



* B R P I 0 9 1 1 9 5 4 B 1 *

República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0911954-0 B1

(22) Data do Depósito: 11/02/2009

(45) Data de Concessão: 19/12/2023

(54) Título: ESTRUTURA DE INTEGRAÇÃO, MÉTODO PARA COMUNICAÇÃO DE DADOS OPERACIONAIS E DE EVENTO, SISTEMA E MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE DADOS PARA UMA REDE DE ENERGIA E SUBESTAÇÃO EM REDE DE ENERGIA

(51) Int.Cl.: H02H 7/26; G05B 19/042; H02J 13/00; H02J 3/00.

(30) Prioridade Unionista: 09/05/2008 US 61/127,294; 15/12/2008 US 61/201,856.

(73) Titular(es): ACCENTURE GLOBAL SERVICES GMBH.

(72) Inventor(es): JEFFREY D.TAFT.

(86) Pedido PCT: PCT US2009000888 de 11/02/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/136975 de 12/11/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 09/11/2010

(57) Resumo: ESTRUTURA DE INTEGRAÇÃO, MÉTODO PARA COMUNICAÇÃO DE DADOS OPERACIONAIS E DE EVENTO, SISTEMA E MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE DADOS PARA UMA REDE DE ENERGIA E SUBESTAÇÃO EM REDE DE ENERGIA. A presente invenção refere-se ao fornecimento de uma rede inteligente para aperfeiçoar o gerenciamento de uma rede pública de energia. A rede inteligente, conforme presentemente revelada, inclui o uso de sensores em diversas partes da rede pública de energia, o uso de tecnologias de comunicações e computação, como estruturas de barramento adicionais, para atualizar uma rede de energia elétrica, a fim de que ela possa operar com mais eficiência e confiabilidade e suportar serviços adicionais para os consumidores. A rede inteligente pode incluir inteligência distribuída na rede pública de energia (à parte da inteligência do centro de controle) incluindo-se dispositivos que geram dados em diferentes seções da rede, analisar os dados gerados, e modificar automaticamente a operação de uma seção da rede de energia.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"ESTRUTURA DE INTEGRAÇÃO, MÉTODO PARA COMUNICAÇÃO DE DADOS OPERACIONAIS E DE EVENTO, SISTEMA E MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE DADOS PARA UMA REDE DE ENERGIA E SUBESTAÇÃO EM REDE DE ENERGIA"**.

REFERÊNCIA AOS PEDIDOS RELACIONADOS

[001] O presente pedido reivindica o benefício do Pedido Provisório de Patente N° U.S. 61/127.294, depositado em 9 de dezembro de 2008, e reivindica o benefício do Pedido Provisório de Patente N° U.S. 61/201.856, depositado em 15 de dezembro de 2008, cuja totalidade dos pedidos é aqui incorporada por meio de citação.

ANTECEDENTES

Campo da Invenção

[002] A presente invenção refere-se, de modo geral, a um sistema e método para gerenciamento de uma rede de energia, e mais particularmente a um sistema e método para coleta de dados em diferentes seções da rede de energia e análise dos dados coletados a fim de gerenciar a rede de energia.

Técnica Relacionada

[003] Uma rede de energia pode incluir um ou todos os seguintes: geração de eletricidade, transmissão de energia elétrica, e distribuição de eletricidade. A eletricidade pode ser gerada com o uso de estações de geração, tal como uma usina de energia de combustão de carvão, uma usina de energia nuclear, etc. Em termos de eficiência, a energia gerada eletricamente progride até uma tensão muito elevada (por exemplo, 345K Volts) e é transmitida ao longo das linhas de transmissão. As linhas de transmissão podem transmitir a energia em longas distâncias, tal como através das linhas estaduais ou através das fronteiras internacionais, até atingir seu cliente de volume em atacado, o que pode ser uma empresa que controla a rede de distribuição

local. As linhas de transmissão podem terminar em uma subestação de transmissão, que pode reduzir a tensão muito elevada para uma tensão intermediária (por exemplo, 138K Volts). A partir de uma subestação de transmissão, linhas de transmissão menores (tais como as sublinhas de transmissão) transmitem a tensão intermediária para as subestações de distribuição. Nas subestações de distribuição, a tensão intermediária pode ser novamente reduzida até uma "tensão média" (por exemplo, de 4K Volts para 23K Volts). Um ou mais circuitos alimentadores podem emanar das subestações de distribuição. Por exemplo, quatro a dez dos circuitos alimentadores podem emanar da subestação de distribuição. O circuito alimentador é um circuito trifásico compreendendo 4 cabos (três cabos para cada uma das 3 fases e um cabo para neutro). Os circuitos alimentadores podem ser roteados acima do solo (em polos) ou no subsolo. A tensão nos circuitos alimentadores pode ser retirada periodicamente usando transformadores de distribuição, que reduzem a tensão de "tensão média" para tensão do consumidor (por exemplo, 120V). A tensão do consumidor pode também ser usada pelo consumidor.

[004] Uma ou mais empresas de energia pode gerenciar a rede de energia, incluindo-se o gerenciamento de falhas, manutenção, e atualizações da rede de energia. No entanto, o gerenciamento da rede de energia é frequentemente ineficiente e caro. Por exemplo, uma empresa de energia que gerencia a rede de distribuição local pode gerenciar falhas passíveis de ocorrer nos circuitos alimentadores ou nos circuitos denominados circuitos laterais, que derivam dos circuitos alimentadores. O gerenciamento da rede de distribuição local usualmente é baseado em chamadas telefônicas dos consumidores, quando ocorre uma paralisação ou se baseia nos trabalhadores de campo que analisam a rede de distribuição local.

[005] As empresas de abastecimento de energia têm realizado

esforços no sentido de atualizar a rede de energia usando tecnologia digital, por vezes denominada de "rede inteligente". Por exemplo, mais medidores inteligentes (por vezes denominados "Medidores smart") são um tipo de medidor avançado que identifica o consumo em mais detalhe que um medidor convencional. O medidor inteligente pode então comunicar aquelas informações por meio de alguma rede de volta à concessionária de serviço público local para fins de monitoramento e cobrança (telemedição). Apesar das vantagens dos recentes avanços na atualização da rede de energia, persiste a necessidade de avanços complementares. Houve relatos de que nos Estados Unidos isoladamente, metade da capacidade de geração não é usada, metade da capacidade da rede de transmissão de longa distância não é usada, e dois terços de sua distribuição local distribuição não é usada. Portanto, há uma clara necessidade de aperfeiçoar o gerenciamento da rede de energia.

BREVE SUMÁRIO

[006] É fornecida uma rede inteligente para aperfeiçoamento do gerenciamento de uma rede pública de energia. A rede inteligente, conforme presentemente revelada, inclui o uso de sensores em diversas partes da rede pública de energia, com o uso de tecnologia de comunicações e computação (como estruturas de barramento adicionais) que atualizam a atual rede de energia elétrica, para que possa operar com mais eficiência e confiabilidade e suportar serviços adicionais para os consumidores. A rede inteligente, conforme presentemente revelada, pode atualizar uma rede de transmissão de eletricidade e distribuição ou "rede" tradicional, tal como pelo uso de sensores avançados e robustos de comunicação de duas e computadores distribuídos (incluindo-se inteligência adicional na transmissão de energia elétrica e/ou distribuição de eletricidade). A rede inteligente pode ainda incluir uma funcionalidade adicional em uma instalação de gerenciamento central a fim

de gerenciar operações, detectar e corrigir falhas, gerenciar recursos, etc.

[007] Um exemplo do sistema de gerenciamento que pode gerenciar uma rede inteligente revelada abaixo é a Arquitetura de Referência empresarial de Dados da Rede Inteligente (daqui por diante, denominada INDE). A Arquitetura de Referência INDE permite a integração de redes smart ou inteligentes à indústria de energia elétrica (ou outros tipos de indústrias). Ademais, o gerenciamento da rede de energia pode ser aperfeiçoado com o uso de Serviços de Dados da Rede Inteligente (daqui por diante, denominado INDS). A seguir é revelado um conjunto de processos e propriedades que auxiliam as concessionárias de serviços públicos com o desenvolvimento de redes inteligentes. Esse conjunto de ativos e métodos compreende o conjunto de solução INDE. O INDE inclui: Arquitetura de Referência INDE, que pode compreender um modelo para gerenciamento e integração de estudo analítico e dados largos da rede inteligente empresarial; aquisição de dados e estudo analítico em tempo real, o que pode incluir implantações de estudo analítico e arquiteturas distribuídas para estudo analítico da rede inteligente de velocidade; ativos de arquitetura de transporte e armazenamento de dados, que pode incluir elementos de solução de gerenciamento de dados baseados em padrões abertos; estudo analítico de aplicativos de transação do usuário final, que pode incluir implantações de um ampla gama de desempenho do sistema de cobertura analítica, qualidade de energia, utilização de ativo da rede ativo e gerenciamento do ativo da rede; e processo de desenvolvimento de rede inteligente, que pode compreender uma metodologia para análise de uma rede atual de concessionária de serviço público particular e determina uma recomendação para aperfeiçoar a rede atual de uma concessionária de serviço público particular' com um ou mais aspectos da rede inteligente.

[008] Diversos aspectos da Arquitetura de Referência INDE podem aperfeiçoar a estrutura e gerenciamento da rede de energia. Por exemplo, a Arquitetura de Referência INDE pode incluir uma pluralidade de barramentos de rede para transportar diferentes tipos de dados que incluem: (i) múltiplos barramentos podem ser dedicados aos diferentes tipos de dados, tais como dados operacionais/não operacionais, dados de processamento de evento, dados de conectividade da rede, e dados de localização da rede; e (ii) uso de uma estrutura do barramento múltiplo permite a entrega de dados a múltiplos destinos. Os múltiplos barramentos podem compreender diferentes segmentos em um único barramento ou podem compreender barramentos separados. Os múltiplos barramentos podem ser usados para transportar os vários tipos de dados a outros processos da rede inteligente (por exemplo, um controlador localizado centralmente). Como alternativa, um ou mais tipos de dados podem ser transmitidos com o uso do mesmo barramento dos demais tipos de dados (por exemplo, os dados de processamento de evento que são transmitidos no mesmo barramento que os dados operacionais/não operacionais). Neste caso, os dados do evento podem ser transmitidos com o uso de um protocolo específico para os dados de processamento do evento.

[009] Como outro exemplo, a Arquitetura de Referência INDE pode incluir a inteligência distribuída na rede de energia que inclui: (i) dispositivos que geram dados em diferentes seções da rede (por exemplo, dispositivos de detecção em subestações, medidores nas dependências do consumidor, sensores de linha); (ii) dispositivos que analisam os dados gerados (por exemplo, o processamento de evento nas subestações, na linha de energia, etc., e na central de controle para analisar os dados e determinar se um evento particular ocorreu), de modo que a análise pode ser efetuada em diferentes pontos na rede de energia e/ou na central de controle; e (iii) dispositivos que modi-

ficam automaticamente a operação de uma seção da rede de energia (por exemplo, modificar a operação na subestação com base em um evento determinado).

[0010] Por exemplo, os componentes individuais na rede de energia, que são remotos à autoridade central da rede de energia, podem incluir inteligência (por exemplo, capacidade de armazenamento e processamento) a fim de analisar um estado da rede de energia (por exemplo, a análise de uma falha) e/ou automaticamente corrigir a falha. Esse componente individual pode compreender uma subestação na rede de energia, que pode incluir sensores, ao menos um processador, e ao menos um dispositivo de armazenamento. A subestação pode usar o sensor para detectar os dados para uma seção da rede de energia, e pode usar o processador e o dispositivo de armazenamento para analisar os dados detectados a fim de determinar o estado da seção da rede de energia (por exemplo, determinar se há uma falha na seção da rede de energia) e/ou pode automaticamente corrigir a falha determinada. Nesse sentido, a subestação pode automaticamente modificar ao menos um aspecto de controle da seção da rede de energia antes de solicitar à autoridade central da rede de energia que recebe os dados detectados e/ou antes de solicitar à autoridade central que analisa os dados detectados.

[0011] Como outro exemplo, os componentes individuais na rede de energia, inteligentes em e de si mesmos, podem colaborar em conjunto para analisar e/ou controlar o estado da rede de energia. Usando uma capacidade de comunicação adicional com os múltiplos barramentos, os componentes no campo da rede de energia podem alterar as informações, tal como os dados detectados a partir da rede de energia e/ou falha(s) determinadas por meio de análise. Os componentes no campo podem ainda trabalhar em conjunto, com ou sem a autoridade central, a fim de determinar o estado da rede de energia e

corrigir uma falha na rede de energia.

[0012] A inteligência distribuída pode ainda incluir o armazenamento distribuído. Por exemplo, os dispositivos na rede de energia (por exemplo, as subestações) podem ter armazenamento de dados associado aos mesmos. O armazenamento de dados pode estar próximo à subestação (por exemplo, associado a um processador na subestação). Os dispositivos na rede de energia podem armazenar dados no armazenamento de dados (incluindo-se os dados do sensor, dados analíticos, etc.). Os dispositivos na rede de energia podem ser então enviados à central de controle um enlace para o local de armazenamento dos dados (*por exemplo*, um ponteiro ao endereço que aloja os dados no armazenamento de dados). A central de controle pode armazenar o enlace em uma central de armazenamento de dados (por exemplo, um banco de dados). Portanto, quando a central de controle procura obter os dados, o controle central pode acessar o enlace na central de armazenamento de dados, enviar uma solicitação ao dispositivo de rede (por exemplo, uma subestação) solicitando os dados associados ao enlace, e receber uma resposta proveniente do dispositivo de rede compreendendo os dados associados ao enlace.

[0013] Ainda como outro exemplo, o INDS pode aperfeiçoar o gerenciamento da rede de energia em diversos aspectos incluindo-se a medição do estado da rede, coleta e armazenamento não operacionais, gerenciamento de evento, sinalização de redução de demanda, inteligência de paralisação, inteligência de falha, monitoramento ativo remoto (incluindo-se o monitoramento de um ou mais ativos no interior da rede de energia), monitoramento de qualidade de energia (por exemplo, a pureza da forma de onda da corrente/tensão), medição do desempenho do sistema (por exemplo, confiabilidade em termos de a energia estar ligada ou desligada), iniciação da ordem de trabalho, gerenciamento de metadados, agente de notificação, coleta de dados do

medidor, estudo analítico de transação, processo de controle de rede, e estudo analítico em tempo real.

[0014] Em ainda outro exemplo, o INDS pode aperfeiçoar o gerenciamento da rede de energia beneficiando-se do projeto modular da Arquitetura de Referência INDE. Esse projeto pode permitir diferentes modelos comerciais que sejam atualmente usados (por exemplo, terceirizar uma ou mais funções) e permitindo um gerenciamento eficiente de uma pluralidade de redes de energia. Ainda em outro exemplo, uma rede de energia particular pode ser analisada a fim de determinar quais aspectos da Arquitetura de Referência INDE ou do INDS se aplicam para atualizar a operação da rede de energia particular.

[0015] Um indivíduo versado na técnica perceberá outros sistemas, métodos, recursos e vantagens, a partir do exame das figuras e do detalhamento do relatório descritivo. O objetivo é que todos os referidos sistemas, métodos, recursos e vantagens sejam incluídos no âmbito deste relatório descritivo, do escopo da invenção, e sejam protegidos pelas reivindicações adiante.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0016] As figuras 1A a C são diagramas de bloco de um exemplo da arquitetura total para uma rede de energia.

[0017] A figura 2 é um diagrama de bloco do NÚCLEO DE INDE retratado na figura 1.

[0018] As figuras 3A a C são diagramas de bloco de outro exemplo da arquitetura total para uma rede de energia.

[0019] A figura 4 é um diagrama de bloco da SUBESTAÇÃO DE INDE retratado nas figuras 1 e 3.

[0020] As figuras 5A a B são diagramas de bloco do DISPOSITIVO DE INDE retratado nas figuras 1A a C e 3A a C.

[0021] A figura 6 é um diagrama de bloco de ainda outro exemplo da arquitetura total para uma rede de energia.

[0022] A figura 7 é um diagrama de bloco de ainda outro exemplo da arquitetura total para uma rede de energia.

[0023] A figura 8 é um diagrama de bloco que inclui uma listagem de alguns exemplos dos processos de observabilidade.

[0024] As figuras 9A a B ilustram fluxogramas dos Processos de Operações & Medição do Estado da Rede.

[0025] A figura 10 ilustra um fluxograma dos processos de Dados Não Operacionais.

[0026] A figura 11 ilustra um fluxograma dos processos de Gerenciamento de Evento.

[0027] As figuras 12A a C ilustram fluxogramas dos processos de Sinalização da Resposta da Demanda (DR).

[0028] As figuras 13A a B ilustram fluxogramas dos processos de Inteligência de Paralisação.

[0029] As figuras 14A a C ilustram fluxogramas dos processos de Inteligência de Falhas.

[0030] As figuras 15A a B ilustram fluxogramas dos processos de Gerenciamento de Metadados.

[0031] A figura 16 ilustra um fluxograma dos processos do Agente de Notificação.

[0032] A figura 17 ilustra um fluxograma dos processos de Coleta de Dados do Medidor (AMI).

[0033] As figuras 18A-D são um exemplo de um diagrama de relacionamento de entidade, que pode ser usado para representar o banco de dados de conectividade da linha de base.

[0034] As figuras 19A a B ilustram um exemplo de um fluxograma do progresso de blueprint.

DESCRIÇÃO DETALHADA DOS DESENHOS E DAS MODALIDADES PRESENTEMENTE PREFERENCIAIS

[0035] Como panorama da questão, as modalidades preferenciais

descritas abaixo se referem a um método e sistema para gerenciamento de uma rede de energia. Conforme discutido em mais detalhes abaixo, certos aspectos se referem à rede de energia em si (incluindo-se hardware e software na transmissão de energia elétrica e/ou na distribuição de eletricidade). Ademais, certos aspectos se referem às capacidades funcionais do gerenciamento central da rede de energia. Essas capacidades funcionais podem ser agrupadas em duas categorias, operação e aplicação. Os serviços de operações permitem às concessionárias de serviços públicos para monitorar e gerenciar a infraestrutura da rede inteligente (por exemplo, aplicativos, rede, servidores, sensores, etc.).

[0036] Conforme discutido em mais detalhes abaixo, as capacidades do aplicativo podem se referir à medição e controle da rede em si. Especificamente, os serviços do aplicativo habilitam a funcionalidade que pode ser relevante para uma rede inteligente, e pode incluir: (1) processos de coleta de dados; (2) processos de persistência e categorização de dados; e (3) processos de observabilidade. Conforme discutido em mais detalhes abaixo, o uso de tais processos permite a "observação" da rede, análise dos dados e derivação de informações sobre a rede.

Descrição de Arquitetura Avançada da INDE

Arquitetura Total

[0037] Retornando aos desenhos, números de referência iguais se referem a elementos iguais, as figuras 1A a C ilustram um exemplo da arquitetura total para INDE. Esta arquitetura pode servir de modelo de referência que proporciona uma coleta de ponta a ponta, transporte, armazenamento, e gerenciamento de dados da rede inteligente; ela pode também fornecer estudo analítico e gerenciamento analítico, bem como a integração dos já mencionados nos processos e sistemas da concessionária de serviço público. Portanto, é possível visualizar como

uma arquitetura ampla empresarial. Determinados elementos, tal como o gerenciamento operacional e aspectos da rede em si, são discutidos em mais detalhes abaixo.

[0038] A arquitetura retratada nas figuras 1A a C pode incluir até quatro barramentos de dados e integração: (1) um barramento de dados do sensor de alta velocidade 146 (que pode incluir dados operacionais e não operacionais); (2) um barramento de processamento de evento dedicado 147 (que pode incluir dados do evento); (3) um barramento do serviço de operações 130 (que pode servir para fornecer informações sobre a rede inteligente aos aplicativos de departamento administrativo da concessionária de serviço público); e (4) um barramento de serviço empresarial para os sistemas de TI de departamento administrativo (mostrado nas figuras 1A a C como o barramento do ambiente de integração empresarial 114 para servir a TI empresarial 115). Os barramentos de dados separados podem ser obtidos de uma ou mais formas. Por exemplo, dois ou mais barramentos de dados, tal como o barramento de dados do sensor de alta velocidade 146 e o barramento de processamento de evento 147, podem ser diferentes segmentos em um único barramento de dados. Especificamente, os barramentos podem ter uma estrutura ou plataforma segmentada. Conforme discutido em mais detalhes abaixo, hardware e/ou software, tal como um ou mais comutadores, pode ser usado para rotear dados em diferentes segmentos do barramento de dados.

[0039] Muito embora as figuras 1A a C retratem quatro barramentos, um número maior ou menor de barramentos pode ser usado para portar os quatro tipos de dados listados. Por exemplo, um único barramento não segmentado pode ser usado para comunicar os dados do sensor e os dados de processamento de evento (elevando para um número total de barramentos de três), conforme discutido abaixo. E, o sistema pode operar sem o barramento do serviço de operações 130

e/ou o barramento do ambiente de integração empresarial 114.

[0040] Como outro exemplo, dois ou mais barramentos de dados podem estar em barramentos separados, tal como barramentos físicos separados em termos de hardware necessários para o transporte de dados nos barramentos separados. Especificamente, cada um dos barramentos pode incluir o cabeamento separado um do outro. Ademais, alguns ou todos os barramentos separados podem ser do mesmo tipo. Por exemplo, um ou mais barramentos pode compreender uma rede de área local (LAN), tal como Ethernet® através de um cabeamento de par trançado não blindado e Wi-Fi. Conforme discutido em mais detalhes abaixo, hardware e/ou software, tal como a roteador, pode ser usado para rotear dados sobre dados em um barramento entre os diferentes barramentos físicos.

[0041] Ainda como outro exemplo, dois ou mais barramentos podem estar em diferentes segmentos em uma única estrutura do barramento e um ou mais barramentos podem estar em barramentos físicos separados. Especificamente, o barramento de dados do sensor de alta velocidade 146 e o barramento de processamento de evento 147 podem ser diferentes segmentos em um único barramento de dados, enquanto o barramento do ambiente de integração empresarial 114 pode estar em um barramento fisicamente separado.

[0042] Muito embora a figura 1 retratem quatro barramentos, um número maior ou menor de barramentos pode ser usado para portar os quatro tipos de dados listados. Por exemplo, um único barramento não segmentado pode ser usado para comunicar os dados do sensor e os dados de processamento de evento (elevando para um número total de barramentos de três), conforme discutido abaixo. E, o sistema pode operar sem o barramento do serviço de operações 130 e/ou o barramento do ambiente de integração empresarial 114.

[0043] O ambiente de IT pode ser compatível a SOA. Service Ori-

ented Architecture (SOA - Arquitetura Orientada ao Serviço) é um estilo de arquitetura de sistemas computadorizados para criação e uso de processos comerciais, empacotados como serviços, durante todo o seu ciclo de vida. O SOA também define e provisiona uma infraestrutura de IT para permitir que diferentes aplicativos executem um intercâmbio de dados e participem dos processos comerciais. No entanto, o uso do SOA e o barramento de serviço empresarial é opcional.

[0044] As figuras ilustram diferentes elementos no interior da arquitetura total, tal como os seguintes: (1) NÚCLEO DE INDE 120; (2) SUBESTAÇÃO DE INDE 180; e (3) DISPOSITIVO DE INDE 188. Esta divisão dos elementos no interior da arquitetura total tem caráter ilustrativo. Outra divisão dos elementos pode ser usada. A arquitetura de INDE pode ser usada para suportar abordagens distribuídas e centralizadas para a rede inteligente, e fornece mecanismos para lidar com escala em grandes implantações.

[0045] A Arquitetura de Referência INDE é um exemplo de arquitetura técnica que pode ser implantada. Por exemplo, pode ser um exemplo de uma *meta-arquitetura*, usada para fornecer um ponto de partida para o desenvolvimento de qualquer número de arquiteturas técnicas específicas, uma para cada solução de concessionária de serviço público, conforme discutido abaixo. Sendo assim, a solução específica para uma concessionária de serviço público particular pode incluir um, alguns, ou todos os elementos na Arquitetura de Referência INDE. E, a Arquitetura de Referência INDE pode proporcionar um ponto de partida padronizado para o desenvolvimento da solução. É discutida abaixo a metodologia para determinação da arquitetura técnica específica para uma rede de energia particular.

[0046] A Arquitetura de Referência INDE pode ser uma arquitetura empresarial ampla. Seu propósito pode ser fornecer um arcabouço para o gerenciamento ponta a ponta dos dados da rede e estudo analíti-

co e integração dos mesmos nos sistemas e processos da concessionária de serviço público. Como a tecnologia de rede inteligente interfere em todos os aspectos dos processos comerciais da concessionária de serviço público, é preciso atentar para os efeitos não apenas ao nível da rede, operações, e dependências do consumidor, mas também nos níveis de departamento administrativo e empresariais. Consequentemente, a Arquitetura de Referência INDE pode e faz referência ao SOA ao nível empresarial, por exemplo, a fim de suportar o ambiente SOA para propósitos de interface. Isso não deve ser considerado uma condição para que a concessionária de serviço público seja obrigada a converter seu ambiente de IT existente em SOA antes que uma rede inteligente possa ser construída e usada. Um barramento de serviço empresarial é um mecanismo vantajoso para facilitar a integração de IT, mas não é necessário implantar o restante da solução da rede inteligente. A discussão abaixo foca os diferentes componentes dos elementos da rede inteligente da INDE.

Grupos do Componente da INDE

[0047] Conforme discutido acima, os diferentes componentes na Arquitetura de Referência INDE podem incluir, por exemplo: (1) NÚCLEO DE INDE 120; (2) SUBESTAÇÃO DE INDE 180; e (3) DISPOSITIVO DE INDE 188. As seções discutem esses três grupos de elemento exemplificativo da Arquitetura de Referência INDE e fornecem descrições dos componentes de cada grupo.

NÚCLEO DE INDE

[0048] A figura 2 ilustra o NÚCLEO DE INDE 120, que é a parte da Arquitetura de Referência INDE que pode residir em um centro de controle de operações, como mostram as figuras 1A a C. O NÚCLEO DE INDE 120 pode conter uma arquitetura de dados unificados para o armazenamento dos dados da rede e um esquema de integração para o estudo analítico operar naqueles dados. Esta arquitetura de dados po-

de usar o Modelo de Informações Comuns (Common Information Model - CIM) da Comissão Eletromecânica Internacional (International Electromechanical Commission - IEC) como seu esquema mais avançado. O IEC CIM é um padrão desenvolvido pela indústria de energia elétrica que é oficialmente adotada pela IEC, visando permitir que um software do aplicativo efetue o intercâmbio de informações sobre a configuração e situação de uma rede elétrica.

[0049] Além disso, esta arquitetura de dados pode fazer uso do middleware de federação 134 para conectar outros tipos de dados da concessionária de serviço público (como, por exemplo, dados do medidor, dados históricos e operacionais, arquivos de evento e log), e arquivos de metadados e conectividade em uma única arquitetura de dados que pode ter um único ponto de entrada para acesso por meio de aplicativos avançados, incluindo-se aplicativos empresariais. Sistemas em tempo real também podem acessar armazenamentos de dados chaves por meio do barramento de dados de alta velocidade e diversos armazenamentos de dados podem receber dados em tempo real. Diferentes tipos de dados podem ser transportados no interior de um ou mais barramentos na rede inteligente. Conforme discutido abaixo na seção da SUBESTAÇÃO DE INDE 180, os dados da subestação podem ser coletados e armazenados localmente na subestação. Especificamente, um banco de dados, que pode estar associado a e próximo à subestação, pode armazenar os dados da subestação. O estudo analítico pertinente ao nível da subestação também pode ser executado nos computadores da subestação e armazenado no banco de dados da subestação, e todos ou parte dos dados pode ser transportado para a central de controle.

[0050] Os tipos de dados transportados podem incluir dados operacionais e não operacionais, eventos, conectividade dos dados da rede, e dados de localização da rede. Os dados operacionais podem

incluir, sem caráter limitante, o estado do comutador, estado do alimentador, estado do capacitor, estado da seção, estado do medidor, estado de FCI, estado do sensor de linha, tensão, corrente, energia real, energia reativa, etc. Os dados não operacionais podem incluir, sem caráter limitante, qualidade da energia, confiabilidade da energia, saúde do ativo, dados de estresse, etc. Os dados operacionais e não operacionais podem ser transportados usando o barramento de dados operacionais/não operacionais 146. Os aplicativos de coleta de dados na transmissão de energia elétrica e/ou distribuição de eletricidade da rede de energia podem ser responsáveis pelo envio de alguns ou de todos os dados ao barramento de dados operacionais/não operacionais 146. Nesse sentido, os aplicativos que necessitam dessas informações podem ser capazes de obter os dados por meio da assinatura para as informações ou invocando serviços que podem disponibilizar tais dados.

[0051] Os eventos podem incluir mensagens e/ou alarmes originários dos vários dispositivos e sensores que fazem parte da rede inteligente, conforme discutido abaixo. Os eventos podem ser diretamente gerados a partir dos dispositivos e sensores na malha da rede inteligente, bem como pelos diversos estudos analíticos dos aplicativos com base nos dados de medição provenientes dos sensores e dispositivos. Os exemplos de eventos podem incluir paralisação do medidor, alarme do medidor, paralisação do transformador, etc. Os componentes da rede, como os dispositivos de rede (sensores de energia inteligente (por exemplo, um sensor com um processador embutido que pode ser programado para capacidade de processamento digital) sensores de temperatura, etc.), componentes do sistema de energia que incluem processamento embutido adicional (RTUs, etc.), redes medidoras inteligentes (saúde do medidor, leituras do medidor, etc.), e dispositivos de força de campo móvel (eventos de paralisação, conclu-

sões de ordem de trabalho, etc.) podem gerar dados do evento, dados operacionais e não operacionais. Os dados do evento gerados no interior da rede inteligente podem ser transmitidos por meio de um barramento de evento 147.

[0052] Os dados da rede de conectividade podem definir o esboço da rede da concessionária de serviço público. Pode haver um esboço base que define o esboço físico dos componentes da rede (subestações, segmentos, alimentadores, transformadores, comutadores, religadores, medidores, sensores, polos de concessionária de serviço público, etc.) e sua interconectividade na instalação. Com base nos eventos no interior da rede (falhas do componente, atividade de manutenção, etc.), a conectividade da rede pode mudar continuamente. Conforme discutido em mais detalhes abaixo, a estrutura de armazenamento dos dados, bem como a combinação dos dados permite a recriação histórica do esboço da rede em vários momentos passados. Os dados da rede de conectividade podem ser extraídos do Sistema de Informações Geográficas (GIS) periodicamente, à medida que as modificações para a rede da concessionária de serviço público são efetuadas e estas informações são atualizadas no aplicativo de GIS.

[0053] Os dados de localização da rede podem incluir as informações sobre o componente da rede na rede de comunicação. Estas informações podem ser usadas para enviar mensagens e informações ao componente da rede particular. Os dados de localização da rede podem ser inseridos manualmente no banco de dados da Rede Inteligente à medida que novos componentes da Rede Inteligente são instalados ou são extraídos de um Sistema de Gerenciamento Ativo se estas informações forem mantidas externamente.

[0054] Conforme discutido em mais detalhes abaixo, os dados podem ser enviados a partir de vários componentes na rede (por exemplo, SUBESTAÇÃO DE INDE 180 e/ou DISPOSITIVO DE INDE 188).

Os dados podem ser enviados ao NÚCLEO DE INDE 120 sem fio, com fio, ou uma combinação de ambos. Os dados podem ser recebidos pelas redes de comunicação de concessionária de serviços públicos 160, que pode enviar os dados ao dispositivo de roteamento 190. O dispositivo de roteamento 190 pode compreender software e/ou hardware para gerenciar o roteamento dos dados em um segmento de um barramento (quando o barramento compreende uma estrutura de barramento segmentada) ou em um barramento separado. O dispositivo de roteamento pode compreender um ou mais comutadores ou um roteador. O dispositivo de roteamento 190 pode compreender um dispositivo de rede cujo software e hardware roteiam e/ou encaminham os dados a um ou mais barramentos. Por exemplo, o dispositivo de roteamento 190 pode rotear dados operacionais e não operacionais ao barramento de dados operacionais/não operacionais 146. O roteador pode também rotear dados do evento ao barramento de evento 147.

[0055] O dispositivo de roteamento 190 pode determinar como rotear os dados com base em um ou mais métodos. Por exemplo, o dispositivo de roteamento 190 pode examinar um ou mais cabeçalhos nos dados transmitidos para determinar se roteia os dados para o segmento pelo barramento de dados operacionais/não operacionais 146 ou ao segmento pelo barramento de evento 147. Especificamente, um ou mais cabeçalhos nos dados podem indicar se os dados são dados operacionais/não operacionais (de modo que o dispositivo de roteamento 190 roteia os dados ao barramento de dados operacionais/não operacionais 146) ou se os dados são dados do evento (de modo que o dispositivo de roteamento 190 roteia o barramento de evento 147). Como alternativa, o dispositivo de roteamento 190 pode examinar a carga útil dos dados para determinar o tipo de dados (por exemplo, o dispositivo de roteamento 190 pode examinar o formato dos dados para determinar se os dados são dados operacionais/não operacionais ou dados

do evento).

[0056] Um dos armazenamentos, tal como a armazém dos dados operacionais 137 que armazena os dados operacionais, pode ser implantada como um verdadeiro banco de dados distribuído. Outro dos armazenamentos, o historiador (identificado como os dados históricos 136 nas figuras 1 e 2), pode ser implantado como um banco de dados distribuído. As demais "extremidades" desses dois bancos de dados podem estar localizadas no grupo da SUBESTAÇÃO DE INDE 180 (discutido abaixo). Ademais, os eventos podem ser armazenados diretamente em qualquer um dos diversos armazenamentos de dados por meio do barramento de processamento de evento complexo. Especificamente, os eventos podem ser armazenados no log do evento 135, que pode ser um repositório para todos os eventos que foram publicados ao barramento de evento 147. O log do evento pode armazenar um, alguns, ou todos os seguintes: id do evento; tipo de evento; fonte de evento; prioridade do evento; e tempo de geração do evento. O barramento de evento 147 não necessita armazenar os eventos em longo prazo, fornecendo persistência a todos os eventos.

[0057] O armazenamento de dados pode ser tal que os dados podem estar o mais próximo possível ou viável da fonte. Em uma implantação, isso pode incluir, por exemplo, os dados da subestação que estão armazenados na SUBESTAÇÃO DE INDE 180. Porém, estes dados também podem ser exigidos no nível do centro de controle de operações 116 para tomar diferentes tipos de decisões que considerem a rede em um nível muito granular. Junto com uma abordagem de inteligência distribuída, uma abordagem de dados distribuídos pode ser adotada para facilitar a disponibilidade dos dados em todos os níveis da solução através do uso dos enlaces do banco de dados e serviços de dados, conforme aplicável. Nesse sentido, a solução para o armazenamento de dados históricos (que pode ser acessível no nível do

centro de controle de operações 116) pode ser similar à do armazenamento de dados operacionais. Os dados podem ser armazenados localmente nos enlaces do banco de dados e subestação configurados no caso do repositório na central de controle, fornecer acesso aos dados nas subestações individuais. O estudo analítico da subestação pode ser executado localmente na subestação usando o armazenamento de dados local. O estudo analítico histórico/coletivo pode ser executado no nível do centro de controle de operações 116 por meio do acesso aos dados nos casos da subestação local usando os enlaces do banco de dados. Como alternativa, os dados podem ser armazenados centralmente no NÚCLEO DE INDE 120. No entanto, dado o volume de dados que talvez seja necessário transmitir a partir dos DISPOSITIVOS DE INDE 188, o armazenamento dos dados nos DISPOSITIVOS DE INDE 188 pode ser preferencial. Especificamente, se houver milhares ou dezenas de milhares de subestações (o que pode ocorrer em uma rede de energia), o volume de dados que precisa ser transmitido ao NÚCLEO DE INDE 120 pode criar um gargalo da comunicação.

[0058] Finalmente, o NÚCLEO DE INDE 120 pode programar ou controlar um, alguns ou todos entre a SUBESTAÇÃO DE INDE 180 ou DISPOSITIVO DE INDE 188 na rede de energia (discutido abaixo). Por exemplo, o NÚCLEO DE INDE 120 pode modificar a programação (por exemplo, transferir por download um programa atualizado) ou fornecer um comando de controle para controlar qualquer aspecto da SUBESTAÇÃO DE INDE 180 ou do DISPOSITIVO DE INDE 188 (por exemplo, controle dos sensores ou estudo analítico). Outros elementos, não mostrados na figura 2, podem incluir vários elementos de integração para suportar esta arquitetura lógica.

[0059] A tabela 1 descreve determinados elementos do NÚCLEO DE INDE 120 conforme retratado na figura 2.

Elemento do NÚCLEO DE INDE	Descrição
Serviços de CEP 144	Fornecer um processamento de corrente de evento de alta velocidade e baixa latência, filtragem de evento, e correlação de evento de múltiplas correntes
Aplicativos Analíticos da Rede Centralizada 139	Pode consistir em qualquer número de aplicativos analíticos personalizados ou industriais que não são usados em tempo real, primordialmente operando a partir dos armazenamentos de dados no NÚCLEO
Serviços de Visualização/ Notificação 140	Suporte para visualização de dados, estados e fluxos de eventos, e notificações automáticas com base nos acionamentos de evento
Serviços de Gerenciamento de Aplicativos 141	Serviços (por exemplo, Serviços de Suporte a Aplicativo 142 e Suporte Computacional Distribuído 143) que suporte o lançamento e execução de aplicativo, serviços da web, e suporte para transferência por download de programa remoto automatizado e computação distribuída (por exemplo, OSGi)
Serviços de Gerenciamento de Rede 145	Monitoramento Automatizado de redes de comunicação, aplicativos e bancos de dados; monitoramento da saúde do sistema, análise da causa raiz da falha (não-rede)
Serviços de Metadados de Rede 126	Serviços (por exemplo, Serviços de Conectividade 127, Tradução de Nome 128, e Serviço de TEDS 129) para armazenamento, restauração, e atualização de metadados

	do sistema, incluindo-se conectividade de rede e comunicação/sensor, listas de ponto, calibrações do sensor, protocolos, pontos do conjunto de dispositivo, etc.
Serviços de Dados da Rede/Analíticos 123	Serviços (por exemplo, Serviços de Dados do Sensor 124 e Serviços de Gerenciamento Analítico 125) para suportar o acesso aos dados da rede e estudo analítico da rede; gerenciamento do estudo analítico
Sistema de Gerenciamento de Dados do Medidor 121	Funções do sistema de gerenciamento de dados do medidor (por exemplo, Lodestar)
Serviços de Dados do Medidor de AMOS	Vide discussão abaixo
Barramento de Processamento de Evento Complexo em Tempo Real 147	<p>Barramento da mensagem dedicado para manipular os fluxos de mensagem de evento— finalidade de um barramento dedicado para proporcionar uma banda larga e baixa latência para inundações de mensagem de evento com muitas rajadas. A mensagem do evento pode estar na forma de uma mensagem XML. Outros tipos de mensagens podem ser usados.</p> <p>Os eventos podem ser segregados a partir dos dados operacionais/não operacionais, e podem ser transmitidos em um barramento separado ou dedicado. Eventos tipicamente têm prioridade mais elevada, enquanto usu-</p>

	<p>almente exigem uma ação mais imediata de uma perspectiva operacional da concessionária de serviço público (mensagens de medidores, transformadores defeituosos, etc.)</p> <p>O barramento de processamento de evento (e o serviço de processamento de correlação do evento associado retratado na figura 1) pode filtrar inundações de eventos em uma interpretação que pode ser melhor atuada por outros dispositivos. Além disso, o barramento de processamento de evento pode assumir múltiplos fluxos de eventos, descobrir diversos padrões que ocorrem através de múltiplos fluxos de eventos, e fornece uma interpretação de múltiplos fluxos de eventos. Nesse sentido, o barramento de processamento de evento pode não simplesmente examinar os dados do evento a partir de um dispositivo, em vez de observar múltiplos dispositivos (incluindo-se múltiplas classes de dispositivos que podem não estar aparentemente relacionados) a fim de descobrir correlações. A análise de um único ou de múltiplos fluxos de eventos pode basear-se em uma norma</p>
Barramento de Dados Op./Não-Op. em Tempo	Dados operacionais podem incluir dados que refletem o estado atual do estado elétrico da rede que pode ser usado no controle

Real 146	<p>da rede (por exemplo, correntes, tensões, energia real, energia reativa, etc.). Os dados não operacionais podem incluir dados que refletem a "saúde" ou condição de um dispositivo.</p> <p>Os dados operacionais foram previamente transmitidos diretamente a um dispositivo específico (criando desta forma um problema de "silo" potencial de não tornar disponíveis os dados a outros dispositivos ou a outros aplicativos). Por exemplo, os dados operacionais foram previamente transmitidos ao sistema SCADA (Controle de Supervisão e Aquisição de Dados) para gerenciamento da rede (monitorar e controlar a rede). No entanto, com o uso da estrutura do barramento, os dados operacionais também podem ser usados para equilíbrio da carga, utilização/otimização de ativo, planejamento do sistema, etc., conforme discutido, por exemplo, nas figuras 10-19.</p> <p>Os dados não operacionais foram previamente obtidos enviando uma pessoa no campo para coletar os dados operacionais (em vez de enviar automaticamente os dados não operacionais a um repositório central).</p>
----------	---

	<p>Tipicamente, os dados operacionais e não operacionais são gerados nos diversos dispositivos na rede em períodos predeterminados. Isso contrasta com os dados do evento, os quais são tipicamente gerados em rajadas, conforme discutido abaixo.</p> <p>Um barramento da mensagem pode ser dedicado à manipulação de fluxos de dados operacionais e não operacionais oriundos das subestações e dispositivos de rede.</p> <p>A finalidade de um barramento dedicado pode ser fornecer um rendimento de baixa latência constante para compatibilizar os fluxos de dados; conforme discutido em outro ponto, um único barramento pode ser usado para transmissão de ambos os dados operacionais e não operacionais e dos dados de processamento de evento em algumas circunstâncias (efetivamente combinando o barramento de dados operacionais/não operacionais com o barramento de processamento de evento).</p>
Barramento do Serviço de Operações 130	<p>O barramento da mensagem que suporta a integração de aplicativos típicos das operações da concessionária de serviço público (EMS (sistema de gerenciamento de energia), DMS (sistema de gerenciamento de distribuição), OMS (sistema de gerencia-</p>

	<p>mento de paralisação), GIS (Sistema de Informações Geográficas), remessa) com funções e sistemas de rede inteligente mais recentes (DRMS (Sistema de Gerenciamento de Resposta de Demanda), estudo analítico externo, CEP, visualização). Os diversos barramentos, incluindo-se o barramento de dados operacionais/ não operacionais 146, o barramento de dados do evento 147, e o barramento do serviço de operações 130 podem obter alimentações de tempo, etc. por meio de um arcabouço de segurança 117.</p> <p>O barramento do serviço de operações 130 pode servir como provedor das informações sobre a rede inteligente para os aplicativos de departamento administrativo da concessionária de serviço público, como mostra a figura 1. O estudo analítico dos aplicativos pode transformar os dados brutos dos sensores e dispositivos na rede em informações praticáveis que estarão disponíveis aos aplicativos da concessionária de serviço público para executar ações que controlem a rede. Muito embora seja previsível ocorrer a maior parte das interações entre os aplicativos de departamento administrativo da concessionária de serviço público e o NÚCLEO DE INDE 120 através deste barramento, os</p>
--	--

	<p>aplicativos da concessionária de serviço público terão acesso aos outros dois barramentos e consumirão também os dados oriundos desses barramentos (por exemplo, leituras do medidor provenientes do barramento de dados op./não op. 146, eventos de paralisação do barramento de evento 147)</p>
<p>Armazém de Dados do CIM 132</p>	<p>Armazenamento de dados avançado para a organização de dados da rede; usa o esquema de dados do IEC CIM; fornece o ponto de contato primário para o acesso aos dados da rede oriundos dos sistemas operacionais e os sistemas empresariais. O middleware de federação permite a comunicação para os diversos bancos de dados.</p>
<p>Armazém de Conectividade 131</p>	<p>O armazém de conectividade 131 pode conter as informações de conectividade elétrica dos componentes da rede. Essas informações podem ser derivadas do Sistema de Informações Geográficas (GIS) da concessionária de serviço público que conserva a localização geográfica conforme construída dos componentes que constituem a rede. Os dados no armazém de conectividade 131 podem descrever as informações hierárquicas sobre todos os componentes da rede (subestação, alimentador, seção, segmento, ramificação, seção em t, disjuntor, religador, comutador, etc. – basicamente todos os ativos). O armazém de conectividade 131 po-</p>

	<p>de ter as informações de ativo e conectividade conforme construído. Sendo assim, o armazém de conectividade 131 pode compreender o banco de dados do ativo que inclui todos os dispositivos e sensores fixados aos componentes da rede.</p>
<p>Armazém de Dados do Medidor 133</p>	<p>O armazém de dados do medidor 133 pode proporcionar acesso rápido aos dados de uso do medidor para estudo analítico. Este repositório pode manter todas as informações de leitura do medidor provenientes dos medidores na instalação do consumidor. Os dados coletados a partir dos medidores podem ser armazenados no armazém de dados do medidor 133 e fornecidos a outros aplicativos da concessionária de serviço público para cobrança (ou outras operações do departamento administrativo) bem como outras análises.</p>
<p>Log de Eventos 135</p>	<p>A coleta de arquivos de log incidentais à operação dos diversos sistemas da concessionária de serviço público. Os logs de evento 135 podem ser usados para análise posterior dos eventos e para extração de dados</p>
<p>Dados Históricos 136</p>	<p>O arquivo de dados de telemetria na forma de um historiador de dados padrão. Os dados históricos 136 podem conservar os dados de série temporal não operacionais, bem como os dados históricos operacionais.</p>

	<p>O estudo analítico atinente a itens como qualidade da energia, confiabilidade, saúde do ativo, etc. pode ser executado usando os dados nos dados históricos 136. Adicionalmente, conforme discutido abaixo, os dados históricos 136 podem ser usados para derivar a topologia da rede em qualquer ponto no tempo usando os dados históricos operacionais neste repositório junto com a topologia da rede conforme construída armazenada no mart de dados de conectividade. Ademais, os dados podem ser armazenados como um registro simples, conforme discutido abaixo.</p>
<p>Dados Operacionais 137</p>	<p>Os dados operacionais 137 podem compreender um banco de dados operacionais da rede em tempo real. Os dados operacionais 137 podem ser construídos na verdadeira forma distribuída com elementos nas subestações (com enlaces nos Dados Operacionais 137), assim como o centro de operações. Especificamente, os dados operacionais 137 podem conservar medições de dados obtidas a partir de sensores e dispositivos fixados aos componentes da rede. As medições dos dados históricos não são mantidas neste armazenamento de dados, em lugar de serem mantidos nos dados históricos 136. Os tabelas do bando de dados nos Dados Operacionais 137 podem ser</p>

		atualizados com as últimas medições obtidas a partir de tais sensores e dispositivos.
Arquivos 138	DFR/SER	Os arquivos do registrador de falha digital e registrador de evento serial; usados para análise do evento e extração de dados; os arquivos são em geral criados nas subestações pelos sistemas e equipamentos da concessionária de serviço público

Tabela 1: Elementos do NÚCLEO DE INDE

[0060] Conforme discutido no Tabela 1, o barramento de dados em tempo real 146 (que comunica os dados operacionais e não operacionais) e o barramento de processamento de evento complexo em tempo real 147 (que comunica os dados de processamento de evento) em um único barramento 346. Um exemplo disto é ilustrado no diagrama de bloco 300 nas figuras 3A a C.

[0061] Como mostram as figuras 1A a C, os barramentos são separados para fins de desempenho. O processamento de CEP, a baixa latência pode ser importante para certos aplicativos que são submetidos a rajadas de mensagem muito grande. A maior parte dos fluxos de dados da rede, por outro lado, são mais ou menos constantes, à exceção dos arquivos de gravador de falha digital, porém, esses, usualmente podem ser restaurados de forma controlada, enquanto as rajadas do evento são assíncronas e aleatórias.

[0062] A figura 1 mostra ainda elementos adicionais no centro de controle de operações 116 separados do NÚCLEO DE INDE 120. Especificamente, a figura 1 mostra ainda a Extremidade(s) de Coleta de Dados do Medidor 153, um sistema que é responsável pela comunicação com os medidores (por exemplo, coletar dados dos mesmos e fornecer os dados coletados à concessionária de serviço público). O Sistema de Gerenciamento de Resposta de Demanda 154 é um sistema

que se comunica com o equipamento em uma ou mais instalações do consumidor que pode ser controlado pela concessionária de serviço público. O Sistema de Gerenciamento de Paralisação 155 é um sistema que auxilia a concessionária de serviço público no gerenciamento de paralisações por meio do rastreamento da localização das paralisações, gerenciando qual está sendo remetida, e como estão sendo fixadas. O Sistema de Gerenciamento de Energia 156 é um sistema de controle do nível do sistema de transmissão que controla os dispositivos nas subestações (por exemplo) na rede de transmissão. O Sistema de Gerenciamento de Distribuição 157 é um sistema de controle do nível do sistema de distribuição que controla os dispositivos nas subestações e os dispositivos alimentadores (por exemplo) para as redes de distribuição. Os Serviços de Rede IP 158 é um conjunto de serviços que opera em um ou mais servidores que suportam comunicação do tipo IP (por exemplo, DHCP e FTP). O Sistema de Dados Móveis de Remessa 159 é um sistema que transmite/recebe mensagens para terminais de dados móveis no campo. As Ferramentas de Simulação de Rede e Análise de Iluminação, Planejamento, Análise de Fluxo de Carga e Circuito 152 constituem um conjunto de ferramentas usado por uma concessionária de serviço público no projeto, análise e planejamento para redes. O IVR (resposta integrada por voz) e Gerenciamento de Chamada 151 são sistemas que manipulam as chamadas do consumidor (automatizado ou por meio de atendentes). As chamadas telefônicas entrantes concernentes às paralisações podem ser automaticamente ou manualmente inseridas e encaminhadas ao Sistema de Gerenciamento de Paralisação 155. O Sistema de Gerenciamento de Trabalho 150 é um sistema que monitora e gerencia ordens de trabalho. O Sistema de Informações Geográficas 149 é um banco de dados que contém informações sobre a localização geográfica dos ativos e a forma com que os ativos estão conectados em conjunto. Se o am-

biente contar com uma Arquitetura Orientada aos Serviços (SOA), o Suporte de SOA de Operações 148 é um conjunto de serviços para suporte ao ambiente SOA.

[0063] Um ou mais sistemas no Centro de Controle de Operações 116 que estão fora do NÚCLEO DE INDE 120 são sistemas de produto herdado que uma concessionária de serviço público pode ter. Os exemplos desses sistemas de produto herdado incluem o Suporte de SOA de Operações 148, Sistema de Informações Geográficas 149, Sistema de Gerenciamento de Trabalho 150, Gerenciamento de Chamada 151, Ferramentas de Simulação de Rede e Análise de Iluminação, Planejamento, Análise de Fluxo de Carga e Circuito 152, Extremidade(s) de Coleta de Dados do Medidor 153, Sistema de Gerenciamento de Resposta de Demanda 154, Sistema de Gerenciamento de Paralisação 155, Sistema de Gerenciamento de Energia 156, Sistema de Gerenciamento de Distribuição 157, Serviços de Rede IP 158, e Sistema de Dados Móveis de Remessa 159. No entanto, esses sistemas de produto herdado talvez não sejam capazes de processar ou manipular dados que sejam recebidos de uma rede inteligente. O NÚCLEO DE INDE 120 pode ser capaz de receber os dados da rede inteligente, processar os dados provenientes da rede inteligente, e transferir os dados processados para um ou mais sistemas de produto herdado de modo que os sistemas de produto herdado possam usar (por exemplo, formatação particular para o sistema de produto herdado). Nesse sentido, o NÚCLEO DE INDE 120 pode ser visualizado como um middleware.

[0064] O centro de controle de operações 116, incluindo-se o NÚCLEO DE INDE 120, pode se comunicar com a TI empresarial 115. Em termos gerais, a funcionalidade na TI empresarial 115 compreende operações do departamento administrativo. Especificamente, a TI empresarial 115 pode usar o barramento do ambiente de integração em-

presarial 114 para enviar dados a vários sistemas no TI empresarial 115, incluindo-se Armazém de Dados Comerciais 104, Aplicativos de Inteligência Comercial 105, Planejamento de Recursos Empresariais 106, diversos Sistemas Financeiros 107, Sistema de Informações do Cliente 108, Sistema de Recurso Humano 109, Sistema de Gerenciamento de Ativo 110, Suporte de SOA Empresarial 111, Sistema de Gerenciamento de Rede 112, e Serviços de Mensagens empresarial 113. A TI empresarial 115 pode ainda incluir um portal 103 que se comunica com a Internet 101 por meio de um firewall 102.

SUBESTAÇÃO DE INDE

[0065] A figura 4 ilustra um exemplo de arquitetura avançada para o grupo da SUBESTAÇÃO DE INDE 180. Este grupo pode compreender elementos que estão efetivamente alojados na subestação 170 em um alojamento de controle da subestação em um ou mais servidores colocalizados com os sistemas e eletrônicos da subestação.

A tabela 2 abaixo relaciona e descreve certos elementos do grupo SUBESTAÇÃO DE INDE 180. Os serviços de segurança de dados 171 podem ser uma parte do ambiente da subestação; como alternativa, podem ser integrados ao grupo da SUBESTAÇÃO DE INDE 180.

ELEMENTOS DE SUBESTAÇÃO DE INDE	Descrição
Armazenamento de dados não operacionais 181	Dados de desempenho e saúde; isto é um componente historiador de dados distribuídos
Armazenamento de dados operacionais 182	Dados do estado da rede em tempo real; isto é parte de um banco de dados distribuídos verdadeiro
Pilha de Interface/Comunicações 187	Suporte para comunicações, incluindo-se TCP/IP, SNMP, DHCP, SFTP, IGMP, ICMP, DNP3, IEC 61850, etc.

ELEMENTOS DE SUBESTAÇÃO DE INDE	Descrição
Suporte computacional distribuído/remoto 186	Suporte para distribuição de programa remoto, comunicação interprocesso, etc. (DCE, JINI, OSGi por exemplo)
Processamento de Sinal/Forma de onda 185	Suporte para componentes de processamento de sinal digital em tempo real; normalização de dados; conversões de unidades de projeto
Processamento de Detecção/Classificação 184	Suporte para processamento de fluxo de evento em tempo real, detectores e classificadores de evento/forma de onda (ESP, ANN, SVM, etc.)
Estudo analítico da subestação 183	<p>Suporte para estudo analítico dos aplicativos em tempo real programável; varredura principal DNP3;</p> <p>O estudo analítico da subestação pode permitir a análise em tempo real de dados operacionais e não operacionais a fim de determinar se um "evento" ocorreu. A determinação do "evento" pode ser à base de regra com as regras que determinam se um de uma pluralidade de eventos possíveis está ocorrendo com base dados. O estudo analítico da subestação pode também permitir a modificação automática da operação da subestação com base em um evento determinado. Nesse sentido, a rede (incluindo-se diversas par-</p>

ELEMENTOS DE SUBESTAÇÃO DE INDE	Descrição
	<p>tes da rede) pode ser "autorrecuperável". Este aspecto de "autorrecuperação" impede a exigência sobre os dados serem transmitidos para uma autoridade central, os dados serem analisados em autoridade central, e um comando ser enviado da autoridade central à rede antes de o problema na rede ser corrigido.</p> <p>Além da determinação do "evento," o estudo analítico da subestação pode também gerar uma ordem de trabalho para transmissão para uma autoridade central. A ordem de trabalho pode ser usada, por exemplo, para agendar um reparo de um dispositivo, tal como uma subestação.</p>
Subestação LAN 172	A rede local no interior da subestação para diversas partes da subestação, tal como relés de microprocessador 173, instrumentação de subestação 174, gravadores do arquivo do evento 175, e estação RTUs 176.
Serviços de segurança 171	A subestação pode se comunicar externamente com diversas redes de comunicação de concessionária de serviços públicos através da camada de serviços de segurança.

Tabela 2 Elementos da SUBESTAÇÃO DE INDE

[0066] Conforme discutido acima, diferentes elementos na rede inteligente podem incluir funcionalidade adicional, incluindo-se capacidade de processamento/estudo analítico e recursos de banco de dados adicionais. O uso desta funcionalidade adicional nos diversos elementos na rede inteligente permite arquiteturas distribuídas com gerenciamento e administração centralizada dos aplicativos e desempenho de rede. Por razões de desempenho, funcionais e de capacidade de programação, uma rede inteligente envolvendo milhares a dezenas de milhares de SUBESTAÇÕES DE INDE 180 e dezenas de milhares a milhões de dispositivos de rede podem incluir processamento distribuído, gerenciamento de dados, e comunicações do processo.

[0067] A SUBESTAÇÃO DE INDE 180 pode incluir um ou mais processadores e um ou mais dispositivos de memória (por exemplo, dados da subestação não operacionais 181 e dados de operações da subestação 182). Os dados não operacionais 181 e os dados de operações da subestação 182 podem estar associados a e próximos à subestação, por exemplo, localizados dentro ou na SUBESTAÇÃO DE INDE 180. A SUBESTAÇÃO DE INDE 180 pode ainda incluir componentes da rede inteligente que são responsáveis pela capacidade de observação da rede inteligente em um nível de subestação. Os componentes da SUBESTAÇÃO DE INDE 180 podem proporcionar três funções primárias: aquisição e armazenamento de dados operacionais no armazenamento distribuído de dados operacionais; aquisição de dados não operacionais e armazenamento no historiador; e processamento analítico local em tempo real (por exemplo, uma subsecundária). O processamento pode incluir o processamento de sinal digital de formas de onda de tensão e corrente, processamento de detecção e classificação, incluindo-se processamento de fluxo de evento; e comunicação dos resultados do processamento aos sistemas e dispositivos locais, bem como para os sistemas no centro de controle de opera-

ções 116. A comunicação entre a SUBESTAÇÃO DE INDE 180 e os demais dispositivos na rede pode ser com fio, sem fio ou uma combinação de fio e sem fio. Por exemplo, a transmissão de dados a partir da SUBESTAÇÃO DE INDE 180 ao centro de controle de operações 116 pode ser com fio. A SUBESTAÇÃO DE INDE 180 pode transmitir dados, tal como dados operacionais/ não operacionais ou dados do evento, ao centro de controle de operações 116. O dispositivo de roteamento 190 pode rotear os dados transmitidos a um dos seguintes: barramento de dados operacionais/não operacionais 146 ou o barramento de evento 147.

[0068] A otimização da resposta da demanda para gerenciamento da perda de distribuição também pode ser executada aqui. Esta arquitetura está em conformidade com o princípio da arquitetura do aplicativo distribuída previamente discutido.

[0069] Por exemplo, os dados de conectividade podem ser duplicados na subestação 170 e no centro de controle de operações 116, permitindo assim que a subestação 170 opere independentemente, mesmo se a rede de comunicação de dados ao centro de controle de operações 116 não for funcional. Com estas informações (conectividade) armazenadas localmente, o estudo analítico da subestação pode ser executado localmente, mesmo se o enlace de comunicação para o centro de controle de operações for inoperante.

[0070] De modo similar, os dados operacionais podem ser duplicados no centro de controle de operações 116 e nas subestações 170. Os dados provenientes dos sensores e dispositivos associados a uma subestação particular podem ser coletados e a última medição pode ser armazenada nesse armazenamento de dados na subestação. As estruturas de dados do armazenamento de dados operacionais podem ser as mesmas e, sendo assim, os enlaces do banco de dados podem ser usados para fornecer acesso contínuo aos dados que residem nas

subestações até a instância do armazenamento de dados operacionais na central de controle. Isso confere diversas vantagens, incluindo-se que ocorra a moderação da replicação de dados e a habilitação do estudo analítico de dados da subestação, que é mais sensível ao tempo, em nível local e sem se basear na disponibilidade de comunicação além da subestação. O estudo analítico de dados no nível do centro de controle de operações 116 pode ser menos sensível ao tempo (enquanto o centro de controle de operações 116 pode tipicamente examinar os dados históricos para distinguir padrões que são mais previsíveis, e não reativos) e pode ser capaz de trabalhar as questões da rede, se houver.

[0071] Finalmente, os dados históricos podem ser armazenados localmente na subestação e uma cópia dos dados pode ser armazenada na central de controle. Ou, os enlaces do banco de dados podem ser configurados na instância do repositório no centro de controle de operações 116, proporcionando acesso do centro de controle de operações aos dados nas subestações individuais. O estudo analítico da subestação pode ser executado localmente na subestação 170 com o uso do armazenamento de dados local. Especificamente, o uso de inteligência e a capacidade de armazenamento adicionais na subestação a permite que a subestação realize uma autoanálise e corrija a si mesma sem entradas provenientes de uma autoridade central. Como alternativa, o estudo analítico histórico/coletivo também pode ser executado no nível do centro de controle de operações 116 por meio de acesso aos dados nas instâncias de subestação local usando os enlaces do banco de dados.

DISPOSITIVO DE INDE

[0072] O grupo do DISPOSITIVO DE INDE 188 pode compreender qualquer variedade de dispositivos dentro da rede inteligente, incluindo-se diversos sensores dentro da rede inteligente, tais como diversos

dispositivos de rede de distribuição 189 (*por exemplo*, sensores de linha nas linhas de energia), medidores 163 na instalação do consumidor, etc. O grupo do DISPOSITIVO DE INDE 188 pode compreender a adição de um dispositivo à rede com funcionalidade particular (por exemplo, uma Unidade de Terminal Remoto (RTU) inteligente que inclui programação dedicada), ou pode compreender um dispositivo existente no interior da rede com funcionalidade agregada (por exemplo, uma RTU de topo de polo de arquitetura aberta existente que já está posicionada na rede que pode ser programado para criar um sensor de linha inteligente ou dispositivo de rede inteligente). O DISPOSITIVO DE INDE 188 pode ainda incluir um ou mais processadores e um ou mais dispositivos de memória.

[0073] Os dispositivos de rede existentes podem não ser abertos do ponto de vista do software, e pode não ser capaz de suportar em alto grau uma rede moderna ou serviços de software. Os dispositivos de rede existentes podem ter sido projetados para adquirir e armazenar dados para descarga ocasional para algum outro dispositivo, tal como um computador do tipo laptop, ou para transferir arquivos de lote por meio de uma linha PSTN a um host remoto a pedido. Esses dispositivos podem não ser projetados para operação em um ambiente de rede digital em tempo real. Nesses casos, o dispositivo de dados da rede pode ser obtido no nível da subestação 170, ou no nível do centro de controle de operações 116, dependendo da forma como a rede de comunicação existente foi projetada. No caso de redes de medidores, normalmente será o caso em que os dados são obtidos a partir dos dados do mecanismo de coleta medidor, visto que as redes medidoras são usualmente fechadas e os medidores podem não ser abordados diretamente. À medida que estas redes evoluem, os medidores e os demais dispositivos de rede podem ser individualmente tratáveis, de modo que os dados podem ser transportados diretamente ao local on-

de são necessários, o que necessariamente não precisa ser o centro de controle de operações 116, mas pode ser qualquer lugar na rede.

[0074] Dispositivos, tais como indicadores de circuito com falha podem ser unidos com cartões de interface de rede sem fio, para conexão ao longo de redes sem fio de velocidade modesta (por exemplo, 100 kbps). Esses dispositivos podem reportar a situação por exceção e executar funções fixas pré-programadas. A inteligência de muitos dispositivos de rede pode ser majorada com o uso de RTUs inteligentes locais. Em lugar de ter RTUs de topo de polo que são projetados como dispositivos de arquitetura fechada de função fixa, as RTUs podem ser usadas como dispositivos de arquitetura aberta que podem ser programados por terceiros e que podem servir como um DISPOSITIVO DE INDE 188 na Arquitetura de Referência INDE. Também, os medidores nas dependências do consumidor podem ser usados como sensores. Por exemplo, os medidores podem medir o consumo (por exemplo, a quantidade de energia que é consumida para fins de cobrança) e pode medir a tensão (para uso em otimização volt/VAr).

[0075] As figuras 5A a B ilustram uma arquitetura exemplificativa para o grupo do DISPOSITIVO DE INDE 188. A tabela 3 descreve certos elementos do DISPOSITIVO DE INDE 188. O dispositivo de rede inteligente pode incluir um processador embutido, de modo que os elementos de processamento se parecem menos com serviços de SOA e se parecem mais com as rotinas de biblioteca de programa em tempo real, visto que o grupo do DISPOSITIVO é implantado em uma DSP em tempo real dedicado ou microprocessador.

ELEMENTOS DO DISPOSITIVO DE INDE	Descrição
Buffer em anel 502	Armazenamento em buffer circular local para formas de onda digitais

ELEMENTOS DO DISPOSITIVO DE INDE	Descrição
	amostradas a partir de transdutores analógicos (formas de onda de tensão e corrente, por exemplo) que podem ser usadas para reter os dados para formas de onda em diferentes períodos de tempo de modo que um evento seja detectado, os dados de forma de onda que geram o evento também pode ser armazenados
Buffers de status do dispositivo 504	O armazenamento em buffer para dados de transição de estado e estado de dispositivo externo
Rastreador de frequência trifásica 506	Computa uma avaliação de operação de uma frequência de potência a partir de todas as três fases; usado para correção de frequência para outros dados bem como em medições de estabilidade de rede e qualidade da energia (especialmente conforme se refere a DG)
Bloco de transformada Fourier 508	Conversão de formas de onda de domínio de tempo para domínio de frequência para permitir o estudo analítico do domínio de frequência
Estudo analítico de sinal de domínio de tempo 510	Processamento de sinais em domínio de tempo; extração de medi-

ELEMENTOS DO DISPOSITIVO DE INDE	Descrição
	ções de comportamento de envelope e transiente
Estudo analítico de sinal de domínio de frequência 512	Processamento de sinais em domínio de frequência; extração de RMS e parâmetros de potência
Estudo analítico de sinal secundário 514	Cálculo e compensação de variadores de fase; cálculo de medições de erro/falha selecionadas
Estudo analítico de sinal terciário 516	Cálculo de variadores de fase síncronos com base em temporização de GPS e um ângulo de referência do sistema
Acionadores e análise de evento 518	Processamento de todo o estudo analítico para detecção e acionamento de evento de captura de arquivo. Os diferentes tipos de DISPOSITIVOS DE INDE podem incluir diferentes capacidades analíticas do evento. Por exemplo, um sensor de linha pode examinar eventos ITIC, que examinam pulsos em forma de onda. Se um pulso ocorrer (ou uma série de pulsos ocorrer), o sensor de linha, com a capacidade analítica do evento, pode determinar que um "evento" ocorreu e também pode proporcionar uma reco-

ELEMENTOS DO DISPOSITIVO DE INDE	Descrição
	mendação como a causa do evento. A capacidade analítica do evento pode ser à base de regra, com diferentes regras usadas para diferentes DISPOSITIVOS DE INDE e diferentes aplicativos.
Armazenamento de arquivo captura/formatação/transmissão 520	Captura de dados a partir de buffers em anel com base em acionadores de evento
Serviço de fluxo contínuo de forma de onda 522	Suporte para fluir continuamente formas de onda para um cliente de exibição remota
Pilha de comunicações	Suporte para comunicações de rede e carga de programa remota
Temporização de GPS 524	Fornece temporização em alta resolução para coordenar aplicativos e sincronizar coleta de dados ao longo de uma ampla área geográfica. Os dados gerados podem incluir a carimbo de tempo da estrutura de dados de GPS 526.
Estudo analítico de status 528	Captura de dados para mensagens de status

Tabela 3 Elementos do DISPOSITIVO DE INDE

[0076] A figura 1A retrata ainda a instalação do consumidor 179, que pode incluir um ou mais Medidores Inteligentes 163, um visor interno 165, um ou mais sensores 166, e um ou mais controles 167. Na

prática, os sensores 166 podem registrar dados em um ou mais dispositivos na instalação do consumidor 179. Por exemplo, um sensor 166 pode registrar os dados em diversos utensílios principais dentro da instalação do consumidor 179, tal como a fornalha, aquecedor de água quente, condicionador de ar, etc. Os dados provenientes de um ou mais sensores 166 podem ser enviados ao Medidor Inteligente 163, que pode empacotar os dados para transmissão ao centro de controle de operações 116 por meio de uma rede de comunicação da concessionária de serviço público 160. O visor interno 165 pode proporcionar ao consumidor na instalação do consumidor um dispositivo de saída para visualizar, em tempo real, os dados coletados pelo Medidor Inteligente 163 e um ou mais sensores 166. Além disso, um dispositivo de entrada (por exemplo, um teclado) pode estar associado a um visor interno 165, de modo que o consumidor pode se comunicar com o centro de controle de operações 116. Em uma modalidade, o visor interno 165 pode compreender um computador residente na instalação do consumidor.

[0077] A instalação do consumidor 165 pode ainda incluir os controles 167 que podem controlar um ou mais dispositivos na instalação do consumidor 179. Os diversos utensílios na instalação do consumidor 179 podem ser controlados, tal como o aquecedor, condicionador de ar, etc., dependendo dos comandos enviados pelo centro de controle de operações 116.

[0078] Conforme retratado na figura 1A, a instalação do consumidor 169 pode se comunicar de várias formas, tal como através da Internet 168, rede pública de telefone comutada (PSTN) 169, ou por meio de uma linha dedicada (por exemplo, por meio do coletor 164). Por meio de qualquer um dos canais de comunicação, os dados oriundos de uma ou mais instalações do consumidor 179 podem ser enviados. Como mostra a figura 1, uma ou mais instalações do consumidor

179 podem compreender uma Rede de Medidor Inteligente 178 (compreendendo uma pluralidade de Medidores Inteligentes 163) que envia dados a um coletor 164 para transmissão ao centro de controle de operações 116 por meio da rede de gerenciamento de concessionária de serviço público 160. Ademais, diversas fontes de armazenamento/geração de energia distribuída 162 (por exemplo, painéis solares, etc.) podem enviar dados para um controle de monitor 161 para comunicação com o centro de controle de operações 116 por meio da rede de gerenciamento de concessionária de serviço público 160.

[0079] Conforme discutido acima, os dispositivos na rede de energia externos ao centro de controle de operações 116 podem incluir a capacidade de armazenamento e/ou processamento. Os dispositivos podem incluir a SUBESTAÇÃO DE INDE 180 e o DISPOSITIVO DE INDE 188. Além dos dispositivos individuais na rede de energia, incluindo-se a inteligência adicional, os dispositivos individuais podem se comunicar com outros dispositivos na rede de energia, a fim de intercambiar informações (inclusive dados do sensor e/ou dados analíticos (por exemplo, dados do evento)) a fim de analisar o estado da rede de energia (por exemplo, falhas de determinação) e a fim de alterar o estado da rede de energia (por exemplo, corrigindo as falhas). Especificamente, os dispositivos individuais podem usar os seguintes: (1) inteligência (por exemplo, capacidade de processamento); (2) armazenamento (por exemplo, o armazenamento distribuído discutido acima); e (3) comunicação (por exemplo, o uso de um ou mais barramentos discutidos acima). Nesse sentido, os dispositivos individuais na rede de energia podem se comunicar e cooperar um com o outro sem fiscalização do centro de controle de operações 116.

[0080] Por exemplo, a arquitetura de INDE revelada acima pode incluir um dispositivo que detecta ao menos um parâmetro no circuito alimentador. O dispositivo pode ainda incluir um processador que mo-

nitira o parâmetro detectado no circuito alimentador e que analisa o parâmetro detectado e determina o estado do circuito alimentador. Por exemplo, a análise do parâmetro detectado pode compreender uma comparação do parâmetro detectado com um limiar pré-determinado e/ou pode compreender uma análise de tendência. Esse tipo de parâmetro detectado pode incluir a detecção de formas de onda e uma análise desse tipo pode compreender determinar se as formas de onda detectadas indicam uma falha no circuito alimentador. O dispositivo pode ainda se comunicar com uma ou mais subestações. Por exemplo, uma subestação particular pode suprir energia a um circuito alimentador particular. O dispositivo pode detectar o estado do circuito alimentador particular, e determinar se há falha no circuito alimentador particular. O dispositivo pode se comunicar com a subestação. A subestação pode analisar a falha determinada pelo dispositivo e pode adotar a ação corretiva dependendo da falha (por exemplo, reduzindo a energia fornecida ao circuito alimentador). No exemplo do dispositivo que envia dados que indicam uma falha (com base na análise das formas de onda), a subestação pode alterar a energia suprida ao circuito alimentador sem entrada proveniente do centro de controle de operações 116. Ou, a subestação pode combinar os dados que indicam a falha com informações provenientes dos demais sensores para refinar mais a análise da falha. A subestação pode ainda se comunicar com o centro de controle de operações 116, tal como o aplicativo de inteligência de paralisação (por exemplo, discutido nas figuras 13A a B) e/ou o aplicativo de inteligência de falha (por exemplo, discutido nas figuras 14A a C). Sendo assim, o centro de controle de operações 116 pode determinar a falha e pode determinar a extensão da paralisação (por exemplo, o número de residências afetadas pela falha). Nesse sentido, o dispositivo que detecta o estado do circuito alimentador pode trabalhar cooperativamente com a subestação a fim de corrigir uma

potencial falha com ou sem exigir a interferência do centro de controle de operações 116.

[0081] Como outro exemplo, um sensor de linha, que inclui inteligência adicional com o uso de capacidade de memória e/ou de processamento, pode produzir dados do estado da rede em uma parte da rede (por exemplo, um circuito alimentador). Os dados do estado da rede podem ser compartilhados com o sistema de Gerenciamento de Resposta de Demanda 155 no centro de controle de operações 116. O sistema de Gerenciamento de Resposta de Demanda 155 pode controlar um ou mais dispositivos nos sítios do consumidor no circuito alimentador em resposta aos dados do estado da rede provenientes do sensor de linha. Em particular, o sistema de Gerenciamento de Resposta de Demanda 155 pode comandar o sistema de gerenciamento de energia 156 e/ou o sistema de gerenciamento de distribuição 157 para reduzir a carga no circuito alimentador desligando os utensílios nos sítios do consumidor que recebem energia do circuito alimentador em resposta ao sensor de linha indicando uma paralisação no circuito alimentador. Nesse sentido, o sensor de linha em combinação com o sistema de Gerenciamento de Resposta de Demanda 155 pode deslocar automaticamente a carga de um circuito alimentador defeituoso e então isolar a falha.

[0082] Ainda como outro exemplo, uma ou mais transmissões na rede de energia pode ter um microprocessador associado a ela. Essas transmissões podem se comunicar com outros dispositivos e/ou bancos de dados residentes na rede de energia a fim de determinar a falha e/ou controlar a rede de energia.

Conceito e Arquitetura de INDS

Dados de Rede inteligente/Modelos Analíticos de Serviços Terceirizados

[0083] Um aplicativo para a arquitetura da rede inteligente permite

que a concessionária de serviço público assine serviços analíticos e gerenciamento de dados da rede ao mesmo tempo em que mantém sistemas de controle e sistemas operacionais afins internos. Neste modelo, a concessionária de serviço público pode instalar e ter sensores de rede e dispositivos (conforme descrito acima), e pode também ter e operar o sistema de comunicação de transporte dos dados da rede, ou pode terceirizar. Os dados da rede podem fluir da concessionária de serviço público até um sítio de hospedagem remoto dos Serviços de Dados da Rede Inteligente (INDS), onde os dados podem ser gerenciados, armazenados e analisados. A concessionária de serviço público pode então assinar para os dados e serviços analíticos sob um modelo financeiro de serviços apropriado. A concessionária de serviço público pode evitar o investimento de dispêndio inicial de capital e os custos continuados de gerenciamento, suporte, e atualização da rede inteligente data/estudo analítico infraestrutura, na troca por tarifas. A Arquitetura de Referência INDE, descrita acima, é adequada ao arranjo de terceirização aqui descrito.

Arquitetura de INDS para Serviços de Rede Inteligente

[0084] A fim de implantar o modelo de serviços de INDS, a Arquitetura de Referência INDE pode ser segmentada em um grupo de elementos que pode ser hospedado remotamente, e aqueles que podem permanecer na concessionária de serviço público. As figuras 6A a C ilustram como a arquitetura da concessionária de serviço público pode ser uma vez que o NÚCLEO DE INDE 120 tenha se tornado remoto. Um servidor pode ser incluído como parte do NÚCLEO DE INDE 120 que pode agir como a interface para os sistemas remotos. Para os sistemas da concessionária de serviço público, isso pode aparecer como um NÚCLEO DE INDE 602 virtual.

[0085] Como mostra o diagrama de bloco 600 total nas figuras 6A a C, a SUBESTAÇÃO DE INDE 180 e o grupo do DISPOSITIVO DE

INDE 188s estão inalterados a partir do que estão retratados nas figuras 1A a C. A múltipla estrutura do barramento pode ainda também ser empregada também na concessionária de serviço público.

[0086] O NÚCLEO DE INDE 120 pode ser hospedado remotamente, como ilustra o diagrama de bloco 700 na figura 7. No sítio de hospedagem, os NÚCLEOS DE INDE 120 podem ser instalados como necessário para suportar os assinantes da INDS da concessionária de serviço público (mostrado como Centro de Hospedagem de INDS da América do Norte 702). Cada NÚCLEO120 pode ser um sistema modular, de modo que a adição de um novo assinante é uma operação de rotina. Uma parte separada da concessionária de serviço público de eletricidade pode gerenciar e suportar o software for um, alguns, ou todos os NÚCLEOS DE INDE 120, bem como os aplicativos que são transferidos por download do sítio de hospedagem de INDS para cada SUBESTAÇÃO DE INDE 180 e DISPOSITIVOS DE INDE 188 da concessionária de serviço público.

[0087] Para facilitar a comunicação, os serviços de comunicação de baixa latência de banda larga, tal como por meio da rede 704 (por exemplo, MPLS ou outra WAN), podem ser usados para que atinjam os centros de operações da concessionária de serviço público do assinante, bem como os sítios de hospedagem de INDS. Como mostra a figura 7, diversas áreas podem ser servidas, tal como Califórnia, Flórida e Ohio. Esta modularidade das operações não apenas permitem o gerenciamento eficiente das diversas redes distintas. Também permite um melhor gerenciamento inter-rede. Há situações em que uma falha em uma rede pode afetar as operações em uma rede vizinha. Por exemplo, uma falha na rede de Ohio pode ter um efeito cascata nas operações em uma rede vizinha, tal como a rede do Médio Atlântico. O uso da estrutura modular conforme ilustrada na figura 7 permite o gerenciamento das redes individuais e gerenciamento das operações in-

ter-rede. Especificamente, um sistema de INDS total (que inclui um processador e uma memória) pode gerenciar a interação entre os diversos NÚCLEOS DE INDE 120. Isso pode reduzir a possibilidade de uma falha catastrófica que produz um efeito cascata de uma rede para outra. Por exemplo, uma falha na rede de Ohio pode produzir um efeito cascata em uma rede vizinha, tal como a rede do Médio Atlântico. O NÚCLEO DE INDE 120 dedicado ao gerenciamento da rede de Ohio pode tentar corrigir a falha na rede de Ohio. E, o sistema de INDS como um todo pode tentar reduzir a possibilidade de que ocorra uma falha em cascata nas redes vizinhas.

Exemplos Específicos de Funcionalidade no NÚCLEO DE INDE

[0088] Como mostram as figuras 1, 6, e 7, diversas funcionalidades (representadas por blocos) são incluídas no NÚCLEO DE INDE 120, dois dos representados são serviços de gerenciamento dos dados do medidor (MDMS) 121 e serviços e estudo analítico de medição 122. Devido à modularidade da arquitetura, diversas funcionalidades, tal como MDMS 121 e serviços e estudo analítico de medição 122, podem ser incorporados.

Processos de Observabilidade

[0089] Conforme discutido acima, uma funcionalidade dos serviços do aplicativo pode incluir processos de observabilidade. Os processos de observabilidade podem permitir à concessionária de serviço público "observar" a rede. Esses processos podem ser responsáveis pela interpretação dos dados brutos recebidos de todos os sensores e dispositivos na rede e transformando-os em informações praticáveis. A figura 8 inclui uma listagem de alguns exemplos dos processos de observabilidade.

[0090] As figuras 9A a B ilustram um fluxograma 900 da Medição de Estado da Rede & Processos de Operações. Conforme mostrado, o Escaneador de Dados pode solicitar os dados do medidor, como mos-

trado no bloco 902. A solicitação pode ser enviada a um ou mais dispositivos de rede, computadores da subestação, e RTUs do sensor de linha. Em resposta à solicitação, os dispositivos podem coletar dados de operações, como mostrado nos blocos 904, 908, 912, e pode enviar os dados (por exemplo, um, alguns ou todos os dados operacionais, tal como Tensão, Corrente, Energia Real, e Dados de Energia Reativa), como mostrado nos blocos 906, 910, 914. O escaneador de dados pode coletar os dados operacionais, como mostrado no bloco 926, e pode enviar os dados ao armazenamento de dados operacionais, como mostrado no bloco 928. O armazenamento de dados operacionais pode armazenar os dados operacionais, como mostrado no bloco 938. O armazenamento de dados operacionais pode ainda enviar um instantâneo dos dados ao historiador, como mostrado no bloco 940, e o historiador pode armazenar o instantâneo dos dados, como mostrado no bloco 942.

[0091] O aplicativo do estado do medidor pode enviar uma solicitação de dados do medidor ao Medidor DCE, como mostrado no bloco 924, que, por sua vez, envia a solicitação a um ou mais medidores para coletar dados do medidor, como mostrado no bloco 920. Em resposta à solicitação, os um ou mais medidores coletam os dados do medidor, como mostrado no bloco 916, e envia os dados de tensão ao Medidor DCE, como mostrado no bloco 918. O Medidor DCE pode coletar os dados de tensão, como mostrado no bloco 922, e enviar os dados ao solicitante dos dados, como mostrado no bloco 928. O aplicativo do estado do medidor pode receber os dados do medidor, como mostrado no bloco 930, e determine se é para um único processo de valor ou um estado da rede do perfil de tensão, como mostrado no bloco 932. Se for para o único processo de valor, os dados do medidor são enviados ao processo solicitante, como mostrado no bloco 936. Se os dados do medidor forem para o armazenamento para determine o estado da re-

de em uma ocasião futura, os dados do medidor são armazenados no armazenamento de dados operacionais, como mostrado no bloco 938. O armazenamento de dados operacionais envia adicionalmente um instantâneo dos dados ao historiador, como mostrado no bloco 940, e o historiador armazena o instantâneo dos dados, como mostrado no bloco 942.

[0092] As figuras 9A a C ilustram ainda ações relativas à resposta da demanda (DR). A resposta da demanda se refere aos mecanismos de demanda dinâmica para gerenciar o consumo de eletricidade do consumidor em resposta às condições de suprimento, por exemplo, a redução pelos consumidores de eletricidade de seu consumo em períodos críticos ou em resposta aos preços de mercado. Isso pode envolver efetivamente uma redução da energia usada ou começando uma geração no sítio que pode ou não estar ligada em paralelo à rede. Isso pode ser diferente da eficiência de energia, o que significa o uso de menos energia para a execução das mesmas tarefas, de forma contínua ou sempre que a tarefa for executada. Em resposta à demanda, os consumidores, usando um ou mais sistemas de controle, pode dispersar cargas em resposta a uma solicitação por uma concessionária de serviço público ou condições de preço do mercado. Os serviços (luz, máquinas, ar condicionado) podem ser reduzidos de acordo com um esquema de prioridade de carga pré-planejado durante as tabelas de tempo críticos. Uma alternativa à dispersão de carga é a geração no sítio de eletricidade para suplementar a rede de energia. Sob condições de restrito suprimento de eletricidade, a resposta da demanda pode reduzir significativamente o preço do pico e, em geral, a volatilidade do preço da eletricidade.

[0093] A resposta da demanda pode em geral ser usada para consultar os mecanismos usados que estimulam os consumidores a reduzir a demanda, reduzindo deste modo a demanda do pico por eletricidade.

dade. Como os sistemas elétricos são geralmente dimensionados para corresponder à demanda do pico (mais a margem de erro e eventos imprevisíveis), a redução da demanda do pico pode reduzir as exigências de custo de capital e da usina como um todo. Dependendo da configuração da capacidade de geração, no entanto, a resposta da demanda também pode ser usada para incrementar a demanda (carga) nos momentos de alta produção e baixa demanda. Alguns sistemas podem estimular desta forma o armazenamento de energia para arbitragem entre períodos de alta e baixa demanda (ou preços altos e baixos). À medida que a proporção de fontes de energia intermitentes, tal como a energia eólica em um sistema cresce, a resposta da demanda pode progressivamente se tornar importante para o gerenciamento efetivo da rede elétrica.

[0094] O aplicativo do estado de DR pode solicitar a capacidade de disponibilidade de DR, como mostrado no bloco 954. O sistema de gerenciamento de DR pode então solicitar a capacidade de disponibilidade a partir de um ou mais dispositivos iniciais de DR, como mostrado no bloco 948. O um ou mais dispositivos iniciais podem coletar a capacidade de DR disponível em resposta à solicitação, como mostrado no bloco 944, e enviar a capacidade de DR e dados da resposta ao sistema de gerenciamento de DR, como mostrado no bloco 946. O sistema de gerenciamento de DR pode coletar a capacidade de DR e dados da resposta, como mostrado no bloco 950, e enviar a capacidade de DR e os dados da resposta ao aplicativo do estado de DR, como mostrado no bloco 952. O aplicativo do estado de DR pode receber a capacidade de DR e os dados da resposta, como mostrado no bloco 956, e enviar a capacidade e os dados da resposta para o armazenamento de dados operacionais, como mostrado no bloco 958. O armazenamento de dados operacionais pode armazenar a capacidade de DR e dados da resposta, como mostrado no bloco 938. O armazena-

mento de dados operacionais pode ainda enviar um instantâneo dos dados ao historiador, como mostrado no bloco 940, e o historiador pode armazenar o instantâneo de dados, como mostrado no bloco 942.

[0095] O computador da subestação pode solicitar dados do aplicativo do aplicativo da subestação, como mostrado no bloco 974. Em resposta, o aplicativo da subestação pode solicitar o aplicativo do dispositivo da subestação, como mostrado no bloco 964. O dispositivo da subestação pode coletar os dados do aplicativo, como mostrado no bloco 960, e enviar os dados do aplicativo ao dispositivo da subestação (que pode incluir um, alguns ou todos entre Tensão, Corrente, Energia Real, e dados da Energia Reativa), como mostrado no bloco 962. O aplicativo da subestação pode coletar os dados do aplicativo, como mostrado no bloco 966, e enviar os dados do aplicativo ao solicitante (que pode ser o computador da subestação), como mostrado no bloco 968. O computador da subestação pode receber os dados do aplicativo, como mostrado no bloco 970, e enviar os dados do aplicativo para o armazenamento de dados operacionais, como mostrado no bloco 972.

[0096] A medição dos dados da rede e o processo de dados operacionais podem compreender a derivação do estado da rede e topologia da rede em um dado ponto no tempo, bem como fornece estas informações a outros sistemas e armazenamentos de dados. Os subprocessos podem incluir: (1) medir e capturar informações do estado da rede (isso se refere aos dados operacionais pertinentes à rede que foi discutido previamente); (2) enviar informações do estado da rede a outro estudo analítico dos aplicativos (isso permite que outros aplicativos, tal como o estudo analítico dos aplicativos, acessem os dados do estado da rede); (3) persistir o instantâneo do estado da rede para a conectividade/armazenamento de dados operacionais (isso permite a atualização das informações do estado da rede à conectividade).

de/armazenamento de dados operacionais no formato apropriado, bem como encaminha estas informações ao historiador para persistência, de modo que uma topologia da rede do ponto no tempo pode ser derivada em um ponto no tempo posterior); (4) derivar a topologia da rede em um ponto no tempo com base na conectividade padrão e atual estado da rede (isto fornece a topologia da rede em um dado ponto no tempo aplicando o instantâneo do ponto no tempo do estado da rede no historiador para a conectividade base no armazenamento de dados de conectividade, conforme discutido em mais detalhes abaixo); e (5) fornecer informações de topologia da rede aos aplicativos a pedido.

[0097] Considerando o subprocesso (4), a topologia da rede pode ser derivada para um período predeterminado, tal como em tempo real, 30 segundos atrás, 1 mês atrás, etc. A fim de recriar a topologia da rede, múltiplos bancos de dados podem ser usados, e um programa para acessar os dados nos múltiplos bancos de dados para recriar a topologia da rede. Um banco de dados pode compreender um banco de dados relativo que armazena os dados da conectividade base (o "banco de dados de conectividade"). O banco de dados de conectividade pode conservar as informações de topologia da rede conforme construída a fim de determinar o modelo de conectividade da linha de base. As informações do ativo e topologia podem ser atualizadas neste banco de dados periodicamente, dependendo das atualizações da rede de energia, tal como a adição ou modificação de circuitos na rede de energia (*por exemplo*, circuitos alimentadores adicionais que são adicionados à rede de energia). O banco de dados de conectividade pode ser considerado "estático" pelo fato de não se modificar. O banco de dados de conectividade pode ser modificado se houver mudanças da estrutura da rede de energia. Por exemplo, se houver uma modificação aos circuitos alimentadores, tal como uma adição de um circuito alimentador, o banco de dados de conectividade pode mudar.

[0098] Um exemplo da estrutura 1800 do banco de dados de conectividade pode ser derivado do modelo hierárquico retratado nas figuras 18A-D. A estrutura 1800 é dividida em quatro seções, onde a figura 18A é a seção superior à esquerda, a figura 18B é a seção superior à direita, a figura 18C é a seção do fundo à esquerda, e a figura 18D é a seção do fundo à direita. Especificamente, as figuras 18A-D são um exemplo de um diagrama de relacionamento de entidade, que é um método abstrato para representar o banco de dados de conectividade da linha de base. O modelo hierárquico nas figuras 18A-D pode conservar os meta-data que descrevem a rede de energia e pode descrever os diversos componentes de uma rede e o relacionamento entre os componentes.

[0099] Um segundo banco de dados pode ser usado para armazenar os dados "dinâmicos". O segundo banco de dados pode compreender um banco de dados não relacional. Um exemplo de um banco de dados não relacional pode compreender um banco de dados historiador, que armazena os dados de série temporal não operacionais, bem como os dados históricos operacionais. O banco de dados historiador pode armazenar uma série de registros "simples", tais como: (1) carimbo de tempo; (2) ID do dispositivo; (3) um valor dos dados; e (4) uma situação do dispositivo. Ademais, os dados armazenados podem ser comprimidos. Por essa razão, os dados operacionais/ não operacionais na rede de energia podem ser armazenados com facilidade, e podem ser gerenciados, mesmo que um volume considerável de dados possa estar disponível. Por exemplo, dados da grandeza de 5 terabytes podem estar online em qualquer dado período de tempo uso a fim de recriar a topologia da rede. Como os dados são armazenados no registro simples (por exemplo, sem abordagem de organização), permite a eficiência no armazenamento de dados. Conforme discutido em mais detalhes abaixo, os dados podem ser acessados por uma eti-

queta específica, tal como o carimbo de tempo.

[00100] Diversos estudos analíticos para a rede podem desejar receber, como entrada, a topologia da rede em um ponto no tempo particular. Por exemplo, o estudo analítico relativo à qualidade da energia, confiabilidade, saúde do ativo, etc. pode usar a topologia da rede como entrada. Para determinar a topologia da rede, o modelo de conectividade da linha de base, conforme definido pelos dados no banco de dados de conectividade, pode ser acessado. Por exemplo, se for desejada a topologia de um circuito alimentador particular, o modelo de conectividade da linha de base pode definir os diversos comutadores no circuito alimentador particular na rede de energia. Depois que, o banco de dados historiador pode ser acessado (com base em um período de tempo particular) para determinar os valores dos comutadores no circuito alimentador particular. Então, um programa pode combinar os dados provenientes do modelo de conectividade da linha de base e o banco de dados historiador a fim de gerar uma representação do circuito alimentador particular no período de tempo particular.

[00101] Um exemplo mais complicado para determinar a topologia da rede pode incluir múltiplos circuitos alimentadores (*por exemplo*, circuito alimentador A e circuito alimentador B) que têm um comutador intervínculo e comutadores de seccionalização. Dependendo dos estados de comutador de certos comutadores (*por exemplo*, o comutador intervínculo e/ou comutadores de seccionalização), as seções dos circuitos alimentadores podem pertencer ao circuito alimentador A ou ao circuito alimentador B. O programa que determina a topologia da rede pode acessar os dados provenientes tanto do modelo de conectividade da linha de base quanto do banco de dados historiador a fim de determinar a conectividade em um momento particular (*por exemplo*, quais circuitos pertencem ao circuito alimentador A ou ao circuito alimentador B).

[00102] A figura 10 ilustra um fluxograma 1000 dos Processos de Dados Não Operacionais. O aplicativo de extrato não operacional pode solicitar os dados não operacionais, como mostrado no bloco 1002. Em resposta, o escaneador de dados pode reunir dados não operacionais, como mostrado no bloco 1004, e com isso diversos dispositivos na rede de energia, tal como dispositivos de rede, computadores da subestação, e RTUs do sensor de linha, pode coletar dados não operacionais, como mostrado nos blocos 1006, 1008, 1110. Conforme discutido acima, os dados não operacionais podem incluir temperatura, qualidade da energia, etc. Os diversos dispositivos na rede de energia, tal como os dispositivos de rede, computadores da subestação, e RTUs do sensor de linha, podem enviar os dados não operacionais ao escaneador de dados, como mostrado nos blocos 1012, 1014, 1116. O escaneador de dados pode coletar os dados não operacionais, como mostrado no bloco 1018, e enviar os dados não operacionais ao aplicativo de extrato não operacional, como mostrado no bloco 1020. O aplicativo de extrato não operacional pode coletar os dados não operacionais, como mostrado no bloco 1022, e enviar os dados coletados não operacionais ao historiador, como mostrado no bloco 1024. O historiador pode receber os dados não operacionais, como mostrado no bloco 1026, armazenar os dados não operacionais, como mostrado no bloco 1028, e enviar os dados não operacionais a um ou mais estudo analítico dos aplicativos, como mostrado no bloco 1030.

[00103] A figura 11 ilustra um fluxograma 1100 dos Processos do Gerenciamento de Evento. Os dados podem ser gerados a partir de diversos dispositivos com base nos diversos eventos na rede de energia e enviados por meio do barramento de evento 147. Por exemplo, o mecanismo de coleta de dados do medidor pode enviar informações de paralisação de energia/notificação de restauração ao barramento de evento, como mostrado no bloco 1102. As RTUs dos sensores de

linhas geram uma mensagem de falha, e podem enviar a mensagem de falha ao barramento de evento, como mostrado no bloco 1104. A subestação pode gerar uma mensagem de falha e/ou paralisação, e pode enviar a mensagem de falha e/ou paralisação ao barramento de evento, como mostrado no bloco 1106. O historiador pode enviar o comportamento do sinal ao barramento de evento, como mostrado no bloco 1108. E, diversos processos podem enviar dados por meio do barramento de evento 147. Por exemplo, o processo inteligente de falha, discutido em mais detalhes nas figuras 14A a C, pode enviar um evento de análise de falha por meio do barramento de evento, como mostrado no bloco 1110. O processo de inteligência de paralisação, discutido em mais detalhes nas figuras 13A a B, pode enviar um evento de paralisação por meio do barramento de evento, como mostrado no bloco 1112. O barramento de evento pode coletar os diversos eventos, como mostrado no bloco 1114. E, os serviços de Processamento de Evento Complexo (CEP) podem processar os eventos enviados por meio do barramento de evento, como mostrado no bloco 1120. Os serviços de CEP podem processar consultas contra múltiplos fluxos de mensagem de evento concorrentes em tempo real em alta velocidade. Após processamento pelos serviços de CEP, os dados do evento podem ser enviados por meio do barramento de evento, como mostrado no bloco 1118. E o historiador pode receber por meio do barramento de evento um ou mais logs do evento para armazenamento, como mostrado no bloco 1116. Ainda, os dados do evento podem ser recebidos por um ou mais aplicativos, tal como o sistema de gerenciamento de paralisação (OMS), inteligência da paralisação, estudo analítico da falha, etc., como mostrado no bloco 1122. Nesse sentido, o barramento de evento pode enviar os dados do evento a um aplicativo, evitando assim o problema de “silo” de não tornar disponíveis os dados a outros dispositivos ou a outros aplicativos.

[00104] As figuras 12A a C ilustram um fluxograma 1200 dos processos de Sinalização da Resposta da Demanda (DR). A DR pode ser solicitada pelo aplicativo de operação de distribuição, como mostrado no bloco 1244. Em resposta, o estado da rede/conectividade pode coletar os dados de disponibilidade de DR, como mostrado no bloco 1202, e pode enviar os dados, como mostrado no bloco 1204. O aplicativo de operação de distribuição pode distribuir a otimização de disponibilidade de DR, como mostra o bloco 1246, por meio do barramento de evento (bloco 1254), a um ou mais Sistemas de Gerenciamento de DR. O sistema de Gerenciamento de DR pode enviar informações de DR e sinais a uma ou mais instalações do consumidor, como mostrado no bloco 1272. A uma ou mais instalações do consumidor pode receber os sinais de DR, como mostrado no bloco 1266, e enviar a resposta de DR, como mostrado no bloco 1268. O Gerenciamento de DR pode receber a resposta de DR, como mostrado no bloco 1274, e enviar as respostas de DR a um, alguns ou todos entre o barramento dos dados das operações 146, o banco de dados de cobrança, e o banco de dados de marketing, como mostrado no bloco 1276. O banco de dados de cobrança e o banco de dados de marketing podem receber as respostas, como mostrado nos blocos 1284, 1288. O barramento dos dados das operações 146 pode também receber as respostas, como mostrado no bloco 1226, e enviar as respostas de DR e a capacidade de disponibilidade à coleta de dados de DR, como mostrado no bloco 1228. A coleta de dados de DR pode processar as respostas de DR e a capacidade de disponibilidade, como mostrado no bloco 1291, e enviar os dados ao barramento dos dados das operações, como mostrado no bloco 1294. O barramento dos dados das operações pode receber a disponibilidade e resposta de DR, como mostrado no bloco 1230, e enviá-la ao estado da rede/conectividade. O estado da rede/conectividade pode receber os dados, como mostrado no bloco

1208. Os dados recebidos podem ser usados para determinar os dados do estado da rede, que podem ser enviados (bloco 1206) por meio do barramento dos dados das operações (bloco 1220). O aplicativo de operação de distribuição pode receber os dados do estado da rede (como uma mensagem de evento para otimização de DR), como mostrado no bloco 1248. O uso dos dados do estado da rede e a resposta e disponibilidade de DR, o aplicativo de operação de distribuição pode executar a otimização de distribuição para gerar dados de distribuição, como mostrado no bloco 1250. Os dados de distribuição podem ser restaurados pelo barramento dos dados das operações, como mostrado no bloco 1222, e podem ser enviados ao aplicativo do extrato de conectividade, como mostrado no bloco 1240. O barramento de dados operacionais pode enviar dados (bloco 1224) ao aplicativo de operação de distribuição, que, por sua vez, pode enviar um ou mais sinais de DR a um ou mais Sistemas de Gerenciamento de DR (bloco 1252). O barramento de evento pode coletar sinais para cada um ou mais Sistemas de Gerenciamento de DR (bloco 1260) e enviar os sinais de DR a cada Sistema de Gerenciamento de DR (bloco 1262). O sistema de Gerenciamento de DR pode então processar os sinais de DR conforme discutido acima.

[00105] O historiador de operação de comunicação pode enviar dados ao barramento de evento, como mostrado no bloco 1214. O historiador de operação de comunicação pode também enviar dados do portfólio de geração, como mostrado no bloco 1212. Ou, um dispositivo de gerenciamento de ativo, tal como Ventyx[®], pode solicitar informações da usina de energia virtual (VPP), como mostrado no bloco 1232. O barramento dos dados das operações pode coletar os dados de VPP, como mostrado no bloco 1216, e enviar os dados ao dispositivo de gerenciamento de ativo, como mostrado no bloco 1218. O dispositivo de gerenciamento de ativo pode coletar os dados de VPP,

como mostrado no bloco 1234, executar a otimização do sistema, como mostrado no bloco 1236, e enviar os sinais de VPP ao barramento de evento, como mostrado no bloco 1238. O barramento de evento pode receber os sinais de VPP, como mostrado no bloco 1256, e enviar os sinais de VPP ao aplicativo de operação de distribuição, como mostrado no bloco 1258. O aplicativo de operação de distribuição pode então receber e processar as mensagens de evento, conforme discutido acima.

[00106] O aplicativo de extrato de conexão pode extrair novos dados do consumidor, como mostrado no bloco 1278, que serão enviados ao Banco de Dados de Marketing, como mostrado no bloco 1290. Os novos dados do consumidor podem ser enviados ao estado da rede/conectividade, como mostrado no bloco 1280, de modo que o estado da conectividade da rede pode receber novos dados de conectividade de DR, como mostrado no bloco 1210.

[00107] O operador pode enviar um ou mais sinais de sobreposição quando aplicável, como mostrado no bloco 1242. Os sinais de sobreposição podem ser enviados ao aplicativo de operação de distribuição. O sinal de sobreposição pode ser enviado ao sistema de gerenciamento de energia, como mostrado no bloco 1264, ao banco de dados de cobrança, como mostrado no bloco 1282, e/ou ao banco de dados de marketing, como mostrado no bloco 1286.

[00108] As figuras 13A a B ilustram um fluxograma 1300 dos processos de Inteligência de Paralisação. Diversos dispositivos e aplicativos podem enviar notificação de paralisação de energia, como mostrado nos blocos 1302, 1306, 1310, 1314, 1318. Os eventos de paralisação podem ser coletados pelo barramento de evento, como mostrado no bloco 1324, o qual pode enviar os eventos de paralisação ao processamento de evento complexo (CEP), como mostrado no bloco 1326. Ademais, os diversos dispositivos e aplicativos podem enviar a

situação de restauração de energia, como mostrado no bloco 1304, 1308, 1312, 1316, 1320. O CEP pode receber mensagens de status de restauração e paralisação (bloco 1330), processar os eventos (bloco 1332), e enviar os dados do evento (bloco 1334). O aplicativo de inteligência de paralisação pode receber os dados do evento (bloco 1335) e solicitar os dados do estado da rede e conectividade (bloco 1338). O barramento de dados operacionais pode receber a solicitação para os dados do estado da rede e conectividade (bloco 1344) e encaminhá-la a um ou a ambos os armazenamentos de dados operacionais e ao historiador. Em resposta, o armazenamento de dados operacionais e o historiador podem enviar os dados do estado da rede e conectividade (blocos 1352, 1354) por meio do barramento de dados operacionais (bloco 1346) ao aplicativo de inteligência de paralisação (bloco 1340). É determinado se o estado da rede e os dados de conectividade indicam se esse foi momentâneo, como mostrado no bloco 1342. Se for este o caso, os momentâneos são enviados por meio do barramento de dados operacionais (bloco 1348) ao banco de dados momentâneo para armazenamento (bloco 1350). Caso contrário, um caso de paralisação é criado (bloco 1328) e os dados do caso de paralisação são armazenados e processados pelo sistema de gerenciamento de paralisação (bloco 1322).

[00109] Os processos de inteligência de paralisação podem: detectar paralisações; classificar & log momentâneos; determinar a extensão da paralisação; determinar a causa(s) raiz da paralisação; rastrear a restauração de paralisação; levantar eventos de paralisação; e atualizar os índices de desempenho do sistema.

[00110] As figuras 14A a C ilustram um fluxograma 1400 dos processos inteligentes de falha. O processamento de evento complexo pode solicitar dados de um ou mais dispositivos, como mostrado no bloco 1416. Por exemplo, o estado da rede e conectividade em res-

posta à solicitação pode enviar os dados do estado da rede e conectividade ao processamento de evento complexo, como mostrado no bloco 1404. De modo similar, o historiador em resposta à solicitação pode enviar o estado do comutador em tempo real ao processamento de evento complexo, como mostrado no bloco 1410. E, o processamento de evento complexo pode receber o estado da rede, dados de conectividade, e o estado do comutador, como mostrado no bloco 1418. O estudo analítico da subestação pode solicitar dados de falha, como mostrado no bloco 1428. Os dados da falha podem ser enviados por uma variedade de dispositivos, tal como RTUs do sensor de linha, e computadores da subestação, como mostrado nos blocos 1422, 1424. Os diversos dados de falha, estado da rede, dados de conectividade e estado do comutador podem ser enviado ao estudo analítico da subestação para caracterização e detecção do evento, como mostrado no bloco 1430. O barramento de evento pode também receber mensagens de evento (bloco 1434) e enviar mensagens de evento ao estudo analítico da subestação (bloco 1436). O estudo analítico da subestação pode determinar o tipo de evento, como mostrado no bloco 1432. Para eventos de modificação de controle e proteção, os computadores da subestação podem receber uma mensagem de evento de falha, como mostrado no bloco 1426. Para todos os demais tipos de eventos, o evento pode ser recebido pelo barramento de evento (bloco 1438) e enviado ao processamento de evento complexo (bloco 1440). O processamento de evento complexo pode receber os dados do evento (bloco 1420) para posterior processamento. De modo similar, o estado da rede e conectividade pode enviar dados do estado da rede ao processamento de evento complexo, como mostrado no bloco 1406. E, o armazém do Modelo de Informações Comuns (CIM) pode enviar metadados ao processamento de evento complexo, como mostrado no bloco 1414.

[00111] O processamento de evento complexo pode enviar a mensagem de evento de falha, como mostrado no bloco 1420. O barramento de evento pode receber a mensagem (bloco 1442) e enviar a mensagem de evento ao aplicativo de inteligência de falha (bloco 1444). O aplicativo de inteligência de falha pode receber os dados do evento (bloco 1432) e solicitar estado da rede, dados de conectividade, e estado do comutador, como mostrado no bloco 1456. Em resposta à solicitação, o estado da rede e conectividade envia os dados do estado da rede e conectividade (bloco 1408), e o historiador envia os dados do estado do comutador (bloco 1412). A inteligência de falha recebe os dados (bloco 1458), analisa os dados, e envia dados do evento (bloco 1460). Os dados do evento podem ser recebidos pelo barramento de evento (bloco 1446) e enviados ao arquivo de log de falha (bloco 1448). O arquivo de log de falha pode log os dados do evento (bloco 1402). Os dados do evento também podem ser recebidos pelo barramento de dados operacionais (bloco 1462) e enviar a um ou mais aplicativos (bloco 1464). Por exemplo, o aplicativo de inteligência de paralisação pode receber os dados do evento (bloco 1466), discutido acima no que diz respeito às Figuras 13A a B. O sistema de gerenciamento de trabalho pode também receber os dados do evento na forma de uma ordem de trabalho, como mostrado no bloco 1468. E, outros aplicativos de solicitação podem receber os dados do evento, como mostrado no bloco 1470.

[00112] Os processos inteligentes de falha podem ser responsáveis pela interpretação dos dados da rede para derivar informações sobre falhas atuais e potenciais dentro da rede. Especificamente, as falhas podem ser detectadas com o uso de processos inteligentes de falha. Uma falha é tipicamente um curto-circuito provocado quando um equipamento da concessionária de serviço público falha ou quando é criada uma trajetória alternativa para o fluxo de corrente, por exemplo,

uma queda da linha de energia. Estes processos podem ser usados para detectar falhas típicas (tipicamente manipuladas pelo equipamento de proteção e detecção de falha convencional- relés, fusíveis, etc.), assim como elevadas falhas de impedância dentro da rede que não são facilmente detectáveis com as correntes de falha.

[00113] O processo inteligente de falha pode também classificar e categorizar falhas. Isso permite que as falhas sejam classificadas e categorizadas. Na atualidade, não há um padrão para uma organização sistemática e classificação de falhas. Um padrão de fato pode ser estabelecido para o mesmo e implantado. O processo inteligente de falha pode ainda caracterizar falhas.

[00114] A inteligência de falha pode também determinar a localização de falha. A localização de falha no sistema de distribuição pode ser uma tarefa difícil devido à sua elevada complexidade e dificuldade resultantes de características únicas do sistema de distribuição, tal como carregamento desbalanceado, laterais trifásicos, bifásicos e unifásicos, ausência de sensores/medições, diferentes tipos de falhas, diferentes causas de curtos-circuitos, condições variáveis de carregamento, longos alimentadores com múltiplas configurações de rede e laterais que não são documentados. Este processo habilita o uso de uma diversidade de técnicas para isolar a localização da falha com a máxima precisão que a tecnologia permite.

[00115] A inteligência de falha pode ainda levantar eventos de falha. Especificamente, este processo pode criar e publicar eventos de falha ao barramento de eventos, uma vez que a falha tenha sido detectada, classificada, categorizada, caracterizada e isolada. Este processo também pode ser responsável pela coleta, filtragem, combinação e deduplicação de falhas, de modo que um evento de falha individual é levantado, e não amplificado com base nos eventos brutos que são típicos durante a falha. Finalmente, a inteligência de falha po-

de log eventos de falha ao banco de dados de log do evento.

[00116] As figuras 15A a B ilustram um fluxograma 1500 dos processos de Gerenciamento de Metadados. Os processos de gerenciamento de metadados podem incluir: gerenciamento da lista de pontos; e conectividade de comunicação & gerenciamento de protocolo; e nomeação de elemento & tradução; gerenciamento do fator de calibração do sensor; e gerenciamento dos dados da topologia da rede em tempo real. O aplicativo do extrato da conectividade base pode solicitar os dados da conectividade base, como mostrado no bloco 1502. Os Sistemas de Informações Geográficas (GIS) podem receber a solicitação (bloco 1510) e enviar os dados ao aplicativo do extrato da conectividade base (bloco 1512). O aplicativo do extrato da conectividade base pode receber os dados (bloco 1504), extrair, transformar e carregar os dados (bloco 1506) e enviar os dados da conectividade base ao mart de dados de conectividade (bloco 1508). O mart de dados de conectividade pode a partir de então receber os dados, como mostrado no bloco 1514.

[00117] O mart de dados de conectividade pode compreender um armazenamento de dados personalizado que contém as informações de conectividade elétrica dos componentes da rede. Como mostram as figuras 15A a B, estas informações podem ser derivadas tipicamente do sistema de Informações Geográficas (GIS) da concessionária de serviço público, que mantém a localização geográfica conforme construída dos componentes que constituem a rede. Os dados neste armazenamento de dados descrevem as informações hierárquicas sobre todos os componentes da rede (subestação, alimentador, seção, segmento, ramo, seção em t, disjuntor, religador, comutador, etc. - basicamente todos os ativos). Este armazenamento de dados pode ter a de informações ativo e conectividade conforme construído.

[00118] O aplicativo de extração de metadados pode solicitar os

metadados para os ativos da rede, como mostrado no bloco 1516. O banco de dados dos metadados pode receber a solicitação (bloco 1524) e enviar metadados (bloco 1526). O aplicativo de extração de metadados pode receber os metadados (bloco 1518), extrair, transformar e carregar metadados (bloco 1520), e enviar os metadados ao armazém de dados do CIM (bloco 1522).

[00119] O armazém de dados do CIM (Modelo de Informações Comuns) pode então armazenar os dados, como mostrado no bloco 1528. O CIM pode prescrever formatos de padrão da concessionária de serviço público para representar os dados da concessionária de serviço público. A rede inteligente de INDE pode facilitar a disponibilidade de informações provenientes da rede inteligente em um formato padrão da concessionária de serviço público. E, o armazém de dados do CIM pode facilitar a conversão de dados específicos de INDE em um ou mais formatos, tal como um formato padrão preconizado da concessionária de serviço público.

[00120] O aplicativo do extrato de ativo pode solicitar informações em novos ativos, como mostrado no bloco 1530. O registro de ativo pode receber a solicitação (bloco 1538) e enviar informações sobre os novos ativos (bloco 1540). O aplicativo do extrato de ativo pode receber as informações nos novos ativos (bloco 1532), extrair, transformar e carregar dados (bloco 1534), e enviar informações sobre os novos ativos ao armazém de dados do CIM (bloco 1536).

[00121] O aplicativo do extrato de conectividade do DR pode solicitar dados de conectividade de DR, como mostrado no bloco 1542. O barramento de dados operacionais pode enviar a solicitação de dados de conectividade do DR ao banco de dados de marketing, como mostrado no bloco 1548. O banco de dados de marketing pode receber a solicitação (bloco 1554), extrair, transformar e carregar os dados de conectividade do DR (bloco 1556), e enviar os dados de conectividade

do DR (bloco 1558). O barramento de dados operacionais pode enviar os dados de conectividade do DR ao aplicativo do extrato de conectividade do DR (bloco 1550). O aplicativo do extrato de conectividade do DR pode receber os dados de conectividade do DR (bloco 1544), e enviar os dados de conectividade do DR (bloco 1546) por meio do barramento de dados operacionais (bloco 1552) ao estado da rede e conectividade DM, que armazena os dados de conectividade do DR (bloco 1560).

[00122] A figura 16 ilustra um fluxograma 1600 dos processos do Agente de Notificação. Um assinante de notificação pode log em uma página da web, como mostrado no bloco 1602. O assinante de notificação pode criar/modificar/deletar parâmetros da lista de observação de cenário, como mostrado no bloco 1604. A página da web pode armazenar a lista de observação de cenário criada/modificada/excluída, como mostrado no bloco 1608, e o armazém de dados do CIM pode criar uma lista de etiquetas de dados, como mostrado no bloco 1612. Um serviço de tradução de nome pode traduzir as etiquetas de dados para o historiador (bloco 1614) e enviar as etiquetas de dados (bloco 1616). A página da web pode enviar a lista de etiqueta de dados (bloco 1610) por meio do barramento de dados operacionais, que recebe a lista de etiqueta de dados (bloco 1622) e a envia ao Agente de Notificação (bloco 1624). O Agente de Notificação restaura a lista (bloco 1626), valida e funde as listas (bloco 1628), e verifica o historiador para os cenários de notificação (bloco 1630). Caso as exceções compatíveis com os cenários sejam constatadas (bloco 1632), uma notificação é enviada (bloco 1634). O barramento de evento recebe a notificação (bloco 1618) e a envia ao assinante de notificação (bloco 1620). O assinante de notificação pode receber a notificação por meio de um meio preferencial, tal como um texto, e-mail, chamada telefônica, etc., como mostrado no bloco 1606.

[00123] A figura 17 ilustra um fluxograma 1700 dos processos de Coleta de Dados do Medidor (AMI). O coletor de corrente pode solicitar dados residenciais do medidor, como mostrado no bloco 1706. Um ou mais medidores residenciais podem coletar dados residenciais do medidor em resposta à solicitação (bloco 1702) e enviar os dados residenciais do medidor (bloco 1704). O coletor de corrente pode receber os dados residenciais do medidor (bloco 1708) e enviá-los ao barramento de dados operacionais (bloco 1710). O mecanismo de coleta de dados do medidor pode solicitar dados comerciais e industriais do medidor, como mostrado no bloco 1722. Um ou mais medidores comerciais e industriais podem coletar dados comerciais e industriais do medidor em resposta à solicitação (bloco 1728) e enviar os dados comerciais e industriais do medidor (bloco 1730). O mecanismo de coleta de dados do medidor pode receber os dados comerciais e industriais do medidor (bloco 1724) e enviá-los ao barramento de dados operacionais (bloco 1726).

[00124] O barramento de dados operacionais pode receber dados residenciais, comerciais e industriais do medidor (bloco 1712) e enviar os dados (bloco 1714). Os dados podem ser recebidos pelo banco de dados do repositório dos dados do medidor (bloco 1716) ou pode ser recebido pelo processador de cobrança (bloco 1718), que podem, por sua vez, serem enviados a um ou mais sistemas, tal como um sistema de CRM (gerenciamento de relacionamento com o consumidor) (bloco 1720).

[00125] Os processos de observabilidade podem ainda incluir processos de monitoramento de ativo remoto. O monitoramento de ativos dentro de uma rede de energia pode ser complexo. É possível que haja diferentes partes da rede de energia, algumas das quais extremamente caras. Por exemplo, as subestações podem incluir transformadores de energia (custos de \$1 milhão), e disjuntores. Com frequência,

as concessionárias de serviços públicos pouco fariam, se o fizessem, no sentido de analisar os ativos e maximizar o uso dos ativos. Em lugar disso, o foco da concessionária de serviço público foi tipicamente assegurar a manutenção da energia ao consumidor. Especificamente, a concessionária de serviço público enfocou as inspeções programadas (que tipicamente ocorreriam em intervalos predeterminados) ou manutenção "acionada por evento" (que ocorreria havendo uma falha em parte da rede).

[00126] Em lugar das inspeções programadas ou manutenção "acionada por evento", os processos de monitoramento de ativo remoto podem focar na manutenção baseada em condição. Especificamente, se uma parte (ou toda) da rede de energia puder ser avaliada (por exemplo, de forma periódica ou contínua), a saúde da rede de energia pode ser aperfeiçoada.

[00127] Conforme discutido acima, os dados podem ser gerados em diversas partes da rede de energia e transmitidos a (ou acessíveis por) uma autoridade central. Os dados podem ser então usados pela autoridade central a fim de determinar a saúde da rede. Afora a análise da saúde da rede, uma autoridade central pode executar o monitoramento de utilização. Tipicamente, o equipamento na rede de energia é operado usando margens de segurança consideráveis. Uma das razões para tal é que as empresas concessionárias de serviço público são de natureza conservadora e buscam manter energia ao consumidor no âmbito de uma ampla margem de erro. Outra razão para isso é que as empresas concessionárias de serviço público que monitoram a rede podem desconhecer a extensão em que uma peça do equipamento na rede de energia que está sendo utilizada. Por exemplo, se a companhia de energia de elétrica estiver transmitindo energia através de um circuito alimentador particular, a companhia de energia de elétrica talvez não disponha de um meio pelo qual saiba se a energia

transmitida está próxima ao limite do circuito alimentador (por exemplo, o circuito alimentador pode ficar excessivamente aquecido). Por essa razão, as empresas concessionárias de serviço público podem estar subutilizadas uma ou mais partes da rede de energia.

[00128] As concessionárias de serviços públicos também gastam tipicamente uma soma de dinheiro considerável para agregar capacidade à rede de energia, visto que a carga na rede de energia tem aumentado (*isto é*, o volume de energia consumida tem sido crescente). Em razão do desconhecimento das concessionárias de serviços públicos, as concessionárias de serviços públicos atualizarão a rede de energia desnecessariamente. Por exemplo, os circuitos alimentadores que não estão operando próximo à capacidade podem, apesar disso, ser atualizados por meio de recondução (*isto é*, cabos maiores são depositados nos circuitos alimentadores), ou circuitos alimentadores adicionais podem ser depositados. Esse custo isolado é considerável.

[00129] Os processos de monitoramento ativo remoto podem monitorar diversos aspectos da rede de energia, tais como: (1) analisar a atual saúde do ativo de uma ou mais partes da rede; (2) analisar a saúde futura do ativo de um ou mais partes da rede; e (3) analisar a utilização de uma ou mais partes da rede. Em primeiro lugar, um ou mais sensores podem medir e transmitir aos processos de monitoramento ativo remoto a fim de determinar a atual saúde da parte particular da rede. Por exemplo, um sensor em um transformador de energia pode proporcionar um indicador de sua saúde medindo os gases dissolvidos no transformador. Os processos de monitoramento ativo remoto podem então usar ferramentas analíticas para determinar se a parte particular da rede (por exemplo, o transformador de energia está saudável ou não saudável). Se a parte particular da rede não estiver saudável, a parte particular da rede pode ser fixa.

[00130] Mais ainda, os processos de monitoramento ativo remoto

podem analisar os dados gerados a partir das partes da rede a fim de prever a saúde futura do ativo das partes da rede. Há coisas que produzem estresse nos componentes elétricos. Os fatores de estresse talvez não sejam necessariamente constantes e podem ser intermitentes. Os sensores podem proporcionar um indicador de estresse em uma parte particular da rede de energia. Os processos de monitoramento ativo remoto podem log as medições de estresse, conforme indicado pelos dados do sensor, e podem analisar a medição de estresse para prever a saúde futura de parte da rede de energia. Por exemplo, os processos de monitoramento ativo remoto podem usar a análise de tendência a fim de prever quando a parte particular da rede pode falhar, e pode programar uma manutenção antecipada (ou simultânea), quando a parte particular da rede pode falhar. Nesse sentido, os processos de monitoramento ativo remoto podem prever a vida útil de uma parte particular da rede, e assim determinar se a vida útil daquela parte da rede é muito breve (*isto é*, se aquela parte da rede está sendo usada muito rapidamente).

[00131] Ademais, os processos de monitoramento ativo remoto podem analisar a utilização de uma parte da rede de energia a fim de melhor gerenciar a rede de energia. Por exemplo, os processos de monitoramento ativo remoto podem analisar um circuito alimentador para determinar qual é sua capacidade operacional. Neste circuito alimentador exemplificativo, os processos de monitoramento ativo remoto podem determinar que o circuito alimentador está sendo correntemente operado a 70%. Os processos de monitoramento ativo remoto podem ainda recomendar que o circuito alimentador particular possa ser operado em um percentual mais elevado (por exemplo, 90%), ao mesmo tempo em que mantém margens de segurança aceitáveis. Os processos de monitoramento ativo remoto podem, desta forma permitir um aumento efetivo da capacidade simplesmente através da análise

de utilização.

Metodologia para Determinação de Arquitetura Técnica Específica

[00132] Há diversas metodologias para determinação da arquitetura técnica específica que podem usar um, alguns, ou todos os elementos da Arquitetura de Referência INDE. A metodologia pode incluir uma pluralidade de etapas. Primeiramente, uma etapa da linha de base pode ser executada na geração de documentação do estado "como está" da concessionária de serviço público, e uma avaliação imediata para transição a uma Rede Inteligente. Em segundo lugar, uma etapa de definição de condições pode ser executada na geração da definição do estado ser e as condições detalhadas para atingir este estado.

[00133] Em terceiro lugar, uma etapa de desenvolvimento da solução pode ser executada na geração da definição dos componentes da arquitetura de solução que habilitarão a Rede inteligente, incluindo-se a medição, monitoramento e controle. Para a arquitetura de INDE, isso pode incluir os dispositivos de medição, que a rede de comunicação passe os dados dos aplicativos dos dispositivos ao NÚCLEO DE INDE 120, que os aplicativos do NÚCLEO DE INDE 120 persistam e reajam aos dados, que os estudos analíticos dos aplicativos interpretem os dados, que a arquitetura de dados modele os dados medidos e interpretados, que a arquitetura de integração efetue o intercâmbio de dados e informações entre INDE e os sistemas da concessionária de serviço público, que a infraestrutura de tecnologia execute os diversos aplicativos e bancos de dados e os padrões que podem ser seguidos para permitir uma solução eficiente e portátil do padrão industrial.

[00134] Em quarto lugar, uma modelagem de valor pode ser executada na geração da definição de indicadores de desempenho chaves e fatores de sucesso para a Rede Inteligente e na implantação da capacidade de medição e classificação do desempenho do sistema contra os fatores de desempenho. A revelação acima se refere ao aspecto do

desenvolvimento de Arquitetura da etapa 3.

[00135] As figuras 19A a B ilustram um exemplo de um fluxograma de progresso de blueprint. Especificamente, as figuras 19A a B ilustram um fluxo do processo das etapas que podem ser realizadas para definir as condições da rede inteligente e as etapas que podem ser executadas para implantar a rede inteligente. O processo de desenvolvimento da rede inteligente pode começar com um desenvolvimento da visão da rede inteligente, que pode esboçar as metas gerais do projeto, o que pode levar ao processo de mapeamento de rota da rede inteligente. O processo de mapeamento de rota pode levar ao blueprint e modelagem de valor.

[00136] O blueprint pode proporcionar uma abordagem metódica à definição da rede inteligente no contexto de toda a empresa concessionária de serviço público. O blueprint pode incluir um mapa de rota geral, que pode levar a uma avaliação dos sistemas e da linha de base (BASE) e a uma definição de condições e seleção analítica (RDAS). O processo de RDAS pode criar a definição detalhada da rede inteligente específica da concessionária de serviço público.

[00137] O processo de BASE pode estabelecer o ponto de partida para a concessionária de serviço público, em termos de sistemas, redes, dispositivos, e aplicativos que suportam as capacidades da rede inteligente. A primeira parte do processo é desenvolver um inventário dos sistemas da rede, que pode incluir: estrutura da rede (por exemplo, geração, linhas de transmissão, subestações de transmissão, sublinhas de transmissão, subestações de distribuição, alimentadores de distribuição, classes de tensão); dispositivos de rede (por exemplo, comutadores, religadores, capacitores, reguladores, compensadores de queda de tensão, intervínculos do alimentador); automação da subestação (por exemplo, IEDs, LANs da subestação, instrumentação, estação RTUs/computadores); automação de distribuição (por exem-

plo, controle de comutador e capacitor; controles de deslocamento de carga e isolamento de falha; sistemas de coordenação de LTC; DMS; Sistema de Gerenciamento de Resposta de Demanda); e sensores de rede (por exemplo, tipos de sensor, quantidades, usos, e contagens nas redes de distribuição, nas linhas de transmissão e nas subestações); etc. Uma vez que o inventário esteja completo, uma avaliação da concessionária de serviço público contra um modelo imediato de rede inteligente avançada pode ser criada. Um modelo do fluxo de dados "como está" e um diagrama dos sistemas também podem ser criados.

[00138] O processo de configuração da arquitetura (ARC) pode desenvolver uma arquitetura técnica de rede inteligente preliminar para a concessionária de serviço público combinando as informações provenientes do processo de BASE, condições e restrições do processo de RDAS e da Arquitetura de Referência INDE para produzir uma arquitetura técnica que satisfaça as necessidades específicas da concessionária de serviço público e se beneficie dos sistemas herdados apropriados e que estejam em conformidade com as restrições existentes na concessionária de serviço público. O uso da Arquitetura de Referência INDE pode evitar a necessidade de inventar uma arquitetura personalizada e assegurar que a experiência acumulada e as melhores práticas sejam aplicadas ao desenvolvimento da solução. Isso pode também assegurar que a solução possa fazer uso máximo dos ativos da rede inteligente reutilizáveis.

[00139] O processo da configuração da arquitetura de rede do sensor (SNARC) pode proporcionar um arcabouço para tomar a série de decisões que definem a arquitetura de uma rede de sensor distribuído para suporte à rede inteligente. O arcabouço pode ser estruturado como uma série de árvores de decisão, cada uma delas orientada a um aspecto específico da arquitetura da rede do sensor. Uma vez que as

decisões tenham sido tomadas, um diagrama da arquitetura da rede do sensor pode ser criado.

[00140] A alocação do sensor por meio do processo de recursão da seção T (SATSECTR) pode proporcionar um arcabouço para determinar quantos sensores devem ser dispostos na rede de distribuição para obter um dado nível de observabilidade, sujeitando-se as restrições de custo. Este processo pode também determinar os tipos e localizações de sensor.

[00141] O processo de avaliação do elemento de solução e modelo de componentes (SELECT) pode proporcionar um arcabouço para avaliação dos tipos de componente da solução e fornece um modelo de projeto para cada classe de componente. O modelo pode conter um modelo de referência para as especificações de cada um dos elementos da solução. Esses modelos podem ser então usados para solicitar cotações do vendedor e suportar as avaliações do vendedor/produto.

[00142] O processo de planejamento de atualização de aplicativos e redes (UPLAN) pode proporcionar o desenvolvimento de um plano para que as atualizações dos sistemas, aplicativos, e redes existentes da concessionária de serviço público estejam prontas para integração em uma solução da rede inteligente. O processo de avaliação de risco e planejamento de gerenciamento (RAMP) pode proporcionar uma avaliação de risco associada a elementos da solução da rede inteligente específicos criados no processo de ARC. O processo de UPLAN pode estimar o nível ou risco para elementos de risco identificados e fornecer um plano de ação para reduzir o risco antes que a concessionária de serviço público realize uma construção. O processo de análise de mudança e planejamento de gerenciamento (CHAMP) pode analisar o processo e as mudanças organizacionais que podem ser necessárias para que a concessionária de serviço público realize o investimento do valor da rede inteligente e pode proporcionar um plano de gerencia-

mento avançado para efetuar tais mudanças em sincronia com a instalação da rede inteligente. O processo de CHAMP pode resultar na geração de um blueprint.

[00143] O mapa de rota no processo de modelagem de valor pode conduzir à especificação de métricas de valor, que pode induzir à estimativa de custo e benefícios. A estimativa pode induzir à construção de um ou mais casos, tal como um caso de classificação e caso comercial, o qual, por sua vez, pode induzir a um fechamento do caso. A saída do blueprint e a modelagem do valor podem ser enviadas à concessionária de serviço público para aprovação, o que pode resultar nas atualizações do sistema de concessionária de serviço público e instalações da rede inteligente e atividades de redução de risco. Depois disso, a rede pode ser projetada, construída e testada, e em seguida operada.

[00144] Apesar de a invenção ter sido mostrada e descrita com relação às modalidades preferenciais, é evidente que determinadas modificações e alterações além das já mencionadas podem ser efetuadas a partir dos recursos básicos desta invenção. Além disso, há diversos tipos diferentes de software e hardware de computador que podem ser utilizados na prática da invenção, não estando a mesma limitada aos exemplos descritos acima. A invenção foi descrita fazendo referência aos atos e representações simbólicas das operações que são executadas por um ou mais dispositivos eletrônicos. Como tal, percebe-se que tais atos e operações incluem a manipulação pela unidade de processamento do dispositivo eletrônico dos sinais elétricos que representam dados em uma forma estruturada. Esta manipulação transforma os dados ou os mantém em locais no sistema da memória do dispositivo eletrônico, que reconfigura ou altera de alguma outra forma a operação do dispositivo eletrônico de um modo perfeitamente reconhecido pelos indivíduos versados na técnica. As estruturas de dados onde os

dados são mantidos constituem localizações físicas da memória dotadas de propriedades particulares definidas pelo formato dos dados. Apesar de a invenção ser descrita no contexto precedente, esse contexto não é limitante, pois os indivíduos versados na técnica consideram valioso que os atos e operações descritos também podem ser implantados em hardware. Conseqüentemente, o objetivo dos Requerentes é proteger todas as variações e modificações no âmbito do escopo válido da presente invenção. O objetivo é que a invenção seja definida pelas reivindicações adiante, incluindo-se todos os equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Estrutura de integração para facilitar a comunicação com uma autoridade de rede de energia central que gerencia uma rede de energia, sendo que a estrutura de integração compreende:

uma primeira parte (146) de um barramento para comunicar os dados operacionais à autoridade da rede de energia central, os dados operacionais compreendendo ao menos uma medição em tempo real entre tensão, corrente, energia real, ou energia reativa para pelo menos uma parte da rede de energia;

uma segunda parte (147) de um barramento para comunicar dados do evento à autoridade da rede de energia central, em que a segunda parte é separada da primeira parte, os dados do evento são distintos da e derivados da medição em tempo real e compreendem ao menos uma determinação analítica quanto à operação da rede de energia com base ao menos em uma medição em tempo real; e

um dispositivo de roteamento (190) para analisar ao menos uma parte dos dados recebidos de um ou mais componentes na dita rede de energia através da rede de comunicações de utilidade e para rotear os dados a um dentre a primeira porção do barramento e a segunda porção do barramento,

caracterizada pelo fato de que os dados operacionais são comunicados através da primeira parte e não são comunicados através da segunda parte, e

em que os dados do evento são comunicados através da segunda parte e não são comunicados através da primeira parte.

2. Estrutura de integração, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de que** a primeira parte do barramento compreende um primeiro segmento e a segunda parte do barramento compreende um segundo segmento, o primeiro e o segundo segmentos são segmentos diferentes no mesmo barramento.

3. Estrutura de integração, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada pelo fato de que** compreende ao menos um comutador para analisar a pelo menos uma parte dos dados recebidos e para rotear os dados para um dentre o primeiro segmento e o segundo segmento.

4. Estrutura de integração, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de que** a primeira parte do barramento compreende um primeiro barramento e a segunda parte do barramento compreende um segundo barramento, e em que o primeiro barramento está fisicamente separado do segundo barramento, e

o dispositivo de roteador compreende um roteador para rotear os dados para um dentre o primeiro barramento e o segundo barramento.

5. Estrutura de integração, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizada pelo fato de que** o roteador analisa ao menos um cabeçalho nos dados para determinar se roteia os dados para o primeiro barramento ou para o segundo barramento.

6. Estrutura de integração, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo fato de que** o primeiro barramento comunica adicionalmente dados não operacionais, os dados não operacionais compreendem ao menos um dos seguintes: qualidade da energia, confiabilidade da energia, saúde do ativo, e dados de estresse.

7. Estrutura de integração, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizada pelo fato de que** compreende adicionalmente um terceiro barramento para comunicar entre a autoridade da rede de energia central e um sistema de cobrança, o terceiro barramento é separado do primeiro barramento e do segundo barramento.

8. Estrutura de integração, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizada pelo fato de que** o primeiro barramento é conectado operativamente a um banco de dados de armazenamento dos dados

operacionais e a ao menos um dentre um sistema de gerenciamento de paralisação, um sistema de gerenciamento de energia, e um sistema de gerenciamento de distribuição.

9. Estrutura de integração, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizada pelo fato de que** o segundo barramento é conectado operativamente a um banco de dados de armazenamento de log do evento e a ao menos um dentre um sistema de gerenciamento de paralisação, um sistema de gerenciamento de energia, e a um sistema de gerenciamento de distribuição.

10. Método para comunicação de dados a uma autoridade de rede de energia central que gerencia uma rede de energia, o método compreendendo:

comunicar dados operacionais à autoridade da rede de energia central na primeira parte (146) de um barramento, os dados operacionais compreendendo ao menos uma medição em tempo real entre a tensão, corrente, energia real, ou energia reativa para pelo menos uma parte da rede de energia; e

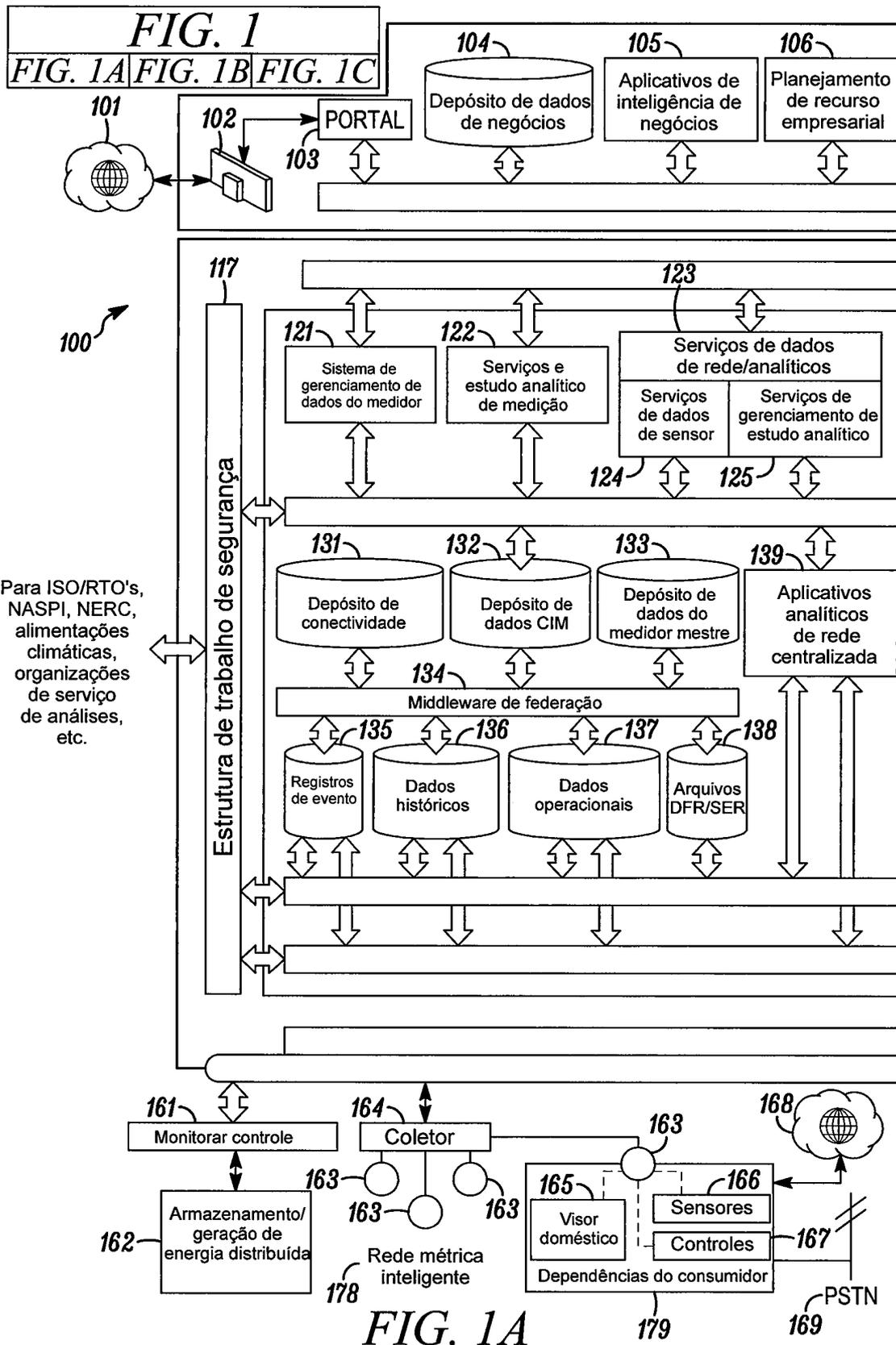
comunicar dados do evento à autoridade da rede de energia central em uma segunda parte (147) de um barramento, a segunda parte é separada da primeira parte, os dados do evento são distintos da e derivados da medição em tempo real e compreendendo ao menos uma determinação analítica quanto à operação da rede de energia com base ao menos uma medição em tempo real,

caracterizado pelo fato de que os dados operacionais entre os dados recebidos através da rede de comunicações de utilidade são analisados e roteados para a primeira parte e não são comunicados através da segunda parte, e

em que os dados do evento entre os dados recebidos através da rede de comunicações de utilidade são analisados e roteados para a segunda parte e não são comunicados através da primeira par-

te.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado pelo fato de que** a primeira parte do barramento comunica adicionalmente dados não operacionais, os dados não operacionais compreendem ao menos um dos seguintes: qualidade da energia, confiabilidade da energia, saúde do ativo, e dados de estresse.



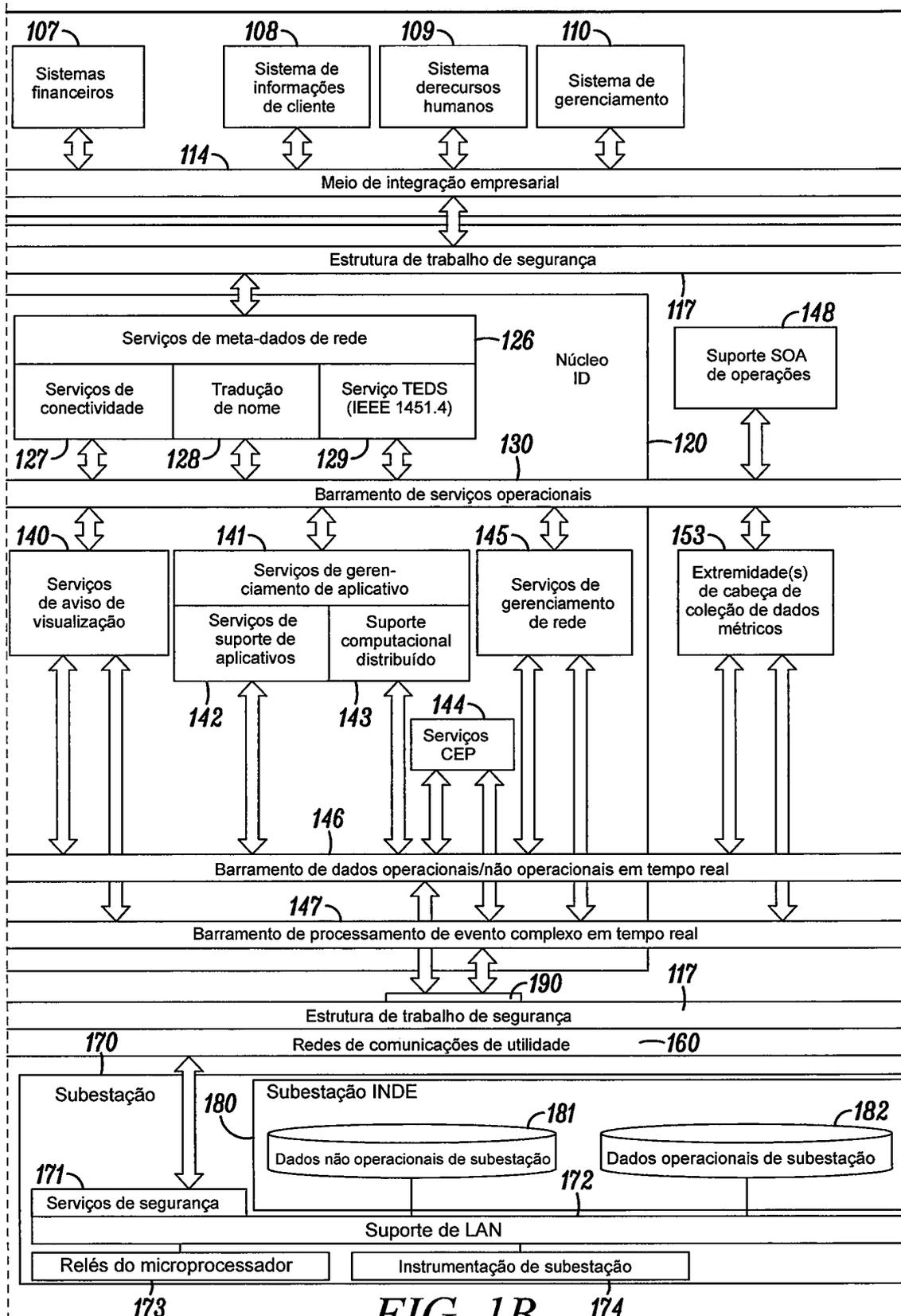


FIG. 1B

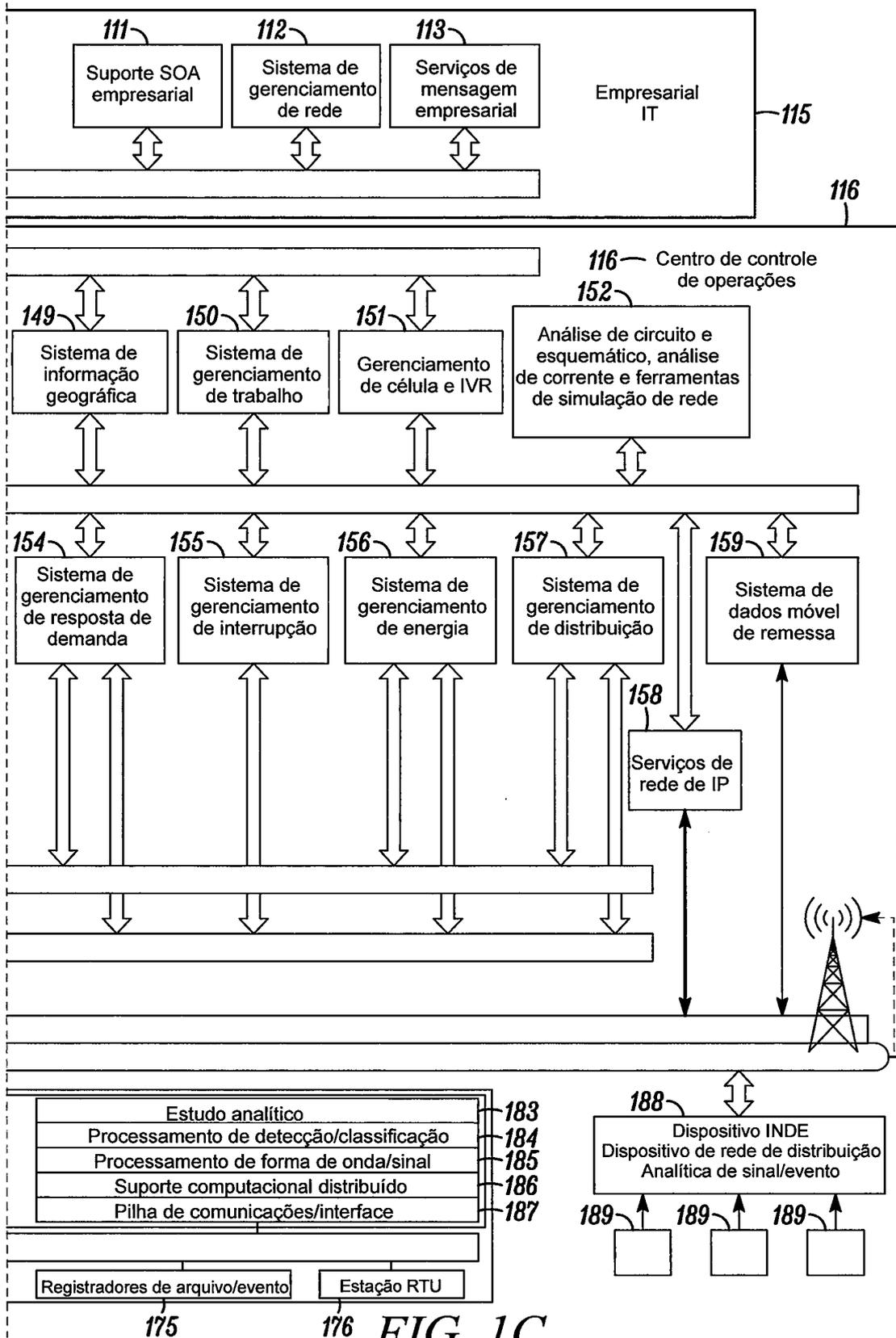


FIG. 1C

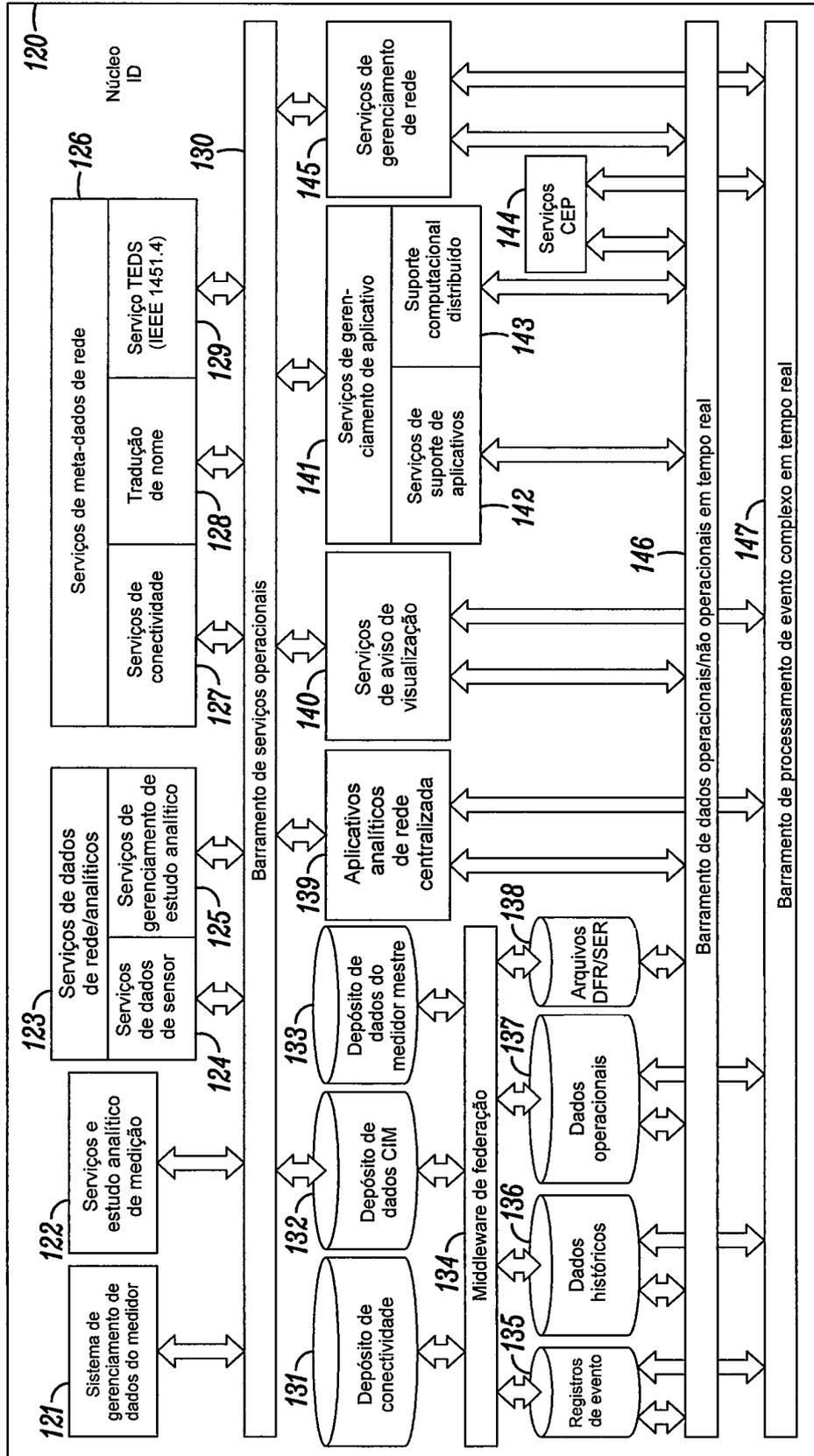


FIG. 2

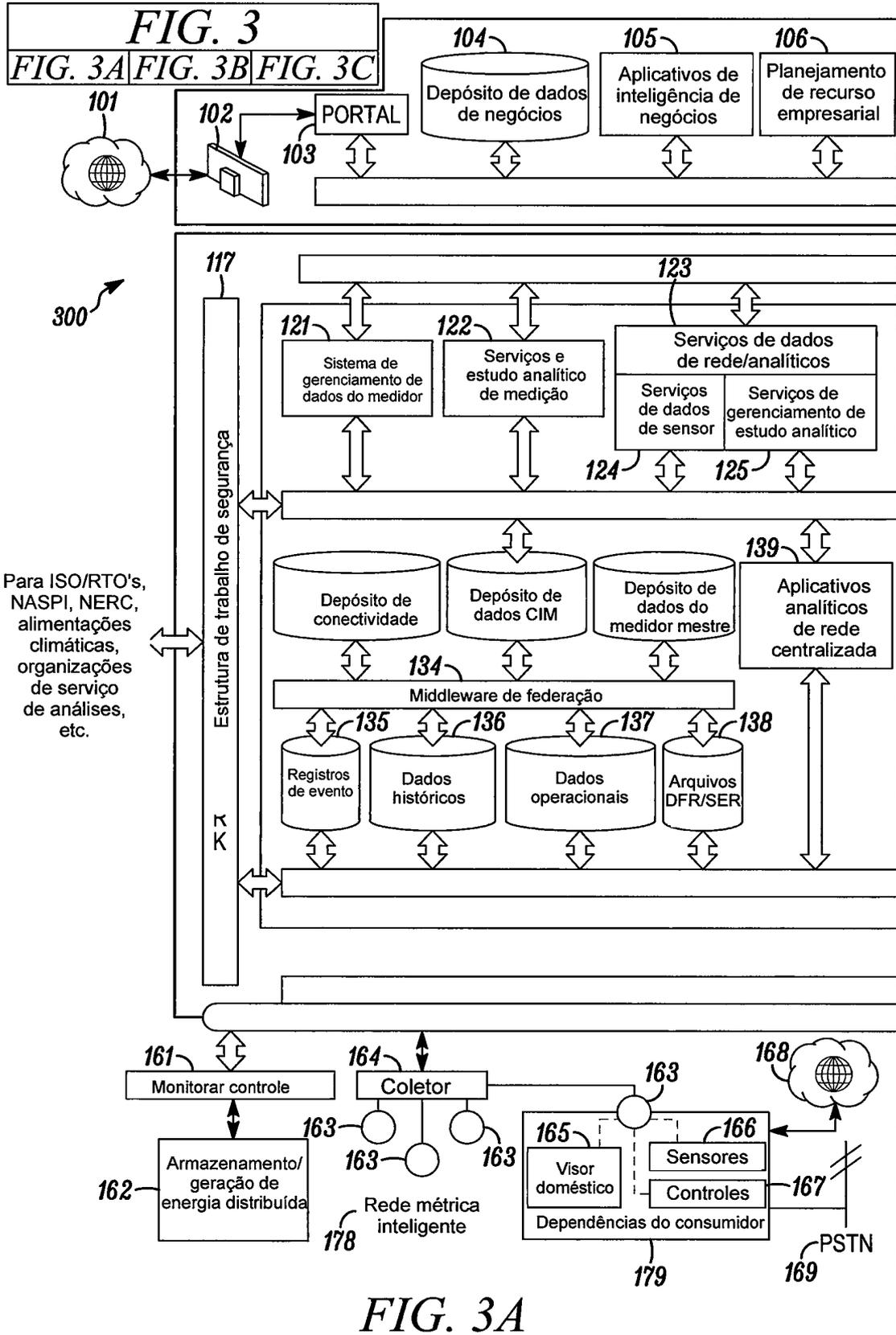


FIG. 3A

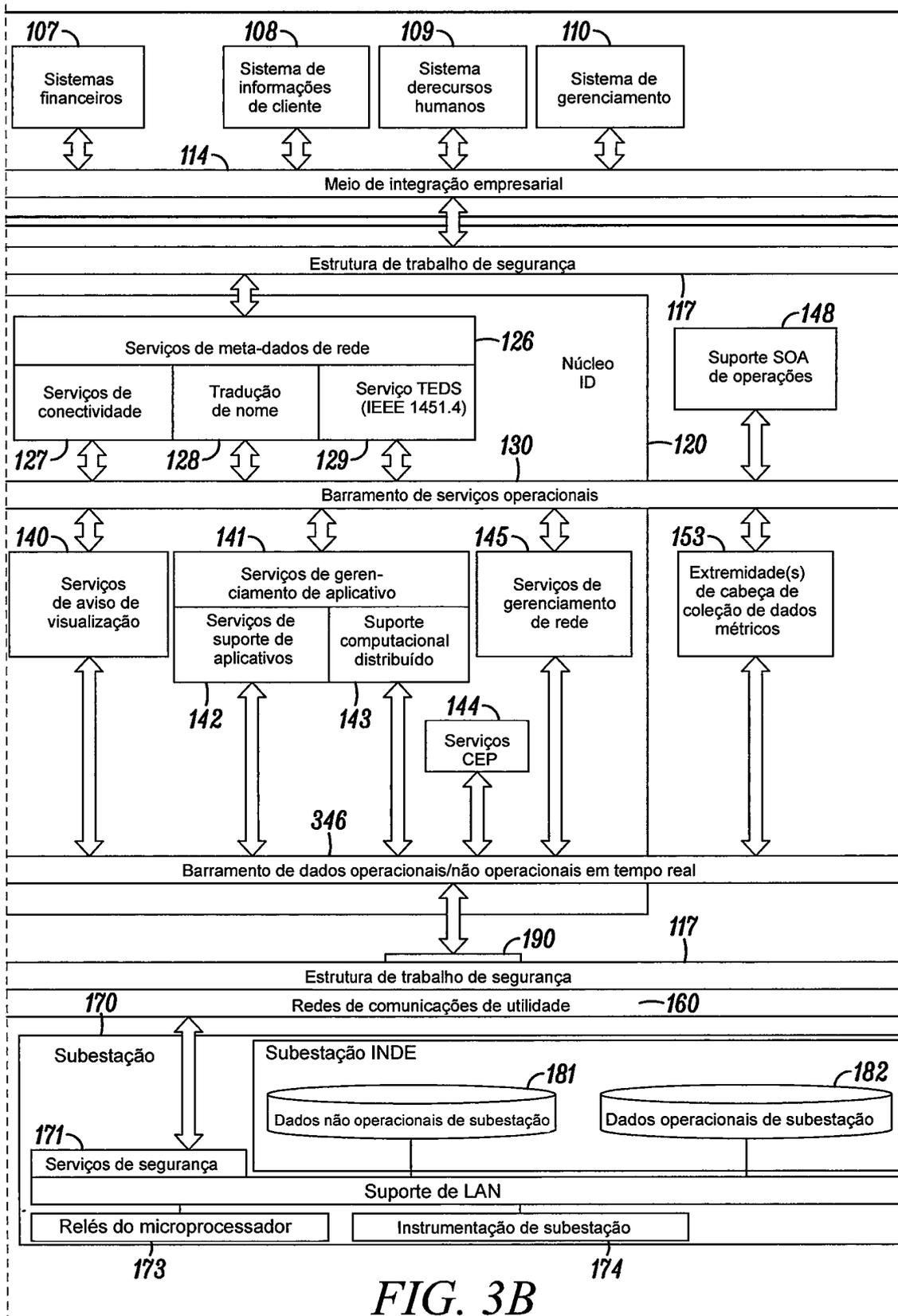


FIG. 3B

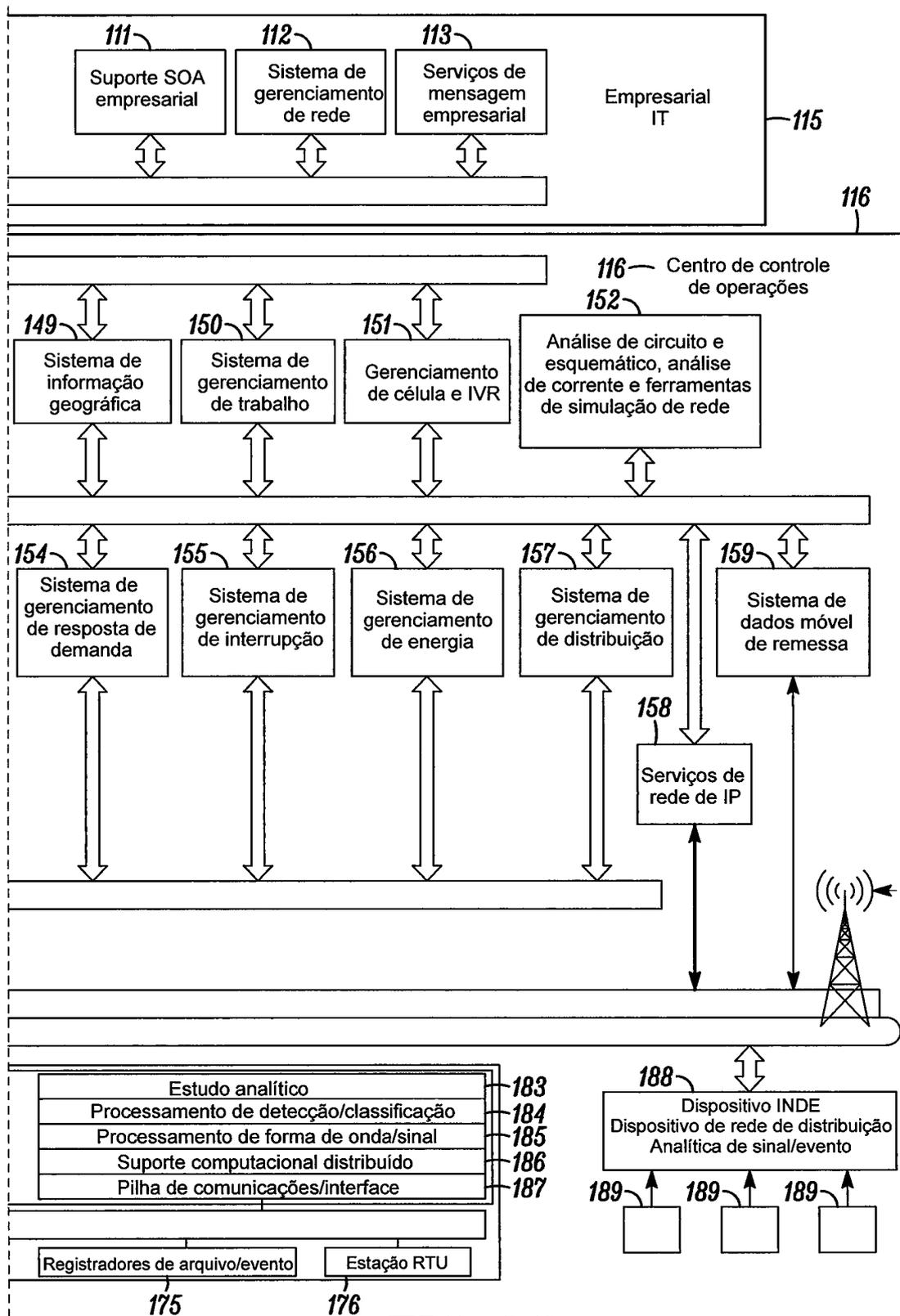


FIG. 3C

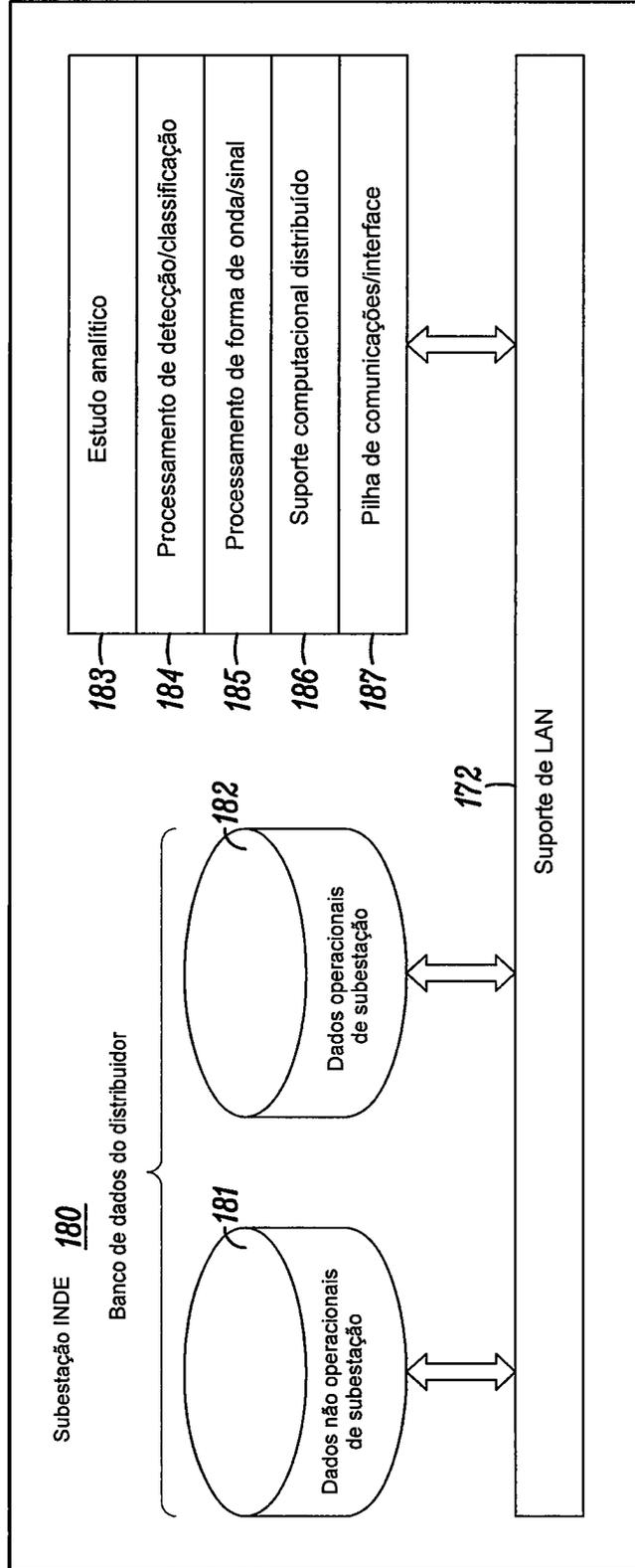


FIG. 4

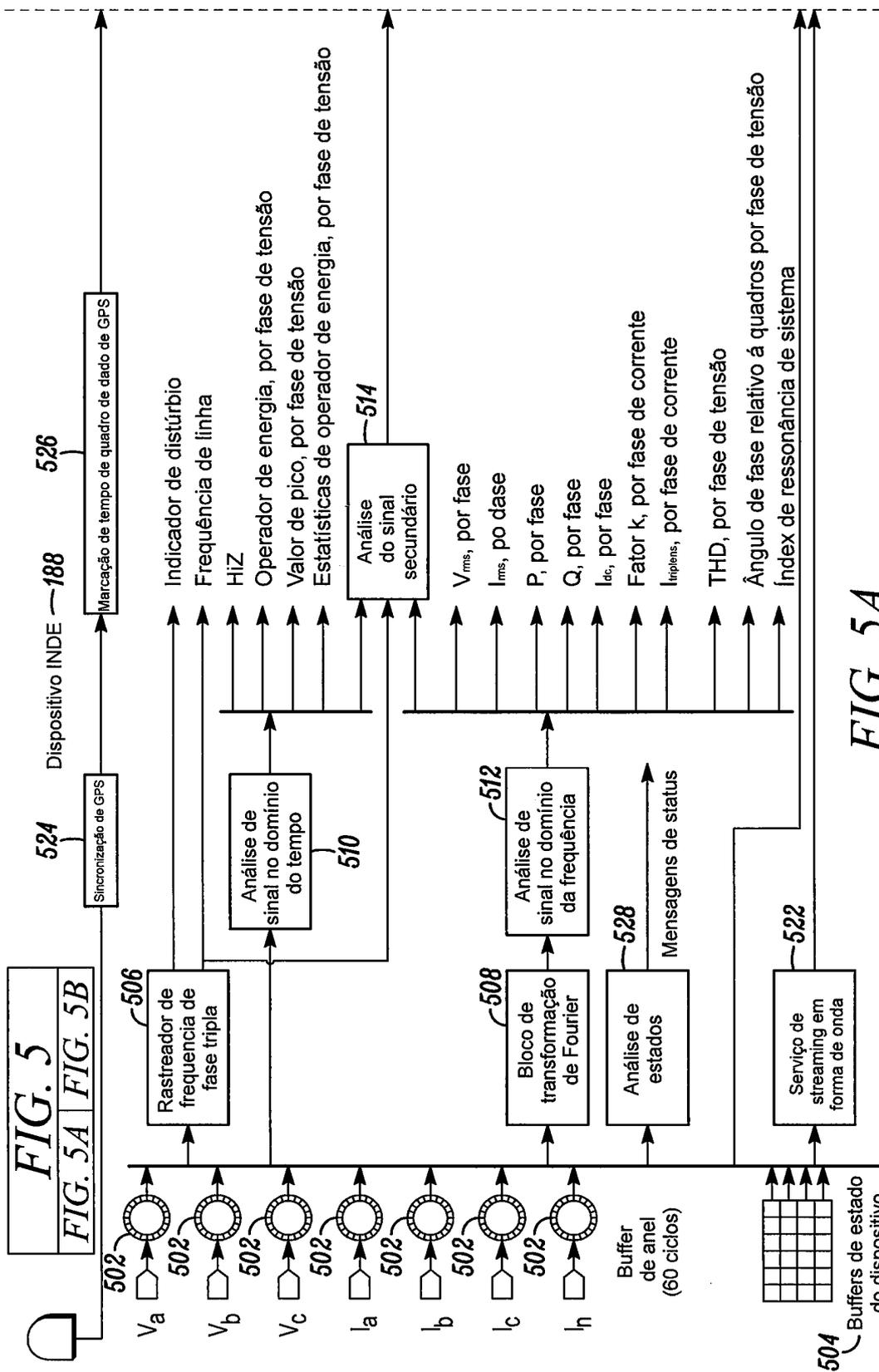


FIG. 5A

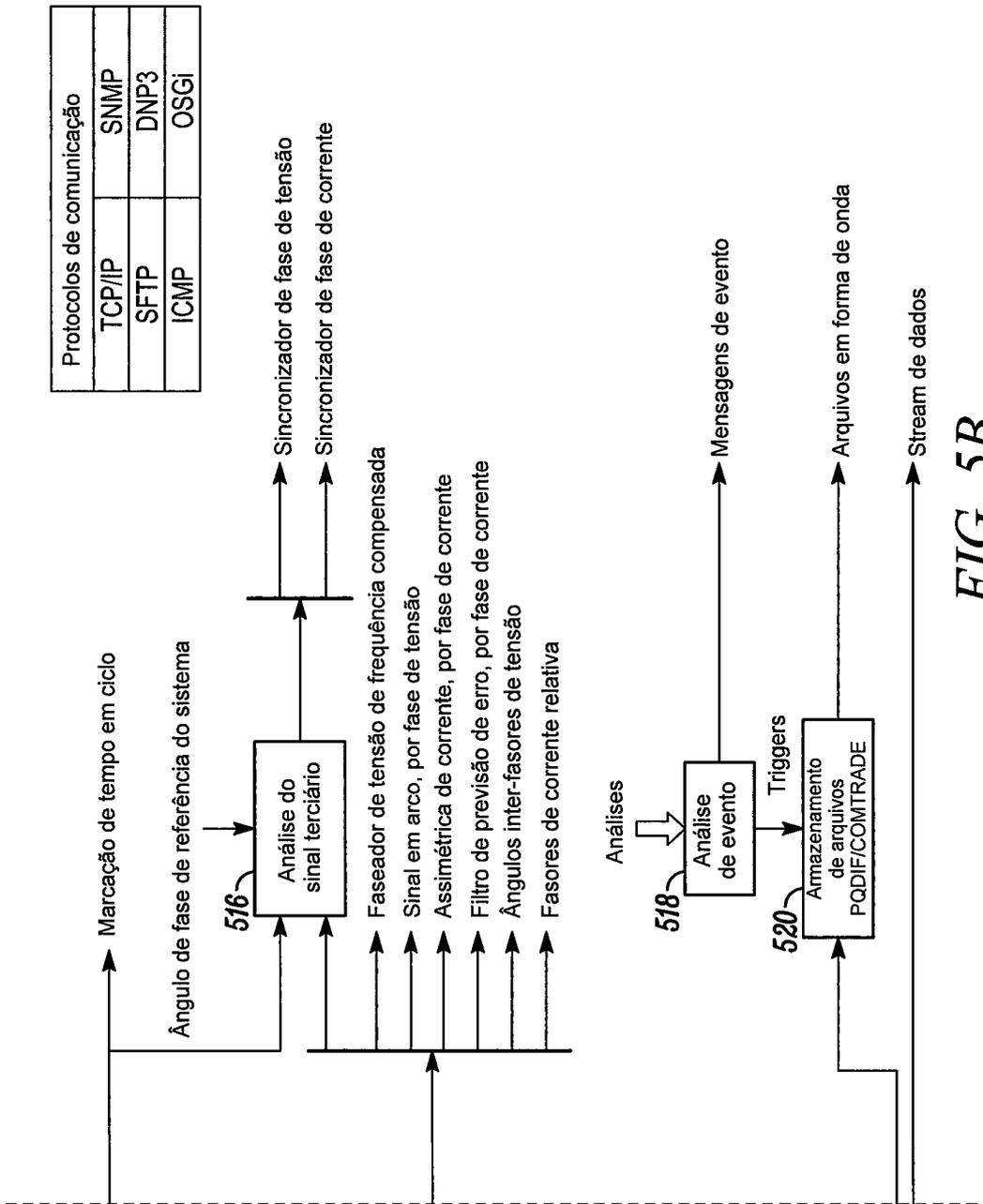
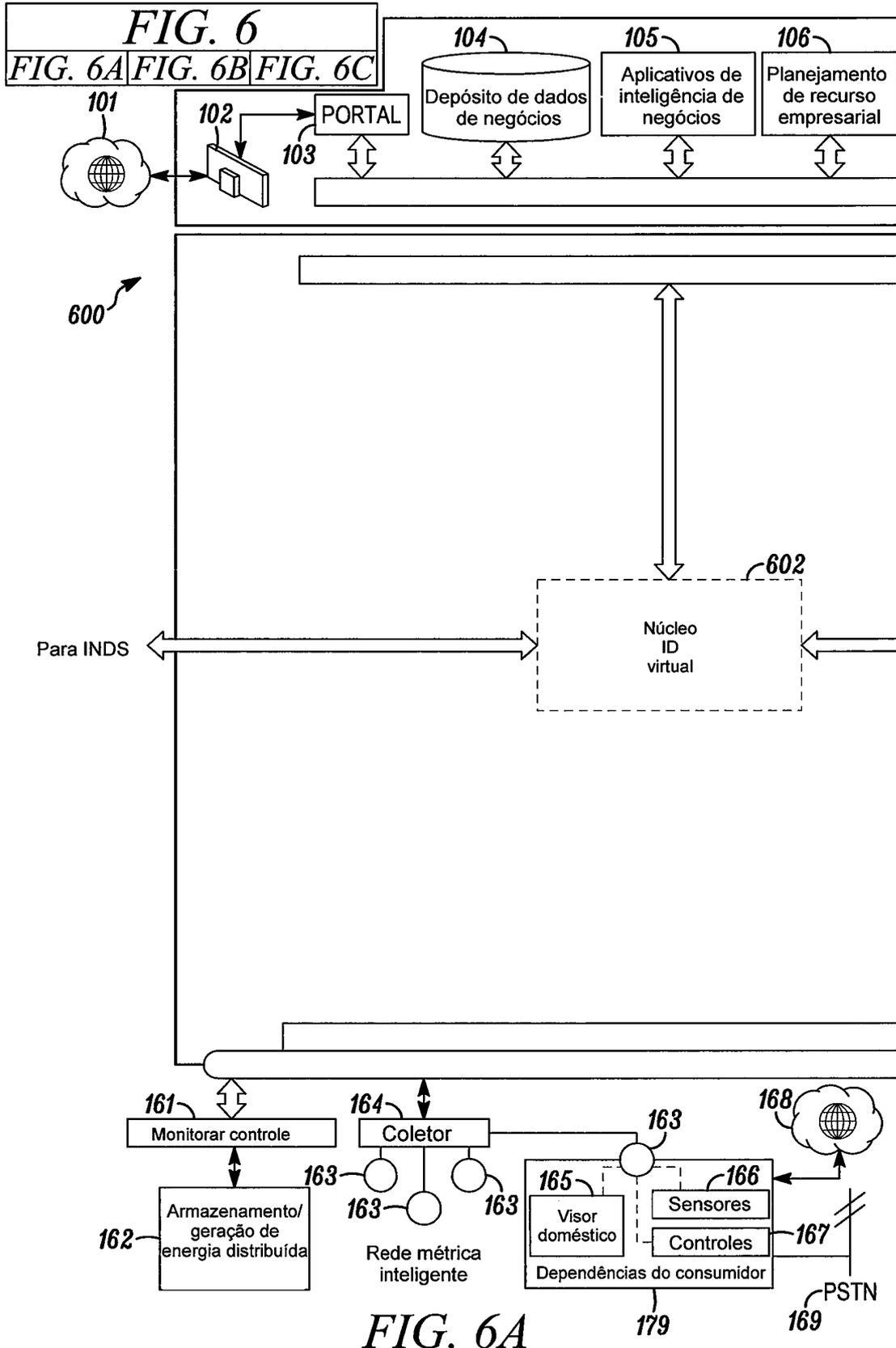


FIG. 5B



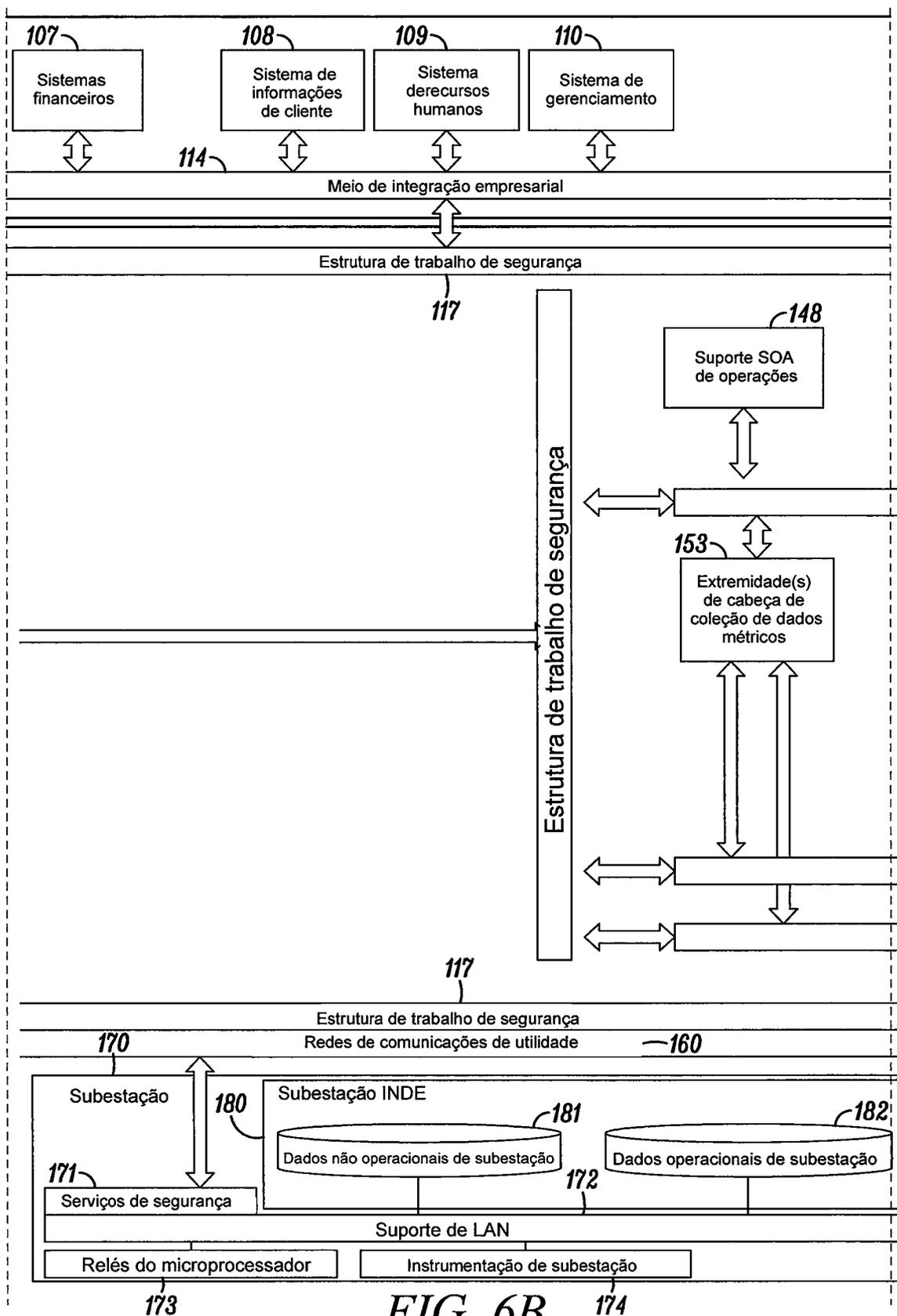


FIG. 6B

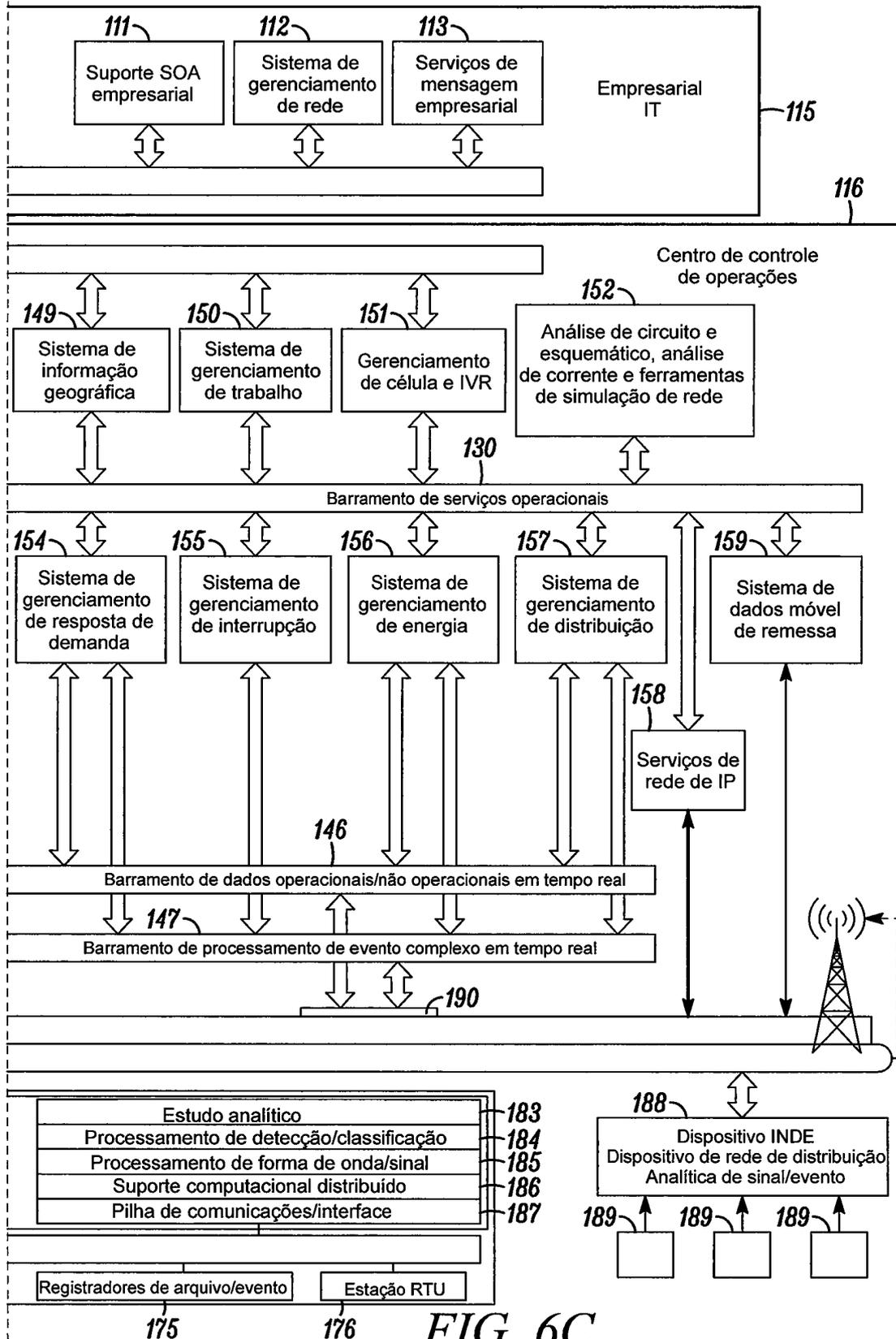


FIG. 6C

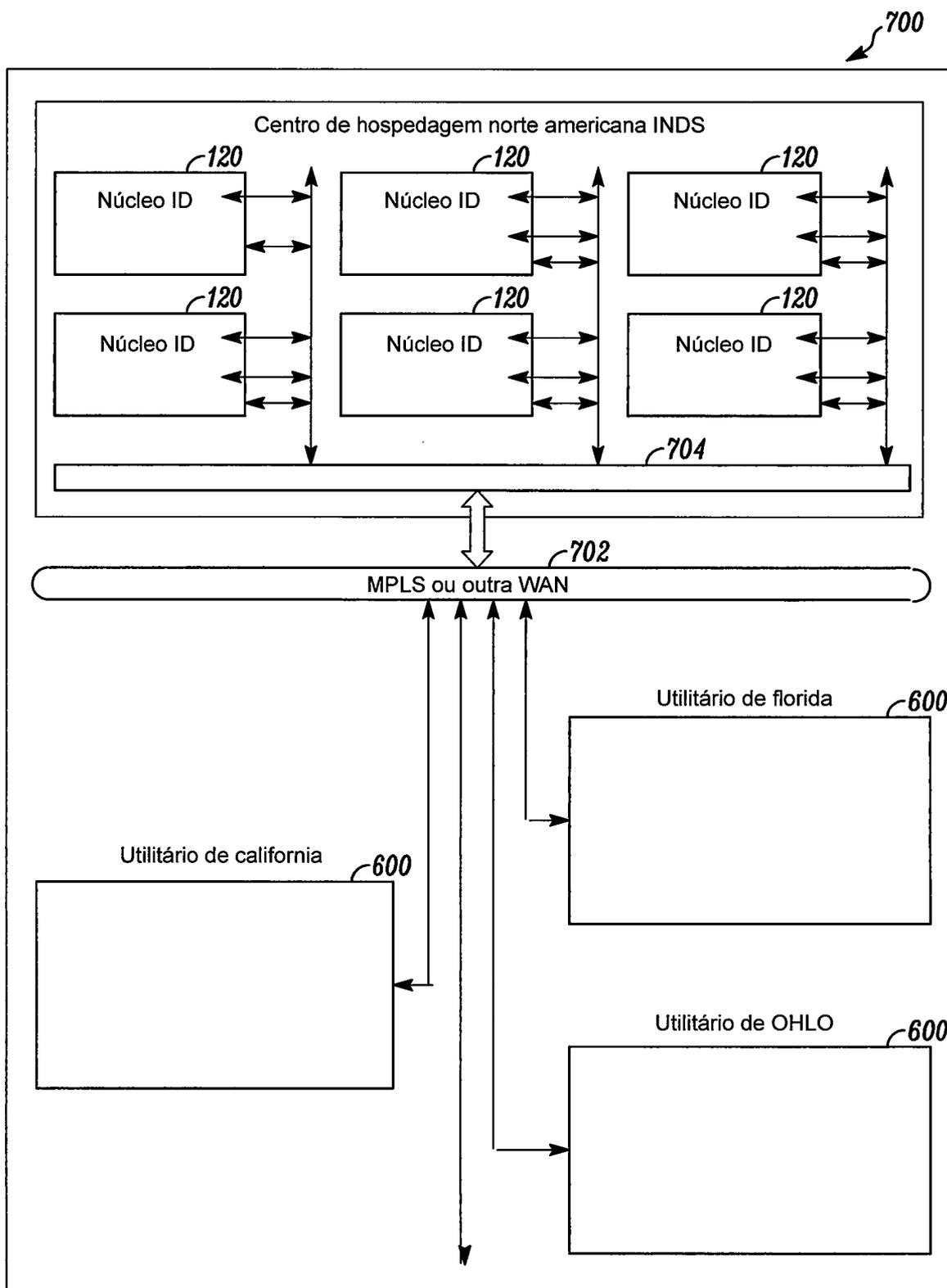


FIG. 7

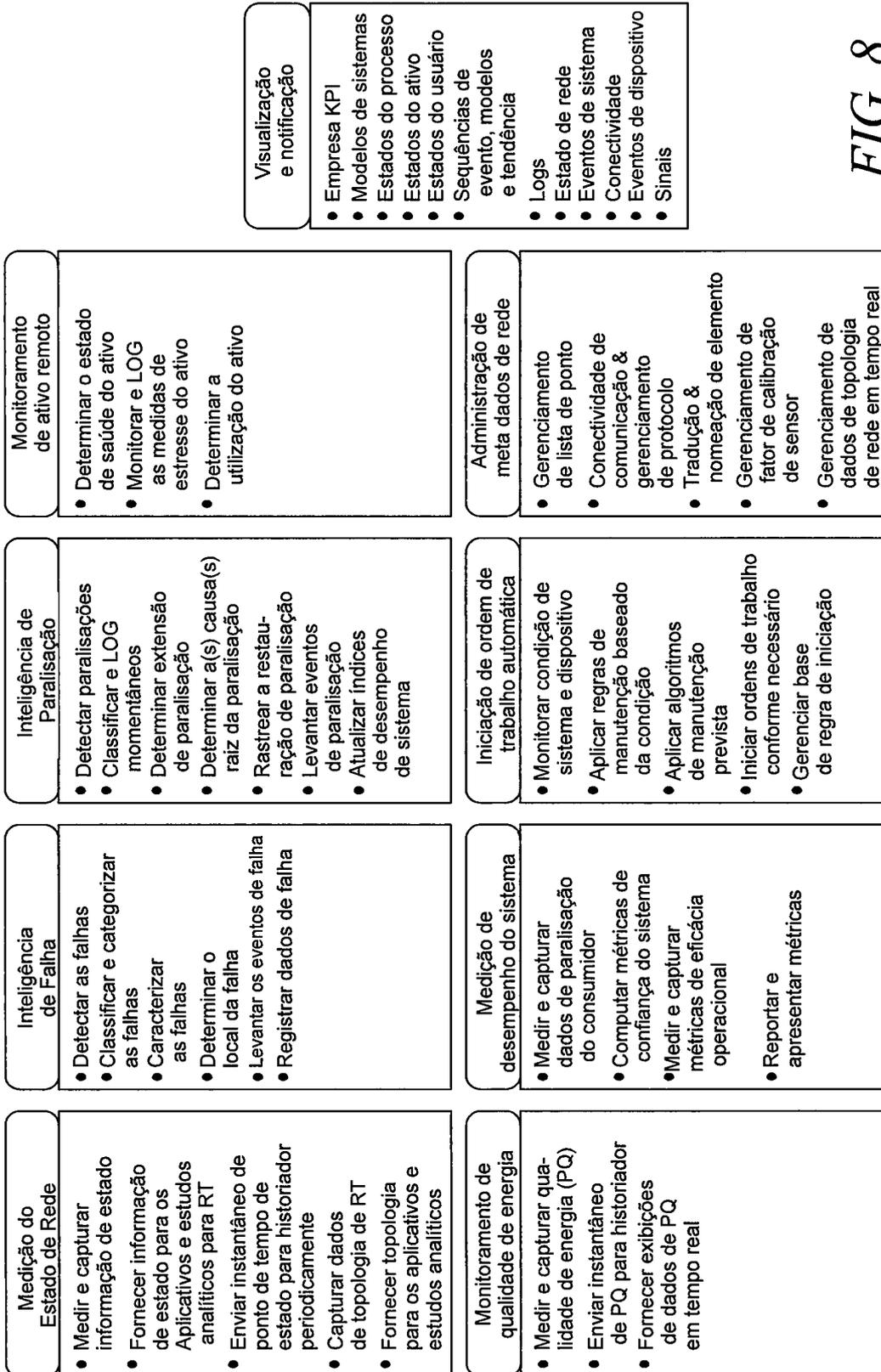


FIG. 8

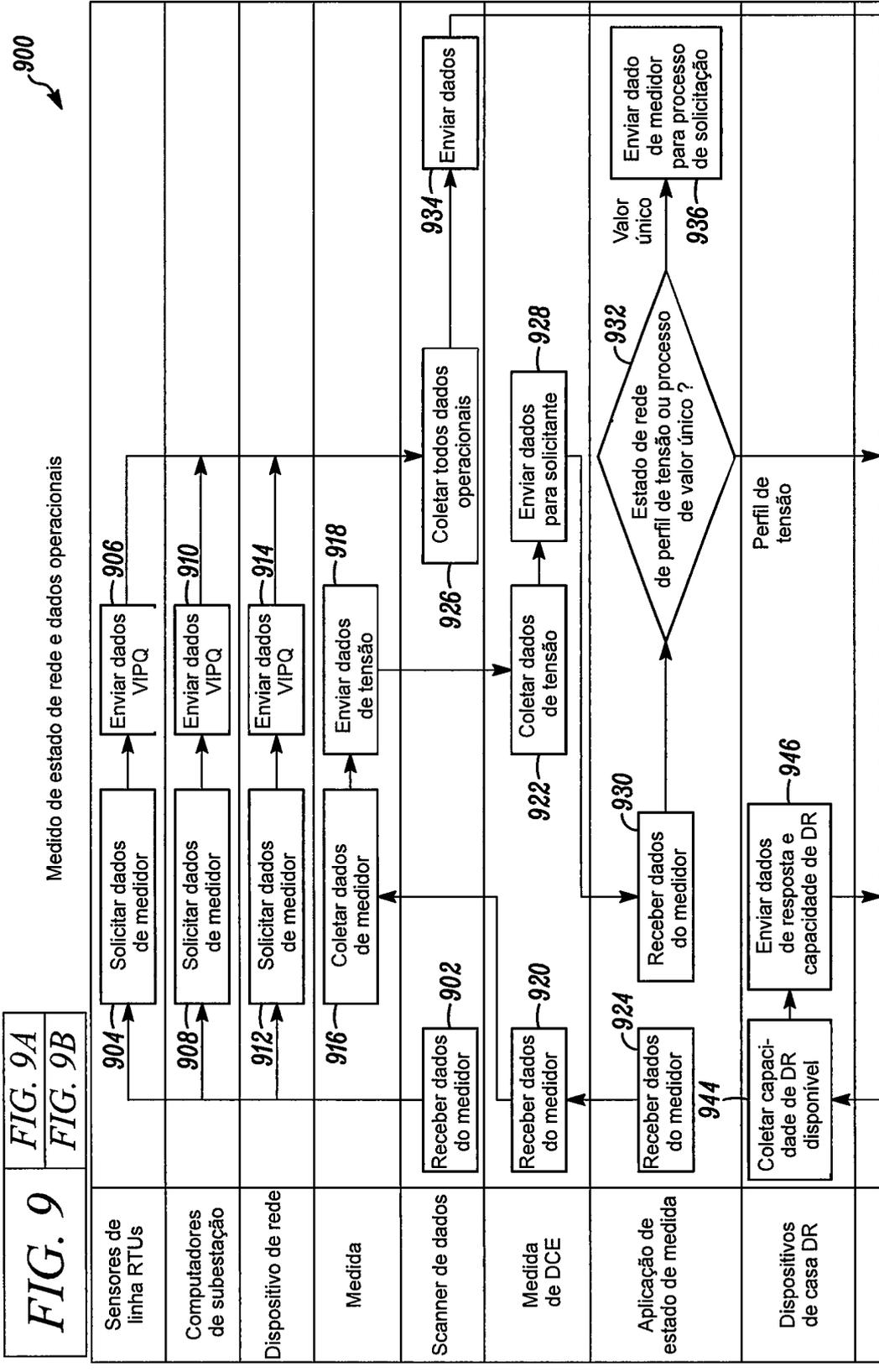
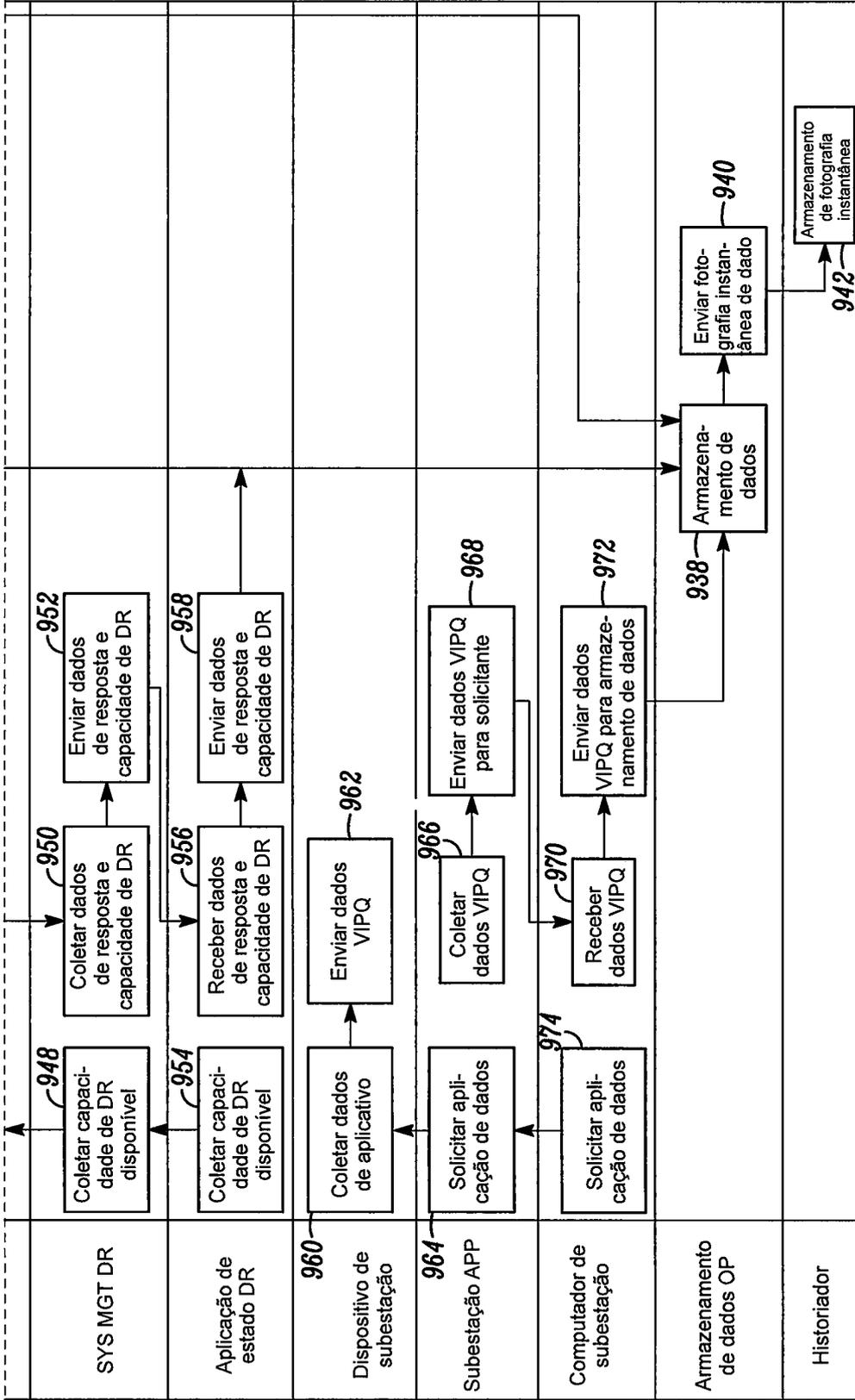


FIG. 9A



* V = Tensão, I = Corrente, P = Poder real, Q = Potência reativa

FIG. 9B

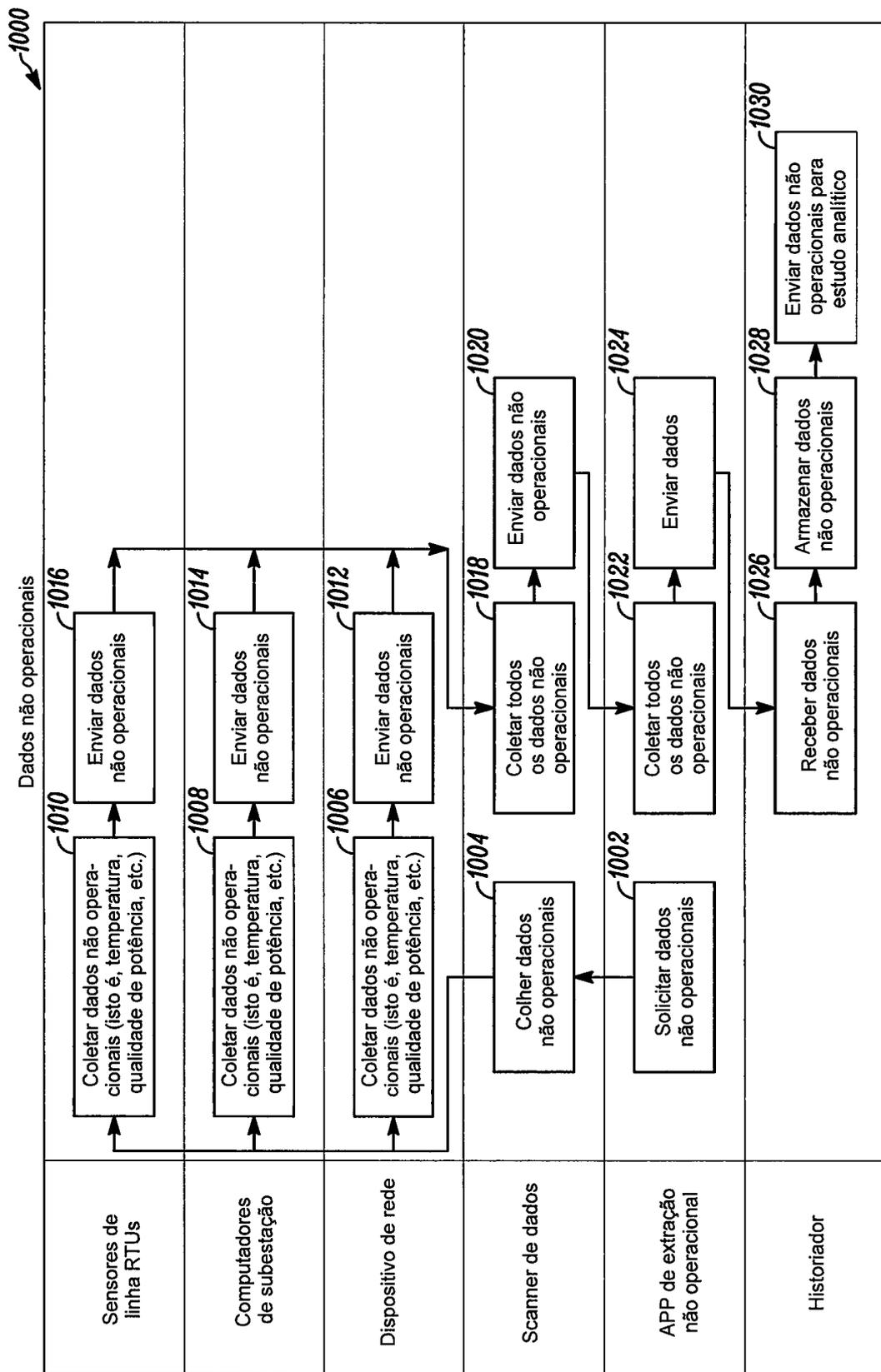


FIG. 10

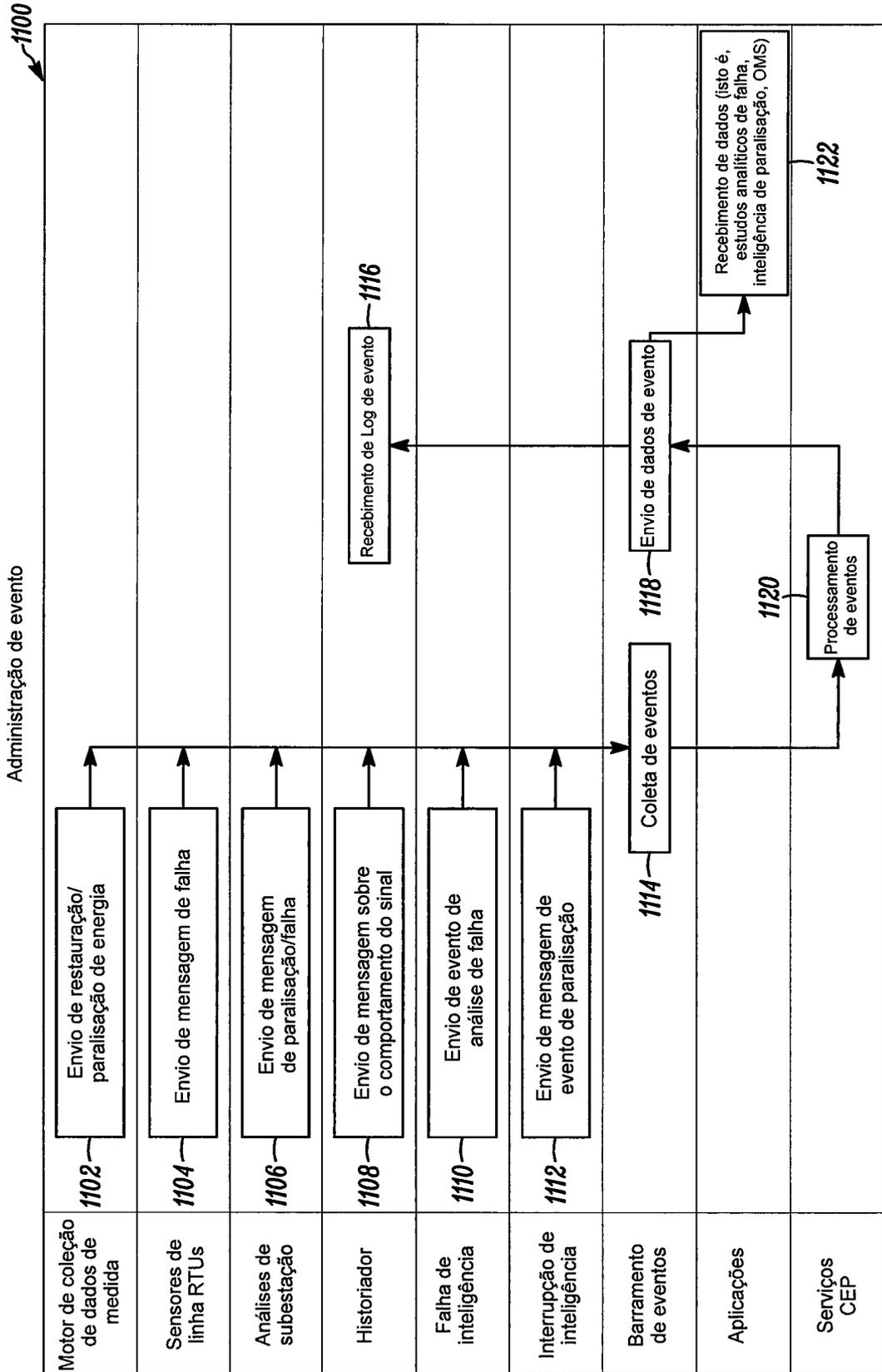


FIG. 11

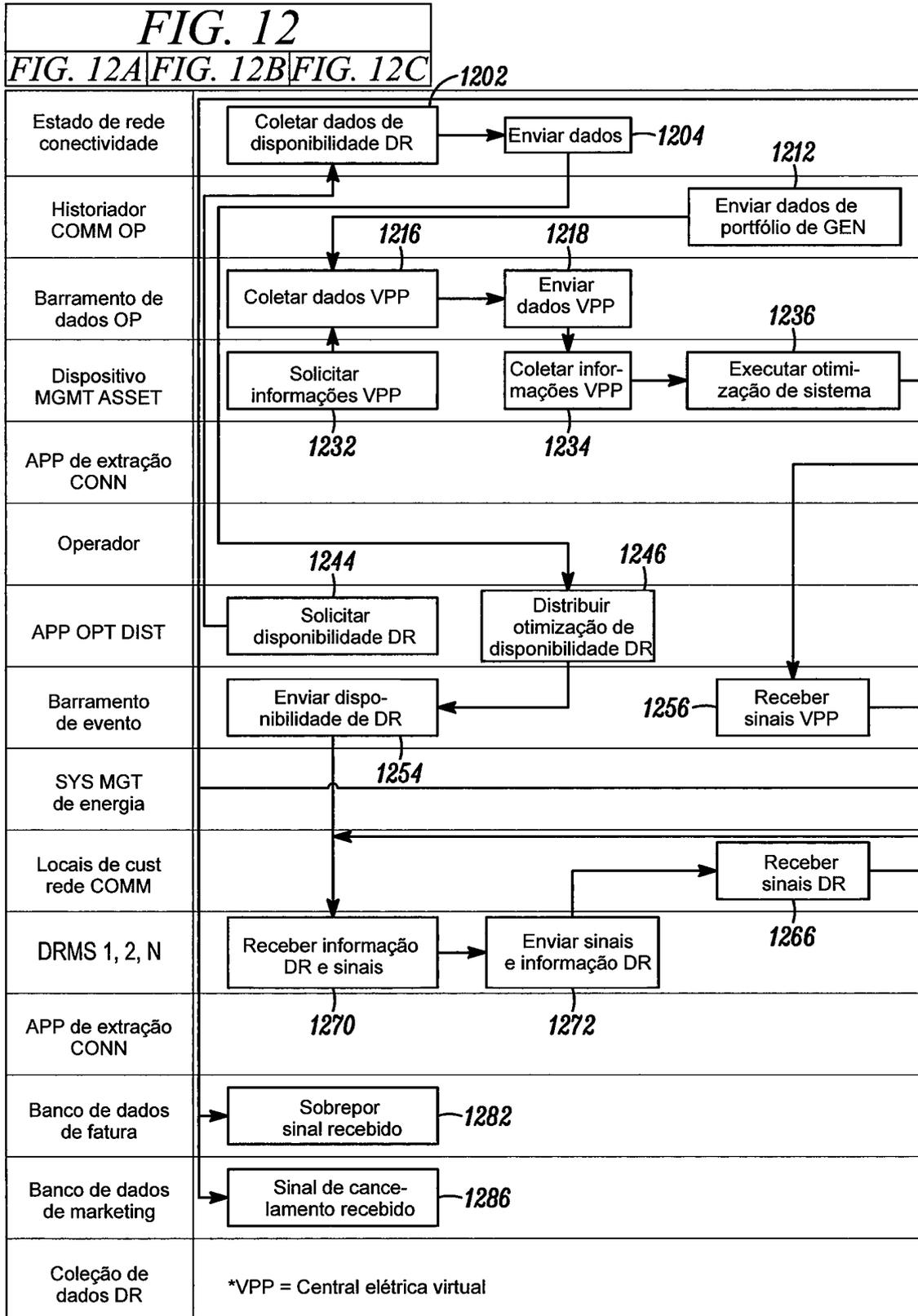


FIG. 12A

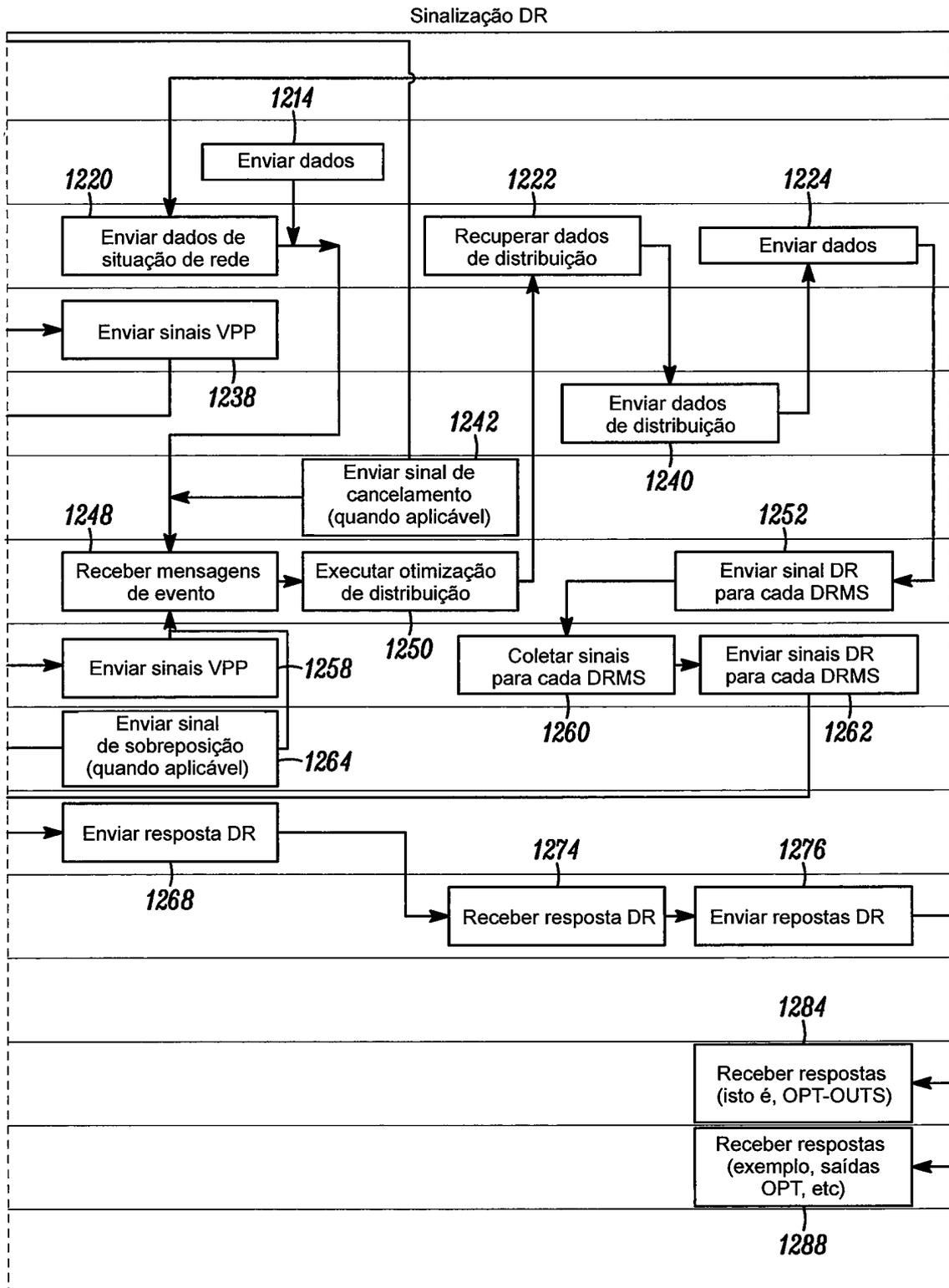


FIG. 12B

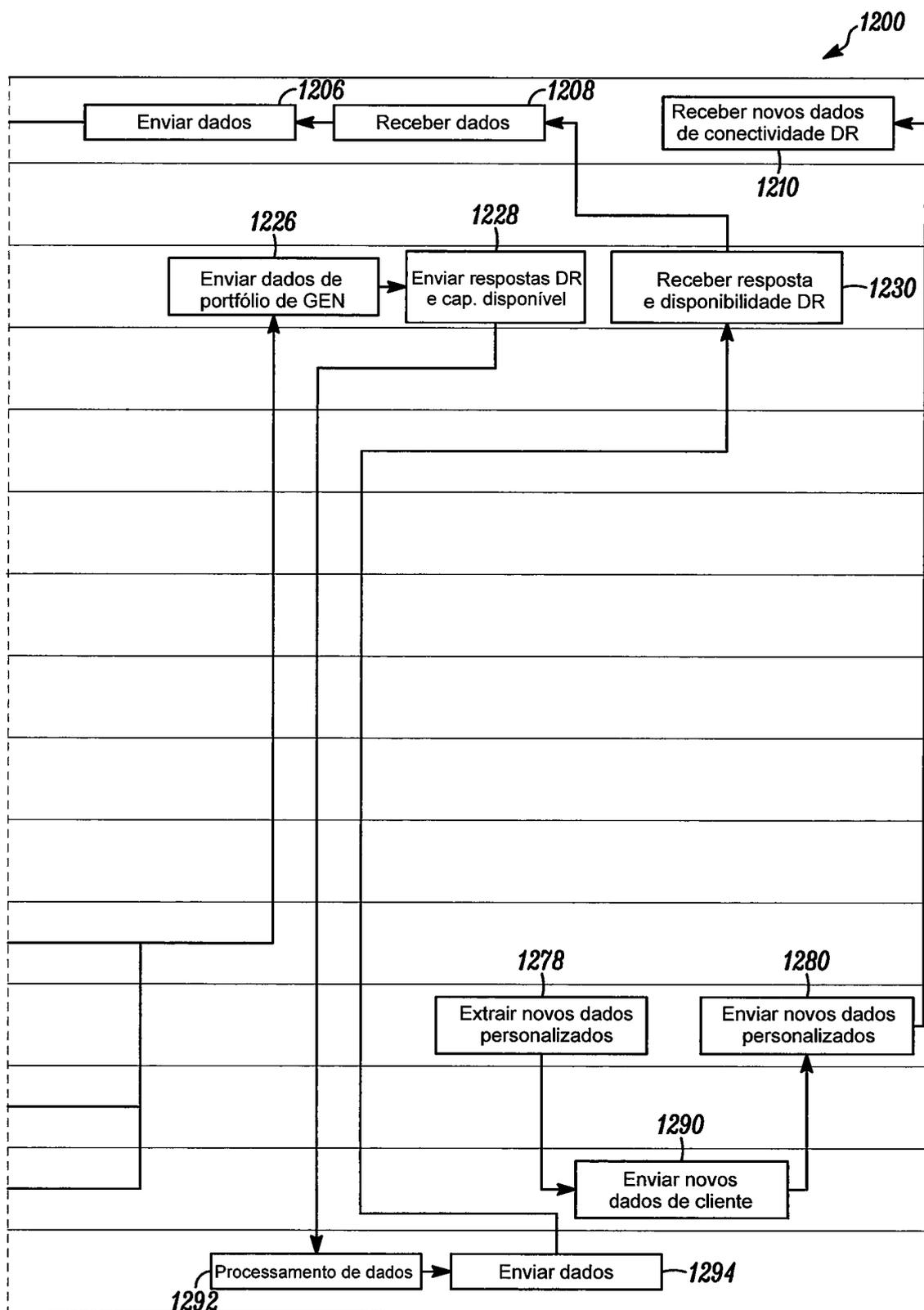


FIG. 12C

FIG. 13
FIG. 13A | **FIG. 13B**

1300

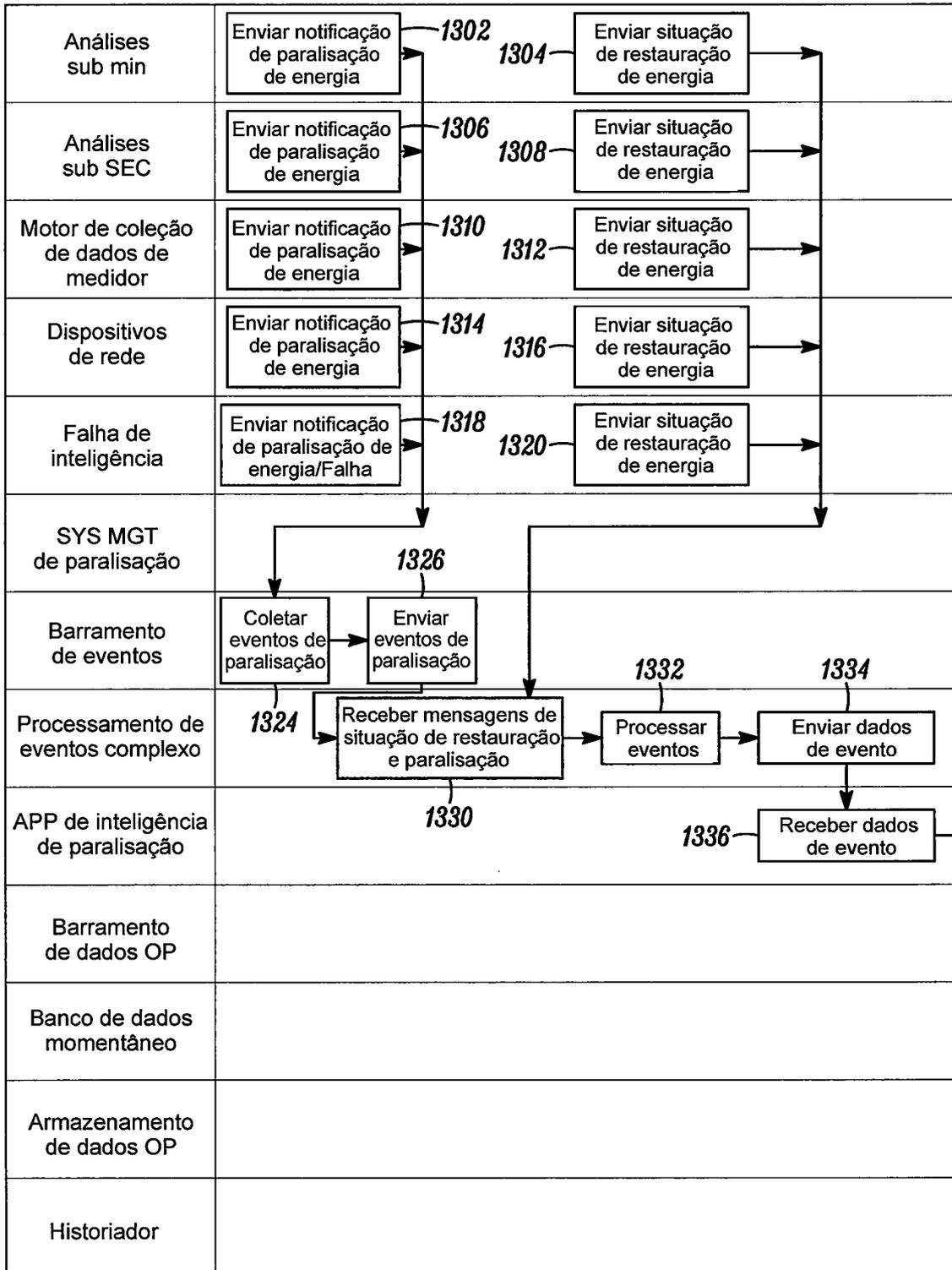


FIG. 13A

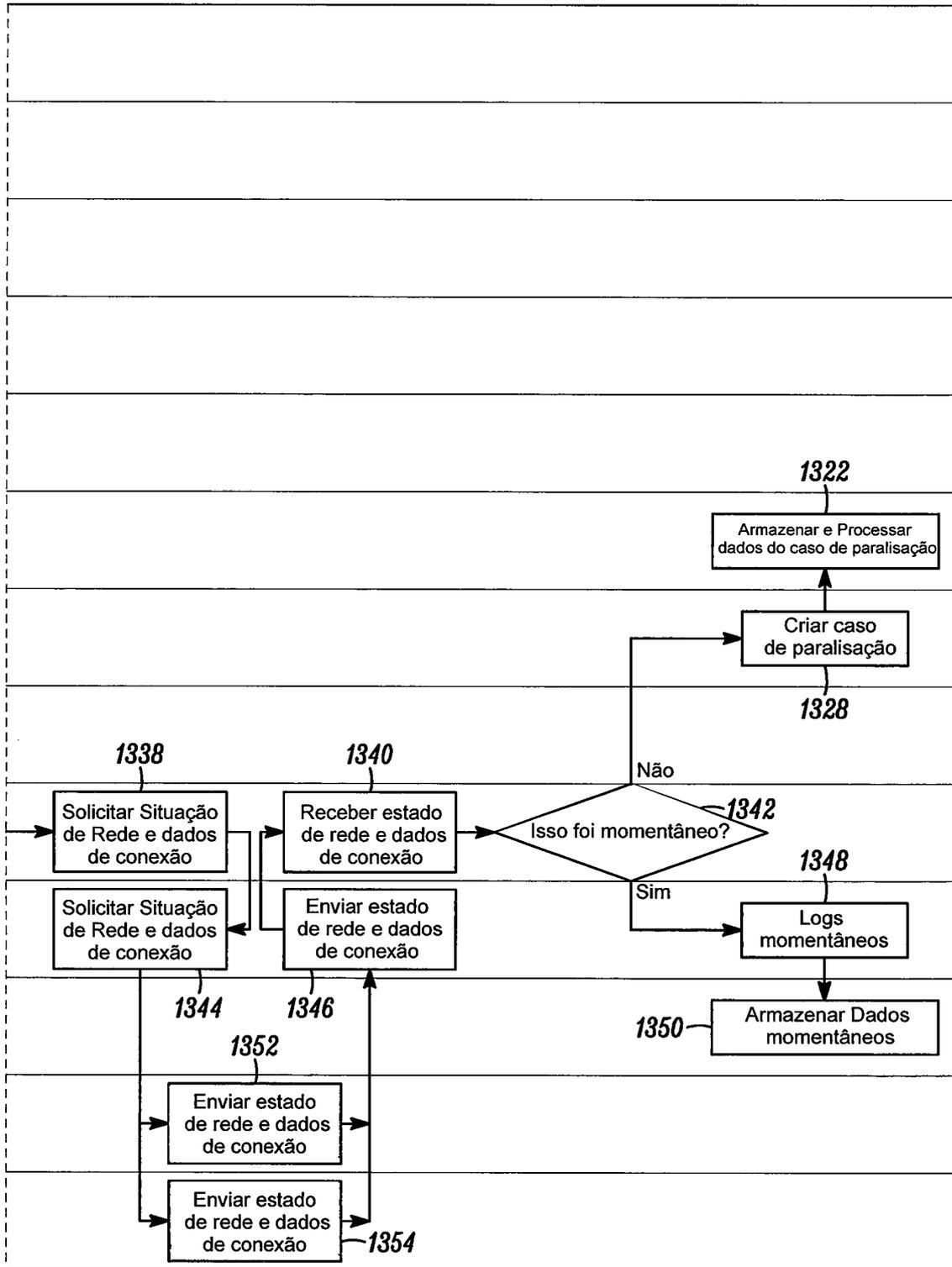


FIG. 13B

FIG. 14
FIG. 14A | FIG. 14B | FIG. 14C

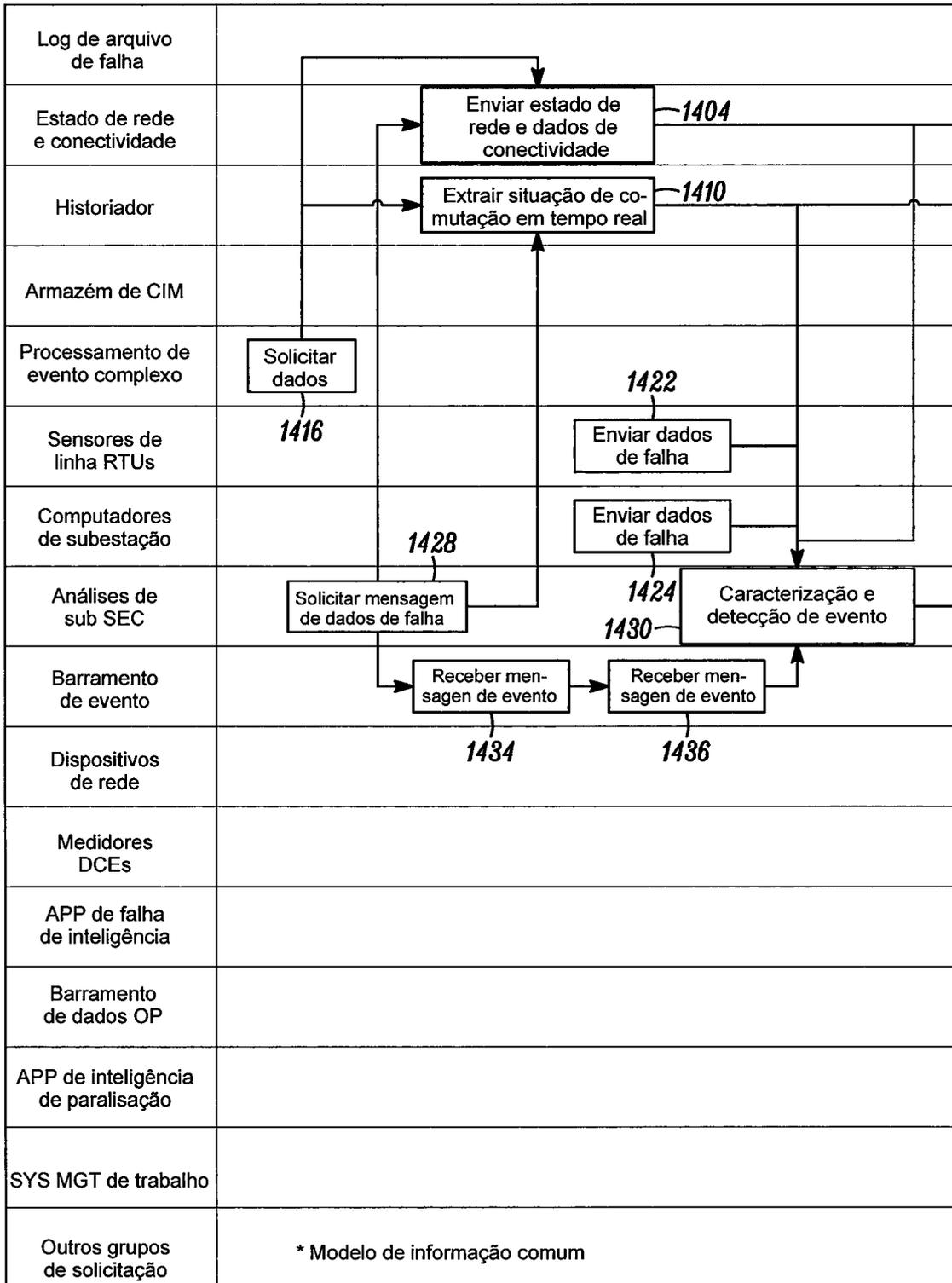


FIG. 14A

Inteligência falha

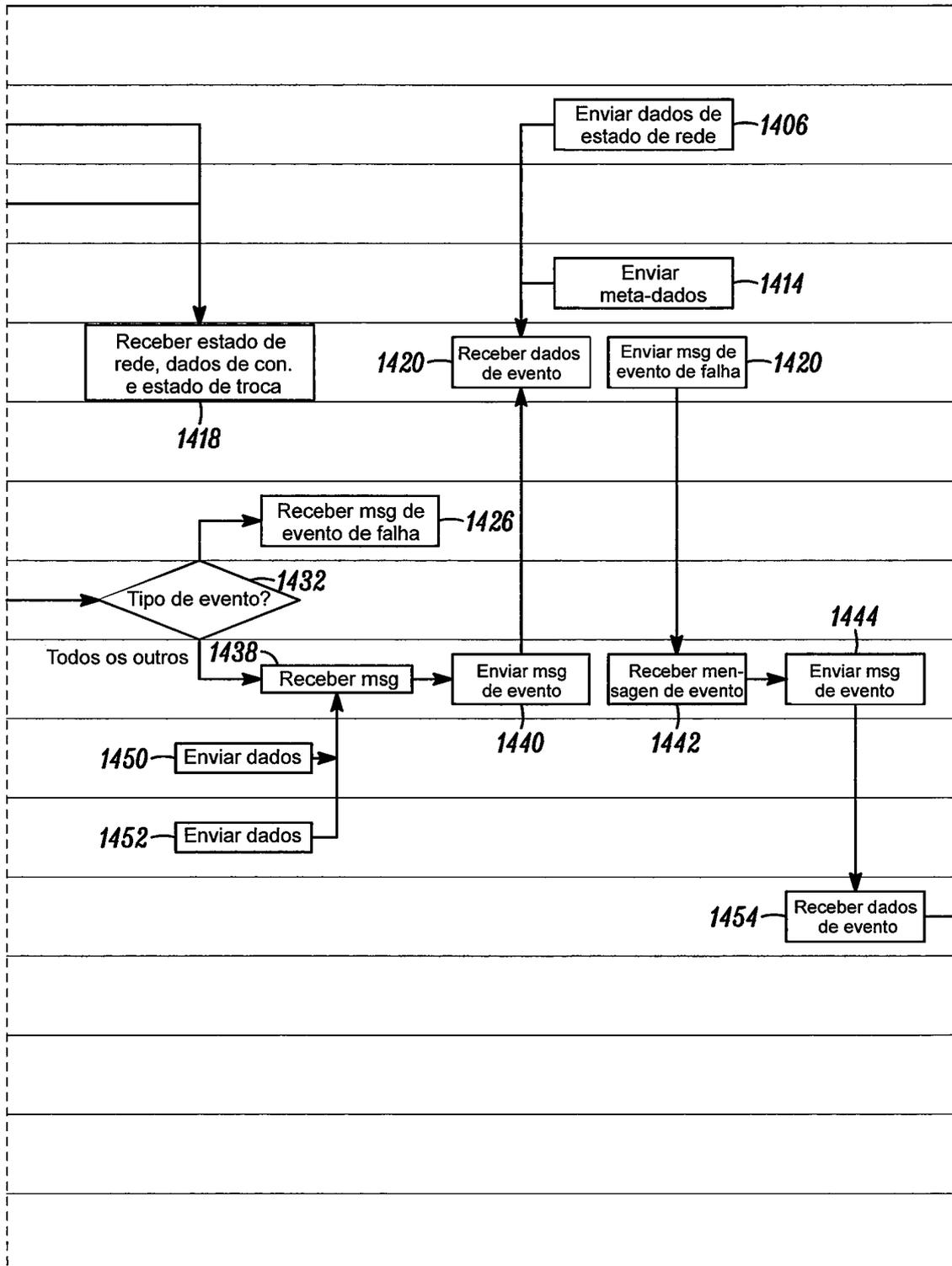


FIG. 14B

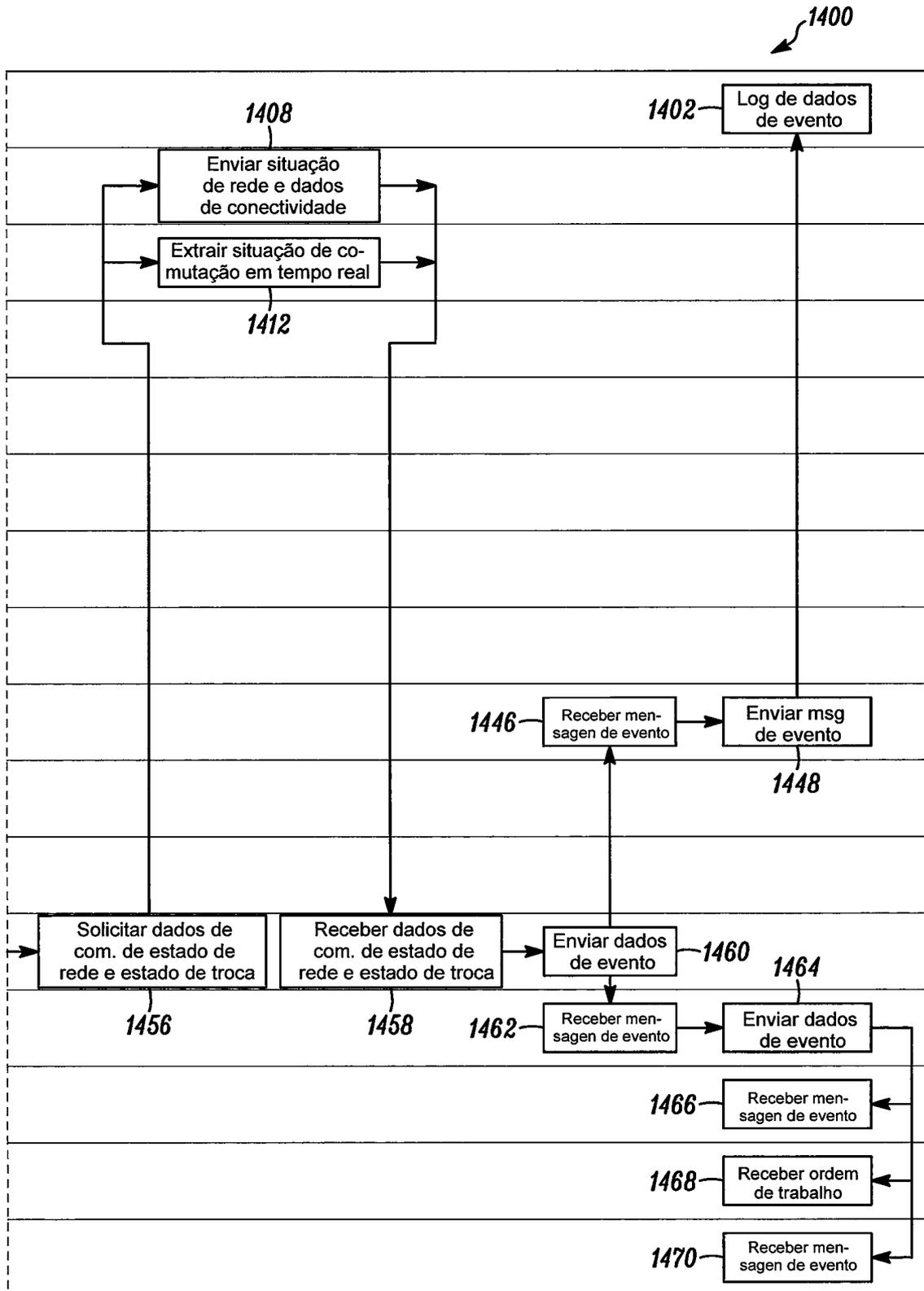


FIG. 14C

FIG. 15
FIG. 15A | FIG. 15B

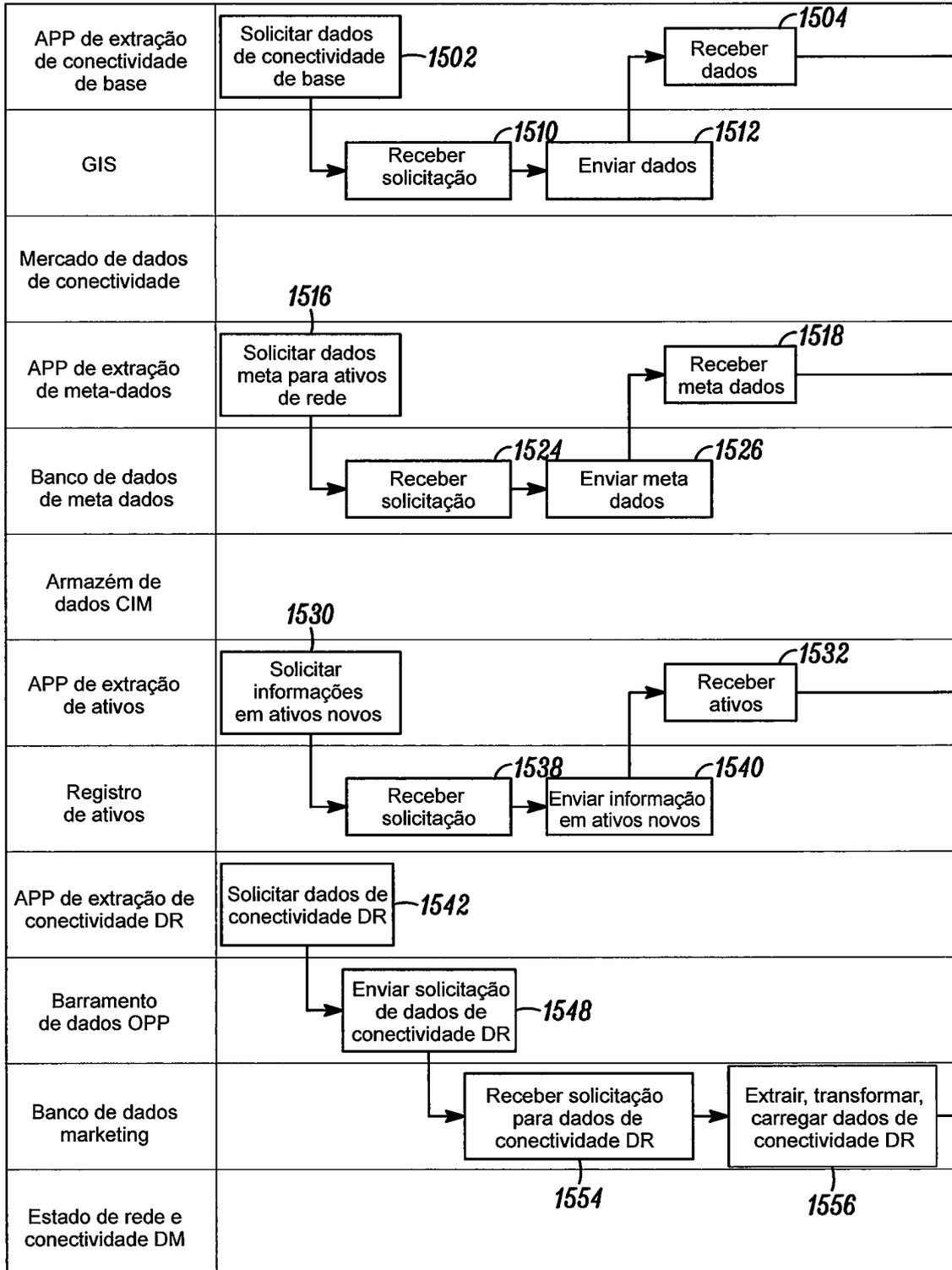


FIG. 15A

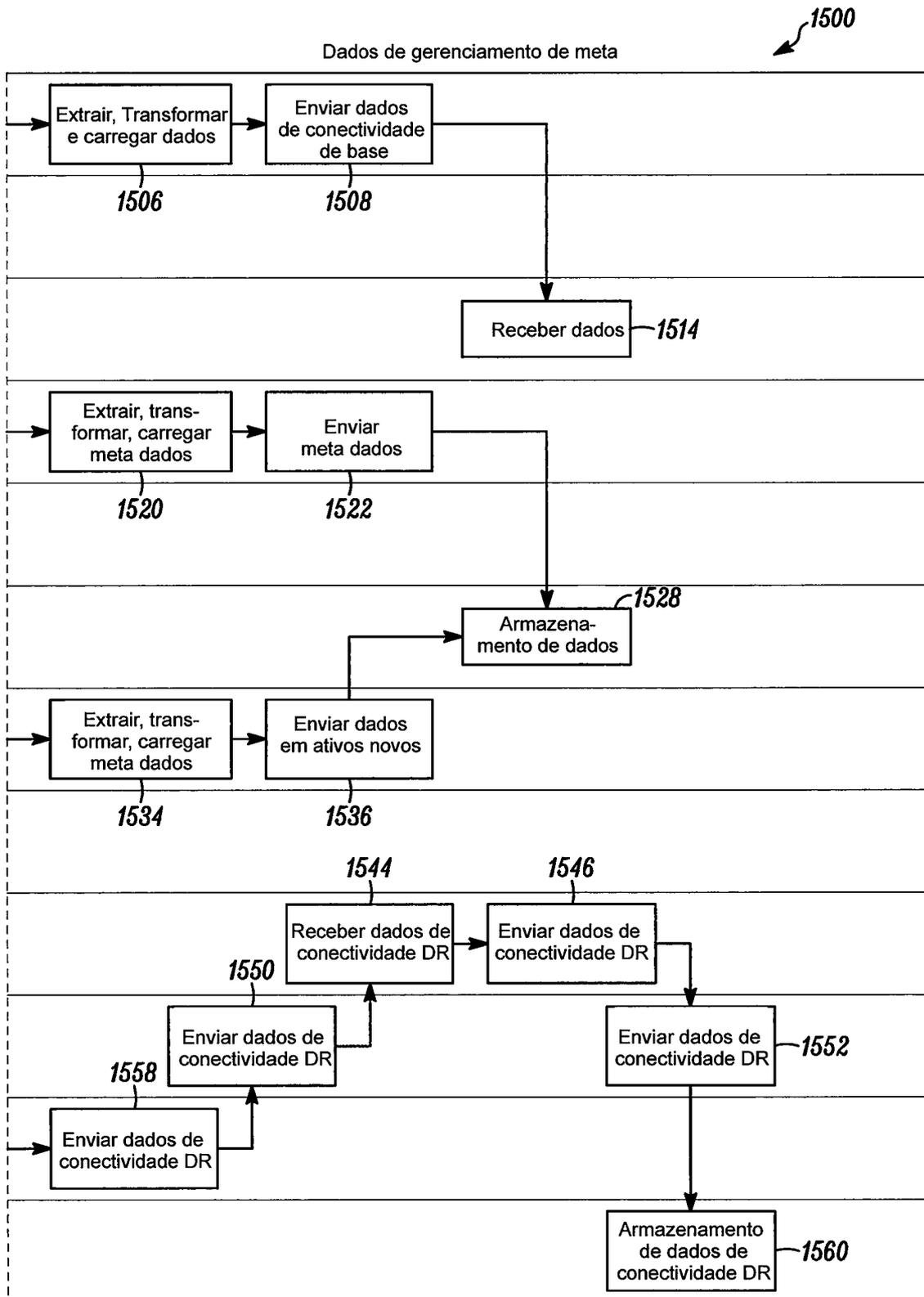


FIG. 15B

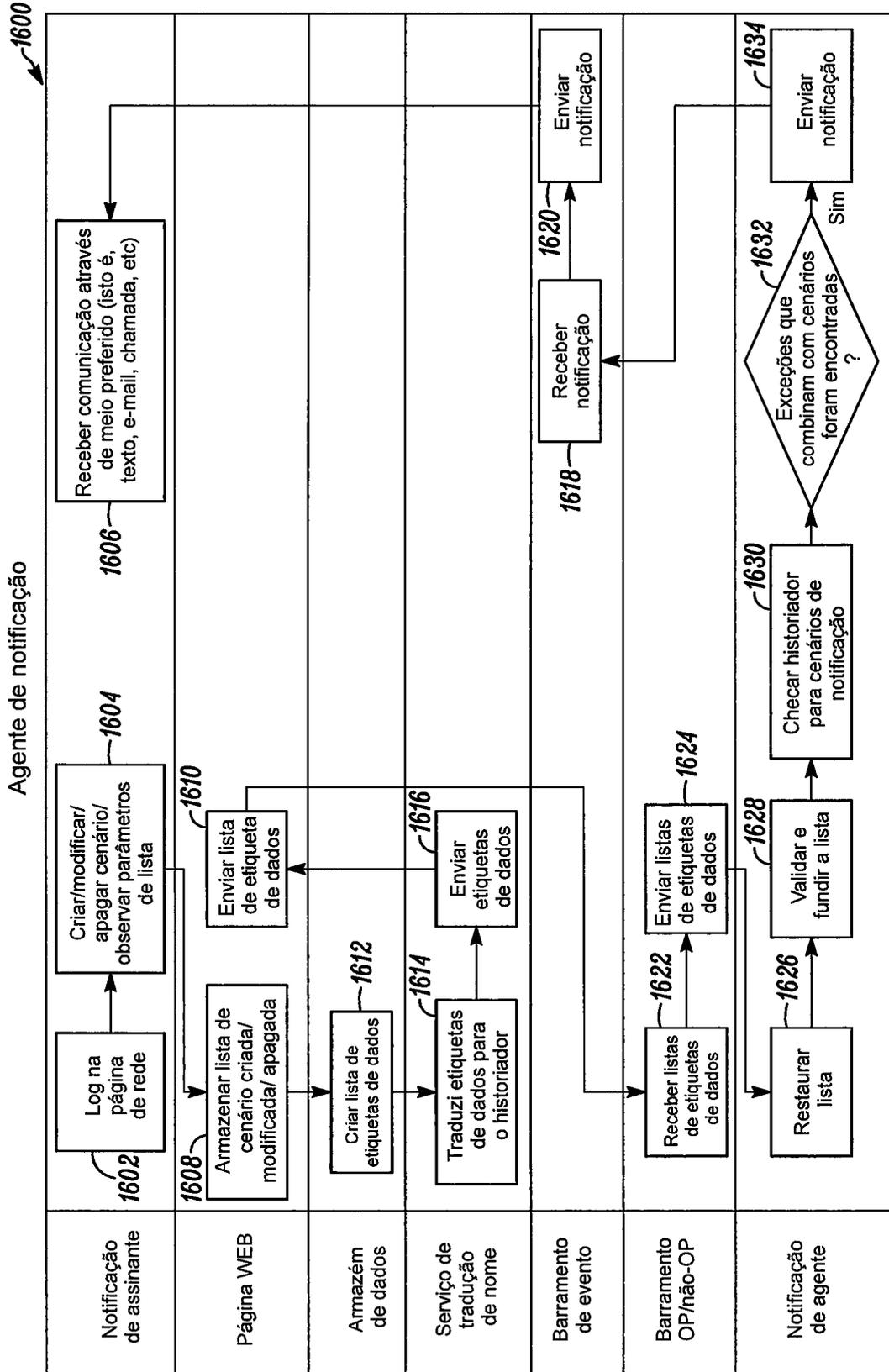


FIG. 16

1700

Coleta de dados de medidores

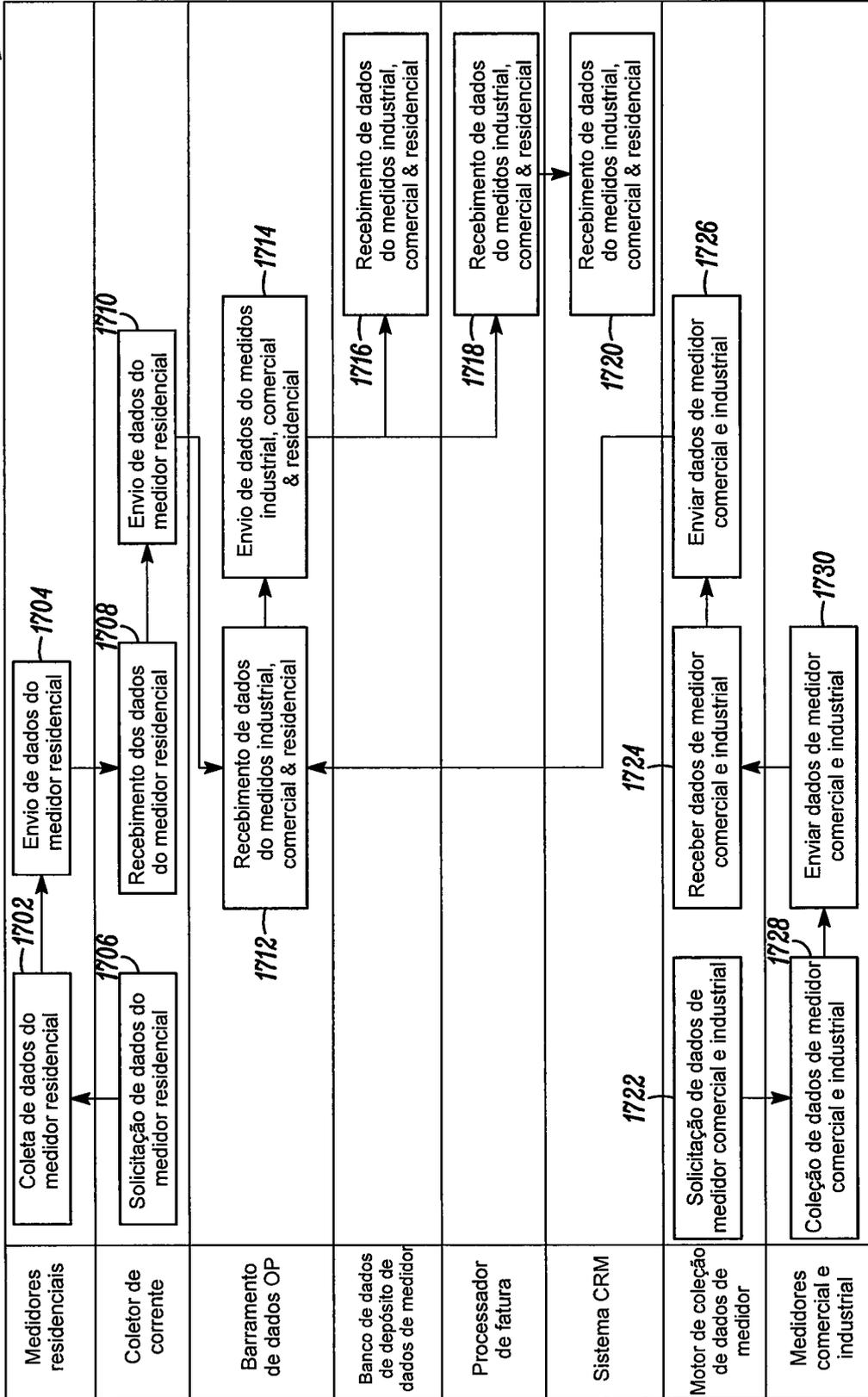


FIG. 17

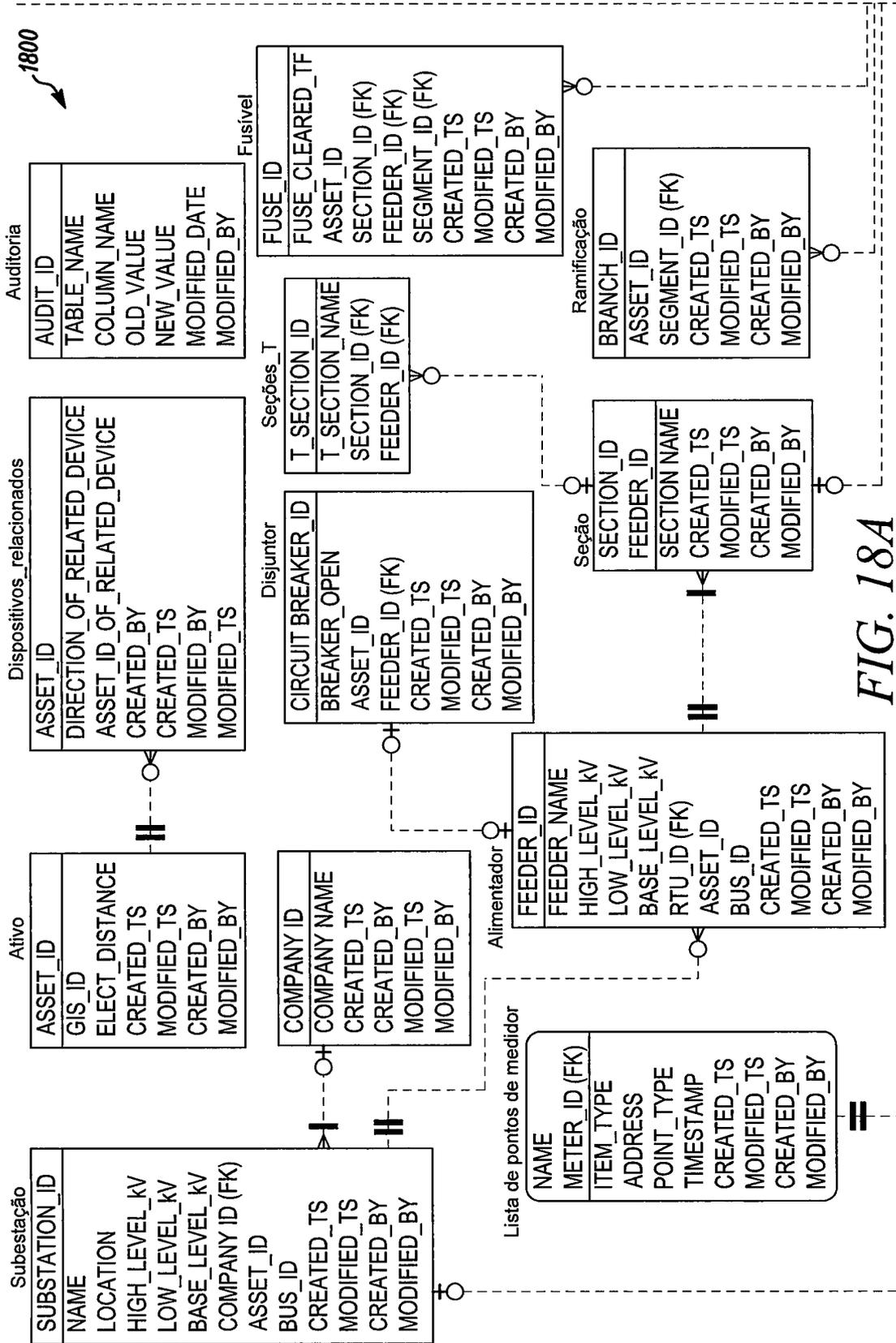


FIG. 18A

1800

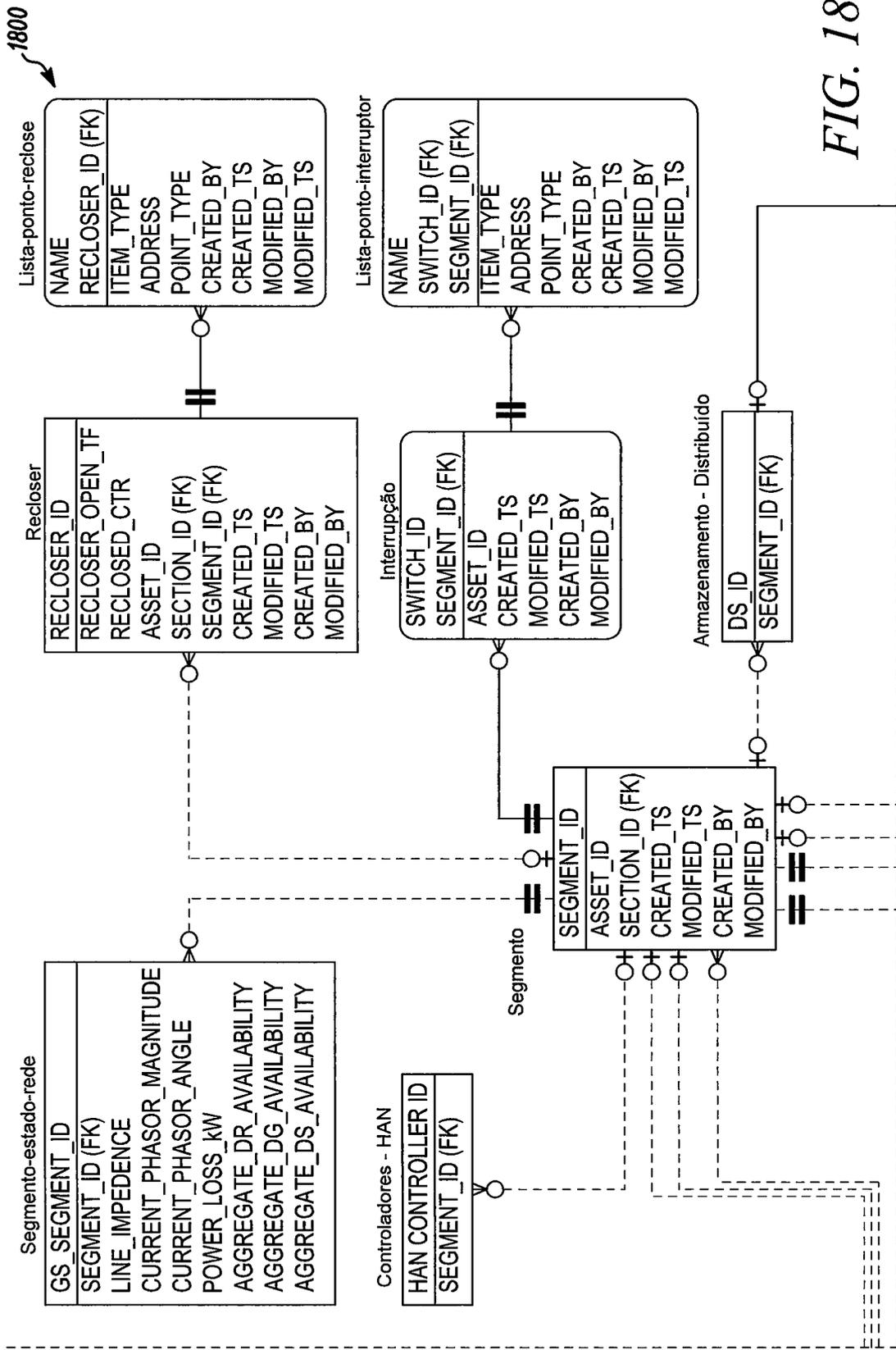


FIG. 18B

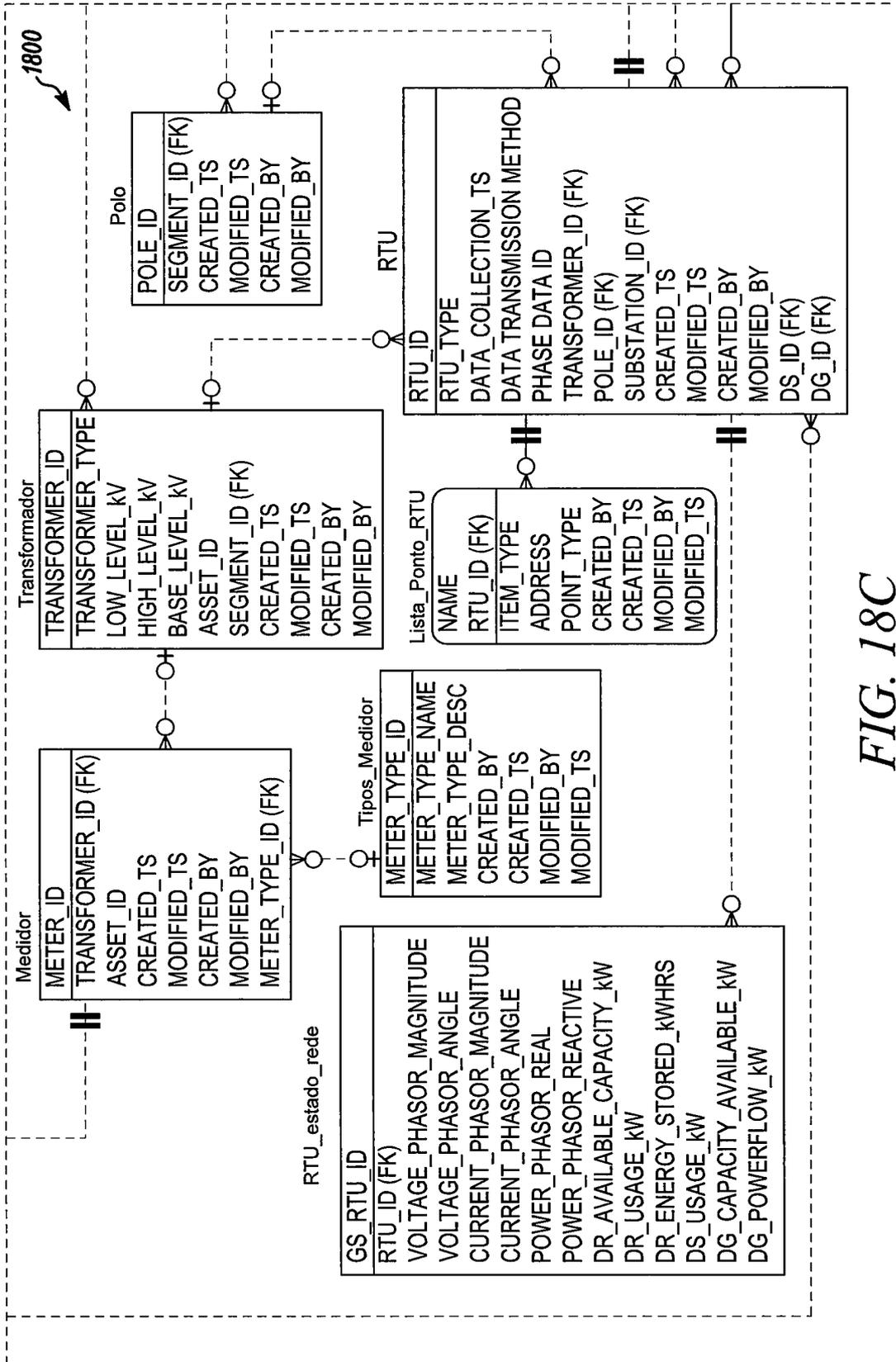


FIG. 18C

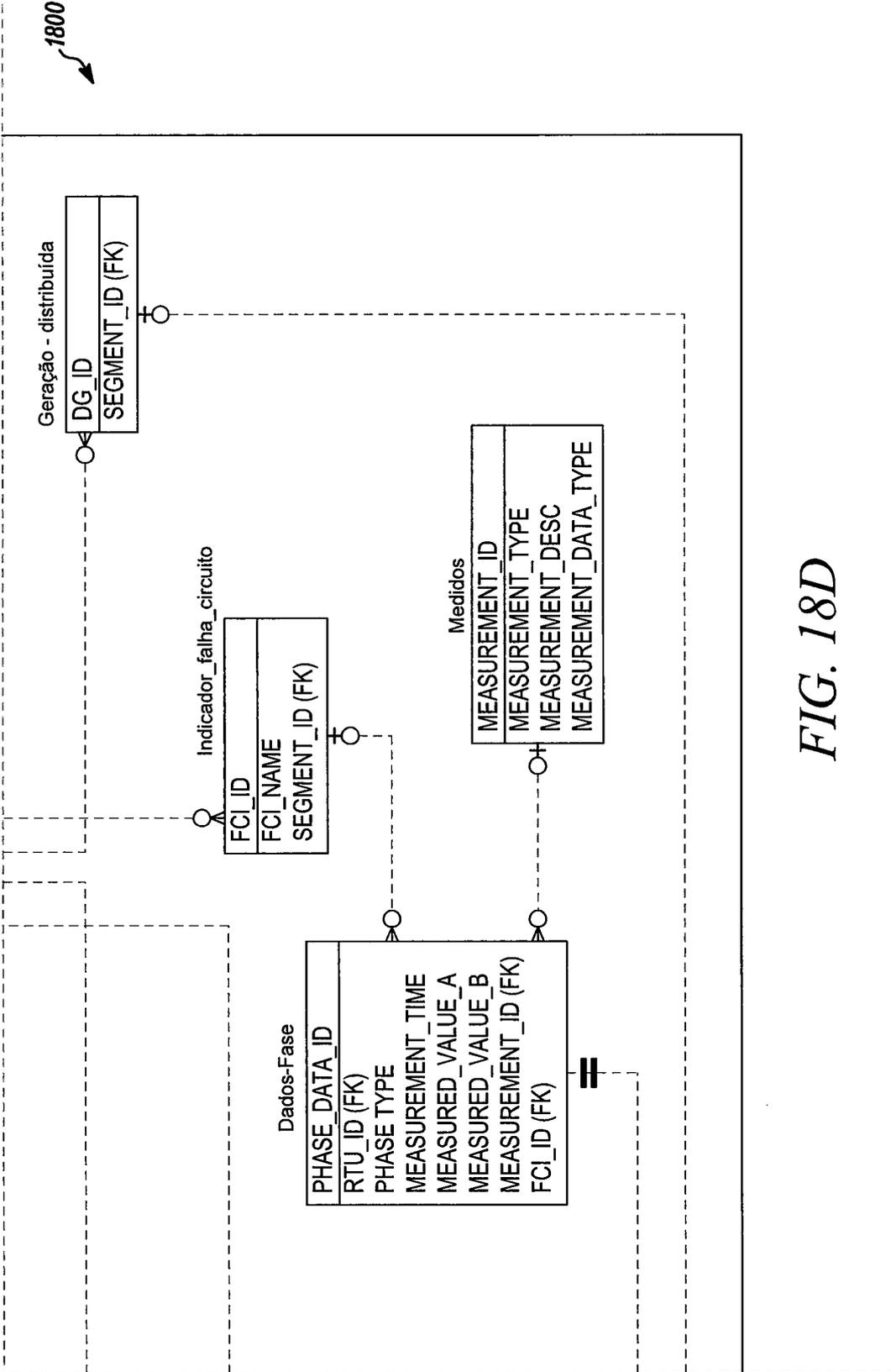


FIG. 18D

Processos de desenvolvimento de rede inteligente INDE

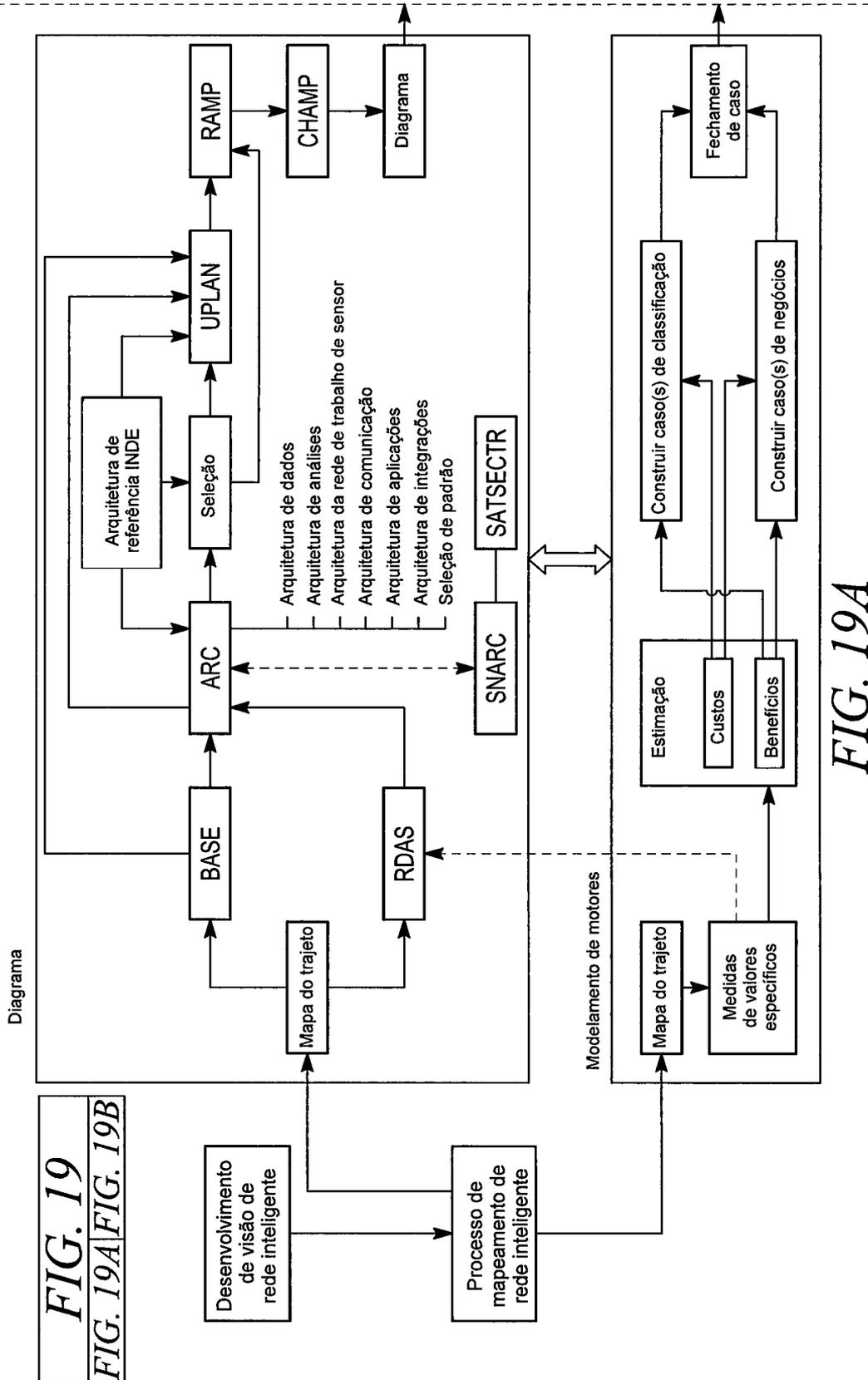


FIG. 19
FIG. 19A | FIG. 19B

FIG. 19A

Lista de processos do diagrama

BASE	Avaliação de sistemas e parâmetros
RDAS	Definição de requerimentos e seleção de análises
ARC	Configuração de arquitetura
Seleção	Avaliação de elemento de solução e modelo de componentes
UPLAN	Planejamento de aprimoramento para aplicações e redes de trabalho
RAMP	Estimativa de risco e planejamento de administração
CHAMP	Análises de mudanças e planejamento de administração
SNARC	Configuração de arquitetura da rede de trabalho de sensor
SATSECTR	Alocação de sensor via recurso de seção em T

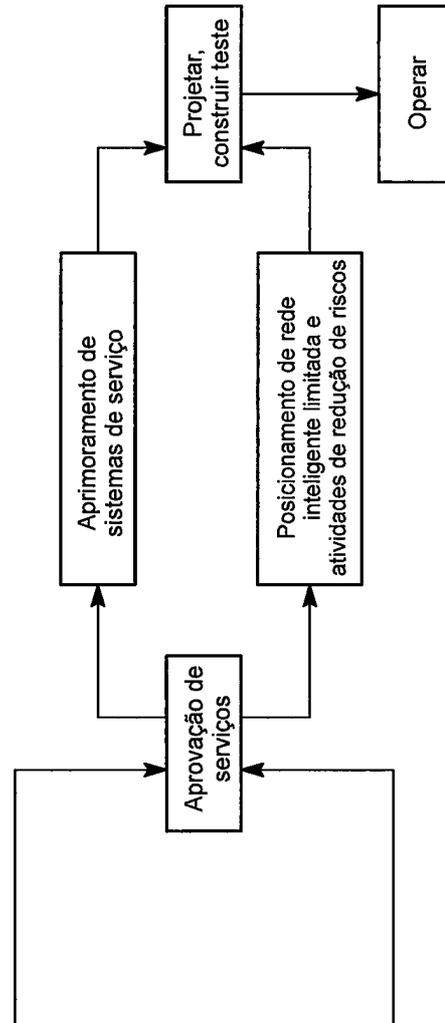


FIG. 19B