



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

(21) PI 0718785-8 A2



* B R P I 0 7 1 8 7 8 5 A 2 *

(22) Data de Depósito: 10/11/2007
(43) Data da Publicação: 03/12/2013
(RPI 2239)

(51) *Int.Cl.:*
H04B 7/06
H04L 1/06
H04L 25/02

(54) Título: FORNECIMENTO DE DIVERSIDADE DE ANTENA EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO.

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 08/11/2007 US 11/937,472,
10/11/2006 US 60/865,313

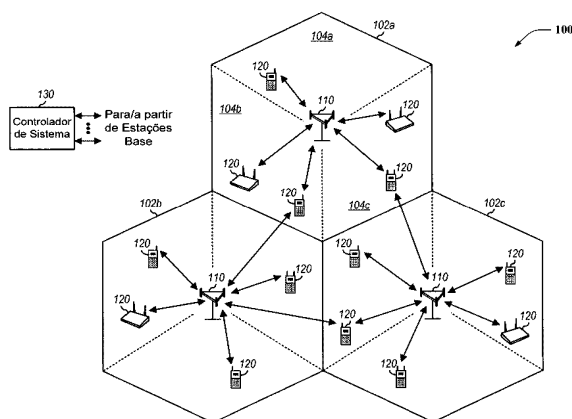
(73) Titular(es): Qualcomm Incorporated

(72) Inventor(es): Alexei Gorokhov, Naga Bhushan, Tamer Kadous

(74) Procurador(es): Montaury Pimenta, Machado & Lioce

(86) Pedido Internacional: PCT US2007084377 de
10/11/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/061045de
22/05/2008



**"FORNECIMENTO DE DIVERSIDADE DE ANTENA EM UM SISTEMA DE
COMUNICAÇÃO SEM FIO"**

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

5 Este pedido reivindica o benefício do Pedido
Provisório de Patente dos Estados Unidos 60/865.313
intitulado "METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING ANTENNA
DIVERSITY IN A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM" o qual foi
depositado em 10 de novembro de 2006. O pedido
anteriormente mencionado é aqui incorporado integralmente
10 mediante referência.

FUNDAMENTOS

I. Campo

15 A descrição a seguir refere-se, genericamente, às
comunicações sem fio e, mais especificamente, à alternância
espacial através de antenas para computação de informação
de qualidade de canal (CQI) e transmissão de dados em um
sistema de comunicação sem fio.

II. Fundamentos

20 Os sistemas de comunicação sem fio são amplamente
empregados para prover vários tipos de conteúdo de
comunicação tal como, por exemplo, voz, dados, e assim por
diante. Sistemas de comunicação sem fio, típicos, podem ser
sistemas de acesso múltiplo capazes de suportar comunicação
com múltiplos usuários mediante compartilhamento de
25 recursos disponíveis de sistema (por exemplo, largura de
banda, potência de transmissão, etc.). Exemplos de tais
sistemas de acesso múltiplo podem incluir sistemas de
acesso múltiplo por divisão de código (CDMA), sistemas de
acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA), sistemas de
30 acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA), sistemas
de acesso múltiplo por divisão de frequência ortogonal
(OFDMA), e semelhante.

Geralmente, os sistemas de comunicação de acesso múltiplo sem fio podem suportar simultaneamente comunicação para múltiplos terminais sem fio. Cada terminal sem fio pode se comunicar com uma ou mais estações base por intermédio de transmissões no link direto e no link reverso. O link direto (ou downlink) se refere ao link de comunicação a partir das estações base para terminais sem fio, e o link reverso (ou uplink) se refere ao link de comunicação a partir dos terminais sem fio para estações base. Adicionalmente, as comunicações entre terminais sem fio e estações base podem ser estabelecidas por intermédio de sistemas de única entrada, única saída (SISO), sistemas de múltiplas entradas, única saída (MISO), sistemas de múltiplas entradas, múltiplas saídas (MIMO), e assim por diante.

Em um sistema de comunicação sem fio, um transmissor (por exemplo, uma estação base ou um terminal) pode utilizar múltiplas (T) antenas de transmissão para transmissão de dados para um receptor equipado com uma ou mais (R) antenas de recepção. Múltiplas antenas de transmissão podem ser usadas para aumentar a velocidade de transmissão do sistema mediante transmissão de diferentes dados a partir dessas antenas e/ou para aperfeiçoar a confiabilidade mediante transmissão de dados de forma redundante. Por exemplo, o transmissor pode transmitir um determinado símbolo a partir de todas as T antenas de transmissão, e o receptor pode receber múltiplas versões desse símbolo por intermédio das antenas de recepção R. Essas múltiplas versões do símbolo transmitido geralmente melhoram a capacidade do receptor em recuperar o símbolo.

O desempenho de transmissão pode ser aperfeiçoado mediante exploração da dimensão espacial obtida com as múltiplas antenas de transmissão e, se presentes, as

múltiplas antenas de recepção. Um percurso de propagação existe entre cada par de antenas de transmissão e de recepção. Percursos de propagação diferente T.R são formados entre as antenas de transmissão T e as antenas de recepção R. Esses percursos de propagação podem experimentar diferentes condições de canal (por exemplo, diferente desvanecimento, multipercurso, efeitos de interferência, etc.) e podem realizar diferentes relações de sinal/ruído e interferência (SNRs). As respostas de canal para os percursos de propagação T.R pode variar de percurso para percurso e podem variar adicionalmente através da frequência para um canal sem fio dispersivo e/ou através do tempo para um canal sem fio de variância temporal.

Um grande empecilho ao uso de múltiplas antenas de transmissão para a transmissão de dados é que a resposta de canal entre cada par de antenas de transmissão e recepção (ou cada percurso de propagação) tipicamente precisa ser estimada para adequadamente receber a transmissão de dados. A estimação da resposta de canal completa para todos os pares de antena de transmissão e recepção T.R pode ser indesejável por várias razões. Por exemplo, uma grande quantidade de recursos de ligação pode ser consumida para transmitir um piloto usado para estimação de canal, o que por sua vez reduz os recursos de ligação disponíveis para transmitir dados. Adicionalmente, estimação de canal para todos os pares de antena de transmissão e recepção T.R aumenta o overhead de processamento no receptor.

30

SUMÁRIO

O que se segue apresenta um sumário simplificado de uma ou mais modalidades para prover um entendimento básico de tais modalidades. Esse sumário não é uma visão

geral extensiva de todas as modalidades consideradas, e não pretende identificar elementos cruciais ou essenciais de todas as modalidades nem tampouco delinear o escopo de qualquer uma ou de todas as modalidades. Seu único propósito é o de apresentar alguns conceitos de uma ou mais modalidades em uma forma simplificada como um prelúdio para a descrição mais detalhada que é apresentada posteriormente.

De acordo com uma ou mais modalidades e revelação correspondente das mesmas, vários aspectos são descritos em conexão com a facilitação de alternância através das antenas para computação de informação de qualidade de canal (CQI) e transmissão de dados em um ambiente de comunicação sem fio de múltiplas entradas, múltiplas saídas (MIMO). Pilotos podem ser obtidos por um terminal sem fio. Adicionalmente, antenas virtuais que podem ser suportadas por um canal podem ser identificadas com base em uma análise dos pilotos. Além disso, computações CQI podem ser efetuadas para cada uma das antenas virtuais suportadas; posteriormente, os dados CQI podem ser enviados para uma estação base para programação de transmissão de dados. Adicionalmente, a estação base pode programar transmissão com base nos dados CQI e/ou considerações de equidade. Quando programada, a transmissão de dados pode ocorrer mediante alternância através das antenas virtuais suportadas.

De acordo com os aspectos relacionados, é descrito aqui um método que facilita a avaliação de informação de qualidade de canal (CQI) em um ambiente de comunicação sem fio de múltiplas entradas, múltiplas saídas (MIMO). O método pode incluir a obtenção de pilotos a partir de uma estação base. Adicionalmente, o método pode compreender identificar um número de camadas suportadas por

um canal com base em uma avaliação dos pilotos. Além disso, o método pode incluir computar um conjunto de CQIs mediante alternância através de antenas virtuais associadas com as camadas suportadas, cada CQI corresponder a uma camada respectiva das camadas suportadas. O método pode incluir adicionalmente o envio do conjunto de CQIs para a estação base para programação da transmissão de dados.

Outro aspecto se refere a um equipamento de comunicação sem fio. O equipamento de comunicação sem fio pode incluir uma memória que retém instruções relacionadas à determinação de um número de camadas suportadas por um canal com base em uma avaliação dos pilotos recebidos, avaliando um conjunto de CQIs mediante alternância através de antenas virtuais correspondendo às camadas suportadas, cada CQI se refere a uma camada respectiva das camadas suportadas, e transmitindo o conjunto das CQIs para programar a transmissão de dados. Adicionalmente, os equipamentos de comunicação sem fio podem incluir um processador, acoplado à memória, configurado para executar as instruções retidas na memória.

Ainda outro aspecto se refere a um equipamento de comunicação sem fio que habilita a computação das CQIs em um ambiente de comunicação sem fio MIMO. O equipamento de comunicação sem fio pode incluir meio para reconhecer antenas virtuais suportadas com base em pilotos obtidos. Adicionalmente, o equipamento de comunicação sem fio pode compreender meio para determinar as CQIs para as antenas virtuais suportadas mediante alternância através das antenas virtuais suportadas. Além disso, o equipamento de comunicação sem fio pode incluir meio para transmitir as CQIs para uma estação base para programar a transmissão de dados.

Ainda outro aspecto se refere a um meio legível por máquina tendo armazenado em si instruções executáveis por máquina para receber piloto a partir de uma estação base; determinando um número de camadas suportadas por um canal com base em uma avaliação dos pilotos, gerando um conjunto de CQIs mediante alternância através de antenas virtuais associadas com as camadas suportadas, cada CQI corresponda a uma camada respectiva das camadas suportadas; e transferindo o conjunto de CQIs para a estação base para programação da transmissão de dados.

De acordo com outro aspecto, um equipamento em um sistema de comunicação sem fio pode incluir um processador, em que o processador pode ser configurado para reconhecer antenas virtuais suportadas com base nos pilotos obtidos. Adicionalmente, o processador pode ser configurado para determinar as CQIs para as antenas virtuais suportadas mediante alternância através das antenas virtuais suportadas. Além disso, o processador pode ser configurado para transmitir as CQIs para uma estação base para programar a transmissão de dados.

De acordo com outros aspectos, um método que facilita a transmissão de dados a partir de uma estação base em um ambiente de comunicação sem fio MIMO é descrito aqui. O método pode compreender enviar pilotos CQI através de um conjunto de antenas virtuais. Adicionalmente, o método pode incluir obter uma ou mais CQIs que pertencem respectivamente a uma ou mais antenas virtuais suportadas para um usuário, a uma ou mais antenas virtuais suportadas constituindo um subconjunto das antenas virtuais. Além disso, o método pode incluir programar a transmissão de dados para o usuário com base nos dados CQI. Além disso, o método pode incluir transmitir os dados mediante

alternância através de uma ou mais antenas virtuais suportadas.

Ainda outro aspecto se refere a um equipamento de comunicação sem fio que pode incluir uma memória que retém instruções relacionadas à transmissão de piloto através de um conjunto de antenas virtuais, recebendo uma ou mais CQIs que pertencem respectivamente a uma ou mais antenas virtuais suportadas para um usuário, a uma ou mais antenas virtuais suportadas constituindo um subconjunto das antenas virtuais, programando a transmissão de dados para o usuário com base nos dados CQI, e transmitindo os dados mediante alternância através da uma ou mais antenas virtuais suportadas. Adicionalmente, o equipamento de comunicação sem fio pode compreender um processador, acoplado à memória, configurado para executar as instruções retidas na memória.

Outro aspecto se refere a um equipamento de comunicação sem fio que permite a programação de transmissão e envio de dados em um ambiente de comunicação sem fio MIMO. O equipamento de comunicação sem fio pode incluir meios para transmitir pilotos através de um conjunto de antenas virtuais. Além disso, o equipamento de comunicação sem fio pode incluir meios para programar a transmissão de dados para um usuário com base nas CQIs recebidas que correspondem respectivamente às antenas virtuais suportadas pelo usuário. Além disso, o equipamento de comunicação sem fio pode incluir meios para transmitir dados mediante alternância através das antenas virtuais suportadas.

Ainda outro aspecto se refere a um meio legível por máquina tendo armazenado em si instruções executáveis por máquina para enviar pilotos através de um conjunto de antenas virtuais, os pilotos sendo gerados com base em uma

matriz unitária, programando a transmissão de dados para um usuário com base nas CQIs recebidas que correspondem respectivamente às antenas virtuais suportadas pelo usuário, e transmitindo os dados mediante alternância
5 através das antenas virtuais suportadas.

De acordo com outro aspecto, um equipamento em um sistema de comunicação sem fio pode incluir um processador, em que o processador pode ser configurado para enviar pilotos CQI através de um conjunto de antenas virtuais;
10 obter uma ou mais CQIs que pertencem respectivamente a uma ou mais antenas virtuais suportadas para um usuário, a uma ou mais antenas virtuais suportadas constituindo um subconjunto das antenas virtuais; programar a transmissão de dados para o usuário com base nos dados CQI; e/ou
15 transmitir os dados mediante alternância através de uma ou mais antenas virtuais suportadas.

Para realização das finalidades anteriormente mencionadas e relacionadas, a uma ou mais modalidades compreendem os recursos em seguida descritos completamente e particularmente assinalados nas reivindicações. A
20 descrição a seguir e os desenhos anexos apresentam em certo detalhe aspectos ilustrativos da uma ou mais modalidades. Esses aspectos são indicativos, contudo, de apenas umas poucas formas nas quais os princípios das várias
25 modalidades podem ser empregados e as modalidades descritas pretendem incluir todos os tais aspectos e seus equivalentes.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é uma ilustração de um sistema de comunicação sem fio de acordo com vários aspectos aqui
30 apresentados.

As Figuras 2A e 2B são ilustrações de canais MISO e MIMO, exemplares, respectivamente.

A Figura 3 é uma ilustração de um modelo exemplar para um esquema de transmissão com antenas virtuais.

5 A Figura 4 é uma ilustração de um modelo exemplar para um esquema de transmissão com antenas virtuais e diversidade de retardo cíclico.

A Figura 5 é uma ilustração de um esquema piloto exemplar para salto de taxa de símbolo.

As Figuras 6A a 6D são ilustrações de esquemas piloto exemplares para salto de bloco.

10 A Figura 7 é uma ilustração de um sistema exemplar que realiza ciclos através de antenas para computação CQI e transmissão de dados em um ambiente de comunicação sem fio MIMO.

15 A Figura 8 é uma ilustração de uma metodologia exemplar que facilita a avaliação de CQI em um ambiente de comunicação sem fio MIMO.

A Figura 9 é uma ilustração de uma metodologia exemplar que facilita a computação de CQI em um ambiente de comunicação sem fio MIMO de loop fechado.

20 A Figura 10 é uma ilustração de uma metodologia exemplar que facilita a transmissão de dados a partir de uma estação base em um ambiente de comunicação sem fio MIMO.

25 A Figura 11 é uma ilustração de um dispositivo móvel exemplar que facilita a utilização de alternância através das antenas para computação CQI em um sistema de comunicação sem fio MIMO.

30 A Figura 12 é uma ilustração de um sistema exemplar que facilita a transmissão de dados mediante alavancagem de alternância espacial em um ambiente de comunicação sem fio MIMO.

A Figura 13 é uma ilustração de um ambiente de rede sem fio exemplar que pode ser empregado em conjunto com os vários sistemas e métodos aqui descritos.

5 A Figura 14 é uma ilustração de um sistema exemplar que possibilita a computação de CQIs em um ambiente de comunicação sem fio MIMO.

A Figura 15 é uma ilustração de um sistema exemplar que permite a programação de transmissão e envio de dados em um ambiente de comunicação sem fio MIMO.

10 **DESCRIÇÃO DETALHADA**

Várias modalidades são agora descritas com referência aos desenhos, em que numerais de referência semelhantes são usados para se referir do princípio ao fim aos elementos semelhantes. Na descrição a seguir, para fins
15 de explanação, vários detalhes específicos são apresentados para prover um entendimento completo de uma ou mais modalidades. Pode ser evidente, contudo, que tal modalidade(s) pode ser praticada sem esses detalhes específicos. Em outros casos, estruturas e dispositivos conhecidos são mostrados na forma de diagrama de blocos
20 para facilitar a descrição de uma ou mais modalidades.

Como usado nesse pedido, os termos "componente", "módulo", "sistema", e semelhantes pretendem se referir a uma entidade relacionada a computador quer seja hardware,
25 firmware, ou uma combinação de hardware e software, software, ou software em execução. Por exemplo, um componente pode ser, porém não é limitado a ser um processo executando em um processador, um processador, um objeto, um executável, um fluxo de execução, um programa, e/ou um
30 computador. Como ilustração, uma aplicação executando em um dispositivo de computação, e o dispositivo de computação, podem constituir um componente. Um ou mais componentes podem residir dentro de um processo e/ou fluxo de execução

e um componente pode estar localizado em um computador e/ou distribuído entre dois ou mais computadores. Além disso, esses componentes podem executar a partir de vários meios legíveis por computador tendo várias estruturas de dados armazenadas nos mesmos. Os componentes podem se comunicar por intermédio de processos locais e/ou remotos tal como de acordo com um sinal tendo um ou mais pacotes de dados (por exemplo, dados a partir de um componente interagindo com outro componente em um sistema local, sistema distribuído, e/ou através de uma rede tal como a Internet com outros sistemas por intermédio do sinal).

Além disso, várias modalidades são aqui descritas em conexão com um terminal sem fio. Um terminal sem fio também pode ser chamado de sistema, unidade de assinante, estação de assinante, estação móvel, aparelho móvel, estação remota, terminal remoto, terminal de acesso, terminal de usuário, terminal, dispositivo de comunicação sem fio, agente de usuário, dispositivo de usuário, ou equipamento de usuário (UE). Um terminal sem fio pode ser um telefone celular, um telefone sem fio, um fone de Protocolo de Iniciação de Sessão (SIP), uma estação de rede local sem fio (WLL), um assistente pessoal digital (PDA), um dispositivo de mão tendo capacidade de conexão sem fio, dispositivo de computação, ou outro dispositivo de processamento conectado a um modem sem fio. Além disso, várias modalidades são descritas aqui em conexão com uma estação base. Uma estação base pode ser utilizada para comunicação com dispositivo(s) móvel e também pode ser referida como um ponto de acesso, Nó B, ou alguma outra terminologia.

Além disso, vários aspectos ou características aqui descritas podem ser implementados como um método, equipamento, ou produto industrial utilizando técnicas

exemplares de programação e/ou engenharia. O termo "produto industrial" conforme aqui usado pretende abranger um programa de computador acessível a partir de qualquer dispositivo legível por computador, portadora, ou meios.

5 Por exemplo, meios legíveis por computador podem incluir, mas não são limitados aos dispositivos de armazenamento magnético (por exemplo, disco rígido, disquete, tiras magnéticas, etc.) discos óticos (por exemplo, disco a laser (CD), discos digitais versáteis (DVD), etc.), cartões

10 inteligentes, e dispositivos de memória flash (por exemplo, EPROM, cartão, stick, unidade de teclas, etc.). Adicionalmente, vários meios de armazenamento descritos aqui podem representar um ou mais dispositivos e/ou outros meios legíveis por máquina para armazenar informação. O

15 termo "meio legível por máquina" pode incluir, sem ser limitado aos canais sem fio e vários outros meios capazes de armazenar, conter e/ou transportar instrução(ões) e/ou dados.

Com referência agora à Figura 1, um sistema de

20 comunicação sem fio 100 é ilustrado de acordo com as várias modalidades aqui apresentadas. Conforme mostrado, o sistema de comunicação sem fio 100 inclui múltiplas estações base 110 e múltiplos terminais sem fio 120 (por exemplo, terminais). Uma estação base 110 é uma estação que se

25 comunica com os terminais 120. Uma estação base 110 também pode ser chamada, e pode conter alguma ou toda a funcionalidade de um ponto de acesso, um Nó B, e/ou alguma outra entidade de rede. Cada estação base 110 provê cobertura de comunicação para uma área geográfica

30 específica 102. O termo "célula" pode se referir a uma estação base e/ou sua área de cobertura dependendo do contexto no qual o termo é usado. Para aperfeiçoar a capacidade do sistema, uma área de cobertura de estação

base pode ser particionada em múltiplas áreas menores, por exemplo, três áreas menores 104a, 104b, e 104c. Cada área menor é servida por um subsistema de transceptor base respectivo (BTS). O termo "setor" pode se referir a um BTS e/ou sua área de cobertura dependendo do contexto no qual o termo é usado. Para uma célula setorizada, os BTSs para todos os setores daquela célula são tipicamente co-localizados dentro da estação base para a célula. As técnicas de transmissão aqui descritas podem ser usadas para um sistema com células setorizadas assim como para um sistema com células não-setorizadas. Para simplicidade, na descrição a seguir, o termo "estação base" é usado genericamente para um BTS que serve a um setor assim como uma estação base que serve uma célula.

Terminais 120 são tipicamente dispersos por todo o sistema, e cada terminal pode ser fixo ou móvel. Um terminal 120 também pode ser denominado, e pode conter algumas ou toda a funcionalidade de uma estação móvel, de um equipamento de usuário, e/ou de algum outro dispositivo. Um terminal pode ser um dispositivo sem fio, um telefone celular, um assistente pessoal digital (PDA), uma placa de modem sem fio, e assim por diante. Cada terminal 120 pode se comunicar com zero, uma, ou múltiplas estações base 110 no downlink e no uplink em qualquer momento determinado. O downlink (ou link direto) se refere ao link de comunicação a partir das estações base 110 para os terminais 120, e o uplink (ou link reverso) se refere ao link de comunicação a partir dos terminais 120 para as estações base 110.

Para uma arquitetura centralizada, um controlador de sistema 130 se acopla às estações base 110 e provê coordenação e controle para essas estações base 110. Para uma arquitetura distribuída, as estações base 110 podem se comunicar entre si conforme necessário.

As técnicas de transmissão aqui descritas podem ser usadas para vários sistemas de comunicação sem fio tal como um sistema de acesso múltiplo por divisão de frequência ortogonal (OFDMA), um sistema de acesso múltiplo por divisão de frequência de uma só portadora (SC-FDMA), um sistema de acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA), um sistema de acesso múltiplo por divisão de código (CDMA), um sistema de acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA), e assim por diante. Um sistema OFDMA utiliza multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM), que é uma técnica de modulação de múltiplas portadoras que divide a largura de banda de sistema total em múltiplas (K) sub-bandas ortogonais. Essas sub-bandas também são denominadas tons, subportadoras, faixas, e assim por diante. Com OFDM, cada sub-banda é associada a uma subportadora respectiva que pode ser modulada com dados. Um sistema SC-FDMA pode utilizar FDMA intercalada (IFDMA) para transmitir em sub-bandas que são distribuídas através da largura de banda de sistema, FDMA localizada (LFDMA) para transmitir em um bloco de sub-bandas adjacentes, ou FDMA otimizado (EFDMA) para transmitir em múltiplos blocos de sub-bandas adjacentes. Em geral, símbolos de modulação são enviados no domínio de frequência com OFDM e no domínio de tempo com SC-FDMA.

Um símbolo OFDM pode ser gerado para uma antena de transmissão em um período de símbolo conforme a seguir. N símbolos de modulação são mapeados para N sub-bandas usadas para transmissão (ou N sub-bandas atribuídas) e zero símbolos com valor de sinal de zero são mapeados para K-N sub-bandas restantes. Uma transformada rápida inversa de Fourier de ponto-K (IFFT) ou transformada inversa discreta de Fourier (IDFT) é realizada nos símbolos de modulação K e símbolos zero para obter uma sequência de K amostras de

tempo-domínio. As últimas Q amostras da sequência são copiadas para o início da sequência para formar um símbolo OFDM que contém $K+Q$ amostras. As Q amostras copiadas frequentemente são denominadas de prefixo cíclico ou um
 5 intervalo de proteção, e Q é o comprimento de prefixo cíclico. O prefixo cíclico é usado para combater interferência entre símbolos (ISI) causada por desvanecimento seletivo de frequência, o qual é uma resposta de frequência que varia através da largura de
 10 banda do sistema.

Um símbolo SC-FDMA pode ser gerado para uma antena de transmissão em um período de símbolo conforme a seguir. N símbolos de modulação a serem enviados em N sub-bandas atribuídas são transformados para o domínio de
 15 frequência com uma transformada rápida de Fourier de ponto- N (FFT) ou transformada discreta e Fourier (DFT) para obter N símbolos de frequência-domínio. Esses N símbolos de frequência-domínio são mapeados para as N sub-bandas atribuídas, e símbolos zero são mapeados para as restantes
 20 $K-N$ sub-bandas. Uma IFFT de ponto- K ou IDFT é então realizada nos K símbolos de frequência-domínio e símbolos zero para obter uma sequência de K amostras de tempo-domínio. As últimas Q amostras da sequência são copiadas para o início da sequência para formar um símbolo FC-FDMA
 25 que contém $K+Q$ amostras.

Um símbolo de transmissão pode ser um símbolo OFDM ou um símbolo SC-FDMA. As $K+Q$ amostras de um símbolo de transmissão são transmitidas em $K+Q$ períodos de chip/amostra. Um período de símbolo é a duração de um
 30 símbolo de transmissão e é igual a $K+Q$ períodos de chip/amostra.

As técnicas de transmissão aqui descritas podem ser usadas para o downlink assim como para o uplink. Para

clareza, grande parte da descrição a seguir é para transmissão de downlink a partir de uma estação base 110 (um transmissor) para um ou mais terminais 120 (receptores).

5 A Figura 2A ilustra um canal de múltiplas entradas, única saída (MISO) formado por múltiplas antenas de transmissão (T) 112a a 112t na estação base 110 e uma única antena de recepção 122x em um terminal 120x. O canal MISO pode ser caracterizado por um vetor de fileira de
10 resposta de canal 1xT $\underline{h}(k)$ para cada sub-banda k , o que pode ser dado como:

$$\underline{h}(k) = [h_1(k) \ h_2(k) \ \dots \ h_T(k)] , \quad \text{Eq (1)}$$

em que $h_i(k)$, para $i = 1, \dots, T$, denota o acoplamento ou ganho de canal complexo entre a antena de transmissão i e a
15 única antena de recepção para a sub-banda k .

A Figura 2B ilustra um canal de múltiplas entradas, múltiplas saídas (MIMO) formado pelas antenas de transmissão T 112a a 112t na estação base 110 e múltiplas antenas de recepção (R) 122a a 122r em um terminal 120y. O
20 canal MIMO pode ser caracterizado por uma matriz de resposta de canal RXT $\underline{H}(k)$ para cada sub-banda k , a qual pode ser dada como:

$$\underline{H}(k) = \begin{bmatrix} h_{1,1}(k) & h_{1,2}(k) & \dots & h_{1,T}(k) \\ h_{2,1}(k) & h_{2,2}(k) & \dots & h_{2,T}(k) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{R,1}(k) & h_{R,2}(k) & \dots & h_{R,T}(k) \end{bmatrix} = [\underline{h}_1(k) \ \underline{h}_2(k) \ \dots \ \underline{h}_T(k)] , \quad \text{Eq (2)}$$

em que $h_{j,i}(k)$, para $j = 1, \dots, R$ e $i = 1, \dots, T$ denota o ganho de canal complexo entre a antena de transmissão i e
25 antena de recepção j para sub-banda k . Adicionalmente, $\underline{h}_i(k)$ é um vetor de resposta de canal Rx1 para antena de transmissão i , a qual é a i° coluna de $\underline{H}(k)$.

O transmissor pode transmitir um ou mais símbolos de saída a partir das antenas de transmissão T 112 em cada sub-banda e em cada período de símbolo. Cada símbolo de saída pode ser um símbolo de modulação para OFDM, um
 5 símbolo de frequência-domínio para SC-FDMA, ou algum outro valor complexo. A transmissão de dados pode ser quantificada pelas seguintes métricas:

Ordem de multiplexação espacial (M) - o número de símbolos de saída transmitidos por intermédio das
 10 antenas de transmissão T em uma sub-banda em um período de símbolo;

Ordem de diversidade espacial (D) - a quantidade de diversidade espacial observada pelos símbolos de saída transmitidos; e

15 Ordem de overhead de estimação de canal (C) - o número de antenas virtuais a ser estimado por um receptor para cada antena de recepção.

Em geral, $M \leq \min \{T, R\}$, $D \leq T$, e $C \leq T$.

Se o transmissor transmite símbolos de saída
 20 diretamente a partir das antenas de transmissão T 112, então um receptor tipicamente precisa estimar a resposta de canal complexo para todas as antenas de transmissão T 112 para recuperar a transmissão de dados. A ordem de overhead de estimação de canal é então $C=T$. Em certos cenários, pode
 25 ser desejável transmitir um número menor do que T símbolos de saída simultaneamente, por exemplo, se as condições de canais forem insuficientes. Um subconjunto das antenas de transmissão T pode ser usado para transmitir um número menor do que T símbolos de saída. Contudo, isso é
 30 indesejável uma vez que as potências de transmissão disponíveis para as antenas de transmissão não-utilizadas não são empregadas criteriosamente para transmissão.

Os esquemas de transmissão aqui descritos permitem seleção flexível de três métricas M , D e C para obter bom desempenho para a transmissão de dados em diferentes condições. Por exemplo, uma ordem de multiplexação espacial maior M pode ser selecionada para condições de canal adequadas com SNRs elevadas, e uma ordem de multiplexação espacial menor pode ser selecionada para condições de canal insuficientes com baixas SNRs. Uma ordem de overhead de estimação de canal inferior C pode ser selecionada, por exemplo, em cenário em que baixa velocidade de transmissão devido a baixas SNRs não justifica um grande overhead de estimação de canal.

Os esquemas de transmissão aqui descritos podem utilizar todas as antenas de transmissão T para transmissão, independente do número de símbolos de saída sendo enviados e independentemente de quais sub-bandas são usadas para transmissão. Essa capacidade permite que o transmissor utilize toda a potência de transmissão disponível para as antenas de transmissão T 112, por exemplo, mediante utilização dos amplificadores de potência acoplados a cada uma das antenas, para transmissão, o que geralmente aperfeiçoa a performance. Empregar um número menor do que T antenas de transmissão 112 para transmissão resulta tipicamente em menos do que toda a potência de transmissão disponível sendo usada para a transmissão, o que afetaria a performance.

A seleção do esquema de transmissão pode se basear em realimentação em relação à informação com relação à informação de estado de canal para o canal entre a estação base 110 e o terminal 120. O terminal 120 pode reportar alguma ou toda essa informação como informação de qualidade de canal (CQI), que em um aspecto pode ser um ou mais valores quantizados que indicam algum parâmetro do

canal, no caso em que estão envolvidos múltiplos fluxos de transmissão ou fluxos de transmissão MIMO.

Os esquemas de transmissão aqui descritos podem facilmente suportar transmissões MIMO, transmissões de única entrada, múltiplas saídas (SIMO), e transmissões de única entrada, única saída (SISO). Uma transmissão MIMO é uma transmissão de múltiplos símbolos de saída a partir de múltiplas antenas virtuais para múltiplas antenas de recepção em uma sub-banda em um período de símbolo. Uma transmissão SIMO é uma transmissão de um único símbolo de saída a partir de uma antena virtual para múltiplas antenas de recepção em uma sub-banda em um período de símbolo. Uma transmissão SISO é uma transmissão de um único símbolo de saída a partir de uma antena virtual para uma antena de recepção em uma sub-banda em um período de símbolo. O transmissor também pode enviar uma combinação de transmissões MIMO, SIMO e/ou SISO para um o mais receptores em um período de símbolo.

O transmissor pode transmitir M símbolos de saída simultaneamente a partir das T antenas de transmissão 112 em uma sub-banda em um período de símbolo utilizando vários esquemas de transmissão. Em uma modalidade, o transmissor processa os símbolos de saída para transmissão, conforme a seguir:

$$\underline{x}(k) = \underline{U} \cdot \underline{P}(k) \cdot \underline{s}(k) , \quad \text{Eq (3)}$$

em que $\underline{s}(k)$ é um vetor $M \times 1$ contendo M símbolos de saída a serem enviados na sub-banda k em um período de símbolo; $\underline{P}(k)$ é uma matriz de permutação $V \times M$ para sub-banda k ; $\underline{U} = [\underline{u}_1, \underline{u}_2, \dots, \underline{u}_V]$ é uma matriz ortonormal $T \times V$; e $\underline{x}(k)$ é um vetor $T \times 1$ contendo T símbolos de transmissão a serem enviados a partir das T antenas de transmissão 112 na sub-banda k em um período de símbolo. V é o número de antenas

virtuais formadas com a matriz ortonormal $\underline{U}$. Em geral, $1 \leq M \leq V \leq T$. V pode ser um valor fixo ou um valor configurável.

A matriz ortonormal $\underline{U}$ é caracterizada pela propriedade $\underline{U}^H \cdot \underline{U} = \underline{I}$, em que " H " denota uma transposição conjugada e $\underline{I}$ é a matriz de identidade. As V colunas $\underline{U}$ são ortogonais entre si, e cada coluna tem potência unitária. Em uma modalidade, $\underline{U}$ é definido de tal modo que a soma da magnitude elevada ao quadrado das V entradas em cada fileira é igual a um valor constante. Essa propriedade resulta em toda a potência de transmissão para cada antena de transmissão sendo usada para transmissão. $\underline{U}$ pode ser também uma matriz unitária que é caracterizada pela propriedade $\underline{U}^H \cdot \underline{U} = \underline{U} \cdot \underline{U}^H = \underline{I}$. Matrizes ortonormais e unitárias podem ser formadas conforme descrito abaixo. As V colunas de $\underline{U}$ são usadas para formar V antenas virtuais que podem ser usadas para enviar até V símbolos de saída em uma sub-banda em um período de símbolo. As antenas virtuais também podem ser denominadas antenas efetivas ou por alguma outra terminologia.

Em uma modalidade, uma única matriz ortonormal $\underline{U}$ é usada para todas as K sub-bandas totais em todos os períodos de símbolo, de modo que $\underline{U}$ não é uma função do índice de sub-banda k ou índice de símbolo n . Em outra modalidade, diferentes matrizes ortonormais são usadas para diferentes conjuntos de sub-bandas que podem ser atribuídos a diferentes receptores. Em ainda outra modalidade, diferentes matrizes ortonormais são usadas para diferentes sub-bandas. Em ainda outras modalidades, diferentes matrizes ortonormais são usadas para diferentes intervalos de tempo, em que cada intervalo de tempo pode cobrir um ou múltiplos períodos de símbolo. Em ainda outra modalidade,

uma ou mais matrizes ortonormais são selecionadas para uso a partir de múltiplas matrizes ortonormais, conforme descrito abaixo. Em geral, dados e piloto podem ser transmitidos utilizando uma ou mais matrizes ortonormais de tal modo que um receptor é capaz de estimar a resposta de canal com base no piloto e usar a estimativa de resposta de canal para recuperar os dados enviados ao receptor.

A matriz de permutação $\underline{P}(k)$ seleciona quais M antenas virtuais utilizar para sub-banda k a partir das V antenas virtuais disponíveis para uso, ou quais M das V colunas $\underline{U}$. A matriz de permutação $\underline{P}(k)$ pode ser definida de várias maneiras, e diferentes matrizes de permutação podem ser usadas para diferentes sub-bandas, conforme descrito abaixo.

A Figura 3 ilustra um modelo 300 para esquema de transmissão dado pela Equação 3. O transmissor recebe o vetor de dados $\underline{s}(k)$ para cada sub-banda e período de símbolo usado para transmissão. Um mapeador de antena virtual 310 processa o vetor de dados $\underline{s}(k)$ e gera o vetor de transmissão $\underline{x}(k)$. Dentro do mapeador de antena virtual 310, uma unidade de mapeamento de antena de símbolo/virtual 312 multiplica o vetor de dados $\underline{s}(k)$ com a matriz de permutação $\underline{P}(k)$ e gera um vetor intermediário $Vx1$. Uma unidade de espalhamento espacial 314 multiplica o vetor intermediário com a matriz ortonormal $\underline{U}$ e gera o vetor de transmissão $\underline{x}(k)$. O vetor de transmissão $\underline{x}(k)$ é transmitido a partir de T antenas de transmissão e por intermédio de um canal MIMO 350 para R antenas de recepção em um receptor.

Os símbolos recebidos no receptor podem ser expressos como:

$$\begin{aligned}
\mathbf{r}(k) &= \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{x}(k) + \mathbf{n}(k) \quad , \\
&= \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{U} \cdot \mathbf{P}(k) \cdot \mathbf{s}(k) + \mathbf{n}(k) \quad , \\
&= \mathbf{H}_{eff}(k) \cdot \mathbf{P}(k) \cdot \mathbf{s}(k) + \mathbf{n}(k) \quad , \\
&= \mathbf{H}_{used}(k) \cdot \mathbf{s}(k) + \mathbf{n}(k) \quad ,
\end{aligned}$$
Eq (4)

em que $\mathbf{x}(k)$ é um vetor $R \times 1$ contendo R símbolos recebidos a partir das R antenas de recepção na sub-banda k em um período de símbolo; $\mathbf{H}_{eff}(k)$ é uma matriz de resposta de canal efetiva $R \times V$ para sub-banda k ; $\mathbf{H}_{used}(k)$ é uma matriz de resposta de canal usada $R \times M$ para sub-banda k ; e $\mathbf{n}(k)$ é um vetor de ruído $R \times 1$ para sub-banda k .

As matrizes de resposta de canal efetivo e usado podem ser dadas como:

$$\begin{aligned}
\mathbf{H}_{eff}(k) &= \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{U} \quad , \\
&= [\mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{u}_1 \quad \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{u}_2 \quad \dots \quad \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{u}_V] \quad , e
\end{aligned}$$
Eq (5)

$$\begin{aligned}
\mathbf{H}_{used}(k) &= \mathbf{H}_{eff}(k) \cdot \mathbf{P}(k) \quad , \\
&= [\mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{u}_{(1)} \quad \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{u}_{(2)} \quad \dots \quad \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{u}_{(M)}] \quad ,
\end{aligned}$$
Eq (6)

em que $\{\mathbf{u}_{(1)} \quad \mathbf{u}_{(2)} \quad \dots \quad \mathbf{u}_{(M)}\} \subset \{\mathbf{u}_1 \quad \mathbf{u}_2 \quad \dots \quad \mathbf{u}_V\}$.

Conforme mostrado na Equação (3) e ilustrado na Figura 3, um canal MIMO efetivo com V antenas virtuais é formada através do uso da matriz ortonormal $\mathbf{U}$. Os dados são enviados em todas ou em um subconjunto das V antenas virtuais. Um canal MIMO usado é formado pelas M antenas virtuais usadas para transmissão.

Para o esquema de transmissão descrito acima, um sistema MIMO $R \times V$ é efetivamente reduzido a um sistema MIMO $R \times V$. O transmissor aparece como se ele tivesse V antenas virtuais mais propriamente do que T antenas de transmissão, em que $V \leq T$. Esse esquema de transmissão

diminui a ordem de overhead de estimação de canal para $C = V$. Contudo, a ordem de multiplexação espacial é limitada a V , ou $M \leq V$, e a ordem de diversidade espacial também é limitada a V , ou $D \leq V$.

5 A descrição acima é para uma sub-banda k . O transmissor pode realizar o mesmo processamento para cada sub-banda usada para transmissão. A diversidade de frequência de cada antena virtual através das sub-bandas é a mesma que a diversidade de frequência das antenas de
10 transmissão físicas. Contudo, a diversidade espacial é reduzida de T para V .

Em outra modalidade, o transmissor processa os símbolos de saída para transmissão, como a seguir:

$$\tilde{\mathbf{x}}(k) = \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{U} \cdot \mathbf{P}(k) \cdot \mathbf{s}(k), \quad \text{Eq (7)}$$

15 em que $\mathbf{D}(k)$ é uma matriz de diagonal $T \times T$ para sub-banda k . $\mathbf{D}(k)$ é usado para obter diversidade de retardo cíclico, o que melhora a seletividade de frequência das antenas virtuais e pode aperfeiçoar a ordem de diversidade espacial para algum lugar entre V e T . A diversidade de retardo
20 cíclico pode ser obtida no domínio de tempo ou no domínio de frequência.

A diversidade de retardo cíclico pode ser obtida no domínio de tempo mediante deslocamento circularmente (ou retardando ciclicamente) a sequência de K amostras de
25 tempo-domínio (obtidas a partir da IDFT de ponto- K ou IFFT) para cada antena de transmissão i por um retardo de T_i , para $i = 1, \dots, T$. Por exemplo, T_i pode ser definido como $T_i = (i-1) \cdot J$ em que J pode ser igual a um período de amostra, uma fração de um período de amostra, ou mais do que um
30 período de amostra. J pode ser selecionado de tal modo que a resposta de impulso de canal para cada antena virtual deve ser mais curta do que o comprimento de prefixo

cíclico. Um retardo cíclico de X amostras pode ser obtido mediante deslocamento das últimas X amostras na sequência de amostras de tempo-domínio K para frente da sequência. As amostras de tempo-domínio para as T antenas de transmissão são retardadas ciclicamente mediante quantidades diferentes. Um prefixo cíclico pode ser apensado antes ou após da aplicação do retardo cíclico.

A diversidade de retardo cíclico também pode ser obtida no domínio de frequência mediante aplicação de uma rampa de fase (ou um deslocamento de fase progressivo) através das K sub-bandas totais para cada antena de transmissão. T diferentes rampas de fase são usadas para as T antenas de transmissão para se obter os K diferentes retardos cíclicos para essas antenas. A matriz diagonal $\underline{\mathbf{D}}(k)$ para cada sub-banda k pode ser definida como a seguir:

$$\underline{\mathbf{D}}(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j2\pi(k-1)J/T} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & e^{j2\pi(k-T)J/T} \end{bmatrix}, \quad \text{para } k = 1, \dots, K. \quad \text{Eq (8)}$$

Conforme indicado pela Equação (8), a antena de transmissão 1 tem uma inclinação de fase 0 através das K sub-bandas totais, a antena de transmissão 2 tem uma inclinação de fase de $2\pi \cdot J/T$ através das K sub-bandas totais, e assim por diante, e antena de transmissão T tem uma inclinação de fase de $2\pi \cdot (T-1) \cdot J/T$ através da K sub-bandas totais. A matriz diagonal $\underline{\mathbf{D}}(k)$ e a matriz ortonormal $\underline{\mathbf{U}}$ também podem ser combinadas para se obter uma nova matriz ortonormal $\underline{\mathbf{U}}(k) = \underline{\mathbf{D}}(k) \cdot \underline{\mathbf{U}}$, em que $\underline{\mathbf{U}}(k)$ pode ser aplicada ao vetor de dados $\underline{\mathbf{s}}(k)$.

Os símbolos recebidos com diversidade de retardo cíclico podem ser expressos como:

$$\begin{aligned}
\tilde{\mathbf{r}}(k) &= \mathbf{H}(k) \cdot \tilde{\mathbf{x}}(k) + \mathbf{n}(k) , \\
&= \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{U} \cdot \mathbf{P}(k) \cdot \mathbf{s}(k) + \mathbf{n}(k) , \\
&= \tilde{\mathbf{H}}_{\text{eff}}(k) \cdot \mathbf{P}(k) \cdot \mathbf{s}(k) + \mathbf{n}(k) , \\
&= \tilde{\mathbf{H}}_{\text{used}}(k) \cdot \mathbf{s}(k) + \mathbf{n}(k) ,
\end{aligned}
\tag{9}$$

em que $\tilde{\mathbf{r}}(k)$ é um vetor recebido $R \times 1$ com diversidade de retardo cíclico; $\tilde{\mathbf{H}}_{\text{eff}}(k)$ é uma matriz de resposta de canal efetiva $R \times V$ com diversidade de retardo cíclico; e $\tilde{\mathbf{H}}_{\text{used}}(k)$ é uma matriz de resposta de canal usado $R \times M$ com diversidade de retardo cíclico.

As matrizes de resposta de canal efetivo e usado podem ser dadas como:

$$\begin{aligned}
\tilde{\mathbf{H}}_{\text{eff}}(k) &= \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{U} , \\
&= [\mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{u}_1 \quad \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{u}_2 \quad \dots \quad \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{u}_V] , \text{ e}
\end{aligned}
\tag{10}$$

$$\begin{aligned}
\tilde{\mathbf{H}}_{\text{used}}(k) &= \tilde{\mathbf{H}}_{\text{eff}}(k) \cdot \mathbf{P}(k) , \\
&= [\mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{u}_{(1)} \quad \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{u}_{(2)} \quad \dots \quad \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{u}_{(M)}] .
\end{aligned}
\tag{11}$$

A Figura 4 ilustra um modelo 400 para o esquema de transmissão dado pela Equação (7). Dentro de um mapeador de antena virtual 410, uma unidade de mapeamento de antena de símbolo/virtual 412 multiplica o vetor de dados $\mathbf{s}(k)$ com a matriz de permutação $\mathbf{P}(k)$ e gera um vetor $V \times 1$. Uma unidade de espalhamento espacial 414 multiplica o vetor $V \times 1$ com a matriz ortonormal $\mathbf{U}$ e gera um vetor $T \times 1$. Uma unidade de diversidade de retardo cíclico 416 multiplica o vetor $T \times 1$ com a matriz diagonal $\mathbf{D}(k)$ e gera o vetor de transmissão $T \times 1$ $\mathbf{x}(k)$. O vetor de transmissão $\mathbf{x}(k)$ é transmitido a partir das T antenas de transmissão e por intermédio de um canal MIMO 450 para R antenas de recepção em um receptor.

Conforme mostrado na Equação (7) e ilustrado na Figura 4, um canal MIMO efetivo $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}(k)$ com V antenas virtuais é formado através do uso da matriz ortonormal $\mathbf{U}$ e diversidade de retardo cíclico. Um canal MIMO usado $\tilde{\mathbf{H}}_{used}(k)$ é formado pelas M antenas virtuais usadas para transmissão.

As Equações (3) e (7) supõem que potência de transmissão igual é usada para os M símbolos de saída sendo enviados simultaneamente em uma sub-banda em um período de símbolo. Em geral, a potência de transmissão disponível para cada antena de transmissão pode ser distribuída uniformemente ou não-uniformemente através das sub-bandas usadas para transmissão. As potências de transmissão disponíveis para as T antenas de transmissão para cada sub-banda podem ser distribuídas uniformemente ou não-uniformemente para os M símbolos de saída sendo enviados naquela sub-banda. Diferentes potências de transmissão podem ser usadas para os M símbolos de saída mediante escalonamento do vetor de dados $\mathbf{s}(k)$ com uma matriz de ganho diagonal $\mathbf{G}$ conforme a seguir: $\mathbf{x}(k) = \mathbf{U} \cdot \mathbf{P}(k) \cdot \mathbf{G} \cdot \mathbf{s}(k)$ ou $\tilde{\mathbf{x}}(k) = \mathbf{D}(k) \cdot \mathbf{U} \cdot \mathbf{P}(k) \cdot \mathbf{G} \cdot \mathbf{s}(k)$, em que $\text{diag}\{\mathbf{G}\} = \{g_1, g_2, \dots, g_M\}$ e g_i é o ganho para o símbolo de saída s_i .

Vários tipos de matrizes podem ser usados para formar a matriz ortonormal $\mathbf{U}$. Por exemplo, $\mathbf{U}$ pode ser formado com base em uma matriz de Fourier, uma matriz Walsh, ou alguma outra matriz. Uma matriz de Fourier $T \times T$ $\mathbf{F}_{T \times T}$ tem elemento $f_{n,m}$ na n ésima fileira da m ª coluna, que pode ser expresso como:

$$f_{n,m} = e^{j2\pi \frac{(n-1)(m-1)}{T}}, \text{ para } n=1, \dots, T \text{ e } m=1, \dots, T. \quad \text{Eq (12)}$$

Matrizes de Fourier de qualquer dimensão quadrada (por exemplo, 2, 3, 4, 5, 6, e assim por diante) podem ser

formadas. Uma matriz Walsh 2×2 $\underline{W}_{2 \times 2}$ e uma matriz Walsh de tamanho maior $\underline{W}_{2N \times 2N}$ podem ser expressas como:

$$\underline{W}_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \underline{W}_{2N \times 2N} = \begin{bmatrix} \underline{W}_{N \times N} & \underline{W}_{N \times N} \\ \underline{W}_{N \times N} & -\underline{W}_{N \times N} \end{bmatrix}. \quad \text{Eq (13)}$$

5 Em uma modalidade, a matriz ortonormal $\underline{U}$ é igual a uma matriz contendo V colunas de uma matriz de Fourier $T \times T$ ou uma matriz Walsh $T \times T$. Em outra modalidade, $\underline{U}$ é formado como a seguir:

$$\underline{U} = \underline{\Lambda} \cdot \underline{F}, \quad \text{Eq (14)}$$

10 em que $\underline{F}$ é uma matriz $T \times V$ contendo as primeiras V colunas da matriz de Fourier $T \times T$; e $\underline{\Lambda}$ é uma matriz $T \times T$ contendo T valores de escalonamento para as T fileiras de $\underline{F}$. Por exemplo, a matriz diagonal $\underline{\Lambda}$ pode ser definida como $\underline{\Lambda} = \text{diag}\{1, e^{j\theta_1}, \dots, e^{j\theta_T}\}$, em que θ_i para $i = 1, \dots, T$ podem ser fases aleatórias. Em ainda outra modalidade, $\underline{U}$ é uma matriz
15 ortonormal com elementos pseudoaleatórios, por exemplo, tendo fases de magnitude unitária e pseudoaleatória.

O transmissor pode enviar uma transmissão MIMO, SIMO ou SISO para um receptor em um conjunto de sub-bandas, as quais são denominadas sub-bandas designadas. As K sub-
20 bandas totais podem ser particionadas em múltiplos conjuntos de sub-bandas não-sobrepostas. Nesse caso, o transmissor pode transmitir para múltiplos receptores simultaneamente em múltiplos conjuntos de sub-bandas. O transmissor pode enviar os mesmos tipos ou tipos diferentes
25 de transmissão para esses múltiplos receptores. Por exemplo, o transmissor pode enviar uma transmissão MIMO em um primeiro conjunto de sub-bandas para um primeiro receptor, uma transmissão SIMO em um segundo conjunto de sub-bandas para um segundo receptor, uma transmissão SISO

em um terceiro conjunto de sub-bandas para um terceiro receptor, e assim por diante.

Uma transmissão SIMO ou SISO pode ser enviada a partir de uma única antena virtual formada com uma única
 5 coluna da matriz ortonormal $\underline{\mathbf{U}}$. Nesse caso, $M = V = 1$ e o canal MIMO efetivo se transforma em um canal SISO ou SIMO $R \times 1$ tendo um vetor de resposta de canal de $\underline{\mathbf{h}}_{eff}(k) = \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_1$ ou $\tilde{\underline{\mathbf{h}}}_{eff}(k) = \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{D}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_1$. O vetor de dados $\underline{\mathbf{s}}(k)$ se transforma em um vetor 1×1 contendo um único símbolo de saída, a matriz
 10 de permutação $\underline{\mathbf{P}}(k)$ torna-se uma matriz 1×1 contendo um único "1", e a matriz ortonormal $\underline{\mathbf{U}}$ torna-se uma matriz $T \times 1$ contendo uma única coluna.

Uma transmissão MIMO pode ser enviada a partir de múltiplas antenas virtuais formada com múltiplas colunas da
 15 matriz ortonormal $\underline{\mathbf{U}}$. Se o número de símbolos de saída for menor do que o número de antenas virtuais (ou $M < S$), então M antenas virtuais podem ser selecionadas para uso de várias maneiras.

A Figura 5 ilustra um esquema piloto exemplar 500 para salto de taxa de símbolo. Para o esquema piloto 500, o transmissor transmite um piloto comum em um entrelaçamento
 20 a partir da antena virtual 1 em cada período de símbolo. O transmissor pode transmitir o piloto comum em diferentes entrelaçamentos em diferentes períodos de símbolo, conforme mostrado na Figura 5. Tal piloto alternado permite que um receptor amostra o espectro de frequência ou mais sub-
 25 bandas e derive uma estimativa de resposta de impulso de canal mais longo. O transmissor também pode transmitir um piloto auxiliar em um ou mais entrelaçamentos a partir das
 30 antenas virtuais restantes para permitir que os receptores MIMO estimem a resposta de canal para todas as antenas virtuais usadas para transmissão. Para a modalidade

mostrada no esquema 500, o transmissor transmite o piloto auxiliar em um entrelaçamento em cada período de símbolo e executa ciclos através das antenas virtuais 2 através de V em $V - 1$ diferentes períodos de símbolo. Para o caso com $V = 4$, como mostrado no esquema 500, o transmissor transmite o piloto auxiliar a partir da antena virtual 2 no período de símbolo $n + 1$, então a partir da antena virtual 3 no período de símbolo $n + 2$, então a partir da antena virtual 4 no período de símbolo $n + 3$, então a partir da antena virtual 2 no período de símbolo $n + 4$, e assim por diante.

O transmissor pode transmitir o piloto comum para os receptores MIMO, SIMO e SISO e pode transmitir o piloto auxiliar apenas quando os receptores MIMO estão presentes. Os receptores MIMO, SIMO e SISO podem usar o piloto comum para derivar uma estimativa de canal para as K sub-bandas totais da antena virtual 1. Um receptor MIMO pode usar o piloto auxiliar para derivar estimativas de canal para antenas virtuais 2 a V .

A Figura 6A ilustra um esquema piloto exemplar 610 para salto de bloco. Para a modalidade mostrada no esquema 610, um bloco de tempo-frequência é composto de 16 sub-bandas adjacentes $k + 1$ a $k + 16$ e adicionalmente cobre 8 períodos de símbolo $n + 1$ a $n + 8$. Para o esquema piloto 610, o transmissor transmite um piloto dedicado nas sub-bandas $k + 3$, $k + 9$ e $k + 15$ em cada um dos períodos de símbolo $n + 1$ a $n + 3$ e $n + 6$ a $n + 8$, ou seis faixas de três símbolos piloto. Cada símbolo piloto pode ser enviado a partir de qualquer antena virtual. Por exemplo, se $V = 3$, então o transmissor pode transmitir o piloto a partir da antena virtual 1 nos períodos de símbolo $n + 1$ e $n + 6$, a partir da antena virtual 2 nos períodos de símbolo $n + 2$ e $n + 7$, e a partir da antena virtual 3 nos períodos de símbolo $n + 3$ e $n + 8$.

A Figura 6B ilustra um esquema piloto exemplar 620 para salto de bloco. Para o esquema piloto 620, o transmissor transmite um piloto dedicado nas sub-bandas $k + 3$, $k + 9$ e $k + 15$ em cada um dos períodos de símbolo $n + 1$ a $n + 8$, ou três faixas de oito símbolos piloto. Cada símbolo piloto pode ser enviado a partir de qualquer antena virtual. Por exemplo, se $V = 4$, então o transmissor pode transmitir o piloto a partir da antena virtual 1 nos períodos de símbolo $n + 1$ e $n + 5$, a partir da antena virtual 2 nos períodos de símbolo $n + 2$ e $n + 6$, a partir da antena virtual 3 nos períodos de símbolo $n + 3$ e $n + 7$, e a partir da antena virtual 4 nos períodos de símbolo $n + 4$ e $n + 8$.

A Figura 6C ilustra um esquema piloto exemplar 630 para salto de bloco. Para o esquema piloto 630, o transmissor transmite um piloto dedicado nas sub-bandas $k + 1$, $k + 4$, $k + 7$, $k + 10$, $k + 13$ e $k + 16$ em cada um dos períodos de símbolo $n + 1$, $n + 2$, $n + 7$ e $n + 8$. Cada símbolo piloto pode ser enviado a partir de qualquer antena virtual. Por exemplo, o transmissor pode transmitir o piloto a partir da antena virtual 1 no período de símbolo $n + 1$, a partir da antena virtual 2 no período de símbolo $n + 2$, a partir da antena virtual 1 ou 3 no período de símbolo $n + 7$, e a partir da antena virtual 2 ou 4 no período de símbolo $n + 8$.

A Figura 6D ilustra um esquema piloto exemplar 640 para salto de bloco. Para o esquema piloto 640, o transmissor transmite um piloto escalonado em três sub-bandas em cada período de símbolo e em sub-bandas piloto diferentes em três períodos de símbolo. Cada símbolo piloto pode ser enviado a partir de qualquer antena virtual. Por exemplo, o transmissor pode transmitir o piloto a partir de uma antena virtual diferente em cada período de símbolo, e

pode realizar ciclos através de V antenas virtuais em V períodos de símbolo.

Em geral, para o esquema de salto de bloco, o transmissor pode transmitir um piloto em cada bloco de tempo-frequência de tal modo que um receptor é capaz de derivar uma estimativa de canal para cada antena virtual usada para transmissão. As Figuras 6A a 6D mostram quatro padrões piloto exemplares que podem ser usados. Outros padrões piloto também podem ser definidos e usados para transmissão piloto.

Para salto de taxa de símbolo e salto de bloco, o transmissor pode transmitir o piloto a partir de qualquer número de antenas virtuais, pode usar qualquer número de sub-bandas piloto para cada antena virtual, e pode usar qualquer quantidade de energia de transmissão para cada antena virtual. Se o piloto é enviado a partir de múltiplas antenas virtuais, então o transmissor pode usar os mesmos ou diferentes números de sub-bandas para essas antenas virtuais e pode transmitir o piloto nos mesmos ou diferentes níveis de energia para as antenas virtuais. O transmissor pode ou não escalonar o piloto para cada antena virtual. O transmissor pode transmitir o piloto em mais sub-bandas para permitir que um receptor obtenha mais "visualização" do canal sem fio no domínio de frequência e para derivar uma estimativa de resposta de impulso de canal mais longa. O transmissor pode transmitir o piloto em todas as sub-bandas piloto a partir de uma antena virtual em cada período de símbolo, conforme descrito acima. Alternativamente, o transmissor pode transmitir o piloto a partir de múltiplas antenas virtuais em múltiplos subconjuntos de sub-bandas em um determinado período de símbolo.

De acordo com a Figura 7, é ilustrado um sistema 700 que realiza ciclos através de antenas para computação CQI e transmissão de dados em um ambiente de comunicação sem fio MIMO. O sistema 700 inclui uma estação base 110 que se comunica com um terminal sem fio 120 por intermédio de um canal MIMO conforme descrito aqui. A estação base 110 inclui ainda um gerador piloto 702 que produz piloto(s) que pode ser transmitido através de um downlink para o terminal sem fio 120 (e/ou qualquer número de terminal(ais) sem fio diferentes (não mostrado)). Adicionalmente, a estação base 110 pode incluir um programador de transmissão 704 que obtém realimentação (por exemplo, CQI(s)) a partir do terminal sem fio 120 e programa a transmissão de dados.

O terminal sem fio 120 inclui um avaliador de canal 706 que obtém e analisa o piloto(s) comunicado a partir da estação base 110 (e/ou piloto(s) recebido a partir de qualquer número de estação(ões) base diferente (não mostrada)). De acordo com uma ilustração, o avaliador de qualidade de canal 706 pode computar CQI com base em uma análise do piloto(s). A CQI pode prover realimentação relacionada à qualidade de canal vista no link direto; essa realimentação pode ser comunicada por intermédio do link reverso à estação base 110 conforme descrito abaixo. O avaliador de qualidade de canal 706 pode incluir um dispositivo de alternância de antena 708 que permite a alternância através das antenas. Consequentemente, o avaliador de qualidade de canal 706 pode alavancar o dispositivo de alternância de antena 708 para determinar as CQIs para as antenas individuais. Adicionalmente, o avaliador de qualidade de canal 706 e o dispositivo de alternância de antena 708 podem identificar o fluxo(s) que pode ser suportado pelo terminal sem fio 120 (por exemplo, com base em uma análise das proporções de potência de sinal

respectivas para os fluxos). Além disso, o terminal sem fio 120 pode incluir um relator de realimentação 710 que transfere realimentação para a estação base 110 pertencente às antenas individuais. Por exemplo, o relator de realimentação 710 pode enviar um conjunto de CQIs para estação base 110, em que cada CQI pertence a uma antena individual.

Ao contrário, técnicas convencionais frequentemente computam uma CQI média para uma pluralidade de antenas; desse modo, independente do número de fluxos transmitidos, uma CQI média é computada. De acordo com um exemplo em que tal sistema típico é empregado, um usuário com uma primeira antena que tem uma CQI adequada e uma segunda antena que tem uma CQI ruim pode falhar em ser servida uma vez que a CQI média reportada para uma estação base utilizada para efetuar decisões de programação é diminuída devido à CQI ruim associada à segunda antena; mais propriamente, um usuário diferente com uma CQI média superior pode ser programado. Por outro lado, a utilização do sistema 700 poderia permitir que tal usuário fosse servido mediante utilização da primeira antena com uma CQI adequada.

De acordo com um exemplo, o gerador piloto 702 pode habilitar o transmissor para transmitir o piloto(s) a partir das antenas virtuais conforme descrito acima para as Figuras 5 a 6D. De acordo com outra ilustração, o gerador piloto 702 pode habilitar o transmissor para transmitir o piloto(s) a partir das antenas físicas sem aplicar a matriz ortonormal $\mathbf{U}$ ou a matriz de permutação $\mathbf{P}(k)$. Para essa modalidade, o avaliador de qualidade de canal 706 de um receptor pode estimar a resposta de canal efetiva com base no piloto e pode então derivar uma estimativa de resposta

de canal efetiva com base na estimativa de resposta de canal efetiva e nas matrizes de permutação e ortonormais.

De acordo com vários aspectos, para salto de taxa de símbolo, pilotos são transmitidos nas antenas virtuais (por exemplo, conforme descrito com relação à Figura 5) ou mediante uso de pilotos comuns em todas as antenas virtuais para todos os entrelaçamentos ou de outro modo. O avaliador de qualidade de canal 706 e o meio de alternância de antena 708 podem determinar M CQIs não-nulas para o número de camadas que podem ser suportadas pelo canal conforme determinado com base em uma tabela de taxas ou outra métrica. Cada CQI pode ser computada mediante alternância através das primeiras M antenas virtuais (por exemplo, com o dispositivo de alternância de antena 708). Adicionalmente, o relator de realimentação 710 pode informar às M CQIs não-nulas à estação base 110 junto com $N_i - M$ CQIs nulas para o restante das camadas.

O programador de transmissão 704 pode programar a transmissão de dados com base na equidade, qualidade de canal (por exemplo, conforme informado pelos terminais por intermédio das CQIs computadas), e/ou outros critérios de programação. Desse modo, o programador de transmissão 704 permite que a estação base 110 selecione um usuário para ser programado. Se o usuário escolhido pelo programador de transmissão 704 for um terminal MIMO, os dados são transmitidos de uma forma substancialmente similar em comparação a como a CQI é computada; isto é, os dados são submetidos a ciclos através das M antenas virtuais. Isso permite explorar os ganhos de diversidade de múltiplos usuários (MUD), o que pode ser vantajoso para canais de variação lenta.

De acordo com um exemplo em que a estação base 110 decide transmitir um número de camadas $M' < M$ ou $M' >$

M , os informes CQI não mais são exatos uma vez que os dados teriam a média calculada através de M' antenas virtuais ao contrário de M antenas virtuais. Em tal caso, o nível de

potência da CQI pode ser ajustado por $\frac{M}{M'}$.

5 Como outro exemplo, o sistema 700 pode empregar um modo de salto de bloco. Consequentemente, o gerador piloto 702 pode permitir que os pilotos CQI sejam transmitidos através de antenas virtuais (por exemplo,

utilizando uma matriz unitária variando lentamente $U_{N_t \times N_r}$).

10 No terminal sem fio 120, computação CQI é realizada (por exemplo, por intermédio do avaliador de qualidade de canal 706) através das antenas virtuais usadas e através da banda integral similar ao descrito acima com relação ao modo de salto de taxa de símbolo. Os dados também são transmitidos

15 através do mesmo conjunto de antenas virtuais usadas

mediante excitação das mesmas M colunas de $U_{N_t \times N_r}$ em cada tile (por exemplo, bloco). Desse modo, pode ser possível que a CQI e os dados experimentem ganhos de canal e MUD substancialmente similares. Além disso, devido aos pilotos

20 dedicados em cada tile, o programador de transmissão 704 pode mudar a transmissão para estar em diferentes antenas virtuais para diferentes tiles; como tal, a diversidade pode ser explorada e a confiabilidade da transmissão pode ser otimizada (por exemplo, com canais de rápida variação

25 quando os informes CQI são de exatidão insuficiente).

Durante a transmissão de dados, diferentes camadas podem ser submetidas a ciclos através das antenas virtuais usadas em um tile. Além disso, se a estação base 110 mudar o número de camadas, o ajuste de potência pode

30 ser efetuado de uma maneira similar à discussão acima com relação ao modo de salto de taxa de símbolo. Além disso,

para ambos, modo de salto de taxa de símbolo e modo de salto de bloco, uma CQI de canal de controle pode ser computada pelo avaliador de qualidade de canal 706 com base em uma primeira resposta de antena virtual; contudo, deve ser considerado que a resposta de múltiplas antenas virtuais pode ser alavancada para se determinar a CQI de canal de controle.

Para os usuários MIMO de loop fechado, a transmissão pode ocorrer dentro do sistema 700 utilizando ou matrizes de pré-codificação (ou vetores) ou técnicas de acesso múltiplo de diversidade espacial (SDMA). Por exemplo, $\mathbf{U}_{N \times N}$ pode ser conhecida e empregada para gerar a permutação de antena virtual no terminal sem fio 120. Desse modo, o efeito de permutação sobre os pilotos CQI pode ser determinado, o qual pode ser utilizado para se obter uma estimativa dos canais de antena física (PA). A estimativa de canal de antena física pode ser empregada para decifrar a matriz de pré-codificação ótima e a CQI correspondente. O terminal sem fio 120 escolhe a matriz de pré-codificação $\mathbf{V}_{N \times M}$ que maximiza a capacidade (por exemplo, a matriz de pré-codificação selecionada otimiza a capacidade) e realimenta um índice da matriz de pré-codificação escolhida (por exemplo, por intermédio do relator de realimentação 710). A CQI é computada pelo avaliador de qualidade de canal 706, supondo a alternância através das M antenas virtuais (por exemplo, por intermédio do emprego do meio de alternância de antena 708).

Durante a transmissão de dados, para salto de bloco, a mesma $\mathbf{V}_{N \times M}$ é usada através de todos os tiles e as camadas são submetidas a ciclos através das M antenas virtuais. Para salto de taxa de símbolo, o terminal sem fio 120 pode estimar o canal nas antenas físicas (por exemplo,

mediante a ação de desfazer o efeito de $\mathbf{U}_{N_t \times N_t}$. Posteriormente, o terminal sem fio 120 pode aplicar a matriz de pré-codificação $\mathbf{V}_{N_t \times M}$ às estimativas. Os dados também podem ser transmitidos utilizando $\mathbf{V}_{N_t \times M}$ através de todos os tons da atribuição de salto de taxa de símbolo. Observar que no salto de taxa de símbolo, as estimativas de canal não desfrutam do ganho de pré-codificação visto nos dados. Além disso, um desacordo entre a matriz de pré-codificação usada pelo terminal sem fio 120 para colorir as estimativas de canal e aquelas usadas pela estação base 110 para transmissão de dados pode ocorrer quando o índice de pré-codificação é interpretado incorretamente.

Com referência às Figuras 8-10, são ilustradas metodologias relacionadas à alternância espacial através das antenas para computação CQI e transmissão de dados em um ambiente de comunicação sem fio MIMO. Embora, para as finalidades de simplicidade de explanação, as metodologias sejam mostradas e descritas como uma série de ações deve-se entender, e considerar, que as metodologias não são limitadas pela ordem das ações, uma vez que algumas ações podem, de acordo com uma ou mais modalidades, ocorrer em diferentes ordens e/ou simultaneamente com outras ações a partir daquelas mostradas e descritas aqui. Por exemplo, aqueles versados na técnica entenderão e considerarão que uma metodologia poderia ser alternativamente representada como uma série de estados ou eventos inter-relacionados, tal como em um diagrama de estado. Além disso, nem todas as ações ilustradas podem ser exigidas para se implementar uma metodologia de acordo com uma ou mais modalidades.

Com referência à Figura 8, é ilustrada uma metodologia 800 que facilita avaliar CQI em um ambiente de comunicação sem fio MIMO. Considera-se que o ambiente de

comunicação sem fio MIMO pode empregar MIMO de loop aberto e/ou MIMO de loop fechado. Adicionalmente, um modo de salto de taxa de símbolo e/ou um modo de salto de bloco pode ser utilizado no ambiente de comunicação sem fio MIMO. Em 802, pilotos podem ser obtidos. Por exemplo, os pilotos podem ser transmitidos por uma estação base a partir de todas as antenas virtuais. Em 804, algumas camadas suportadas por um canal podem ser identificadas com base em uma avaliação dos pilotos. Como ilustração, M camadas podem ser determinadas para serem suportadas pelo canal (por exemplo, mediante análise das relações de potência de sinal relacionadas às camadas). Em 806, um conjunto de CQIs pode ser computado mediante alternância através das antenas virtuais associadas às camadas suportadas, em que cada CQI corresponha a uma camada respectiva das camadas suportadas. Desse modo, M CQIs podem ser determinadas, por exemplo. Em 808, o conjunto de CQIs pode ser enviado para uma estação base para programar a transmissão de dados. Consequentemente, as CQIs que correspondem individualmente às antenas virtuais suportadas podem ser providas como realimentação mais propriamente do que uma CQI média de uma pluralidade de antenas virtuais. Além disso, os dados podem ser recebidos a partir da estação base, em que a estação base transmite os dados nas mesmas antenas virtuais usadas para computação CQI; como tal, a transmissão de dados pela estação base pode realizar ciclos através dessas antenas virtuais para diversidade.

De acordo com a Figura 9, é ilustrada uma metodologia que facilita computar CQI em um ambiente de comunicação sem fio MIMO de loop fechado. Em 902, pilotos podem ser obtidos. Em 904, um canal de antena física pode ser estimado a partir dos pilotos com base em uma matriz unitária. A matriz unitária, por exemplo, pode ser

substancialmente similar a uma matriz unitária empregada por uma estação base que gerou e/ou comunicou os pilotos. Além disso, a matriz unitária pode estar lentamente variando (por exemplo, matriz unitária de variação gradual). Em 906, uma matriz de pré-codificação pode ser selecionada a qual otimiza a capacidade com base no canal de antena física, estimado. Adicionalmente, um índice relacionado à matriz de pré-codificação, selecionado, pode ser determinado. Em 908, algumas camadas suportadas pelo canal de antena física podem ser identificadas com base nos pilotos. Em 910, um conjunto de CQIs pode ser computado mediante alternância através de antenas virtuais associadas com as camadas, em que cada CQI corresponde a uma camada respectiva das camadas suportadas. Em 912, o conjunto de CQIs e um índice da matriz de pré-codificação selecionada podem ser enviados para uma estação base para programação da transmissão de dados.

Com referência agora à Figura 10, é ilustrada uma metodologia que facilita a transmissão de dados a partir de uma estação base em um ambiente de comunicação sem fio MIMO. Em 1002, pilotos CQI podem ser enviados através de um conjunto de antenas virtuais. Por exemplo, os pilotos CQI podem ser definidos por uma matriz unitária de variação lenta. Em 1004, uma ou mais CQIs podem ser obtidas as quais pertencem respectivamente a uma ou mais antenas virtuais suportadas para um usuário, em que a uma ou mais antenas virtuais suportadas pode ser um subconjunto das antenas virtuais. Adicionalmente, CQIs nulas podem ser obtidas que correspondem ao restante das antenas virtuais no conjunto, por exemplo. Além disso, as CQIs a partir de qualquer número de usuários diferentes também podem ser obtidas. Em 1006, a transmissão de dados pode ser programada para o usuário com base nos dados CQI. Como ilustração, a

programação pode ser efetuada com base nas considerações de equidade e/ou qualidade de canal. Em 1008, os dados podem ser transmitidos mediante alternância através de uma ou mais antenas virtuais suportadas.

5 Será considerado que, de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos, inferências podem ser feitas com relação à alternância espacial através das antenas. Conforme aqui usado, o termo "inferir" ou "inferência" se refere geralmente ao processo de raciocinar sobre ou deduzir estados do sistema, ambiente, e/ou usuário a partir de um conjunto de observações conforme capturadas por intermédio de eventos e/ou dados. A inferência pode ser empregada para identificar um contexto ou ação específica, ou pode gerar uma distribuição de probabilidade em relação aos estados, por exemplo. A inferência pode ser probabilística - isto é, a computação de uma distribuição de probabilidade em relação aos estados de interesse com base em uma consideração de dados e eventos. A inferência também pode se referir às técnicas empregadas para compor eventos de nível superior a partir de um conjunto de eventos e/ou dados. Tal inferência resulta na construção de novos eventos ou ações a partir de um conjunto de eventos observados e/ou dados de eventos armazenados, sejam os eventos correlacionados ou não em proximidade temporal estreita, e se os eventos e dados são provenientes de uma ou mais fontes de eventos ou dados.

20 De acordo com um exemplo, um ou mais métodos apresentados acima pode incluir fazer inferências com relação à seleção de quais camadas são suportadas por um canal. Como ilustração adicional, uma inferência pode ser feita com relação à determinação de qual matriz de pré-codificação empregar para otimizar a capacidade. Será considerado que os exemplos anteriores são de natureza

ilustrativa e não pretendem limitar o número de inferências que podem ser feitas ou a forma na qual as inferências são feitas em conjunto com as várias modalidades e/ou métodos aqui descritos.

5 A Figura 11 é uma ilustração de um terminal sem fio 1100 que facilita a utilização de alternância através das antenas para computação CQI em um sistema de comunicação sem fio MIMO. O terminal sem fio 1100 compreende um receptor 1102 que recebe um sinal, por exemplo, a partir de uma antena de recepção (não mostrada), e realiza ações típicas na mesma (por exemplo, filtra, amplifica, converte descendentemente, etc.) o sinal recebido e digitaliza o sinal condicionado para obter amostras. O receptor 1102 pode ser, por exemplo, um
10 receptor MMSE, e pode compreender um demodulador 1104 que pode demodular os símbolos recebidos e fornecer os mesmos a um processador 1106 para estimação de canal. O processador 1106 pode ser um processador dedicado para analisar informação recebida pelo receptor 1102 e/ou gerar
15 informação para transmissão por intermédio de um transmissor 1116, um processador que controla um ou mais componentes do terminal sem fio 1100, e/ou um processador que analisa informação recebida pelo receptor 1102, gera informação para transmissão pelo transmissor 1116, e
20 controla um ou mais componentes do terminal sem fio 1100.

 O terminal sem fio 1100 pode adicionalmente compreender memória 1108 que é acoplada operativamente ao processador 1106 e que pode armazenar os dados a serem transmitidos, dados recebidos, informação relacionada às
25 tecnologias disponíveis, dados associados aos pilotos analisados, e qualquer outra informação adequada para selecionar se efetua um handoff entre tecnologias. A memória 1108 pode adicionalmente armazenar protocolos e/ou
30

algoritmos associados com a computação CQI conforme aqui descrito.

Será considerado que o meio de armazenamento de dados (isto é, memória 1108) descrito aqui pode ser ou
5 memória volátil ou memória não-volátil; ou pode incluir ambas as memórias, voláteis e não-voláteis. Como ilustração, e não como limitação, memória não-volátil pode incluir memória de leitura (ROM), ROM programável (PROM), ROM eletricamente programável (EPROM), PROM eletricamente
10 apagável (EEPROM), ou memória flash. Memória volátil pode incluir memória de acesso aleatório (RAM), a qual atua como memória cache externa. Como ilustração e não como limitação, RAM está disponível em muitas formas tais como RAM síncrona (SRAM), RAM dinâmica (DRAM), DRAM síncrona
15 (SDRAM), SDRAM de taxa dupla de dados (DDR SDRAM), SDRAM otimizada (ESDRAM), DRAM Synchlink (SLDRAM), e RAM Rambus direta (DRRAM). A memória 1108 dos sistemas e os métodos em estudo pretendem compreender, sem serem limitadas a esses e quaisquer outros tipos adequados de memória.

20 O receptor 1102 é adicionalmente acoplado operativamente a um avaliador de qualidade de canal 1110 que avalia o piloto(s) obtido pelo receptor 1102. O avaliador de qualidade de canal 1110 pode identificar quais camadas (por exemplo, fluxos) são suportados pelo terminal
25 sem fio 1100. Além disso, o avaliador de qualidade de canal 1110 pode computar as CQIs para as camadas suportadas mediante alternância através de antenas virtuais associadas com cada uma das camadas suportadas. Adicionalmente, o avaliador de qualidade de canal 1110 pode ser acoplado a um
30 relator de realimentação 1112 que envia informação de qualidade de canal (por exemplo, dados CQI computados) para uma estação base. A informação de qualidade de canal pode ser alavancada posteriormente para programar a transmissão

de dados. O terminal sem fio 1100 ainda compreende adicionalmente um modulador 1114 e um transmissor 1116 que transmite o sinal, por exemplo, para uma estação base, outro terminal sem fio, etc. Embora ilustrado como sendo separado do processador 1106, deve ser considerado que o avaliador de qualidade de canal 1110, relator de realimentação 1112 e/ou modulador 1114. podem ser parte do processador 1106 ou de um número de processadores (não mostrados).

A Figura 12 é uma ilustração de um sistema 1200 que facilita a transmissão de dados mediante alavancagem de alternância espacial em um ambiente de comunicação sem fio MIMO. O sistema 1200 compreende uma estação base 1202 (por exemplo, ponto de acesso, etc.) com um receptor 1210 que recebe o sinal(is) a partir de um ou mais terminais sem fio 1204 através de uma pluralidade de antenas de recepção 1206, e um transmissor 1222 que transmite para um ou mais terminais sem fio 1204 através de uma ou mais antenas de transmissão 1208. O receptor 1210 pode receber informação a partir das antenas de recepção 1206 e é associado operativamente a um demodulador 1212 que demodula a informação recebida. Os símbolos demodulados são analisados por um processador 1214 que pode ser similar ao processador descrito acima com referência à Figura 11, e o qual é acoplado a uma memória 1216 que armazena informação relacionada à geração de dados piloto(s), a serem transmitidos para, ou recebidos a partir dos terminais sem fio 1204 (ou uma estação base diferente (não mostrada)), e/ou qualquer outra informação adequada relacionada à realização de várias ações e funções aqui apresentadas. O processador 1214 é acoplado adicionalmente a um gerador de piloto 1218 que constroi piloto(s) que pode ser enviado para o terminal(is) sem fio 1204. O gerador de piloto 1218

pode empregar uma matriz unitária de variação lenta para gerar o piloto(s) para transmissão. Além disso, o piloto(s) produzido pelo gerador de piloto 1218 pode ser empregado pelo terminal(is) sem fio 1204 para avaliar as CQIs.

5 O gerador de piloto 1218 pode ser acoplado operativamente a um programador de transmissão 1220 que programa a transmissão de dados com base nos dados CQI recebidos. Por exemplo, o programador de transmissão 1220 pode permitir que os dados sejam transmitidos para um

10 usuário mediante alternância através de um subconjunto de antenas virtuais conforme aqui descrito. Adicionalmente, o programador de transmissão 1220 e/ou gerador de piloto 1218 podem prover dados e/ou piloto(s) a um modulador 1222. O

15 modulador 1222 pode multiplexar os dados e/ou o piloto(s) para transmissão por um transmissor 1226 através da antena(s) 1208 para o terminal(is) sem fio 1204. Embora

20 sendo ilustrado como separado do processador 1214, deve ser considerado que o gerador de piloto 1218, programador de transmissão 1220 e/ou modulador 1222 podem ser parte do processador 1214, ou de um número de processadores (não mostrados).

 A Figura 13 mostra um diagrama de blocos de uma modalidade da estação base 110, terminais de antena única 120x, e terminal de múltiplas antenas 120y. Na estação base

25 110, um processador de dados de transmissão (TX) 1310 recebe os dados para um ou mais terminais, processa (por exemplo, codifica, intercala, e mapeia em símbolo) os dados com base em um ou mais esquemas de codificação e modulação, e fornece símbolos de modulação. O processador de dados TX

30 1310 tipicamente processa os dados para cada terminal separadamente com base em um esquema de codificação e modulação selecionado para aquele terminal. Se o sistema utiliza SC-FDMA, então o processador de dados TX 1310 pode

realizar FFT/DFT nos símbolos de modulação para cada terminal para obter símbolos de frequência-domínio para aquele terminal. O processador de dados TX 1310 obtém símbolos de saída para cada terminal (os quais podem ser
 5 símbolos de modulação para OFDM ou símbolos de frequência-domínio para SC-FDMA) e multiplexa os símbolos de saída para o terminal para as sub-bandas e antenas virtuais usadas para aquele terminal. O processador de dados TX 1310 multiplexa adicionalmente os símbolos piloto para as sub-
 10 bandas e antenas virtuais usadas para transmissão de piloto.

Um processador espacial TX 1320 recebe os símbolos de saída multiplexados e símbolos piloto, realiza processamento espacial para cada sub-banda, por exemplo,
 15 conforme mostrado na Equação 3 ou 7, e provê símbolos de transmissão para as T antenas de transmissão. Um modulador (MOD) 1322 processa os símbolos de transmissão para cada antena de transmissão, por exemplo, para OFDM, SC-FDMA, ou alguma outra técnica de modulação, e gera um fluxo de
 20 amostra de saída para aquela antena de transmissão. Como o processador espacial TX 1320 realiza processamento espacial para cada sub-banda, a modulação SC-FDMA é dividida em duas partes que são realizadas pelo processador de dados TX 1310 e modulador 1322. O modulador 1322 provê T fluxos de
 25 amostra de saída para T unidades de transmissão (TMTR) 1324a a 1324t. Cada unidade de transmissão 1324 processa (por exemplo, converte para analógico, amplifica, filtra, e converte ascendentemente em frequência) seu fluxo de amostra de saída e gera um sinal modulado. T sinais
 30 modulados a partir das unidades de transmissão 1324a a 1324t são transmitidas a partir de T antenas 112a a 112t, respectivamente.

Em cada terminal 120, uma ou múltiplas antenas 122 recebem os sinais modulados transmitidos pela estação base 110, e cada antena provê um sinal recebido para uma unidade de recepção respectiva (RCVR) 1354. Cada unidade de recepção 1354 processa (por exemplo, amplifica, filtra, converte descendentemente em frequência, e digitaliza) seu sinal recebido e provê amostras recebidas a um demodulador (Demod) 1356. O demodulador 1356 processa as amostras recebidas para cada antena de recepção 122 (por exemplo, com base em OFDM, SC-FDMA, ou alguma outra técnica de modulação), obtém símbolos recebidos de frequência-domínio para as K sub-bandas totais, provê símbolos recebidos para as sub-bandas designadas, e provê os símbolos piloto recebidos para as sub-bandas usadas para transmissão piloto.

Para terminal de uma só antena 120x, um detector de dados 1360x obtém os símbolos recebidos a partir do demodulador 1356x, deriva as estimativas de canal para as sub-bandas atribuídas; com base nos símbolos piloto, recebidos, e realiza detecção de dados (por exemplo, equalização) nos símbolos recebidos com base nas estimativas de canal para obter símbolos detectados, os quais são estimativas dos símbolos de saída transmitidos para o terminal 120x. Para o terminal de múltiplas antenas 120y, um processador espacial de recepção (RX) 1360y obtém os símbolos recebidos a partir do demodulador 1356y, deriva as estimativas de canal para as sub-bandas designadas; com base nos símbolos piloto, recebidos, e realiza processamento espacial de receptor nos símbolos recebidos com base nas estimativas de canal para obter os símbolos detectados. O processador espacial RX 1360y pode implementar uma técnica de erro quadrado médio mínimo (MMSE), uma técnica de imposição-zero (ZF), uma técnica de

combinação de relação máxima (MRC), uma técnica de cancelamento de interferência sucessiva, ou alguma outra técnica de processamento de receptor. Para cada terminal, um processador de dados RX 1362 processa (por exemplo, desmapeia em símbolo, desintercala, e decodifica) os símbolos detectados e provê os dados decodificados para o terminal. Em geral, o processamento por cada terminal 120 é complementar ao processamento pela estação base 110.

Cada terminal 120 pode gerar informação de realimentação para a transmissão de dados para aquele terminal. Por exemplo, cada terminal 120 pode estimar as SNRs para as antenas virtuais, por exemplo, com base nos símbolos piloto recebidos. Cada terminal 120 pode selecionar um ou mais esquemas de codificação e modulação, um ou mais formatos de pacote, uma ou mais antenas virtuais para uso para transmissão de dados, uma ou mais matrizes ortonormais, e assim por diante com base nas estimativas SNR e/ou outra informação. Cada terminal 120 também pode gerar confirmações (ACKs) para pacotes de dados corretamente recebidos. A informação de realimentação pode incluir as estimativas SNR, os esquemas de codificação e modulação selecionados, a antena(s) virtual selecionada, a matriz(es) ortonormal selecionada, a sub-banda(s) selecionada, ACKs, informação usada para controle de potência, alguma outra informação, ou qualquer combinação das mesmas. A informação de realimentação é processada por um processador de dados TX 1380, processada adicionalmente por um processador espacial TX 1382 se múltiplas antenas estiverem presentes, modulada por um modulador 1384, condicionada pela unidade(s) de transmissão 1354, e transmitida por intermédio da antena(s) 122 para a estação base 110. Na estação base 110, os sinais modulados transmitidos pelos terminais 120x e 120y são recebidos

5 pelas antenas 112, condicionados por unidades de recepção
 1324, e processados por um modulador 1340, um processador
 espacial RX 1342, e um processador de dados RX 1344 para
 recuperar a informação de realimentação enviada pelos
 terminais. Um controlador/processador 1330 utiliza a
 10 informação de realimentação para determinar as taxas de
 dados e esquemas de codificação e modulação para uso para a
 transmissão de dados para cada terminal assim como para
 gerar vários controles para o processador de dados TX 1310
 e processador espacial TX 1320.

Controladores/processadores 1330, 1370x e 1370y
 controlam a operação das várias unidades de processamento
 na estação base 110 e terminais 120x e 120y,
 respectivamente. As unidades de memória 1332, 1372x e 1372y
 15 armazenam dados e códigos de programa usados pela estação
 base 110 e terminais 120x e 120x, respectivamente. O
 controlador/processador 1330 pode atribuir sub-bandas e
 selecionar a ordem de multiplexação espacial para cada
 terminal e selecionar as antenas virtuais para cada sub-
 20 banda atribuída a cada terminal, por exemplo. Para a
 determinação de CQI, os processadores 1370 podem coordenar
 os processos de determinar e desmapear a $\mathbf{U}_{N_t \times N_r}$ de variação
 lenta usada para realizar ciclos dos pilotos.

25 Para clareza, grande parte da descrição acima é
 para um sistema com K sub-bandas totais. As técnicas de
 transmissão descritas aqui também podem ser usadas para um
 sistema com uma única sub-banda. Para tal sistema, K na
 descrição acima pode ter um índice para período de símbolo
 em vez de sub-banda.

30 As técnicas de transmissão aqui descritas podem
 ser implementadas por vários meios. Por exemplo, essas
 técnicas podem ser implementadas em hardware, firmware,

software, ou uma combinação dos mesmos. Para uma implementação de hardware, as unidades de processamento em um transmissor podem ser implementadas dentro de um ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASICs),
5 processadores de sinal digital (DSPs), dispositivos de processamento de sinal digital (DSPDs), dispositivos lógicos programáveis (PLDs), arranjos de portas programáveis no campo (FPGAs), processadores, controladores, microcontroladores, microprocessadores,
10 dispositivos eletrônicos, outras unidades eletrônicas projetadas para realizar as funções descritas aqui, ou uma combinação dos mesmos. As unidades de processamento em um receptor também podem ser implementadas dentro de um ou mais ASICs, DSPs, processadores, e assim por diante.

15 Em uma ou mais modalidades exemplares, as funções descritas podem ser implementadas em hardware, software, firmware, ou qualquer combinação dos mesmos. Se implementadas em software, as funções podem ser armazenadas em, ou transmitidas através de uma ou mais instruções ou
20 código em um meio legível por computador. meios legíveis por computador incluem ambos, meios de armazenamento em computador e meios de comunicação incluindo qualquer meio que facilita a transferência de um programa de computador a partir de um local para outro. Um meio de armazenamento
25 pode ser qualquer meio disponível que possa ser acessado por um computador. Como exemplo, e não como limitação, tais meios legíveis por computador podem compreender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM ou outro meio de armazenamento de disco óptico, meio de armazenamento de disco magnético ou outros
30 dispositivos de armazenamento magnético, ou qualquer outro meio que possa ser usado para transportar ou armazenar código de programa desejado na forma de instruções ou estruturas de dados e que possa ser acessado por um

computador. Além disso, qualquer conexão é adequadamente denominada meio legível por computador. Por exemplo, se o software é transmitido a partir de um sítio da Rede, servidor, ou outra fonte remota utilizando um cabo coaxial, cabo de fibra ótica, par de fios trançados, linha de assinante digital (DSL), ou tecnologias sem fio tal como infravermelho, rádio, e micro-onda, então o cabo coaxial, cabo de fibra ótica, par de fios trançados, DSL, ou tecnologias sem fio tal como infravermelho, rádio, e micro-onda são incluídos na definição de meio. Disco e outro disco, conforme aqui usado, inclui disco compacto (CD), disco a laser, disco ótico, disco versátil digital (DVD), disquete e disco Blu-ray® em que os discos normalmente reproduzem os dados magneticamente, enquanto que os outros discos reproduzem dados óticamente com lasers.

Com referência à Figura 14, é ilustrado um sistema 1400 que permite a computação das CQIs em um ambiente de comunicação sem fio MIMO. Por exemplo, o sistema 1400 pode residir ao menos parcialmente dentro de um terminal sem fio. Deve ser considerado que o sistema 1400 é representado como incluindo blocos funcionais, os quais podem ser blocos funcionais que representam funções implementadas por um processador, um software, ou uma combinação dos mesmos (por exemplo, firmware). O sistema 1400 inclui um agrupamento lógico 1402 de componentes elétricos que podem atuar em conjunto. Por exemplo, o agrupamento lógico 1402 pode incluir um componente elétrico para reconhecer antenas virtuais suportadas com base nos pilotos obtidos 1404. Adicionalmente, o agrupamento lógico 1402 pode compreender um componente elétrico para determinar CQIs para as antenas virtuais suportadas mediante alternância através das antenas virtuais suportadas 1406. Além disso, o agrupamento lógico 1402 pode

incluir um componente elétrico para transmitir as CQIs para uma estação base para programar transmissão de dados 1408. Adicionalmente, o sistema 1400 pode incluir uma memória 1410 que retém as instruções para executar funções associadas aos componentes elétricos 1404, 1406 e 1408. Embora mostrada como sendo externa à memória 1410, deve ser entendido que um ou mais componentes elétricos 1404, 1406 e 1408 podem existir dentro da memória 1410.

De acordo agora com a Figura 15, é ilustrado um sistema 1500 que permite programar a transmissão e enviar os dados em um ambiente de comunicação sem fio MIMO. O sistema 1500 pode residir dentro de uma estação base, por exemplo. Conforme ilustrado, o sistema 1500 inclui blocos funcionais que podem representar funções implementadas por um processador, software, ou combinação dos mesmos (por exemplo, firmware). O sistema 1500 inclui um agrupamento lógico 1502 de componentes elétricos que podem atuar em conjunto. O agrupamento lógico 1502 pode incluir um componente elétrico para transmitir pilotos através de um conjunto de antenas virtuais 1504. Além disso, o agrupamento lógico 1502 pode incluir um componente elétrico para programar a transmissão de dados para um usuário com base nas CQIs recebidas que correspondem respectivamente as antenas virtuais suportadas por um usuário 1506. Adicionalmente, o agrupamento lógico 1502 pode incluir um componente elétrico para transmitir dados mediante alternância através das antenas virtuais suportadas 1508. Adicionalmente, o sistema 1500 pode incluir uma memória 1510 que retém instruções para executar funções associadas aos componentes elétricos 1504, 1506, e 1508. Embora mostrado como sendo externo à memória 1510, deve ser entendido que os componentes elétricos 1504, 1506, e 1508 podem existir dentro da memória 1510.

O que foi descrito acima inclui exemplos de uma ou mais modalidades. Evidentemente, não é possível descrever cada combinação concebível de componentes ou metodologias com o propósito de descrever as modalidades anteriormente mencionadas, mas aqueles de conhecimento comum na técnica podem reconhecer que muitas combinações adicionais e permutação de várias modalidades são possíveis. Consequentemente, as modalidades descritas pretendem abranger todas as tais alterações, modificações e variações que estejam compreendidas no espírito e escopo das reivindicações anexas. Adicionalmente, até o ponto em que o termo "inclui" é usado seja na descrição detalhada ou nas reivindicações, pretende-se que tal termo seja inclusivo de uma maneira similar ao termo "compreendendo" conforme "compreendendo" é interpretado quando empregado como uma palavra de transição em uma reivindicação.

REIVINDICAÇÕES

1. Método que facilita avaliar a informação de qualidade de canal (CQI) em um ambiente de comunicação sem fio de múltiplas entradas, múltiplas saídas (MIMO),
5 compreendendo:

obter pilotos a partir de uma estação base;

identificar um número de camadas suportadas por um canal com base em uma avaliação dos pilotos;

10 computar um conjunto de CQIs mediante alternância através de antenas virtuais associadas com as camadas suportadas, cada CQI corresponder a uma camada respectiva das camadas suportadas; e

enviar o conjunto de CQIs para a estação base para programar a transmissão de dados.

15 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que identificar o número de camadas suportadas pelo canal compreende adicionalmente analisar as relações de potência de sinal relacionadas às camadas.

20 3. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda enviar CQIs nulas às estações base para camadas não-suportadas.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda determinar uma CQI de canal de controle com base em uma primeira resposta de antena virtual.

25 5. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o ambiente de comunicação MIMO emprega MIMO de loop aberto com ao menos um de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

30 6. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o ambiente de comunicação MIMO emprega MIMO de loop fechado com ao menos um de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, compreendendo ainda:

estimar um canal de antena física a partir dos pilotos com base em uma matriz unitária;

5 selecionar uma matriz de pré-codificação que otimiza a capacidade com base no canal de antena física, estimado; e

enviar um índice da matriz de pré-codificação selecionada com o conjunto de CQIs para a estação base.

10 8. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda receber os dados a partir da estação base, em que a estação base transmite os dados nas mesmas antenas virtuais associadas com as camadas suportadas usadas para computação CQI.

15 9. Método, de acordo com a reivindicação 8, em que a estação base alterna através das antenas virtuais associadas com as camadas suportadas para diversidade.

10. Equipamento de comunicação sem fio, compreendendo:

20 uma memória que retém as instruções relacionadas à determinação de um número de camadas suportadas por um canal com base em uma avaliação dos pilotos recebidos, avaliando um conjunto de CQIs mediante alternância através de antenas virtuais correspondendo às camadas suportadas, cada CQI se refere a uma camada respectiva das camadas suportadas, e transmitindo o conjunto de CQIs para programar a transmissão de dados; e

25 um processador, acoplado à memória, configurado para executar as instruções retidas na memória.

30 11. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 10, em que a memória retém adicionalmente instruções relacionadas à análise de

relações de potência de sinal relacionadas às camadas baseadas nos pilotos recebidos.

5 12. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 10, em que a memória retém ainda as instruções relacionadas à determinação de uma CQI de canal de controle com base em uma primeira resposta de antena virtual.

10 13. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 10, em que um ambiente MIMO de loop aberto é empregado com um ou mais de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

15 14. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 10, em que um ambiente MIMO de loop fechado é empregado com um ou mais de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

20 15. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 14, em que a memória adicionalmente retém instruções relacionadas à estimação de um canal de antena física a partir dos pilotos com base em uma matriz unitária variável, escolhendo uma matriz de pré-codificação que maximiza a capacidade baseada no canal de antena física, estimado, e transmitindo um índice da matriz de pré-codificação escolhida com o conjunto de CQIs.

25 16. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 10, em que a memória adicionalmente retém instruções relacionadas à obtenção de dados transmitidos nas mesmas antenas virtuais usadas para avaliação CQI.

30 17. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 16, em que os dados são transmitidos mediante alternância através das antenas virtuais para prover diversidade.

18. Equipamento de comunicação sem fio que habilita a computação das CQIs em um ambiente de comunicação sem fio MIMO, compreendendo:

5 um meio para reconhecer as antenas virtuais suportadas com base nos pilotos obtidos;

um meio para detectar as CQIs para as antenas virtuais suportadas mediante alternância através das antenas virtuais suportadas; e

10 um meio para transmitir as CQIs para uma estação base para programar a transmissão de dados.

19. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 18, compreendendo ainda meio para determinar uma CQI de canal de controle com base em uma primeira resposta de antena virtual.

15 20. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 18, em que o ambiente de comunicação MIMO emprega MIMO de loop aberto com ao menos um de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

20 21. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 18, em que o ambiente de comunicação MIMO emprega MIMO de loop fechado com ao menos um de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

22. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 21, compreendendo ainda:

25 um meio para estimar um canal de antena física a partir dos pilotos com base em uma matriz unitária de variação temporal;

um meio para selecionar uma matriz de pré-codificação que otimiza a capacidade com base no canal de antena física, estimado; e

30 um meio para enviar um índice relacionado à matriz de pré-codificação selecionada com as CQIs à estação base.

23. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 18, compreendendo ainda um meio para receber os dados transmitidos pela estação base nas antenas virtuais suportadas, em que a estação base alterna sobre as antenas virtuais suportadas.

24. Meio legível por máquina tendo armazenado em si instruções executáveis por máquina para:

- receber pilotos a partir de uma estação base;
- determinar um número de camadas suportadas por um canal com base em uma avaliação dos pilotos;
- gerar um conjunto de CQIs mediante alternância através de antenas virtuais associadas às camadas suportadas, cada CQI corresponder a uma camada respectiva das camadas suportadas; e
- transferir o conjunto de CQIs para a estação base para programar a transmissão de dados.

25. Meio legível por máquina, de acordo com a reivindicação 24, as instruções executáveis por máquina compreendendo ainda determinar uma CQI de canal de controle com base em uma primeira resposta de antena virtual.

26. Meio legível por máquina, de acordo com a reivindicação 24, em que um ambiente MIMO de loop aberto é empregado com um ou mais de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

27. Meio legível por máquina, de acordo com a reivindicação 24, em que um ambiente MIMO de loop fechado é empregado com um ou mais de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

28. Meio legível por máquina, de acordo com a reivindicação 27, as instruções executáveis por máquina compreendem ainda:

estimar um canal de antena física a partir dos pilotos com base em uma matriz unitária de variação temporal;

5 selecionar uma matriz de pré-codificação que otimiza a capacidade com base no canal de antena física, estimado; e

 enviar um índice relacionado à matriz de pré-codificação selecionada com o conjunto de CQIs à estação base.

10 29. Meio legível por máquina, de acordo com a reivindicação 24, as instruções executáveis por máquina compreendem ainda obter os dados transmitidos pela estação base por intermédio de alternância através das mesmas antenas virtuais empregadas para geração de CQI.

15 30. Sistema de comunicação sem fio, um equipamento compreendendo:

 um processador configurado para:

 reconhecer antenas virtuais suportadas com base nos pilotos obtidos;

20 determinar as CQIs para as antenas virtuais suportadas mediante alternância através das antenas virtuais suportadas; e

 transmitir as CQIs para uma estação base para programar a transmissão de dados.

25 31. Método que facilita a transmissão de dados a partir de uma estação base em um ambiente de comunicação sem fio MIMO, compreendendo:

 enviar pilotos CQI através de um conjunto de antenas virtuais;

30 obter uma ou mais CQIs que pertencem respectivamente a uma ou mais antenas virtuais suportadas para um usuário, a uma ou mais antenas virtuais suportadas sendo um subconjunto das antenas virtuais;

programar a transmissão de dados para o usuário com base nos dados de CQI; e

transmitir os dados mediante alternância através da uma ou mais antenas virtuais suportadas.

5 32. Método, de acordo com a reivindicação 31, compreendendo ainda gerar os pilotos CQI com base em uma matriz unitária e de variação temporal.

10 33. Método, de acordo com a reivindicação 31, compreendendo ainda obter CQIs nulas que correspondem às antenas virtuais não-suportadas.

34. Método, de acordo com a reivindicação 31, programando a transmissão de dados com base nos dados CQI e equidade.

15 35. Método, de acordo com a reivindicação 31, compreendendo ainda:

selecionar para transmitir através de um segundo número de antenas virtuais que diferem a partir de um primeiro número de antenas virtuais suportadas; e

20 ajustar o nível de potência para a transmissão de dados com base em uma proporção do primeiro número para o segundo número.

25 36. Método, de acordo com a reivindicação 31, a transmissão de dados compreende ainda excitar colunas de uma matriz unitária em cada tile pertencendo a uma ou mais antenas virtuais suportadas enquanto no modo de salto de bloco.

30 37. Método, de acordo com a reivindicação 31, em que o ambiente de comunicação MIMO emprega MIMO de loop aberto com ao menos um de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

38. Método, de acordo com a reivindicação 31, em que o ambiente de comunicação MIMO emprega MIMO de loop

fechado com ao menos um de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

39. Equipamento de comunicação sem fio, compreendendo:

5 uma memória que retém instruções relacionadas à transmissão de piloto através de um conjunto de antenas virtuais, recebendo uma ou mais CQIs que pertencem respectivamente a uma ou mais antenas virtuais suportadas para um usuário, a uma ou mais antenas virtuais suportadas
10 sendo um subconjunto das antenas virtuais, programando a transmissão de dados para o usuário com base nos dados CQI, e transmitindo os dados mediante alternância através de uma ou mais antenas virtuais suportadas; e

 um processador, acoplado à memória, configurado
15 para executar as instruções retidas na memória.

40. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 39, em que a memória retém adicionalmente as instruções relacionadas à geração de piloto com base em uma matriz unitária de variação
20 temporal.

41. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 39, em que a memória retém adicionalmente as instruções relacionadas à programação da transmissão de dados com base na equidade e nos dados CQI.

25 42. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 39, em que a memória retém adicionalmente as instruções relacionadas à escolha para transmitir através de um número diferente de antenas virtuais em comparação com um número de antenas virtuais suportadas e alterar um nível de potência para transmissão
30 de dados.

43. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 39, em que a memória retém

adicionalmente as instruções relacionadas à transmissão de dados mediante excitação de colunas de uma matriz unitária em cada tile enquanto no modo de salto de bloco, as colunas se referem a uma ou mais antenas virtuais suportadas.

5 44. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 39, em que um ambiente MIMO de loop aberto é empregado de um ou mais de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

10 45. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 39, em que um ambiente MIMO de loop fechado é empregado de um ou mais de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

15 46. Equipamento de comunicação sem fio que habilita a programação de transmissão e o envio de dados em um ambiente de comunicação sem fio MIMO, compreendendo:

 meio para transmitir pilotos através de um conjunto de antenas virtuais;

20 meio para programar a transmissão de dados para um usuário com base nas CQIs recebidas que correspondem respectivamente às antenas virtuais suportadas pelo usuário;

 meio para transmitir dados mediante alternância através das antenas virtuais suportadas.

25 47. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 46, compreendendo ainda meio para gerar os pilotos com base em uma matriz unitária de variação temporal.

 48. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 46, compreendendo ainda:

30 um meio para selecionar para transmitir através de um número de antenas virtuais que difere de um número de antenas virtuais suportadas; e

um meio para ajustar um nível de potência para transmissão de dados.

5 49. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 46, compreendendo ainda meio para excitar colunas de uma matriz unitária em cada tile enquanto no modo de salto de bloco, as colunas se referem a uma ou mais antenas virtuais suportadas.

10 50. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 46, em que o ambiente de comunicação MIMO emprega MIMO de loop aberto com ao menos um de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

15 51. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 46, em que o ambiente de comunicação MIMO emprega MIMO de loop fechado com ao menos um de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

52. Meio legível por máquina tendo armazenado no mesmo instruções executáveis por máquina para:

20 enviar pilotos através de um conjunto de antenas virtuais, os pilotos sendo gerados com base em uma matriz unitária;

programar a transmissão de dados para um usuário com base nas CQIs recebidas que correspondem respectivamente às antenas virtuais suportadas pelo usuário; e

25 transmitir dados mediante alternância através das antenas virtuais suportadas.

30 53. Meio legível por máquina, de acordo com a reivindicação 52, as instruções executáveis por máquina compreendendo ainda ajustar um nível de potência para transmitir dados quando um número de antenas virtuais diferente do número de antenas virtuais suportadas for empregado.

54. Meio legível por máquina, de acordo com a reivindicação 52, as instruções executáveis por máquina compreendendo ainda excitar colunas da matriz unitária em cada tile enquanto no modo de salto de bloco para transmitir dados, as colunas se referem a uma ou mais antenas virtuais suportadas.

55. Meio legível por máquina, de acordo com a reivindicação 52, em que um ambiente MIMO de loop aberto é empregado com um ou mais de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

56. Meio legível por máquina, de acordo com a reivindicação 52, em que um ambiente MIMO de loop fechado é empregado com um ou mais de salto de taxa de símbolo ou salto de bloco.

57. Em um sistema de comunicação sem fio, um equipamento compreendendo:

um processador configurado para:

enviar pilotos CQI através de um conjunto de antenas virtuais;

obter uma ou mais CQIs que pertencem respectivamente a uma ou mais antenas virtuais suportadas para um usuário, a uma ou mais antenas virtuais suportadas sendo um subconjunto das antenas virtuais;

programar a transmissão de dados para o usuário com base nos dados CQI; e

transmitir os dados mediante alternância através da uma ou mais antenas virtuais suportadas.

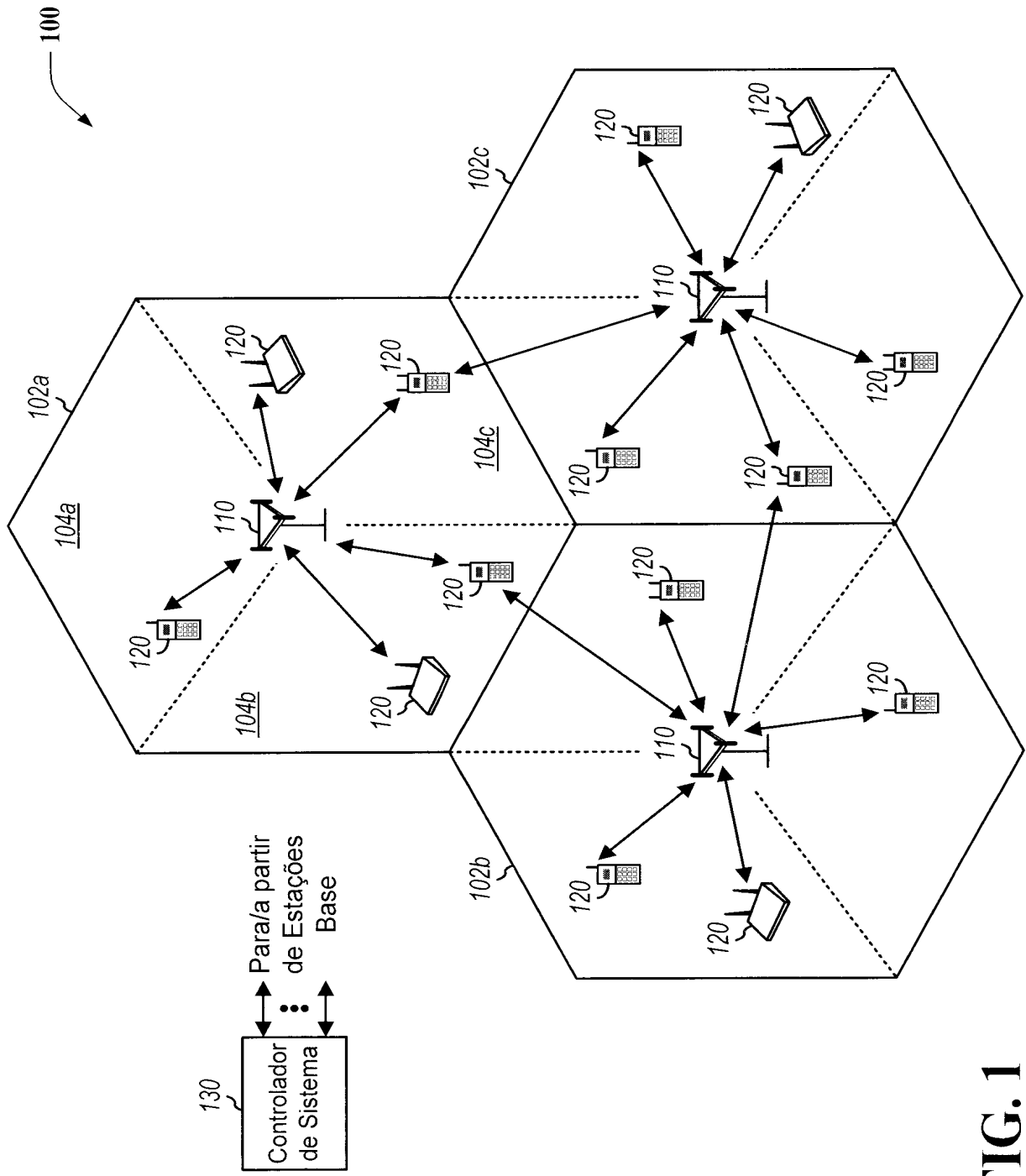
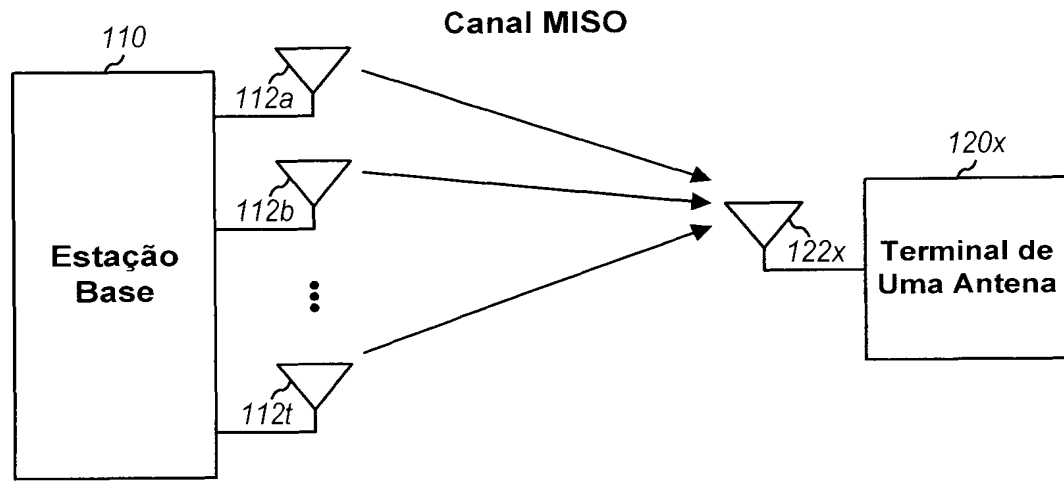
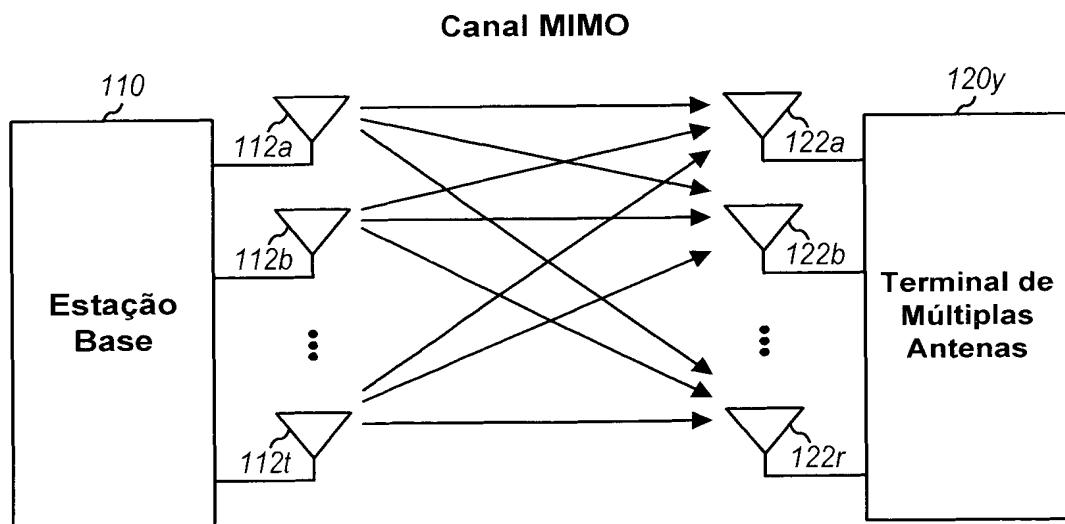


FIG. 1

**FIG. 2A****FIG. 2B**

300

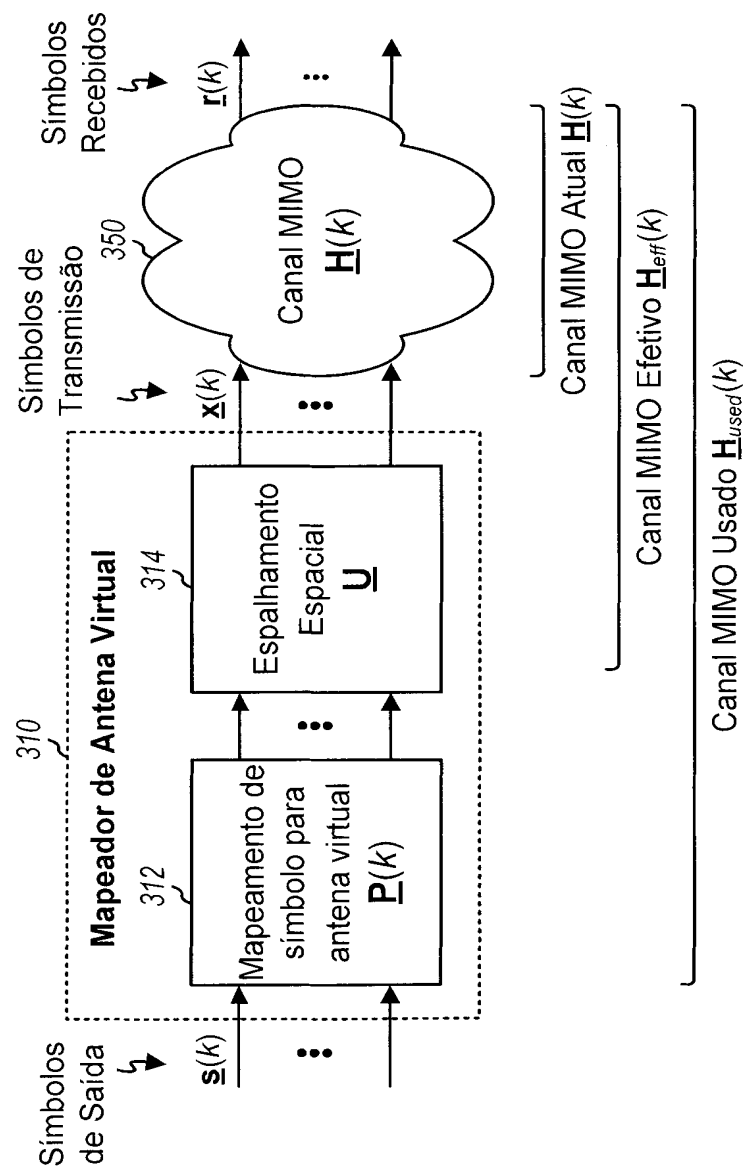


FIG. 3

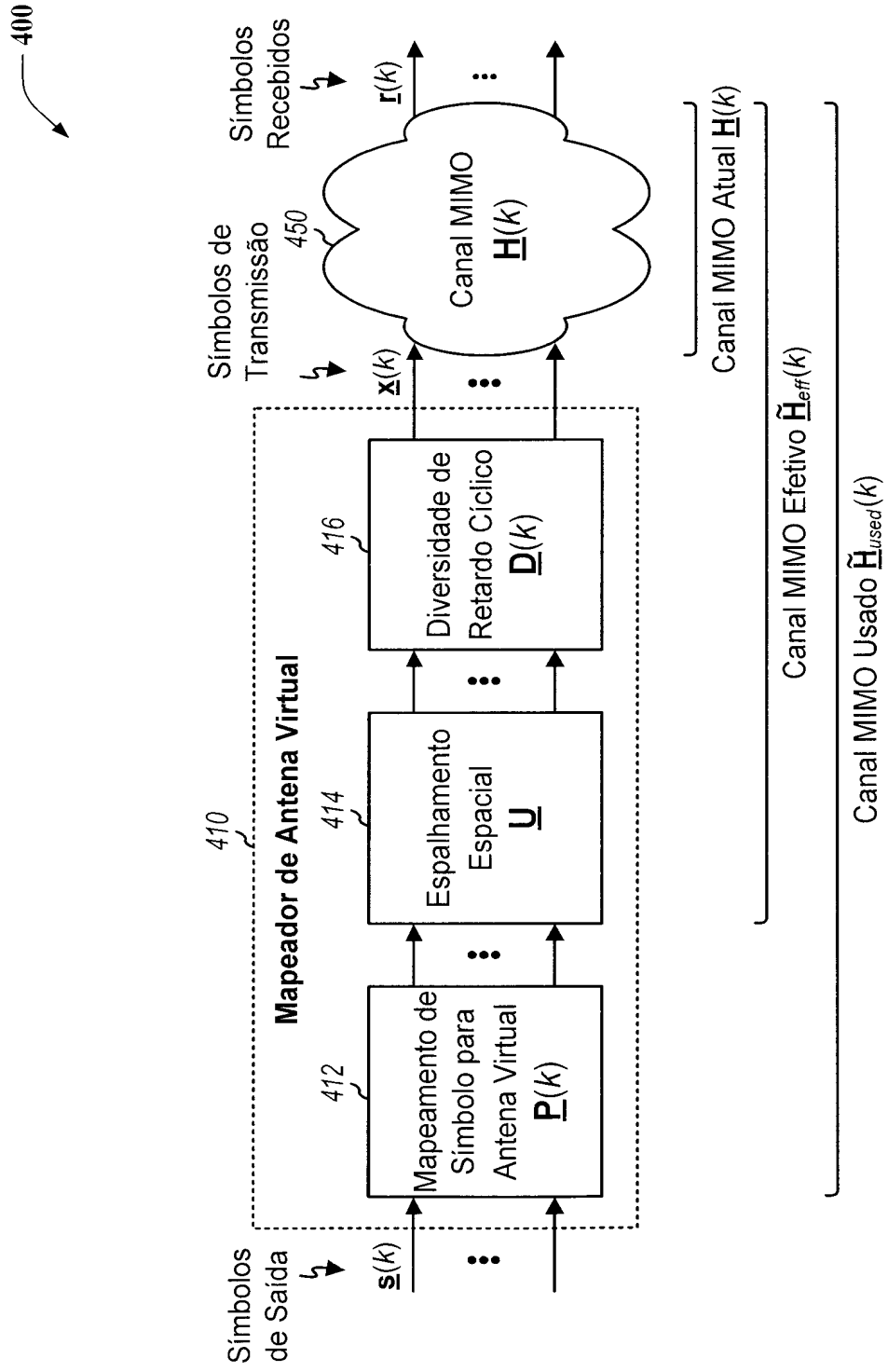
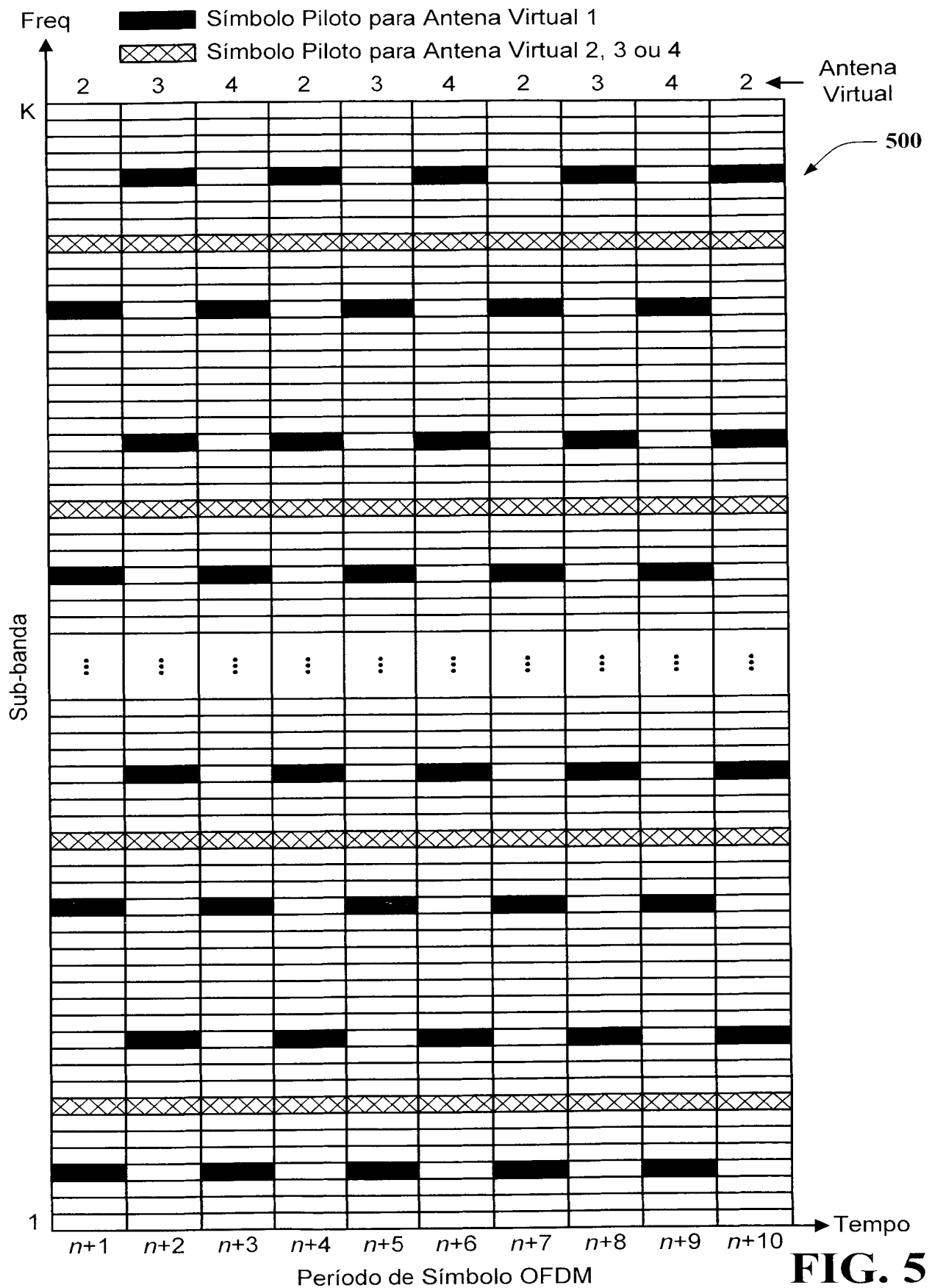
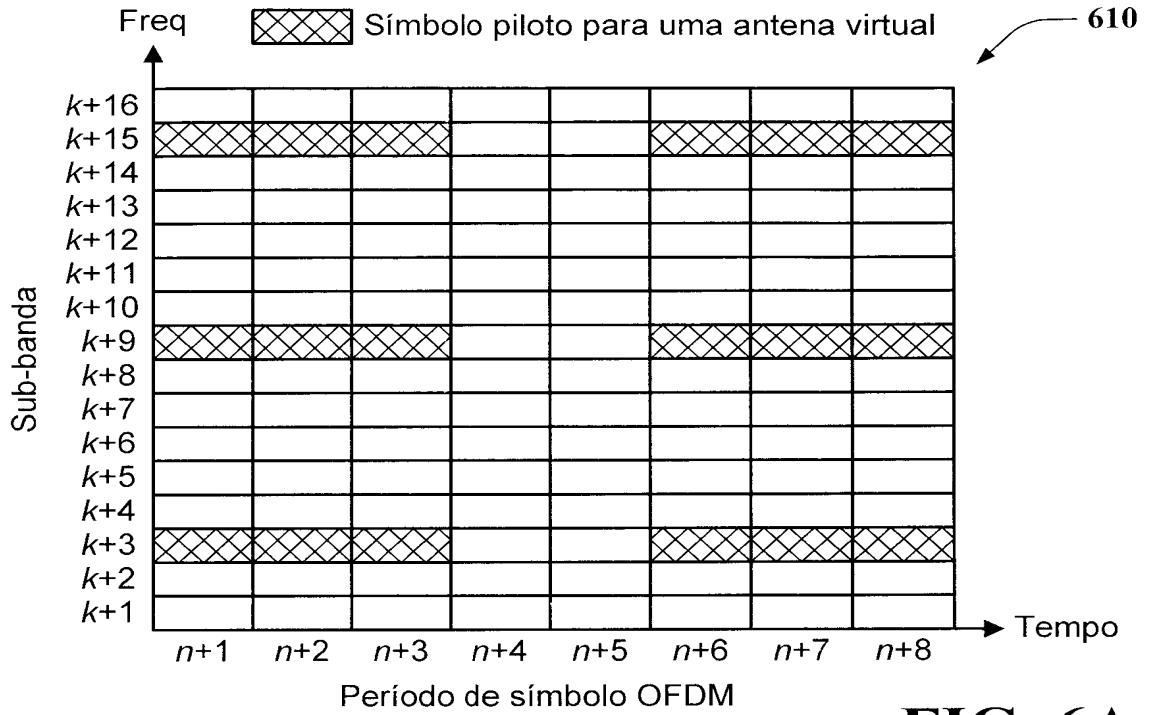
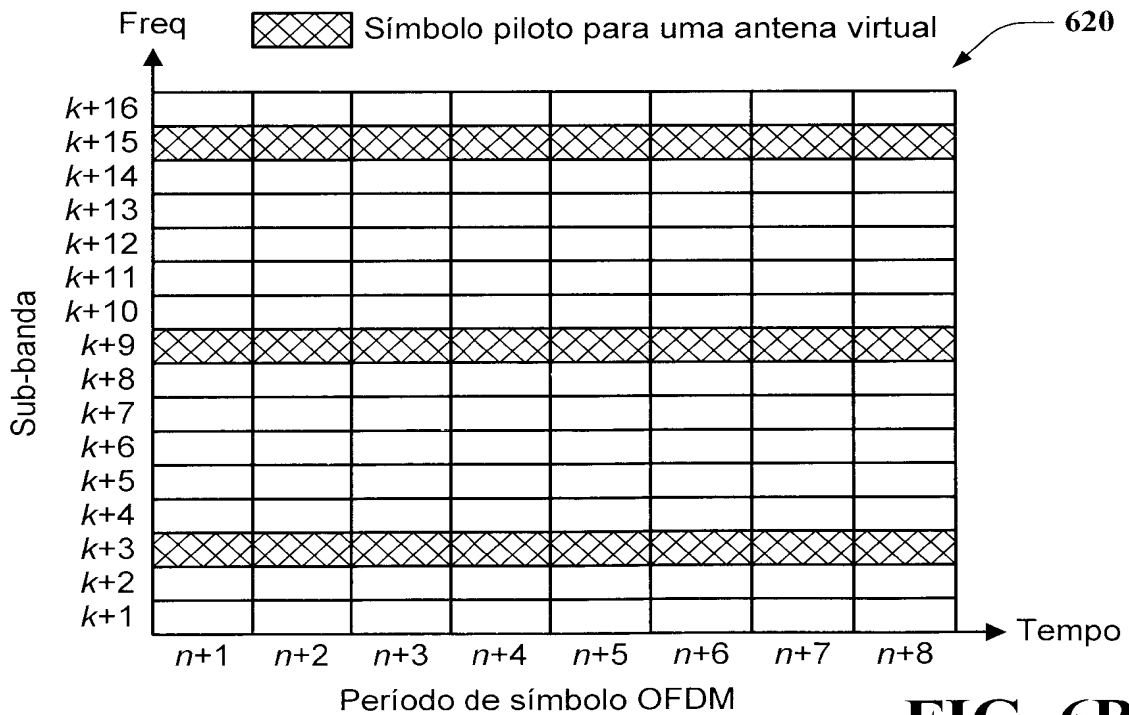
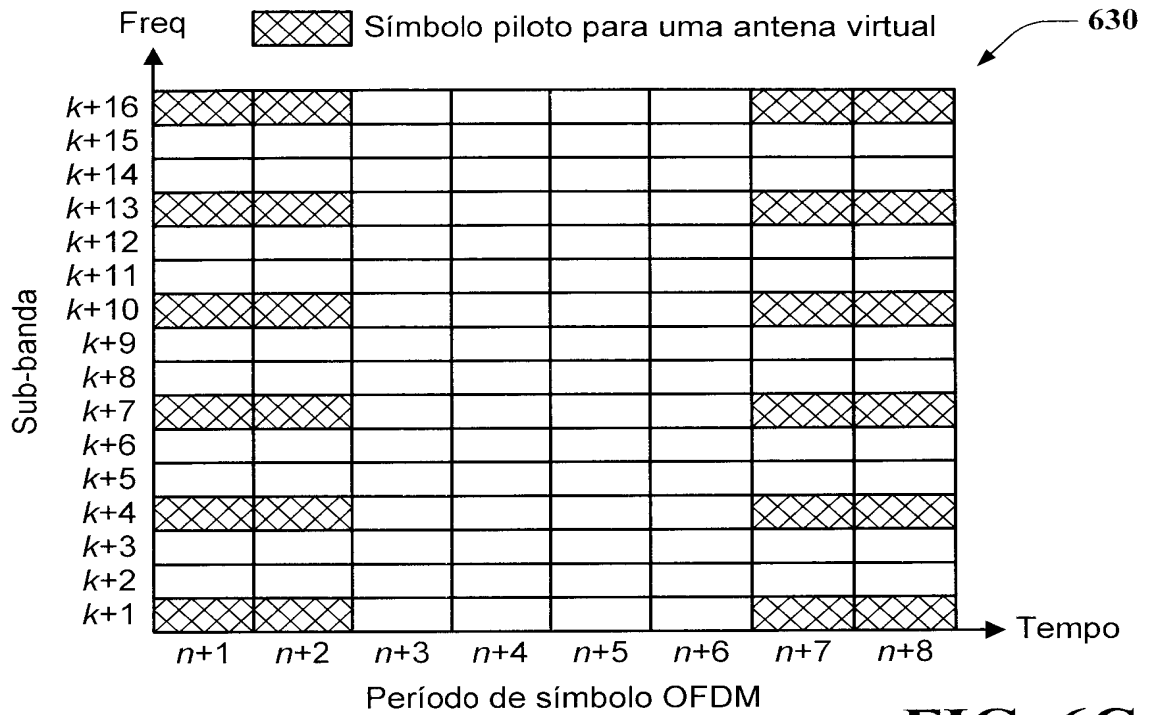
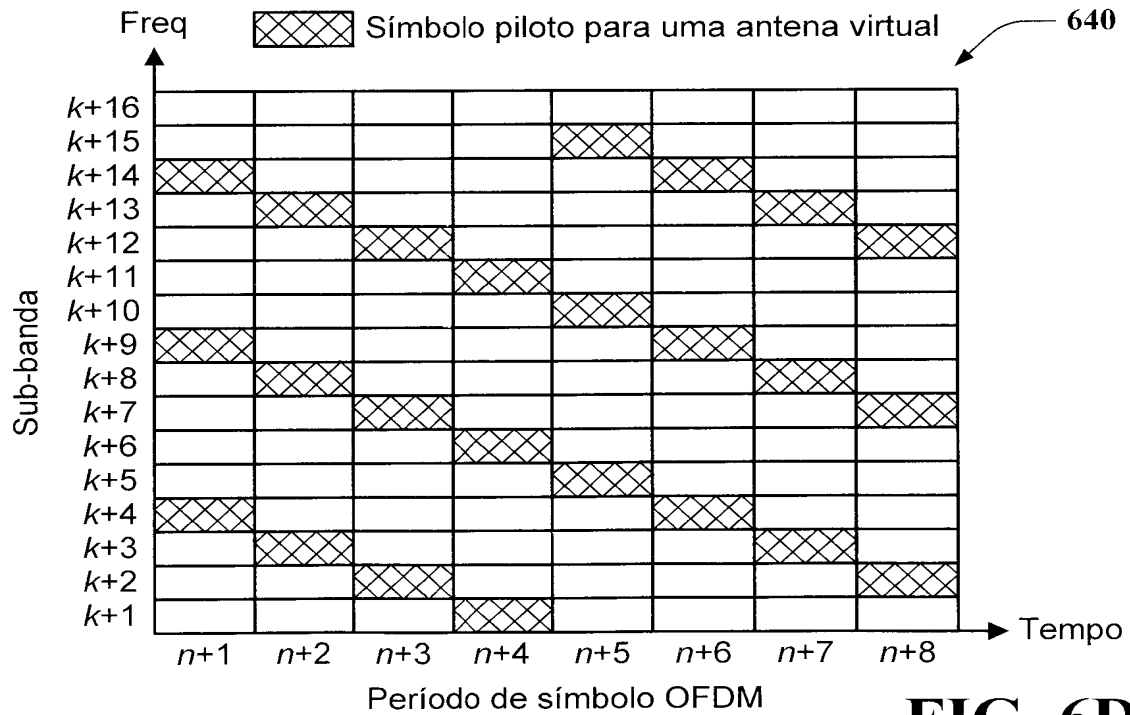
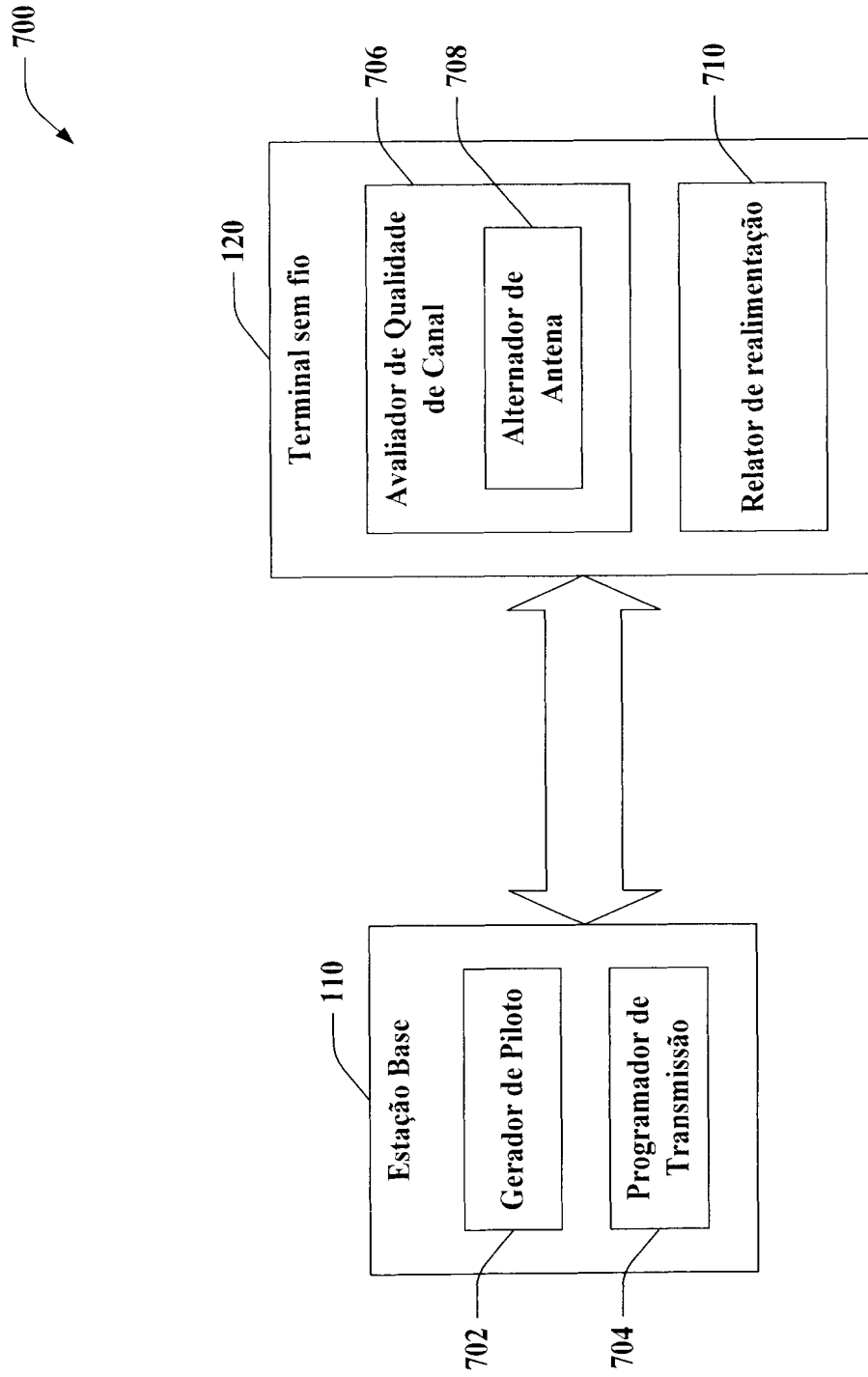


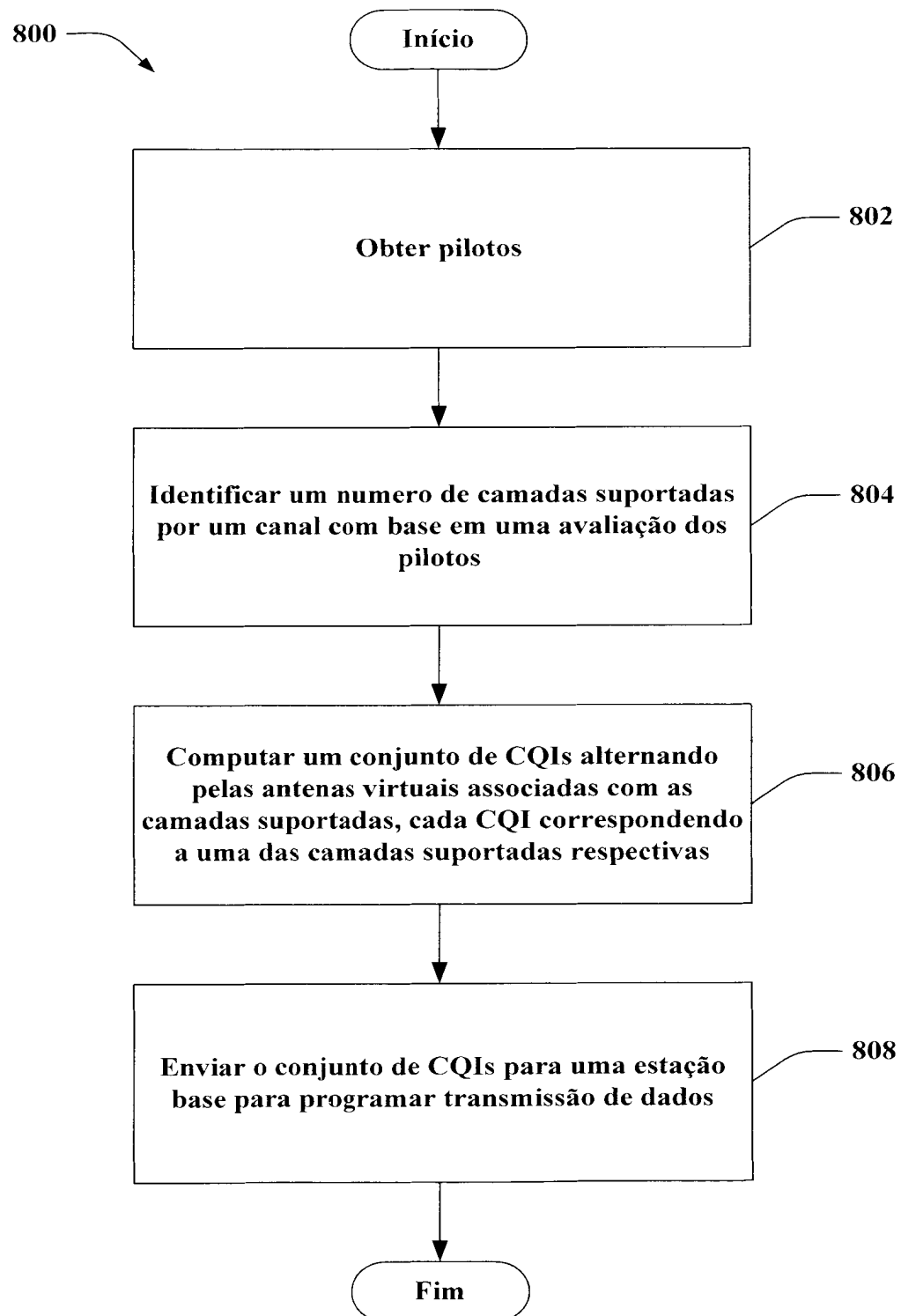
FIG. 4

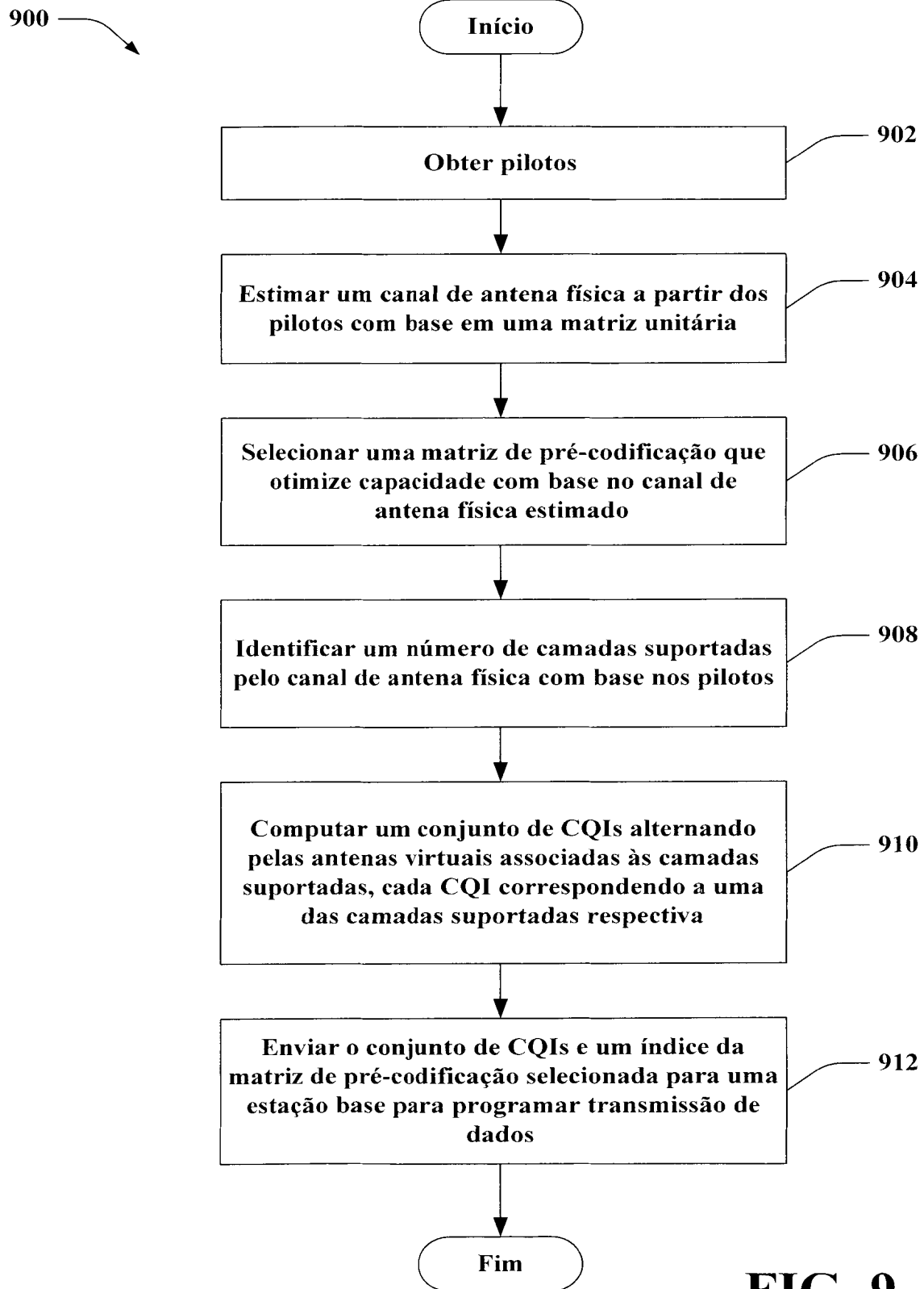
**FIG. 5**

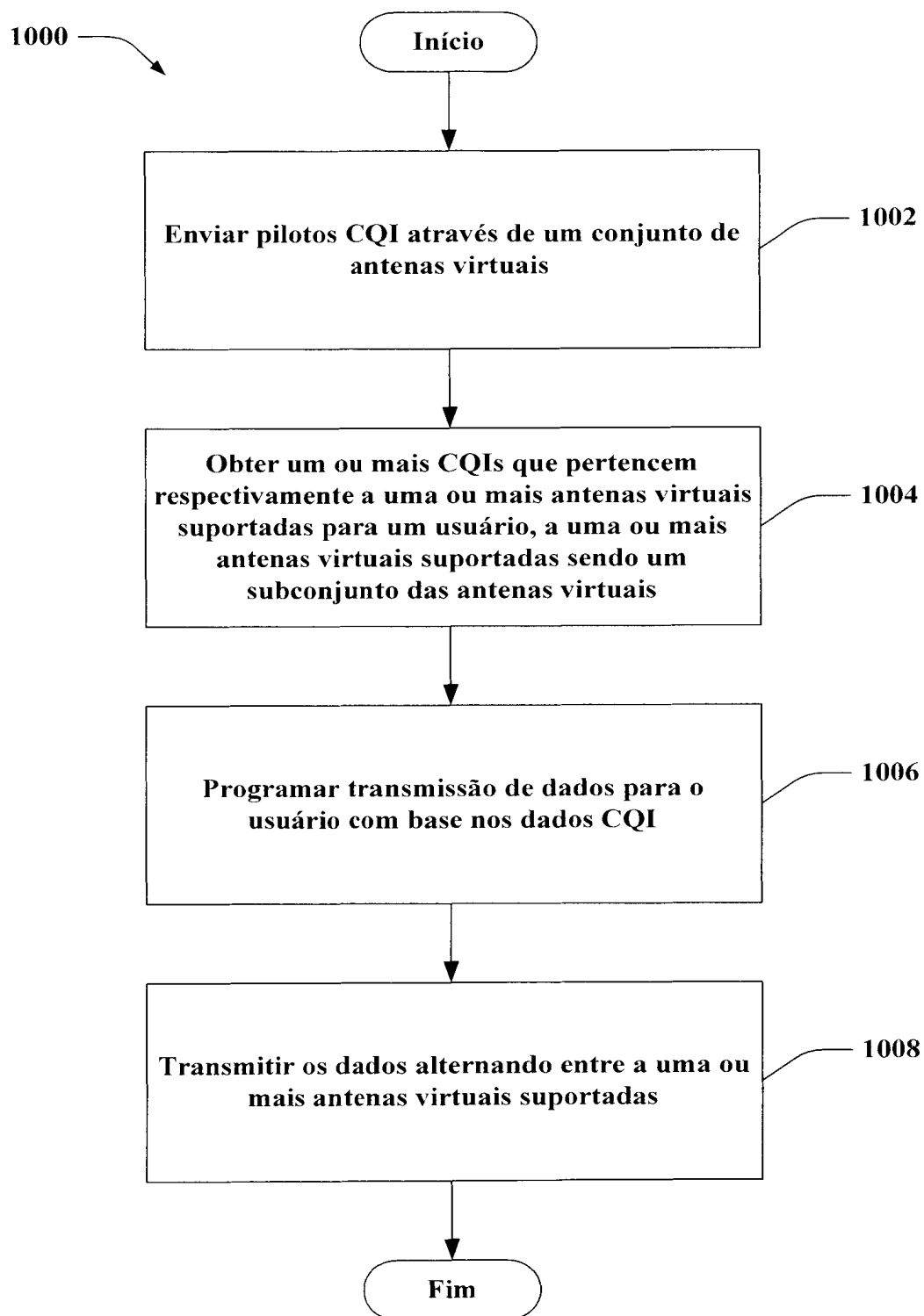
**FIG. 6A****FIG. 6B**

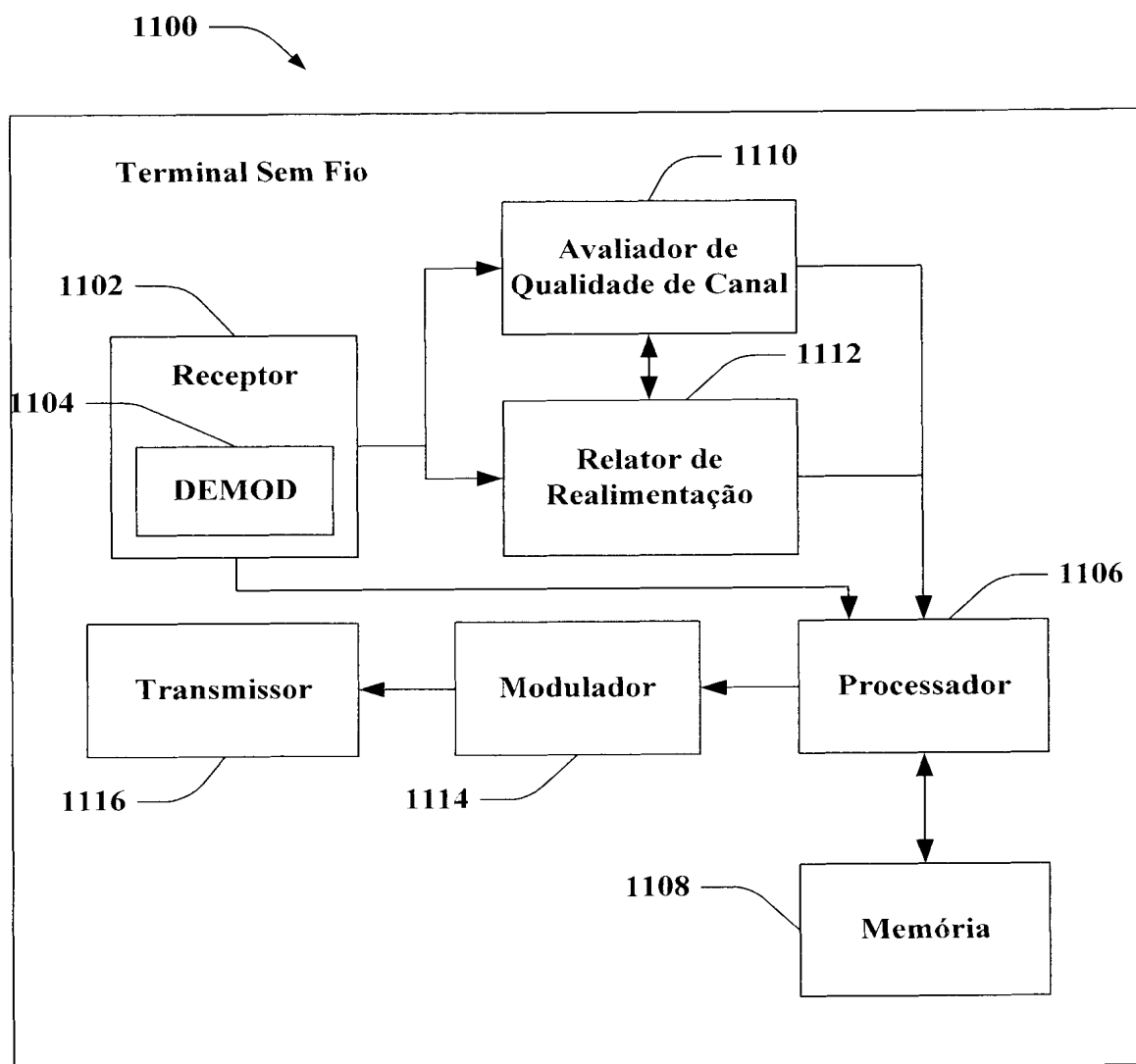
**FIG. 6C****FIG. 6D**

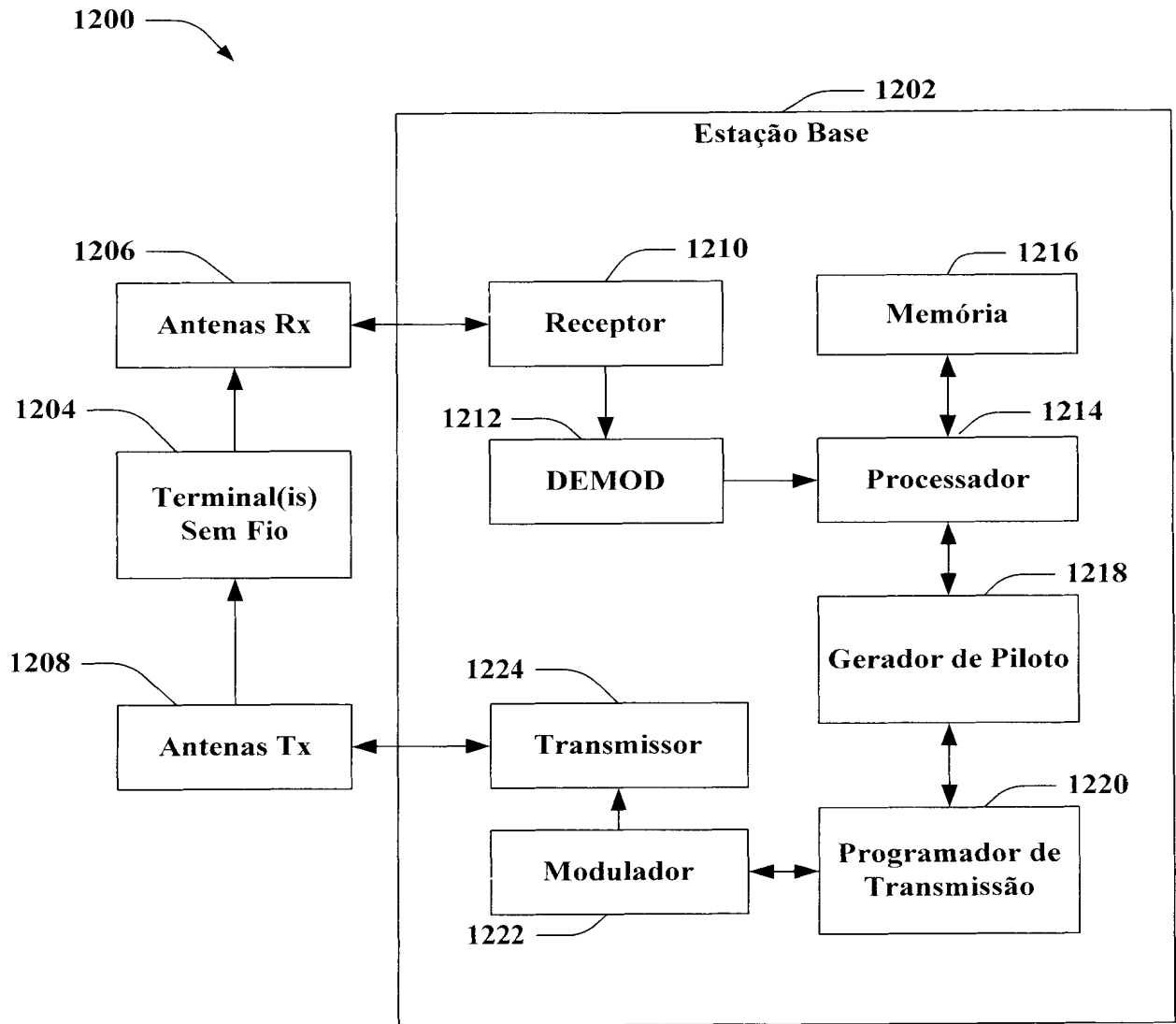
**FIG. 7**

**FIG. 8**

**FIG. 9**

**FIG. 10**

**FIG. 11**

**FIG. 12**

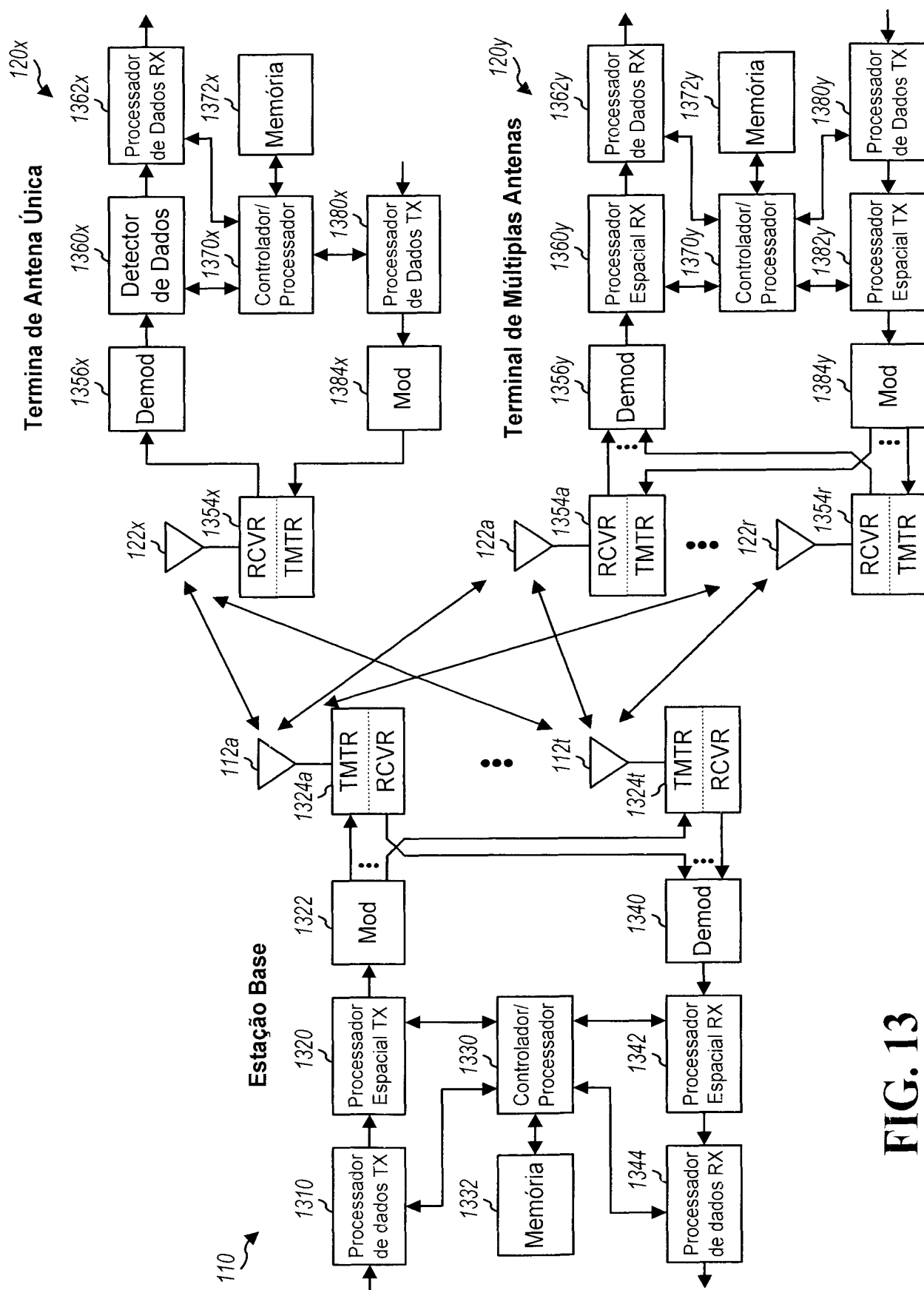


FIG. 13

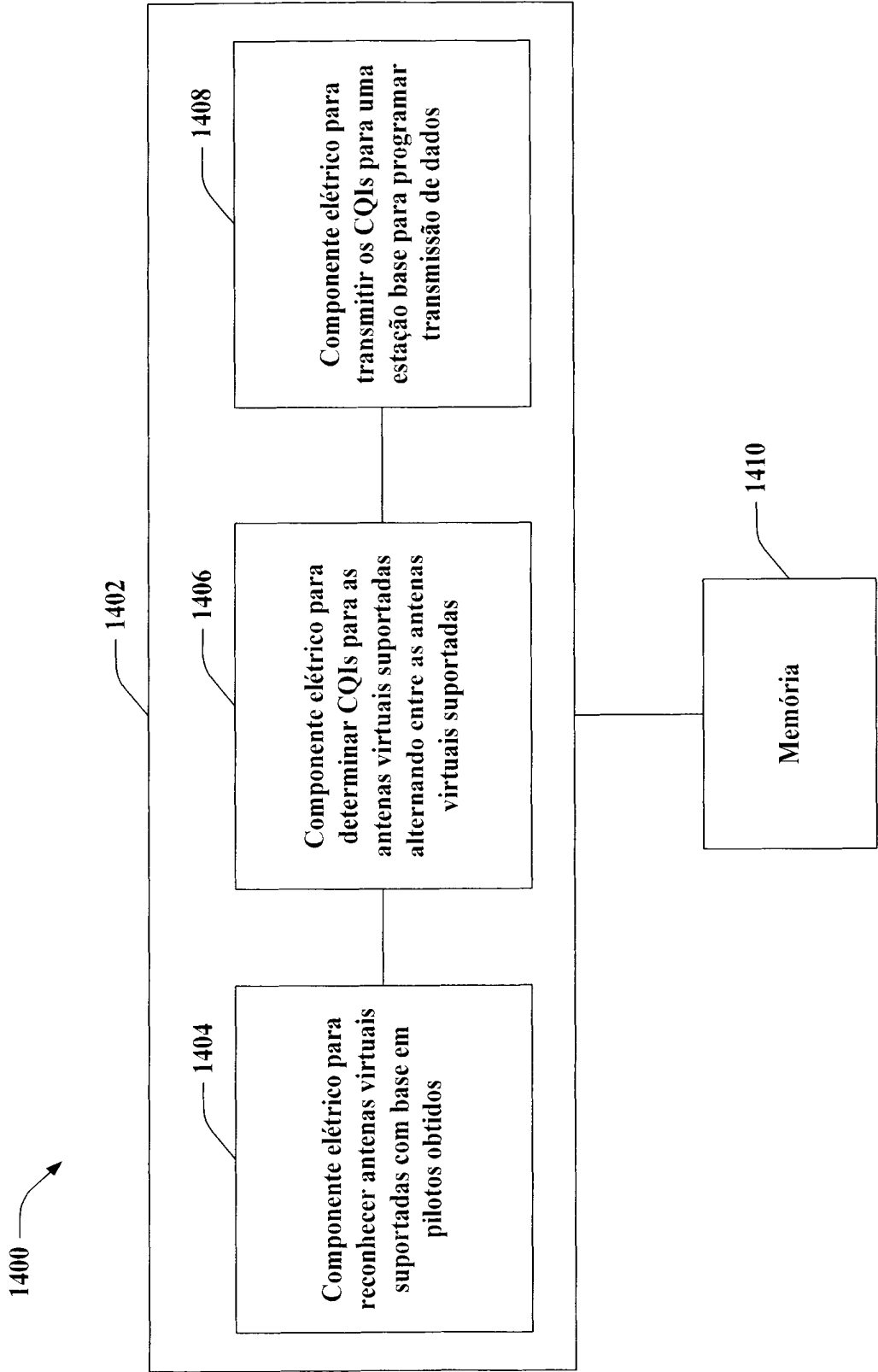


FIG. 14

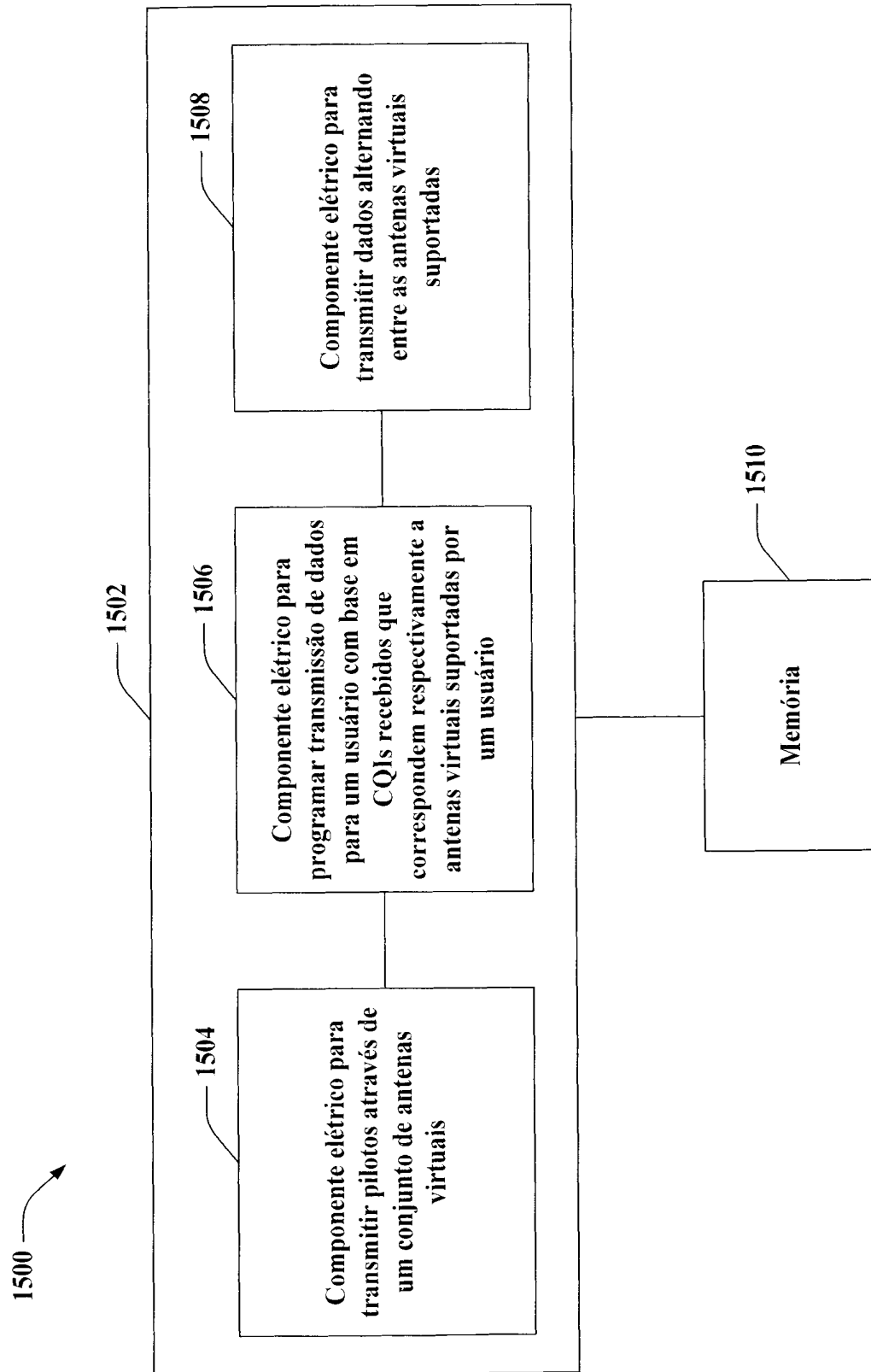


FIG. 15

RESUMO

"FORNECIMENTO DE DIVERSIDADE DE ANTENA EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO"

São descritos sistemas e metodologias que facilitam a alternância através de antenas para computação de informações de qualidade de canal (CQI) e transmissão de dados em um ambiente de comunicação sem fio de múltiplas entradas, múltiplas saídas (MIMO). Pilotos podem ser obtidos por intermédio de um terminal sem fio. Adicionalmente, antenas virtuais que podem ser suportadas por um canal podem ser identificadas com base em uma análise dos pilotos. Além disso, computações CQI podem ser efetuadas para cada uma das antenas virtuais suportadas; posteriormente, os dados CQI podem ser enviados para uma estação base para programar transmissão de dados. Adicionalmente, a estação base pode programar a transmissão com base nas considerações de equidade e/ou dados CQI. Quando programada, a transmissão de dados pode ocorrer mediante alternância através das antenas virtuais suportadas.