



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(21) BR 132022012270-8 E2

(22) Data do Depósito: 20/06/2022

(43) Data da Publicação Nacional:
06/06/2023

(54) Título: SISTEMA INTELIGENTE FORMADOR DE FEIXE, APLICADO À REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

(51) Int. Cl.: H04B 7/0426; H01Q 3/26.

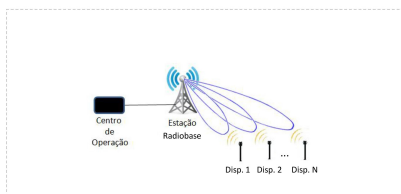
(52) CPC: H04B 7/043; H01Q 3/2605.

(71) Depositante(es): COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO - CELPE.; UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE.

(72) Inventor(es): MARCOS TAVARES DE MELO; ANTONIO JERONIMO BELFORT DE OLIVEIRA; DANIEL DE FILGUEIRAS GOMES; CRISLANE PRISCILA DO NASCIMENTO SILVA; JOSÉ MARIO ALEXANDRE MELO DE OLIVEIRA; AMANDA GOMES BARBOZA; DANIEL FELIPE LINS CABRAL DE MELO; RICARDO JOSÉ DE FRANÇA PADILHA VIEIRA ALMEIDA; BRUNO AGRA KLEINAU.

(61) Pedido original do CA: BR102014030937-3 - 10/12/2014

(57) Resumo: SISTEMA INTELIGENTE FORMADOR DE FEIXE, APLICADO À REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. O presente certificado de adição se refere a um arranjo de antenas inteligentes, chaveado, para sistemas de supervisão tipo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, traduzido para Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados), proporcionando uma comunicação confiável, via rádio, entre o Centro de Operação Integrada COI, com os dispositivos de automação telecomandados, utilizados em proteção em redes de distribuição de energia elétrica. O sistema proposto controla a direção do lóbulo principal do diagrama de radiação do arranjo, variando a fase e a amplitude da alimentação individual das antenas, aumentando o ganho da potência transmitida, evitando, assim, que sejam instaladas estações repetidoras entre o COI e o dispositivo alvo. Sistemas SCADA são tipicamente usados em concessionárias de serviços de distribuição de energia, gás, água, entre outros, que tenham a necessidade de usar telemetria para conectar equipamentos separados por grandes distâncias. Além das características descritas acima, esta invenção possibilita a supervisão dos dispositivos de automação numa cobertura de 360° em torno da ERB correspondente.



RELATÓRIO DESCRITIVO

“SISTEMA INTELIGENTE FORMADOR DE FEIXE, APLICADO À REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA” - Certificado de Adição de invenção do BR 102014030937-3, depositado em 10/12/2014.

Campo da invenção

[001] A invenção descreve um sistema de equipamentos utilizando um arranjo de sensoriamento remoto e dispositivos de automação telecomandados. Mais especificamente compreende um arranjo de antenas inteligentes, chaveado, para sistemas de supervisão tipo SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) traduzido para Sistemas de Supervisão e aquisição de dados, proporcionando uma comunicação o Centro de Integrada (COI), com os de automação telecomandados, utilizados em redes de distribuição de energia elétrica, evitando assim que sejam instaladas estações repetidoras entre o COI e o dispositivo alvo. O sistema é capaz de monitorar o funcionamento de chaves religadoras em torno de uma estação radiobase com abrangência angular de 360°.

Fundamentos da invenção

[002] Nas operações de telemetria, a conexão entre equipamentos separados por grandes distâncias é realizada através de sistemas SCADA, tipicamente usados em concessionárias de distribuição de energia, gás, água, entre outros. Nestes sistemas são utilizados softwares para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controle conectados através de controladores específicos.

[003] Devido à dificuldade de comunicação entre o Centro de Operação Integrada (COI) e os dispositivos de automação telecomandados via rádio, o COI deixa de enviar telessinais e receber telecomandos, contribuindo para a redução da Qualidade de Serviço (QoS, em inglês,

Quality of Service) do fornecimento de energia elétrica. Desligamentos na rede elétrica, programados ou não, associados à falta de comunicação do Centro de Operação com as chaves religadoras acarretam uma elevação do tempo para restabelecimento das condições normais de fornecimento de energia elétrica incorrendo em prejuízos para a empresa de distribuição e os consumidores.

[004] Quando os dispositivos de automação telecomandados, via rádio, se encontram em regiões onde a vegetação, edificações ou outros obstáculos venham prejudicar as comunicações com o COI, uma solução descrita no estado da técnica para efetivar a comunicação é utilizar a linha discada, celular, satélite fibra óptica. No entanto, as três primeiras alternativas têm custo mensal fixo, visto que devem ser utilizados serviços de concessionárias de telecomunicação. A colocação de fibra óptica é uma solução de custo inicial elevado e proibitivo para acessar um dispositivo alvo único.

[005] Uma segunda solução é a implantação de estações repetidoras para transmitir o sinal até o dispositivo alvo. No entanto, essa solução exige um estudo para verificar a relação custo-benefício, levando em consideração a topologia e a disponibilidade de terreno para a estação repetidora.

[006] No Brasil, todas as empresas concessionárias de energia elétrica utilizam Sistemas SCADA, com a comunicação via enlace de rádio em regiões menos desenvolvidas e não supridas por fibras ópticas.

[007] O documento PI0617129 descreve um método e aparelho para transmissão e recepção de dados em sistema de comunicação sem fio e pelo menos um ponto de acesso.

[008] O documento PI0511368 descreve um método e sistema de uso de antenas inteligentes no estabelecimento de rede de retorno, onde cada antena inteligente é configurada para gerar uma série de feixes direcionais.

[009] No entanto, as alternativas previstas no estado da técnica ainda apresentam interferências e interrupção do sinal ou área de sombra, afetando fortemente a comunicação entre o COI e o dispositivo alvo e, conseqüentemente, a qualidade de serviço (QoS) da concessionária medida pelos indicadores (a) Tempo Médio de Atendimento (TMA), que reflete o tempo médio que uma determinada concessionária gasta para restabelecer o fornecimento de energia após a ocorrência de um defeito; (b) Duração Equivalente por Consumidor (DEC), que reflete o tempo que cada consumidor de um certo grupo ficou, em média, sem atendimento de eletricidade; e (c) Frequência Equivalente por Consumidor (FEC), que exprime o número de interrupções, em média, que cada consumidor sofreu.

[010] A distância, o relevo, a vegetação e as construções no percurso entre os dispositivos e a base podem prejudicar a comunicação via rádio, deixando esses dispositivos em regiões de sombra. Um aumento na intensidade do sinal muitas vezes é suficiente para vencer os diversos obstáculos do percurso e restabelecer a comunicação, eliminando as regiões de sombra. Porém, os rádios utilizados, tanto na base, como nos dispositivos, já se encontram operando em potência máxima. Além disso, deseja-se evitar a instalação de novas repetidoras de sinal.

[011] Dessa forma, é objeto da presente invenção um sistema de sensorialmente remoto de equipamentos utilizando antenas diretivas para transferência de dados entre um centro de operação e dispositivos de automação telecomandados através de enlace de rádio, estabelecendo uma comunicação confiável e segura entre o centro de operação e os dispositivos de automação nas regiões de sombra, impactando diretamente na melhoria dos índices de Tempo Médio de Atendimento (TMA), Duração Equivalente por Consumidor (DEC) e Frequência Equivalente por Consumidor (FEC). Um arranjo de antenas diretivas, dessa forma, permite o controle da direção do lóbulo principal do seu diagrama de radiação. Com isso, o alcance de

transmissão do sinal torna bem maior, o que dispensa a instalação de estações repetidoras do sinal.

Breve descrição dos desenhos

[012] A figura 1 apresenta o esquema do sistema chaveado de antenas inteligentes realizando a comunicação entre o COI e os dispositivos de automação.

[013] A figura 2 apresenta o diagrama de blocos do sistema chaveado de antenas inteligentes na comunicação entre o COI e um dispositivo de automação.

[014] A figura 3 apresenta a representação esquemática do sistema de antenas inteligentes.

[015] A figura 4 apresenta o fluxograma do método de controle do arranjo de antenas.

[016] A figura 5 apresenta a antena diretiva do tipo yagi-uda de sete elementos, com grade refletora e elemento ativo um dipolo dobrado, reproduzida no ambiente gráfico do software CST STUDIO SUITE 3D EM, e a figura 5A apresenta o diagrama de radiação de 1 antena yagi-uda de sete elementos simulada no CST STUDIO 3D EM. A figura 5B apresenta o esquema de um arranjo de 4 antenas yagi-uda mostrada na figura 5. A figura 5C mostra o esquema de dois desses arranjos, em configuração back to back.

[017] A figura 6 apresenta o diagrama de radiação do arranjo simulado para o ângulo-objetivo de 0° . Nessa configuração, as amplitudes de alimentação das antenas são (em W) $[A_1=0,98; A_2=0,00; A_3=0,01; A_4=0,10]$ e fases (em rad) $[\theta_1=2,10; \theta_2=6,28; \theta_3=2,63; \theta_4=0,08]$. Seu ganho é de 10,50 dBi.

[018] A figura 7 apresenta o diagrama de radiação do arranjo simulado para o ângulo-objetivo de 30° . Nessa configuração, as amplitudes de

alimentação das antenas são (em W) [$A_1=0,99$; $A_2=0,01$; $A_3=0,01$; $A_4=0,06$] e fases (em rad) [$\theta_1=6,22$; $\theta_2=6,22$; $\theta_3=4,94$; $\theta_4=0,06$]. Seu ganho é de 11,33 dBi.

[019] A figura 8 apresenta o diagrama de radiação do arranjo simulado para o ângulo-objetivo de 60° . Nessa configuração, as amplitudes de alimentação das antenas são (em W) [$A_1=0,08$; $A_2=0,61$; $A_3=0,26$; $A_4=0,00$] e fases (em rad) [$\theta_1=3,47$; $\theta_2=0,10$; $\theta_3=2,15$; $\theta_4=0,93$]. Seu ganho é de 12,42 dBi.

[020] A figura 9 apresenta o diagrama de radiação do arranjo simulado para o ângulo-objetivo de 90° . Nessa configuração, as amplitudes de alimentação das antenas são (em W) [$A_1=0,00$; $A_2=1,00$; $A_3=1,00$; $A_4=0,00$] e fases (em rad) [$\theta_1=6,28$; $\theta_2=0,00$; $\theta_3=6,28$; $\theta_4=6,28$]. Seu ganho é de 14,15 dBi.

[021] Pela simetria em relação a um plano perpendicular à meia distância entre suas extremidades, o arranjo, para o ângulo-objetivo de 120° , deverá ter a mesma alimentação que anteriormente, mas em sequência contrária a partir da outra extremidade. Assim, tem amplitudes [$A_1=0,00$; $A_2=0,26$; $A_3=0,61$; $A_4=0,08$] e fases (em rad) [$\theta_1=0,93$; $\theta_2=2,15$; $\theta_3=0,10$; $\theta_4=3,47$]. Seu ganho é de 12,42 dBi.

[022] Pela mesma razão anterior, para o ângulo-objetivo de 150° , a amplitude e respectiva fase de alimentação das antenas é a mesma que a anterior, mas com a sequência invertida. Assim, [$A_1=0,06$; $A_2=0,01$; $A_3=0,01$; $A_4=0,99$] e fases (em rad) [$\theta_1=0,06$; $\theta_2=4,94$; $\theta_3=6,22$; $\theta_4=6,22$]. Seu ganho é de 11,33 dBi.

[023] Pela mesma razão anterior, para o ângulo-objetivo de 180° , a amplitude e respectiva fase de alimentação das antenas é a mesma que anteriormente, mas com a sequência invertida. Assim, [$A_1=0,10$; $A_2=0,01$;

$A_3=0,00$; $A_4=0,98$] e fases (em rad) [$\theta_1=0,080$; $\theta_2=2,63$; $\theta_3=6,28$; $\theta_4=2,10$]. Seu ganho é de 10,50 dBi.

[024] Para o ângulo-objetivo de 210° , o segundo arranjo, idêntico ao primeiro, é introduzido pela chave SPDT, que acionado pelo CAT, comuta do primeiro para o segundo arranjo. Como os arranjos estão dispostos em configuração back-to-back, ele tem o mesmo conjunto de amplitude e respectivas fases de alimentação apresentada anteriormente; ou seja, para 150° , considerando a numeração correspondente entre as antenas dos dois arranjos da figura 5C, $1 \rightarrow 1'$, $2 \rightarrow 2'$, $3 \rightarrow 3'$ e $4 \rightarrow 4'$. Assim, a sequência de alimentação em amplitude e fase é [$A_1'=0,06$; $A_2'=0,01$; $A_3'=0,01$; $A_4'=0,99$] e fases (em rad) [$\theta_1'=0,06$; $\theta_2'=4,94$; $\theta_3'=6,22$; $\theta_4'=6,22$]. Seu ganho é de 11,33 dBi.

[025] Para o ângulo-objetivo de 240° , e, de acordo com a justificativa apresentada acima, a sequência de alimentação em magnitude e respectiva fase é a mesma que em 120° , descrita anteriormente; ou seja, [$A_1'=0,00$; $A_2'=0,26$; $A_3'=0,61$; $A_4'=0,08$] e fases (em rad) [$\theta_1'=0,93$; $\theta_2'=2,15$; $\theta_3'=0,10$; $\theta_4'=3,47$]. Seu ganho é de 13,42 dBi.

[026] Para o ângulo-objetivo de 270° , e, de acordo com a justificativa apresentada acima, a sequência de alimentação em magnitude e respectiva fase é a mesma que em 90° , descrita anteriormente; ou seja, [$A_1'=0,00$; $A_2'=1,00$; $A_3'=1,00$; $A_4'=0,00$] e fases (em rad) [$\theta_1'=6,28$; $\theta_2'=0,00$; $\theta_3'=6,28$; $\theta_4'=6,28$]. Seu ganho é de 14,15 dBi.

[027] Para o ângulo-objetivo de 300° , e, de acordo com a justificativa apresentada acima, a sequência de alimentação em magnitude e respectiva fase é a mesma que em 60° , descrita anteriormente; ou seja, [$A_1=0,08$; $A_2=0,61$; $A_3=0,26$; $A_4=0,00$] e fases (em rad) [$\theta_1=3,47$; $\theta_2=0,10$; $\theta_3=2,15$; $\theta_4=0,93$]. Seu ganho é de 12,42 dBi.

[028] Para o ângulo-objetivo de 330° , e, de acordo com a justificativa apresentada acima, a sequência de alimentação em magnitude e respectiva fase é a mesma que em 30° , descrita anteriormente; ou seja, $[A_1=0,99; A_2=0,01; A_3=0,01; A_4=0,06]$ e fases (em rad) $[\theta_1=6,22; \theta_2=6,22; \theta_3=4,94; \theta_4=0,06]$. Seu ganho é de 11,33 dBi.

[029] As Figuras 10A até 10H mostram diagramas de radiação horizontais da presente invenção.

Descrição da invenção

[030] O sistema de sensoriamento remoto de equipamentos utilizando um arranjo chaveado de antenas para transferência de dados entre um centro de operação e dispositivos de automação telecomandados, objeto da presente invenção, compreende antenas inteligentes (A) atualmente voltadas a radares e comunicações móveis, para o sensoriamento remoto de dispositivos de automação telecomandados (DA1, DA2, ... DAn) dispostos em uma região, utilizados tanto para proteção como para medição, dito sistema que controla a direção do lóbulo principal do diagrama de radiação das antenas (A), aumentando o alcance de transmissão e elevação do nível de potência do sinal, dispensando a instalação de estações repetidoras.

[031] O sistema objeto da presente invenção está orientado à aplicação na automação de sistemas de distribuição/transmissão de energia elétrica, preferentemente, mas aplicável a empresas de distribuição de gás e de água, ditos sistemas de telemetria que necessitam de um sistema de comunicação digital de dados confiável entre os dispositivos de automação e o Centro de Operação Integrada (COI) para fornecer o serviço aos consumidores, atendendo aos índices de desempenho exigidos que, no caso da energia elétrica, podem ser citados: níveis de tensão máximos e mínimos, número de interrupção do fornecimento e duração da interrupção do fornecimento.

[032] O sistema consiste em uma estação radiobase (RB) que se comunica com todos os dispositivos de automação telecomandados (DA1, DA2, ... DAn,) da região, concentra as informações e as envia para o Centro de Operação (COI), conforme apresentado na figura 1.

[033] Na estação radiobase (RB) normalmente é utilizada uma antena (A) do tipo colinear de dipolos dobrados com diagrama de radiação horizontal omnidirecional.

[034] Nos dispositivos de automação (DA), preferentemente, é empregado antena (A) do tipo diretiva.

[035] O sistema chaveado de antenas inteligentes (A) permite o controle na direção de radiação do sinal, proporcionando um alcance de transmissão bem maior comparado ao sistema atualmente utilizado - sistema adaptativo, onde a ponderação das fases e amplitudes de alimentação das antenas é realizada de forma dinâmica, com o sistema inteligente decidindo baseado em diversas variáveis qual a ponderação para realizar o controle da direção do feixe.

[036] O sistema chaveado proposto é composto por um arranjo de antenas diretivas (A), defasadores (def), atenuadores, amplificadores bidirecionais, controlados digitalmente, um divisor/combinador (div) e um microcontrolador (mic), conforme apresentado na figura 2.

[037] Os arranjos de antenas compreendem antenas do tipo diretiva (A) dotadas de elemento refletor (ref), excitador (exc) e diretores (dir). Cada arranjo consiste de quatro antenas yagi-uda, com polarização vertical e espaçadas entre elas de λ sobre 2 na frequência central de operação. As antenas extremas apresentam uma rotação de 70° para fora conforme mostra a figura 5B.

[038] Os amplificadores bidirecionais (amp) são responsáveis pelo ajuste do ganho do sinal no sentido da transmissão e recepção. Cada

amplificador (amp) deve apresentar faixa de frequência de operação de 400 a 470 MHz, potência de salda maior que 5 W e ganho maior que 20 dBi.

[039] Os defasadores (def) permitem o controle digital da fase das correntes de alimentação das antenas (A) e devem ser dispositivos bidirecionais, ou seja, as duas portas devem funcionar como entrada ou saída. Cada defasador (def) apresenta faixa de frequência de operação entre 400 a 470 MHz, perda por inserção menor que 11 dB, VSWR menor que 2: 1, velocidade de chaveamento de 500 ns, potência de operação de 100 W, potência máxima de entrada (pico) de 1 W e número de bits de 8.

[040] O divisor/combinador (div) opera na faixa de UHF e tem 4 saídas/entradas balanceadas, ou seja, divide o sinal de entrada em 4 partes iguais ou combina 4 de entrada para formar apenas um.

[041] O divisor/combinador (div) apresenta faixa de frequência de operação entre 400 a 470 MHz, fator de divisão de 1 :4 (6 dB), VSWR menor que 1,5 :1, perda por inserção menor que 1 dB, perda total em cada porta de salda menor que 7 dB, isolamento entre as portas de saída maior que 15 dB e potência de operação em cada porta maior que 10 W.

[042] O rádio UHF (R_{uHF}) é responsável pela modulação/demodulação em radiofrequência dos dados durante o processo de comunicação entre a estação radiobase (RB) e chaves religadoras (Crelig).

[043] O microcontrolador (mic) faz a interpretação do dispositivo destino e gera o controle digital a ser enviado para os defasadores (def), os atenuadores, amplificadores bidirecionais, detector de portadora e chaves SPDT.

[044] O Controlador do Arranjo de Antenas (CAT) tem a função de fornecer saídas digitais para os defasadores (def) (8 bits cada saída), atenuadores e amplificadores utilizados no formato de feixe, com base na análise do endereço do destino das chaves, que é obtido através do quadro

DNP3.0, conforme apresentado na figura 4. Após o direcionamento do lóbulo formado pelo arranjo de antenas (A) para a chave destino contido no endereço analisado, o quadro com as informações enviadas pelo COI é transmitido na direção da chave religadora (Crelig). Após receber o quadro DNP3 com as informações, a chave religadora (Crelig) envia a resposta (outro quadro DNP3) para o Centro de Operação (COI). Este mesmo quadro irá passar pelo Controle do Arranjo de Antenas (CAT), seguindo para o Centro de Operação (COI). O sistema atuará como um repetidor das informações passadas pela chave.

[045] Para a simulação do diagrama de radiação do arranjo de antenas foi utilizado o software CST STUDIO SUITE 3D EM. Uma antena do tipo yagi-uda de 7 elementos, figura 5, foi reproduzida no ambiente gráfico do software e seu diagrama de radiação foi simulado, conforme apresentado na figura 5A. A antena (A) está posicionada com seus elementos na vertical e sua orientação em relação ao diagrama polar da Fig. 5A é 90° .

[046] Quatro antenas idênticas foram posicionadas lateralmente com um espaçamento entre duas consecutivas de meio comprimento de onda da frequência central da banda de operação (459,3875 MHz) para formar o arranjo. As duas antenas das extremidades do arranjo sofrem uma rotação de 70° em relação a suas antenas vizinhas. Por método de otimização, a amplitude de alimentação de cada antena e suas respectivas fases relativas são determinadas para que o lóbulo principal do diagrama de radiação resultante aponte na direção do dispositivo de automação telecomandado desejado.

[047] Duas unidades do arranjo descrito aqui são posicionadas em configuração back-to-back e conectadas a quatro chaves SPDT, que realizam a comutação dos arranjos para o circuito formador de feixe (CFF), ora pra cobrir os dispositivos telecomandados situados no semiplano superior (em relação a uma linha imaginária que passa pela ERB correspondente e que é

definida na instalação do sistema), ora no semiplano inferior para cobrir os dispositivos situados nessa região.

[048] A sequência que descreve as figuras de 6 a 9, apresenta a alimentação de cada antena de um arranjo (amplitude e fase) quando ela foi otimizada para apontar o lóbulo principal do diagrama nas direções de 0°, 30°, 60° e 90°. A sequência apresentada anteriormente descreve a alimentação das antenas, inclusive quando da comutação do primeiro arranjo para o segundo por meio das chaves SPDT.

Exemplos de concretizações da invenção

[049] Diagramas de radiação experimentais (linhas tracejadas vermelhas) de um dos arranjos, concordantes com os diagramas obtidos por otimização computacional para diversos ângulos de direção do lóbulo principal do diagrama. Para as diversas orientações sugeridas no processo de otimização computacional, as alimentações de cada antena do arranjo, ou seja, amplitude e fase relativas entre elas, proporcionam diagramas de radiação concordantes com os otimizados computacionalmente, como se pode constatar em todos os diagramas de radiação horizontais apresentados nas figuras 10A a 10H. Essas formas de diagramas de radiação não são nunca obtidas pelos diagramas de radiação dos arranjos verticais de sistemas de supervisão de chaves de distribuição de operadores de distribuição de energia elétrica atualmente em operação.

[050] A partir do descrito, será observado que numerosas modificações e variações podem ser efetuadas sem se afastar do verdadeiro espírito e escopo dos novos conceitos da presente invenção. Deve ser compreendido que nenhuma limitação com relação às modalidades específicas ilustradas é pretendida ou deve ser inferida. A descrição destina-se a cobrir todas as ditas modificações que caiam dentro do escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema inteligente formador de feixe, aplicado à rede de distribuição de energia elétrica, **caracterizado por** compreender:

a) um centro de operação (COI) que transmite um quadro DNP3 para a chave religadora (Crelig);

b) uma chave religadora (Crelig) que envia um quadro DNP3 de resposta ao centro de operação (COI);

c) dispositivos de automação telecomandados (DA), preferentemente dotados de antena (A) do tipo diretiva;

d) uma estação radiobase (RB) com antena (A) do tipo yagi com diagrama de radiação diretivo e que se comunica com os dispositivos de automação (DA1, DA2, ... DAn), concentra as informações e as envia para o centro operação (COI);

e) um arranjo de antenas do tipo diretiva (A) dotadas de elemento refletor (Ref), excitador e diretores (dir), ditas antenas (A) posicionadas lateralmente, com um espaçamento entre duas antenas consecutivas de um quarto de comprimento de onda da frequência central da banda de operação;

f) um rádio UHF (R_UHF) responsável modulação/demodulação em radiofrequência dos dados durante o processo de comunicação entre a estação radiobase (RB) e as chaves religadoras (Crelig);

g) amplificadores bidirecionais (amp) para o ajuste do ganho do sinal no sentido da transmissão e recepção dos dados durante o processo de comunicação entre a estação radiobase (RB) e as chaves religadoras (Crelig);

h) defasadores bidirecionais (def) para o controle digital da fase das correntes de alimentação das antenas (A);

i) um divisor/combinador (div);

j) um microcontrolador (mic), que faz a interpretação do dispositivo de automação (DA) de destino e gera o controle digital a ser enviado para os defasadores (def);

k) um Controlador do Arranjo de Antenas (CAT) que fornece saídas digitais para os defasadores (def) com base na análise do endereço destino das chaves.

2. Sistema inteligente formador de feixe, aplicado à rede de distribuição de energia elétrica, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o amplificador bidirecional (amp) apresentar faixa de frequência de operação de 400 a 470 MHz, potência de saída maior que 5 W e ganho maior do que 20 dBi.

3. Sistema inteligente formador de feixe, aplicado à rede de distribuição de energia elétrica, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** os defasadores (def) apresentarem faixa de frequência de operação entre 400 e 470 MHz, perda por inserção menor que 11 dB, VSWR menor que 2:1, velocidade de chaveamento de 500 ns, potência de operação de 100 mW, potência máxima de entrada (pico) de 1 W e número de bits de 8.

4. Sistema inteligente formador de feixe, aplicado à rede de distribuição de energia elétrica, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o divisor/combinador (div) operar na faixa de UHF e apresentar 4 saídas/entradas balanceadas, apresentando faixa de frequência de operação entre 400 a 470 MHz, fator de divisão de 1 : 4 (6 dB), VSWR menor que 1,5 :1, menor que 1 dB, perda total em cada porta de saída menor que 7 dB, isolamento entre as portas de saída maior que 15 dB e potência de operação em cada porta maior que 10 W.

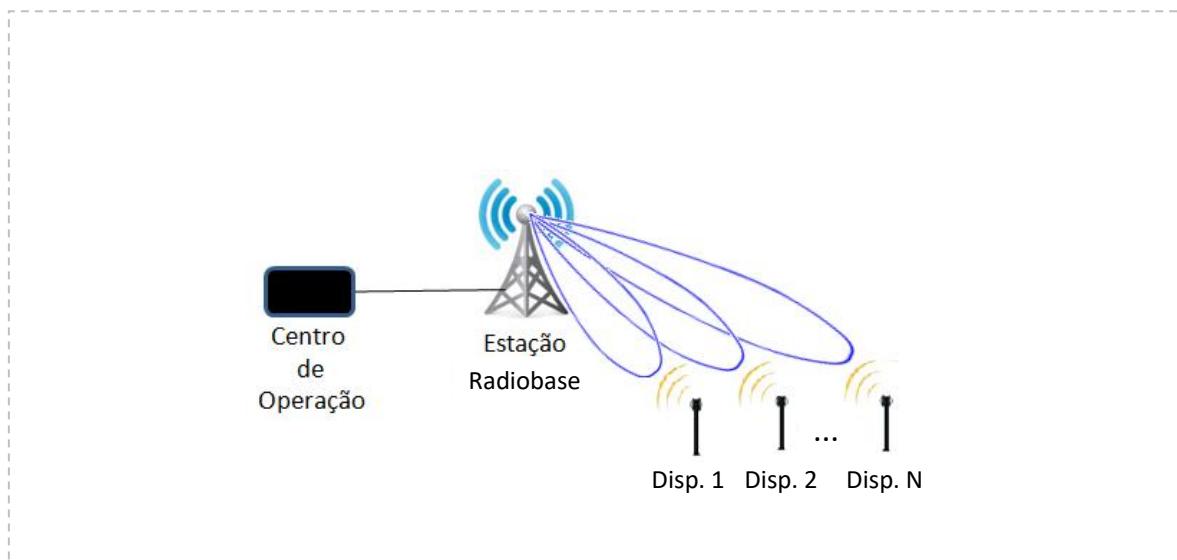


Figura 1

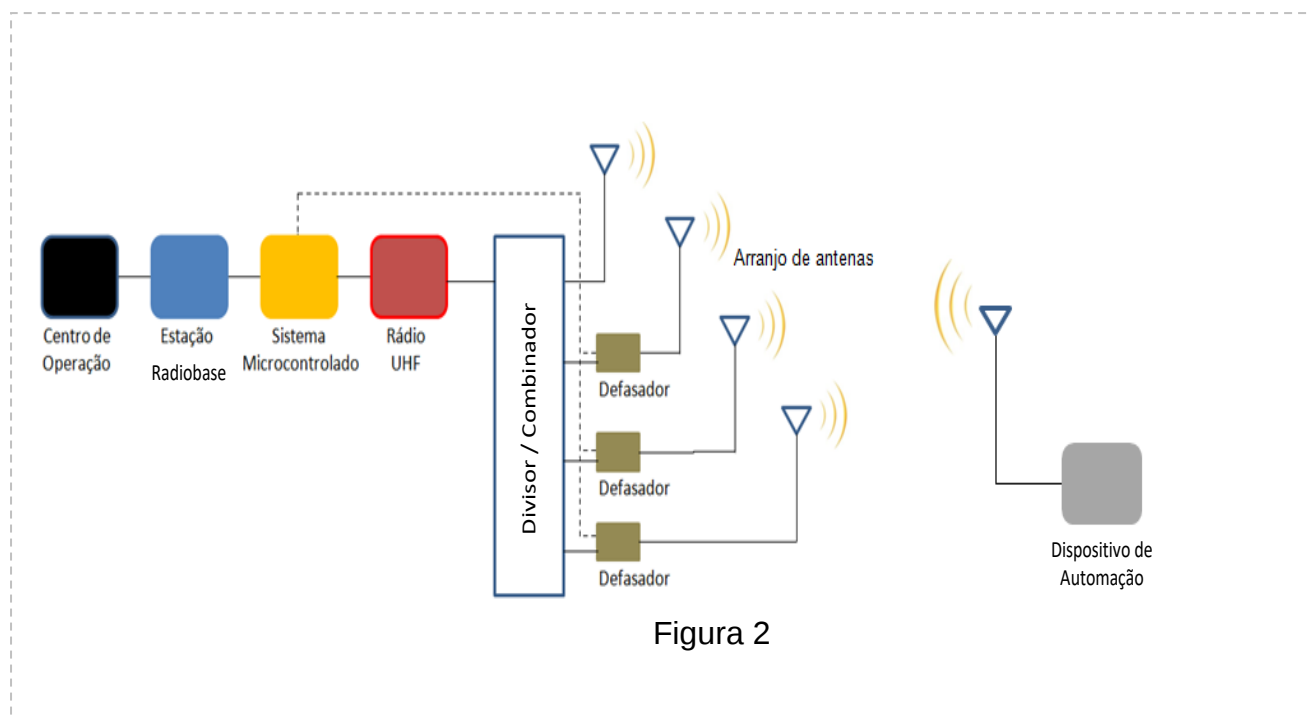


Figura 2

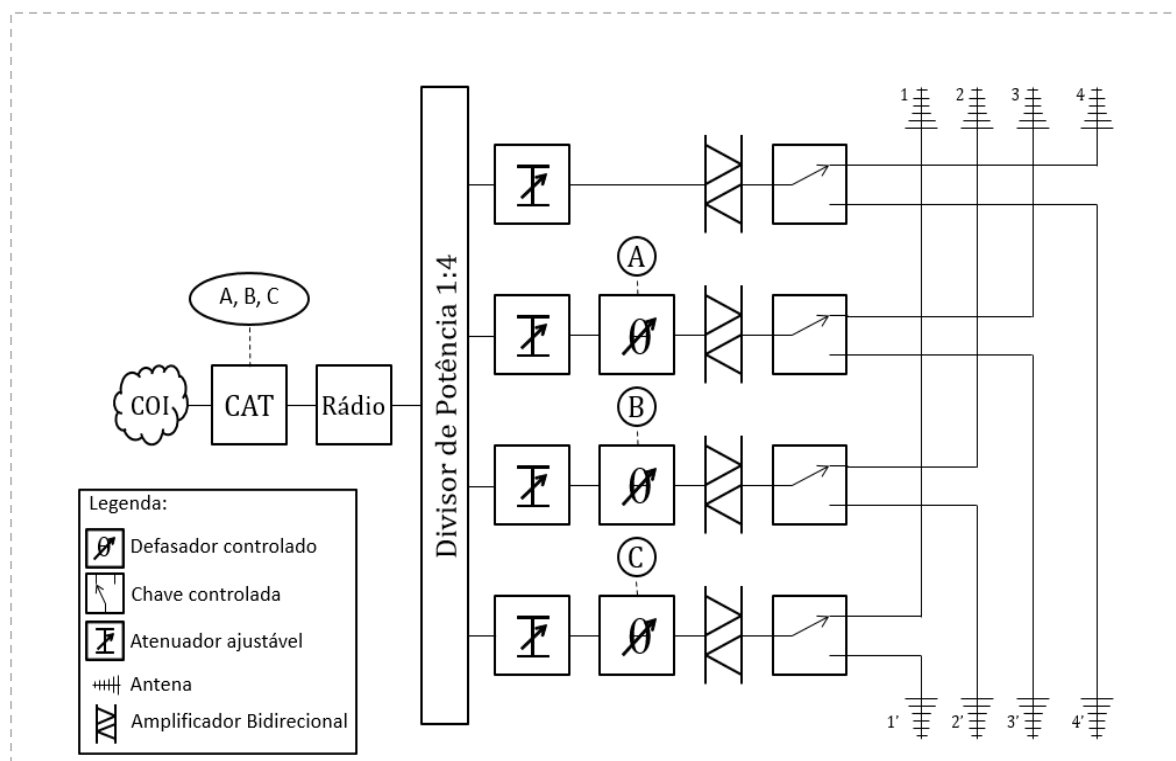


Figura 3

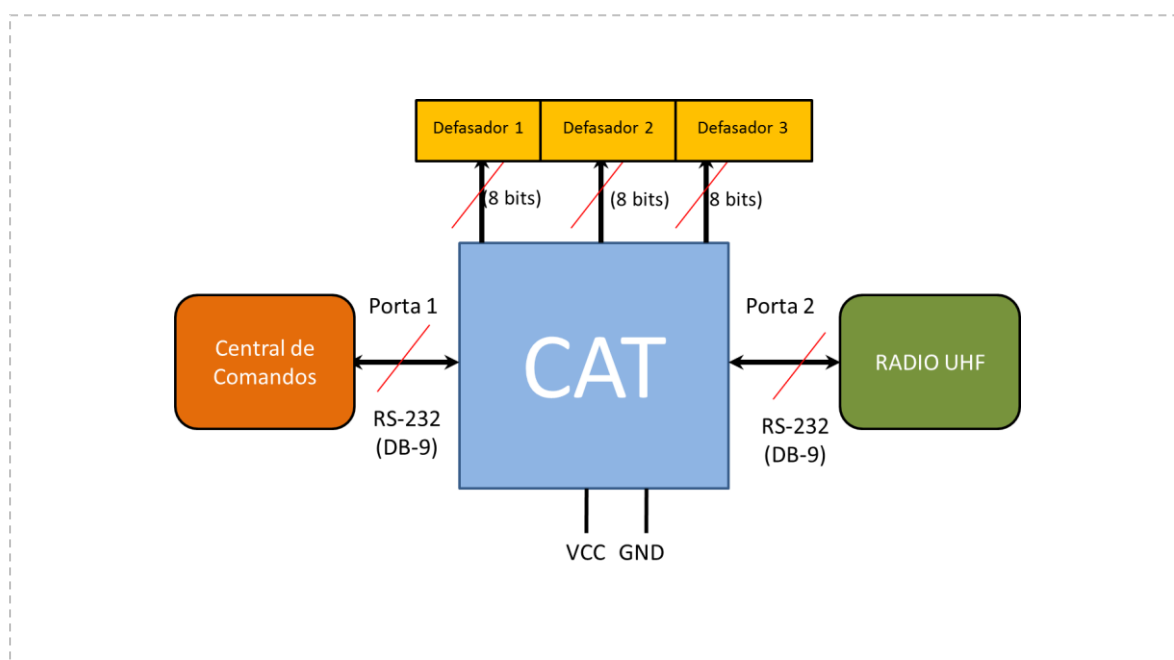


Figura 4

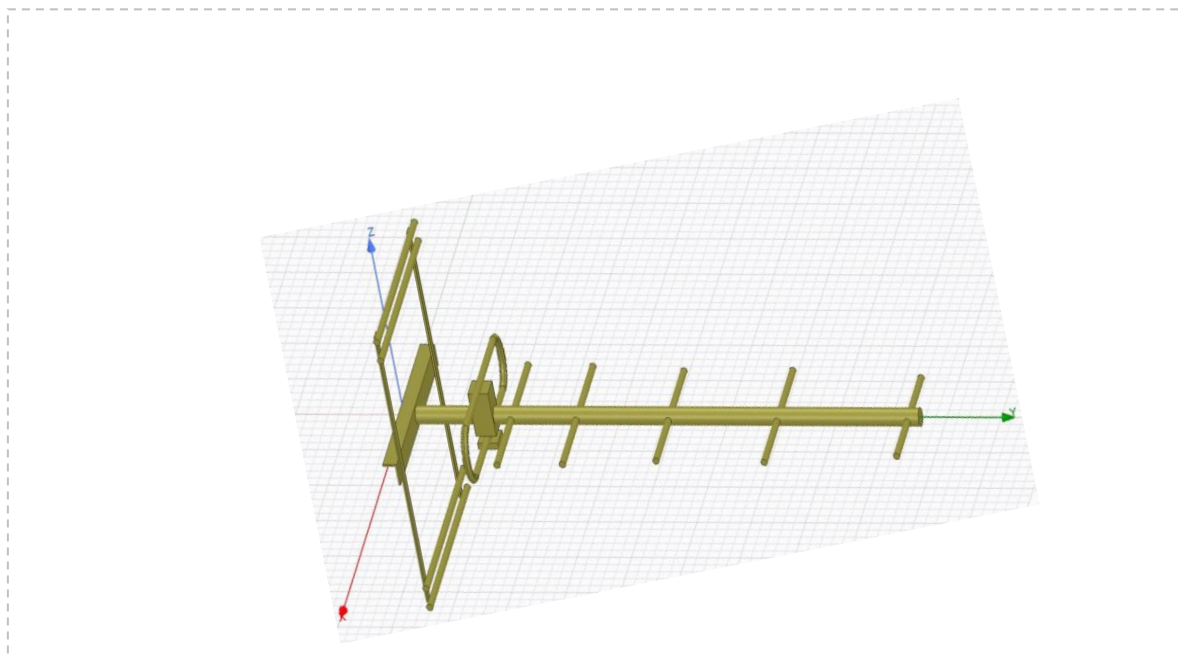


Figura 5

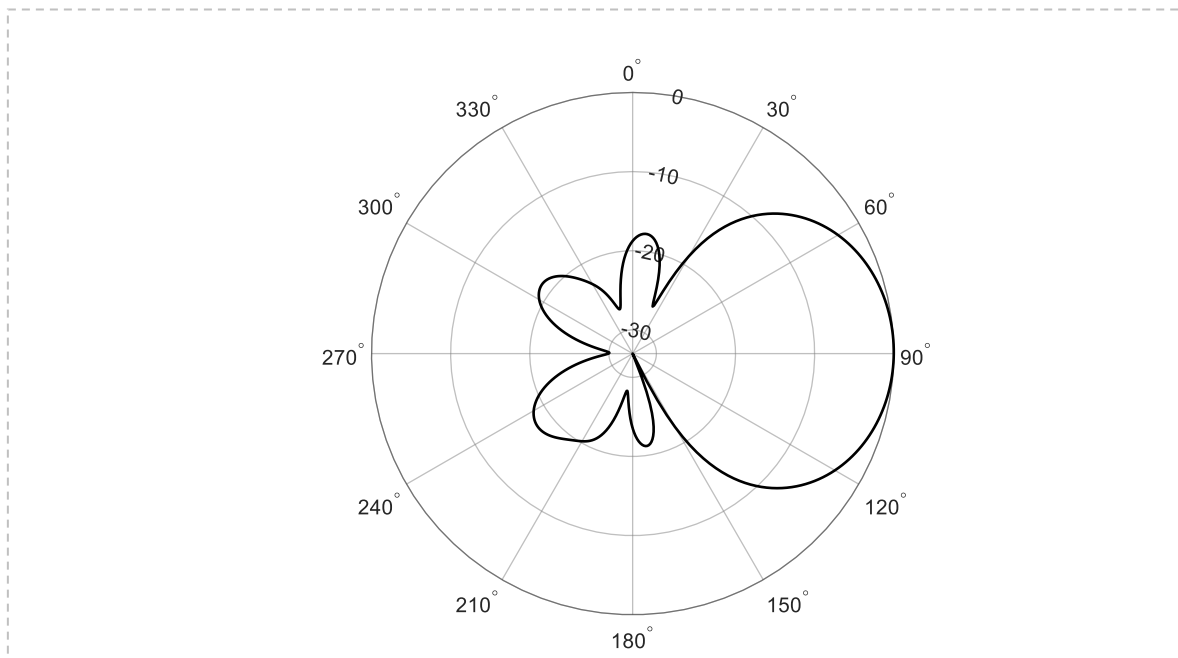


Figura 5A

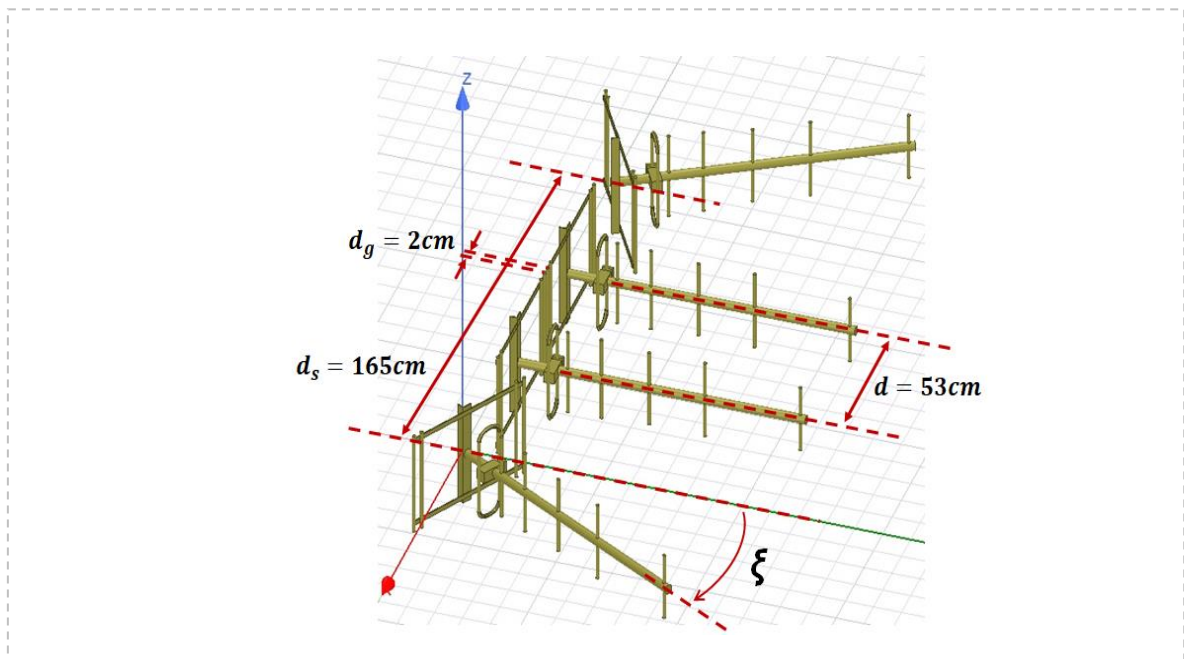


Figura 5B

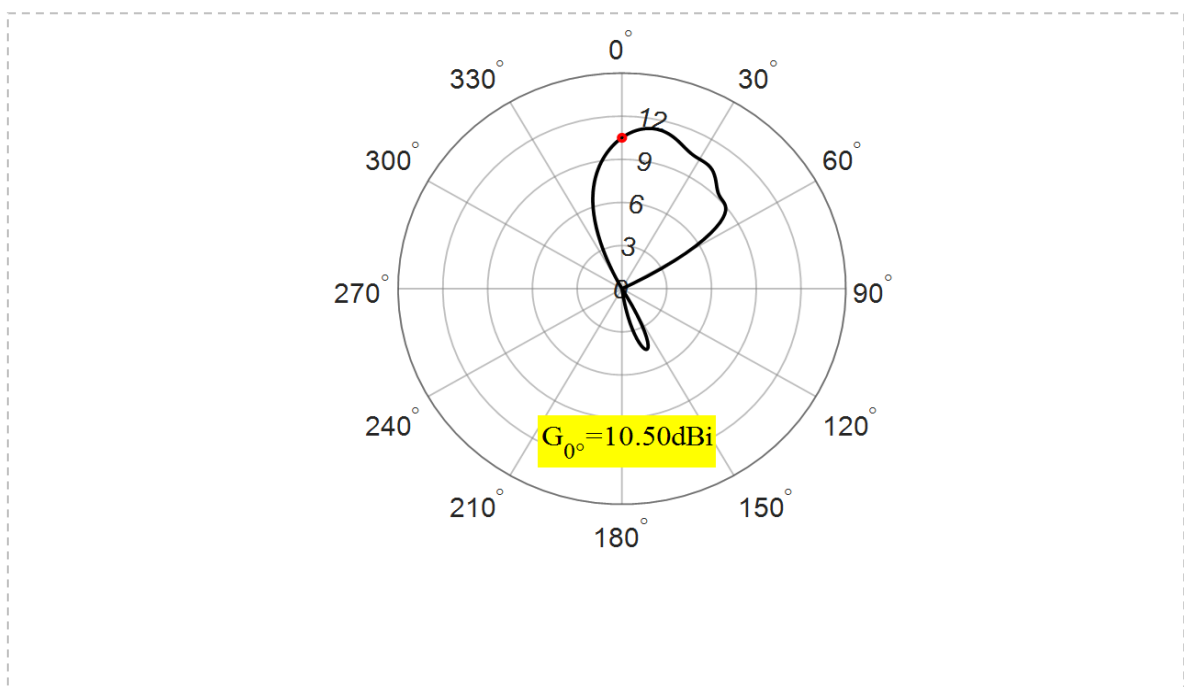


Figura 6

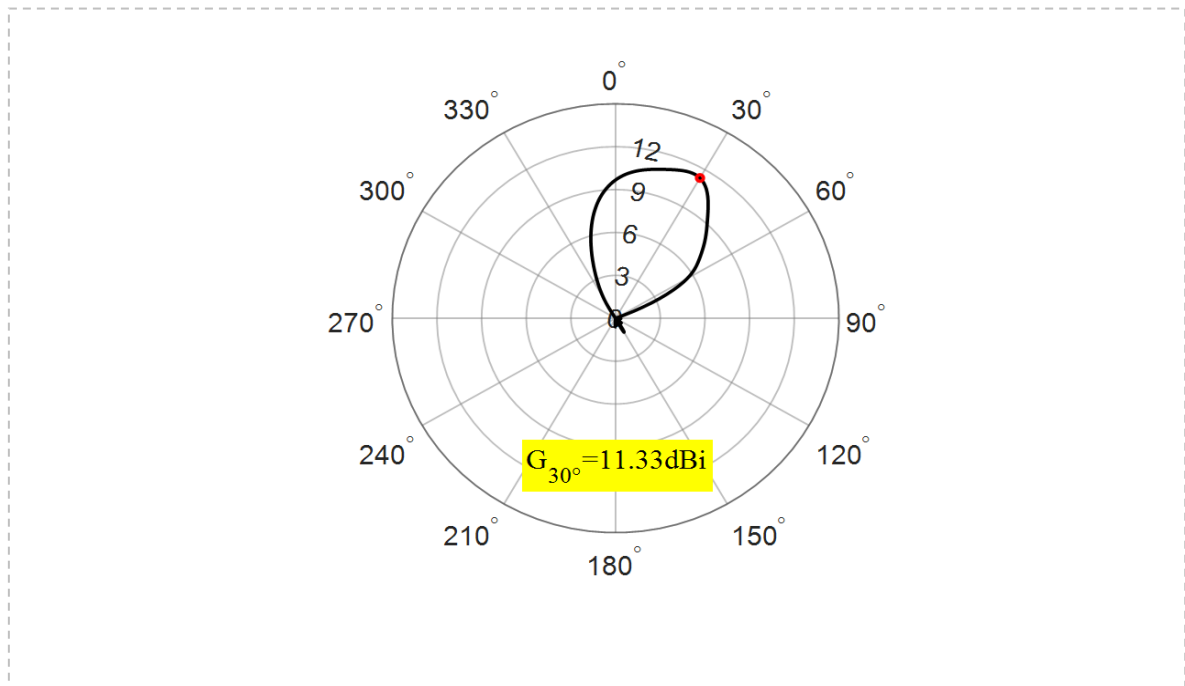


Figura 7

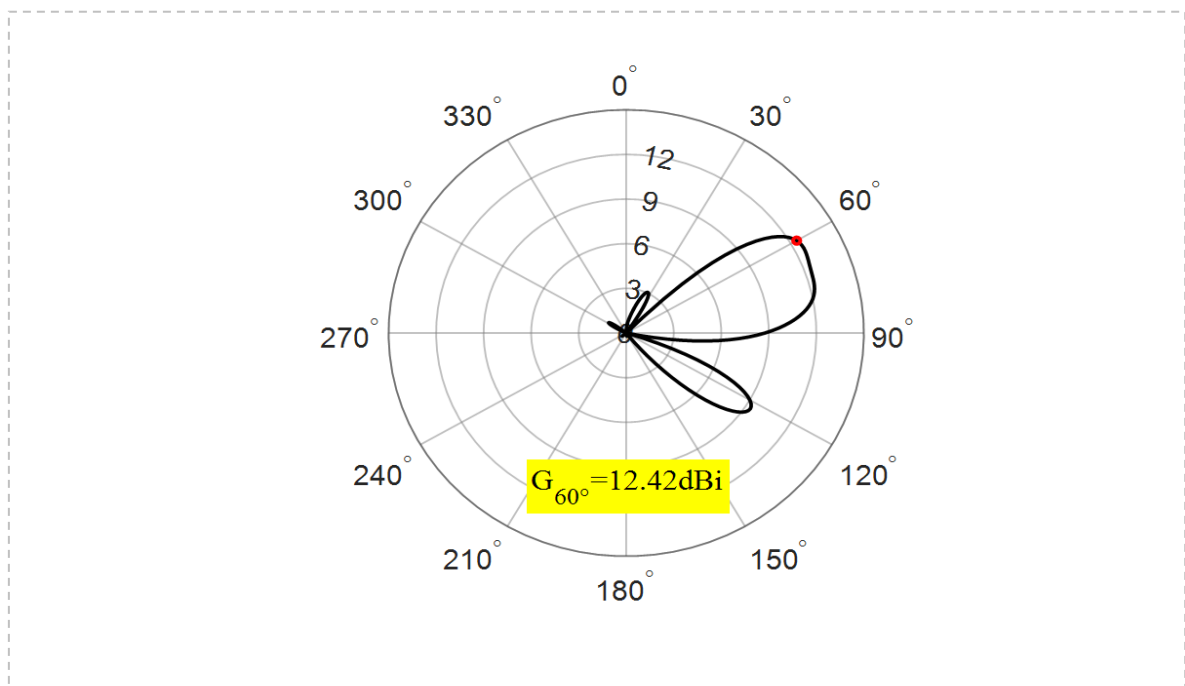


Figura 8

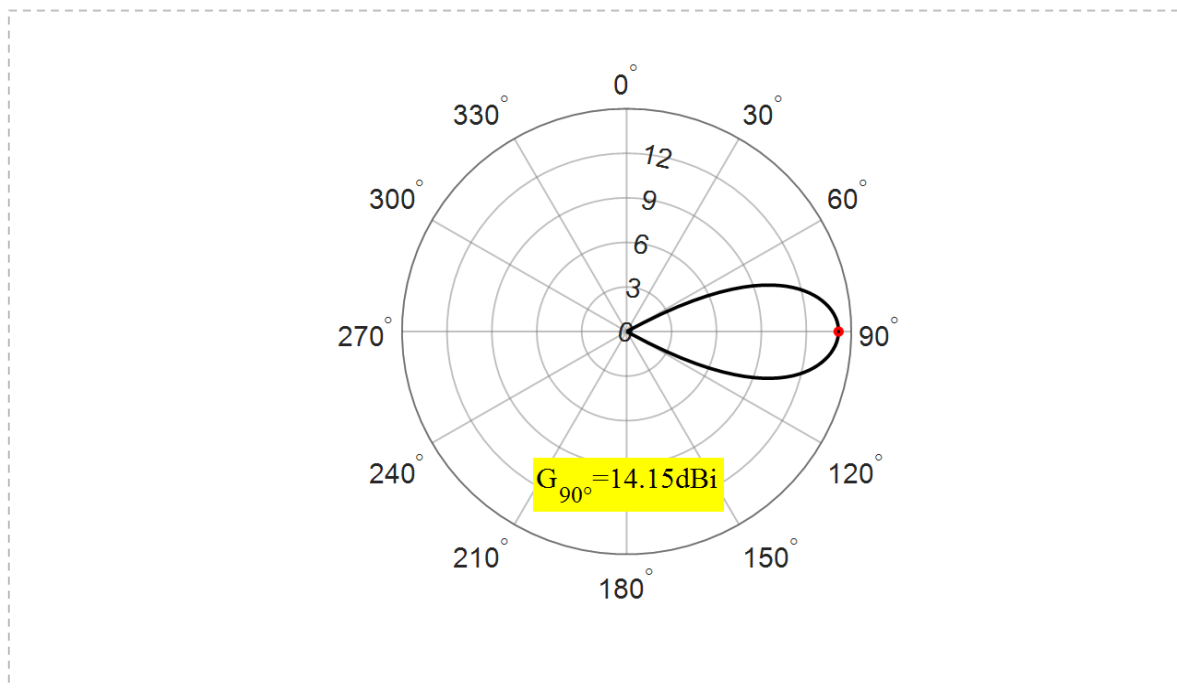


Figura 9

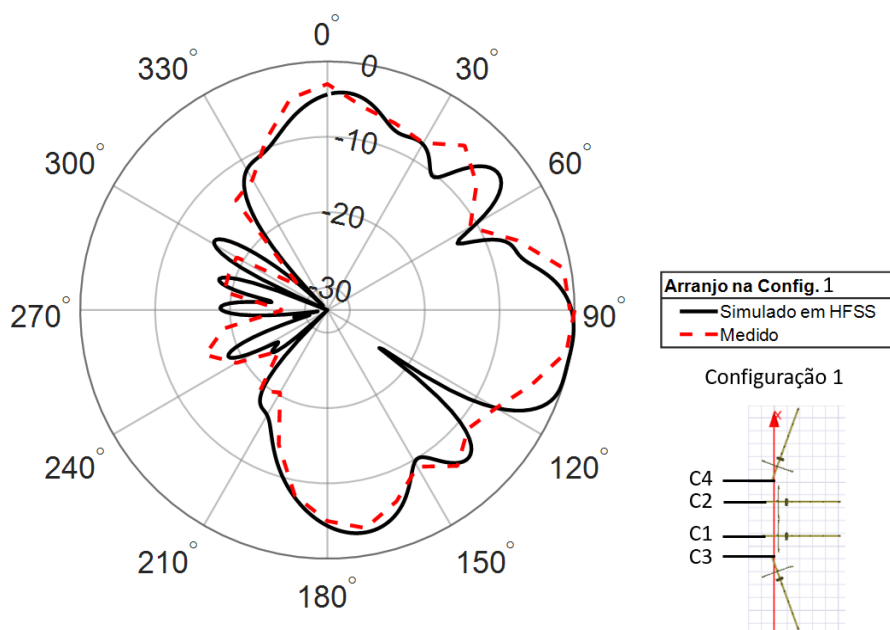


Figura 10A

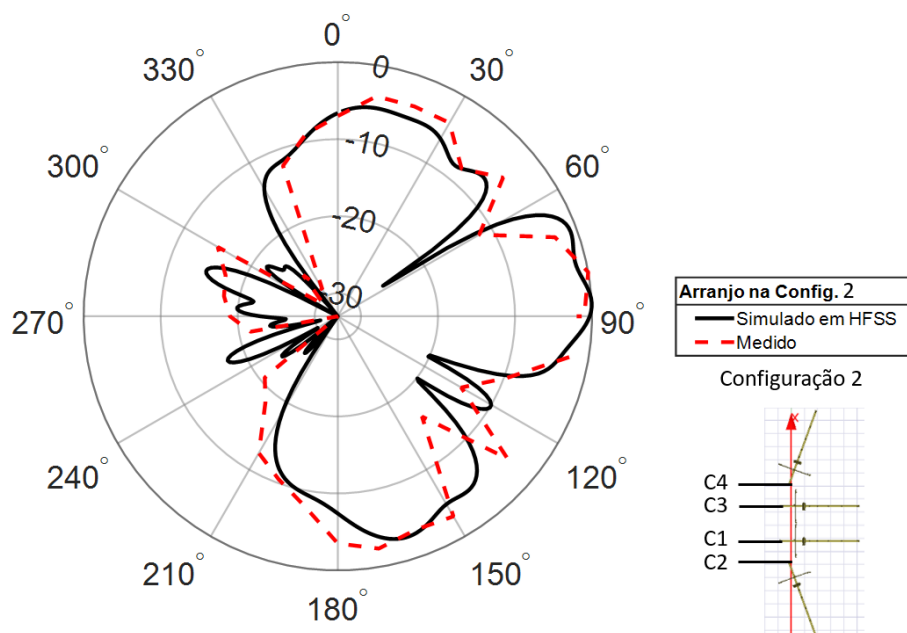


Figura 10B

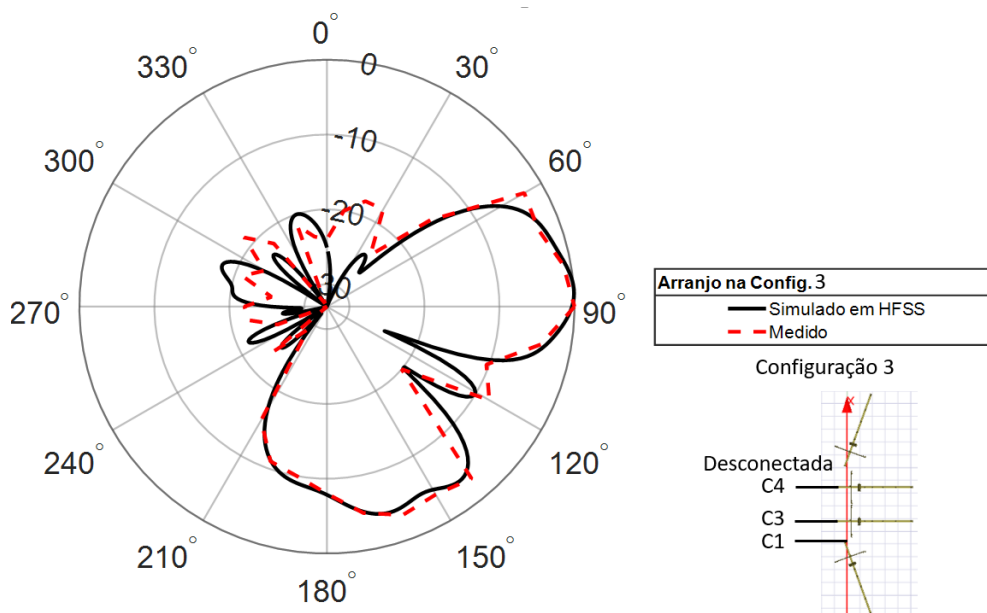


Figura 10C

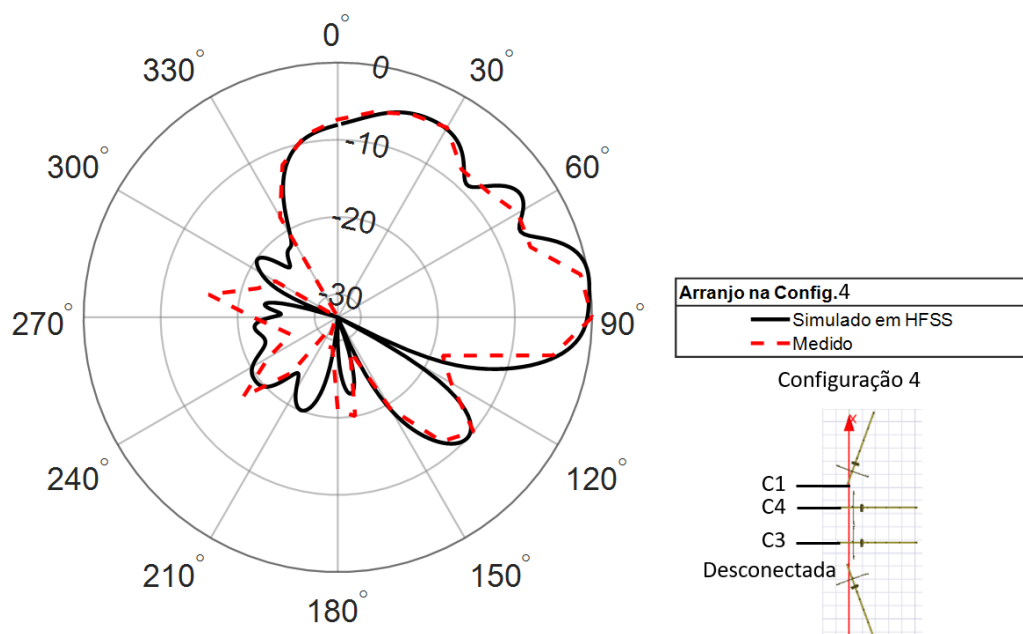


Figura 10D

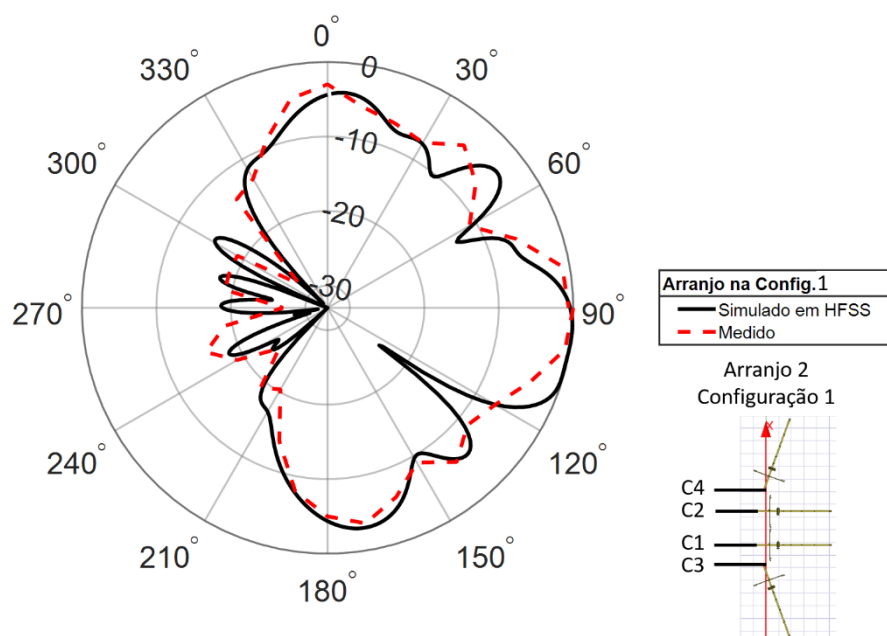


Figura 10E

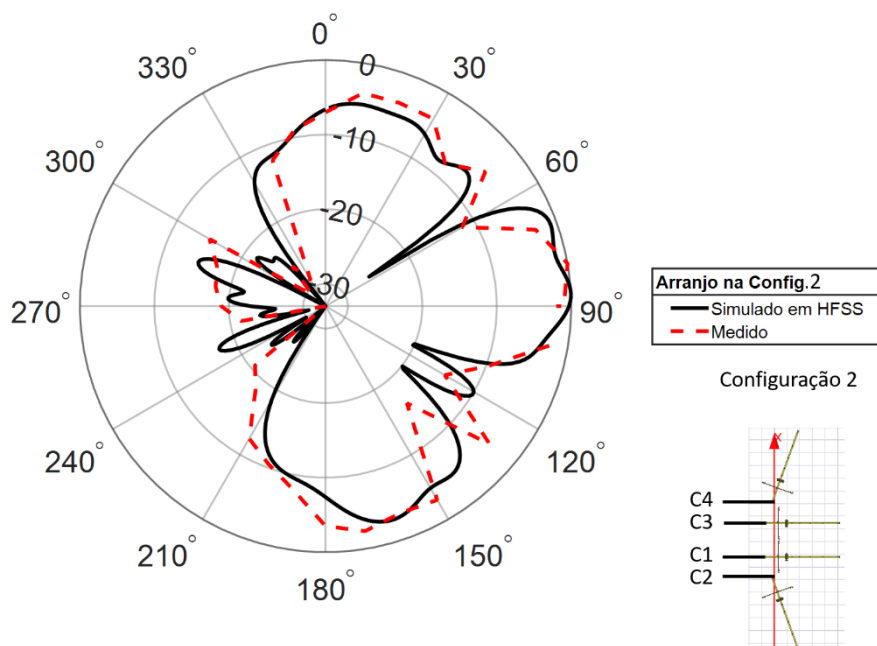


Figura 10F

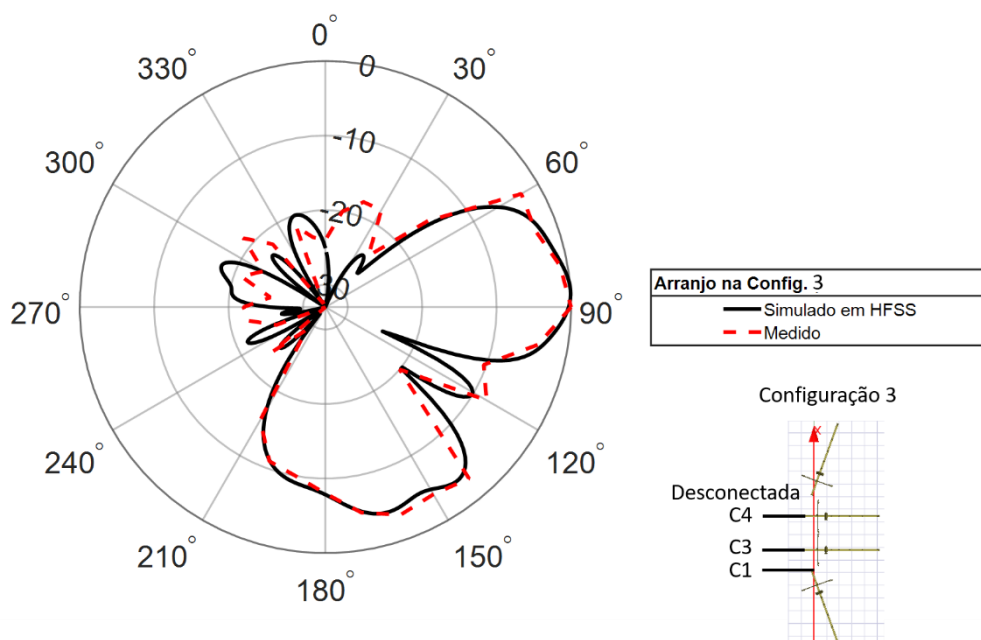


Figura 10G

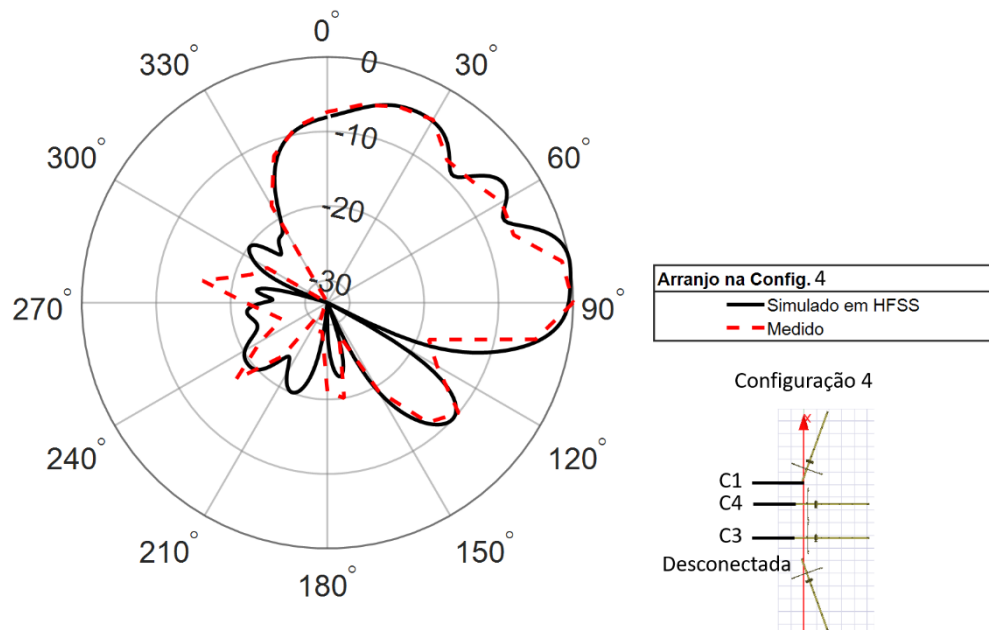


Figura 10H

RESUMO

“SISTEMA INTELIGENTE FORMADOR DE FEIXE, APLICADO À REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA”

O presente certificado de adição se refere a um arranjo de antenas inteligentes, chaveado, para sistemas de supervisão tipo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, traduzido para Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados), proporcionando uma comunicação confiável, via rádio, entre o Centro de Operação Integrada COI, com os dispositivos de automação telecomandados, utilizados em proteção em redes de distribuição de energia elétrica. O sistema proposto controla a direção do lóbulo principal do diagrama de radiação do arranjo, variando a fase e a amplitude da alimentação individual das antenas, aumentando o ganho da potência transmitida, evitando, assim, que sejam instaladas estações repetidoras entre o COI e o dispositivo alvo. Sistemas SCADA são tipicamente usados em concessionárias de serviços de distribuição de energia, gás, água, entre outros, que tenham a necessidade de usar telemetria para conectar equipamentos separados por grandes distâncias. Além das características descritas acima, esta invenção possibilita a supervisão dos dispositivos de automação numa cobertura de 360° em torno da ERB correspondente.