

PHASED ARRAY

COMO CONTROLAR ONDAS COM PRECISÃO!



Professor Bairros (15/04/2025)

PHASED ARRAY: COMO CONTROLAR ONDAS COM PRECISÃO.

www.bairrospd.com

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

www.bairrospd.com

<https://www.youtube.com/@professorbairros>



The screenshot shows the homepage of the website 'bairrospd'. The header includes the logo 'bairrospd' and the text 'BAIROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. Below the header, there is a green banner with the text 'ESTUDE ELETRÔNICA NO SITE WWW.BAIROSPD.COM!'. The main content area features a section titled 'Um site para pesquisar eletrônica' with a sub-header 'Aprenda a ler resistores' and an illustration of a person working with a circuit board. A blue banner at the bottom of the screenshot reads 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIROS?'.

**VISITE
O NOSSO
SITE e
CANAL
YOUTUBE**

www.bairrospd.com
Professor Bairros

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

Sumário

| | |
|--|----|
| 1. Introdução. | 4 |
| 2. O Segredo Está na Fase | 6 |
| 3. Como as Ondas se Somam | 7 |
| 4. Direcionamento Dinâmico e Rápido | 8 |
| 5. MIMO: Vários Feixes, Vários Dados | 9 |
| 6. Onde Mais é usado essa tecnologia?..... | 10 |
| 7. Conclusão: Domine a Fase, Controle o Espaço | 11 |
| 8. Créditos | 12 |

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.



YOUTUBE: <https://youtu.be/NKBo6MIX7ew>

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

1. Introdução.

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.



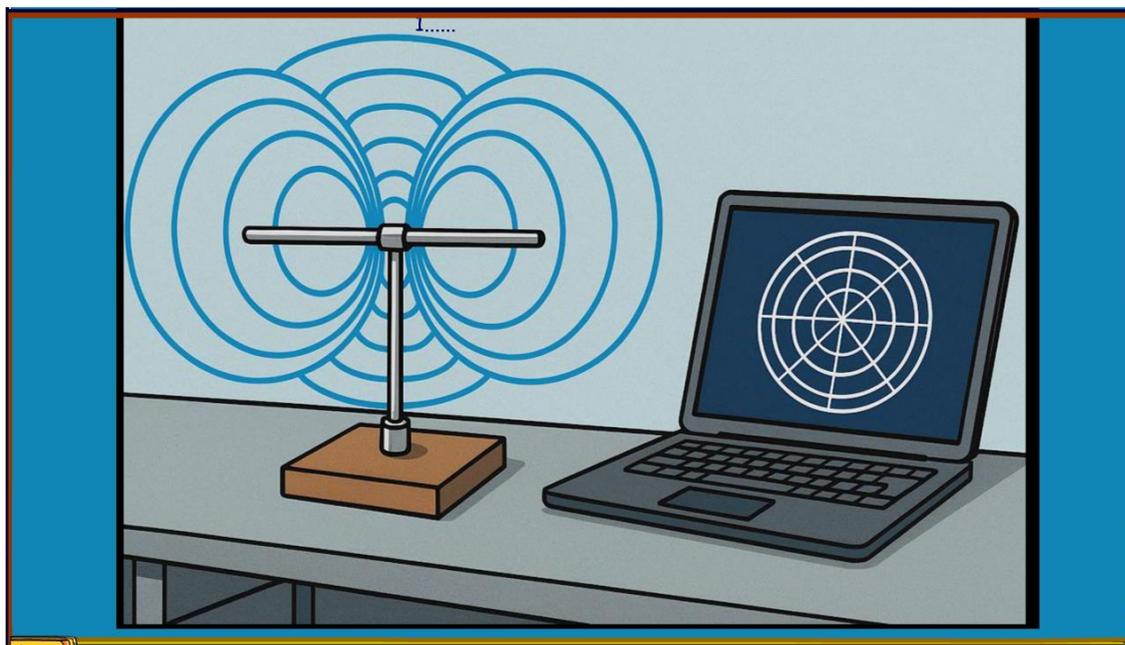
Você já imaginou controlar a direção de uma antena... sem mover nada fisicamente? Em sistemas convencionais, para mudar a direção de um feixe de rádio, é preciso girar a antena – o que exige motores, estrutura mecânica, tempo e energia. Mas e se a gente pudesse girar esse feixe sem girar a antena? Só com a eletrônica?

É exatamente isso que as antenas **PHASED ARRAY** fazem. Elas formam feixes altamente direcionais, ajustáveis em tempo real, sem nenhuma parte móvel. Parece mágica... mas é pura física – e muita engenharia também! Essa tecnologia já está presente em radares, satélites, redes 5G e até mesmo nos roteadores Wi-Fi mais modernos. E tudo isso começa

com um dos componentes mais simples da eletrônica de rádio: o dipolo. O Clássico Dipolo: Onde Tudo Começa

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

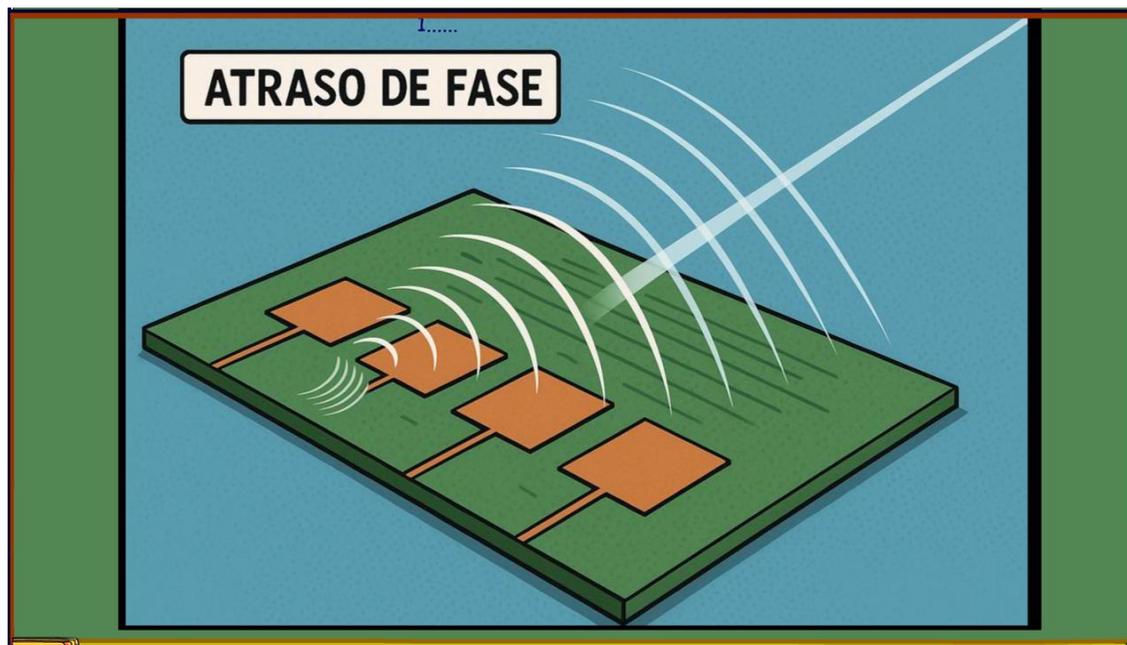
O dipolo é uma antena clássica, que pode ser construída com dois pedaços de fio metálico ou haste, geralmente com um comprimento total de meia onda. Ele é simétrico, e irradia energia de maneira igual para os dois lados perpendiculares ao seu eixo, criando um padrão de radiação em forma de "rosquinha".



Para frequências como 2,4 GHz, muito comuns no Wi-Fi, o comprimento total do dipolo é de cerca de 6,25 cm. E apesar da sua simplicidade, ele tem uma limitação importante: a energia é espalhada para todos os lados. Se ninguém estiver do outro lado da sala, parte da energia é desperdiçada.

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

2. O Segredo Está na Fase

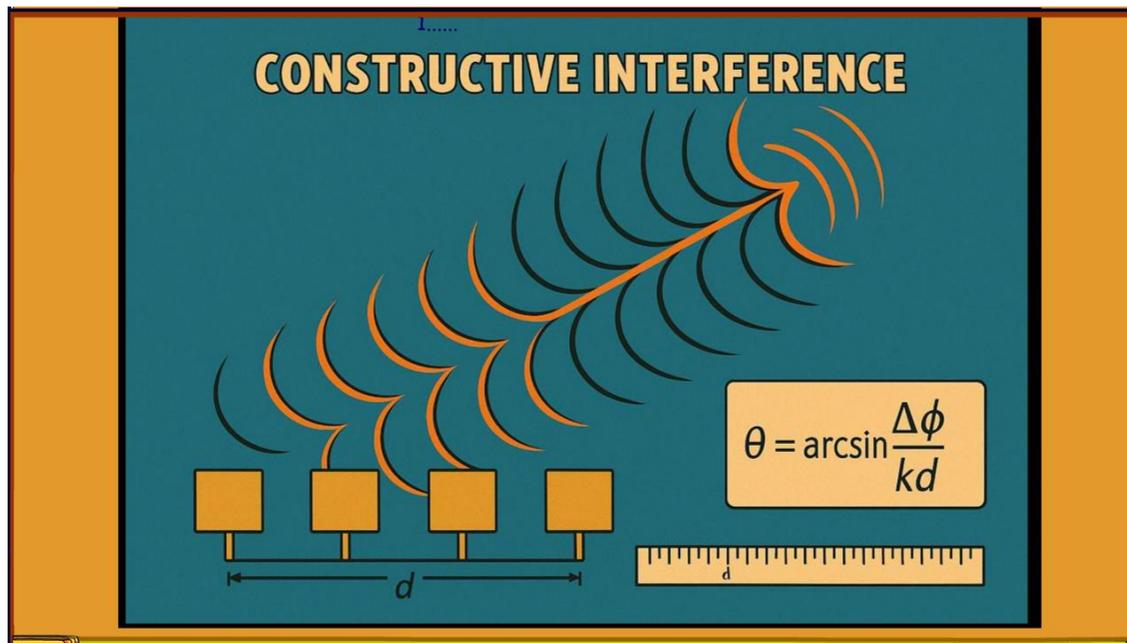


Agora imagine se pudéssemos alinhar vários desses dipolos – ou melhor, versões miniaturizadas deles – lado a lado. É aqui que entra o conceito do **PHASED ARRAY**. Essa estrutura é formada por diversos elementos radiantes, que podem ser pequenos traços de cobre em uma placa de circuito impresso, essa placa de circuito impresso é chamada de patch. Sim, ao contrário do fio rígido do dipolo, as antenas do Phased Array são muitas vezes apenas pequenos quadrados ou linhas de cobre sobre um PCB. Mas o truque está na alimentação: cada uma dessas antenas recebe o mesmo sinal, porém com pequenos atrasos, ou **DEFASAGENS**, entre elas.

Esses atrasos fazem com que as ondas se reforcem em uma determinada direção e se anulem em outras. Essa interferência controlada é o que gera o feixe principal. Se você controlar a fase do sinal que alimenta cada elemento, você controla a direção do feixe. E o mais interessante: esse controle é feito eletronicamente, em tempo real.

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

3. Como as Ondas se Somam



As ondas eletromagnéticas se comportam como ondas em um lago. Quando duas ondas se encontram, elas se somam – isso pode ser construtivo (aumenta a intensidade) ou destrutivo (diminuindo a intensidade). Se conseguimos fazer com que todas as ondas cheguem ao mesmo tempo em um ponto do espaço, teremos ali o máximo da energia irradiada.

E o segredo está na defasagem. Quando o atraso entre as antenas é crescente, a frente de onda resultante se inclina – e o feixe sai na direção inclinada. Essa direção pode ser calculada por uma fórmula:

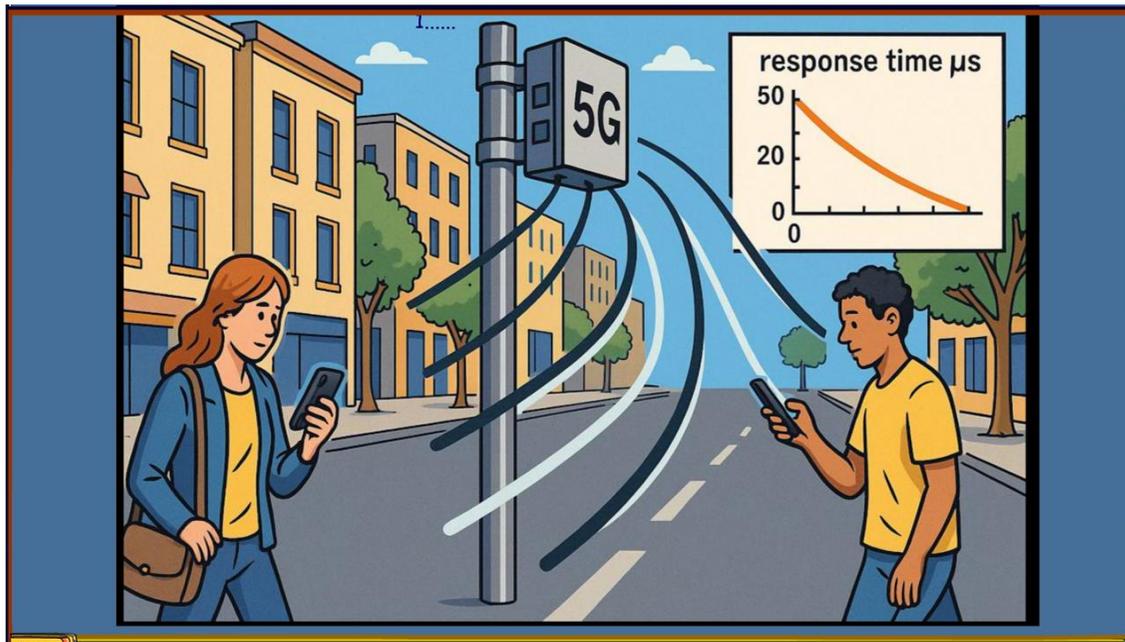
O ângulo da inclinação é aproximadamente igual ao arco seno do comprimento de onda vezes a diferença de fase, dividido por 2π vezes a distância entre os elementos.

entre os elementos.

Ou seja, o ângulo do feixe depende da defasagem entre os sinais e da distância entre as antenas. Veja um exemplo: se você tem um sinal de 2,4 GHz, com espaçamento de meia onda entre os elementos, e aplica um atraso de 90 graus entre eles, o feixe resultante se inclina cerca de 30 graus.

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

4. Direcionamento Dinâmico e Rápido



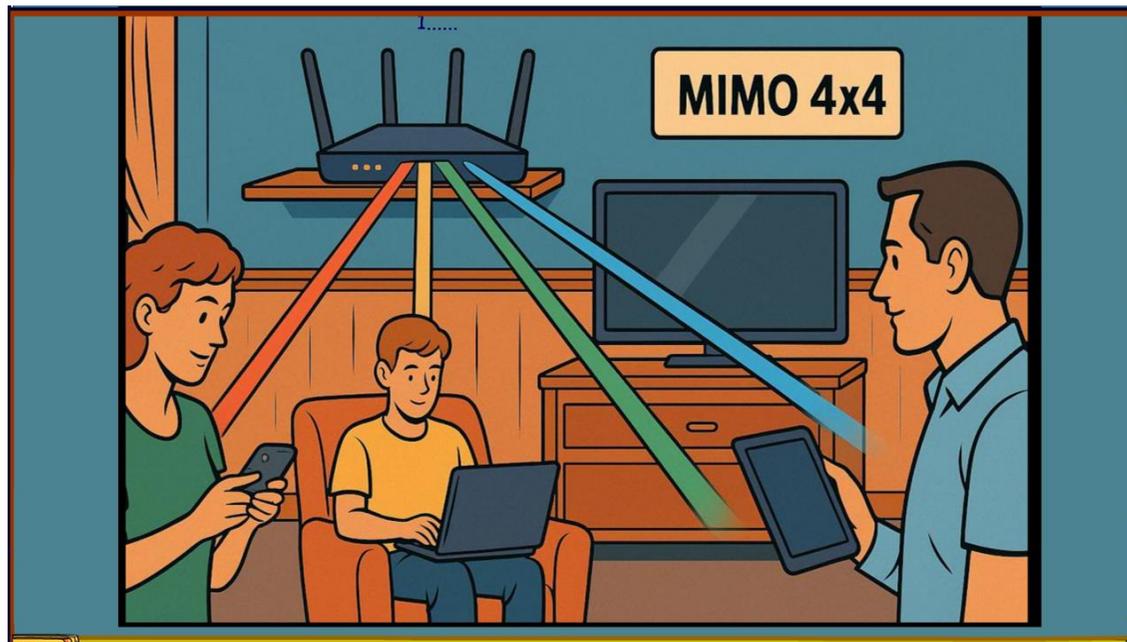
de sinal diretamente para o celular do usuário.

E como isso é feito na prática? Simples: com circuitos de retardo de fase. Eles podem ser formados por linhas de transmissão com diferentes comprimentos, ou por dispositivos ativos que aplicam um deslocamento de fase digitalmente. O mais incrível é que esse ajuste pode ser feito em microssegundos, o que permite que o feixe “siga” um alvo em movimento ou pule de um ponto a outro com extrema velocidade.

Você pode ver essa aplicação claramente no 5G. Em especial nas bandas milimétricas, que operam acima de 24 GHz, as ondas se comportam quase como feixes de luz – e têm muita dificuldade em atravessar paredes. Para resolver isso, as antenas Phased Array presentes nos postes urbanos podem “apontar” o feixe

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

5. MIMO: Vários Feixes, Vários Dados



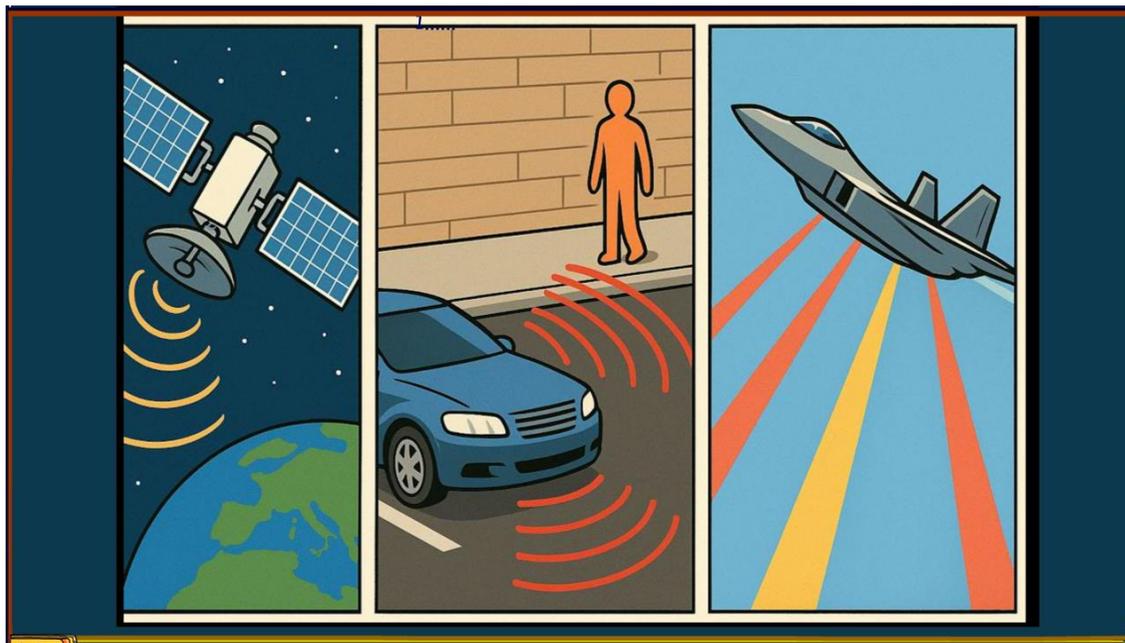
Isso torna possível um novo tipo de comunicação: o beamforming, onde cada usuário recebe um feixe personalizado. E não para por aí. Essa estrutura também permite o uso de MIMO – **MULTIPLE INPUT, MULTIPLE OUTPUT**. Em vez de um único canal de dados, o sistema usa vários canais simultâneos, com feixes independentes. Assim, o roteador pode transmitir quatro fluxos de vídeo, por exemplo, para quatro dispositivos diferentes – todos ao mesmo tempo, e sem usar mais banda.

Veja o exemplo: um roteador MIMO 4x4 se comunica com quatro antenas no celular, cada uma recebendo um feixe diferente. Esses feixes são processados e somados pelo aparelho, aumentando a taxa de dados

total. E tudo isso usando a mesma frequência!

Todo mundo vendo o canal do Professor Bairros é claro!

6. Onde Mais é usado essa tecnologia?



Essa tecnologia não está apenas no Wi-Fi e no 5G. Está também nos satélites da Starlink, que usam Phased Arrays para apontar o feixe de sinal para cada usuário individualmente na Terra. Está nos radares automotivos dos carros autônomos, que escaneiam o ambiente em tempo real. Está nos radares militares AESA, que varrem o céu em microsegundos com feixes controlados por computador.

Por exemplo, o radar de um avião militar pode rastrear um alvo, mudar de direção, se comunicar com a base e até emitir sinais falsos para confundir o inimigo – tudo isso mudando os feixes centenas de vezes por segundo. Sem girar nada. Sem barulho. Só mudando a fase das antenas.

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

7. Conclusão: Domine a Fase, Controle o Espaço



E o mais interessante é que tudo isso é feito com eletrônica moderna e princípios que você já conhece: tempo, frequência, interferência e, claro, um pouquinho de criatividade. Porque no final das contas, o segredo está na fase.

A gente não move a antena. A gente move o tempo. E com isso... move o espaço. É por isso que onde tem controle de fase... tem inteligência no ar.

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

8. Créditos

E por favor, se você não é inscrito, se inscreva e marque o sininho para receber as notificações do canal e não esqueça de deixar aquele like e compartilhar para dar uma força ao canal do professor bairros.

Arthurzinho: E não tem site.

Tem sim é www.bairrospd.com lá você encontra o PDF e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica

E fique atento ao canal do professor bairros para mais tutoriais sobre eletrônica, até lá!

INSCRIÇÃO YOUTUBE: <https://www.youtube.com/@professorbairros>

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ TEM O PDF E MUITO MAIS

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

www.bairrospd.com

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão.

20250415 Phased Array Como Controlar Ondas com Precisão

Phased Array: Como Controlar Ondas com Precisão!

Assuntos relacionados.

Quanta teoria eu preciso para trabalhar com eletrônica?: <https://youtu.be/-5T6T3sljDo>

YOUTUBE: <https://youtu.be/NKBo6MIX7ew>