurado para:

fazer com que o dispositivo cortante (218) para cortar, com base na especificação da parte (236), uma pluralidade de camadas (110) uma camada (110) de cada vez em uma sequência, em que a especificação da parte (236) especifica os parâmetros para um processo de produção para formar a parte de compósito (100), e

para cada camada (110), após receber a camada (110) na região de medição (242) e antes de fazer com que o dispositivo cortante (218) corte a próxima camada (110) na sequência:

fazer com que o dispositivo de medição (224) faça a leitura ao longo de um comprimento de uma camada (110) para determinar uma imagem de uma camada (110);

determinar, com base na imagem, pelo menos



duas bordas (116) de uma camada (110);

determinar, com base em pelo menos duas bordas (116), a largura medida em uma pluralidade de localizações ao longo do comprimento de uma camada (110);

realizar uma comparação da largura medida de uma camada (110) em cada localização com relação à largura alvo na localização, em que os parâmetros especificados pela especificação da parte (236) compreendem a largura alvo em cada localização ao longo do comprimento de uma camada (110);

decidir, com base na comparação, se irá ajustar o processo de produção; e

se a decisão for de ajustar o processo de produção, então ajustar, com base na comparação, pelo menos um parâmetro da especificação da parte (236) para cortar a próxima camada (110) na sequência,

em que, para pelo menos uma camada (110), a decisão seja de ajustar o processo de produção, em que ajustar (614F) o processo de produção compreende:

determinar (622) uma diferença entre a largura medida e a largura alvo em uma primeira localização da pluralidade de localizações; e

ajustar (624), com base na diferença, pelo menos um parâmetro da especificação da parte para cortar a próxima camada na sequência.

12. Sistema (200), de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** o controlador (217) é ainda configurado para:

determinar a linha central de referência da primeira camada (110) na sequência com base em pelo menos duas bordas (116) determinada para a primeira camada (110);

para cada camada (110) na sequência após a primeira camada (110):

determinar a linha central (114) de uma camada (110) com base em pelo menos duas bordas (116) determinada para a camada (110);

determinar a diferença entre a linha central (114) de uma camada (110) e a linha central de referência;

determinar se a diferença é maior do que a quantidade limiar; e

em resposta à diferença ser maior do que a quantidade limiar, reposicionar a camada (110) na pilha (112) para reduzir a diferença entre a linha central (114) de uma camada (110) e a linha central de referência.

13. Sistema (200), de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** o controlador (217) é ainda configurado para:

para cada camada (110):

determinar, com base em pelo menos duas bordas (116), a área de superfície da camada (110);

determinar, com base na área de superfície, um volume medido da pilha (112) na região de medição (242);

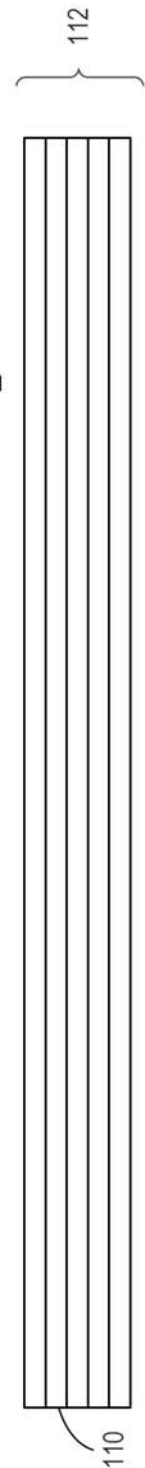
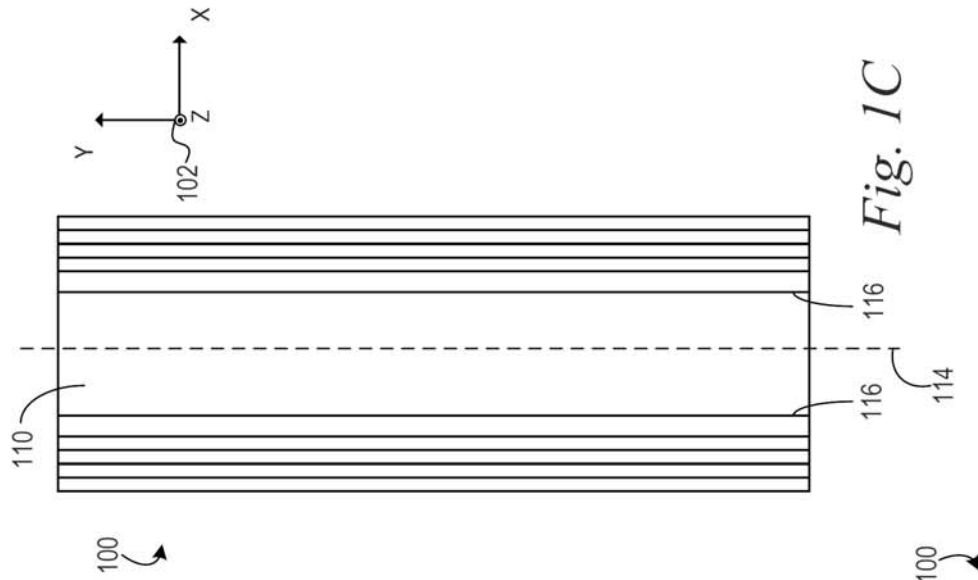
comparar o volume medido a um volume alvo da pilha (112) na região de medição (242), em que a especificação da parte (236) especifica o volume alvo;

decidir, com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo, se irá ajustar pelo menos um parâmetro da especificação da parte (236) para cortar a próxima camada (110) na sequência; e

se for decidido ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte (236), então

ajustar o pelo menos um parâmetro com base na comparação,

em que, para pelo menos uma camada (110), a decisão com base na comparação do volume medido com relação ao volume alvo seja de ajustar o pelo menos um parâmetro da especificação da parte (236).



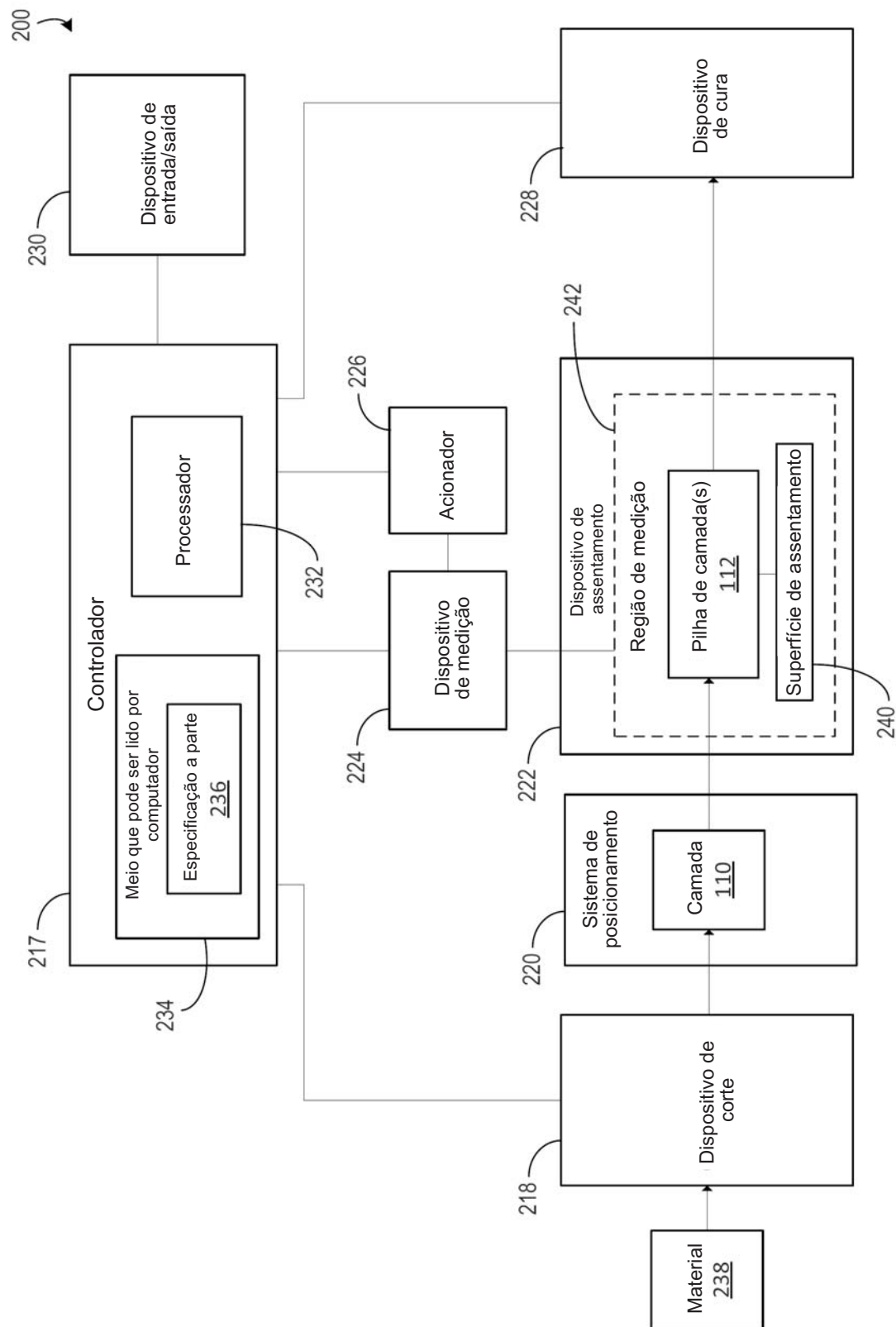


Fig. 2

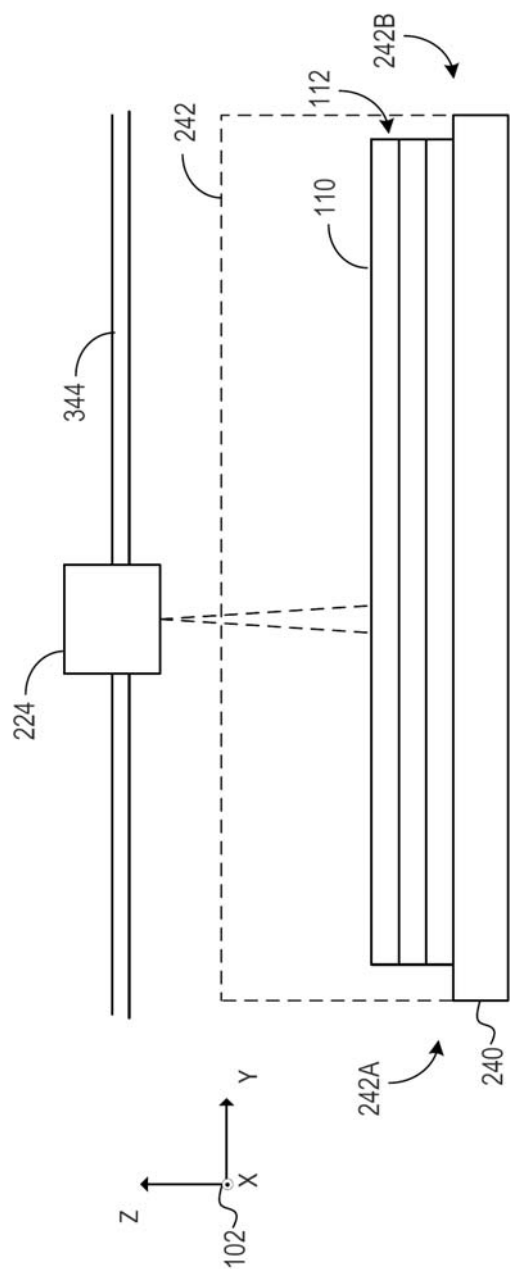


Fig. 3A

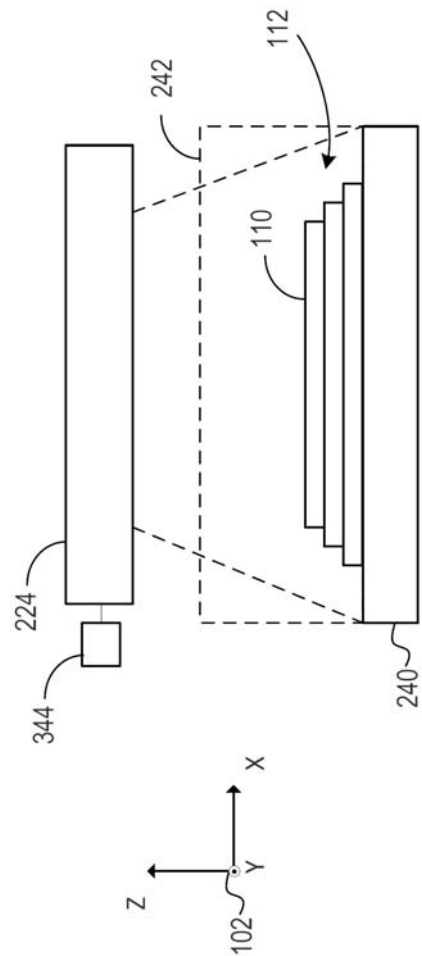
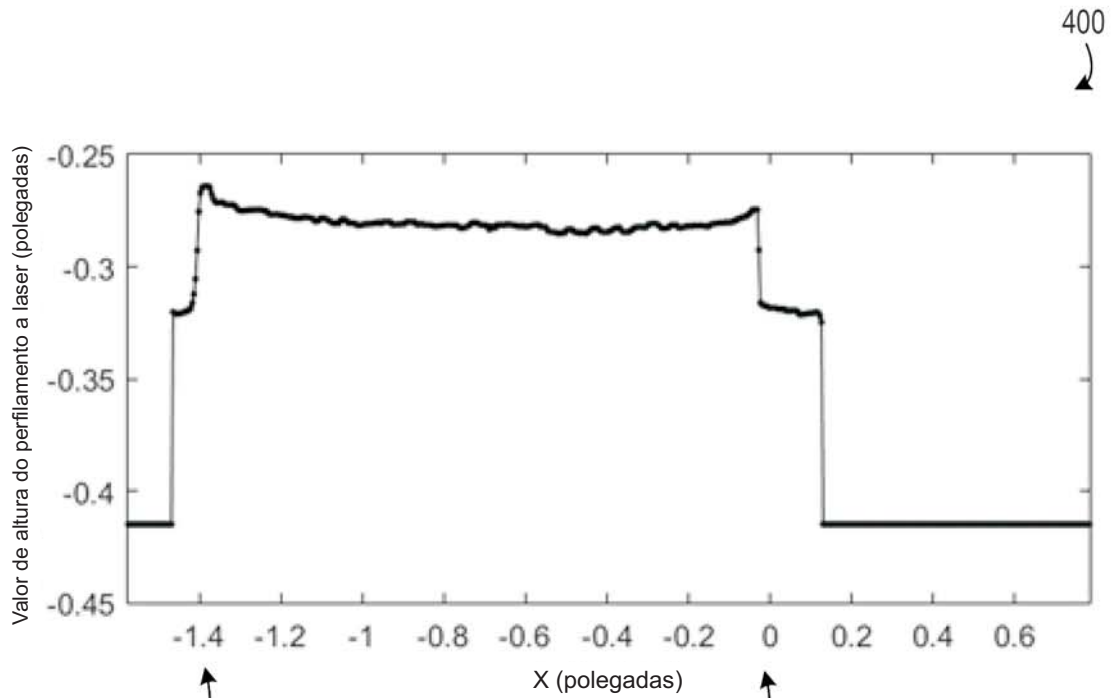
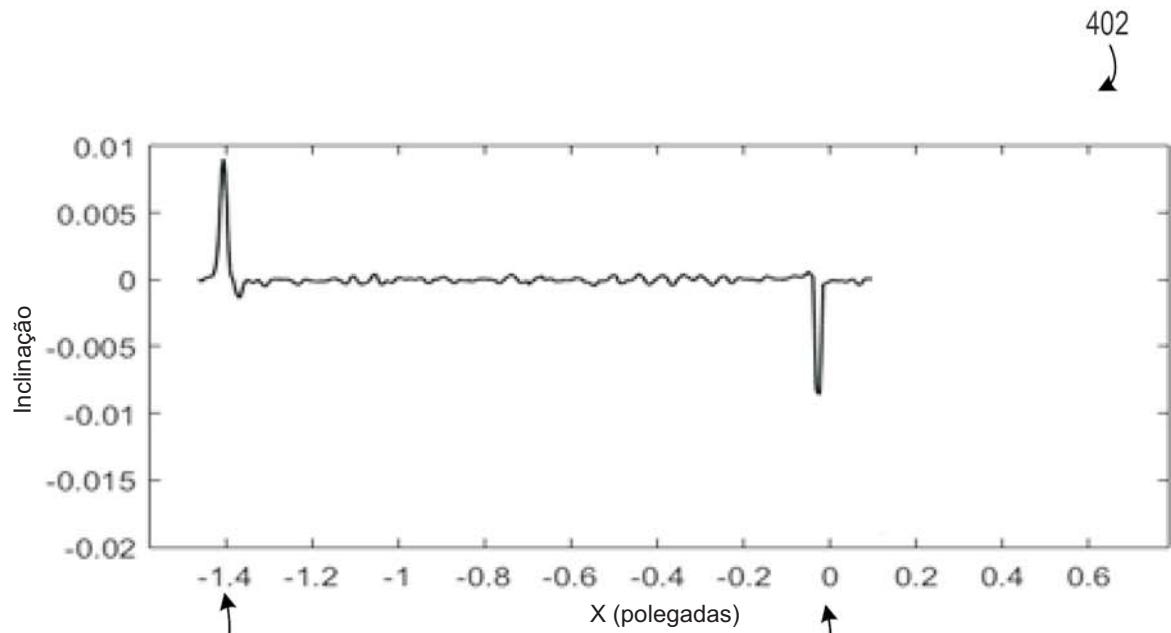


Fig. 3B

*Fig. 4A**Fig. 4B*

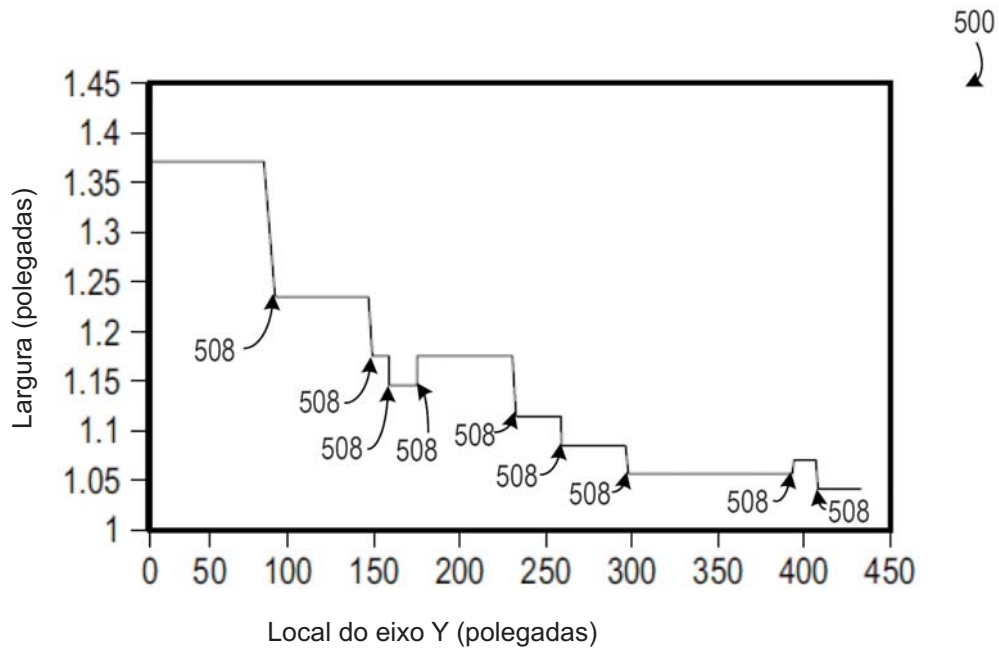


Fig. 5A

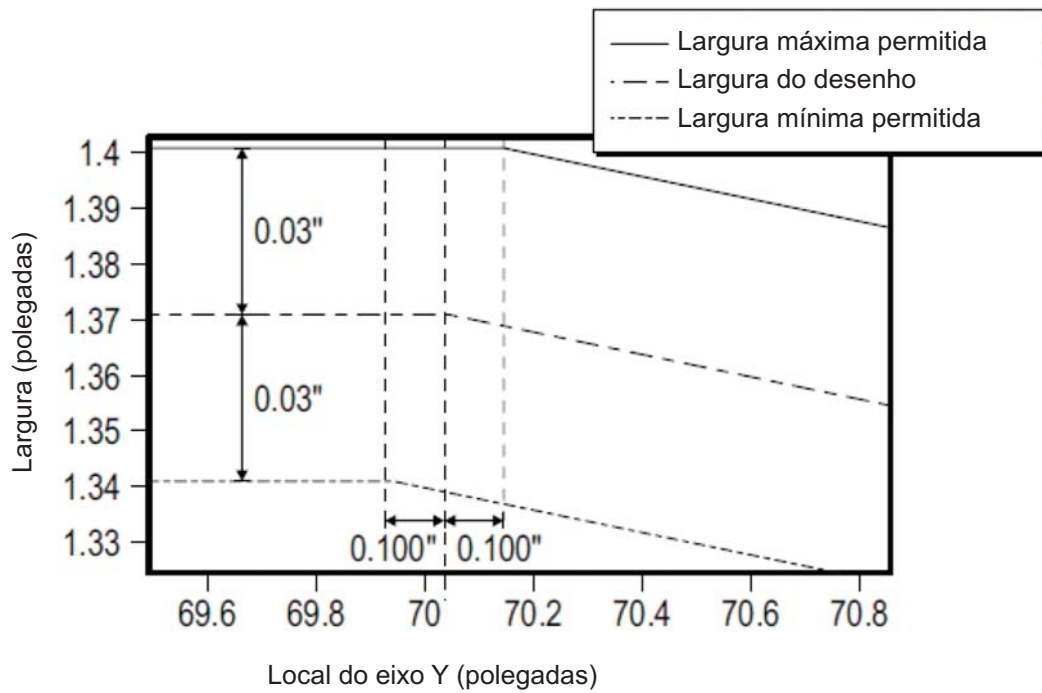
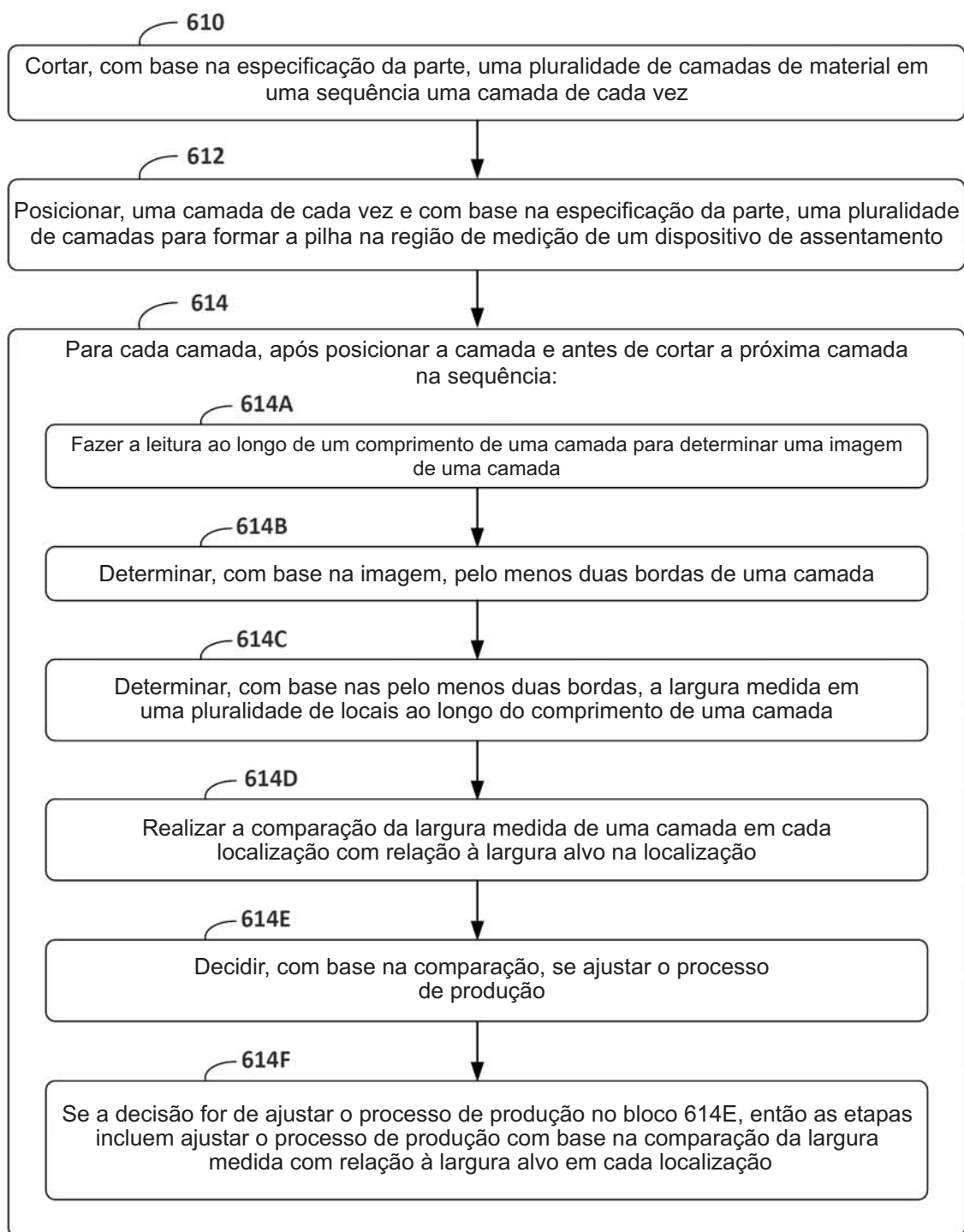
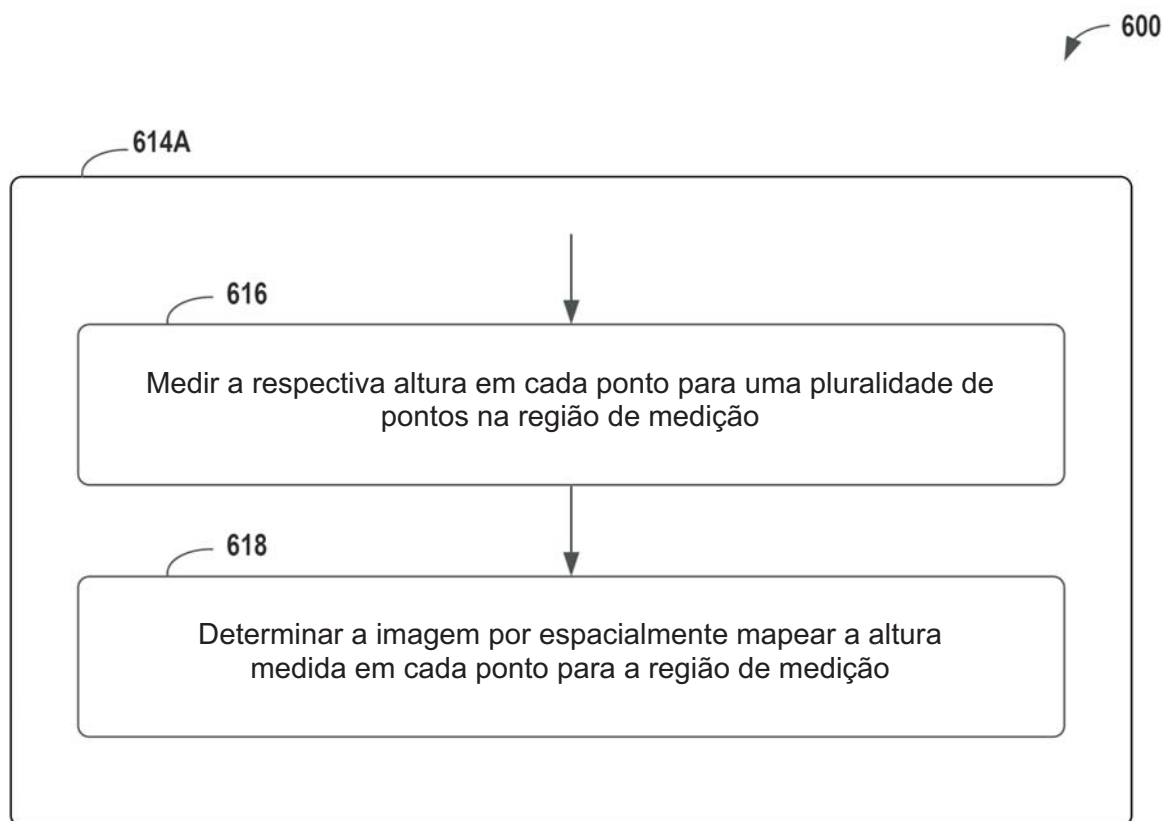
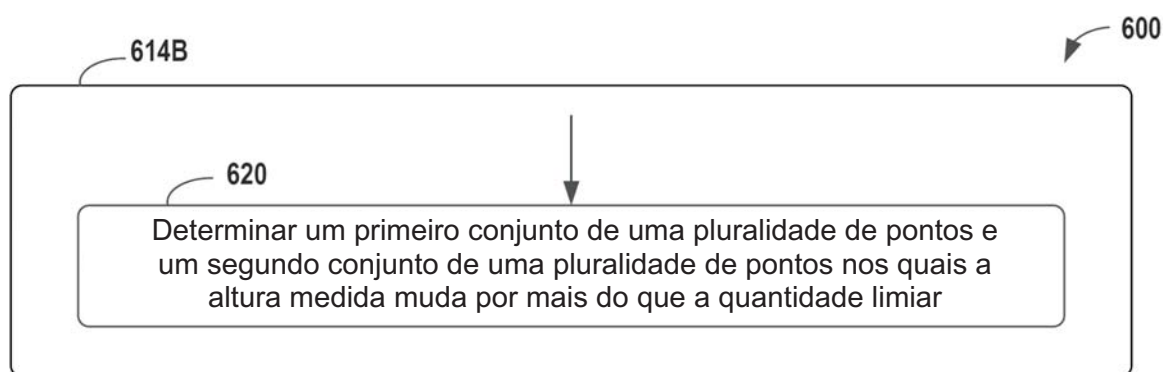
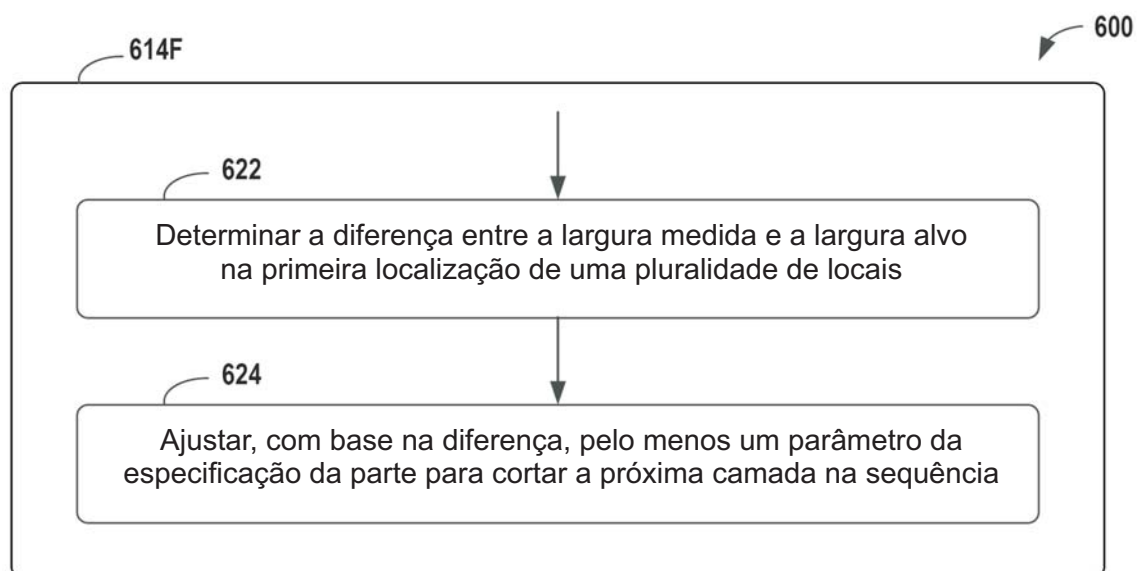
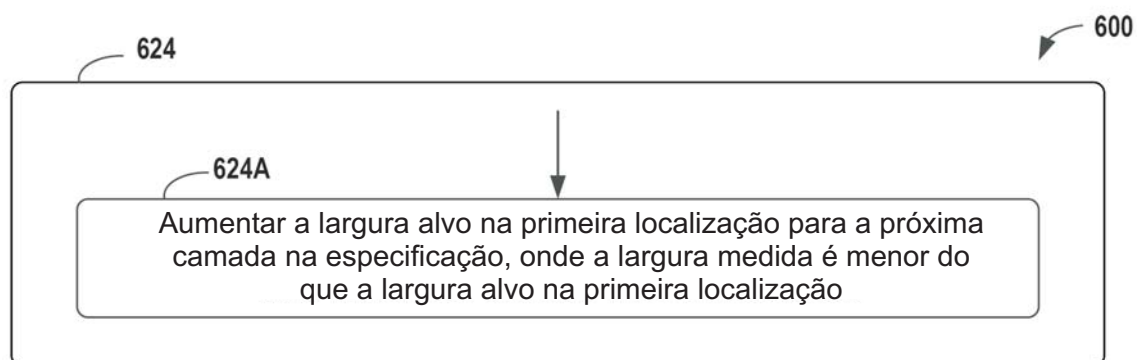


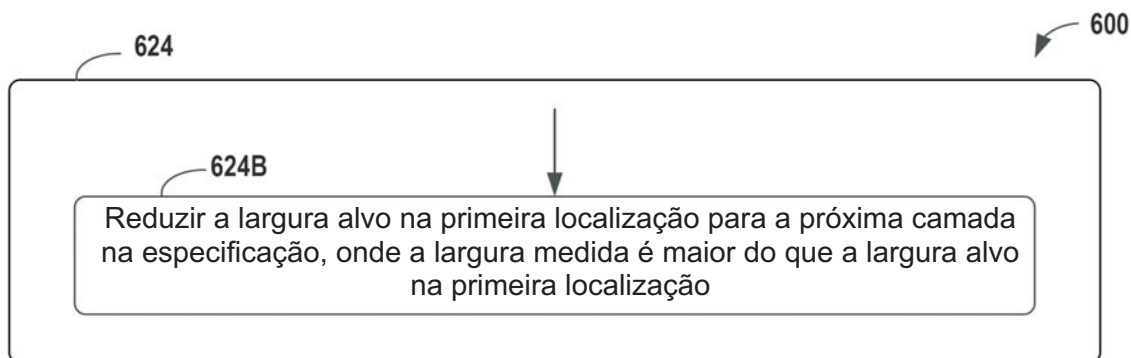
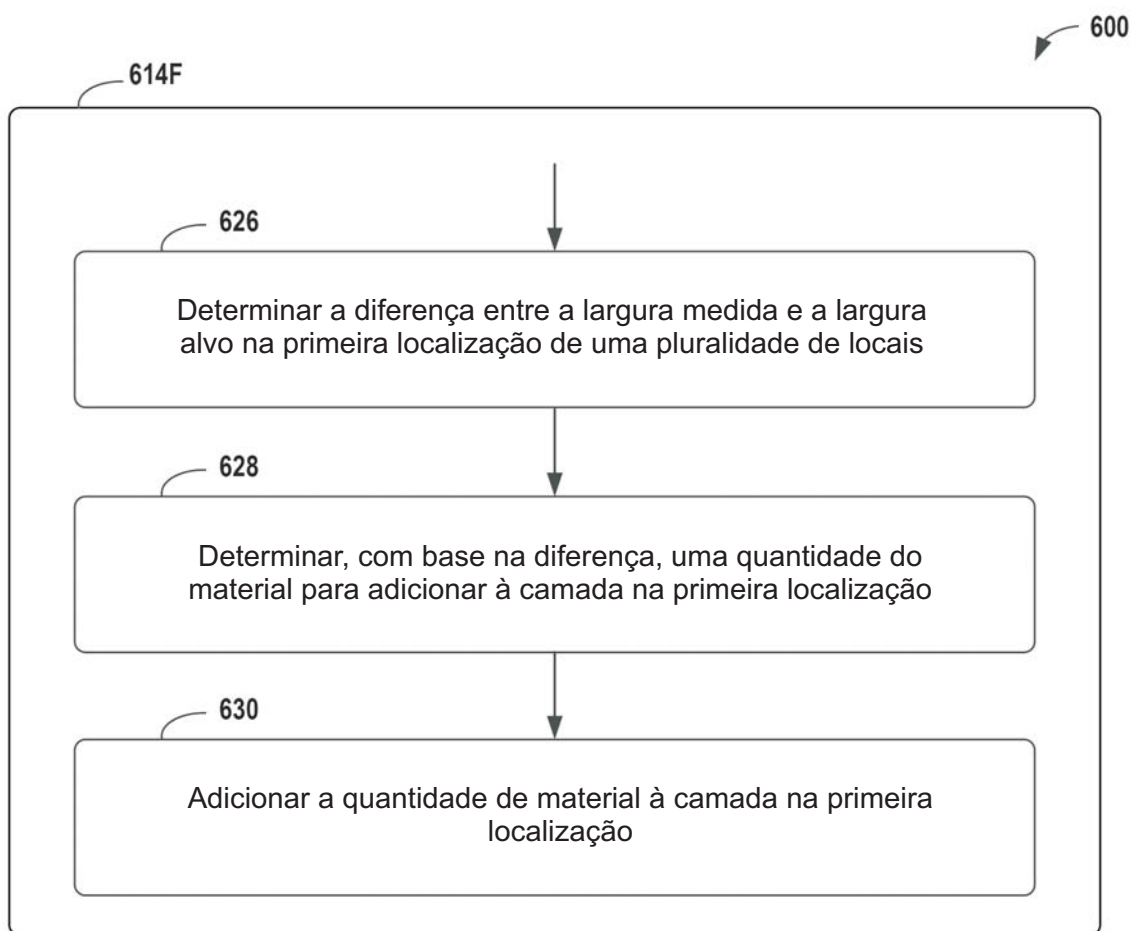
Fig. 5B

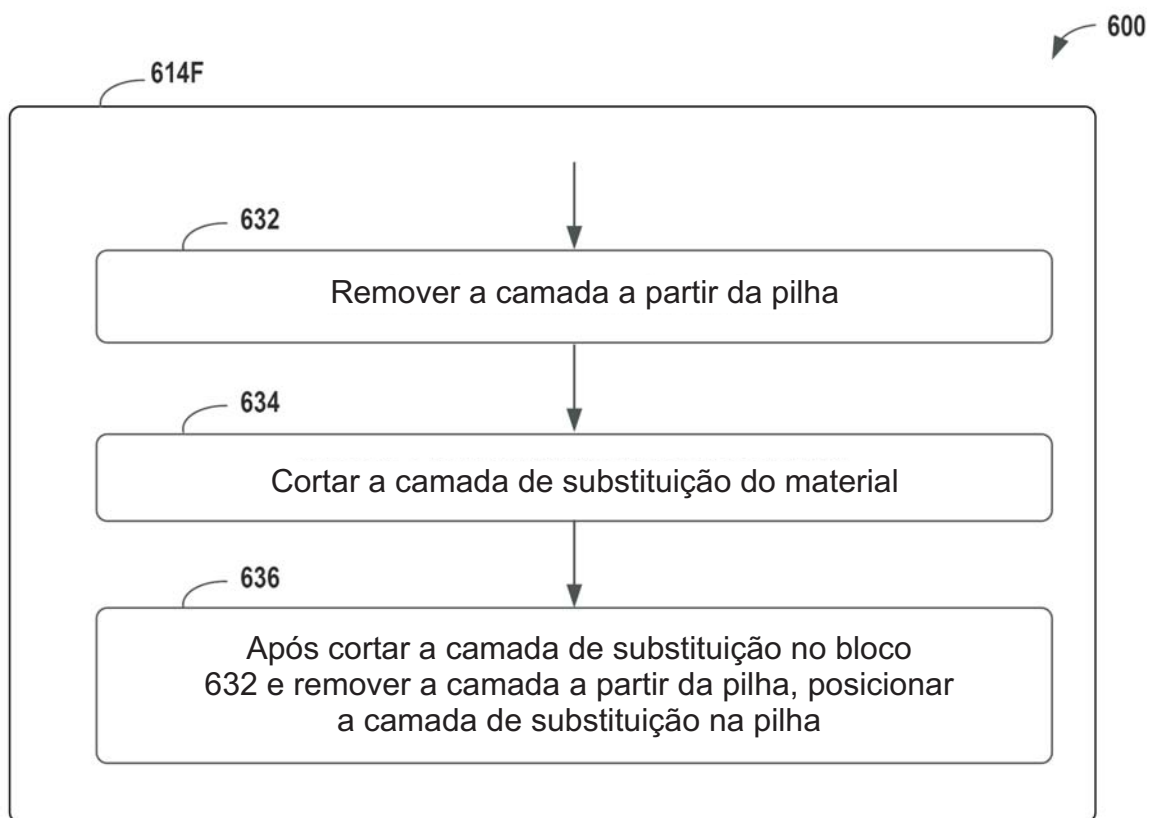


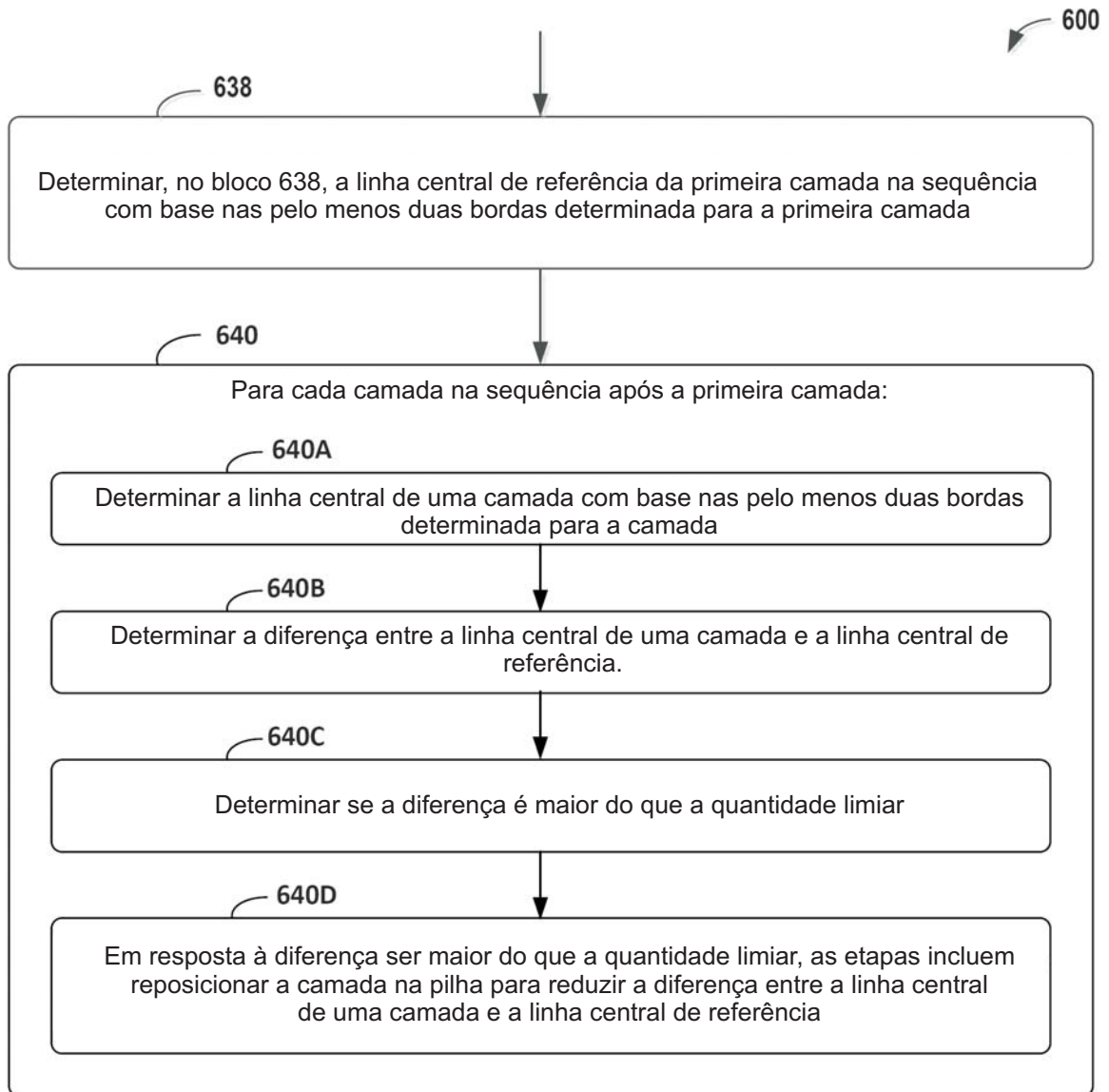
*Fig. 6*

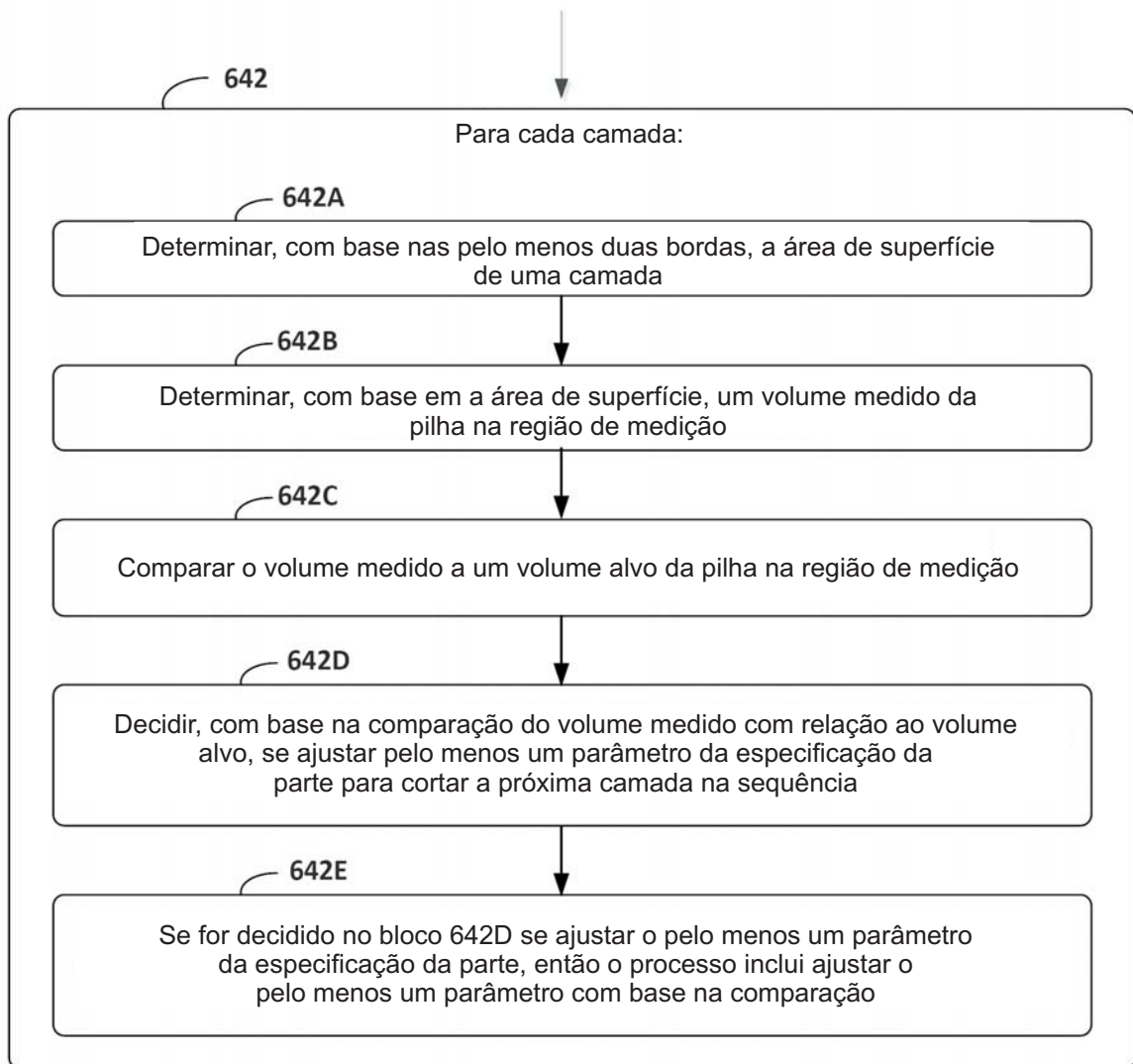
*Fig. 7**Fig. 8*

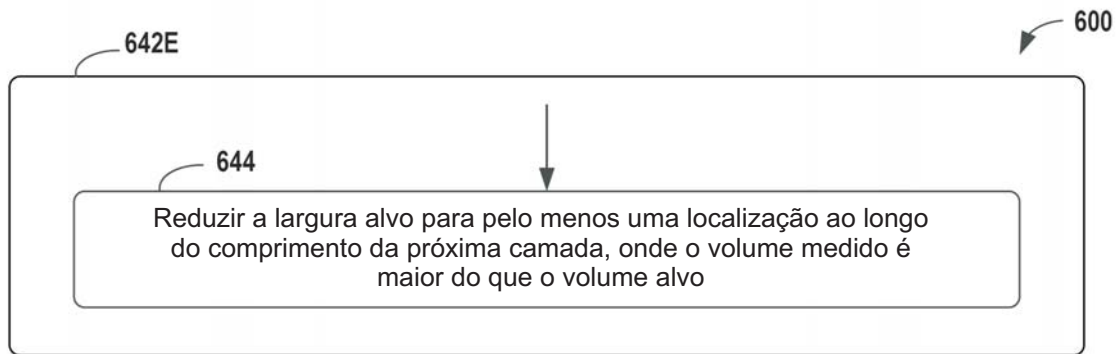
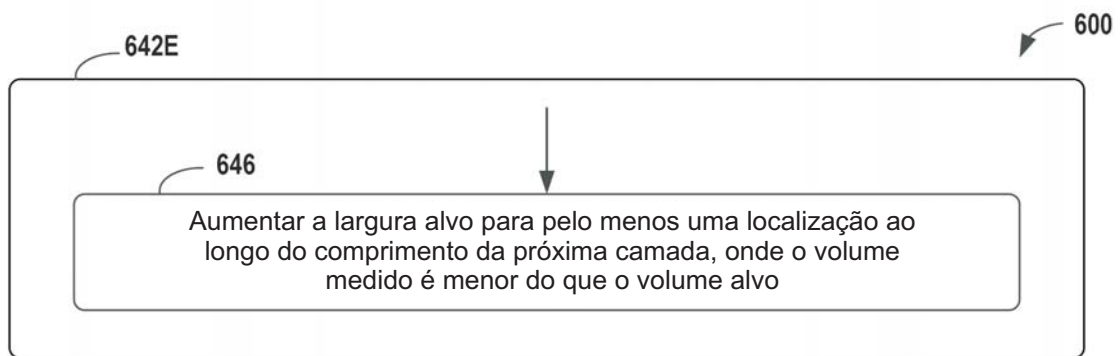
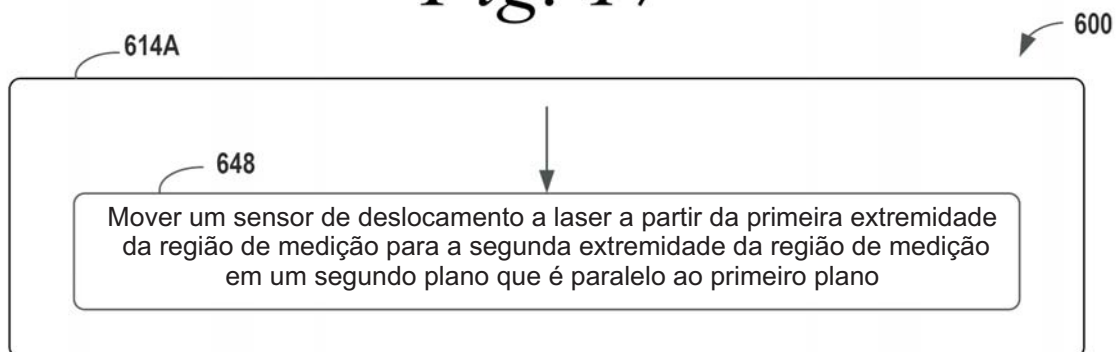
*Fig. 9**Fig. 10*

*Fig. 11**Fig. 12*

*Fig. 13*

*Fig. 14*

*Fig. 15*

*Fig. 16**Fig. 17**Fig. 18*