



**República Federativa do Brasil**

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



**(11) BR 112018004885-2 B1**

**(22) Data do Depósito:** 02/09/2016

**(45) Data de Concessão:** 24/10/2023

**(54) Título:** MÉTODOS E SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE DADOS PARA GERAÇÃO DE ESTIMATIVAS PROBABILÍSTICAS DE TAXAS DE CHUVA A PARTIR DE MEDIÇÕES DE REFLETIVIDADE DE RADAR

**(51) Int.Cl.:** G01S 13/00; G01S 13/95.

**(30) Prioridade Unionista:** 10/09/2015 US 62/216,426; 18/11/2015 US 14/945,282.

**(73) Titular(es):** CLIMATE LLC.

**(72) Inventor(es):** ALEXANDER KLEEMAN; VALLIAPPA LAKSHMANAN; BETH REID.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2016050247 de 02/09/2016

**(87) Publicação PCT:** WO 2017/044391 de 16/03/2017

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 12/03/2018

**(57) Resumo:** MÉTODOS E SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE DADOS PARA GERAÇÃO DE ESTIMATIVAS PROBABILÍSTICAS DE TAXAS DE CHUVA A PARTIR DE MEDIÇÕES DE REFLETIVIDADE DE RADAR. Um método e sistema para gerar estimativas probabilísticas de intensidade de precipitação a partir de medições de refletividade de radar são fornecidos. Em uma modalidade, um sistema de computador de inteligência agrícola recebe medições de refletividade de radar para uma localização particular provenientes de uma fonte de dados externa. O sistema de computador de inteligência agrícola constrói uma distribuição de probabilidades de tamanhos de gotas descrevendo a probabilidade de que a precipitação incluiu gotas de vários tamanhos com base nas medições de refletividade de radar. O sistema de computador de inteligência agrícola amostra uma pluralidade de valores da probabilidade de distribuição de tamanhos de gotas e usa a pluralidade de valores e as medições de refletividade de radar para computar uma pluralidade de taxas de chuva. Com base na pluralidade de taxas de chuva, o sistema de computador de inteligência agrícola constrói uma distribuição de probabilidades de taxas de chuva para a localização particular.

**MÉTODOS E SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE DADOS PARA GERAÇÃO DE  
ESTIMATIVAS PROBABILÍSTICAS DE TAXAS DE CHUVA A PARTIR DE  
MEDIÇÕES DE REFLETIVIDADE DE RADAR**

AVISO DE DIREITOS AUTORAIS

[001] Uma parte da revelação deste documento de patente contém material que está sujeito à proteção de direitos autorais. O proprietário dos direitos autorais não tem objeção para a reprodução por meio de fac-símile por qualquer pessoa do documento de patente ou da revelação de patente, tal como ele aparece no arquivo ou registros de patentes do Escritório de Marcas e Patentes, mas de outro modo reserva todos direitos autorais ou direitos sejam quais forem. © 2015 The Climate Corporation.

CAMPO DA REVELAÇÃO

[002] A presente revelação de uma maneira geral diz respeito a sistemas de computadores úteis em climatologia e agricultura. A revelação diz respeito mais especificamente a sistemas de computadores que são programados ou configurados para gerar estimativas probabilísticas de precipitação usando dados de refletividade de radar recebidos de dispositivos de radar.

ANTECEDENTES

[003] As abordagens descritas nesta seção são abordagens que podem ser seguidas, mas não são necessariamente abordagens que tenham sido concebidas ou seguidas anteriormente. Portanto, a não ser que indicado de outro modo, não deve ser assumido que qualquer uma das abordagens descritas nesta seção se qualifica como técnica anterior meramente por causa de sua inclusão nesta seção.

[004] Água, frequentemente recebida via chuva ou outra

precipitação, é um elemento essencial para vida. Para agricultores, chuva é um fator essencial ao determinar quanta água uma plantação recebe, alterando desse modo a potencial produção da plantação. Embora chuva tenha muitos efeitos positivos, tais como dar vida para plantações, grandes quantidades de chuva também podem ter repercussões severas, tais como ao causar inundações ou resultar em água parada ou lagoa que pode inundar mudas ou plantações perfeitamente desenvolvidas. Assim, medições precisas de chuva podem ser extremamente importantes, tanto para maximizar ganhos com a chuva quanto minimizar riscos com um excesso de chuva.

[005] Chuva de uma maneira geral é medida usando uma de duas abordagens. Uma abordagem para medir chuva envolve utilizar medidores de chuva colocados fisicamente. Os medidores de chuva são instalados em uma variedade de localizações e são usados para coletar precipitação e medir a quantidade de precipitação recebida no medidor de chuva durante um período de tempo. Embora medidores de chuva criem medições precisas da quantidade de precipitação recebida no medidor de chuva, dados de medidor de chuva são somente utilizáveis onde um medidor de chuva tenha sido colocado fisicamente. Quantidades de precipitações em localizações sem medidores podem ser inferidas das medições em localizações de medidores circundantes, mas as quantidades de precipitações inferidas não contêm os mesmos níveis de precisão das medições de medidor.

[006] Uma segunda abordagem para medir chuva envolve utilizar dados de radar para calcular a chuva. De uma maneira geral, um feixe polarizado de energia é emitido por um dispositivo de radar em uma direção particular. O feixe se

desloca sem perturbação antes de encontrar um volume de ar contendo hidrometeoros, tal como chuva, nevada ou granizo, o que faz com que o feixe espalhe energia para trás para um receptor de radar. Com base na quantidade de tempo decorrido para um feixe de radar retornar, a distância entre o dispositivo de radar e o volume de ar contendo hidrometeoros é computada. A quantidade de energia que é recebida pelo receptor de radar, também conhecida como refletividade, é usada para computar a taxa de chuva. Frequentemente, a relação entre a refletividade e a taxa de chuva real é modelada por meio da transformação Z-R:

$$Z = aR^b$$

onde Z é a refletividade e R é a taxa de chuva real. Os parâmetros para a transformação Z-R podem ser identificados por meio de medições para medidores de chuva para uma área particular e tipo de tempestade.

[007] Uma desvantagem ao usar refletividade de radar para medir a taxa de chuva é que a refletividade de radar na melhor das hipóteses cria uma estimativa da chuva real. Embora refletividade de radar de uma maneira geral seja entendida como estando relacionada diretamente com a taxa de chuva, uma grande variedade de condições atmosféricas é capaz de resultar na mesma refletividade, e também produzir taxas de chuva diferentes. As diferenças em tamanhos de gotas especificamente podem resultar em variações na taxa de chuva enquanto que produzindo a mesma refletividade. Por exemplo, um pequeno número de gotas de tamanhos grandes produzirá os mesmos dados de refletividade que um grande número de gotas de chuva menores, mas um grande número de gotas de tamanhos menores de uma maneira geral produzirá mais precipitação na

terra do que um pequeno número de gotas de tamanhos grandes.

[008] Muitos hidrólogos tentam resolver as imprecisões em medições de taxas de chuva com dispositivos de radar ao empregar técnicas de calibração para assegurar que as medições de radar que são recebidas são tão precisas quanto possível. O problema persistente é que o erro real nas taxas de chuva não é medido ou computado. Mesmo se estimativas de taxas de chuva puderem ser produzidas com maior precisão por meio de técnicas de calibração, ainda é importante ser capaz de determinar e apresentar a faixa total de possíveis valores de precipitações. Por exemplo, se for conhecido que um rio transbordará se ele receber mais de uma polegada (25,4 milímetros) de chuva, então uma estimativa de 0,9 polegada (22,9 milímetros) de chuva pode levar hidrólogos à conclusão falsa de que o rio não transbordará. Por outro lado, uma estimativa probabilística que inclui a possível faixa de valores de precipitações com probabilidades correspondentes permitirá a um hidrólogo determinar a probabilidade de que o rio transbordará.

[009] Adicionalmente, a quantidade de chuva que uma plantação tenha recebido é extremamente importante ao modelar o crescimento de uma plantação. A quantidade de água que um campo recebe não somente afeta a disponibilidade de água para a plantação, mas também a disponibilidade de outros elementos, tais como nitrogênio e potássio, para a plantação. Como crescimento de uma plantação pode ser amplamente dependente da disponibilidade de água e de outros produtos químicos, variâncias na quantidade de chuva recebida por um campo podem resultar em variâncias em um modelo do crescimento de uma plantação. Se estas variâncias não forem

entendidas e apresentadas para um agricultor, o agricultor pode não ser capaz de tomar decisões corretas em relação à plantação.

#### SUMÁRIO DA REVELAÇÃO

[010] As reivindicações anexas podem servir como um sumário da revelação.

#### DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

[011] Nos desenhos:

a figura 1 ilustra um sistema de computador de exemplo que é configurado para executar as funções descritas neste documento, mostrado em um ambiente de campo com outros aparelhos com os quais o sistema pode operar em conjunto;

a figura 2 ilustra duas vistas de uma organização lógica de exemplo de conjuntos de instruções em memória principal quando uma aplicação móvel de exemplo é carregada para execução;

a figura 3 ilustra um processo programado pelo qual o sistema de computador de inteligência agrícola gera um ou mais modelos agronômicos pré-configurados usando dados agronômicos fornecidos por uma ou mais fontes de dados externas;

a figura 4 é um diagrama de blocos que ilustra um sistema de computador 400 no qual uma modalidade da invenção pode ser implementada;

a figura 5 é um fluxograma que representa um método de exemplo para computar uma estimativa probabilística de intensidade de precipitação com base em dados de refletividade de radar;

a figura 6 representa um método de amostrar uma distribuição de taxa de gotas para computar uma estimativa

probabilística de intensidade de precipitação com base em refletividade de radar;

a figura 7 representa uma interface gráfica de usuário exibindo estimativas de precipitações com possíveis erros para um ou mais campos em um dispositivo de computação cliente; e

a figura 8 representa um método de identificar um risco de um evento raro usando uma estimativa probabilística de intensidade de precipitação.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

[012] Na descrição a seguir, para o propósito de explicação, inúmeros detalhes específicos estão expostos a fim de fornecer um entendimento completo da presente revelação. Estará aparente, entretanto, que modalidades podem ser praticadas sem estes detalhes específicos. Em outras instâncias, estruturas e dispositivos bem conhecidos estão mostrados em forma de diagrama de blocos a fim de evitar obscurecer desnecessariamente a presente revelação. A descrição é fornecida de acordo com as seguintes linhas gerais:

##### 1. VISTA GERAL

##### 2. SISTEMA DE COMPUTADOR DE INTELIGÊNCIA AGRÍCOLA DE EXEMPLO

###### 2.1. VISTA GERAL ESTRUTURAL

###### 2.2. VISTA GERAL DE PROGRAMA DE APLICAÇÃO

###### 2.3. INGESTÃO DE DADOS PARA O SISTEMA DE COMPUTADOR

###### 2.4. VISTA GERAL DE PROCESSO - TREINAMENTO COM MODELO AGRONÔMICO

###### 2.5. EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO - VISTA GERAL DE HARDWARE

##### 3. ESTIMATIVA DE ERRO

- 3.1. RECEBIMENTO DE DADOS DE RADAR
- 3.2. CRIAÇÃO DE UMA DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHOS DE GOTAS
- 3.3. DISTRIBUIÇÃO PROBABILÍSTICA DE INTENSIDADES DE CHUVAS
- 3.4. MODELAGEM ESPACIAL
- 3.5. MODELOS ESPAÇO-TEMPORAIS
- 4. USO DE ESTIMATIVA DE ERRO
- 4.1. EXIBIÇÃO DE DISTRIBUIÇÕES DE PRECIPITAÇÕES
- 4.2. IDENTIFICAÇÃO DO RISCO DE EVENTOS RAROS
- 4.3. MODELOS AGRONÔMICOS
- 5. BENEFÍCIOS DE CERTAS MODALIDADES
- 6. EXTENSÕES E ALTERNATIVAS
- 7. REVELAÇÃO ADICIONAL

#### VISTA GERAL

[013] Aspectos da revelação de uma maneira geral dizem respeito a técnicas implementadas por computador para gerar uma estimativa probabilística de intensidade de precipitação a partir de dados de refletividade de radar. Em uma modalidade, um sistema de computador de inteligência agrícola recebe dados de refletividade de radar de um ou mais servidores externos. Com base nos dados de refletividade de radar, o sistema de computador de inteligência agrícola usa técnicas de modelagem estatística para criar uma distribuição de tamanhos de gotas que podem ter ocasionado as medições de refletividade nos dados de refletividade de radar recebidos. O sistema de computador de inteligência agrícola usa técnicas estatísticas de amostragem para amostrar tamanhos de gotas da distribuição de tamanhos de gotas. Usando os tamanhos de gotas amostrados e os dados de refletividade de radar, o sistema de computador de



inteligência agrícola computa uma pluralidade de taxas de chuva. O sistema de computador de inteligência agrícola usa a pluralidade de taxas de chuva para construir uma distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações.

[014] Em uma modalidade, um método compreende usar um sistema de computação digital de condições meteorológicas, receber por meio de uma rede, no sistema de computação digital de condições meteorológicas compreendendo um ou mais processadores e memória digital, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar em uma localização particular durante um período de tempo particular; usando instruções de criação de distribuição de tamanhos de gotas programadas digitalmente no sistema de computação digital de condições meteorológicas, criar uma distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva; usando instruções de amostragem de distribuição programadas digitalmente no sistema de computação digital de condições meteorológicas, amostrar uma pluralidade de valores de tamanhos de gotas da distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva; usando instruções de computação de intensidades de precipitações programadas digitalmente no sistema de computação digital de condições meteorológicas, computar uma pluralidade de taxas de chuva ao computar, para cada valor de tamanho de gota da pluralidade de valores de tamanhos de gotas, uma taxa de chuva correspondente usando o valor de tamanho de gota e um ou mais valores de refletividade da pluralidade de valores de refletividade representando medições de refletividade de radar na

localização particular durante o período de tempo particular; e usando instruções de consultor de fertilidade programadas digitalmente no sistema de computação digital de condições meteorológicas, computar e exibir uma distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações da pluralidade de taxas de chuva para a localização particular.

[015] Outros recursos e aspectos da revelação se tornarão aparentes nos desenhos, descrição e reivindicações.

[016] VISTA GERAL ESTRUTURAL

## 2. SISTEMA DE COMPUTADOR DE INTELIGÊNCIA AGRÍCOLA DE EXEMPLO

### 2.1. VISTA GERAL ESTRUTURAL

[017] A figura 1 ilustra um sistema de computador de exemplo que é configurado para executar as funções descritas neste documento, mostrado em um ambiente de campo com outro aparelho com o qual o sistema pode operar em conjunto. Em uma modalidade, um usuário 102 possui, opera ou controla um dispositivo de computação gerenciador de campo 104 em uma localização de campo ou associado com uma localização de campo tal como um campo pretendido para atividades agrícolas ou uma localização de gerenciamento para um ou mais campos agrícolas. O dispositivo de computação gerenciador de campo 104 é programado ou configurado para fornecer os dados de campo 106 para um sistema de computador de inteligência agrícola 130 por meio de uma ou mais redes 109.

[018] Exemplos dos dados de campo 106 incluem (a) dados de identificação (por exemplo, tamanho da área em acres, nome de campo, identificadores de campos, identificadores geográficos, identificadores de limites, identificadores de plantações e quaisquer outros dados adequados que possam ser

usados para identificar uma área de fazenda, tal como uma unidade de terra comum (CLU), número de lote e de bloco, um número de porção, coordenadas geográficas e limites, Número Serial de Fazenda (FSN), número de fazenda, número de região, número de campo, seção, distrito e/ou extensão), (b) dados de colheita (por exemplo, tipo de plantação, variedade de plantação, rotação de plantação, se a plantação é desenvolvida organicamente, data de colheita, Histórico de Produção Real (APH), rendimento esperado, produção, preço de plantação, receita de plantação, umidade de grão, prática de lavoura e informação de estação de crescimento anterior), (c) dados de solo (por exemplo, tipo, composição, pH, matéria orgânica (OM), capacidade de troca de cátions (CEC)), (d) dados de plantio (por exemplo, data de plantio, tipo de semente(s), maturidade relativa (RM) de semente(s) plantada(s), população de sementes), (e) dados de fertilizantes (por exemplo, tipo de nutriente (Nitrogênio, Fósforo, Potássio), tipo de aplicação, data de aplicação, quantidade, fonte), (f) dados de pesticidas (por exemplo, pesticida, herbicida, fungicida, outra substância ou mistura de substâncias pretendidas para uso como um regulador de planta, desfolhante ou dessecante), (g) dados de irrigação (por exemplo, data de aplicação, quantidade, fonte), (h) dados de condições meteorológicas (por exemplo, precipitação, temperatura, vento, previsão, pressão, visibilidade, nuvens, índice de calor, ponto de orvalho, umidade, profundidade de neve, qualidade do ar, nascer do sol, pôr do sol), (i) dados de imagens (por exemplo, informação de imagens e de espectro de luz proveniente de um sensor de aparelho agrícola, câmera, computador, telefone

inteligente, tablet, veículo aéreo não tripulado, planos ou satélite), (j) observações de exploração (fotos, vídeos, notas de forma livre, gravações de voz, transcrições de voz, condições meteorológicas (temperatura, precipitação (corrente e ao longo do tempo), umidade de solo, estágio de crescimento de plantação, velocidade de vento, umidade relativa, ponto de orvalho, camada preta)), e (k) solo, semente, fenologia de plantação, reportagem de peste e doença, e fontes e bases de dados de predições.

[019] Um computador servidor de dados externos 108 é acoplado comunicativamente ao sistema de computador de inteligência agrícola 130 e é programado ou configurado para enviar os dados externos 110 para o sistema de computador de inteligência agrícola 130 por meio da(s) rede(s) 109. O computador servidor de dados externos 108 pode pertencer ou ser operado pela mesma pessoa ou entidade legal tal como o sistema de computador de inteligência agrícola 130, ou por uma pessoa ou entidade diferente tal como uma agência de governo, organização não governamental (NGO) e/ou um provedor de serviços de dados privado. Exemplos de dados externos incluem dados de condições meteorológicas, dados de imagens, dados de solo ou dados estatísticos se relacionando com produções de plantações, dentre outros. Os dados externos 110 podem consistir do mesmo tipo de informação dos dados de campo 106. Em algumas modalidades, os dados externos 110 são fornecidos por um servidor de dados externo 108 pertencente à mesma entidade que possui e/ou opera o sistema de computador de inteligência agrícola 130. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode incluir um servidor de dados focalizado exclusivamente em um

tipo que pode ser obtido de outro modo de fontes de entidades externas, tais como dados de condições meteorológicas.

[020] Um aparelho agrícola 111 tem um ou mais sensores remotos 112 fixados ao mesmo, cujos sensores são acoplados comunicativamente de forma direta ou indireta via aparelho agrícola 111 ao sistema de computador de inteligência agrícola 130 e são programados ou configurados para enviar dados de sensor para o sistema de computador de inteligência agrícola 130. Exemplos do aparelho agrícola 111 incluem tratores, colheitadeiras de grãos, colheitadeiras, semeadoras, caminhões, equipamento de fertilizante, veículos aéreos não tripulados, e qualquer outro item de maquinário ou equipamento físico, tipicamente maquinário móvel, que possa ser usado em tarefas associadas com agricultura. Em algumas modalidades, uma única unidade do aparelho 111 pode compreender uma pluralidade dos sensores 112 que são acoplados localmente a uma rede no aparelho; rede de controle de área (CAN) é um exemplo de uma rede como esta que pode ser instalada em colheitadeiras de grãos ou colheitadeiras. O controlador de aplicação 114 é acoplado comunicativamente ao sistema de computador de inteligência agrícola 130 por meio da(s) rede(s) 109 e é programado ou configurado para receber um ou mais scripts para controlar um parâmetro de operação de um veículo ou implemento agrícola do sistema de computador de inteligência agrícola 130. Por exemplo, uma interface de barramento de rede de controle de área (CAN) pode ser usada para capacitar comunicações do sistema de computador de inteligência agrícola 130 para o aparelho agrícola 111, tal como é usado o CLIMATE FIELD VIEW DRIVE, disponível pela The Climate Corporation, San Francisco,

Califórnia. Dados de sensor podem consistir do mesmo tipo de informação dos dados de campo 106.

[021] O aparelho 111 pode compreender um computador de cabine 115 que é programado com uma aplicação de cabine, a qual pode compreender uma versão ou variante da aplicação móvel para o dispositivo 104 que é descrita adicionalmente em outras seções neste documento. Em uma modalidade, o computador de cabine 115 compreende um computador compacto, frequentemente um tablet ou telefone inteligente, com um mostrador de tela gráfica colorida que é montado dentro da cabine de operador do aparelho 111. O computador de cabine 115 pode implementar todas ou algumas das operações e funções que são descritas adicionalmente neste documento para o dispositivo de computação móvel 104.

[022] A(s) rede(s) 109 de um modo geral representa(m) qualquer combinação de uma ou mais redes de comunicação de dados incluindo redes de área local, redes de área estendida, interligações de redes ou internets, usando qualquer um de enlaces com fio ou sem fio, incluindo enlaces terrestres ou de satélites. A(s) rede(s) pode(m) ser implementada(s) por meio de qualquer mídia ou mecanismo que permita a troca de dados entre os vários elementos da figura 1. Os vários elementos da figura 1 também podem ter enlaces de comunicações diretos (com fio ou sem fio). Cada um de os sensores 112, o controlador 114, o computador servidor de dados externos 108 e outros elementos do sistema compreende uma interface compatível com a(s) rede(s) 109 e é programado ou configurado para usar protocolos padronizados para comunicação através das redes tal como TCP/IP, protocolo CAN e protocolos de camadas mais altas tais como HTTP, TLS e

outros mais.

[023] O sistema de computador de inteligência agrícola 130 é programado ou configurado para receber os dados de campo 106 do dispositivo de computação gerenciador de campo 104, os dados externos 110 do computador servidor de dados externos 108 e dados de sensor do sensor remoto 112. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode ser configurado adicionalmente para hospedar, usar ou executar um ou mais programas de computador, outros elementos de software, lógicas programadas digitalmente tais como FPGAs ou ASICs, ou qualquer combinação dos mesmos para executar translação e armazenamento de valores de dados, construção de modelos digitais de uma ou mais plantações em um ou mais campos, geração de recomendações e notificações, e geração e envio de scripts para o controlador de aplicação 114, no modo descrito adicionalmente em outras seções desta revelação.

[024] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 é programado com ou compreende uma camada de comunicação 132, a camada de apresentação 134, a camada de gerenciamento de dados 140, a camada de hardware/virtualização 150 e o repositório de dados de modelos e de campos 160. "Camada", neste contexto, se refere a qualquer combinação de circuitos eletrônicos de interfaces digitais, microcontroladores, firmwares tais como acionadores, e/ou programas de computador ou outros elementos de software.

[025] A camada de comunicação 132 pode ser programada ou configurada para executar funções de conexão por meio de interface de entrada/saída incluindo enviar solicitações

para o dispositivo de computação gerenciador de campo 104, o computador servidor de dados externos 108 e para o sensor remoto 112 para dados de campo, dados externos e dados de sensor respectivamente. A camada de comunicação 132 pode ser programada ou configurada para enviar os dados recebidos para o repositório de dados de modelos e de campos 160 para serem armazenados como os dados de campo 106.

[026] A camada de apresentação 134 pode ser programada ou configurada para gerar uma interface gráfica de usuário (GUI) para ser exibida no dispositivo de computação gerenciador de campo 104, no computador de cabine 115 ou em outros computadores que estejam acoplados ao sistema 130 por meio da rede 109. A GUI pode compreender controles para introduzir dados para serem enviados para o sistema de computador de inteligência agrícola 130, gerar solicitações para modelos e/ou recomendações, e/ou exibir recomendações, notificações, modelos e outros dados de campo.

[027] A camada de gerenciamento de dados 140 pode ser programada ou configurada para gerenciar operações de leitura e operações de gravação envolvendo o repositório 160 e outros elementos funcionais do sistema, incluindo consultas e conjuntos de resultados transmitidos entre os elementos funcionais do sistema e o repositório. Exemplos da camada de gerenciamento de dados 140 incluem JDBC, código de interface de servidor SQL e/ou código de interface HADOOP, dentre outros. O repositório 160 pode compreender uma base de dados. Tal como usado neste documento, o termo "base de dados" pode se referir a um corpo de dados, um sistema de gerenciamento de base de dados relacional (RDBMS) ou a ambos. Tal como usado neste documento, uma base de dados pode



compreender qualquer coleção de dados incluindo bases de dados hierárquicas, bases de dados relacionais, bases de dados de arquivos simples, bases de dados relacionais a objetos, bases de dados orientadas a objetos, e qualquer outra coleção estruturada de gravações ou dados que seja armazenada em um sistema de computador. Exemplos dos RDBMS incluem, mas não estão limitados a isto, ORACLE®, MYSQL, IBM® DB2, MICROSOFT® SQL SERVER, SYBASE® e bases de dados POSTGRESQL. Entretanto, qualquer base de dados que capacite os sistemas e métodos descritos neste documento pode ser usada.

[028] Quando os dados de campo 106 não são fornecidos diretamente para o sistema de computador de inteligência agrícola por meio de uma ou mais máquinas agrícolas ou dispositivos de máquinas agrícolas que interagem com o sistema de computador de inteligência agrícola, o usuário 102 pode ser orientado por meio de uma ou mais interfaces de usuário no dispositivo de usuário (servido pelo sistema de computador de inteligência agrícola) para introduzir tal informação. Em uma modalidade de exemplo, o usuário 102 pode especificar dados de identificação ao acessar um mapa no dispositivo de usuário (servido pelo sistema de computador de inteligência agrícola) e selecionar CLUs específicas que tenham sido mostradas graficamente no mapa. Em uma modalidade alternativa, o usuário 102 pode especificar dados de identificação ao acessar um mapa no dispositivo de usuário (servido pelo sistema de computador de inteligência agrícola 130) e desenhar limites do campo sobre o mapa. Tal seleção de CLU ou desenhos de mapa representam identificadores geográficos. Em modalidades alternativas, o usuário 102 pode

especificar dados de identificação ao acessar dados de identificação de campo (fornecidos como arquivos de formas ou em um formato similar) da Agência de Serviço Rural do Departamento de Agricultura dos EUA ou de outra fonte por meio do dispositivo de usuário e fornecer tais dados de identificação de campo para o sistema de computador de inteligência agrícola.

[029] Em uma modalidade, dados de modelos e de campos são armazenados no repositório de dados de modelos e de campos 160. Dados de modelos compreendem modelos de dados criados para um ou mais campos. Por exemplo, um modelo de plantação pode incluir um modelo construído digitalmente do desenvolvimento de uma plantação no um ou mais campos. "Modelo", neste contexto, se refere a um conjunto eletrônico armazenado digitalmente de instruções executáveis e valores de dados, associados uns com os outros, os quais são capazes de receber e responder a uma invocação, solicitação ou chamado programático ou outro digital para resolução baseada em valores de entrada especificados, para produzir um ou mais valores de saída armazenados que podem servir como a base de recomendações implementadas por computador, exibições de dados de saída, ou controle de máquina, dentre outras coisas. Pessoas com conhecimento profissional no campo constatarem ser conveniente expressar modelos usando equações matemáticas, mas essa forma de expressão não limita os modelos revelados neste documento a conceitos abstratos; em vez disto, cada modelo neste documento tem uma aplicação prática em um computador na forma de instruções executáveis e dados armazenados que implementam o modelo usando o computador. Os dados de modelo podem incluir um modelo de

eventos passados no um ou mais campos, um modelo do status corrente do um ou mais campos e/ou um modelo de eventos preditos no um ou mais campos. Dados de modelos e de campos podem ser armazenados em estruturas de dados em memória, linhas em uma tabela de base de dados, em arquivos ou planilhas simples, ou em outras formas de dados digitais armazenados.

[030] Instruções de criação de distribuição de tamanhos de gotas 136 compreendem instruções legíveis por computador que, quando executadas por um ou mais processadores, induzem o sistema de computador de inteligência agrícola 130 para executar translação de medições de refletividade de radar e geração de uma distribuição de tamanhos de gotas. As instruções de amostragem de distribuição 138 compreendem instruções legíveis por computador que, quando executadas por um ou mais processadores, induzem o sistema de computador de inteligência agrícola 130 para executar técnicas de amostragens estatísticas a fim de amostrar uma pluralidade de valores da distribuição de tamanhos de gotas. As instruções de computação de intensidade de precipitação 142 compreendem instruções legíveis por computador que, quando executadas por um ou mais processadores, induzem o sistema de computador de inteligência agrícola 130 para executar computação de intensidades de precipitações a partir de valores de tamanhos de gotas e medições de refletividade de radar. As instruções de fertilidade 144 compreendem instruções legíveis por computador que, quando executadas por um ou mais processadores, induzem o sistema de computador de inteligência agrícola 130 para criar um modelo agronômico digital de uma ou mais plantações em um ou mais campos. As

instruções de avaliação de riscos 146 compreendem instruções legíveis por computador que, quando executadas por um ou mais processadores, induzem o sistema de computador de inteligência agrícola 130 para executar computação de probabilidades de riscos usando uma pluralidade de taxas de chuva computadas.

[031] A camada de hardware/virtualização 150 compreende uma ou mais unidades centrais de processamento (CPUs), controladores de memória e outros dispositivos, componentes ou elementos de um sistema de computador tais como memória volátil ou não volátil, armazenamento não volátil tal como disco, e dispositivos ou interfaces de entrada/saída tais como ilustrados e descritos, por exemplo, em conexão com a figura 4. A camada 150 também pode compreender instruções programadas que são configuradas para suportar virtualização, containerização ou outras tecnologias.

[032] Para o propósito de ilustrar um exemplo claro, a figura 1 mostra um número limitado de instâncias de certos elementos funcionais. Entretanto, em outras modalidades, pode existir qualquer número de tais elementos. Por exemplo, modalidades podem usar milhares ou milhões de dispositivos de computação móveis 104 diferentes associados com usuários diferentes. Adicionalmente, o sistema 130 e/ou o computador servidor de dados externos 108 podem ser implementados usando dois ou mais processadores, núcleos, agrupamentos ou instâncias de máquinas físicas ou máquinas virtuais, configurados em uma localização distinta ou colocados com outros elementos em um centro de dados, instalação de computação compartilhada ou instalação de computação em nuvem.

## 2.2. VISTA GERAL DE PROGRAMA DE APLICAÇÃO

[033] Em uma modalidade, a implementação das funções descritas neste documento usando um ou mais programas de computador ou outros elementos de software que são carregados e executados usando um ou mais computadores de uso geral induzirá os computadores de uso geral para serem configurados como uma máquina particular ou como um computador que é adaptado especialmente para executar as funções descritas neste documento. Adicionalmente, cada um dos fluxogramas que são descritos adicionalmente neste documento pode servir, sozinho ou em combinação com as descrições de processos e funções na narração neste documento, como algoritmos, planos ou direções que podem ser usados para programar um computador ou lógica para implementar as funções que são descritas. Em outras palavras, todo o texto de narração neste documento e todas as figuras conjuntamente são pretendidos para fornecer revelação de algoritmos, planos ou direções que são suficientes para permitir que uma pessoa qualificada programe um computador para executar as funções que são descritas neste documento, em combinação com o conhecimento profissional e conhecimento de uma pessoa como esta, dado o nível de conhecimento profissional que é apropriado para invenções e revelações deste tipo.

[034] Em uma modalidade, o usuário 102 interage com o sistema de computador de inteligência agrícola 130 usando o dispositivo de computação gerenciador de campo 104 configurado com um sistema operacional e um ou mais programas de aplicação ou aplicações; o dispositivo de computação gerenciador de campo 104 também pode operar em conjunto com o sistema de computador de inteligência agrícola 130

independentemente e automaticamente sob controle de programa ou controle lógico e interação de usuário direta nem sempre é exigida. O dispositivo de computação gerenciador de campo 104 de um modo geral representa um ou mais de um telefone inteligente, PDA, tablet, laptop, computador de mesa, estação de trabalho, ou qualquer outro dispositivo de computação capaz de transmitir e receber informação e executar as funções descritas neste documento. O dispositivo de computação gerenciador de campo 104 pode se comunicar por meio de uma rede usando uma aplicação móvel armazenada no dispositivo de computação gerenciador de campo 104, e em algumas modalidades o dispositivo pode ser acoplado ao sensor 112 e/ou ao controlador 114 usando um cabo 113 ou conector. Um usuário particular 102 pode possuir, operar ou controlar e usar, em conexão com o sistema 130, mais de um dispositivo de computação gerenciador de campo 104 em um tempo.

[035] A aplicação móvel pode fornecer funcionalidade de lado de servidor, por meio da rede 109 para um ou mais dispositivos de computação móveis. Em uma modalidade de exemplo, o dispositivo de computação gerenciador de campo 104 pode acessar a aplicação móvel por meio de um navegador de rede ou por uma aplicação cliente local. O dispositivo de computação gerenciador de campo 104 pode transmitir dados para um ou mais servidores de lado cliente e receber dados dos mesmos, usando protocolos ou formatos baseados em rede tais como HTTP, XML e/ou JSON, ou protocolos específicos de aplicação. Em uma modalidade de exemplo, os dados podem ter a forma de solicitações e informação de usuário, tais como dados de campo, introduzidas no dispositivo de computação móvel. Em algumas modalidades, a aplicação móvel interage

com hardware e software de rastreamento de localização no dispositivo de computação gerenciador de campo 104 que determina a localização do dispositivo de computação gerenciador de campo 104 usando técnicas padrões de rastreamento tais como multilateração de sinais de rádio, o sistema de posicionamento global (GPS), sistemas de posicionamento WiFi ou outros métodos de posicionamento móvel. Em alguns casos, dados de localização ou outros dados associados com o dispositivo 104, o usuário 102 e/ou com conta(s) de usuário(s) podem ser obtidos por meio de consultas a um sistema operacional do dispositivo ou ao solicitar uma aplicação no dispositivo para obter dados do sistema operacional.

[036] Em uma modalidade, o dispositivo de computação gerenciador de campo 104 envia os dados de campo 106 para o sistema de computador de inteligência agrícola 130 compreendendo ou incluindo valores de dados representando um ou mais de: uma localização geográfica do um ou mais campos, informação de lavoura para o um ou mais campos, plantações efetuadas no um ou mais campos e dados de solo extraídos do um ou mais campos. O dispositivo de computação gerenciador de campo 104 pode enviar os dados de campo 106 em resposta à entrada de usuário do usuário 102 especificando os valores de dados para o um ou mais campos. Adicionalmente, o dispositivo de computação gerenciador de campo 104 pode enviar automaticamente os dados de campo 106 quando um ou mais dos valores de dados se tornam disponíveis para o dispositivo de computação gerenciador de campo 104. Por exemplo, o dispositivo de computação gerenciador de campo 104 pode ser acoplado comunicativamente ao sensor remoto 112

e/ou ao controlador de aplicação 114. Em resposta a receber dados indicando que o controlador de aplicação 114 liberou água para o um ou mais campos, o dispositivo de computação gerenciador de campo 104 pode enviar os dados de campo 106 para o sistema de computador de inteligência agrícola 130 indicando que água foi liberada no um ou mais campos. Os dados de campo 106 identificados nesta revelação podem ser introduzidos e comunicados usando dados digitais eletrônicos que são comunicados entre dispositivos de computação usando URLs parametrizados em HTTP, ou um outro protocolo de comunicação ou de mensagens adequado.

[037] Um exemplo comercial da aplicação móvel é o CLIMATE FIELDVIEW, disponível comercialmente pela The Climate Corporation, San Francisco, Califórnia. A aplicação CLIMATE FIELDVIEW, ou outras aplicações, pode ser modificada, estendida ou adaptada para incluir recursos, funções e programação que não tenham sido revelados anteriormente à data de depósito desta revelação. Em uma modalidade, a aplicação móvel compreende uma plataforma de software integrada que permite a um agricultor tomar decisões baseadas em fatos para sua operação porque ela combina dados históricos a respeito dos campos do agricultor com quaisquer outros dados que o agricultor deseja comparar. As combinações e comparações podem ser executadas em tempo real e são baseadas em modelos científicos que fornecem potenciais cenários para permitir que o agricultor tome decisões melhores estando mais bem informado.

[038] A figura 2 ilustra duas vistas de uma organização lógica de exemplo de conjuntos de instruções em memória principal quando uma aplicação móvel de exemplo é carregada



para execução. Na figura 2, cada elemento identificado representa uma região de uma ou mais páginas de RAM ou de outra memória principal, ou de um ou mais blocos de armazenamento de disco ou de outro armazenamento não volátil, e as instruções programadas dentro dessas regiões. Em uma modalidade, na vista (a), uma aplicação de computador móvel 200 compreende as instruções de conta-campos-ingestão de dados-compartilhamento 202, as instruções de vista geral e alerta 204, as instruções de livro de mapa digital 206, as instruções de sementes e plantio 208, as instruções de nitrogênio 210, as instruções de condições meteorológicas 212, as instruções de saúde de campo 214 e as instruções de desempenho 216.

[039] Em uma modalidade, uma aplicação de computador móvel 200 compreende as instruções de conta-campos-ingestão de dados-compartilhamento 202 que são programadas para receber, transladar e ingerir dados de campo provenientes de sistemas de entidades externas via transferência manual ou APIs. Tipos de dados podem incluir limites de campos, mapas de produção, mapas tais como plantados, resultados de testes de solo, mapas tais como aplicados e/ou zonas de gerenciamento, dentre outros. Formatos de dados podem incluir arquivos de forma, formatos de dados naturais de entidades externas e/ou exportações de sistema de informações de gerenciamento de fazenda (FMIS), dentre outros. Recebimento de dados pode ocorrer via transferência manual, APIs externas que empurram dados para a aplicação móvel, ou instruções que chamam APIs de sistemas externos para puxar dados para a aplicação móvel.

[040] Em uma modalidade, as instruções de livro de mapa

digital 206 compreendem camadas de dados de mapas de campos armazenadas em memória de dispositivo e são programadas com ferramentas de visualização de dados e notas de campo geoespacial. Isto fornece para os agricultores informação conveniente ao alcance para referência, login e percepções visuais para desempenho de campo. Em uma modalidade, as instruções de vista geral e alerta 204 são programadas para fornecer uma vista ampla de operação do que é importante para o agricultor, e recomendações na hora certa para executar ação ou focalizar em problemas particulares. Isto permite ao agricultor focalizar a tempo no que precisa atenção, para economizar tempo e preservar produção por toda a estação. Em uma modalidade, as instruções de sementes e plantio 208 são programadas para fornecer ferramentas para seleção de semente, colocação híbrida e criação de script, incluindo criação de script de taxa variável (VR), com base em modelos científicos e dados empíricos. Isto capacita agricultores para maximizar produção ou retorno em investimento por meio de compra, colocação e população de sementes otimizadas.

[041] Em uma modalidade, as instruções de nitrogênio 210 são programadas para fornecer ferramentas para informar decisões de nitrogênio ao visualizar a disponibilidade de nitrogênio para plantações e para criar scripts de fertilidade de taxa variável (VR). Isto capacita agricultores para maximizar produção ou retorno em investimento por meio de aplicação de nitrogênio otimizada durante a estação. Funções programadas de exemplo incluem exibir imagens tais como imagens SSURGO para capacitar desenho de zonas de aplicação; transferência de zonas

definidas por agricultor existentes; fornecer um gráfico de aplicação para capacitar ajuste de aplicações de nitrogênio através de múltiplas zonas; saída de scripts para acionar maquinário; ferramentas para entrada e ajuste de massa de dados; e/ou mapas para visualização de dados, dentre outros. "Entrada de dados de massa", neste contexto, pode significar introduzir dados uma vez e então aplicar os mesmos dados para múltiplos campos que tenham sido definidos no sistema; dados de exemplo podem incluir dados de aplicação de nitrogênio que são os mesmos para muitos campos do mesmo agricultor. Por exemplo, as instruções de nitrogênio 210 podem ser programadas para aceitar definições de programas de plantio e de práticas de nitrogênio e para aceitar entrada de usuário especificando aplicação desses programas através de múltiplos campos. "programas de plantio de nitrogênio", neste contexto, se referem a um conjunto nomeado e armazenado de dados que associam: um nome, código de cores ou outro identificador, uma ou mais datas de aplicação, tipos de material ou produto para cada uma das datas e quantidades, método de aplicação ou incorporação tal como injetado ou cortado, e/ou quantidades ou taxas de aplicação para cada uma das datas, plantação ou híbrido que é a matéria da aplicação, dentre outros. "Programas de práticas de nitrogênio", neste contexto, se referem a um conjunto nomeado e armazenado de dados que associam: um nome de práticas; uma plantação anterior; um sistema de lavoura; uma data da terra cultivada primariamente; um ou mais sistemas de lavouras anteriores que foram usados; um ou mais indicadores de aplicações de adubo que foram usadas. As instruções de nitrogênio 210 também podem ser programadas para gerar e

causar exibição de um gráfico de nitrogênio, uma vez que um programa seja aplicado para um campo, o qual indica projeções de uso de planta do nitrogênio especificado e se um excedente ou déficit é predito; em algumas modalidades, indicadores coloridos diferentes podem sinalizar uma magnitude de excedente ou magnitude de déficit. Em uma modalidade, um gráfico de nitrogênio compreende uma exibição gráfica em um dispositivo de exibição de computador compreendendo uma pluralidade de fileiras, cada fileira associada com um campo e identificando o mesmo; dados especificando qual lavoura está plantada no campo, o tamanho de campo, a localização de campo e uma representação gráfica do perímetro de campo; em cada fileira, uma linha de tempo por mês com indicadores gráficos especificando cada aplicação e quantidade de nitrogênio em pontos correlacionados a nomes de meses; e indicadores numéricos e/ou coloridos de excedente ou déficit, em que a cor indica magnitude.

[042] Em uma modalidade, as instruções de condições meteorológicas 212 são programadas para fornecer dados de condições meteorológicas recentes específicas de campo e informação meteorológica prevista. Isto capacita agricultores para economizar tempo e ter uma exibição integrada eficiente em relação a decisões operacionais diárias.

[043] Em uma modalidade, as instruções de saúde de campo 214 são programadas para fornecer na hora certa imagens de detecção remota destacando variação de plantação na estação e potenciais preocupações. Funções programadas de exemplo incluem verificação de nuvem, para identificar possíveis nuvens ou sombreados de nuvens; determinar índices de

nitrogênio com base em imagens de campo; visualização gráfica de camadas de exploração, incluindo, por exemplo, aquelas relacionadas com saúde de campo, e observação e/ou compartilhamento de notas de exploração; e/ou transferir imagens de satélite de múltiplas fontes e priorizar as imagens para o agricultor, dentre outros.

[044] Em uma modalidade, as instruções de desempenho 216 são programadas para fornecer relatórios, análise e ferramentas de compreensão usando dados a respeito da fazenda para avaliação, discernimentos e decisões. Isto capacita o agricultor para procurar resultados aperfeiçoados para o próximo ano por meio de conclusões baseadas em fatos a respeito de porque retorno em investimento foi em níveis anteriores, e compreensão de fatores limitantes de produção. As instruções de desempenho 216 podem ser programadas para se comunicar por meio da(s) rede(s) 109 com programas de analítica de lado servidor executados no computador servidor de dados externos 108 e configuradas para analisar métricas tais como produção, híbrido, população, SSURGO, testes de solo ou elevação, dentre outros. Relatórios programados e análise podem incluir análise de variabilidade de produção, comparação de produção e outras métricas contra outros agricultores com base em dados coletados anônimos de muitos agricultores, ou dados para sementes e plantio, dentre outros.

[045] Aplicações tendo instruções configuradas deste modo podem ser implementadas para plataformas de dispositivos de computação diferentes enquanto que mantendo a mesma aparência geral de interface de usuário. Por exemplo, a aplicação móvel pode ser programada para execução em

tablets, telefones inteligentes ou computadores servidores que são acessados usando navegadores em computadores clientes. Adicionalmente, a aplicação móvel tal como configurada para tablets ou telefones inteligentes pode fornecer uma experiência de aplicação total ou uma experiência de aplicação de cabine que seja adequada para o mostrador e capacidades de processamento do computador de cabine 115. Por exemplo, referindo-se agora à vista (b) da figura 2, em uma modalidade um aplicativo de cabine 220 pode compreender as instruções de mapas-cabine 222, as instruções de vistas remotas 224, as instruções de coleta e transferência de dados 226, as instruções de alertas de máquina 228, as instruções de transferência de script 230, e as instruções de exploração-cabine 232. O código base para as instruções da vista (b) pode ser igual ao da vista (a) e executáveis implementando o código podem ser programados para detectar o tipo de plataforma no qual eles estão executando e para expor, por meio de uma interface gráfica de usuário, somente aquelas funções que são apropriadas para uma plataforma de cabine ou plataforma total. Esta abordagem capacita o sistema para reconhecer a experiência de usuário diferente distintamente que é apropriada para um ambiente de cabine e o ambiente de tecnologia diferente da cabine. As instruções de mapas-cabine 222 podem ser programadas para fornecer vistas de mapas de campos, fazendas ou regiões que são úteis ao direcionar operação de máquina. As instruções de vistas remotas 224 podem ser programadas para ligar, gerenciar e fornecer vistas de atividade de máquina em tempo real ou quase em tempo real para outros dispositivos de computação conectados ao sistema 130 via redes sem fio,

conectores ou adaptadores com fio e outros mais. As instruções de coleta e transferência de dados 226 podem ser programadas para ligar, gerenciar e fornecer transferência de dados coletados em sensores e controladores de máquina para o sistema 130 via redes sem fio, conectores ou adaptadores com fio e outros mais. As instruções de alertas de máquina 228 podem ser programadas para detectar questões com operações da máquina ou de ferramentas que estão associadas com a cabine e gerar alertas para operador. As instruções de transferência de script 230 podem ser configuradas para transferir scripts de instruções que são configuradas para direcionar operações de máquina ou a coleta de dados. As instruções de exploração-cabine 232 podem ser programadas para exibir alertas baseados em localização e informação recebida do sistema 130 com base na localização do aparelho agrícola 111 ou dos sensores 112 no campo e ingerir, gerenciar e fornecer transferência de observações de exploração baseadas em localização para o sistema 130 com base na localização do aparelho agrícola 111 ou dos sensores 112 no campo.

### 2.3. INGESTÃO DE DADOS PARA O SISTEMA DE COMPUTADOR

[046] Em uma modalidade, o computador servidor de dados externos 108 armazena os dados externos 110, incluindo dados de solo representando composição de solo para o um ou mais campos e dados de condições meteorológicas representando temperatura e precipitação no um ou mais campos. Os dados de condições meteorológicas podem incluir dados passados e presentes de condições meteorológicas assim como previsões para dados futuros de condições meteorológicas. Em uma modalidade, o computador servidor de dados externos 108

compreende uma pluralidade de servidores hospedados por entidades diferentes. Por exemplo, um primeiro servidor pode conter dados de composição de solo enquanto que um segundo servidor pode incluir dados de condições meteorológicas. Adicionalmente, dados de composição de solo podem ser armazenados em múltiplos servidores. Por exemplo, um servidor pode armazenar dados representando porcentagem de areia, sedimento e de argila no solo enquanto que um segundo servidor pode armazenar dados representando porcentagem de matéria orgânica (OM) no solo.

[047] Em uma modalidade, o sensor remoto 112 compreende um ou mais sensores que são programados ou configurados para produzir uma ou mais observações. O sensor remoto 112 pode ser sensores aéreos, tais como satélites, sensores de veículo, sensores de equipamentos de plantio, sensores de lavoura, sensores de aplicação de fertilizante ou inseticida, sensores de colheitadeiras e qualquer outro implemento capaz de receber dados de um ou mais campos. Em uma modalidade, o controlador de aplicação 114 é programado ou configurado para receber instruções do sistema de computador de inteligência agrícola 130. O controlador de aplicação 114 também pode ser programado ou configurado para controlar um parâmetro de operação de um veículo ou implemento agrícola. Por exemplo, um controlador de aplicação pode ser programado ou configurado para controlar um parâmetro de operação de um veículo, tal como um trator, equipamento de plantio, equipamento de lavoura, equipamento de fertilizante ou inseticida, equipamento de colheita, ou outros implementos de fazenda tais como uma válvula de água. Outras modalidades podem usar qualquer combinação de



sensores e controladores, dos quais os seguintes são meramente exemplos selecionados.

[048] O sistema 130 pode obter ou ingerir dados sob o controle do usuário 102, em uma base de massa de um grande número de agricultores que tenham contribuído com dados para um sistema de base de dados compartilhado. Esta forma de obter dados pode ser denominada de "ingestão de dados manual" já que uma ou mais operações de computador controladas por usuário são solicitadas ou ativadas para obter dados para uso pelo sistema 130. Como um exemplo, o NITROGEN ADVISOR, disponível comercialmente pela The Climate Corporation, San Francisco, Califórnia, pode ser operado para exportar dados para o sistema 130 para armazenamento no repositório 160.

[049] Por exemplo, sistemas de monitoramento de sementes pode tanto controlar componentes de aparelho semeador quanto obter dados de plantio, incluindo sinais de sensores de sementes por meio de um equipamento de sinais que compreende uma rede principal CAN e conexões ponto a ponto para registro e/ou diagnósticos. Sistemas de monitoramento de sementes podem ser programados ou configurados para exibir espaçamento entre sementes, população e outra informação para o usuário por meio do computador de cabine 115 ou de outros dispositivos dentro do sistema 130. Exemplos são revelados na patente US 8.738.243 e na publicação de patente US 20150094916, e a presente revelação assume conhecimento dessas outras revelações de patentes.

[050] Igualmente, sistemas de monitoramento de produção podem conter sensores de produção para aparelho de colheita que enviam dados de medição de produção para o computador de cabine 115 ou para outros dispositivos dentro do sistema

130. Sistemas de monitoramento de produção podem utilizar um ou mais sensores remotos 112 para obter medições de umidade de grãos em uma colheitadeira de grãos ou em outra colheitadeira e transmitir estas medições para o usuário por meio do computador de cabine 115 ou de outros dispositivos dentro do sistema 130.

[051] Em uma modalidade, exemplos dos sensores 112 que podem ser usados com qualquer veículo ou aparelho móvel do tipo descrito em outro lugar neste documento incluem sensores cinemáticos e sensores de posição. Sensores cinemáticos podem compreender qualquer um dos sensores de velocidade tais como radar ou sensores de velocidade de roda, acelerômetros ou giroscópios. Sensores de posição podem compreender receptores ou transceptores GPS, ou aplicações de posicionamento ou mapeamento baseadas em WiFi que são programadas para determinar localização com base em pontos de acesso a uma rede WiFi próximos, dentre outros.

[052] Em uma modalidade, exemplos dos sensores 112 que podem ser usados com tratores ou outros veículos móveis incluem sensores de velocidade de motor, sensores de consumo de combustível, contadores de áreas ou contadores de distâncias que interagem com sinais GPS ou de radar, sensores de velocidade PTO (tomada de potência), sensores de sistema hidráulico de trator configurado para detectar parâmetros de hidráulica tais como pressão ou fluxo e/ou velocidade de bomba hidráulica, sensores de velocidade de roda ou sensores de deslizamento de roda. Em uma modalidade, exemplos dos controladores 114 que podem ser usados com tratores incluem controladores direcionais hidráulicos, controladores de pressão e/ou controladores de fluxo; controladores de

velocidade de bomba hidráulica; controladores ou reguladores de velocidades, controladores de posicionamento de obstáculos; ou controladores de posicionamento de rodas que fornecem direcionamento automático.

[053] Em uma modalidade, exemplos dos sensores 112 que podem ser usados com equipamento de plantio de sementes tais como semeadoras, furadoras ou semeadoras a ar incluem sensores de sementes, os quais podem ser sensores óticos, eletromagnéticos ou de impacto; sensores de força para baixo tais como pinos de carga, células de carga, sensores de pressão; sensores de propriedade de solo tais como sensores de refletividade, sensores de umidade, sensores de condutividade elétrica, sensores de resíduos óticos ou sensores de temperatura; sensores de critérios de operação de componentes tais como sensores de profundidade de plantio, sensores de pressão de cilindro de força para baixo, sensores de velocidade de disco de sementes, codificadores de motor de impulsionamento de sementes, sensores de velocidade de sistema transportador de sementes, ou sensores de nível a vácuo; ou sensores de aplicação de pesticida tais como sensores óticos ou outros eletromagnéticos, ou sensores de impacto. Em uma modalidade, exemplos dos controladores 114 que podem ser usados com tal equipamento de plantio de sementes incluem: controladores de dobra de barra de ferramentas, tais como controladores para válvulas associadas com cilindros hidráulicos; controladores de força para baixo, tais como controladores para válvulas associadas com cilindros pneumáticos, airbags ou cilindros hidráulicos, e programados para aplicar força para baixo às unidades de fileiras individuais ou a uma armação de semeador total;

controladores de profundidades de plantio, tais como atuadores lineares, controladores de medição, tais como motores elétricos de acionamento de medidores de sementes, motores hidráulicos de acionamento de medidores de sementes, ou embreagens de controle de fileira; controladores de seleção híbridos, tais como motores de acionamento de medidores de sementes, ou outros acionadores programados para seletivamente permitir ou impedir que semente ou uma mistura ar-semente seja entregue para ou a partir de medidores ou tremonhas de volumes centrais de sementes; controladores de medição, tais como motores elétricos de acionamento de medidores de sementes, ou motores hidráulicos de acionamento de medidores de sementes, controladores de sistema transportador de sementes, tais como controladores para um motor de transportador de correia de entrega de sementes; controladores de marcadores, tais como um controlador para um atuador pneumático ou hidráulico; ou controladores de taxa de aplicação de pesticida, tais como controladores de acionamento de medição, controladores de tamanhos ou posicionamentos de orifícios.

[054] Em uma modalidade, exemplos dos sensores 112 que podem ser usados com equipamento de lavoura incluem sensores de posições para ferramentas tais como hastes ou discos; sensores de posições de ferramentas para tais ferramentas que são configurados para detectar profundidade, ângulo de jogo de ferramentas ou espaçamento lateral; sensores de força para baixo; ou sensores de força de arrasto. Em uma modalidade, exemplos dos controladores 114 que podem ser usados com equipamento de lavoura incluem controladores de força para baixo ou controladores de posicionamento de

ferramenta, tais como controladores configurados para controlar profundidade de ferramenta, ângulo de jogo de ferramentas ou espaçamento lateral,

[055] Em uma modalidade, exemplos dos sensores 112 que podem ser usados em relação ao aparelho para aplicar fertilizante, inseticida, fungicida e outros mais, tais como sistemas de fertilizantes iniciadores em semeador, aplicadores de fertilizantes de subsolo, ou pulverizadores de fertilizantes, incluem: sensores de critérios de sistemas de fluido, tais como sensores de fluxo ou sensores de pressão; sensores indicando que válvulas de cabeças de spray ou válvulas de linhas de fluido estão abertas; sensores associados com tanques, tais como sensores de níveis de enchimento; sensores de linhas de fornecimento seccionais ou de sistema amplo, ou sensores de linhas de fornecimento específicas de fileiras; ou sensores cinemáticos tais como acelerômetros dispostos em lanças pulverizadoras. Em uma modalidade, exemplos dos controladores 114 que podem ser usados com tal aparelho incluem controladores de velocidades de bombas; controladores de válvulas que são programados para controlar pressão, fluxo, direção, PWM e outros mais; ou acionadores de posicionamentos, tais como para altura de lança, profundidade de escavador ou posição de lança.

[056] Em uma modalidade, exemplos dos sensores 112 que podem ser usados com colheitadeiras incluem monitores de produção, tais como medidores de deformações de placas de impacto ou sensores de posição, sensores de fluxo capacitivos, sensores de carga, sensores de peso, ou sensores de torque associados com elevadores ou escavadores, ou sensores de alturas de grãos óticos, eletromagnéticos ou

outros; sensores de umidade de grãos, tais como sensores capacitivos; sensores de perda de grãos, incluindo sensores de impacto, óticos ou capacitivos; sensores de critérios de operação de cabeça tais como sensores de altura de cabeça, tipo de cabeça, folga de placa de estrado, velocidade de alimentador e de velocidades de carretéis; sensores de critérios de operação de separadores, tais como sensores de folga côncava, velocidade de rotor, folga de sapata, ou de folga de regateio; sensores de escavadores para posição, operação, ou velocidade; ou sensores de velocidade de motor. Em uma modalidade, exemplos dos controladores 114 que podem ser usados com colheitadeiras incluem controladores de critérios de operação de cabeça para elementos tais como altura de cabeça, tipo de cabeça, folga de placa de estrado, velocidade de alimentador, ou velocidade de carretel; controladores de critérios de operação de separadores para recursos tais como folga côncava, velocidade de rotor, folga de sapata ou folga de regateio; ou controladores para posição, operação ou velocidade de escavador.

[057] Em uma modalidade, exemplos dos sensores 112 que podem ser usados com caçambas de grãos incluem sensores de peso, ou sensores para posição, operação ou velocidade de escavador. Em uma modalidade, exemplos dos controladores 114 que podem ser usados com caçambas de grãos incluem controladores para posição, operação ou velocidade de escavador.

[058] Em uma modalidade, exemplos dos sensores 112 e dos controladores 114 podem ser instalados em veículos aéreos não tripulados (UAV) ou "drones". Tais sensores podem incluir câmeras com detectores efetivos para qualquer faixa do

espectro eletromagnético incluindo luz visível, infravermelho, ultravioleta, infravermelho próximo (NIR) e outros mais; acelerômetros; altímetros; sensores de temperatura; sensores de umidade; sensores de tubo de pitot ou outros sensores de velocidade em relação ao ar ou de velocidade de vento; sensores de vida de bateria; ou emissores de radar e aparelho detecção de energia refletida por radar. Tais controladores podem incluir aparelho de guiamento ou de controle de motor, controladores de superfícies de controle, controladores de câmeras, ou controladores programados para ligar, operar, obter dados, gerenciar e configurar qualquer um dos sensores indicados anteriormente. Exemplos são revelados no pedido de patente US 14/831.165 e a presente revelação assume conhecimento dessa outra revelação de patente.

[059] Em uma modalidade, os sensores 112 e os controladores 114 podem ser fixados ao aparelho de amostragem e medição de solo que é configurado ou programado para amostrar solo e executar testes de química de solo, testes de umidade de solo e outros testes relativos ao solo. Por exemplo, o aparelho revelado na patente US 8.767.194 e na patente US 8.712.148 pode ser usado, e a presente revelação assume conhecimento dessas revelações de patentes.

#### 2.4 VISTA GERAL DE PROCESSO - TREINAMENTO COM MODELO AGRONÔMICO

[060] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 é programado ou configurado para criar um modelo agronômico. Neste contexto, um modelo agronômico é uma estrutura de dados na memória do sistema de computador de inteligência agrícola 130 que compreende os

dados de campo 106, tais como dados de identificação e dados de colheita para um ou mais campos. O modelo agronômico também pode compreender propriedades agronômicas calculadas que descrevem condições que podem afetar o crescimento de uma ou mais plantações em um campo, ou propriedades da uma ou mais plantações, ou ambas. Adicionalmente, um modelo agronômico pode compreender recomendações baseadas em fatores agronômicos tais como recomendações de plantação, recomendações de irrigação, recomendações de plantio e recomendações de colheita. Os fatores agronômicos também podem ser usados para estimar um ou mais resultados relacionados com plantação, tais como produção agronômica. A produção agronômica de uma plantação é uma estimativa de quantidade da plantação que é produzida, ou em alguns exemplos a receita ou lucro obtido pela plantação produzida.

[061] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode usar um modelo agronômico pré-configurado para calcular propriedades agronômicas relacionadas com informação de localização e de plantação recebida correntemente para um ou mais campos. O modelo agronômico pré-configurado é baseado em dados de campo processados anteriormente, incluindo, mas não limitado a isto, dados de identificação, dados de colheita, dados de fertilizante e dados de condições meteorológicas. O modelo agronômico pré-configurado pode ter sido validado de forma cruzada para assegurar precisão do modelo. Validação cruzada pode incluir comparação para fundamentar veracidade que compara resultados preditos com resultados reais em um campo, tal como uma comparação de estimativa de precipitação com um medidor de chuva na mesma localização ou uma estimativa de



conteúdo de nitrogênio com uma medição de amostra de solo.

[062] A figura 3 ilustra um processo programado pelo qual o sistema de computador de inteligência agrícola gera um ou mais modelos agronômicos pré-configurados usando dados de campo fornecidos por uma ou mais fontes de dados externas. A figura 3 pode servir como um algoritmo ou instruções para programar os elementos funcionais do sistema de computador de inteligência agrícola 130 para executar as operações que são agora descritas.

[063] No bloco 305, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 é configurado ou programado para implementar pré-processamento de dados agronômicos de dados de campo recebidos de um ou mais recursos de dados externos. Os dados de campo recebidos de um ou mais recursos de dados externos podem ser pré-processados para o propósito de remover ruído e efeitos de distorção nos dados agronômicos incluindo valores discrepantes medidos que predisporiam valores de dados de campo recebidos. Modalidades de pré-processamento de dados agronômicos podem incluir, mas não estão limitadas a isto, remover valores de dados comumente associados com valores de dados discrepantes, pontos de dados medidos específicos que são conhecidos para distorcer desnecessariamente outros valores de dados, técnicas de uniformização de dados usadas para remover ou reduzir efeitos aditivos ou multiplicativos de ruído, e outras técnicas de filtragem ou de derivação de dados usadas para fornecer distinções claras entre entradas de dados positivas e negativas.

[064] No bloco 310, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 é configurado ou programado para

executar seleção de subconjunto de dados usando os dados de campo pré-processados a fim de identificar conjuntos de dados úteis para geração de modelo agrônômico inicial. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode implementar técnicas de seleção de subconjunto de dados incluindo, mas não limitadas a isto, um método de algoritmo genético, um método de modelos de todos os subconjuntos, um método de pesquisa sequencial, um método de regressão de forma gradual, uma método de otimização de conjunto de partículas e um método de otimização de colônia de formigas. Por exemplo, uma técnica de seleção de algoritmo genético usa um algoritmo de pesquisa heurístico adaptativo, com base em princípios evolucionários de seleção e genética naturais, para determinar e avaliar conjuntos de dados dentro dos dados agrônômicos pré-processados.

[065] No bloco 315, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 é configurado ou programado para implementar avaliação de conjunto de dados de campo. Em uma modalidade, um conjunto de dados de campo específico é avaliado ao criar um modelo agrônômico e usar limiares de qualidade específicos para o modelo agrônômico criado. Modelos agrônômicos podem ser comparados usando técnicas de validação cruzada incluindo, mas não limitado a isto, raiz do erro quadrático médio de validação cruzada com um de fora (RMSECV), erro absoluto médio e erro de porcentagem média. Por exemplo, RMSECV pode validar de forma cruzada modelos agrônômicos ao comparar valores preditos de propriedades agrônômicas criados pelo modelo agrônômico com valores históricos de propriedades agrônômicas coletados e analisados. Em uma modalidade, a lógica de avaliação de

conjunto de dados agronômicos é usada como um laço de realimentação onde conjuntos de dados agronômicos que não satisfazem limiares de qualidade configurados são usados durante futuras etapas de seleção de subconjunto de dados (bloco 310).

[066] No bloco 320, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 é configurado ou programado para implementar criação de modelo agronômico com base nos conjuntos de dados agronômicos validados de forma cruzada. Em uma modalidade, criação de modelo agronômico pode implementar técnicas de regressão de múltiplas variáveis para criar modelos de dados agronômicos pré-configurados.

[067] No bloco 325, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 é configurado ou programado para armazenar os modelos de dados agronômicos pré-configurados para futura avaliação de dados de campo.

## 2.5. EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO - VISTA GERAL DE HARDWARE

[068] De acordo com uma modalidade, as técnicas descritas neste documento são implementadas por meio de um ou mais dispositivos de computação de uso especial. Os dispositivos de computação de uso especial podem ser conectados fisicamente para executar as técnicas, ou podem incluir dispositivos eletrônicos digitais tais como um ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASICs) ou matrizes de portas programáveis em campo (FPGAs) que são programados persistentemente para executar as técnicas, ou podem incluir um ou mais processadores de hardware de uso geral programados para executar as técnicas de acordo com instruções de programa em firmware, memória, outro armazenamento ou em uma combinação destes. Tais dispositivos

de computação de uso especial também podem combinar lógica personalizada conectada fisicamente, ASICs, ou FPGAs com programação personalizada para executar as técnicas. Os dispositivos de computação de uso especial podem ser sistemas de computadores de mesa, sistemas de computadores portáteis, dispositivos portáteis, dispositivos de rede ou qualquer outro dispositivo que incorpore lógica conectada fisicamente e/ou de programa para implementar as técnicas.

[069] Por exemplo, a figura 4 é um diagrama de blocos que ilustra um sistema de computador 400 por meio do qual uma modalidade da invenção pode ser implementada. O sistema de computador 400 inclui um barramento 402 ou outro mecanismo de comunicação para enviar informação, e um processador de hardware 404 acoplado ao barramento 402 para processar informação. O processador de hardware 404 pode ser, por exemplo, um microprocessador de uso geral.

[070] O sistema de computador 400 também inclui uma memória principal 406, tal como uma memória de acesso aleatório (RAM) ou outro dispositivo de armazenamento dinâmico, acoplada ao barramento 402 para armazenar informação e instruções para serem executadas pelo processador 404. A memória principal 406 também pode ser usada para armazenar variáveis temporárias ou outra informação intermediária durante execução de instruções a ser executadas pelo processador 404. Tais instruções, quando armazenadas em mídias de armazenamento não transitório acessíveis pelo processador 404, renderizam o sistema de computador 400 em uma máquina de uso especial que é personalizada para executar as operações especificadas nas instruções.

[071] O sistema de computador 400 inclui adicionalmente uma memória somente de leitura (ROM) 408 ou outro dispositivo de armazenamento estático acoplado ao barramento 402 para armazenar informação e instruções estáticas para o processador 404. Um dispositivo de armazenamento 410, tal como um disco magnético, disco ótico ou unidade de estado sólido, é fornecido e acoplado ao barramento 402 para armazenar informação e instruções.

[072] O sistema de computador 400 pode ser acoplado via barramento 402 a um mostrador 412, tal como um tubo de raios catódicos (CRT), para exibir informação para um usuário de computador. Um dispositivo de entrada 414, incluindo alfanumérico e outras teclas, é acoplado ao barramento 402 para comunicar informação e comandar seleções para o processador 404. Um outro tipo de dispositivo de entrada de usuário é o controle de cursor 416, tal como um mouse, um mouse estacionário, ou teclas de direções de cursor para comunicar informação de direção e seleções de comando para o processador 404 e para controlar movimento de cursor no mostrador 412. Este dispositivo de entrada tipicamente tem dois graus de liberdade em dois eixos, um primeiro eixo (por exemplo, x) e um segundo eixo (por exemplo, y), o que permite ao dispositivo especificar posições em um plano.

[073] O sistema de computador 400 pode implementar as técnicas descritas neste documento usando lógica personalizada conectada fisicamente, um ou mais ASICs ou FPGAs, firmware e/ou lógica de programa que em combinação com o sistema de computador induz ou programa o sistema de computador 400 para ser uma máquina de uso especial. De acordo com uma modalidade, as técnicas neste documento são

executadas pelo sistema de computador 400 em resposta ao processador 404 executar uma ou mais sequências de uma ou mais instruções contidas na memória principal 406. Tais instruções podem ser lidas na memória principal 406 de uma outra mídia de armazenamento, tal como o dispositivo de armazenamento 410. Execução das sequências de instruções contidas na memória principal 406 induz o processador 404 para executar as etapas de processo descritas neste documento. Em modalidades alternativas, conjunto de circuitos incorporado pode ser usado no lugar ou em combinação com instruções de software.

[074] O termo "mídias de armazenamento" tal como usado neste documento se refere a quaisquer mídias não transitórias que armazenam dados e/ou instruções que induzem uma máquina para operar em um modo específico. Tais mídias de armazenamento podem compreender mídias não voláteis e/ou mídias voláteis. Mídias não voláteis incluem, por exemplo, discos óticos, discos magnéticos ou unidades de estado sólido, tais como o dispositivo de armazenamento 410. Mídias voláteis incluem memória dinâmica, tal como a memória principal 406. Formas comuns de mídias de armazenamento incluem, por exemplo, um disco flexível, disco rígido, unidade de estado sólido, fita magnética ou qualquer outra mídia de armazenamento de dados magnéticos, um CD-ROM, qualquer outra mídia de armazenamento de dados óticos, qualquer mídia física com padrões de furos, uma RAM, uma PROM, e EPROM, uma FLASH-EPROM, NVRAM, qualquer outro chip ou cartucho de memória.

[075] Mídia de armazenamento é distinta de mídia de transmissão, mas pode ser usada em combinação com ela. Mídia

de transmissão participa em transferir informação entre mídias de armazenamento. Por exemplo, mídias de transmissão incluem cabos coaxiais, fios de cobre e fibras óticas, incluindo os fios que compreendem o barramento 402. Mídias de transmissão também podem ter a forma de ondas acústicas ou de luz, tal como aquelas geradas durante comunicações de dados de onda de rádio e infravermelho.

[076] Várias formas de mídias podem ser envolvidas ao carregar uma ou mais sequências de uma ou mais instruções para o processador 404 para execução. Por exemplo, as instruções podem ser carregadas inicialmente em um disco magnético ou unidade de estado sólido de um computador remoto. O computador remoto pode carregar as instruções na sua memória dinâmica e enviar as instruções por meio de uma linha de telefone usando um modem. Um modem local para o sistema de computador 400 pode receber os dados na linha de telefone e usar um transmissor infravermelho para converter os dados em um sinal infravermelho. Um detector de infravermelho pode receber os dados carregados no sinal infravermelho e um conjunto de circuitos apropriado pode colocar os dados no barramento 402. O barramento 402 carrega os dados na memória principal 406, da qual o processador 404 recupera e executa as instruções. As instruções recebidas pela memória principal 406 opcionalmente podem ser armazenadas no dispositivo de armazenamento 410 antes ou depois da execução pelo processador 404.

[077] O sistema de computador 400 também inclui uma interface de comunicação 418 acoplada ao barramento 402. A interface de comunicação 418 fornece um acoplamento de comunicação de dados bidirecional para um enlace de rede 420

que é conectado a uma rede local 422. Por exemplo, a interface de comunicação 418 pode ser uma placa de rede digital de serviços integrados (ISDN), modem a cabo, modem via satélite, ou um modem para fornecer uma conexão de comunicação de dados para um tipo correspondente de linha de telefone. Como um outro exemplo, a interface de comunicação 418 pode ser uma placa de rede de área local (LAN) para fornecer uma conexão de comunicação de dados para uma LAN compatível. Enlaces sem fio também podem ser implementados. Em qualquer tal implementação, a interface de comunicação 418 envia e recebe sinais elétricos, eletromagnéticos ou óticos que carregam fluxos de dados digitais representando vários tipos de informação.

[078] O enlace de rede 420 tipicamente possibilita comunicação de dados através de uma ou mais redes para outros dispositivos de dados. Por exemplo, o enlace de rede 420 pode fornecer uma conexão através da rede local 422 para um computador hospedeiro 424 ou para equipamento de dados operado por um Provedor de Serviços de Internet (ISP) 426. O ISP 426 por sua vez fornece serviços de comunicação de dados através da rede mundial de comunicação de dados de pacotes, referida comumente agora como a "Internet" 428. Tanto a rede local 422 quanto a Internet 428 usam sinais elétricos, eletromagnéticos ou óticos que carregam fluxos de dados digitais. Os sinais através das várias redes e os sinais no enlace de rede 420 e através da interface de comunicação 418, os quais carregam os dados digitais para e a partir do sistema de computador 400, são formas de exemplo de mídias de transmissão.

[079] O sistema de computador 400 pode enviar mensagens



e receber dados, incluindo código de programa, por meio da(s) rede(s), do enlace de rede 420 e da interface de comunicação 418. No exemplo de Internet, um servidor 430 pode transmitir um código solicitado para um programa de aplicação através da Internet 428, do ISP 426, da rede local 422 e da interface de comunicação 418.

[080] O código recebido pode ser executado pelo processador 404 à medida que ele é recebido, e/ou armazenado no dispositivo de armazenamento 410 ou em outro armazenamento não volátil para execução mais tarde.

### 3. ESTIMATIVA DE ERRO

[081] Em uma modalidade, um método de processamento de dados compreende receber uma pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar em uma localização particular durante um período de tempo particular; criar uma distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva; amostrar uma pluralidade de valores de tamanhos de gotas da distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva; computar uma pluralidade de taxas de chuva ao computar, para cada valor de tamanho de gota da pluralidade de valores de tamanhos de gotas, uma taxa de chuva correspondente usando o valor de tamanho de gota e um ou mais valores de refletividade da pluralidade de valores de refletividade representando medições de refletividade de radar na localização particular durante o período de tempo particular; computar e exibir uma distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações da pluralidade de taxas de chuva para a localização particular. Mais implementações, modalidades e exemplos específicos deste conceito inventivo são agora

descritos.

### 3.1. RECEBIMENTO DE DADOS DE RADAR

[082] A figura 5 é um fluxograma que representa um método de exemplo para computar uma estimativa probabilística de intensidade de precipitação com base em dados de refletividade de radar.

[083] Na etapa 502, medições de refletividade de radar são recebidas para uma localização particular. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode receber medições de radar polarimétricas do computador servidor de dados externos 108. Em uma modalidade, o computador servidor de dados externos 108 compreende um ou mais computadores servidores de radar que são acoplados comunicativamente a um dispositivo de radar que emite um feixe polarizado na direção da localização particular e recebe energia espalhada. Em algumas modalidades, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 recebe dados de refletividade, compreendendo uma localização do dispositivo de radar, uma quantidade de energia emitida pelo dispositivo de radar, uma direção da emissão de energia, uma quantidade de tempo entre a emissão e o recebimento da energia espalhada, e uma quantidade de energia espalhada recebida. A partir dos dados de refletividade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode computar a localização da precipitação e a magnitude da precipitação. Em outras modalidades, uma ou mais computações iniciais podem ser executadas antecipadamente, tal como pelo um ou mais computadores servidores de radar, e o sistema de computador de inteligência agrícola pode receber estimativas de localização e/ou de magnitude de precipitação do um ou mais

computadores servidores de radar. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode enviar uma solicitação para o um ou mais computadores servidores de radar para medições de radar ou estimativas de precipitações na localização particular. O um ou mais computadores servidores de radar podem computar a localização de precipitação para cada medição de refletividade e identificar medições de energia que estão associadas com a localização particular. O um ou mais computadores servidores de radar podem enviar as medições de refletividade associadas com a localização particular para o sistema de computador de inteligência agrícola 130.

[084] O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode ser programado ou configurado para receber dados de radar de múltiplas fontes diferentes. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode usar os dados de radar recebidos de fontes diferentes para fortalecer a computação de distribuições de precipitações. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode receber medições de radar polarimétricas de múltiplos dispositivos de radar diferentes em localizações diferentes. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode usar as múltiplas medições para corrigir os dados em função de erros nas medições de radar polarimétricas causados por fontes externas, tais como ruído, condições atmosféricas ou barreiras físicas entre dispositivos de radar e a localização particular. Adicionalmente e/ou alternativamente, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode modelar uma distribuição de precipitação para cada dispositivo de radar diferente.

### 3.2. CRIAÇÃO DE UMA DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHOS DE GOTAS

[085] Na etapa 504, uma distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva é criada. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode construir uma distribuição de tamanhos de gotas, isto é, uma distribuição probabilística que descreve as probabilidades de que a precipitação em uma localização particular compreende várias faixas de tamanhos de gotas. Por exemplo, uma distribuição de tamanhos de gotas particular pode indicar uma chance de trinta por cento de que o diâmetro médio das gotas na precipitação em uma localização particular está entre dois e três milímetros. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode gerar a distribuição de tamanhos de gotas para ser consistente com as medições de refletividade. Criar uma distribuição que é consistente com medições de refletividade pode compreender criar um modelo probabilístico para cada conjunto de medições de refletividade, onde a distribuição identifica cada tamanho de gota que pode ter ocasionado as medições de refletividade observadas com probabilidades correspondentes de que a precipitação compreendeu cada tamanho de gota. Por exemplo, uma medição de refletividade de radar particular pode ser mais provável de ter ocorrido se os tamanhos de gotas na localização particular forem de 3 mm do que se os tamanhos de gotas na localização particular forem de 5 mm. Assim, a distribuição de tamanhos de gotas pode conter uma probabilidade maior a respeito de um diâmetro de 3 mm do que a respeito do diâmetro de 5 mm.

[086] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 utiliza uma parametrização livre de distribuição para identificar probabilidades. Por

exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode comparar dados de disdrômetro descrevendo medições de gotas de precipitação com medições de refletividade para identificar a faixa de prováveis tamanhos de gotas para cada medição de refletividade. Com base nos vários tamanhos de gotas medidos pelos disdrômetros e nas medições de refletividade correspondentes, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode criar e armazenar uma faixa de prováveis tamanhos de gotas para cada medição de refletividade. Ao utilizar uma parametrização livre de distribuição, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 cria estimativas mais precisas das probabilidades de vários tamanhos de gotas, onde as probabilidades de tamanhos de gotas não estão de acordo com um tipo particular de distribuição.

[087] Adicionalmente e/ou alternativamente, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode assumir que a probabilidade de tamanhos de gotas se encaixa em um tipo particular de distribuição, tal como uma distribuição gama, e pode construir uma distribuição de tamanhos de gotas já que o tipo particular de distribuição se encaixa aos dados de refletividade. Ao assumir um tipo particular de distribuição e encaixar os dados no tipo particular de distribuição, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 cria um método barato de forma computacional de modelar os vários tamanhos de gotas. Para uma distribuição gama de tamanhos de gotas, uma distribuição pode ser construída de tal maneira que a refletividade medida pode ser expressada como uma função da distribuição de tamanhos de gotas:

$$Z = CN_v \frac{\Gamma(\alpha + 6)}{\beta^6 \Gamma(\alpha)}$$

onde  $Z$  é a refletividade,  $N_v$  é a concentração estimada de tamanhos de gotas de diâmetro equivalente,  $\alpha$  é a forma da distribuição gama, e  $\beta$  é a escala inversa da distribuição gama.

[088] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 cria a distribuição de tamanhos de gotas ao modelar a refletividade horizontal separadamente da refletividade vertical. Como gotas de chuva não são perfeitamente esféricas, mas esferoides oblato, as seções transversais horizontais e verticais de gotas diferirão, resultando desse modo em uma refletividade horizontal que difere da refletividade vertical. Ao separar as medições de refletividade em refletividade horizontal e refletividade vertical, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode criar uma distribuição de tamanhos de gotas que descreve a probabilidade de cada tamanho de gota com base em duas medidas separadas de refletividade, restringindo desse modo a faixa da distribuição de tamanhos de gotas para uma que é consistente separadamente com ambas as medidas de refletividade.

### 3.3. DISTRIBUIÇÃO PROBABILÍSTICA DE INTENSIDADES DE CHUVAS

[089] Na etapa 506 uma pluralidade de tamanhos de gotas é amostrada da distribuição de probabilidades de tamanhos de gotas de chuva. Em modalidades que utilizam uma parametrização livre de distribuição, tamanhos de gotas podem ser amostrados da parametrização livre de distribuição com base em probabilidades correspondentes dos vários

tamanhos de gotas. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode executar software ou algoritmos de amostragem para amostrar uma pluralidade de valores para os tamanhos de gotas de precipitação na localização particular da distribuição de tamanhos de gotas. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode executar um algoritmo de Monte Carlo de cadeia de Markov, tal como amostragem Gibbs, para amostrar valores da distribuição de tamanhos de gotas.

[090] Na etapa 508, uma pluralidade de taxas de chuva é computada ao computar uma taxa de chuva para cada tamanho de gota da pluralidade de tamanhos de gotas. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode usar os valores para tamanhos de gotas amostrados da equação acima para criar uma pluralidade de estimativas de chuva. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode modelar a taxa de chuva como uma função da distribuição de tamanhos de gotas. Em uma modalidade, um modelo da taxa de chuva como uma função da distribuição de tamanhos de gotas compreende

$$R = \frac{6\pi}{10^4} \frac{N_V \Gamma(\alpha + 3)}{\Gamma(\alpha)} \left( \frac{v_{m\acute{a}x}}{\beta^3} - \frac{v_a \beta^\alpha}{(\beta + v_b)^{\alpha+3}} \right)$$

onde  $v_{m\acute{a}x}$ ,  $v_a$  e  $v_b$  são constantes se relacionando com a velocidade terminal de gotas de um diâmetro particular,  $v(D)$ , que seguem a forma de  $v(D) = v_{m\acute{a}x} - v_a e^{v_b D}$ . Em uma modalidade,  $v_{m\acute{a}x}$ ,  $v_a$  e  $v_b$  são parametrizados usando dados de disdrômetro para relacionar a velocidade terminal de chuva com vários tamanhos de gotas ao diâmetro das gotas.

[091] Na etapa 510, uma distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações é computada a partir da

pluralidade de taxas de chuva. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode agregar a pluralidade de estimativas de chuva computadas dos vários tamanhos de gotas amostrados da distribuição de tamanhos de gotas. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode encaixar a pluralidade de estimativas de chuva em um tipo particular de distribuições, tal como uma distribuição gama ou uma distribuição normal. Adicionalmente e/ou alternativamente, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode criar um grande número de cálculos de taxas de chuva, tal como mil cálculos, e fazer determinações a respeito da distribuição probabilística dos cálculos. Por exemplo, se três centenas de milhares de cálculos mostrarem intensidades de precipitações acima de 2 mm, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode estimar que existe uma chance de trinta por cento de que a intensidade de precipitação real está acima de 2 mm.

[092] Para criar estimativas de acumulação de chuva de hora em hora, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode gerar uma distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações em intervalos específicos e agregar as distribuições ou intensidades de precipitações em uma distribuição de hora em hora. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode criar estimativas de precipitação e estimativas das incertezas na precipitação a cada minuto durante uma hora. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode então calcular a média das estimativas e das intensidades para obter acumulação de hora em hora. Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 reduz uso de memória



enquanto que mantendo alta precisão ao alterar dinamicamente os intervalos específicos com base em dados de condições meteorológicas recebidos. Por exemplo, se o sistema de computador de inteligência agrícola 130 identificar condições meteorológicas relativamente estáveis, tais como estimativas de chuva consistentes constantes, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode aumentar o tamanho dos intervalos de maneira que menos computações sejam executadas em um período de hora em hora. Em contraste, se sistema de computador de inteligência agrícola identificar condições meteorológicas oscilantes, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode diminuir o tamanho dos intervalos de maneira que mais computações sejam executadas, aumentando desse modo a precisão das estimativas de precipitações de hora em hora.

[093] A figura 6 representa um método de amostrar uma distribuição de taxa de gotas para computar uma estimativa probabilística de intensidade de precipitação com base em refletividade de radar. O gráfico de distribuição de tamanhos de gotas 602 representa uma distribuição de tamanhos de gotas para uma ou mais medições de refletividade particulares. Valores diferentes são amostrados do gráfico de distribuição de tamanhos de gotas 602 e introduzidos na equação de taxa de chuva. As saídas da equação de taxa de chuva são então usadas para construir o gráfico de intensidades de precipitações 604 que representa uma faixa de estimativas de precipitações que são consistentes com os dados de refletividade de radar.

[094] As técnicas de modelagem descritas anteriormente podem ser implementadas com precipitação puramente líquida

assim como com precipitação de fases misturadas. Precipitação de fases misturadas inclui precipitação tanto líquida quanto sólida. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode estender o modelo para cobrir uma mistura de fases sólida e líquida com um parâmetro de mistura particular. O parâmetro de mistura, o qual descreve a porcentagem de precipitação que é líquida versus sólida, pode ser inferido de dados extraídos de uma ou mais análises de previsões de condições meteorológicas numéricas. Adicionalmente e/ou alternativamente, o parâmetro de mistura pode ser inferido de variáveis ambientais e do perfil vertical de refletividade na localização particular. Por exemplo, com base em estimativas de temperatura para a localização particular, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode determinar uma probabilidade de que a precipitação é precipitação sólida ou precipitação líquida e gerar o parâmetro de mistura consequentemente.

#### 3.4. MODELAGEM ESPACIAL

[095] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 gera estimativas correlacionadas espacialmente de taxas de chuva usando dados de refletividade correspondendo a localizações vizinhas. Embora a concentração de gotas possa variar dentro de uma tempestade particular, o tamanho de gota de hidrometeoro médio em uma tempestade tende a ser altamente correlacionado espacialmente. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode criar estimativas mais precisas da distribuição de intensidades de precipitações usando uma distribuição de tamanhos de gotas correlacionada espacialmente. Para criar uma distribuição de tamanhos de

gotas correlacionada espacialmente ou para modelar uma estimativa correlacionada espacialmente de taxas de chuva, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 inicialmente pode receber dados de refletividade de radar para uma faixa ampla de localizações. Por exemplo, uma única varredura de radar pode produzir centenas de milhares de medições de radar polarimétricas abrangendo uma localização física particular. Para uma varredura particular, o sistema de computador de inteligência agrícola pode armazenar dados representando dados de refletividade de radar em cada localização. Em uma modalidade, dados de refletividade de radar para uma localização particular são correlacionados com dados de refletividade de radar para localizações vizinhas na mesma altitude da localização particular.

[096] Para uma localização particular, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode identificar medições de radar polarimétricas que estão dentro de uma distância horizontal particular a partir da localização particular. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode ser configurado para identificar medições de radar polarimétricas dentro de um comprimento de correlação predefinido de cada localização particular. Um comprimento de correlação se refere a uma distância dentro da qual duas medições ou estimativas do mesmo parâmetro são consideradas para ser correlacionadas. Por exemplo, um comprimento de correlação de 30 km pode ser estabelecido para o diâmetro médio ponderado dos tamanhos de gotas, indicando desse modo que o diâmetro médio ponderado dos tamanhos de gotas na localização particular está correlacionado aos diâmetros médios ponderados dos tamanhos

de gotas em localizações dentro de 30 km a partir da localização particular.

[097] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 usa um processo gaussiano para impor restrições na distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações. Especificamente, um processo gaussiano pode ser usado para impor uniformidade em uma variável dentro de uma área particular. Para uma dada variável  $x$  com observações ruidosas em um conjunto de localizações  $s = \{s_0, \dots, s_n\}$ , uma correlação espacial entre localizações pode ser modelada usando uma função de covariância  $C(s, s')$  que define a covariância de  $x$  em duas localizações,  $s$  e  $s'$ . Por exemplo, uma função de covariância exponencial pode ser definida por

$$C(s, s') = e^{-|s-s'|/\ell}$$

onde  $|s - s'|$  é a distância entre duas localizações e  $\ell$  é o comprimento de correlação. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode usar a função de covariância para condicionar a função gaussiana nas observações ruidosas e gerar previsões de  $x(p)$  em localizações não observadas  $p = \{p_0, \dots, p_n\}$ . Usando a função de covariância, uma distribuição para um parâmetro particular pode ser restringida com base em observações circundantes por

$$x(p) = \mathcal{N}(C_{sp}^T(C_{ss} + \sigma^2(s))^{-1}\hat{x}(s), C_{pp} - C_{sp}^T(C_{ss} + \sigma^2(s))^{-1}C_{sp})$$

onde  $C_{sp}$  é a matriz de covariância entre localizações  $s$  e localizações  $p$  e  $\sigma^2(s)$  é uma matriz diagonal compreendendo variâncias em  $s$  ao longo de uma diagonal.

[098] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 impõe restrições espaciais diretamente à taxa de chuva. O sistema de computador de

inteligência agrícola 130 inicialmente pode inferir parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode então usar as técnicas descritas neste documento para computar taxas de chuva a partir dos parâmetros inferidos da distribuição de tamanhos de gotas. Um processo gaussiano, tal como o descrito anteriormente, pode ser usado para restringir as taxas de chuva na localização particular com base nas taxas de chuva computadas nas localizações circundantes dentro do comprimento de correlação. Por exemplo, o processo gaussiano descrito anteriormente pode ser usado para inferir taxas de chuva em uma localização particular com base em medições de radar polarimétricas de localizações circundantes. A distribuição de taxas de chuva criada usando o processo gaussiano descrito anteriormente pode então ser usada para impor restrições em estimativas de taxas de chuva criadas usando dados de refletividade na localização particular.

[099] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 impõe restrições diretamente aos parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas. Parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas podem incluir o volume relativo, ou volume de água líquida por volume de atmosfera,  $V$ , o diâmetro médio ponderado de massa,  $D_m$ , e o desvio padrão ponderado de massa do diâmetro  $\sigma_m$ . Os parâmetros para a distribuição de tamanhos de gotas podem estar descorrelacionados inicialmente de maneira que funções gaussianas separadas possam ser construídas para cada variável independentemente. Por exemplo, uma transformação logarítmica pode ser aplicada para cada variável e encaixada a uma função gaussiana como

$$\log(D_m) = GP(0, C(s, s'; \ell_D))$$

$$\log(\sigma_m) = GP(0, C(s, s'; \ell_\sigma))$$

$$\log(V) = GP(0, C(s, s'; \ell_V))$$

O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode designar um ou mais comprimentos de correlação para as funções gaussianas, dependendo do parâmetro. Por exemplo, um comprimento de correlação de 30 quilômetros pode ser estabelecido para o diâmetro médio ponderado de massa e um comprimento de correlação de 1 quilômetro pode ser estabelecido para o desvio padrão ponderado de massa do diâmetro e o volume relativo.

### 3.5. MODELOS ESPAÇO-TEMPORAIS

[0100] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 cria estimativas correlacionadas temporalmente de taxas de chuva usando dados de refletividade correspondendo à localização particular em tempos vizinhos. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode restringir as estimativas de taxas de chuva ou os parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas usando dados de refletividade de radar em tempos diferentes dentro de um comprimento de correlação temporal. Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 cria estimativas correlacionadas espaço-temporalmente de taxas de chuva usando dados de refletividade correspondendo a localizações vizinhas e tempos vizinhos. Por exemplo, a função de covariância descrita anteriormente pode ser modificada para incluir tempos diferentes dentro de um comprimento de correlação temporal,  $\lambda$ , tal como se segue:

$$C((s, t) (s', t')) = C(s, s') e^{|t-t'|/\lambda}$$

Um comprimento de correlação temporal de meia hora pode

ser estabelecido da taxa de chuva e/ou dos parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas. Usando a função de covariância espaço-temporal e a função gaussiana descritas anteriormente, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode inferir taxas de chuva e/ou parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas e restringir a distribuição de taxas de chuva com base nos valores inferidos.

[0101] Em uma modalidade, a precisão do modelo espaço-temporal é aumentada adicionalmente ao incorporar a advecção da tempestade. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode gerar uma estimativa inicial de uma velocidade,  $v$ , de uma tempestade particular sobre a localização particular. À medida que a tempestade se desloca, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode criar um modelo de advecção que correlaciona a taxa de chuva e/ou os parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas ao quadro de referência se deslocando da tempestade. Assim, em um tempo particular  $t$ , uma localização  $s$  pode se correlacionar a uma posição inicial  $s$  por meio de  $s' = s - vt$ . Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola parametriza a posição de cada localização usando latitude e longitude. Para incorporar o movimento da tempestade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode separar a velocidade da tempestade em uma componente longitudinal  $u$  e uma componente latitudinal  $v$ . Assim, uma nova localização para cada ponto,  $s = (s_{lon}, s_{lat})$ , pode ser definida como  $a(s, t; u, v) = (s_{lon} - ut, s_{lat} - vt)$ . O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode utilizar uma função de covariância espaço-temporal que fatora no movimento da tempestade, tal como

$$C((s, t) (s', t'); \ell, \lambda, u, v) = e^{|a(s, t; u, v) - a(s', t'; u, v)|/\ell} e^{|t - t'|/\lambda}$$

[0102] O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode usar a função de covariância espaço-temporal que fatora no movimento da tempestade tal como descrito anteriormente em um processo gaussiano para restringir as taxas de chuva e/ou parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas em um modo que fatora na correlação entre taxas de chuva em localizações circundantes, a correlação entre taxas de chuva em tempos circundantes e o quadro de referência se deslocando da tempestade. Adicionalmente e/ou alternativamente, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode usar as técnicas descritas neste documento para modelar movimento e mudanças em um volume particular de hidrometeoros. Tal como descrito anteriormente, um ponto de referência inicial na tempestade no tempo  $t$  pode ser descrito por meio de um movimento horizontal da tempestade,  $s'_{\text{hor}} = s_{\text{hor}} - v_{\text{hor}}t$ . Uma posição de um volume particular de hidrometeoros pode ser descrita por meio de uma equação similar que fatora no movimento vertical das gotas,  $s' = (s'_{\text{hor}}, s'_{\text{ver}}) = (s_{\text{hor}} - v_{\text{hor}}t, s_{\text{ver}} - v_{\text{ver}}t)$ , onde  $v_{\text{hor}}$  é a velocidade estimada da tempestade e  $v_{\text{ver}}$  é a velocidade terminal de gotas de chuva na tempestade. Com base em dados de refletividade correspondendo aos hidrometeoros em uma primeira posição e tempo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode restringir estimativas de taxas de chuva e/ou de parâmetros de uma distribuição de tamanhos de gotas criadas a partir de dados de refletividade correspondendo aos mesmos hidrometeoros em uma segunda posição e tempo. Por exemplo, se distribuições de tamanhos de gota independente criadas em ambas as posições e tempos



contiverem valores se sobrepondo e valores diferindo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode manter os valores se sobrepondo e descartar os valores diferindo. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode aumentar adicionalmente a precisão de estimativas de taxas de chuva ao aumentar o número de medições de refletividade de um volume particular de hidrometeoros correspondendo a posições e tempos diferentes que são usados para restringir as estimativas de taxas de chuva e/ou de parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas.

[0103] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode criar um modelo que descreve evaporação, colisão e dissolução de gotas com base, em parte, em dados descrevendo fatores ambientais, tais como temperatura e ponto de orvalho. Usando o modelo que descreve evaporação, colisão e dissolução de gotas, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode modelar prováveis mudanças nos parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas entre um primeiro ponto e um segundo ponto. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 também pode restringir os parâmetros da distribuição de tamanhos de gotas para serem consistentes com as medições de refletividade no primeiro ponto, prováveis mudanças para os parâmetros entre o primeiro ponto e o segundo ponto e medições de refletividade no segundo ponto.

#### 4. USO DE ESTIMATIVA DE ERRO

##### 4.1. EXIBIÇÃO DE DISTRIBUIÇÕES DE PRECIPITAÇÕES

[0104] Em uma modalidade, uma faixa de prováveis intensidades de precipitações é exibida. Exibir a faixa de prováveis intensidades de precipitações pode incluir exibir

um valor estimado para a intensidade de precipitação junto com a faixa de prováveis intensidades de precipitações. O valor estimado para o valor de precipitação pode compreender o valor médio da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações enquanto que a faixa de prováveis intensidades de precipitações pode compreender uma faixa que inclui todos os valores dentro de dois desvios padrões do valor médio da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode exibir a estimativa de precipitação e a faixa de prováveis intensidades de precipitações por meio de camada de apresentação 134 no dispositivo de computação gerenciador de campo 104.

[0105] A figura 7 representa uma interface gráfica de usuário exibindo estimativas de precipitações com possíveis erros para um ou mais campos em um dispositivo de computação cliente. O dispositivo de computação gerenciador de campo 104 contém uma interface gráfica de usuário com a identificação de campo 702, a estimativa de precipitação 704, a faixa de precipitação provável 706 e o aviso de incerteza 708. A identificação de campo 702 identifica um ou mais campos associados com o usuário 102 do dispositivo de computação gerenciador de campo 104. Por exemplo, o usuário 102 pode ser um agricultor que deseja rastrear uma quantidade de água recebida por uma ou mais plantações em um ou mais campos. O agricultor pode identificar o um ou mais campos para o sistema de computador de inteligência agrícola 130 e o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode enviar estimativas de precipitações no um ou mais campos para o agricultor.

[0106] A estimativa de precipitação 704 identifica o valor de precipitação estimado durante um período de tempo particular. A estimativa de precipitação 704 pode corresponder a um valor médio da distribuição de probabilidades computada pelo sistema de computador de inteligência agrícola 130 usando dados de refletividade de radar se relacionando com o um ou mais campos. A faixa de precipitação provável 606 representa uma faixa de valores que o sistema de computador de inteligência agrícola 130 tenha determinado na qual se encontra a precipitação real para o um ou mais campos. Por exemplo, faixa de precipitação provável 606 pode ser uma faixa de valores dentro de dois desvios padrões da média. Adicionalmente e/ou alternativamente, a faixa de valores pode compreender uma faixa computada para incluir a média de noventa por cento dos valores computados para a distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações. Por exemplo, na figura 7 a estimativa de precipitação é de 2,1" (53,34 mm) e a faixa de precipitação provável é uma faixa de valores entre 1,8" (45,72 mm) e 2,2" (55,88 mm). O aviso de incerteza 708 identifica uma variância de precipitação para um ou mais dos campos. Ao indicar uma variância que se aplica a um ou mais dos campos, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 notifica o usuário 102 de que as estimativas de precipitações podem não ser completamente precisas, permitindo desse modo que o usuário 102 tome decisões mais bem informado com relação ao gerenciamento das plantações no um ou mais campos.

#### 4.2. IDENTIFICAÇÃO DO RISCO DE EVENTOS RAROS

[0107] Em uma modalidade, o sistema de computador de

inteligência agrícola 130 usa a distribuição de probabilidades de estimativas de precipitações para identificar o risco de um evento raro ocorrer. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode receber uma solicitação para monitorar uma ou mais localizações com relação à ocorrência de um evento raro ou para identificar a probabilidade de que um evento raro ocorreu onde ocorrência do evento raro é condicional, pelo menos em parte, em uma intensidade de precipitação particular. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode receber uma solicitação para monitorar um rio particular para determinar se o rio transbordará. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 também pode receber dados indicando que o rio transbordará se ele receber mais de três polegadas (76,2 milímetros) de precipitação. Para identificar o risco de o evento raro ocorrer, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode identificar uma probabilidade de que a intensidade de precipitação particular ocorreu.

[0108] A figura 8 representa um método de identificar um risco de um evento raro usando uma estimativa probabilística de intensidade de precipitação. Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 gera o gráfico de distribuição de intensidades de precipitações 800 descrevendo as prováveis intensidades de precipitações em uma localização particular durante um período de tempo particular. O gráfico de distribuição de intensidades de precipitações 800 contém um valor estimado no pico da distribuição e um valor de risco indicando a intensidade de precipitação particular na qual a ocorrência do evento raro

é condicional. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode identificar o risco de ocorrência do evento raro ao computar a área sob a curva representada no gráfico de distribuição de intensidades de precipitações 800 acima do valor de risco. Como um exemplo, se o valor estimado de precipitação for 2,1" (53,34 mm) e o valor de risco for 2,4" (60,96 mm), uma estimativa inicial da intensidade de precipitação pode resultar na suposição falsa de que o evento raro não ocorrerá. De acordo com o método representado na figura 8, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode determinar que, embora o valor estimado de precipitação seja 2,1" (53,34 mm), existe uma probabilidade de 30% de que a precipitação real seja 2,4" (60,96 mm) ou acima. Assim, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode identificar uma probabilidade de 30% de o evento raro ocorrer.

#### 4.3. MODELOS AGRONÔMICOS

[0109] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 usa estimativas de precipitações e incertezas nas estimativas de precipitações para criar um modelo agronômico. Em uma modalidade, um modelo agronômico é uma estrutura de dados na memória do sistema de computador de inteligência agrícola 130 que contém informação de localização e de plantação para um ou mais campos. Um modelo agronômico também pode conter fatores agronômicos que descrevem condições que podem afetar o crescimento de uma ou mais plantações em um campo. Adicionalmente, um modelo agronômico pode conter recomendações baseadas em fatores agronômicos tais como recomendações de plantação, recomendações de irrigação, recomendações de plantio e

recomendações de colheita. Os fatores agronômicos também podem ser usados para estimar um ou mais resultados relacionados com plantação, tal como produção agronômica. A produção agronômica de uma plantação é uma estimativa de quantidade da plantação que é produzida.

[0110] Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 usa as estimativas de precipitações para criar um modelo agronômico na memória ou em armazenamento permanente em resposta a uma solicitação do dispositivo de computação gerenciador de campo 104 para um modelo agronômico. Em outras modalidades, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 recebe uma solicitação de uma entidade externa para um modelo agronômico. Por exemplo, uma empresa de seguros pode solicitar um modelo agronômico para um campo garantido do cliente para determinar os riscos associados com a lavoura plantada pelo cliente. Em um outro exemplo, um servidor de aplicação pode enviar uma solicitação para o sistema de computador de inteligência agrícola 130 para criar um modelo agronômico para um campo do usuário específico. Alternativamente, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode gerar modelos agronômicos periodicamente para campos supervisionados particulares. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 também pode gerar modelos agronômicos em resposta a obter estimativas de precipitações atualizadas.

[0111] O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode criar um modelo agronômico que identifica um ou mais efeitos de precipitação recebida nas plantações de um campo. A quantidade de água que uma plantação recebe pode

afetar o ciclo de desenvolvimento da plantação. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode estimar a quantidade de água que uma plantação precisa e pode determinar a provável quantidade de água que a plantação receberá de precipitação natural com base nas estimativas de precipitações. O sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode usar esta informação para afetar a estimativa para produção agrônômica. Adicionalmente, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode usar as estimativas de precipitações para gerar recomendações para agricultores. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode recomendar para que uma plantação não seja irrigada em um dia que tem uma probabilidade alta de grandes quantidades de precipitação. Alternativamente, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode recomendar para que uma plantação receba água extra em períodos de tempo em que precipitação tenha sido estimada para ser baixa.

[0112] Em uma modalidade, incertezas nas estimativas são propagadas para os modelos agrônômicos. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode determinar que uma plantação particular exige 2,1" (53,34 mm) de precipitação em um dia particular antes de a plantação ser afetada adversamente pela falta de água. Se o sistema de computador de inteligência agrícola 130 obtiver uma estimativa de 2,2" (55,8 mm) de precipitação no dia particular, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode identificar a probabilidade de que a precipitação real é menor que 2,1" (53,34 mm) e criar uma probabilidade de que a plantação é afetada adversamente pela falta de água

com base na probabilidade de que a precipitação real é menor que 2,1" (53,34 mm). Em uma modalidade, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 identifica efeitos totais em valores agronômicos com base em incertezas na precipitação. Por exemplo, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode identificar uma produção agronômica diferente para uma plantação quando a plantação recebe menos que 2,1" (53,34 mm) de precipitação. Assim, usando as técnicas descritas neste documento, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode gerar uma distribuição probabilística da produção agronômica da plantação com base, pelo menos em parte, em incertezas na precipitação recebida pela plantação.

[0113] Incertezas nas estimativas de precipitações também podem ser propagadas para outros modelos que dependam de conteúdo de água no um ou mais campos. Por exemplo, o teor de umidade de um campo pode afetar capacidade de uma plantação para acessar um ou mais agroquímicos, tal como nitrogênio, no campo. Adicionalmente, o teor de umidade de um campo pode afetar a perda de agroquímicos por meio de processos tais como lixiviação. Assim, embora as estimativas de precipitações possam ser usadas para modelar os efeitos de precipitação nos outros modelos, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 também pode modelar os efeitos sobre os outros modelos de níveis diferentes de precipitação que sejam consistentes com as incertezas estimadas. Por exemplo, se precipitação acima de um nível particular aumentar a perda de nitrogênio por dez por cento, o sistema de computador de inteligência agrícola 130 pode identificar a probabilidade de que a intensidade de precipitação real



está acima do nível particular tal como uma probabilidade de um aumento na perda de nitrogênio por dez por cento.

#### 5. BENEFÍCIOS DE CERTAS MODALIDADES

[0114] Usando as técnicas descritas neste documento, um computador pode entregar dados probabilísticos de precipitações que de outro modo estariam indisponíveis. Por exemplo, as técnicas neste documento podem determinar, para uma estimativa de precipitação baseada em radar particular, uma faixa de valores de precipitações que abrange a quantidade real de precipitação recebida por um ou mais campos. O desempenho do sistema de computação de inteligência agrícola é aperfeiçoado usando as técnicas de distribuição de tamanhos de gotas descritas neste documento que identificam incerteza em precipitação que pode ser propagada para outros modelos. Adicionalmente, as técnicas descritas neste documento podem ser usadas para criar recomendações e alertas para agricultores, empresas de seguros e hidrólogos, permitindo desse modo uma resposta mais efetiva para condições meteorológicas particulares.

#### 6. EXTENSÕES E ALTERNATIVAS

[0115] No relatório descritivo exposto anteriormente, modalidades foram descritas com referência para inúmeros detalhes específicos que podem variar de implementação para implementação. O relatório descritivo e desenhos, portanto, são para ser considerados em um sentido ilustrativo em vez de restritivo. O único e exclusivo indicador do escopo da revelação, e o que é pretendido pelos requerentes para ser o escopo da revelação, é o escopo literal e equivalente do conjunto de reivindicações que resultam deste pedido, na forma específica em que tais reivindicações apresentam,

incluindo qualquer correção subsequente.

#### 7. REVELAÇÃO ADICIONAL

[0116] 1. Um método compreendendo: receber, por meio de uma rede no sistema de computação digital de condições meteorológicas compreendendo um ou mais processadores e memória digital, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar em uma localização particular durante um período de tempo particular; criar uma distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva; amostrar uma pluralidade de valores de tamanhos de gotas da distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva; computar uma pluralidade de taxas de chuva ao computar, para cada valor de tamanho de gota da pluralidade de valores de tamanhos de gotas, uma taxa de chuva correspondente usando o valor de tamanho de gota e um ou mais valores de refletividade da pluralidade de valores de refletividade representando medições de refletividade de radar na localização particular durante o período de tempo particular; e computar uma distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações da pluralidade de taxas de chuva para a localização particular.

[0117] 2. O método da Cláusula 1, em que criar a distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva compreende construir uma distribuição gama de tamanhos de gotas de chuva que é consistente com a pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar na localização particular durante o período de tempo particular.

[0118] 3. O método de qualquer uma das Cláusulas 1-2,

compreendendo adicionalmente: receber, por meio de uma rede no sistema de computação digital de condições meteorológicas, dados de risco indicando ocorrência de um evento que é condicional, pelo menos em parte, na ocorrência de uma intensidade de precipitação particular; identificar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações, uma probabilidade da ocorrência da intensidade de precipitação particular; com base na probabilidade da ocorrência da intensidade de precipitação particular, identificar uma probabilidade de ocorrência do evento.

[0119] 4. O método da Cláusula 3, compreendendo adicionalmente enviar pelo sistema de computação digital de condições meteorológicas, para um ou mais dispositivos de computação, dados de notificação identificando o evento e a probabilidade de ocorrência do evento.

[0120] 5. O método de qualquer uma das Cláusulas 1-2, compreendendo adicionalmente: receber no sistema de computação digital de condições meteorológicas, de um dispositivo de computação cliente, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores de localizações representando localizações geográficas para um ou mais campos; em que a pluralidade de valores de localizações representando localizações geográficas para o um ou mais campos inclui um valor de localização particular para a localização particular; identificar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações na localização particular durante o período de tempo particular, uma provável intensidade de precipitação; induzir exibição, no dispositivo de computação cliente, de

uma interface gráfica de usuário que inclui uma identificação da localização particular, a provável intensidade de precipitação durante o período de tempo particular para a localização particular, e a distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações durante o período de tempo particular para a localização particular.

[0121] 6. O método de qualquer uma das Cláusulas 1-2, compreendendo adicionalmente: receber, de um dispositivo de computação cliente, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores de localizações representando localizações geográficas de um ou mais campos e uma pluralidade de valores de plantações representando informação de plantação para uma ou mais plantações no um ou mais campos; modelar uma pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações e uma probabilidade de cada um da pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações com base, pelo menos em parte, na distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações; induzir exibição, no dispositivo de computação cliente, de uma interface gráfica de usuário que inclui uma identificação da localização particular, uma identificação da uma ou mais plantações, a pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações, e a probabilidade de cada um da pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações.

[0122] 7. O método da Cláusula 6, em que modelar a pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações e a probabilidade de cada um da pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações com base, pelo menos em parte, na distribuição de probabilidades de

intensidades de precipitações compreende: gerar um modelo de plantação que modela crescimento da uma ou mais plantações com base, pelo menos em parte, em disponibilidade de água e nutriente para a uma ou mais plantações; estimar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações, uma provável intensidade de precipitação para a localização particular durante o período de tempo particular; criar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações, uma faixa de intensidades de precipitações com probabilidades correspondentes para a localização particular durante o período de tempo particular; usar a provável intensidade de precipitação como uma entrada de precipitação para o modelo de plantação e a faixa de intensidades de precipitações com probabilidades correspondentes como uma entrada de variância para o modelo de plantação.

**REIVINDICAÇÃO**

1. Método, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende:

usando um sistema de computação digital de condições meteorológicas, receber, por meio de uma rede no sistema de computação digital de condições meteorológicas compreendendo um ou mais processadores e memória digital, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar em uma localização particular em uma instância particular no tempo;

usando o sistema de computação digital de condições meteorológicas, receber dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar em uma pluralidade de localizações vizinhas dentro de uma distância horizontal particular da localização particular na instância particular no tempo;

usando instruções de criação de distribuição de tamanhos de gotas no sistema de computação digital de condições meteorológicas, criar uma distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva, com base, pelo menos em parte, na pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar na localização particular na instância particular no tempo;

usando instruções de amostragem de distribuição no sistema de computação digital de condições meteorológicas, amostrar uma pluralidade de valores de tamanhos de gotas da distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva;

usando instruções de computação de intensidades de precipitações no sistema de computação digital de condições meteorológicas, computar uma pluralidade de taxas de chuva

ao computar, para cada valor de tamanho de gota da pluralidade de valores de tamanhos de gotas, uma taxa de chuva correspondente usando o valor de tamanho de gota e um ou mais valores de refletividade da pluralidade de valores de refletividade representando medições de refletividade de radar na localização particular na instância particular no tempo;

usando instruções de consultor de fertilidade no sistema de computação digital de condições meteorológicas, computar e exibir uma distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações da pluralidade de taxas de chuva para a localização particular, computar a distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações compreendendo restringir um ou mais parâmetros da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações com a pluralidade de valores que representam medições de refletividade de radar na localização particular e um ou mais da pluralidade de valores que representam medições de refletividade de radar na pluralidade de localizações vizinhas dentro da distância horizontal particular da localização particular.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende adicionalmente:

usando o sistema de computação digital de condições meteorológicas, receber, por meio de uma rede no sistema de computação digital de condições meteorológicas, dados de risco indicando ocorrência de um evento que é condicional, pelo menos em parte, na ocorrência de uma intensidade de precipitação particular;

usando instruções de avaliação de riscos do sistema de

computação digital de condições meteorológicas, identificar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações, uma probabilidade da ocorrência da intensidade de precipitação particular;

usando instruções de avaliação de riscos do sistema de computação digital de condições meteorológicas, com base na probabilidade da ocorrência da intensidade de precipitação particular, identificar uma probabilidade de ocorrência do evento.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende adicionalmente enviar pelo sistema de computação digital de condições meteorológicas, para um ou mais dispositivos de computação, dados de notificação identificando o evento e a probabilidade de ocorrência do evento.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende adicionalmente:

receber no sistema de computação digital de condições meteorológicas, de um dispositivo de computação cliente, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores de localizações representando localizações geográficas para um ou mais campos;

em que a pluralidade de valores de localizações representando localizações geográficas para o um ou mais campos inclui um valor de localização particular para a localização particular;

usando instruções de consultor de fertilidade do sistema de computação digital de condições meteorológicas, identificar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações na localização particular na



instância particular no tempo, uma provável intensidade de precipitação;

induzir exibição, no dispositivo de computação cliente, de uma interface gráfica de usuário que inclui uma identificação da localização particular, a provável intensidade de precipitação na instância particular no tempo para a localização particular, e a distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações na instância particular no tempo para a localização particular.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende adicionalmente:

receber, de um dispositivo de computação cliente, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores de localizações representando localizações geográficas de um ou mais campos e uma pluralidade de valores de plantações representando informação de plantação para uma ou mais plantações no um ou mais campos;

usando instruções de consultor de fertilidade do sistema de computação digital de condições meteorológicas, modelar uma pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações e uma probabilidade de cada um da pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações com base, pelo menos em parte, na distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações;

induzir exibição, no dispositivo de computação cliente, de uma interface gráfica de usuário que inclui uma identificação da localização particular, uma identificação da uma ou mais plantações, a pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações, e a probabilidade de cada um da pluralidade de efeitos de precipitações na uma

ou mais plantações.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, CARACTERIZADO pelo fato de que, usando instruções de consultor de fertilidade do sistema de computação digital de condições meteorológicas, modelar a pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações e a probabilidade de cada um da pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações com base, pelo menos em parte, na distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações compreende:

gerar um modelo de plantação que modela crescimento da uma ou mais plantações com base, pelo menos em parte, em disponibilidade de água e nutriente para a uma ou mais plantações;

estimar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações, uma provável intensidade de precipitação para a localização particular na instância particular no tempo;

criar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações, uma faixa de intensidades de precipitações com probabilidades correspondentes para a localização particular na instância particular no tempo;

usar a provável intensidade de precipitação como uma entrada de precipitação para o modelo de plantação e a faixa de intensidades de precipitações com probabilidades correspondentes como uma entrada de variância para o modelo de plantação.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que, usando instruções de criação de distribuição de tamanhos de gotas no sistema de computação

digital de condições meteorológicas, criar a distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva compreende construir uma distribuição gama de tamanhos de gotas de chuva que é consistente com a pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar na localização particular na instância particular no tempo.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende adicionalmente:

em que a pluralidade de valores representando medições de refletividade em uma pluralidade de localizações vizinhas dentro de uma distância horizontal particular da localização particular está em uma pluralidade de instâncias no tempo dentro de um período de tempo particular da instância particular no tempo.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende adicionalmente:

determinar que medições de refletividade em uma segunda localização e em uma segunda instância no tempo correspondem a medições de refletividade na localização particular e instância particular no tempo;

modelar uma pluralidade de mudanças de uma pluralidade de tamanhos de gotas da localização particular na instância no tempo particular para a segunda localização na segunda instância no tempo;

em que restringir o um ou mais parâmetros compreende restringir um ou mais parâmetros da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações para serem consistentes com a pluralidade de valores representando medições de refletividade na localização particular na instância particular no tempo e a pluralidade modelada de

mudanças da pluralidade de tamanhos de gotas da primeira localização na primeira instância no tempo para a segunda localização na segunda instância no tempo.

10. Sistema de processamento de dados, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende:

uma memória;

um ou mais processadores acoplados à memória e configurados para:

receber, por meio de uma rede, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar em uma localização particular em uma instância particular no tempo;

receber dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar em uma pluralidade de localizações vizinhas dentro de uma distância horizontal particular da localização particular na instância de tempo particular;

criar uma distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva;

amostrar uma pluralidade de valores de tamanhos de gotas da distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva;

computar uma pluralidade de taxas de chuva ao computar, para cada valor de tamanho de gota da pluralidade de valores de tamanhos de gotas, uma taxa de chuva correspondente usando o valor de tamanho de gota e um ou mais valores de refletividade da pluralidade de valores de refletividade representando medições de refletividade de radar na localização particular na instância particular no tempo;

computar e exibir uma distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações da pluralidade de taxas de

chuva para a localização particular, computar a distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações compreendendo restringir um ou mais parâmetros da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações com a pluralidade de valores que representam medições de refletividade de radar na localização particular e um ou mais da pluralidade de valores que representam medições de refletividade de radar na pluralidade de localizações vizinhas dentro da distância horizontal particular da localização particular.

11. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, CARACTERIZADO pelo fato de que o um ou mais processadores são configurados adicionalmente para:

receber por meio de uma rede dados de risco indicando ocorrência de um evento que é condicional, pelo menos em parte, na ocorrência de uma intensidade de precipitação particular;

identificar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações, uma probabilidade da ocorrência da intensidade de precipitação particular;

com base na probabilidade da ocorrência da intensidade de precipitação particular, identificar uma probabilidade de ocorrência do evento.

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, CARACTERIZADO pelo fato de que o um ou mais processadores são configurados adicionalmente para enviar, para um ou mais dispositivos de computação, dados de notificação identificando o evento e a probabilidade de ocorrência do evento.

13. Sistema, de acordo com a reivindicação 10,

CARACTERIZADO pelo fato de que o um ou mais processadores são configurados adicionalmente para:

receber, de um dispositivo de computação cliente, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores de localizações representando localizações geográficas para um ou mais campos;

em que a pluralidade de valores de localizações representando localizações geográficas para o um ou mais campos inclui um valor de localização particular para a localização particular;

identificar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações na localização particular na instância particular no tempo, uma provável intensidade de precipitação;

induzir exibição, no dispositivo de computação cliente, de uma interface gráfica de usuário que inclui uma identificação da localização particular, a provável intensidade de precipitação na instância particular no tempo para a localização particular, e a distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações na instância particular no tempo para a localização particular.

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, CARACTERIZADO pelo fato de que o um ou mais processadores são configurados adicionalmente para:

receber, de um dispositivo de computação cliente, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores de localizações representando localizações geográficas de um ou mais campos e uma pluralidade de valores de plantações representando informação de plantação para uma ou mais plantações no um ou mais campos;

modelar uma pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações e uma probabilidade de cada um da pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações com base, pelo menos em parte, na distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações;

induzir exibição, no dispositivo de computação cliente, de uma interface gráfica de usuário que inclui uma identificação da localização particular, uma identificação da uma ou mais plantações, a pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações, e a probabilidade de cada um da pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 14, CARACTERIZADO pelo fato de que o um ou mais processadores são configurados adicionalmente para:

modelar a pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações e a probabilidade de cada um da pluralidade de efeitos de precipitações na uma ou mais plantações com base, pelo menos em parte, na distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações ao:

gerar um modelo de plantação que modela crescimento da uma ou mais plantações com base, pelo menos em parte, em disponibilidade de água e nutriente para a uma ou mais plantações;

estimar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações, uma provável intensidade de precipitação para a localização particular na instância particular no tempo;

criar, a partir da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações, uma faixa de intensidades de

precipitações com probabilidades correspondentes para a localização particular na instância particular no tempo;

usar a provável intensidade de precipitação como uma entrada de precipitação para o modelo de plantação e a faixa de intensidades de precipitações com probabilidades correspondentes como uma entrada de variância para o modelo de plantação.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, CARACTERIZADO pelo fato de que o um ou mais processadores são configurados adicionalmente para criar a distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva ao construir uma distribuição gama de tamanhos de gotas de chuva que é consistente com a pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar na localização particular na instância particular no tempo.

17. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, CARACTERIZADO pelo fato de que a pluralidade de valores representando medições de refletividade em uma pluralidade de localizações vizinhas dentro de uma distância horizontal particular da localização particular está em uma pluralidade de instâncias no tempo dentro de um período de tempo particular da instância particular no tempo.

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, CARACTERIZADO pelo fato de que o um ou mais processadores são configurados adicionalmente para:

determinar que medições de refletividade em uma segunda localização e em uma segunda instância no tempo correspondem a medições de refletividade na localização particular e instância particular no tempo;

modelar uma pluralidade de mudanças de uma pluralidade



de tamanhos de gotas da localização particular na instância particular no tempo para a segunda localização na segunda instância no tempo;

em que restringir o um ou mais parâmetros compreende restringir o um ou mais parâmetros da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações para serem consistentes com a pluralidade de valores representando medições de refletividade na localização particular na instância particular no tempo e a pluralidade modelada de mudanças da pluralidade de tamanhos de gotas da primeira localização na primeira instância no tempo para a segunda localização na segunda instância no tempo.

19. Método, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende:

usando um sistema de computação digital de condições meteorológicas, receber, por meio de uma rede no sistema de computação digital de condições meteorológicas compreendendo um ou mais processadores e memória digital, dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar em uma localização particular em uma instância particular no tempo;

usando o sistema de computação digital de condições meteorológicas, receber dados digitais eletrônicos compreendendo uma pluralidade de valores representando medições de refletividade na localização particular em uma pluralidade de instâncias no tempo dentro de um período de tempo particular da instância particular no tempo;

usando instruções de criação de distribuição de tamanhos de gotas no sistema de computação digital de condições meteorológicas, criar uma distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva com base, pelo menos em parte, na

pluralidade de valores representando medições de refletividade de radar na localização particular na instância particular no tempo;

usando instruções de amostragem de distribuição no sistema de computação digital de condições meteorológicas, amostrar uma pluralidade de valores de tamanhos de gotas da distribuição probabilística de tamanhos de gotas de chuva;

usando instruções de computação de intensidades de precipitações no sistema de computação digital de condições meteorológicas, computar uma pluralidade de taxas de chuva ao computar, para cada valor de tamanho de gota da pluralidade de valores de tamanhos de gotas, uma taxa de chuva correspondente usando o valor de tamanho de gota e um ou mais valores de refletividade da pluralidade dos valores de refletividade representando medições de refletividade de radar na localização particular na instância particular no tempo;

usando instruções de consultor de fertilidade no sistema de computação digital de condições meteorológicas, computar e exibir uma distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações da pluralidade de taxas de chuva para a localização particular, computar a distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações compreendendo restringir um ou mais parâmetros da distribuição de probabilidades de intensidades de precipitações para ser consistente com um ou mais da pluralidade de valores que representam medições de refletividade de radar na instância particular no tempo e com a pluralidade de valores que representam medições de refletividade de radar na pluralidade de instâncias

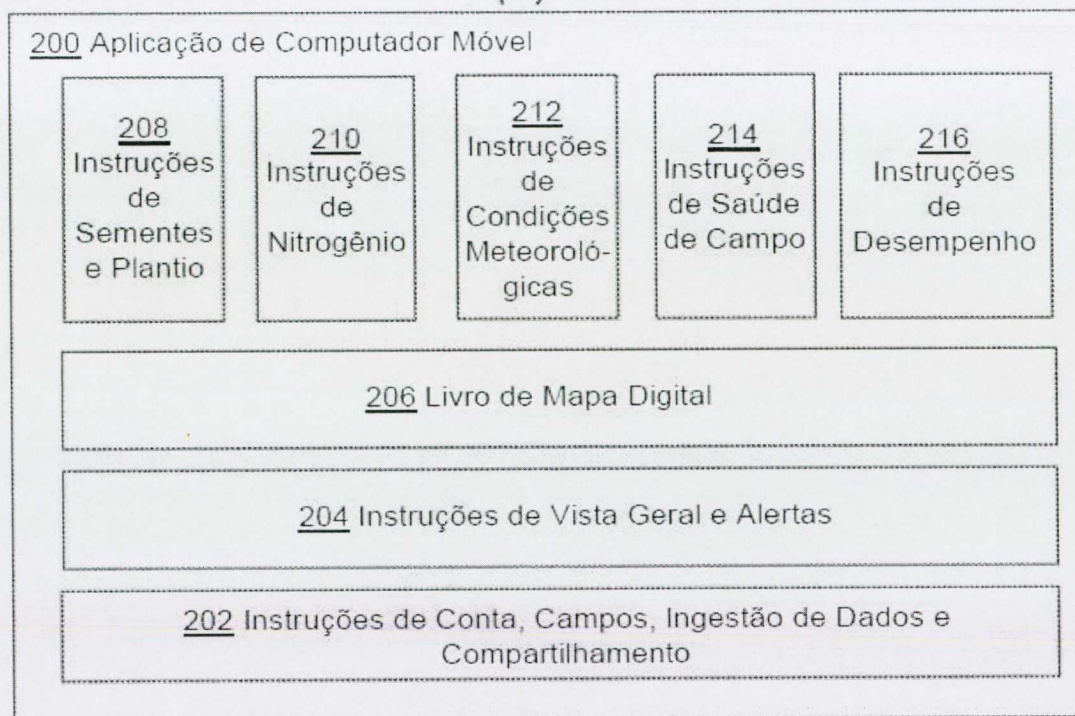
particulares no tempo dentro do período particular no tempo  
da instância particular no tempo.





FIGURA 2

(a)



(b)

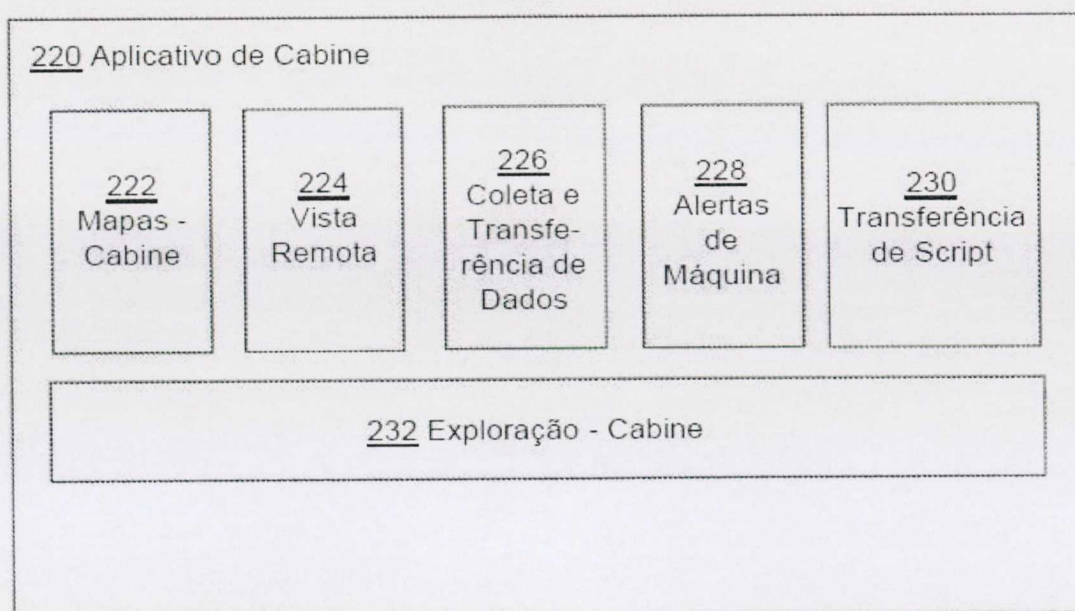


FIGURA 3

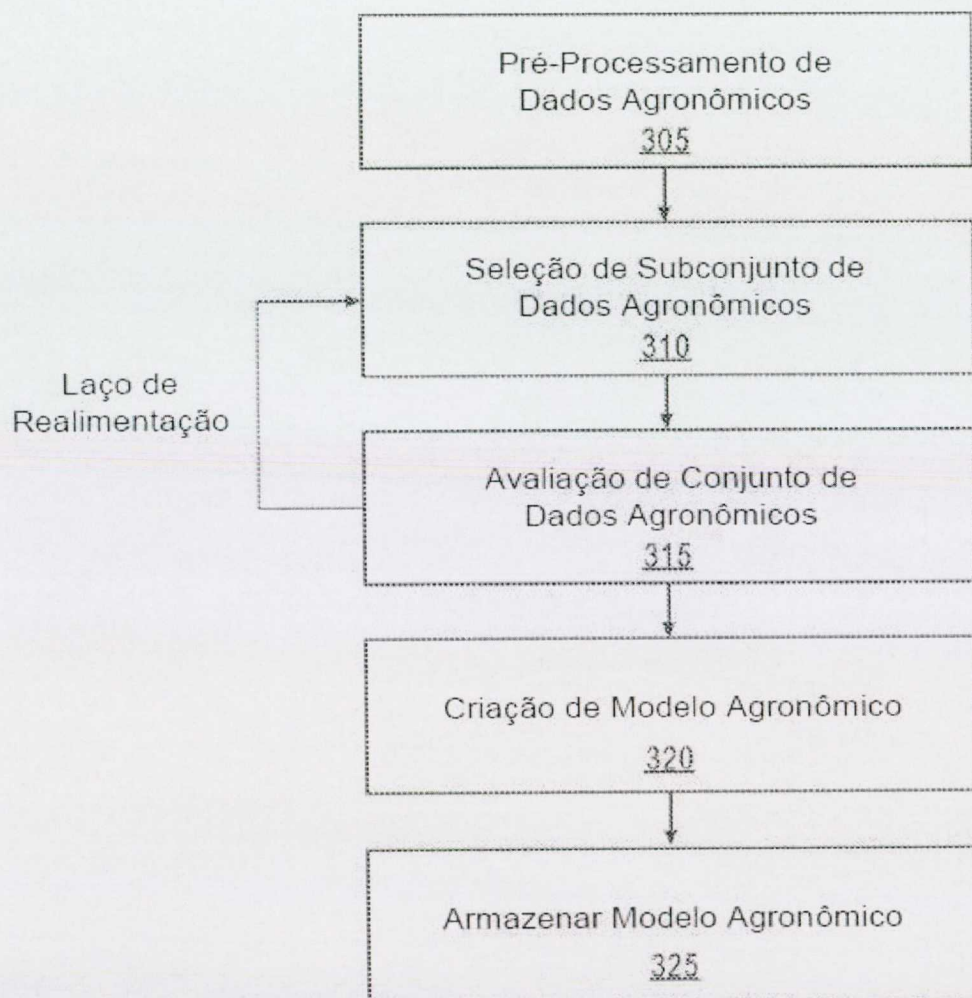




FIGURA 4

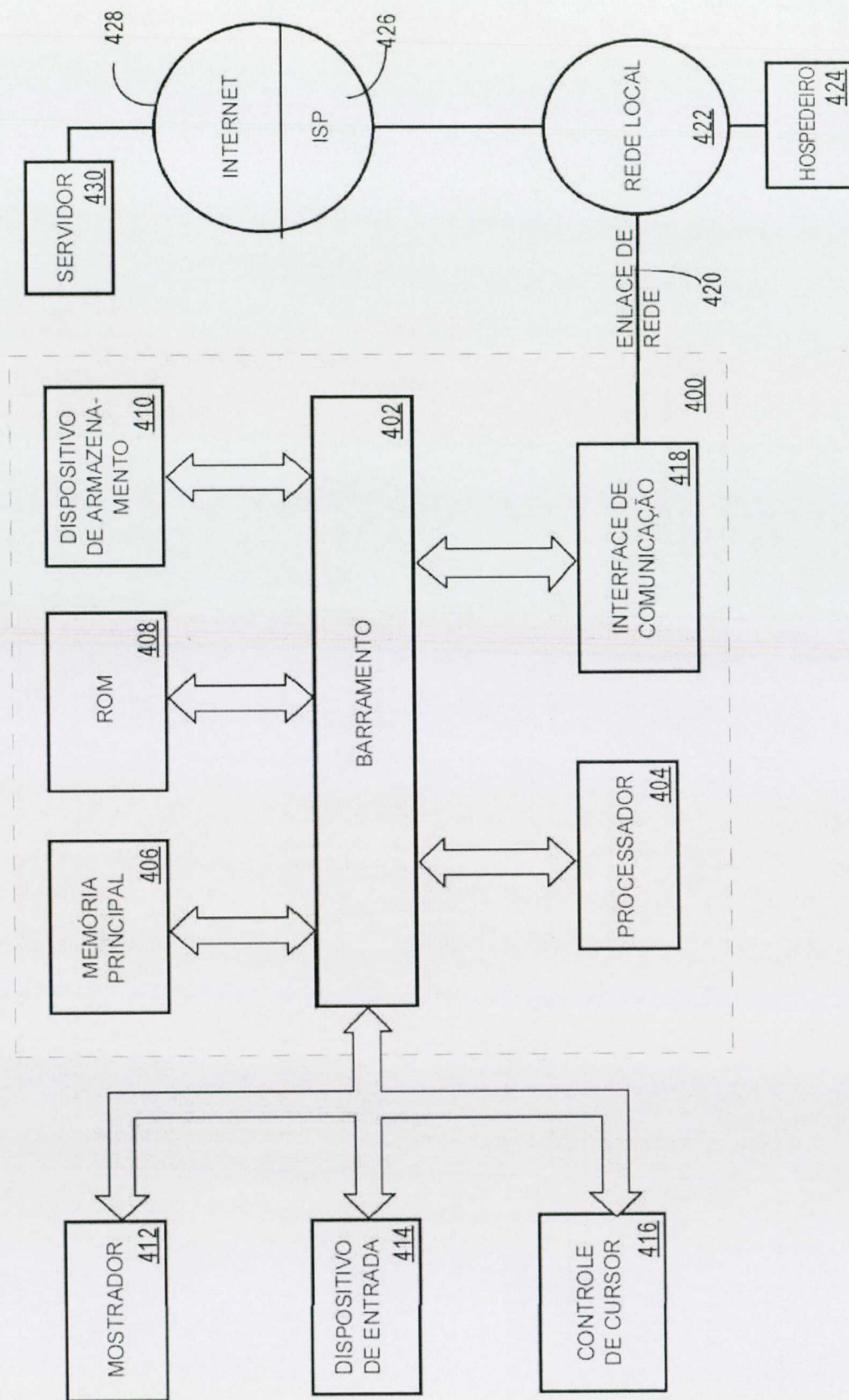
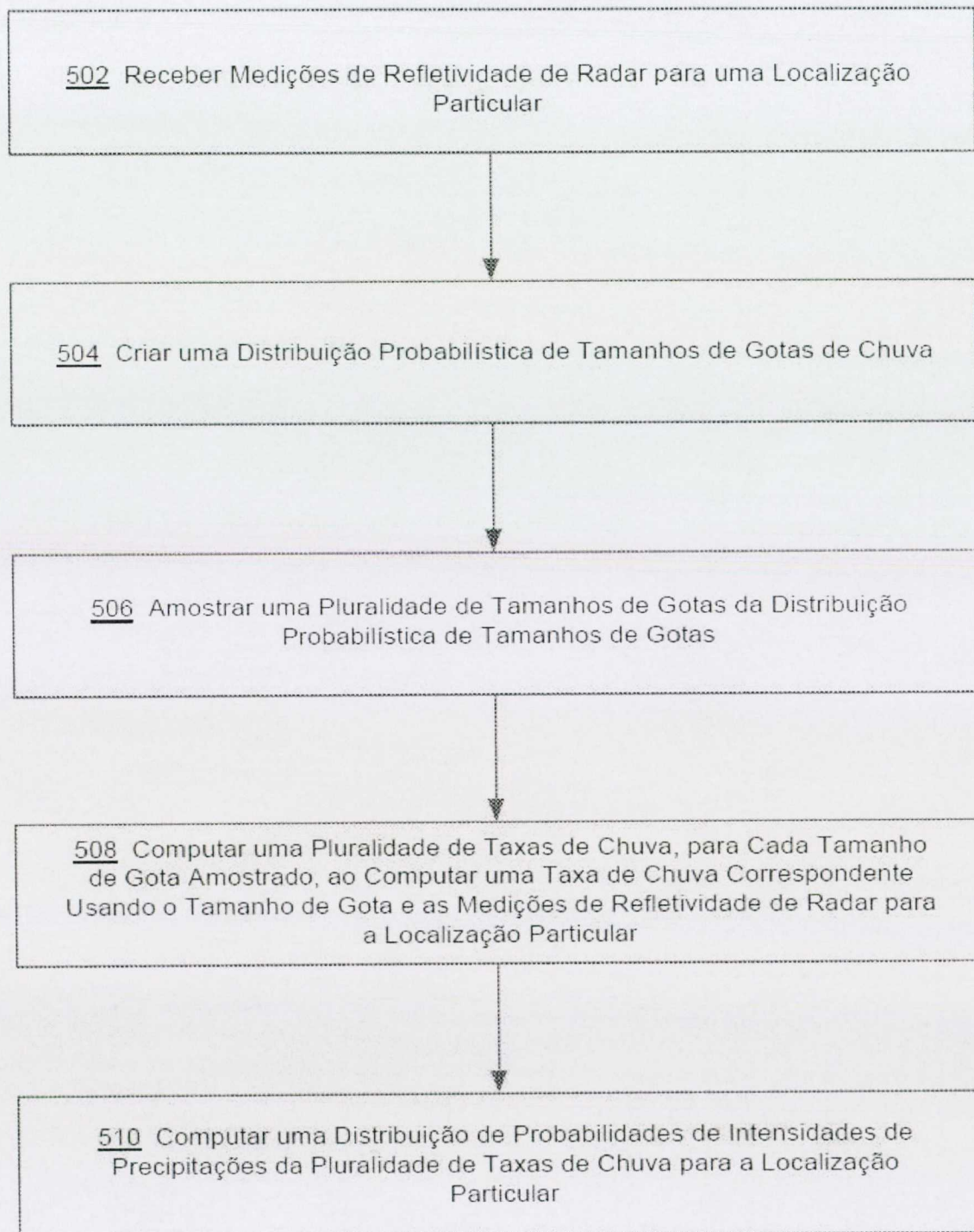
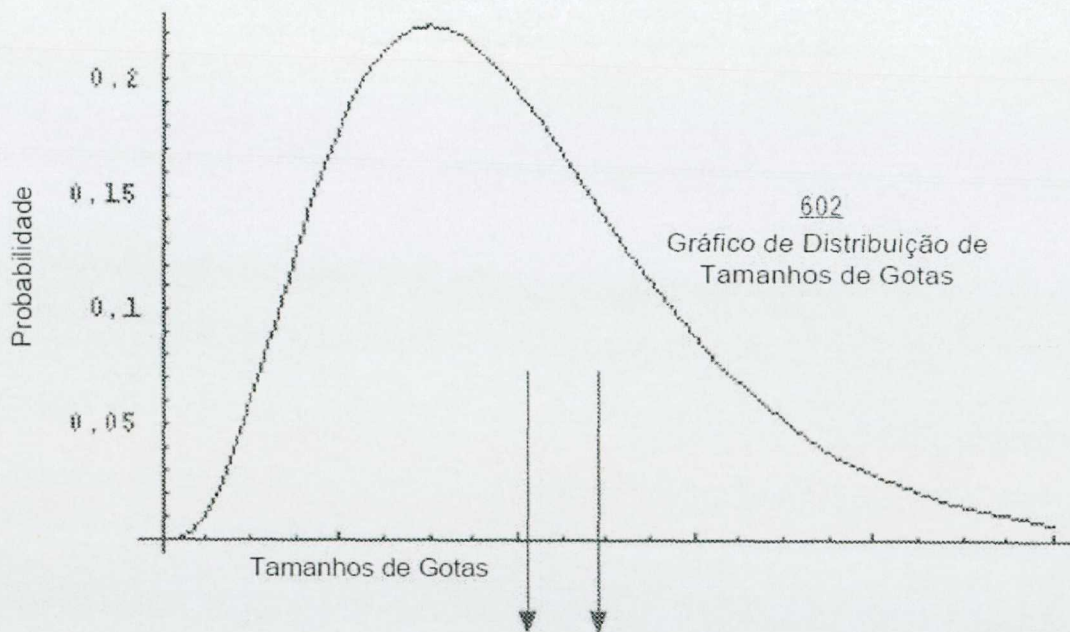


FIGURA 5







$$R = \frac{6\pi}{10^4} \frac{N_V \Gamma(\alpha+3)}{\Gamma(\alpha)} \left( \frac{v_{m\acute{a}x}}{\beta^3} - \frac{v_a \beta^\alpha}{(\beta + v_b)^{\alpha+3}} \right)$$

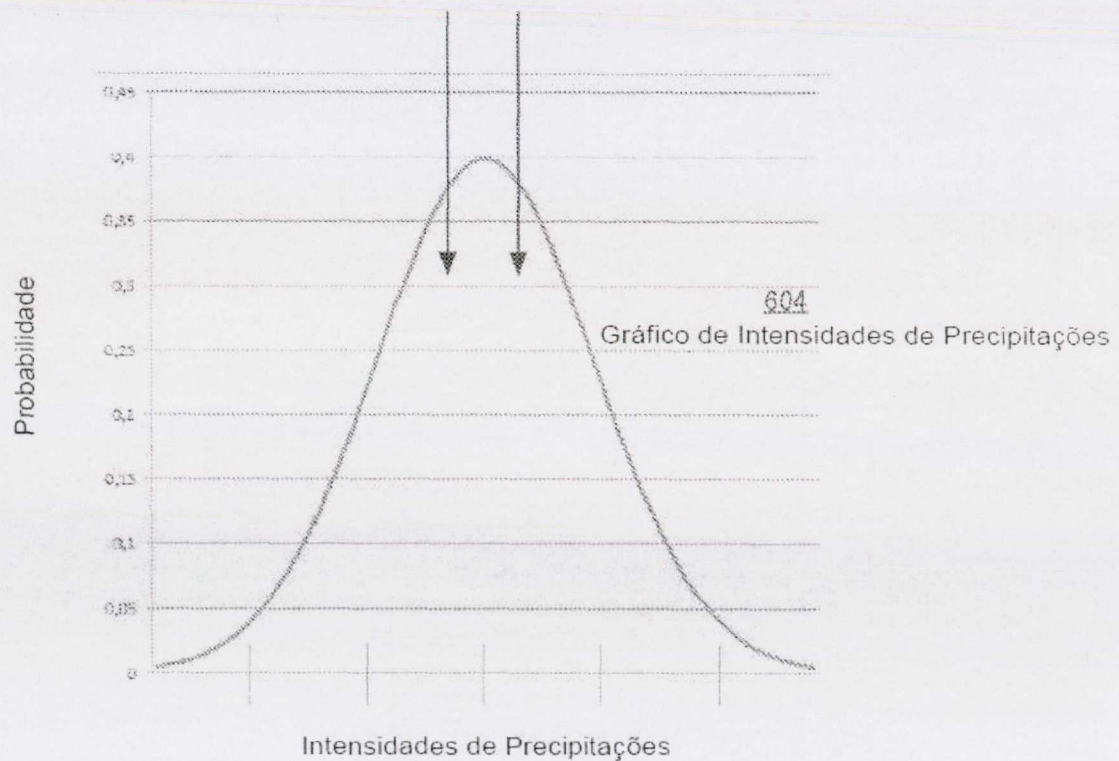


FIGURA 6

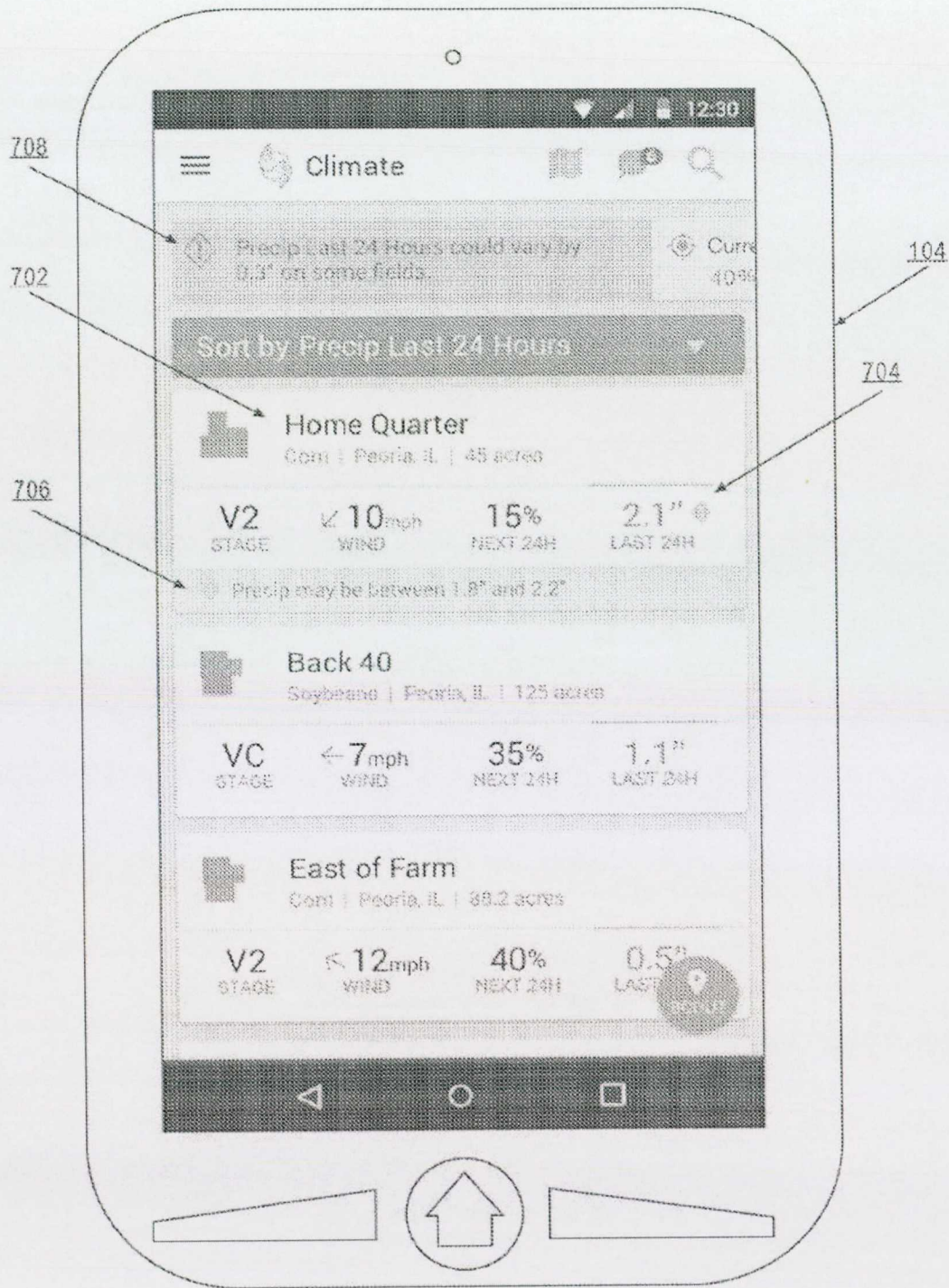


FIGURA 7



FIGURA 8

