



UBIQUITI ACADEMY



Ubiquiti Broadband Wireless Admin (Portuguese)

Sumário

I.	Visão Geral do Curso de UBWA	1
	Certificação em Banda Larga Sem Fio da Ubiquiti	1
	Visão Geral do Laboratório	2
II.	Teoria de RF	3
	Propriedades das Ondas.....	3
	Especro Eletromagnético.....	4
	Espectro de RF.....	4
	Especro de 2,4 Ghz	4
	Máscara Espectral do OFDM.....	6
	Especro de 5 GHz.....	8
	Espaçamento de Canais e Padrões.....	9
	Especro de 24 GHz	11
	Frequências Licenciadas e Conformidade.....	11
	Decibels em Sistemas de RF	12
	Decibels e Perda de Trajeto no Espaço Livre.....	13
	Decibels e Antenas.....	14
	Decibels e EIRP.....	14
	Linha de Visada e Zonas de Fresnel	15
	Cálculo de Link Budgets.....	17
	Margem de Desvanecimento (Fade)	17
III.	Operação do Rádio	18
	Diagrama de Rádio de Portadora	18
	Sinal de Portadora Única	19
	Sinal de Múltiplas Portadoras (OFDM)	20
	Características da Interface de RF	21
	Sensibilidade do Rádio	21
	Seletividade do Rádio	22
	Medições Sem Fio.....	22
	Razão Sinal-Ruído e Flexibilização de Canais	23
	airPrism da Ubiquiti	25

Modulação	27
Magnitude do Vetor de Erros (EVM).....	28
Processo de Modulação	30
Documentação Técnica	31
IV. Desenho da Antena	32
Características das Antenas.....	32
Tipos de Antenas.....	38
V. Provedores de Serviço Ubiquiti	43
Sistemas airMAX em PTP e PTMP	43
Solução TDMA para “Nós Escondidos” e Escalabilidade.....	43
QoS Inteligente	45
Tecnologia de Ponta e Hardware 802.11	45
Sistemas airFiber em PTP	46
Dicas de Projeto, Instalação e Gerenciamento.....	48
Modelagem de Tráfego (Shaping)	52
Co-Location.....	53
A. Glossário	57
B. Apêndices	65
Método de Reset do Dispositivo airMAX	65
Topologias de Exemplo	67

Apresentação

O livro do treinamento Ubiquiti Broadband Wireless Admin (UBWA) é disponibilizado gratuitamente para você como um recurso de aprendizado para prepará-lo para realizar o exame de certificação da Ubiquiti. Durante o treinamento em sala de aula, os estudantes são estimulados a participarem de atividades em laboratórios do mundo real utilizando o hardware mais moderno da Ubiquiti, ministrado por instrutor oficial portador da credencial Ubiquiti Certified Trainer (UCT) e que seja proficiente nos tópicos do curso para conduzir as discussões em classe.

Para fortalecer nossa base global de usuários, a Academia Ubiquiti fornece esse livro de treinamento como referência para ser utilizado no processo de aceleração do seu aprendizado, destacando que este livro não deve ser um substituto para os treinamentos ministrados por um instrutor qualificado. Quando você estiver pronto, registre-se em um curso oficial da Ubiquiti para ser reconhecido como um profissional certificado pela Ubiquiti no seu campo de atuação.

A Ubiquiti reconhece que o sucesso profissional no atual panorama da tecnologia que evolui rapidamente requer compromisso com o estudo continuado através de diferentes métodos de estudo. Além de ler este livro de treinamento, também participe dos fóruns da nossa ativa comunidade onde milhares de usuários se reúnem diariamente para discutir as melhores práticas de configuração, implantação e resolução de problemas em projetos do mundo real que foram desenvolvidos utilizando a tecnologia de ponta da Ubiquiti.

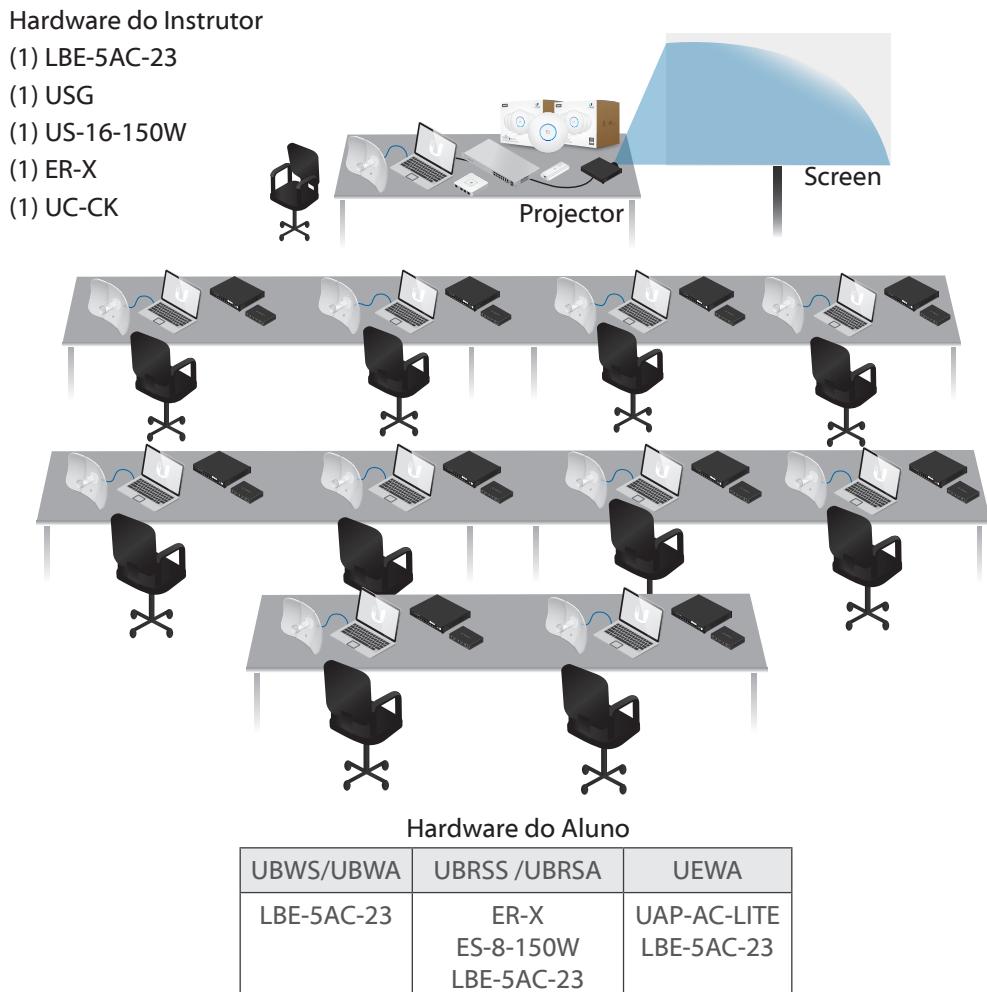
Jamie Higley
Diretor Global de Treinamentos
Ubiquiti Networks, Inc.
Março 2017

Tradução em Português:
Samuel Henrique Bucke Brito
Abril 2018

Prefácio

Este livro de treinamento é um material complementar para ser lido previamente e também durante o curso oficial da Ubiquiti. Conduzido por um instrutor oficial Ubiquiti Certified Trainer, os cursos oficiais de certificação da Ubiquiti consistem em atividades práticas em laboratório, no uso de equipamentos/hardware e em slides oficiais de aula que em conjunto culminam em uma experiência única de aprendizado.

Layout Típico da Sala de Aula



Na conclusão do treinamento oficial, o instrutor certificado pela Ubiquiti (UCT) aplica o exame online para os alunos que participaram das aulas e estão em busca da certificação.

Para participar de um curso futuro de certificação Ubiquiti, visite www.ubnt.com/training

I. Visão Geral do Curso de UBWA

Seja bem-vindo ao curso Ubiquiti Broadband Wireless Admin (UBWA)! Este treinamento de nível intermediário ensina profissionais da indústria de provedores de serviço (ISP) a projetar, gerenciar e resolver problemas na infraestrutura sem fio de um provedor, especificamente utilizando os produtos da Ubiquiti. Os tópicos abordados neste manual são:

- Teoria de RF e Planejamento de Link
- Operação do Rádio e Modulação
- Desenho da Antena e Ganho
- Recursos Proprietários da Ubiquiti
- Topologias de Rede de WISP

Certificação em Banda Larga Sem Fio da Ubiquiti

Embora não seja um pré-requisito para o curso UBWA, o curso UBWS (Especialista) ensina os fundamentos básicos de comunicação sem fio, qualquer que seja sua bagagem na área. Esse outro curso básico também explica o vasto potencial dos produtos outdoor (ambientes externos) da Ubiquiti, além de familiarizá-lo com a plataforma airOS de gerenciamento do rádio via web. O público-alvo do curso UBWA são estudantes que têm alguma experiência com redes sem fio, independentemente do fabricante da solução. Ambos os cursos são rápidos e com várias atividades práticas de laboratórios que reforçam os conceitos teóricos e aspectos técnicos. Ao concluir o curso, você poderá realizar o exame da certificação Ubiquiti Broadband Wireless Admin (UBWA). Se você passar com 65% ou mais, então receberá o certificado.

Visão Geral do Laboratório

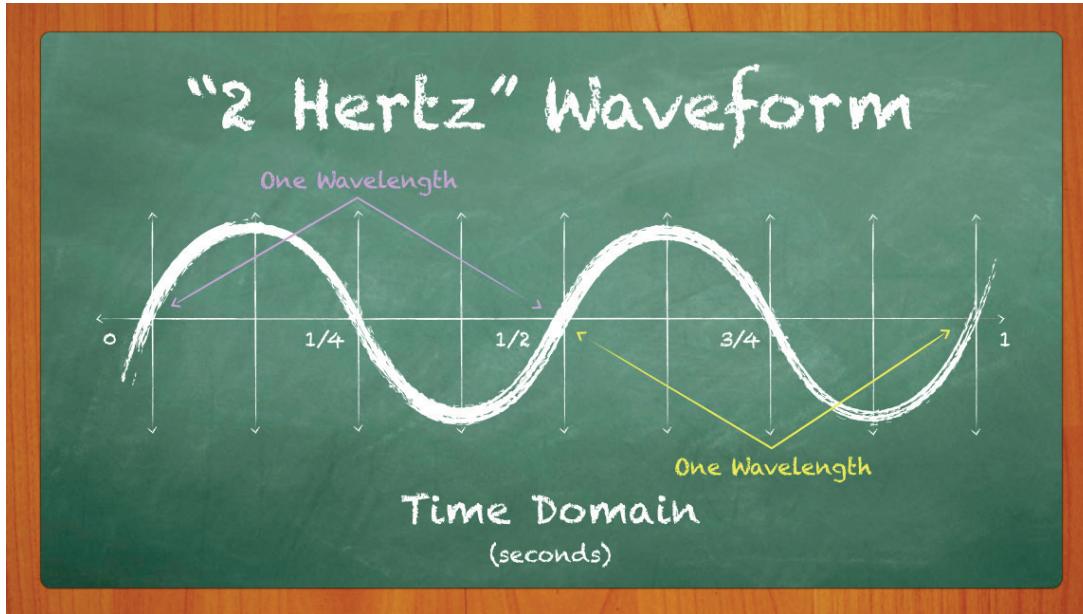
Assim como o curso UBWS, as atividades de laboratório do UBWA foram escritas com grande nível de detalhamento para que você possa seguir cada passo das atividades de laboratório e compreender cada objetivo técnico. Seu instrutor irá fornecer um rádio/antena airMAX-ac (LiteBeam LBE-5AC-23 é utilizada nas atividades de laboratório do curso). Para cada atividade de laboratório, leia a descrição trazida no começo para entender os objetivos. Na sequência, siga as instruções do roteiro passo-a-passo para configurar seu radio airMAX-ac. Na conclusão de cada atividade de laboratório, compare sua topologia com a topologia trazida no diagrama, então responda às questões da revisão.

Seu instrutor irá atribuir um número único (X) para você, o que irá diferenciar suas configurações de IP dos demais alunos. Posteriormente, você trabalhará em grupos (Aluno A e B) para completar as atividades de laboratórios, onde seu número único (Aluno X) ainda será utilizado como referência. Por exemplo, o Aluno 1 (A) e 2 (B) reunidos em grupo utilizarão seus números únicos (1 e 2 respectivamente). Se a atividade de laboratório exigir que o Aluno 2 (B) configure sua interface com o endereço "10.1.(100+A).B", então o Aluno 2 (B) deverá configurar sua interface de rede com o endereço "10.1.101.2", uma vez que $(100+A)=(100+1)-101$ e $B=2$.

II. Teoria de RF

O objetivo deste capítulo é ensinar a física de radiofrequência para que você possa tomar decisões educadas ao planejar um enlace sem fio, qualquer que seja a distância e o ambiente.

Propriedades das Ondas



Os equipamentos sem fio de ambientes externos (outdoor) usam ondas eletromagnéticas para passar dados entre dois pontos remotos. As ondas eletromagnéticas têm duas características importantes que serão referenciadas durante esse curso:

- Freqüência** O número de ciclos periódicos que uma onda eletromagnética oscila por segundo, sendo medida em Hertz (Hz).
- Comprimento de Onda** O comprimento entre dois pontos idênticos no mesmo ciclo periódico.

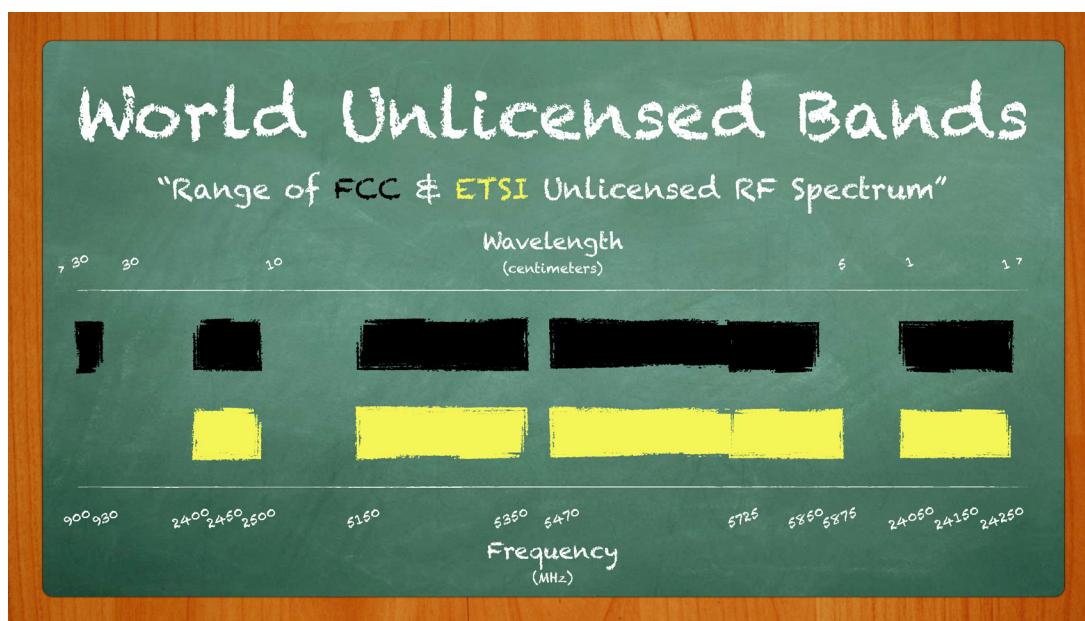
As ondas eletromagnéticas são propagadas igualmente bem no vácuo, mas a difração e as propriedades físicas da atmosfera fazem os sinais em frequências mais baixas terem melhor propagação em comparação a sinais em frequências mais altas. Considerando que todas as outras variáveis são constantes (por ex. ganho das antenas, potência TX), um sinal de 5 GHz será propagado mais distante do que um sinal de 24 GHz. De maneira similar, um sinal de 2,4 GHz será propagado mais distante do que um sinal de 5 GHz. Na realidade, outras variáveis têm papel igualmente importante na propagação dos sinais e serão explicados adiante.

Espectro Eletromagnético

O espectro eletromagnético é todo o intervalo de frequências que compreende energia eletromagnética, como por exemplo a **luz visível** (aquilo que você vê), a **radiação ultravioleta** (oriunda dos raios solares), os **raios-x** (usados em imagens médicas). Na porção mais baixa desse intervalo (de 3 a 300 GHz) estão as ondas de **rádio/microondas**. Apesar de ocuparem apenas uma pequena fração de todo o espectro eletromagnético, os Provedores de Serviço de Internet (ISP), do inglês Internet Service Providers, planejam cuidadosamente e estabelecem enlaces sem fio externos utilizando uma combinação de frequências e larguras de canais para maximizar as velocidades, minimizar a interferência e expandir a rede.

Espectro de RF

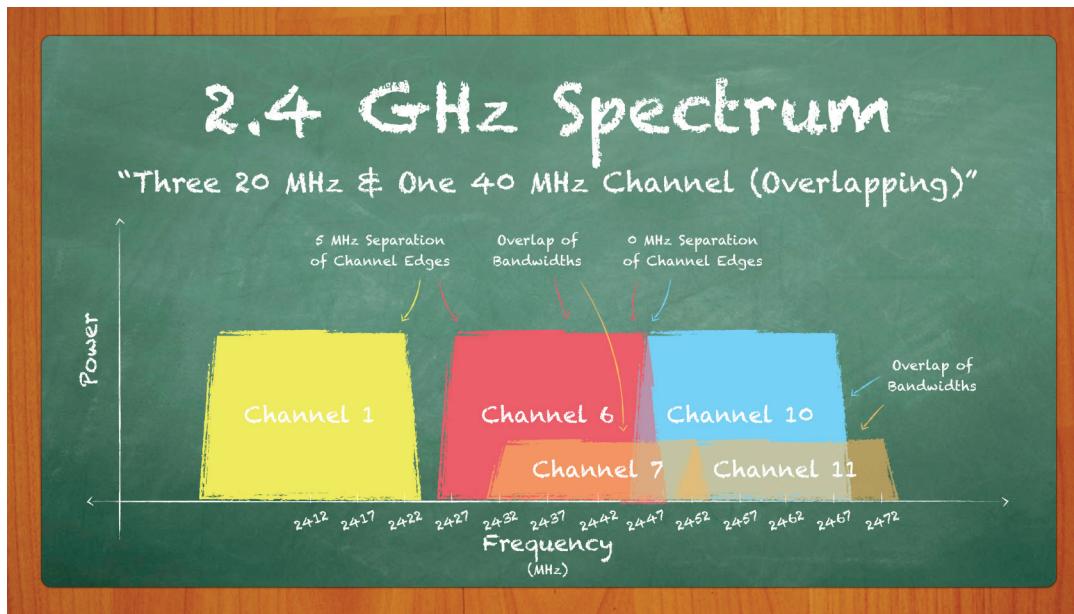
Existem organizações dos governos locais que são responsáveis pela designação das "bandas", ou faixas de frequência, para determinados fins, incluindo telecomunicações - o FCC nos EUA, o ETSI na Europa e a Anatel no Brasil. Essas agências alocam algumas bandas selecionadas para uso **não licenciado**, ou seja, são faixas de frequência que podem ser utilizadas por qualquer pessoa na implantação de redes sem fio, desde que os equipamentos estejam em conformidade com a **regulação local** definida pela agência.



Espectro de 2,4 Ghz

O espectro de 2,4 GHz é uma banda **mundial, não licenciada**. Devido a sua ampla popularidade no mercado consumidor que inclui câmeras IP, fornos de microondas e dispositivos Bluetooth, as redes sem fio enfrentam grande interferência em áreas densamente populadas. Em áreas esparsamente populadas a frequência de 2,4 GHz continua sendo uma opção tradicional e viável na implantação de enlaces sem fio externos (outdoor).

Apesar do intervalo total do espectro de 2,4 GHz variar de região para região, a maioria dos países possui cerca de 83 MHz para uso não licenciado. Esse montante permite três canais de 20 MHz sem que haja **sobreposição**: são os canais 1, 6 e 11. A sobreposição de canais é indesejada porque impacta diretamente na interferência e, consequentemente, implica em degradação no desempenho das redes sem fio.

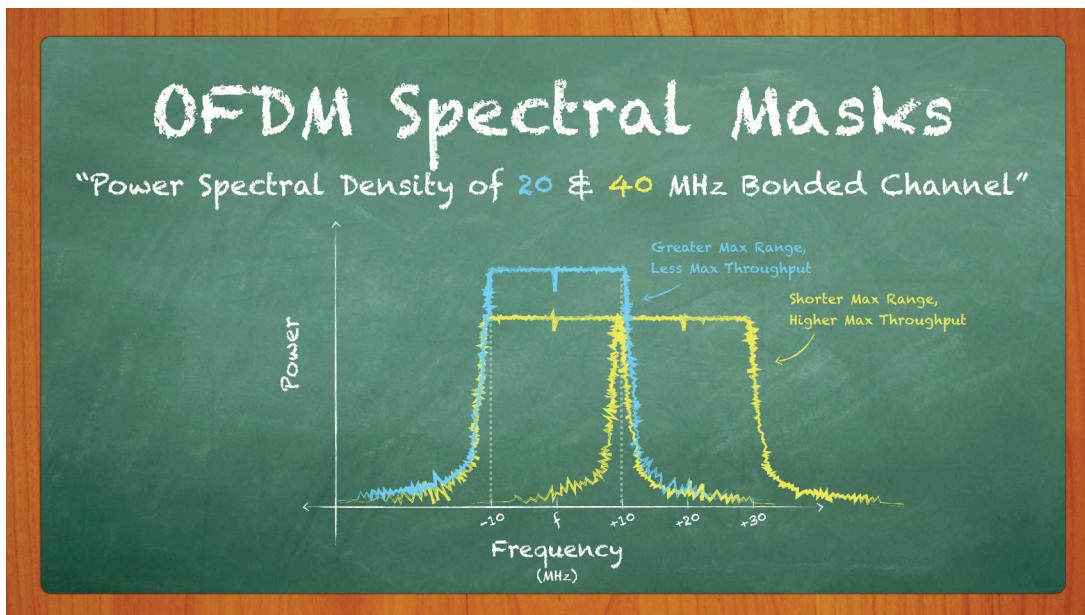


A **largura do canal**, também conhecida como **largura de banda** (bandwidth), representa um intervalo específico de frequências que são utilizadas pela portadora (carrier) do rádio para transmitir dados. Quanto maior a largura do canal, maior o potencial de atingir velocidades mais rápidas (throughput). Por outro lado, quanto maior a largura do canal, menor será a densidade espectral da potência, o que resulta em menor alcance do sinal emitido. Além disso, quanto maior o espaço existente entre as extremidades dos canais adjacentes, melhor será o desempenho sem fio.

As redes sem fio externas dependem da habilidade de reutilização de canais para entregar o melhor desempenho possível. Por essa razão sempre é recomendada a utilização de canais de 20 MHz ou menores para cenários PTMP em 2,4 GHz. Para utilizar canais mais largos, pondera o uso das bandas não licenciadas em 5 GHz e 24 GHz.

Máscara Espectral do OFDM

Embora a largura de banda represente o intervalo de dados sendo transmitido, é importante entender toda a máscara espectral do OFDM da forma que ela realmente aparece para os rádios receptores. A figura adiante ilustra duas máscaras de transmissão com centro na frequência “f” e com a densidade de potência máxima ao longo de toda banda. Repare que ± 10 MHz além das bordas da largura de banda da máscara da transmissão azul, a potência decai ao longo das extremidades, mas ainda pode afetar (e frequentemente afeta) os canais vizinhos.



A máscara da transmissão amarela representa um canal de 40 MHz, resultado da agregação de dois canais de 20 MHz com base no padrão 2009-802.11n. O padrão 2014-802.11ac permite também a **agregação** de canais de 80 MHz. Assim sendo, os canais mais largos são apropriados para a banda de 5 GHz, onde cerca de 300 MHz de espectro não licenciado está disponível para reutilização. Apesar de utilizar canais agregados de 40/80 MHz, os APs 802.11 (inclusive o airMAX ac) fazem o anúncio do SSID em um único canal **primário** de 20 MHz. A opção pela utilização de um canal de 20/40/80 MHz é dependente das configurações no AP e da compatibilidade da Estação.

Independentemente das tradicionais larguras de banda de 20/40/80 MHz, os rádios airMAX também oferecem suporte a canais com larguras personalizadas (2/3/5/8/10/25/30/50/60 MHz) para atender aos requisitos de qualquer cenário de comunicação sem fio em ambientes externos. Por exemplo, em enlaces PTP de longa distância os canais de 5/10 MHz são desejáveis. Vale a pena ressaltar que canais de 30 MHz não são resultado de agregação, sendo, ao invés disso, transmitidos com uma única máscara de transmissão, o que pode ser vantajoso em relação aos canais de 40 MHz agregados. O recurso de **flexibilização de canais** que trata do aumento/redução da largura do canal será explorado adiante, ainda neste capítulo.

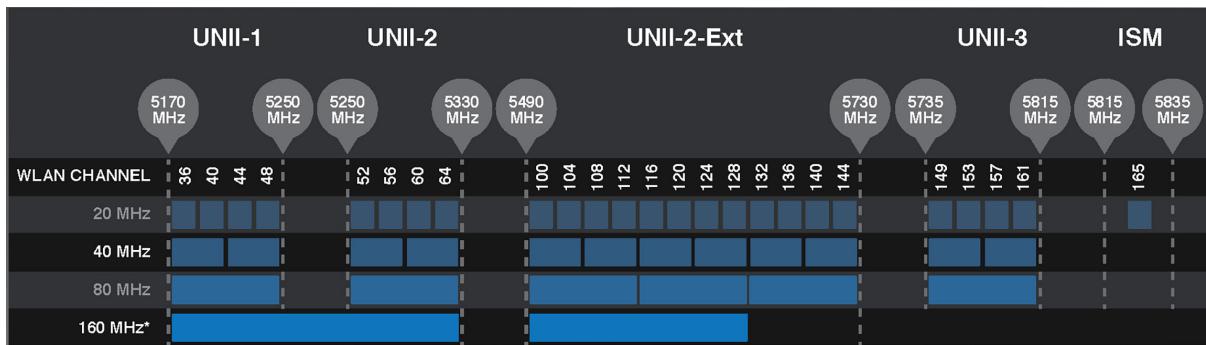
Em comparação ao airMAX, o airFiber é uma família única de produtos com avançada tecnologia sem fio. Os modelos AF5 e AF24 suportam **comunicação full-duplex** através de rádios e antenas separados para TX/RX, o que viabiliza as maiores taxas de transmissão com a menor latência possível. Os modelos AF-X são produtos versáteis que podem ser acoplados com as melhores antenas da Ubiquiti para obter alto desempenho em enlaces com distâncias extremamente longas. Os produtos airFiber oferecem aos provedores a habilidade plena de implantar enlaces sem fio com alta granularidade (até 1 MHz de granularidade) para obter espaçamento de canais extremamente eficiente. Além de tudo isso, o airFiber ainda suporta canais de larguras personalizadas em qualquer lado do enlace remoto, por exemplo onde a interferência restringe o espectro disponível em apenas um dos lados, ou nos casos de banda assimétrica na passagem de tráfego nos sentidos upstream/downstream.

Ainda mais importante, o excelente desempenho espectral do airFiber permite implantações de canais lado a lado, mesmo em cenários de múltiplos rádios/antenas no mesmo ponto de presença (co-location). Sempre que possível, escolha os produtos airFiber para implantar enlaces sem fio externos para conservar o espectro, viabilizar o crescimento da rede e obter as maiores velocidades possíveis.



Espectro de 5 GHz

Na maior parte do mundo, a vantagem óbvia da banda não licenciada de 5 GHz é maior disponibilidade de canais. O espectro de 5 GHz é dividido em faixas de frequências denominadas **bandas U-NII**, cada uma com diferentes **regras regulatórias**. Dependendo do canal selecionado, os rádios podem operar em diferentes **níveis de potência** - essa questão será explorada adiante neste manual.

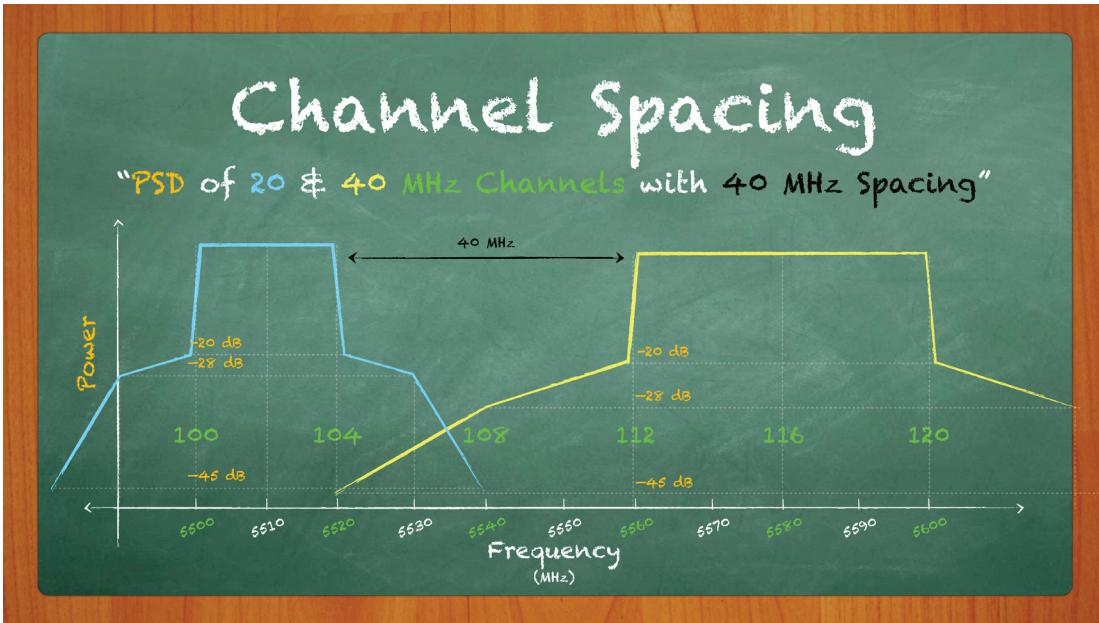
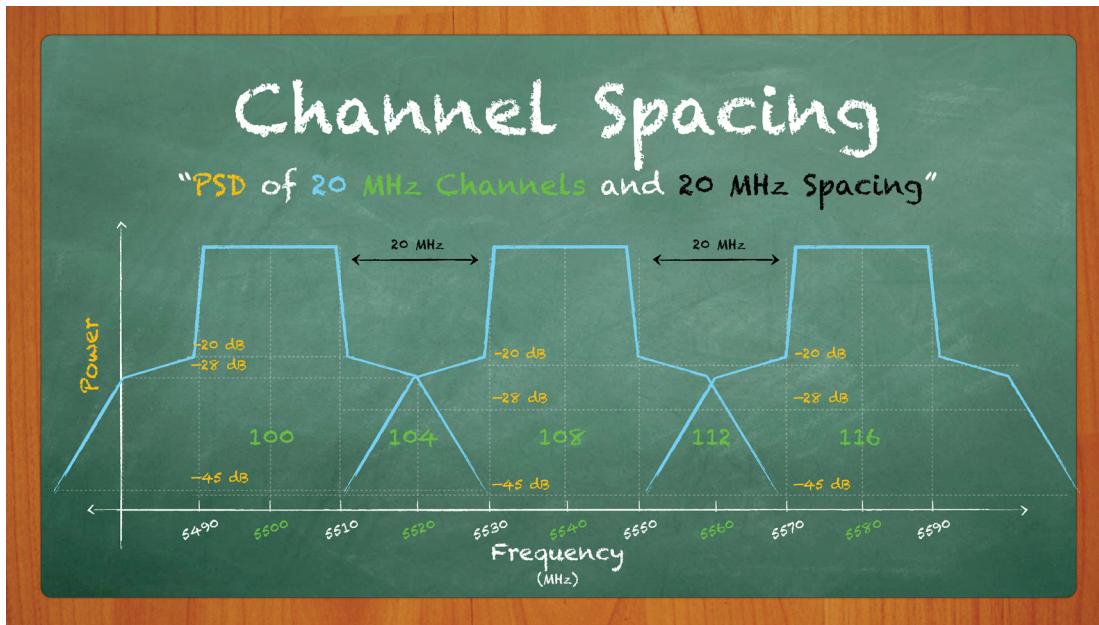


Uma detalhe importante é que obrigatoriamente os rádios operando em 5 GHz devem adotar controles de **Seleção Dinâmica de Frequência** (DFS), do inglês Dynamic Frequency Selection. Antes de utilizar uma frequência DFS, os rádios em conformidade com DFS devem escanear certas frequências para assegurar previamente que elas não estejam ocupadas com **Radares Meteorológicos** (TDWR) ou outros sistemas de radares. Ao operar em um canal DFS, os rádios airMAX de 5 GHz irão se comportar da seguinte maneira:

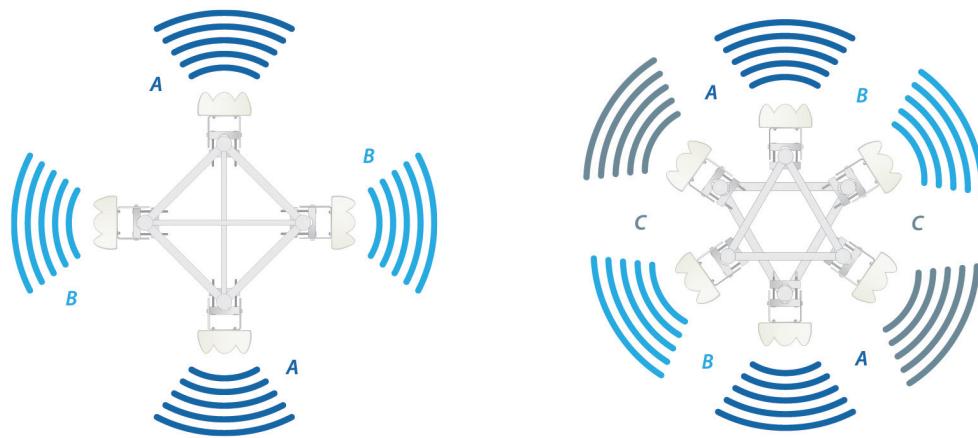
- Antes de tentar utilizar um canal DFS, o rádio irá esperar um curto período de tempo em que ficará ouvindo por sistemas DFS. Se qualquer assinatura de radar for detectada, o canal é colocado em uma blacklist por um curto período.
 - Quando estiver utilizando um canal DFS, o rádio irá ouvir por sistemas DFS em segundo plano. Se qualquer assinatura de radar for detectada no canal, então o rádio imediatamente mudará para outro canal disponível com base no **Código de País** e na Lista de Frequências previamente configurados. O canal anterior é colocado em uma blacklist por um curto período de tempo.

Espaçamento de Canais e Padrões

Além de conhecer as faixas de frequências disponíveis para implantar a rede sem fio externa, operadores de WISP também devem estar conscientes do espaçamento de canais. Uma vez que cada rede sem fio recebe um canal com frequência central, o espaçamento de canais está relacionado à sobreposição de cada máscara espectral de portadora. Maior espaçamento de canais significa menos potencial de sobreposição. Menos sobreposição significa menos interferência na banda, o que implica em melhor desempenho sem fio. Por exemplo, duas redes ariMAX próximas utilizando os canais 149 e 157 em 5 GHz geram menos interferência do que se os canais 149 e 153 estivessem sendo utilizados. No caso de sinais fora da banda, por exemplo sinais em 2,4 GHz e 5 GHz, não há interferência direta de um no outro.



As redes concorrentes na mesma banda também interferem menos umas nas outras por causa da **perda de trajeto**, um conceito que será abordado adiante neste capítulo. À medida que a **distância física** entre rádios de redes na mesma banda aumenta, os níveis de interferência diminuem. Esse fator permite que os canais sejam reutilizados ao longo da rede geográfica do WISP. Nos casos de rádios muito próximos, por exemplo na mesma torre, antenas direcionais de alto ganho permitem que os canais das frequências sejam reutilizados em padrões. Por exemplo, se a largura de feixe (ângulo de abertura) das antenas do AP da estação base forem 90° ou 60° , os **padrões de reutilização de canais**, ABAB ou ABCABC, podem ser utilizados, conforme ilustrado:



Para maximizar a eficiência da reutilização, sempre projete as torres das estações base com padrões de canais. Para conservar o espectro, use a menor largura de banda no canal que seja suficiente para atender à aplicação. Dicas de co-location (múltiplos rádios na mesma torre) serão explicadas posteriormente neste manual.

Espectro de 24 GHz

Além das bandas de 2,4 GHz e 5 GHz, a banda de 24 GHz também é mundialmente não licenciada. Dependendo da região, a banda de 24 GHz possui 200 MHz de largura de banda. Em comparação aos sinais de frequências mais baixas, os sinais do intervalo **Super High Frequency** (SHF), como é o caso de 24 GHz, sofrem muita degradação. A atenuação é a taxa de perda da intensidade do sinal, seja pela **perda de trajeto** no espaço livre ou por **obstáculos**. Devido sua alta frequência e pequeno comprimento de onda, os sinais dos rádios em 24 GHz são particularmente suscetíveis a efeitos atmosféricos, incluindo chuva. A atenuação é elemento fundamental do planejamento de um enlace sem fio e será abordada posteriormente neste manual.



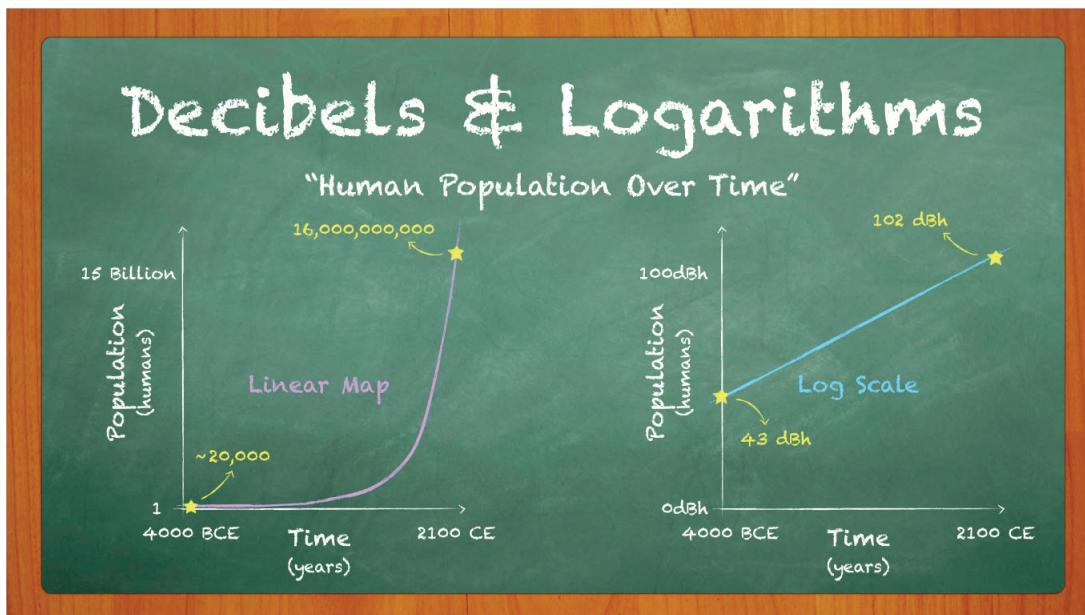
Frequências Licenciadas e Conformidade

Em áreas onde as bandas não licenciadas estão **saturadas**, os níveis de interferência na mesma banda podem ser muito elevados para WISPs que pretendem escalar suas redes para tamanhos maiores usando frequências comuns. Dessa maneira, o **espectro de rádio licenciado** é uma alternativa útil, embora cara, para backhaul ou PTMP. Em comparação à banda de 2,4 GHz e 5 GHz, as bandas licenciadas são reguladas, ou seja, os operadores devem fornecer informações para as agências governamentais e pagar uma licença anual para utilizá-la. As frequências licenciadas são especialmente populares em enlaces de backhaul por causa dos seus baixos níveis de ruído.

Para prover software e a documentação que incorpora novas regras regionais, os times da Ubiquiti lançam atualizações de firmware regularmente na seção Downloads, ou documentação de conformidade na seção de Conformidade:
<https://www.ubnt.com/compliance>

Decibels em Sistemas de RF

Apesar da sua simplicidade, os rádios e antenas da Ubiquiti que são instalados em redes sem fio externas são equipamentos bastante poderosos. Eles também são equipamentos extremamente sensíveis e capazes de funcionar com níveis muito baixos de potência. Para representar esses números muito altos ou muito pequenos, é utilizado o **decibel**. Na verdade, o decibel (dB) é apenas uma razão - isoladamente ele não representa nada. No entanto, quando aplicado em alguns valores do mundo real, como por exemplo humanos (dBh), é possível mapear a função linear para uma escala logarítmica.



Em RF, os **miliwatts** (mW) são a medida linear do mundo real. O sinal de um rádio transmissor operando a 100 mW de **potência de saída** pode sofrer degradação suficiente para alcançar o receptor com potência média da ordem de 0,0000001 mW. Para expressar esses valores, use a razão de potência: **dBm**, ou **decibels sobre miliwatt**. O valor 0 dBm (uma escala logarítmica) é igual a 1 mW (uma medida do mundo real).

Tomando 0 dBm como ponto de referência, você já pode começar a estimar e calcular os níveis de potência com base na **Regra dos 3s e 10s**. A Regra dos 3s e 10s mapeia a escala logarítmica para os valores em escala linear do mundo real. Cada vez que você **soma 3 dB**, você deve multiplicar o valor linear pelo **fator 2**. Cada vez que você **soma 10 dB**, você deve multiplicar o valor linear pelo **fator 10**.

Por exemplo, qual é o valor em miliwatt equivalente a 13 dBm? Uma vez que 0 dBm é igual a 1 mW, você pode somar 3 dBm e 10 dBm até chegar em 13 dBm.

$$0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$$

$$+3 \text{ dBm} = \times 2$$

$$3 \text{ dBm} = 2 \text{ mW}$$

$$+10 \text{ dBm} = \times 10$$

$$13 \text{ dBm} = 20 \text{ mW}$$

Portanto, 13 dBm é igual a 20 mW.

A Regra dos 3s e 10s também prevê que cada vez que seja **subtraído 3 dB**, você deve dividir o valor linear pelo **fator de 2**. Cada vez que você **subtrai 10 dB**, então deve dividir o valor linear pelo **fator de 10**.

Por exemplo, qual é o valor em miliwatt equivalente a -9 dBm? Uma vez que 0 dBm é igual a 1 mW, você pode subtrair 3 dBm três vezes até chegar -9 dBm.

$$0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$$

$$-3 \text{ dBm} = \div 2$$

$$-3 \text{ dBm} = 0.5 \text{ mW}$$

$$-3 \text{ dBm} = \div 2$$

$$-6 \text{ dBm} = 0.25 \text{ mW}$$

$$-3 \text{ dBm} = \div 2$$

$$-9 \text{ dBm} = 0.125 \text{ mW}$$

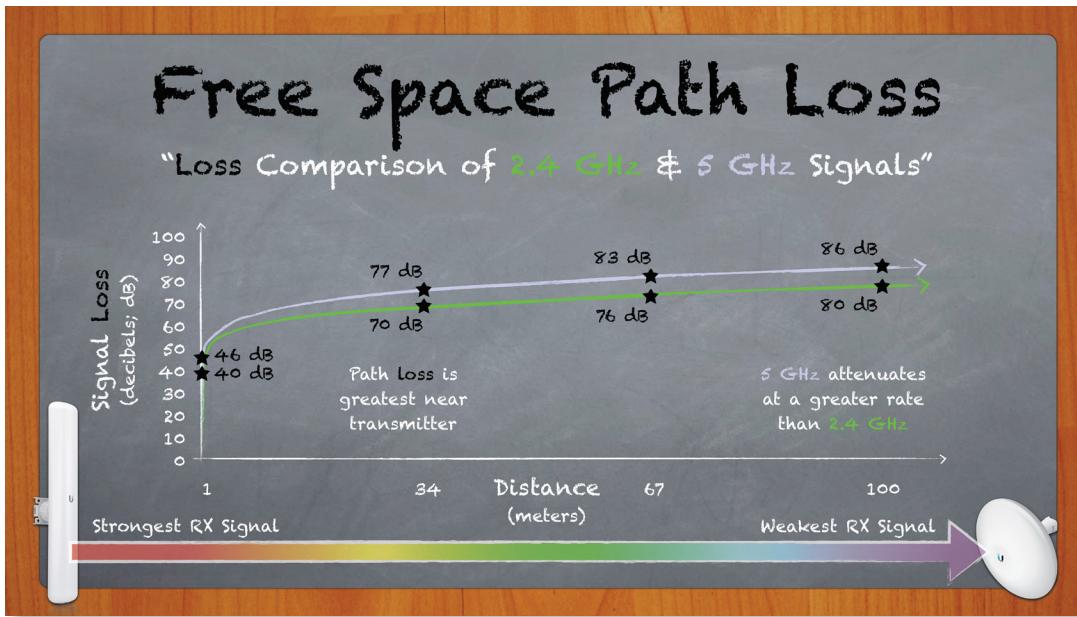
Portanto, -9 dBm é igual a 0.125 mW.

Cada vez que você soma ou subtrai decibels (escala logarítmica), você deve aplicar a devida função (multiplicar ou dividir) pelo fator apropriado (2 ou 10) da escala linear.

Decibels e Perda de Trajeto no Espaço Livre

Ao deixar a antena transmissora, o sinal sofre um fenômeno denominado **Perda de Trajeto no Espaço Livre** (FSPL), do inglês Free Space Path Loss, ou simplesmente **Perda de Caminho**. A perda de trajeto explica que à medida que um sinal se propaga no espaço, o mesmo também está em expansão, o que resulta em redução nos níveis de potência. Ainda que essa premissa seja verdadeira para todos os sinais de rádio, os sinais em frequências mais altas (ex. 5 GHz) sofrem ainda mais perda em comparação aos sinais em frequências mais baixas (ex. 2,4 GHz).

A figura abaixo exibe o FSPL de um sinal de rádio em 2,4 GHz. A perda (medida em dB) é mais acentuada nos primeiros 100 metros do sinal saindo da antena transmissora. Tenha em mente que a figura apresenta uma escala logarítmica. A taxa na qual a potência de um sinal cai em função da distância é muito rápida. A potência “limpa” de saída de um transmissor eficiente em conjunto com antenas de alto ganho ajudam a compensar os efeitos drásticos da perda de potência no espaço livre.



Decibels e Antenas

A razão decibels também é utilizada para expressar o **ganho da antena**. Através da métrica **decibels sobre radiador isotrópico** (dBi) é possível medir a habilidade de um radiador em irradiar sinal em uma direção específica em relação a um **radiador isotrópico**. Um radiador isotrópico é uma **antena teórica** que irradia igualmente em todas as direções, similar a uma lâmpada de bulbo. Uma vez que nenhum sistema de antena é totalmente eficiente (existe perda na energia), o ganho é introduzido para produzir padrões de radiação em uma determinada direção. O ganho de antena será posteriormente abordado neste manual.

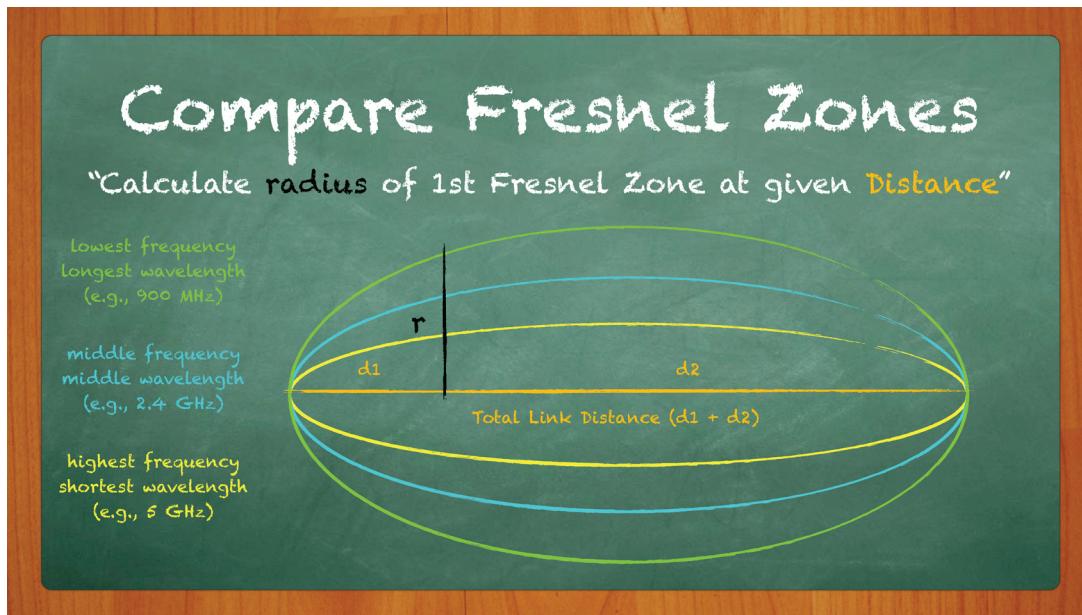
Decibels e EIRP

As agências de regulação estabelecem os limites da potência máxima que pode ser transmitida por um sistema de RF (rádio e antena). A potência total efetivamente radiada pelo sistema de RF é denominada **Potência Efetiva Isotropicamente Irradiada**, do inglês **Effective Isotropic Radiated Power** (EIRP), um parâmetro que leva em consideração a potência de transmissão do rádio, o ganho da antena e qualquer perda no sistema (por ex. nos cabos e conectores).

Para calcular o EIRP total de um sistema de rádio, basta somar a Potência de Transmissão e o Ganho da Antena, então basta subtrair qualquer perda (os rádios Ubiquiti tipicamente implicam em menos de 1 dB de perda). Para estar em conformidade com os padrões regulatórios, os rádios da Ubiquiti fazem o ajuste da Potência de Transmissão automaticamente, com base no código de país selecionado na configuração do rádio, na frequência utilizada e no ganho da antena.

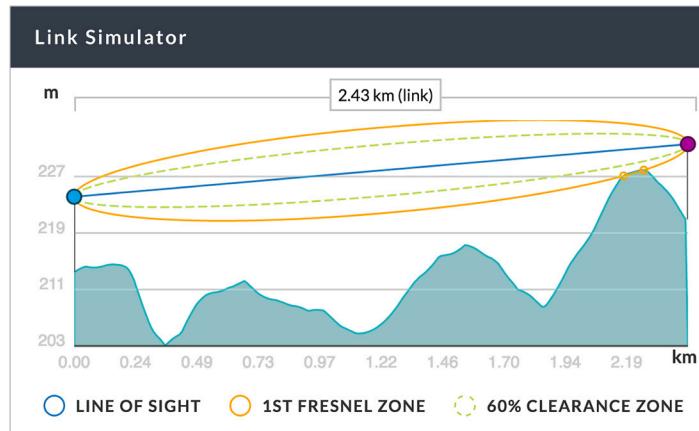
Linha de Visada e Zonas de Fresnel

Um requisito importante para conseguir o melhor desempenho possível em qualquer enlace sem fio externo é manter uma linha de visada limpa. A linha de visada faz referência a uma área com formato elíptico entre os dois extremos do enlace de rádio. Essa área é progressivamente dividida em zonas maiores, denominadas Zonas de Fresnel. Qualquer obstrução nessas zonas, como vegetação, superfícies metálicas e até mesmo chuva, pode resultar em sinais refletidos ou dispersos. Em enlaces sem fio externo esses sinais alterados podem causar multipath e impactar negativamente no sinal recebido.

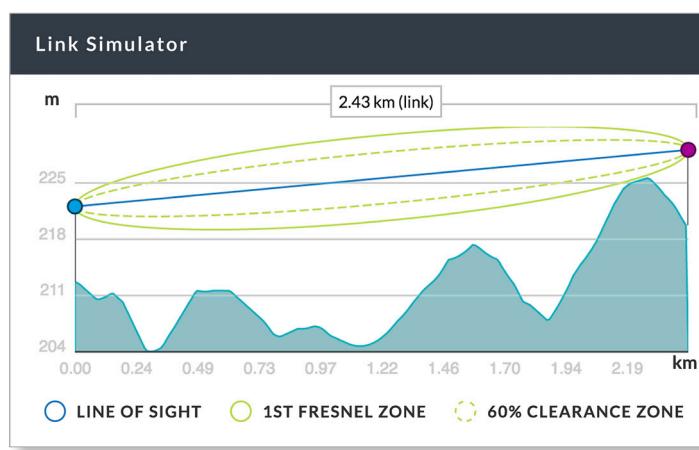


As Zonas de Fresnel são medidas de acordo com o raio em uma dada distância. Conforme ilustrado, as Zonas de Fresnel têm formato similar a uma elipse, onde o raio é maior no centro da forma - exatamente na metade da distância total do enlace. Considere as seguintes regras no que diz respeito às Zonas de Fresnel:

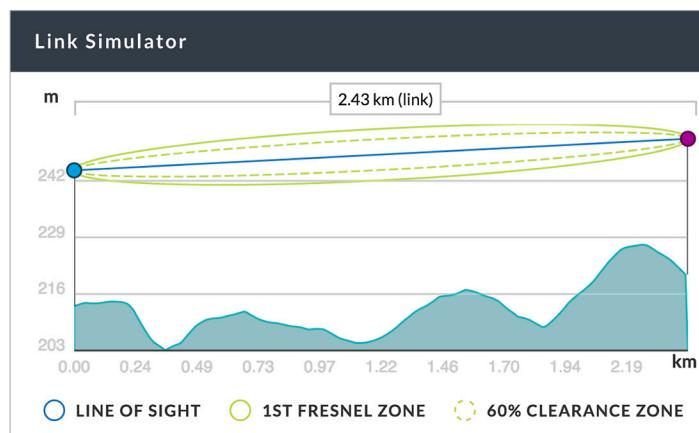
- À medida que a distância do enlace aumenta, também aumenta o raio.
- À medida que a frequência do enlace diminui, o raio aumenta.
- Quanto menos obstrução houver no enlace, melhor será o desempenho.
- 60% da primeira Zona de Fresnel deve estar livre para ter sucesso no enlace.
- Faça a montagem da antena com maiores alturas para limpar as zonas de Fresnel.
- Tenha em mente que o software airLink da Ubiquiti leva em consideração apenas a elevação do terreno (baseado no Google Earth), sem prever objetos físicos que podem estar obstruindo as zonas de Fresnel (por ex. árvores, prédios).



Link PTP com a primeira Zona de Fresnel obstruída.



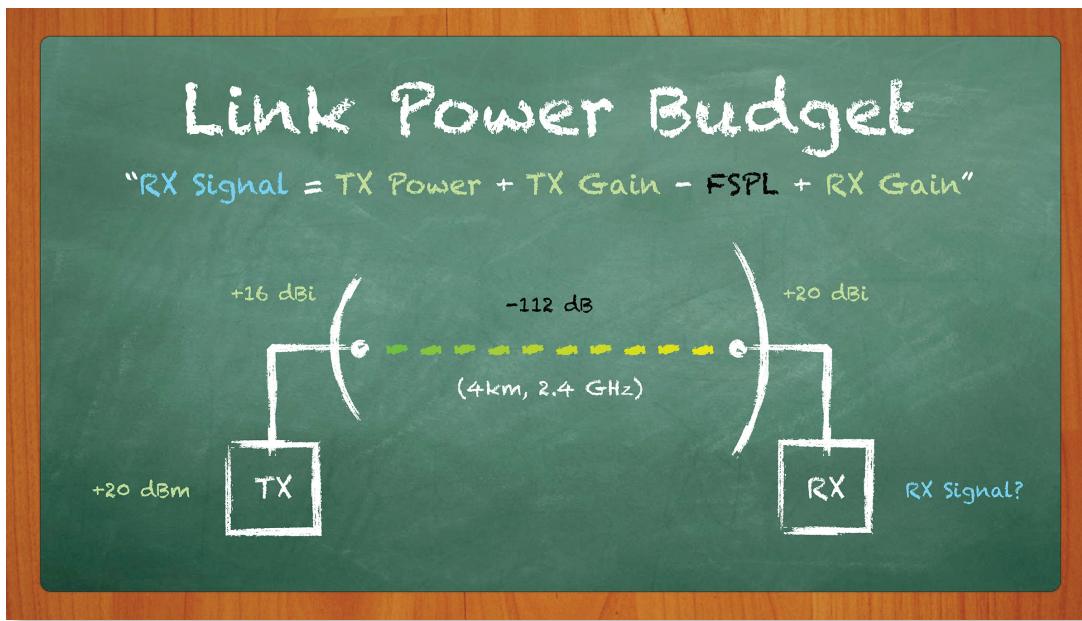
Link PTP com a primeira Zona de Fresnel desobstruída, mas com provável obstrução de objetos no terreno devido à montagem da antena em baixa altura.



Link PTP com a primeira Zona de Fresnel desobstruída e com antena montada suficientemente alta para evitar a obstrução por objetos.

Cálculo de Link Budgets

Agora que você já explorou os fundamentos da radiofrequência, já pode começar a fazer estimativas precisas sobre o **sinal recebido** em relação à **distância, potência de transmissão e ganho da antena**, além de outros parâmetros no enlace sem fio. Essas estimativas são denominadas **cálculo de link budget**. Embora a Ubiquiti tenha seu próprio software de simulação de enlaces que apresenta esses resultados de maneira intuitiva via interface gráfica, a figura abaixo demonstra como calcular o link budget.



Margem de Desvanecimento (Fade)

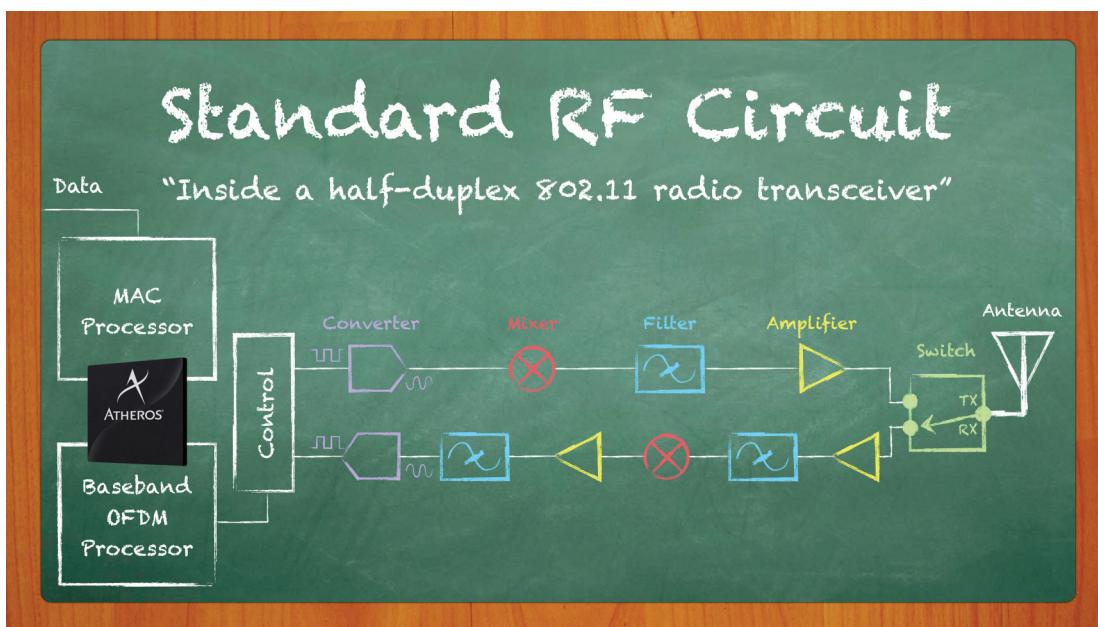
Com o tempo é possível a dinâmica do ambiente influenciar no desempenho do enlace sem fio. Para prever mudanças climáticas, na vegetação e até mesmo na pressão atmosférica, os operadores de enlaces sem fio tipicamente induzem **uma margem de desvanecimento** (fade) nos cálculos de link budget. Quanto maior for essa margem, mais resistente seu enlace sem fio será a possíveis mudanças no ambiente. Uma maior margem de desvanecimento também ajuda a manter bom desempenho em ambientes com competição na RF, algo que interfere diretamente no nível de SNR.

Maiores margens de desvanecimento também implicam em maior confiabilidade (ex. 99,999% de disponibilidade do sistema). A Ubiquiti recomenda pelo menos 15 dB de margem para CPEs instaladas em redes PTMP. Isso significa que se você desejar um sinal recebido com -65 dBm de potência, então deveria planejar o enlace para utilizar equipamentos capazes de conseguir um sinal de -50 dBm. Particularmente os links PTP de backhaul serão bastante beneficiados de maiores margens de desvanecimento (por ex. 21+ dBm) para assegurar ainda mais confiabilidade e melhores níveis de SNR.

III. Operação do Rádio

Os sistemas de RF são compostos de dois componentes principais: Rádios e Antenas (serão abordadas no próximo capítulo deste manual). Com o foco nas principais características que definem a operação de um rádio, especificamente os rádios da Ubiquiti, esse capítulo também fornece idéias de como alcançar o melhor desempenho possível nas suas redes sem fio do tipo PTP e PTMP.

Diagrama de Rádio de Portadora



Para enviar dados no enlace em fio, um rádio transmissor gera um **sinal de portadora**. Através de um processo denominado **modulação**, a **frequência, amplitude ou fase** do sinal de portadora pode ser modificada para representar diferentes conjuntos de símbolos (grupos de bits de dados). No site remoto do enlace sem fio, um rádio receptor faz a **demodulação** do sinal de portadora para recuperar os dados. Um rádio típico tem vários componentes que são responsáveis por diferentes funções para preparar o sinal de portadora:

Componentes da Codificação Digital

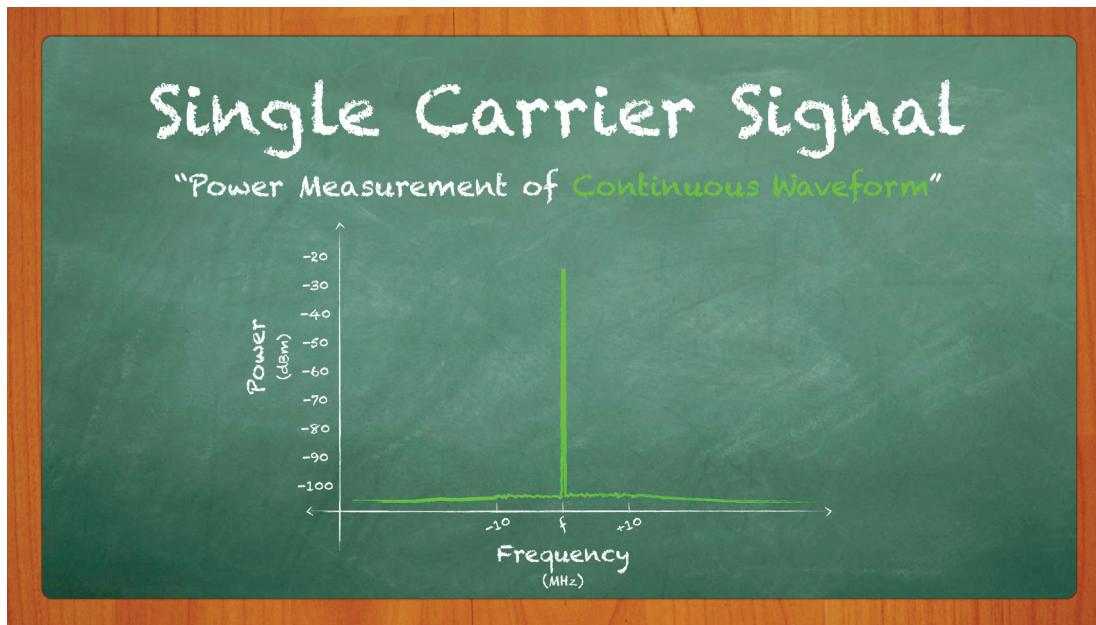
- **Processador MAC:** Além de passar o fluxo de dados da camada de rede para o processador de banda base, esse processador também manipula os processos 802.11e/i (QoS/Segurança).
- **Processador de Banda Base:** Coloca conjuntos de dados codificados em linha em subcanais OFDM físicos.
- **Interface de Dados/Controle:** Referência o tempo para a passagem de dados entre o processador de banda base e os dispositivos da interface de RF (por ex. Amplificadores, Filtros).

Componentes da Interface RF

- **D/A & A/D:** converte sinais do domínio digital para analógico e analógico para digital, respectivamente.
- **Filtros:** São projetados para permitir que sinais pertencentes a uma banda/frequência específica possam passar, rejeitando sinais fora da faixa específica.
- **Mixer:** Gera um sinal de alta/baixa frequência com base no sinal de entrada e um oscilador local para melhorar a seletividade/filtragem.
- **Amplificador:** Aumenta a potência do sinal.
- **Chain:** Outro nome para transceptor (um rádio transmissor/receptor).

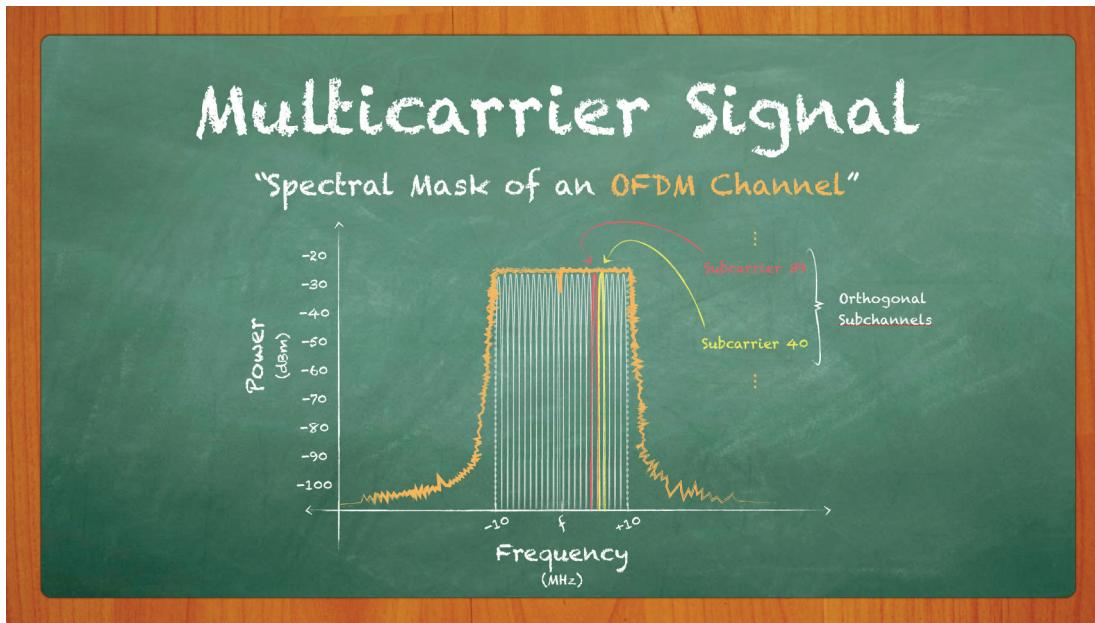
Sinal de Portadora Única

A forma de **onda contínua** (CW) é um exemplo de sinal de portadora única constante. Nenhuma das propriedades das suas ondas - frequência, fase e amplitude - são modificadas. Nas primeiras redes de rádio, o sinal CW era ligado/desligado para viabilizar a comunicação, similar ao código Morse para representar diferentes dados.

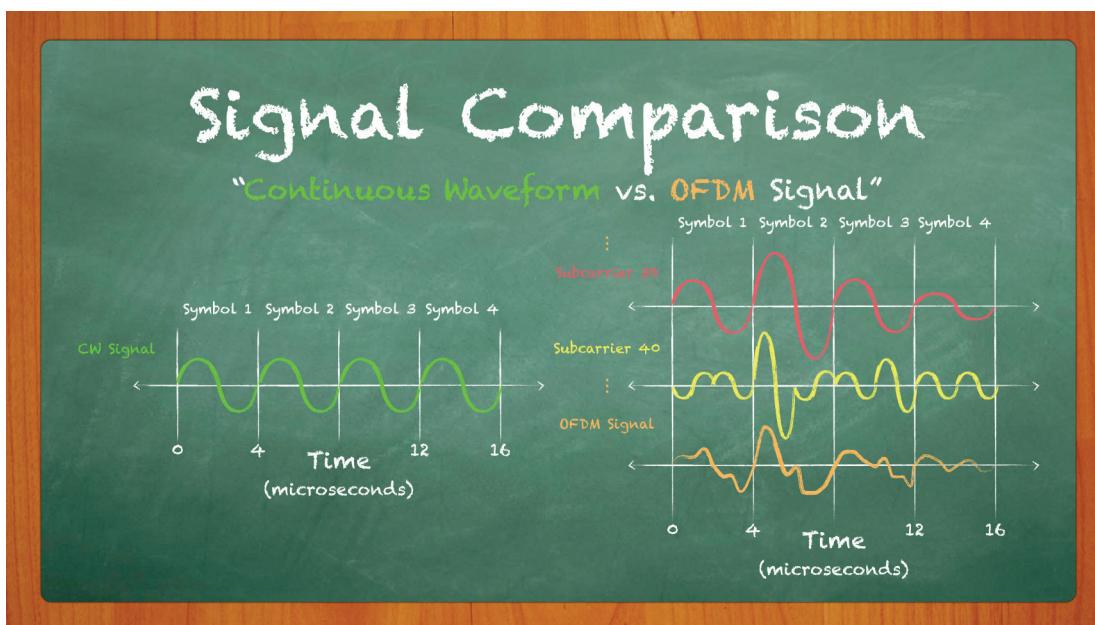


Sinal de Múltiplas Portadoras (OFDM)

Através da utilização de métodos avançados como o OFDM, os rádios modernos conseguem dividir a largura do canal em múltiplos **subcanais**, ou **sub-portadoras**, para aumentar o throughput. O uso de sub-portadoras torna o OFDM robusto contra efeitos de multipath, um fenômeno que leva à degradação da força do sinal em wireless outdoor. Devido a sua natureza ortogonal (igualmente espaçada), os subcanais individuais não interferem um no outro.



A sobreposição dos sinais das sub-portadoras produz uma forma de onda bastante complexa, diferente de cada uma das formas de onda individuais. Isso ocorre porque cada sub-portadora individual é modulada de maneira independente.

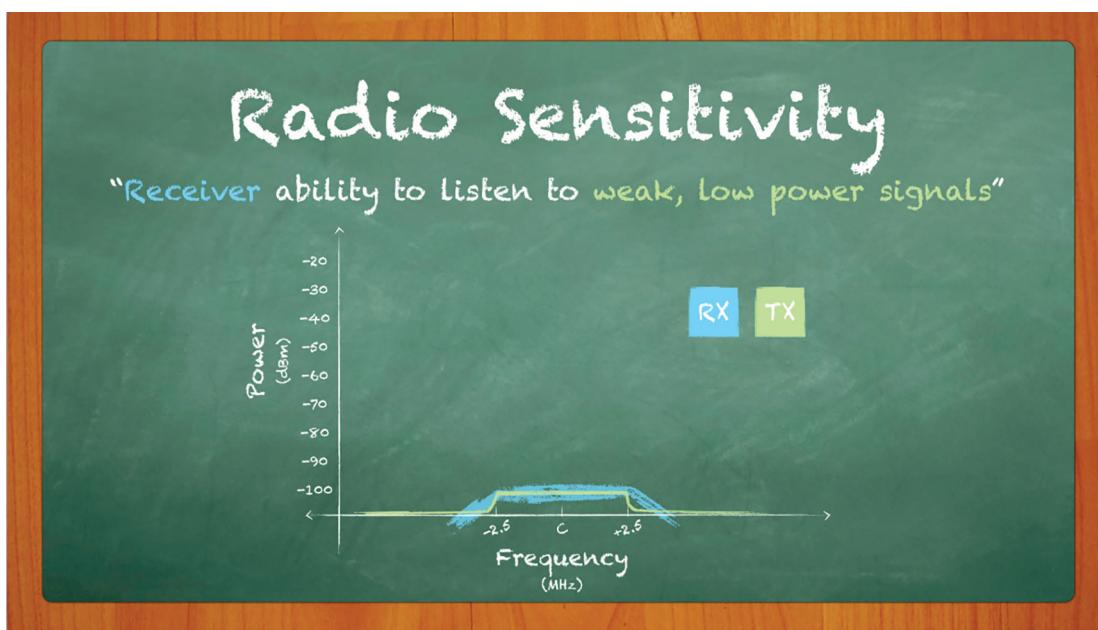


Características da Interface de RF

A **Interface de RF** consiste no circuito de rádio responsável pelo processamento do sinal da portadora. Para superar desafios impostos pelo ruído e outras fontes de interferência, ambos o transmissor e o receptor devem estar equipados com componentes de alta qualidade e com a tecnologia mais recente de hardware, como por exemplo o airPrism e o airMAX ac. Os operadores de rádio que investem e implantam os equipamentos de wireless outdoor da Ubiquiti garantem que suas redes serão estáveis e escaláveis. Em grande parte isso ocorre por causa da excepcional sensibilidade e desempenho da seletividade dos seus rádio receptores.

Sensibilidade do Rádio

O papel principal do receptor de rádio é “ouvir” sinais de um transmissor desejado. Como já foi explicado no capítulo anterior, a perda de trajeto no espaço livre causa rápida degradação na intensidade do sinal ao atravessar o espaço. O resultado normalmente são sinais muito fracos chegando no receptor, o que faz com que a **sensibilidade** seja uma das características mais importantes do rádio. A sensibilidade consiste na habilidade do rádio de “ouvir” sinais fracos. Quanto maior for a sensibilidade do rádio, quer dizer que ele pode receber sinais mais fracos.

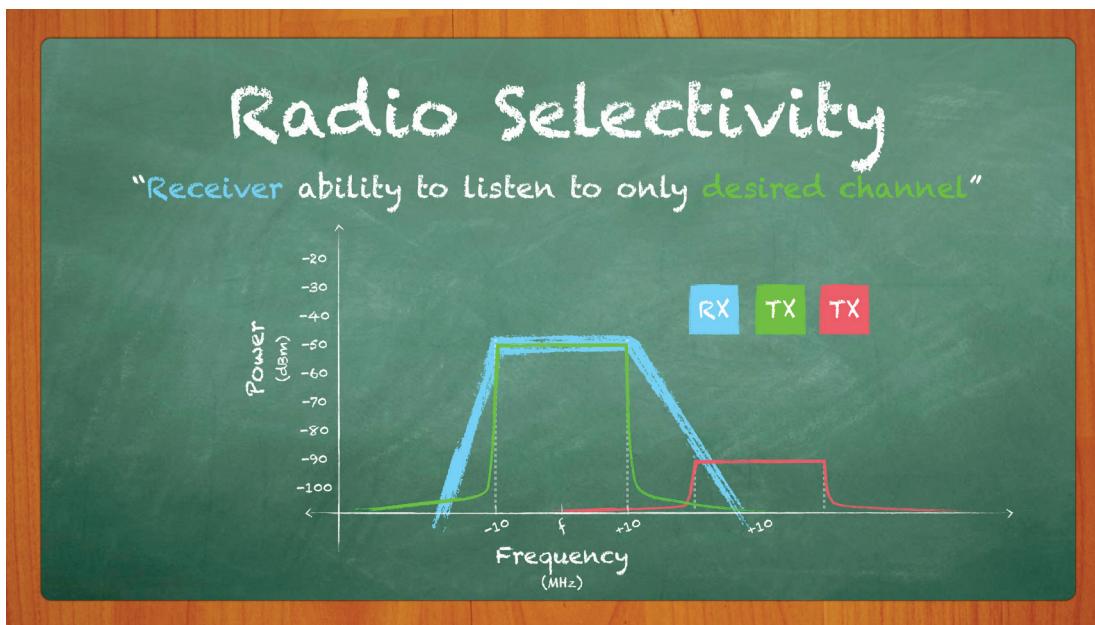


Em médio em um ambiente “limpo” de RF, os componentes receptores dos rádios Ubiquiti bem sintonizados podem “escutar” sinais muito baixos - em alguns casos, sinais tão baixo quanto -103 dB (0.000000001 mW)! Independentemente de o sinal recebido ser fraco ou forte, a comunicação via rádio requer que o sinal recebido seja mais forte do que o total combinado dos níveis de ruído e interferência.

Seletividade do Rádio

Para minimizar o efeito de interferência oriundo dos canais vizinhos, o rádio receptor precisa de um filtro adequado. A habilidade de um receptor “escutar” o sinal desejado e de bloquear outros sinais de outras fontes **na mesma banda** do canal é denominada **seletividade** do rádio. Por exemplo, interferência na mesma banda do espectro de 2,4 GHz diz respeito a sinais indesejados nos canais 1-11 (1-13 em alguns lugares).

A figura adiante mostra um rádio receptor (azul) com filtro “apertado” a -10 MHz abaixo da frequência central f do canal de transmissão (verde). No entanto, +10MHz acima do centro f do canal de transmissão, a pobre filtragem/seletividade aumenta a quantidade de interferência “ouvida” pelo receptor na mesma banda.



A interferência, combinada às fontes locais de ruído do receptor, contribui com o nível de **sinal-ruído** (SNR). Um nível ruim de SNR diminui as taxas máximas de dados possíveis e aumenta a latência.

Medições Sem Fio

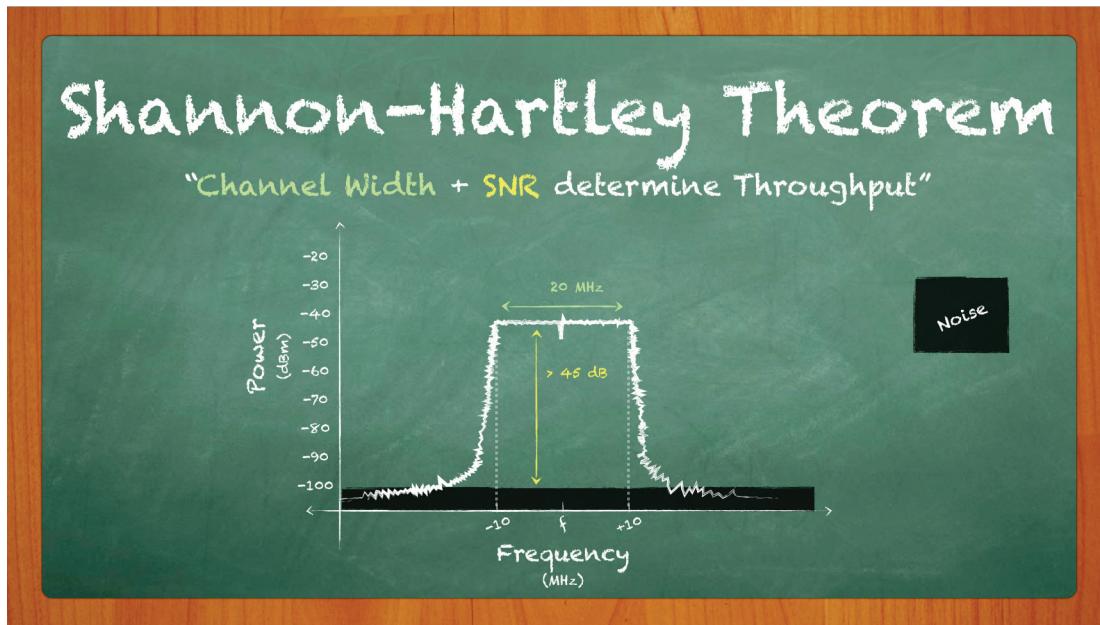
O sistema airOS exibe e registra as estatísticas mais importantes para ajudar no gerenciamento de redes sem fio externas, incluindo:

- **Sinal RX:** também denominado **Força do Sinal** ou **Sinal Recebido**, representa o nível médio de energia que chega no receptor, somando ambas as cadeias de rádios.
- **Cadeia RX 0/1:** representa o nível médio de energia que chega no receptor de cada uma das cadeias de rádio.
- **Interferência:** representa o nível médio de energia derivado de fontes de interferência eletromagnética (EMI), principais oriundas de rádios de redes concorrentes. Quanto mais sobreposição de canais existir entre o receptor e outras redes próximas, maior serão os níveis de interferência.
- **Piso de Ruído:** representa o nível médio de energia derivado de fontes locais de ruído, incluindo a própria operação do rádio receptor e **ruído térmico**.

O ruído térmico afeta naturalmente a sensibilidade dos receptores de rádio, principalmente por causa da competição de potência oriunda da movimentação aleatória de elétrons no circuito do receptor. Um canal menor implica em menos impacto desse fator no sinal recebido. É por essa razão que canais menores de 5 e 10 MHz são ideais para enlaces PTP de longa distância, onde o baixo sinal recebido deve ter o mínimo possível de ruído térmico para manter o SNR suficientemente razoável para o rádio.

Razão Sinal-Ruído e Flexibilização de Canais

Geralmente todos compreendem que um sinal forte é necessário para obter um link de rádio robusto e com alto throughput. No entanto, um sinal forte serve para pouca coisa se os níveis de ruído forem igualmente fortes. Dessa maneira, o SNR está diretamente relacionado com as taxas de transmissão. Você pode calcular o SNR (em dB) fazendo a diferença entre o sinal RX com os níveis combinados de interferência/ruído.



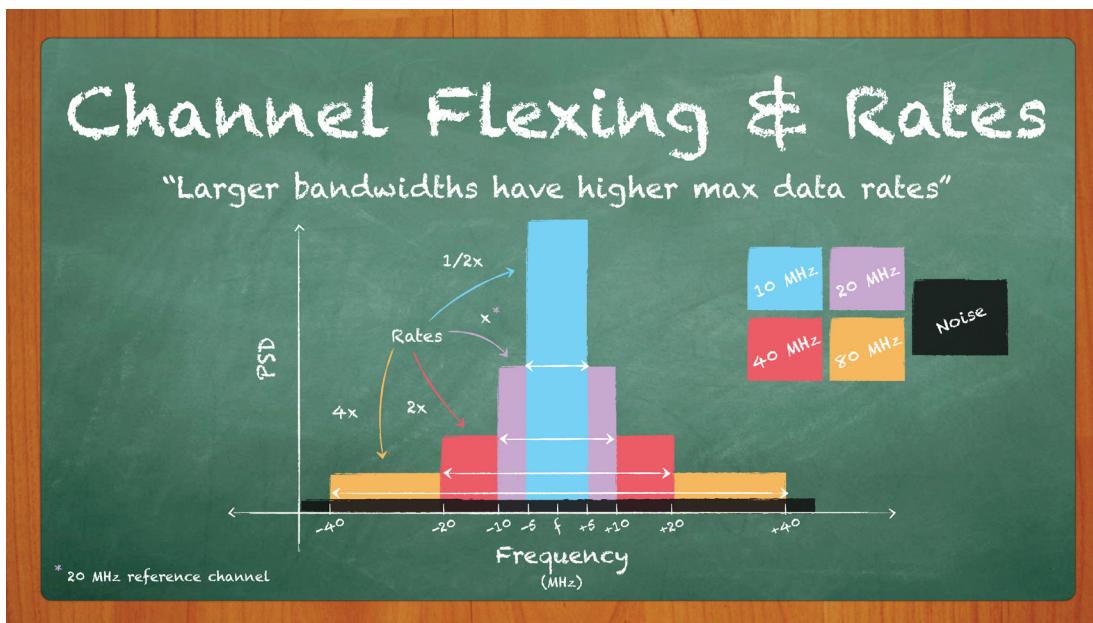
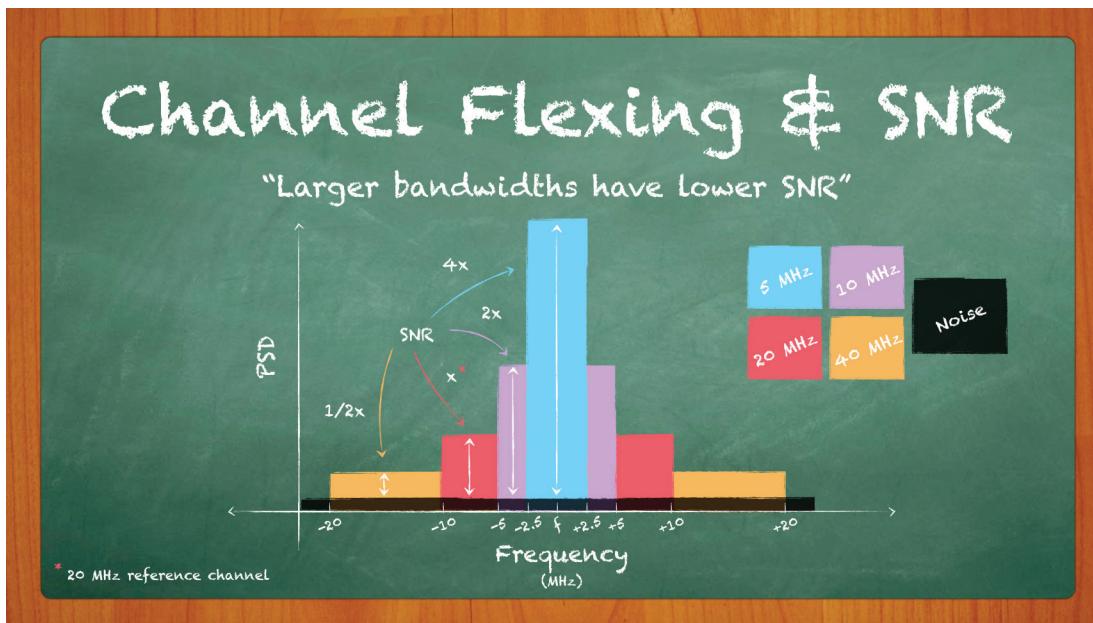
O Teorema de Shannon-Hartley diz que a capacidade máxima de dados de um determinado canal é dependente de dois fatores: **SNR** e **largura do canal**. Ambas as propriedades estão correlacionadas com a capacidade de dados. Em teoria, à medida que o SNR e a largura do canal aumentam, também aumenta a capacidade do canal.

Na prática, no entanto, a utilização de canais mais largos tem as seguintes implicações:

- Há aumento no piso de ruído decorrente de ruído térmico;
- Há maior chance de encontrar mais interferência ao longo do canal;
- Há menor **densidade espectral da potência (PSD)**

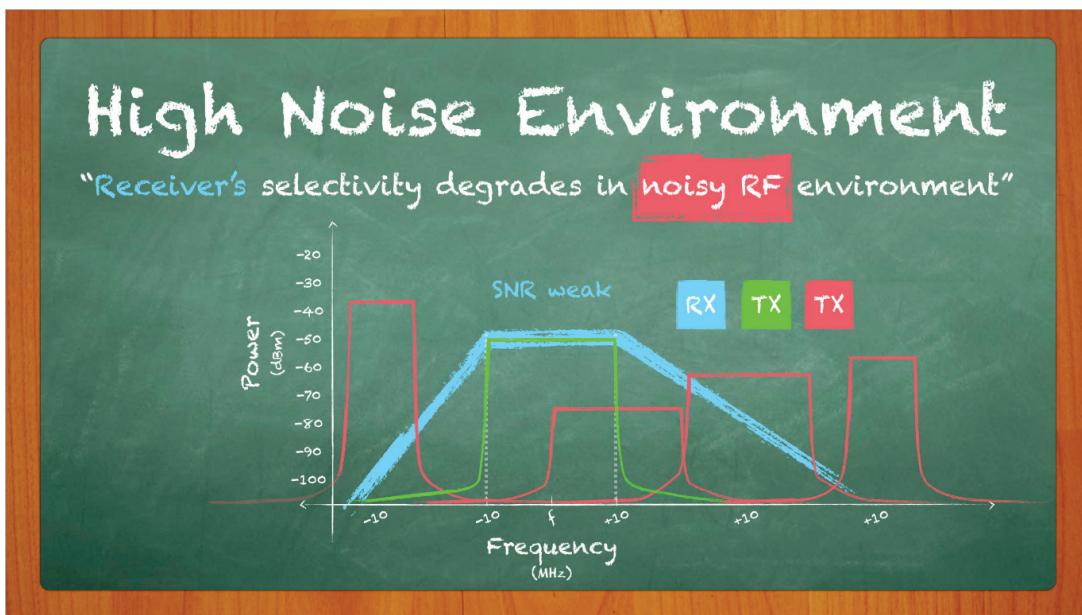
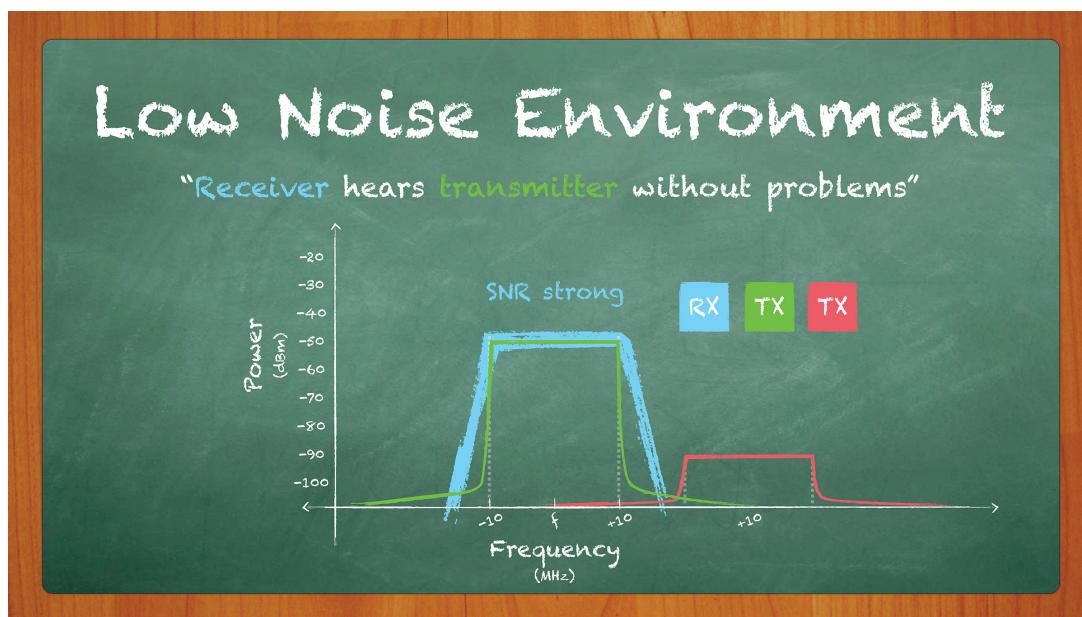
PSD representa a quantidade de energia relativa ao sinal transmitido ao longo de toda a largura de banda do canal. Ao usar um canal grande ou pequeno, o transmissor ainda irá operar em uma determinada potência de transmissão TX, o que faz com que canais menores tenham maior amplitude PSD. Esse detalhe faz com que os canais menores sejam apropriados para enlaces PTP de longa distância, uma vez que o sinal será propagado mais longe antes que a perda no espaço livre enfraqueça o sinal para níveis fracos iguais ao piso de ruído.

Em redes sem fio externas, a flexibilização de canais é o processo em que a largura de um canal pode ser ajustada para atender às necessidades específicas de um enlace sem fio. Maiores larguras de canal permitem maior throughput, enquanto que menores larguras de canal implicam em maior densidade de potência (sinal mais forte). Qualquer que sejam os requisitos da sua rede sem fio, você deve compreender como a flexibilização de canais está relacionada com o espaço de canais disponíveis, a capacidade de dados e com o SNR.



airPrism da Ubiquiti

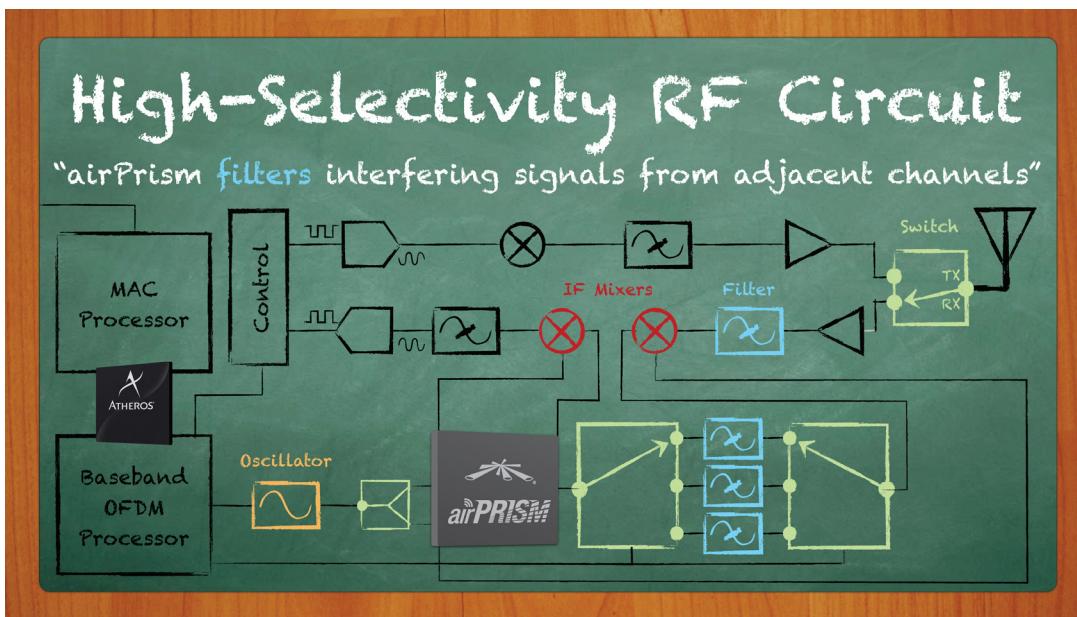
Os ambientes de RF ruidosos e lotados são um problema crescente para WISPs. Apesar de sua simplicidade, baixo custo e baixo consumo de energia, os receptores do padrão 802.11 prevalecentes no atual mercado de wireless externo (outdoor) enfrentam muitos problemas de seletividade ao operar em ambientes ruidosos. Mesmo quando os sinais que interferem existem em canais ‘**não sobrepostos**,’ se forem muito fortes podem degradar o filtro do receptor e as funções de seletividade. Essencialmente o receptor deixa de ser capaz de distinguir claramente o sinal desejado daquele ruído em outros canais na mesma banda.



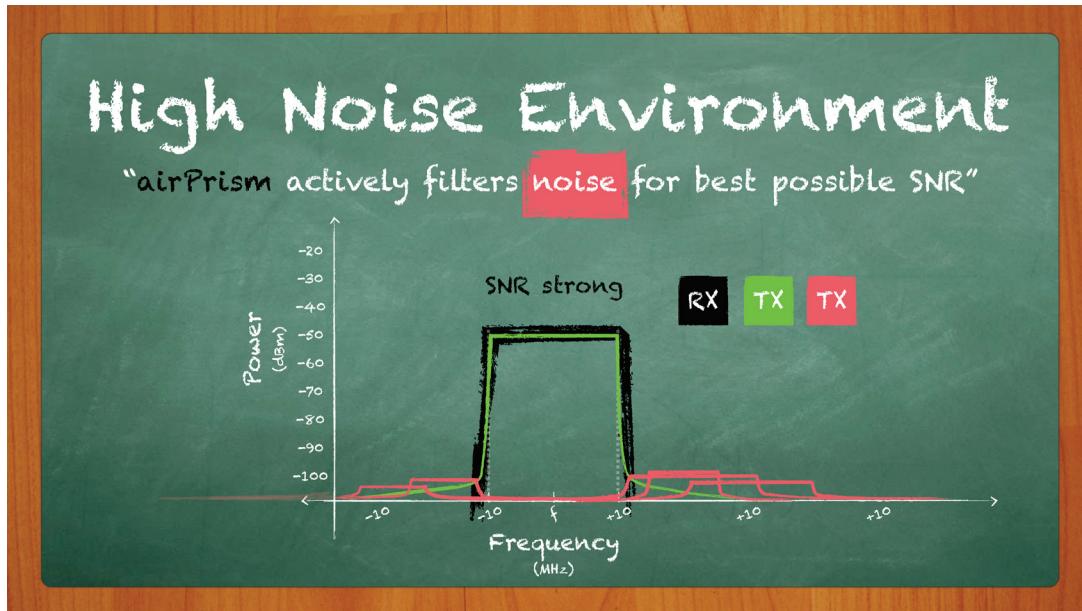
Os operadores de rádio podem tentar mitigar esse problema com algumas técnicas, incluindo:

- **Filtragem espacial:** Ao optar por antenas de maiores ganhos (assunto que será detalhada no capítulo de Antenas).
- **Blindagem de RF:** Utilizando caixas metálicas para bloquear os sinais indesejados e minimizar o vazamento de RF dos rádios/antenas.
- **Sincronização por GPS:** Coordenando simultaneamente as janelas de transmissão/recepção dos rádios vizinhos para prevenir **interferência em co-location**.

Apesar dessas ações melhorarem indiretamente o desempenho do rádio, elas não resolvem diretamente os problemas de filtragem dos receptores 802.11. O **filtro ativo de rádio do airPrism** da Ubiquiti reduz a quantidade de interferência na mesma banda e também em canais adjacentes que é “escutada” pelos rádios em ambientes ruidosos de RF.

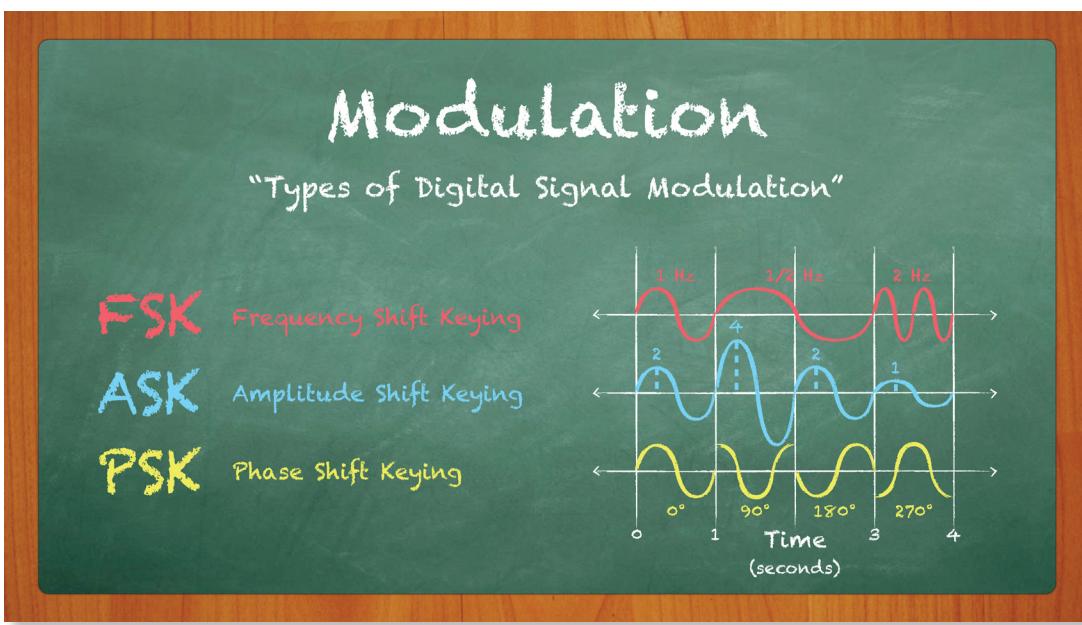


Os rádios da Ubiquiti equipados com o airPrism possuem um **círcuito de alta seletividade** (em inglês, High Selectivity Receiver, ou HSR) interface do rádio. Nesse circuito HSR, o sinal de portadora é convertido em uma **frequência intermediária** (IF), controlando melhor a forma pela qual o sinal é filtrado. Ao aplicar um filtro seletivo de canal para remover os sinais de interferência e depois converter o sinal de portadora IF, então o processador de banda base consegue um sinal de portadora “limpo”.



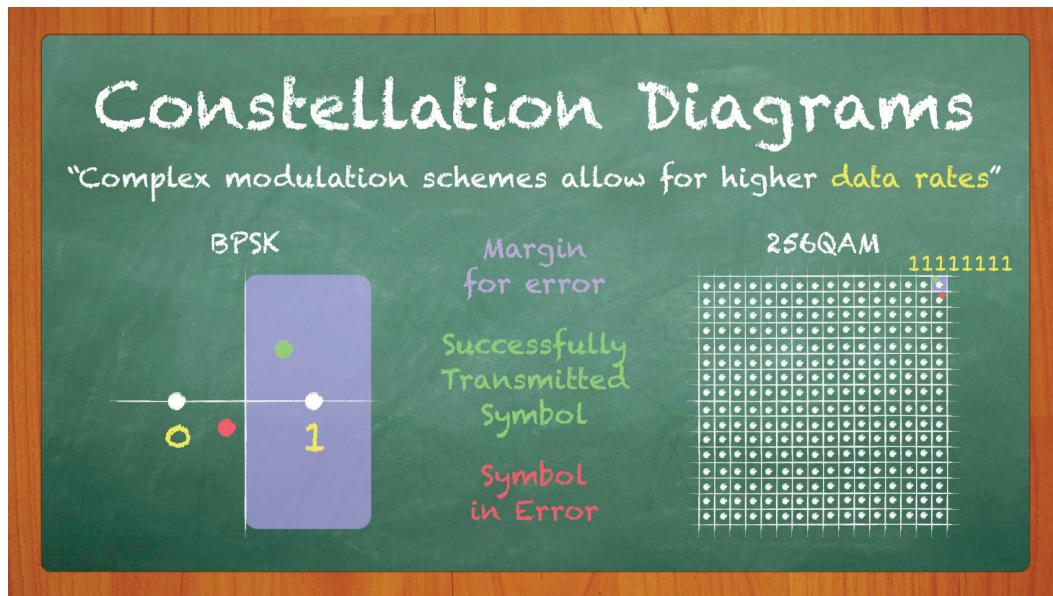
O airPrism é muito eficaz em filtrar a interferência de canais adjacentes. Procure fazer a implantação de rádios equipados com airPrism em ambientes de RF lotados para conseguir até 30+ dB de cancelamento de ruído.

Modulação



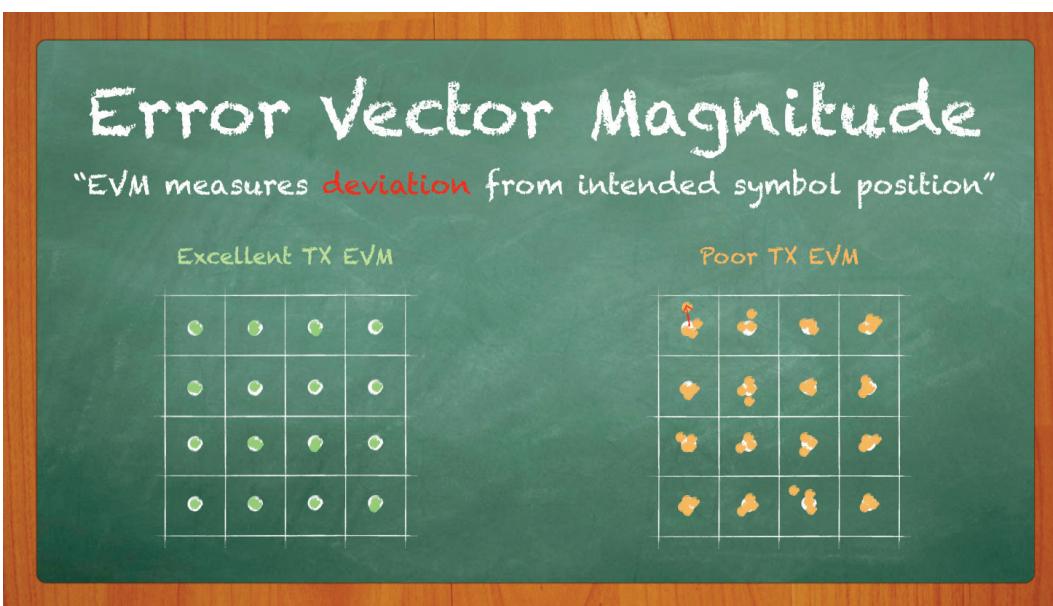
A **modulação do sinal de portadora** é o processo no qual um conjunto de dados digitais (1s e 0s) são alterados para/de formas de ondas portadoras para o propósito de transferência de dados sem fio. Os rádios da Ubiquiti fazem mudanças discretas na **fase** e **amplitude** da forma de onda portadora para representar diferentes grupos de bits. Esses bits modulados são denominados **símbolos**. Em outras palavras, esquemas de modulação mais complexos significam maiores taxas de transmissão de dados.

Os rádios airMAX ac da Ubiquiti possuem chipsets dedicados de rádio para fins de registro e monitoramento do ambiente de RF, incluindo o diagrama de constelação em tempo real dos receptores local/remoto. Os **diagramas de constelação** trazem uma descrição visual do desempenho dos receptores de rádio com o **mapeamento** preciso dos símbolos. Essa informação fornece uma visão valiosa da robustez do enlace no contexto específico do atual ambiente de RF.



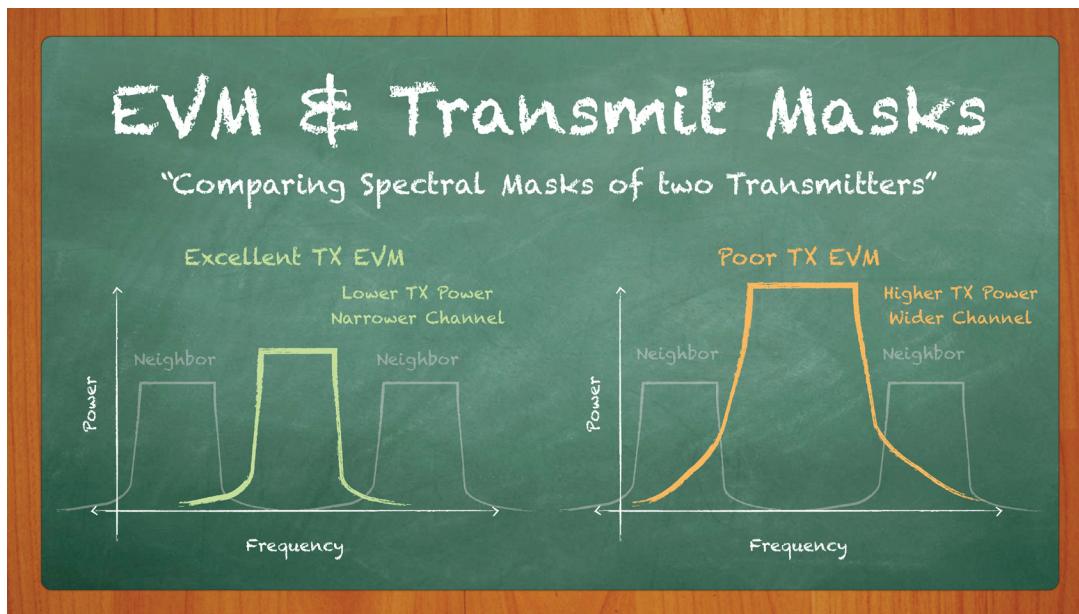
Magnitude do Vetor de Erros (EVM)

A precisão com que um rádio codifica/decodifica os sinais modulados é definida pela **magnitude do vetor de erros** (EVM). O EVM mede a variação dos símbolos transmitidos/recebidos em relação à sua posição pretendida. Se o símbolo for adequadamente mapeado pelo receptor, então a transmissão será um sucesso. Se o símbolo for mapeado incorretamente pelo receptor, então o transmissor deverá retransmitir o símbolo, frequentemente através de um esquema de modulação menos complexo para compensar os níveis de ruído. Quanto mais complexo o esquema de modulação, maior o requisito de SNR.



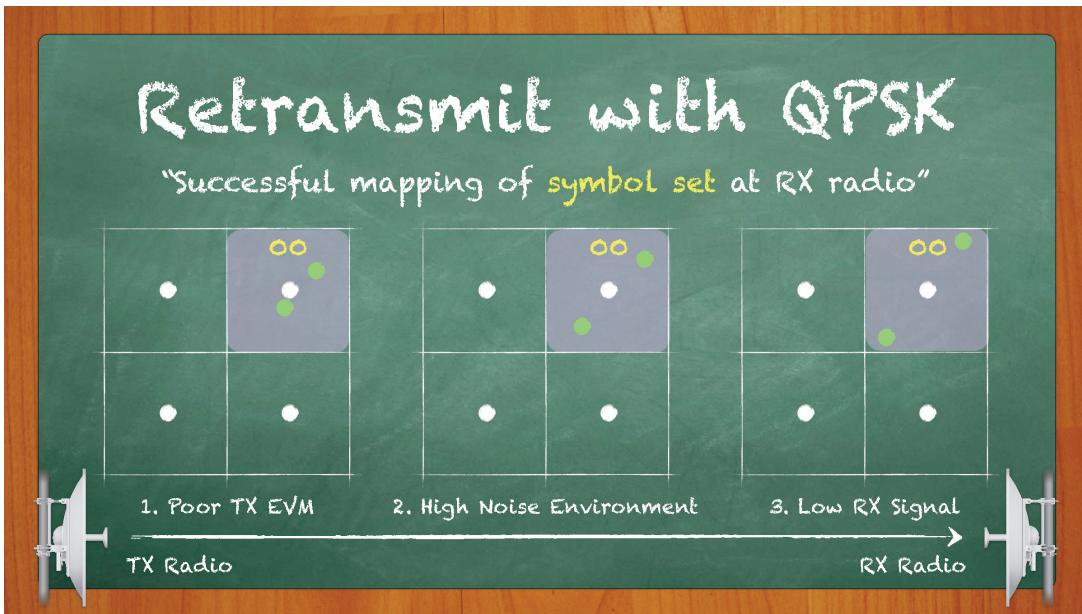
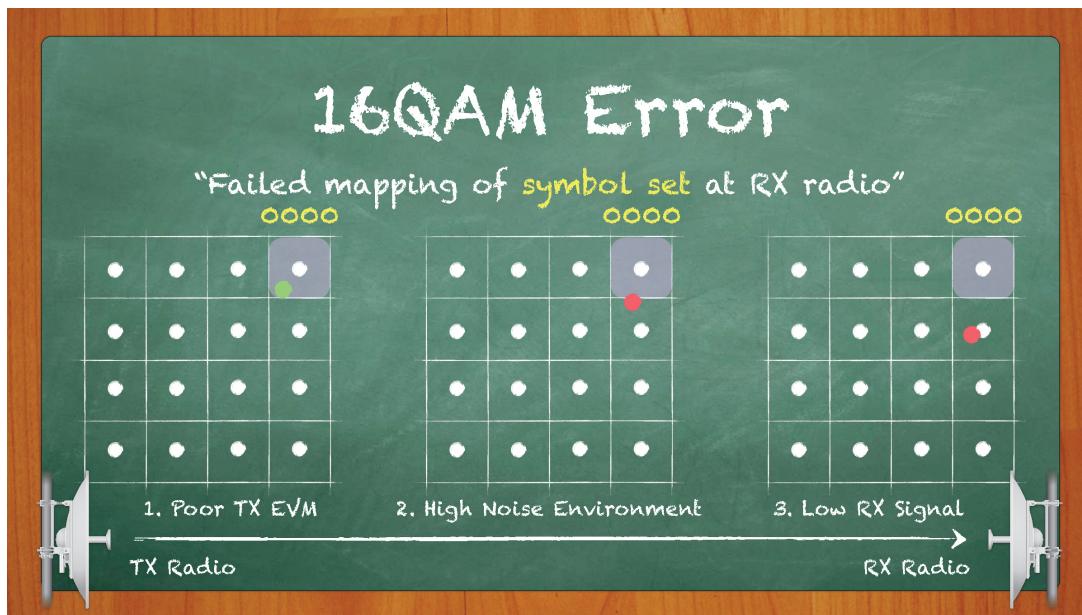
Os rádios airMAX e airFiber da Ubiquiti são dispositivos poderosos, bem afinados e com excelente desempenho EVM. Os rádios da Ubiquiti são rigorosamente testados em laboratórios certificados para assegurar que operam de acordo com as exigências definidas pelas agências reguladoras, como o FCC. O desempenho EVM está relacionado com várias características importantes do rádio, incluindo:

- **Espúrios de TX:** Espúrios indesejados na transmissão podem ocorrer na mesma banda ou fora da banda decorrente de emissões de rádios que possuem EVM ruim.
- **Harmônicas:** Na condição de “**dispositivos não lineares**”, todos os rádios emitem sinais em múltiplos da frequência de clock do equipamento. Por exemplo, um rádio M900 configurado para operar em 907 MHz emitirá espúrios em 1814, 2721, 3628, 4535 e 5442 MHz. Da mesma forma que rádios de baixa qualidade sofrem com as emissões de espúrios TX, os rádios de baixa qualidade também emitem excesso de harmônicos baseados na frequência do clock.
- **Máscara de Transmissão “Limpa”:** Os rádios com EVM ruim poluem a banda da frequência de transmissão porque tendem a ter extremidades elevadas. Um transmissor com excelente EVM tem sua potência máxima PSD na faixa do canal, sendo que suas extremidades são acentuadamente reduzidas para minimizar a interferência gerada.



Processo de Modulação

O processo pelo qual dois símbolos separados são modulados (no transmissor), propagados em ondas portadoras (através do espaço livre), então demodulados (no receptor) de maneira apropriada ou inapropriada é ilustrado na figura seguinte:



Para automatizar e maximizar o desempenho do circuito de rádio modulado, os rádios da Ubiquiti utilizam técnicas de **sondagem** e **auto-adaptativas**. Portanto é recomendado manter a taxa e os níveis máximos de modulação configurados em AUTO. Os rádios airFiber e airMAX suportam as seguintes taxas de modulação (ordenadas de forma crescente por capacidade máxima de dados):

- Binary Phase-Shift Keying (BPSK)
- Quadrature Phase-Shift Keying (1/4 QPSK, 1/2 QPSK, QPSK)
- Quadrature-Amplitude Modulation (16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM)

Documentação Técnica

Toda a documentação técnica dos produtos sem fio externos (outdoor) da Ubiquiti são publicadas em downloads.ubnt.com, onde é possível encontrar as especificações técnicas das taxas de modulação suportadas. A seção das especificações de Potência TX e RX fornecem dados técnicos importantes sobre os níveis de potência e taxas de transmissão.

A **sensibilidade mínima de recepção** que é necessária para atingir uma determinada taxa de modulação assume que o ambiente de RF está “limpo”. Embora **altas potências TX** sejam úteis para propagar o sinal em longas distâncias, os níveis máximos de potência podem **saturar** ou **distorcer** o sinal da portadora, levando a problemas de EVM. Por isso a potência de saída é um fator que limita as taxas de dados que são possíveis. No entanto, o **SNR** e a **Largura do Canal** determinam conjuntamente quais **Modulações e Taxas de Dados** são possíveis, conforme explicado pelo **Teorema de Shannon-Hartley**. Você pode consultar o apêndice ao final deste manual para revisar as Modulações e Taxas de Dados que são possíveis com uma determinada largura de banda do canal.

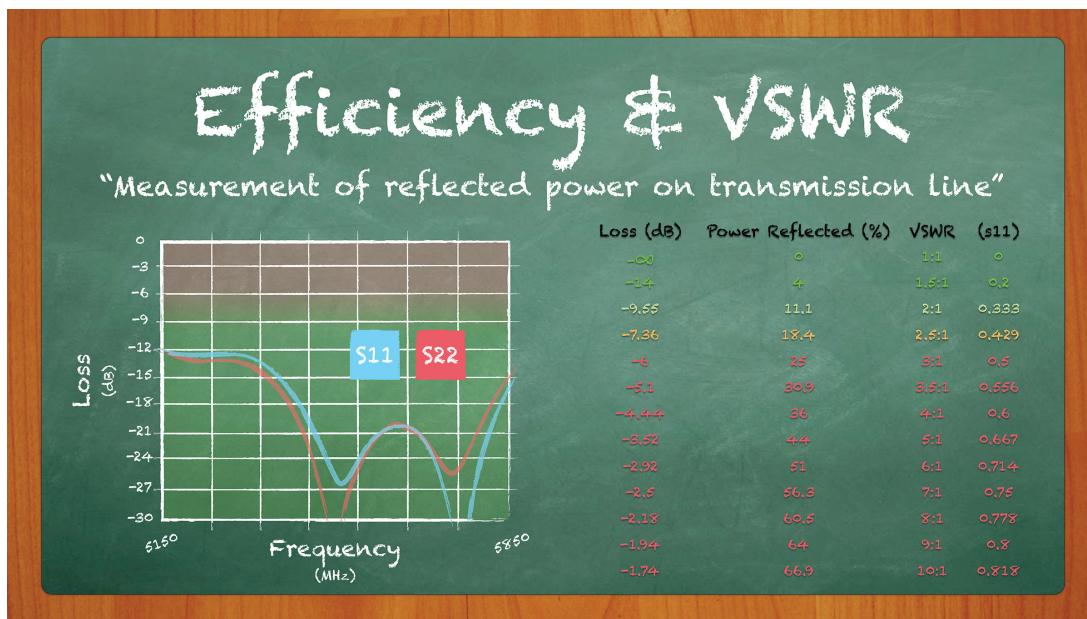
IV. Desenho da Antena

O segundo elemento mais importante de qualquer sistema RF é a antena. Quando acoplada no rádio transmissor, a função da antena é **converter a energia** do sinal de portadora gerado pelo rádio em **ondas de rádio**. Quando acoplada no rádio receptor, a função da antena é converter as ondas de rádio em sinais elétricos para que o rádio possa decodificar a informação contida na portadora. Esse capítulo abordará as principais características das antenas, além de apresentar diferentes modelos de antenas para fins de comparação.

Características das Antenas

Eficiência

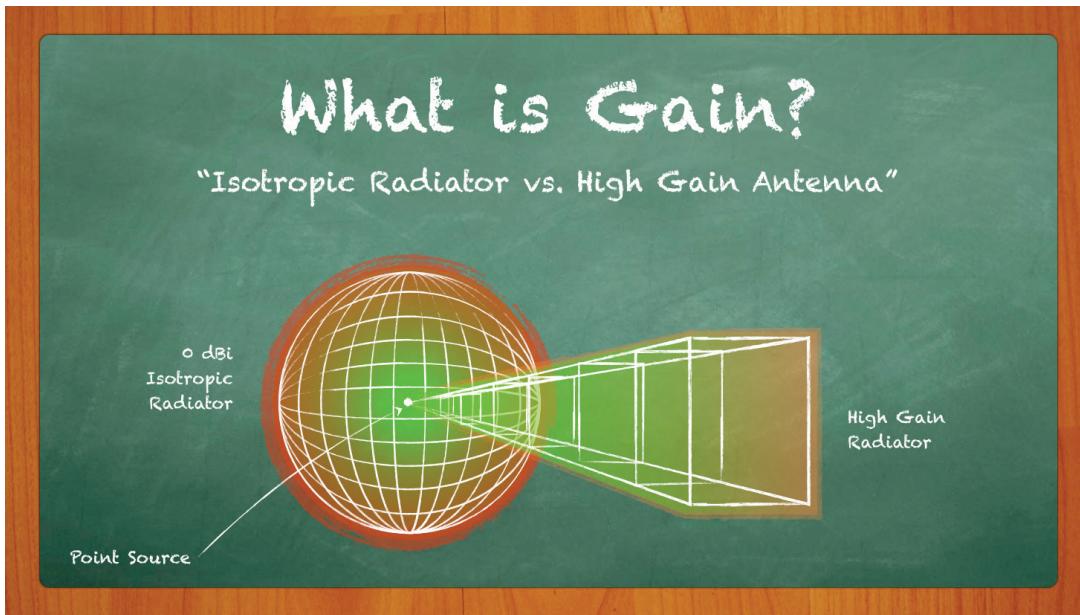
Uma das características mais importantes da antena é a sua eficiência em converter a energia indo/vindo do rádio. A **perda de retorno**, também conhecida como **Voltage Standing Wave Ratio** (VSWR), mede a quantidade de energia que está sendo refletida de volta, ou seja, perdida na linha de transmissão (por ex. alimentador da antena, conectores RP-SMA) que conecta a cadeia de rádio à antena. Além de reduzir o nível médio de sinal, as reflexões podem ocasionar delays no rádio e desempenho ruim de EVM.



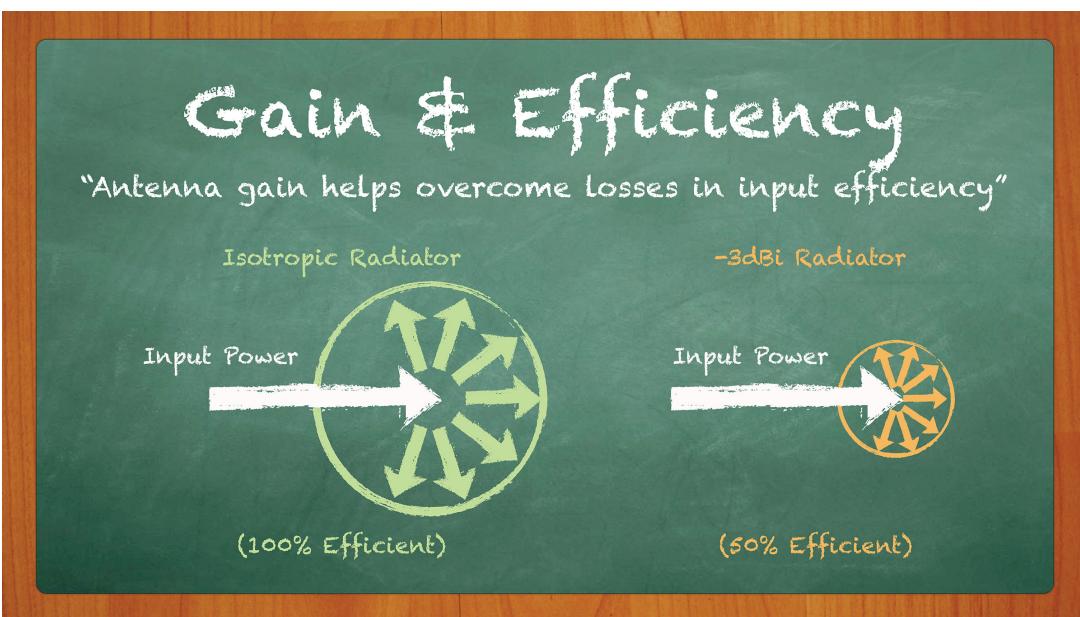
A **perda de retorno** pode ser graficamente representada pela inserção de **parâmetros S**, de forma que S_{11} representa a potência passando entre a cadeia de rádio 1 e a antena 1. Da mesma forma, S_{22} representa a potência passando entre a cadeia de rádio 2 e a antena 2. À medida que a perda de retorno diminui a partir de 0 dB (por ex. -3 dB, -6 dB), menos potência é refletida. Um valor de VSWR de 1,5:1 ou melhor representa excelente desempenho na linha de transmissão (menos do que 4% de perda).

As antenas da Ubiquiti são dispositivos altamente eficientes - em alguns casos 70% ou mais. Para compensar as **perdas** em **eficiência** e **FSPL**, as antenas oferecem ganho.

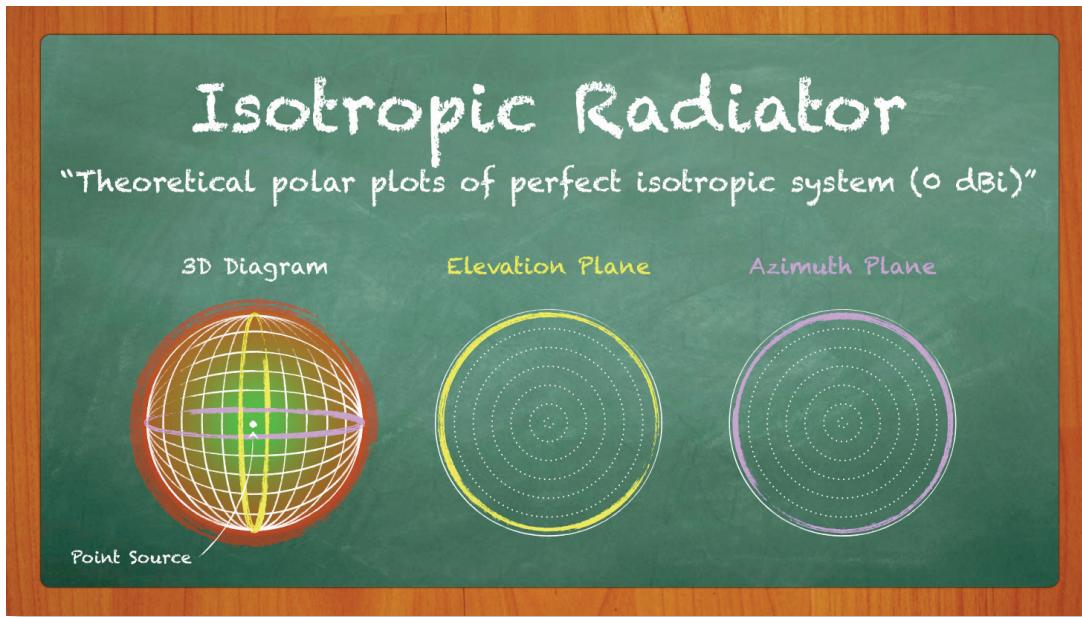
Ganho, Diretividade e Tamanho



O **ganho da antena** mede sua **eficiência e diretividade**. A diretividade consiste na direção e densidade de potência da energia radiada por uma antena. Os ganho e diretividade são frequentemente usados para expressar a mesma coisa.



Assim como acontece com os níveis de potência do rádio (dBm), o ganho da antena é medido em escala logarítmica: **decibels em relação a um radiador isotrópico** (dBi). O ganho da antena faz referência a um **radiador isotrópico** hipotético (0 dBi) que irradia sinal igualmente e com 100% de eficiência em todas as direções a partir de um ponto de origem. Embora uma antena com essas características não exista na prática, o sinal irradiado dessa antena teria o formato de uma esfera perfeita.



Para aumentar o ganho (diretividade) de uma antena, **elementos** são adicionados ao sistema. Para aumentar o ganho são adicionados elementos que aumentam ambos o **tamanho** e a **diretividade** da antena. Uma **antena de alto ganho** é mais adequada para links PTP de longa distância do que uma **antena de baixo ganho**, uma vez que antenas de alto ganho irradiam o mesmo sinal focalizado em uma direção mais específica.

É recomendado que você utilize a **antena mais direcionada** aplicável em cada cenário, sempre que possível. As antenas de alto ganho não só melhoram a recepção dos sinais, mas também aumentam a **filtragem espacial**. A filtragem espacial representa a habilidade de uma antena de focalizar em uma determinada direção, o que aumenta o SNR não apenas para o receptor local, mas também para os outros receptores na mesma banda.

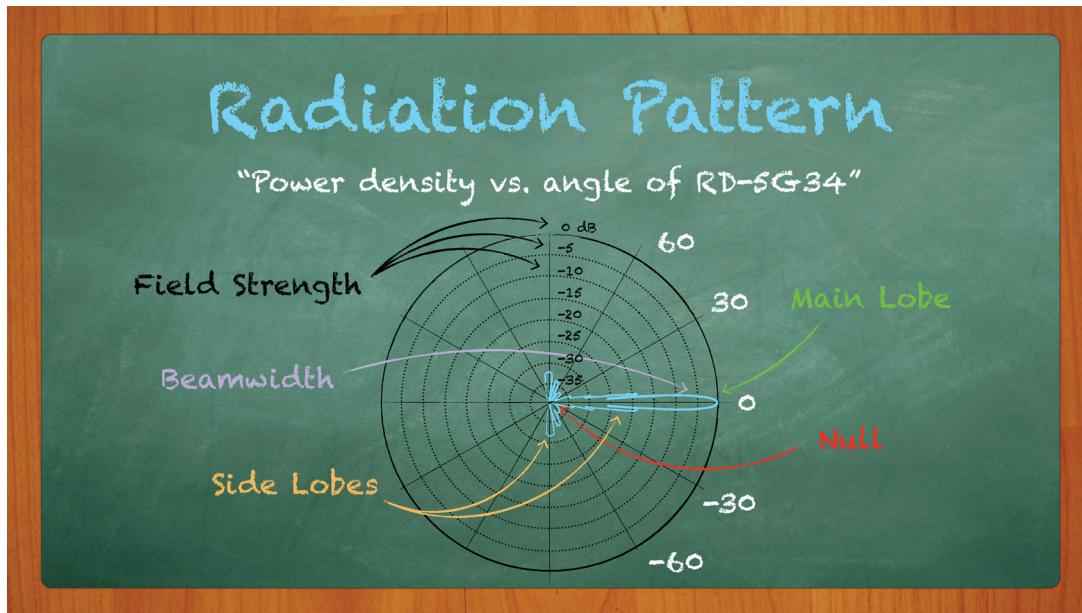
Reciprocidade da Antena

O nome técnico **reciprocidade de antena** é derivado do efeito bidirecional que o ganho traz na recepção dos sinais (em ambos os lados) de um enlace sem fio. O **ganho da antena** é diferente da **Potência TX** e da **Sensibilidade RX**, duas características dos rádios que melhoram a recepção do sinal apenas em uma direção. O ganho não apenas melhora o sinal RX em ambos os lados do enlace sem fio, como também o faz igualitariamente. Essa característica garante que haja balanço no desempenho bidirecional do enlace sem fio.

Vamos assumir que um enlace PTP já balanceado possui sinal de recepção da ordem de -50 dBm em ambos os lados. Aumentar em 3dBi o ganho da antena em qualquer um dos lados resultará em sinal de recepção da ordem de -47 dBm em ambos os lados do enlace PTP. Isso ocorre devido a reciprocidade da antena. O ganho aumenta a habilidade de uma estação em transmitir e receber sinais.

Diagramas Polares

As antenas irradiam e recebem sinais no espaço tri-dimensional, conforme representado nos **diagramas de radiação**. Também denominados **diagramas polares**, esses padrões representam a densidade da potência e o ângulo em que os sinais são propagados ou recebidos pela antena. Os diagramas polares existem em dois planos: **Azimute** e **Elevação**. Juntos, esses dois planos representam o padrão de radiação da antena em três dimensões.



Ao instalar um sistema de RF, as antenas precisam estar precisamente alinhadas no ângulo em que a densidade de potência máxima é radiada, também denominada **lóbulo principal**. Se adequadamente alinhada, a antena melhora a recepção do sinal por um fator equivalente ao nível do ganho. Se estiver desalinhada, no entanto, o sinal de recepção decai por um fator equivalente à densidade e ângulo do lóbulo (denominado **lóbulos laterais**) em que a antena estiver posicionada. O lóbulo principal corresponde à medição da potência máxima (0 dB), o que corresponde à marcação 0° no caso de antenas. Para medir o ganho da antena em um determinado ângulo, incluindo nos lóbulos laterais, basta traçar um padrão da linha de **força do campo** (por ex. -3/-5/-10 dB) até sua correspondência no diagrama polar. Os **nulos** representam áreas onde nenhuma potência é radiada.

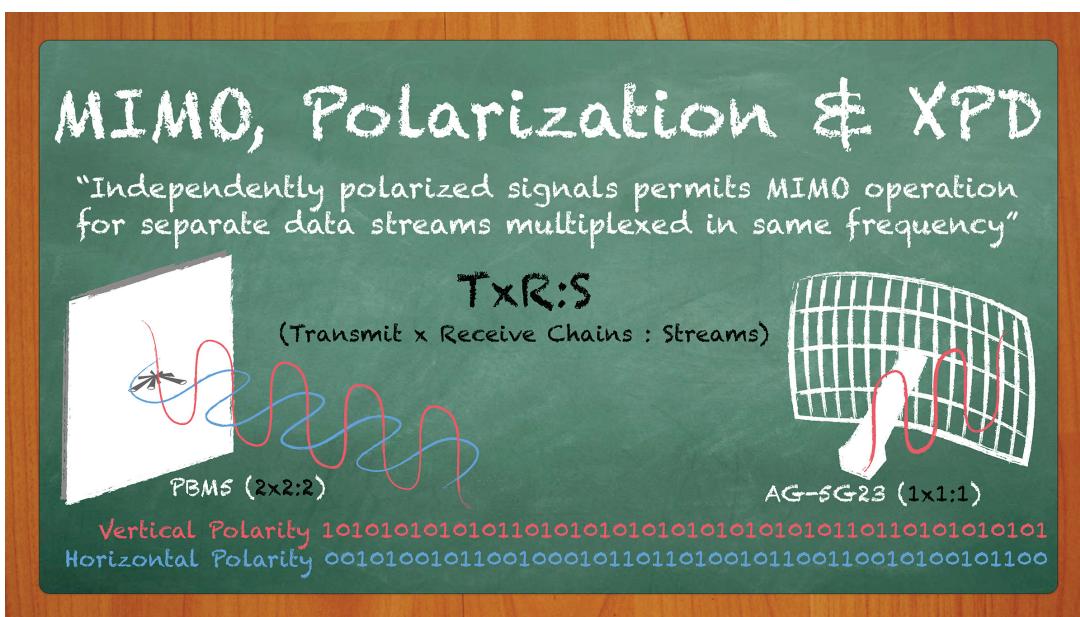
Apesar de ser possível estabelecer um enlace sem fio entre antenas lateralmente alinhadas pelos lóbulos laterais, também podem ocorrer consequências piores do que a simples recepção enfraquecida do sinal. Uma vez que o lóbulo principal está desalinhado, o nível de potência máxima será irradiado em uma direção indesejada. Se outro sistema de RF estiver operando na mesma banda (por ex. enlaces de rádios vizinhos) e cruzar com o lóbulo principal, a antena desalinhada pode impactar negativamente no SNR.

Dentre as ferramentas de planejamento de enlaces da Ubiquiti, as seguintes sempre deveriam ser utilizadas ao planejar e instalar um novo enlace sem fio:

- **Simulador de Links da Ubiquiti:** Utilizado para estimar com precisão o sinal recebido.
 - **Site Survey:** Utilizado para monitorar o nível de redes/sinais concorrentes “escutado” pelo sistema de RF.
 - **airView:** Utilizado para monitorar os níveis de energia de todas as fontes de interferência eletromagnética (EMI) no espectro.
 - **Alinhamento da Antena:** Utilizada para estimar o sinal com base no Link Budget.

Polarização da Antena

Todas as ondas eletromagnéticas viajam pelo espaço livre de maneira consistente em relação a um plano ou **polaridade**. As antenas da Ubiquiti são **linearmente polarizadas**, o que significa que elas irradiam formas de onda em planos distintos: vertical (**V-pol**) e horizontal (**H-pol**). A polarização do sinal é outra razão pela qual as antenas devem estar alinhadas de maneira adequada, uma vez que a **diferença de polaridade** em qualquer um dos lados resultará em **perda na intensidade do sinal**.



Por exemplo, um sinal de 5 GHz viaja na direção de um receptor com a polaridade vertical. Para que esse sinal seja perfeitamente “ouvido”, a antena do receptor precisa estar perfeitamente alinhada no plano vertical. Se a antena do receptor for movida apenas 1° fora dessa polaridade, então o sinal será “ouvido” pelo receptor com menor intensidade.

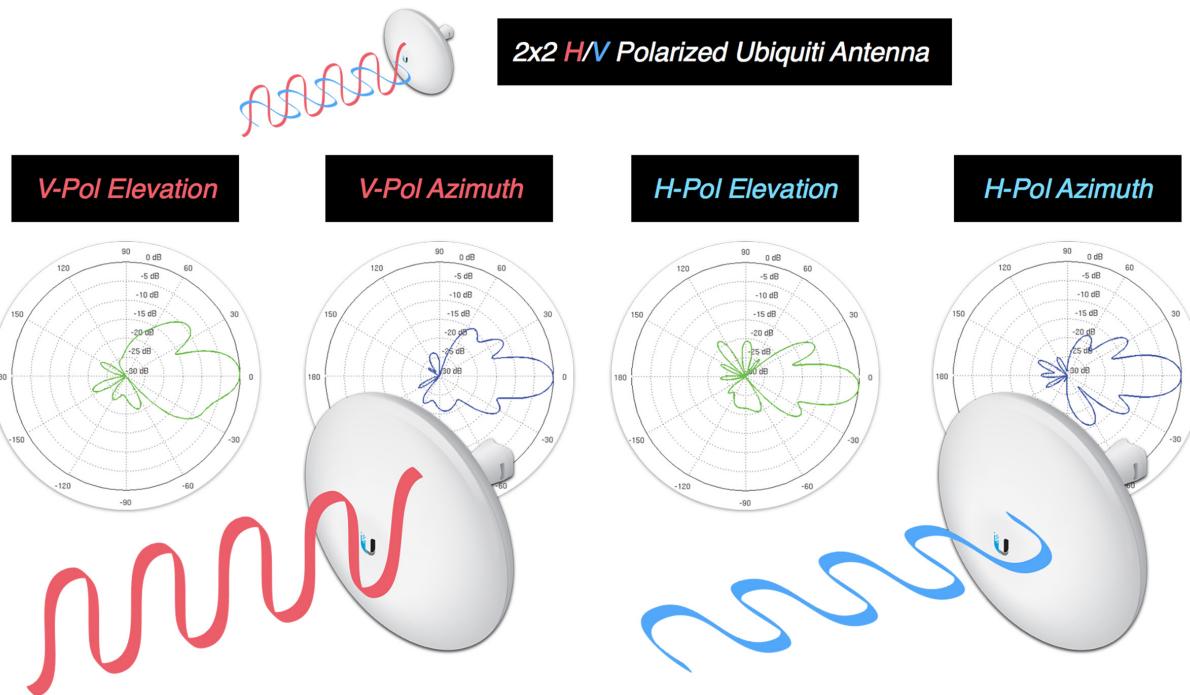
Se a mesma antena receptora for movida 90° da polaridade vertical, então teoricamente o sinal recebido não será mais “ouvido”. Isso ocorre porque o receptor da antena agora está completamente polarizado no plano horizontal. O receptor será capaz de “ouvir” os sinais em 5 GHz que chegam no plano horizontal.

A polarização do sinal é muito útil em redes sem fio. A transmissão de diferentes sinais com polarização separada permite a operação **Multiple-In, Multiple-Out** (MIMO), técnica em que o transmissor envia **múltiplos fluxos espaciais (streams)** na **mesma banda de frequência** para aumentar a capacidade de dados até o receptor. Cada polaridade (por ex. **V-pol / H-pol**) corresponde a uma cadeia de rádio específica (por ex. Chain 0 / Chain 1). Quando a antena está alinhada de maneira adequada, os sinais recebidos em ambas as cadeias devem estar muito próximos (por ex. -50 / -49 dBm). Uma diferença de sinal maior do que 3 dB indica um provável problema com a linha de visada do enlace sem fio (por ex. dispersão, reflexões).

A operação MIMO é tipicamente expressa no formato TxR:S, baseado nas seguintes variáveis:

- **T**: o número de **Cadeias TX**
- **R**: o número de **Cadeias RX**
- **S**: o número suportado de **Streams Espaciais**

Cada cadeia de rádio é associada com uma antena separada. O número de diagramas polares é dependente do número de streams espaciais. Por exemplo, um dispositivo 2x2:2 como a NBE-5AC-19 possui 4 diagramas polares - um diagrama azimute e um diagrama de elevação para cada cadeia das polarizações H-pol e V-pol, conforme exibido na seguinte figura.



Uma vez que na prática os elementos de uma antena nunca estão totalmente polarizados em um determinado plano, a **Discriminação de Polarização Cruzada (XPD)** é uma característica especialmente importante que representa a habilidade da antena de separar as duas polaridades. As antenas da Ubiquiti possuem alto XPD da ordem de 35 dB, além de outras propriedades documentadas nas especificações técnicas das antenas, disponível em downloads.ubnt.com

Tipos de Antenas

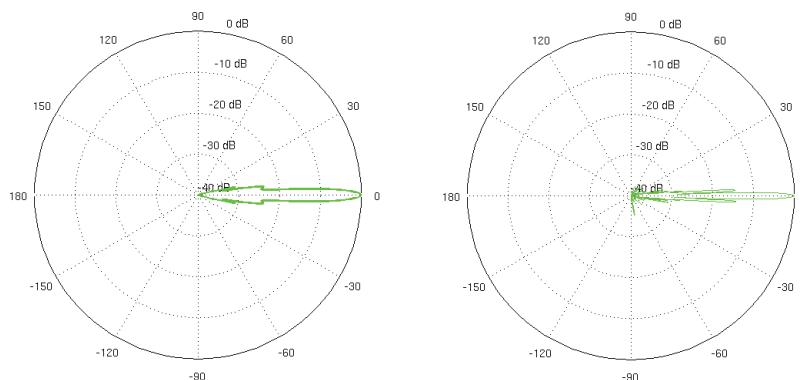
Nesta seção você aprenderá sobre os diferentes tipos de antenas que são fabricadas pela Ubiquiti, incluindo o cenário em que cada uma delas deveria ser utilizada e orientações sobre sua instalação.

Antena Parabólica



TX/RX Signal & Grid/Dish Reflector

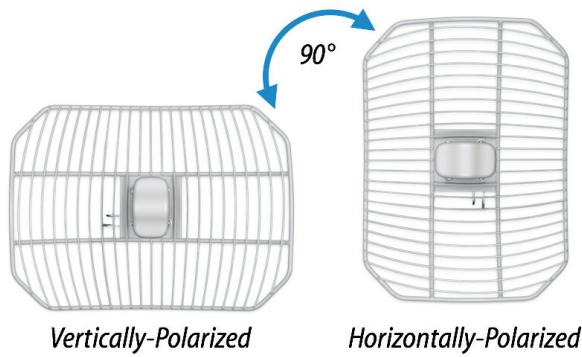
O refletor parabólico ou **antena parabólica** é um dispositivo com alto ganho e alta diretividade. Uma antena parabólica é composta de duas peças: **alimentador** e **refletor**. Ambos são posicionados de maneira que as ondas refletidas estejam em fase e possam ser somadas para produzir ganho. A energia passa entre o alimentador e o rádio, sendo então refletida no disco para produzir um padrão de radiação altamente direcionado, similar aos seguintes diagramas polares de TX e RX do airFiber AF24.



A Ubiquiti fabrica várias antenas parabólicas de alto ganho e eficiência que são frequentemente instaladas em enlaces PTP de alto desempenho (por ex. RD-5AC-31) e também em CPEs (por ex. PBE-5AC-500). As **antenas airFiber** foram projetadas com **inclinação dupla de 45°** que aumenta o isolamento cerca de +3 dB em relação a antenas convencionais linearmente polarizadas (por ex. H-pol, V-pol). Ao ocupar a mesma banda de frequência (por ex. 5 GHz), é recomendado que a implantação de redes PTMP siga as polaridades padrões e que os enlaces PTP sigam as polaridades inclinadas. As antenas com inclinação também são benéficas para redes sem fio externas por causa da **propagação** e do **desempenho multipath**.

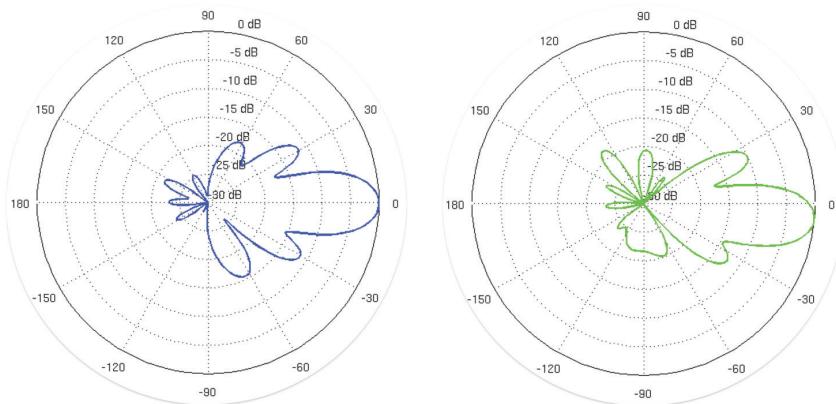
Antena de Grade

As antenas de grade funcionam de maneira similar às antenas parabólicas, possuindo um alimentador e uma **grade** refletora para propagar e receber os sinais. Apesar da vantagem do seu formato vazado que tem maior **capacidade de suportar ventos fortes**, as antenas de grade da Ubiquiti são dispositivos **Single-In, Single-Out** (SISO). Essa característica limita o rádio apenas à operação 1x1, o que resulta em metade das taxas máximas de transmissão dos atuais rádios 2x2. A polaridade linear das antenas 1x1 como a Ubiquiti airGrid e LiteBeam pode ser alterada através da rotação da antena em 90°. Dessa maneira, dois dispositivos 1x1 podem ocupar a mesma frequência de canal (por ex. 5800 MHz) sem interferir diretamente.



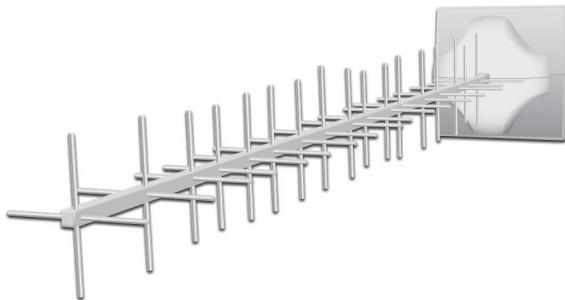
Antena de Painel

As antenas de **painel** (também denominadas **patch**) dividem a potência entre múltiplos elementos metálicos, normalmente ao longo de um painel metálico ou PCB. O sinal radiado de cada um dos elementos é combinado na fase para aumentar a direitividade da antena. Os painéis da Ubiquiti, como a **NanoStation**, **NanoBeam** e **PowerBridge**, adotam um projeto integrado com rádio e antena no mesmo equipamento. Embora o padrão de radiação seja individual de cada antena, os diagramas polares da **NBE-5AC-19** observados na figura seguinte são similares ao de qualquer antena de painel utilizada em CPEs de curto alcance.



Antena Yagi

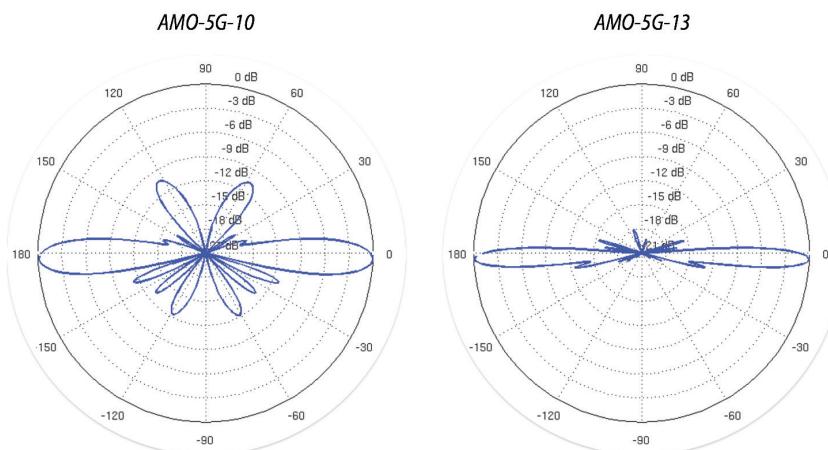
As antenas Yagi oferecem boa diretividade e são comuns em enlaces PTP. A antena AMY-9M16 é ideal em áreas rurais, uma vez que sinais de 900 MHz são bem propagados em cenários **sem linha de visada** (NLOS). O sinal radiado reflete a partir dos **elementos diretores** que em conjunto produzem um padrão similar ao observado nos seguintes diagramas polares.



Antena Omni

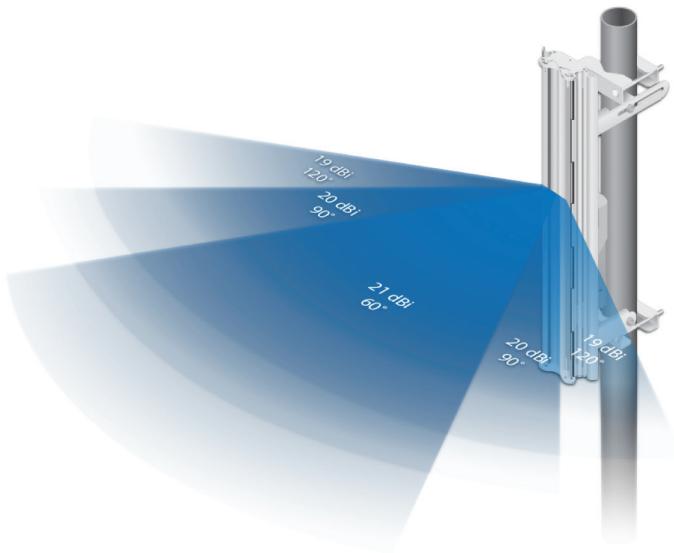
As antenas **omnidirecionais**, ou antenas omni, fornecem cobertura de 360° no plano azimute. Essas antenas são tipicamente utilizadas em redes sem fio externas onde cobertura universal é necessária, como APs nas estações bases fixadas nas torres. Apesar de serem fáceis de instalar, seu alcance é relativamente curto. Uma vez que as antenas omni radiam sinal em 360°, elas carecem de **filtragem espacial** adequada em ambientes com níveis altos de ruído. Tenha cuidado ao instalar antenas omnidirecionais, já que rapidamente elas podem poluir toda a vizinhança de rádios em outras redes que estejam operando na mesma banda. Como já foi mencionado anteriormente, sempre é recomendado utilizar as antenas mais direcionadas para cada cenário individual.

Ainda que as antenas omni ofereçam cobertura de 360° no plano horizontal, as de alto ganho oferecem maior alcance. No exemplo adiante, compare os planos de elevação de duas antenas omnis de 5 GHz: 10 e 13 dBi, respectivamente. Devido seu alto ganho/diretividade, o modelo de 13 dBi possui lóbulos principais mais estreitos ao longo das marcações de 0° e 180°.

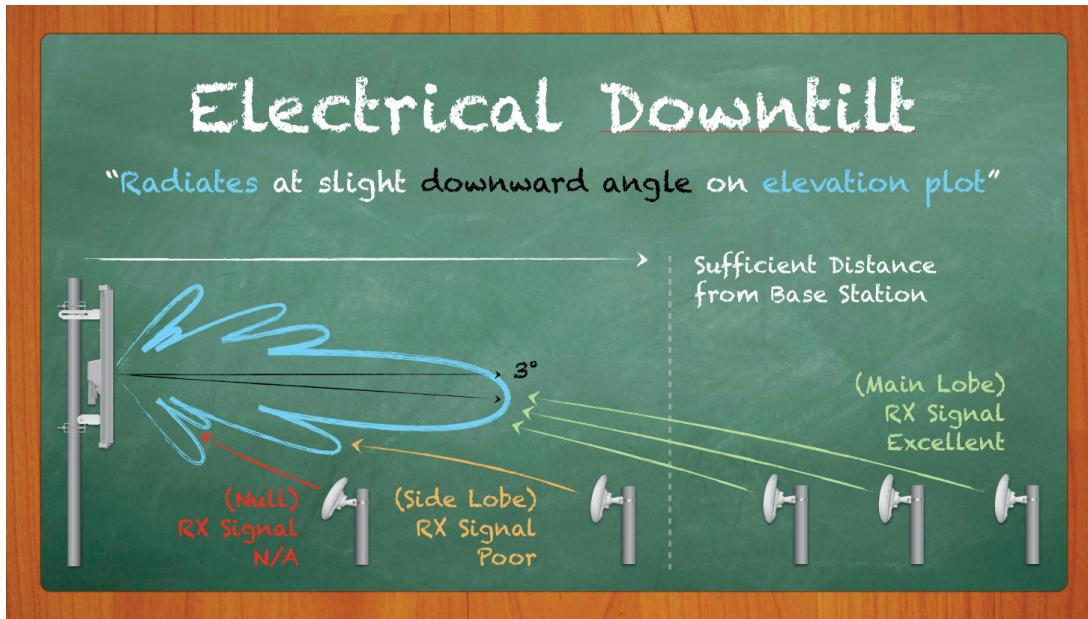


Antena Setorial

Em comparação às antenas omnidirecionais, as antenas setoriais são dispositivos mais direcionados. As antenas setoriais fornecem uma quantidade fixa de cobertura no plano azimute, conforme definido pela **largura de feixe** (ângulo de abertura) dos seus lóbulos principais. As antenas setoriais airMAX normalmente têm larguras de feixe divisíveis por 15° (por ex. 45°, 60°) para viabilizar a cobertura cumulativa de 360° nas torres das estações base. Em comparação às antenas omni, um grupo de três ou mais setores airMAX pode prover cobertura completa para **grandes distâncias** e com **filtragem espacial muito melhor**. Um grupo de rádios também é benéfico porque suporta maior quantidade de clientes por AP.



As antenas airMAX setoriais e omni contam com **downtilt elétrico**. Essa propriedade introduz um pequeno ângulo (normalmente 2-4°) para baixo no qual a energia é irradiada a partir dos setores, sendo visível no diagrama polar de **elevação** da antena setorial/omni específica. O downtilt elétrico é usado porque, na maioria dos casos, o AP é posicionado mais alto do que os clientes. O sinal do lóbulo principal alcança clientes em uma trajetória cuja distância pode ser calculada. Os clientes muito próximos da torre podem estar posicionados fora da trajetória do lóbulo principal. Os clientes nas áreas **nulas** ou nos **lóbulos laterais** da radiação “escutam” um sinal mais fraco do que o esperado.



Apesar de irradiar a maioria da potência na direção dos receptores desejados, alguma energia pode “**vazar**” na parte traseira e nas laterais da antena, conforme pode ser observado nos diagramas polares da antena. As antenas da Ubiquiti possuem alta **relação frente-costas**, particularmente as antenas **airMAX-ac** e **airFiber**. Essa propriedade é importante quando a rede de rádios precisa crescer, uma vez que antenas próximas em cenários de co-location podem implicar em desafio para lidar com a interferência (a ser explorado no próximo capítulo).

V. Provedores de Serviço Ubiquiti

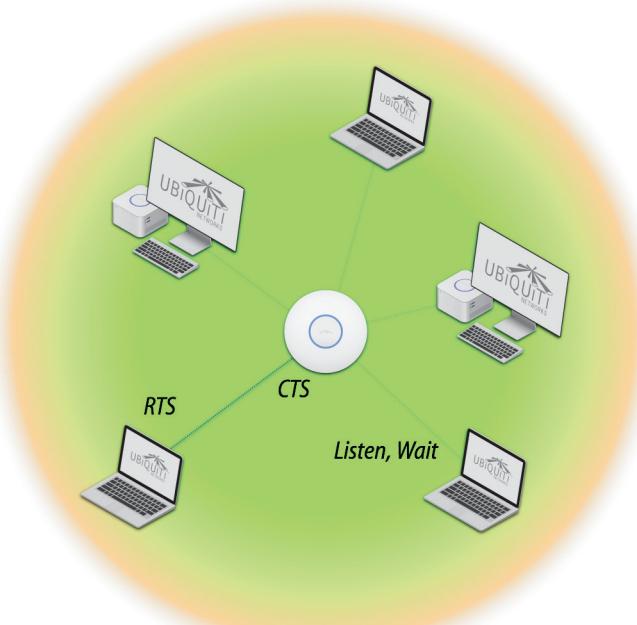
As plataformas wireless outdoor da Ubiquiti continuam a revolucionar a indústria WISP. Simples de usar e configurar, poderosos e com alto desempenho, ainda por cima com excelente custo-benefício no mercado, ambos o airMAX e airFiber seguem continuamente sendo o padrão nas redes de rádios externos (outdoor) dos provedores. Neste capítulo serão abordadas explicações e técnicas para projetar a melhor rede WISP possível.

Sistemas airMAX em PTP e PTMP

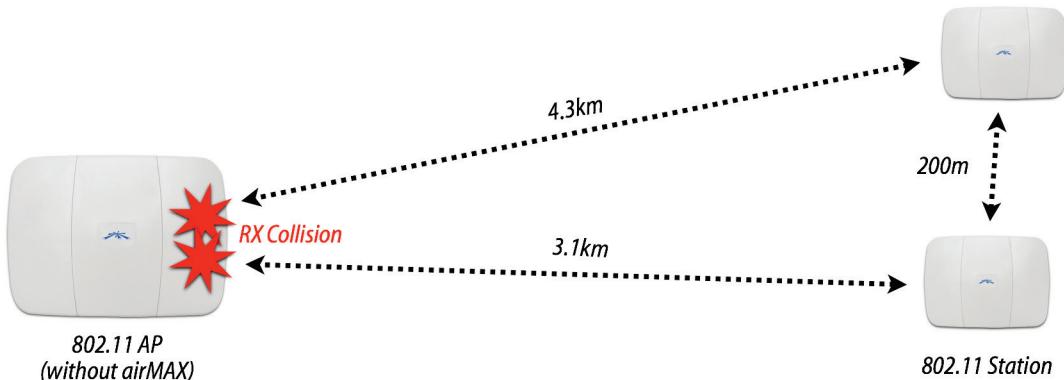
O **airMAX** é um protocolo confiável e de alto desempenho que foi desenvolvido pela Ubiquiti, particularmente por seus engenheiros de software em colaboração com os times de hardware. Baseado no padrão 802.11 mais recente para atingir as melhores velocidades, o airMAX implementa um método de acesso proprietário para que as redes dos WISP possam crescer sem limitar seu desempenho.

Solução TDMA para “Nós Escondidos” e Escalabilidade

O airMAX funciona de maneira diferente dos métodos de acesso convencionais que são utilizados em redes locais sem fio, por exemplo como acontece com o UniFi. O UniFi e outros sistemas de redes sem fio baseados no padrão 802.11 operam segundo a lógica do método **Carrier-Sense Multiple Access - Collision Avoidance** (CSMA/CA). Sempre que uma estação sem fio (rádio) precisa utilizar o canal, ela primeiro escuta antes de transmitir. Se o canal estiver ocupado, seja por causa de outras redes concorrentes ou por outra estação da própria rede, então a máquina inicia um contador de tempo aleatório antes de tentar escutar o meio novamente. Se o canal estiver livre, então a estação pode fazer a transmissão.

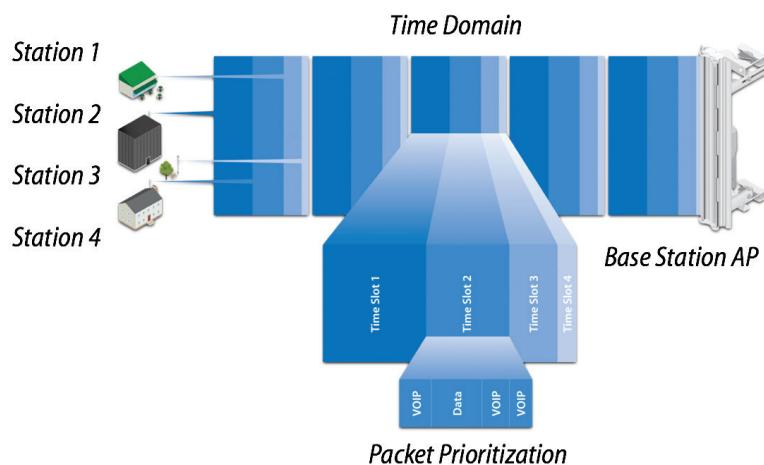


Desenvolvido para atender ambientes internos (indoor), o CSMA/CA tipicamente funciona bem porque nesses ambientes as estações estão próximas umas das outras. Em redes sem fio externas (outdoor), no entanto, o CSMA/CA não escala bem devido a natureza das antenas de alto ganho e das longas distâncias entre os clientes. Em ambientes externos de longas distâncias os clientes são incapazes de “escutar” uns aos outros, por isso são denominados nós escondidos, de forma que os clientes podem transmitir ao mesmo tempo, ocasionando uma **colisão no AP**. Quanto mais **nós escondidos** ingressarem na rede do AP, mais colisões devem ocorrer, o que impacta na diminuição da velocidade e aumento da latência.



Ao invés de operar dessa maneira, a Ubiquiti implementa um método proprietário do tipo **Time Division Multiple Access** (TDMA). O AP divide o canal sem fio em janelas de tempo, designando intervalos de tempo pré-determinados para cada uma das estações conectadas. Esse método previne que duas ou mais estações transmitam ao mesmo tempo, eliminando a ocorrência de colisões no AP.

O protocolo airMAX da Ubiquiti também mantém um registro de quais estações estão ativas, de maneira que as janelas de tempo sejam divididas somente entre elas. Por exemplo, pode ser que estações ociosas tenham um tempo dedicado no AP e não estejam usando; o protocolo TDMA redistribui esse tempo às demais estações ativas para não gastar o tempo aéreo disponível.



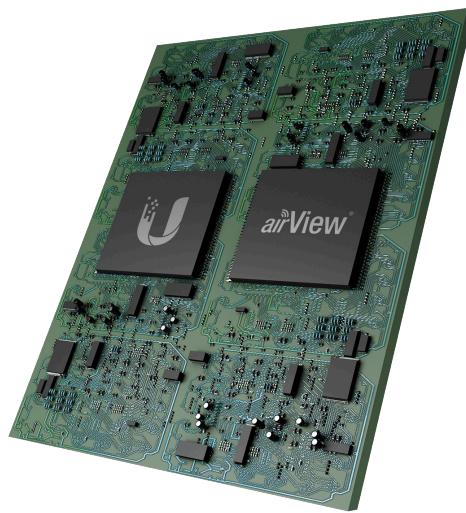
QoS Inteligente

O protocolo airMAX suporta **Qualidade de Serviço** (QoS) inteligente, fazendo com que pacotes sensíveis a latência recebam prioridade, como por exemplo os tráfegos de VoIP e vídeo. O AP inspeciona os pacotes e prioriza com base em marcadores definidos pelo padrão **Wireless Multimedia Extensions** (WME) (listado nos apêndices do manual). A priorização automática de QoS é diferente da priorização manual do airMAX, assunto discutido adiante neste capítulo.

Tecnologia de Ponta e Hardware 802.11

Os produtos airMAX suportam os padrões 802.11 de redes sem fio. A última geração dos rádios airMAX é baseada no padrão 802.11ac, enquanto a geração anterior era baseada no padrão 802.11n. Em comparação à geração anterior, o padrão 802.11ac alcança maiores taxas de dados na rede sem fio através de várias melhorias, incluindo:

- Maiores Larguras de Canal (40 ou 80 MHz)
- Maiores Índices de Modulação (256QAM - até MCS9 por cadeia)
- Melhorias nas Camadas PHY/MAC



Mesmo ao negociar taxas de dados no padrão 802.11n, os rádios airMAX-ac frequentemente permitem alcançar maior throughput. Embora os rádios airMAX-M e airMAX-ac utilizem chipsets similares, os produtos airMAX-ac possuem processadores mais rápidos, além de um **co-processador airMAX** dedicado. Além de ajudar com o protocolo TDMA, os circuitos ASIC do airMAX também alimentam um segundo rádio dedicado que analisa o espectro de radiofrequência continuamente (airView) e cada símbolo recebido (diagramas de constelação).

Sistemas airFiber em PTP

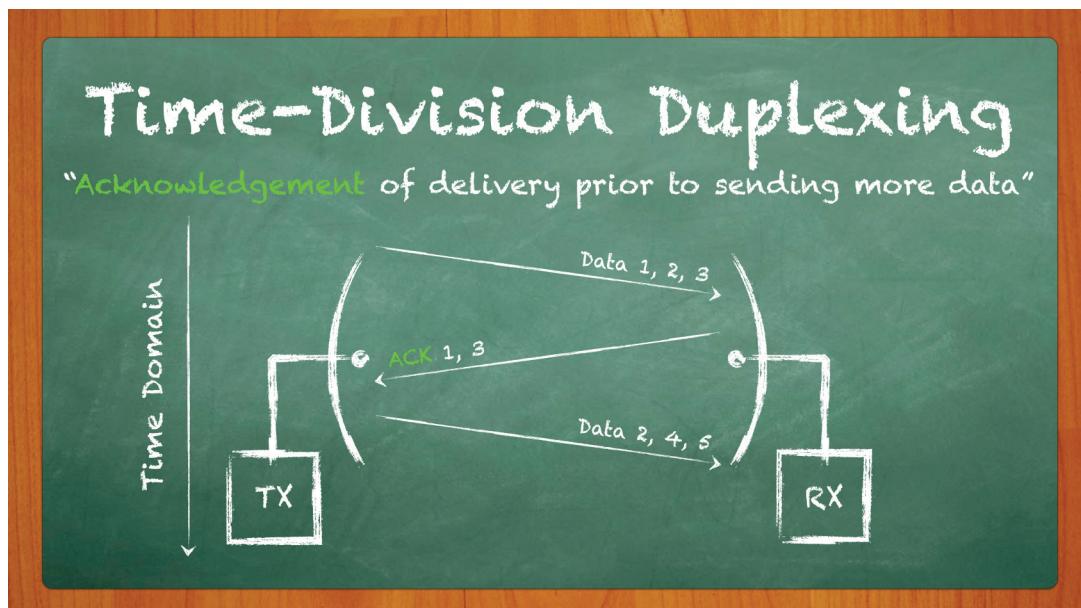
O **airFiber** é uma solução de backhaul de alto desempenho para provedores no mundo todo. Em comparação aos rádios WiFi 802.11 atualmente em operação na maioria das redes sem fio, o airFiber conta com uma arquitetura de hardware totalmente proprietária que foi projetada pelos próprios engenheiros da Ubiquiti. Baseado no motor **INVICTUS** da Ubiquiti, os principais componentes RF são listados abaixo:

- **Silicio Personalizado**, para modificar e eliminar a perda de RF nos conectores e nos componentes da placa, aumentando a sensibilidade de RF e o potential do enlace.
- **Rádio de Zero IF**, que evita frequências intermediárias e melhora a eficiência espectral e também sua inserção em cenários de co-location.
- **MAC e FPGA Únicos**, que otimizam o processamento de pacotes em nível de hardware, reduzindo a latência ao menor nível possível em enlaces de backhaul.
- **MIMO**, melhorando a multiplexação e o processamento do sinal em paralelo à maximização da sensibilidade, do SNR e do throughput.

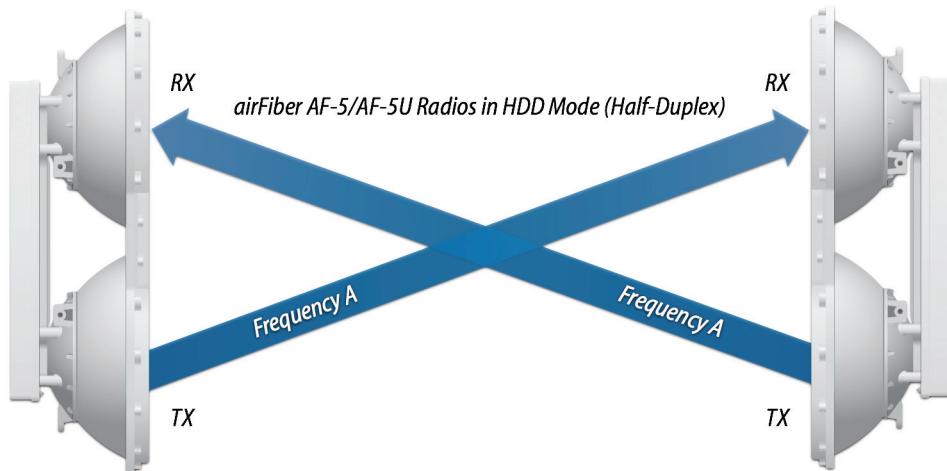
O airFiber é resultado do trabalho contínuo e acumulado do time de especialistas da Ubiquiti no desenvolvimento de uma plataforma com esse perfil. Em comparação aos chipsets WiFi 802.11 predominantes no atual mercado WISP, o airFiber fornece desempenho líder na indústria sem comprometer a eficiência espectral. Dependendo das condições e requisitos da sua instalação, você pode escolher entre dois **modos de rádio** para seus enlaces sem fio com o airFiber.

Duplexação por Divisão Híbrida

A tecnologia Hybrid-Division Duplexing (HDD) é patenteada pela Ubiquiti e melhora a eficiência do protocolo **Time-Division Duplexing** (TDD). Apesar da sua confiabilidade e uso amplamente disseminado em redes sem fio internas (indoor) e externas (outdoor), os sistemas TDD apresentam delays decorrentes da sobrecarga de tráfego e do aumento de uso do tempo aéreo. Os sistemas TDD como o WiFi 802.11 requerem a **confirmação** de entrega (frames **ACK**) antes de enviar mais dados, conforme ilustrado na seguinte figura.



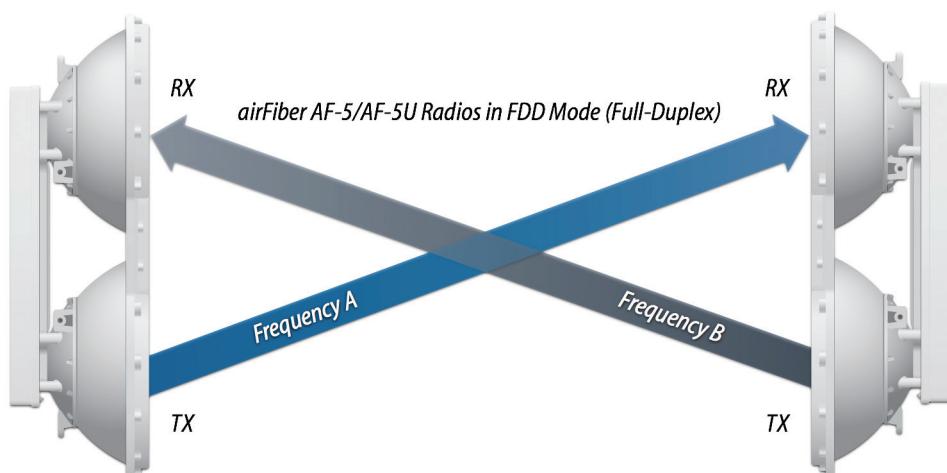
O airFiber evita os delays dos sistemas convencionais baseados em TDD através do **protocolo síncrono adaptativo HDD**, patenteado pela Ubiquiti. Através do HDD, um **nó airFiber mestre** fica responsável pela sincronização com o outro nó escravo usando relógios comuns e cargas de tráfego agendadas. Com a sincronização precisa, o **nó escravo** pode começar a transmitir antes mesmo do nó mestre terminar de transmitir e vice-versa. Dessa maneira, o HDD é um protocolo **half-duplex** capaz de usar um ou dois canais sem fio. O modo HDD é recomendado por sua robustez para aqueles ambientes que possuem altos níveis de **reflexão e dispersão** (por ex. chuva forte, vegetação). O HDD também é particularmente adequado para cenários de enlaces de longas distâncias.



No modo half-duplex, a unidade airFiber **mestre** (que se refere ao rádio local) pode configurada com **ciclos de atividade TX (duty cycle)** personalizados para aqueles cenários onde o fluxo de banda é assimétrico nas direções TX/RX. Por padrão, a unidade mestre tem o ciclo de atividade ajustado em 50%, o que significa tempos iguais na transmissão e recepção de dados do mestre airFiber. Se a proporção TX:RX for ajustada para 2:1, significa que o rádio airFiber mestre irá transmitir duas vezes mais dados do que receber, logo o ciclo de atividade TX deve ser configurado para 67% para alcançar máxima eficiência.

Duplexação por Divisão de Frequência

Em comparação ao HDD, o **Frequency-Division Duplexing** (FDD) é um protocolo **full-duplex**. Ao utilizar dois canais sem fio separados e uma arquitetura de antenas divididas, ambos os nós airFiber mestre e escravo podem transmitir e receber concorrentemente, em tempo real. O FDD é um protocolo eficiente que alcança o maior throughput possível com a menor latência. Apesar do seu potencial, o modo FDD é particuarmente suscetível a reflexões e dispersão. O FDD também apresenta melhor desempenho em enlaces de curta distância.



Dicas de Projeto, Instalação e Gerenciamento

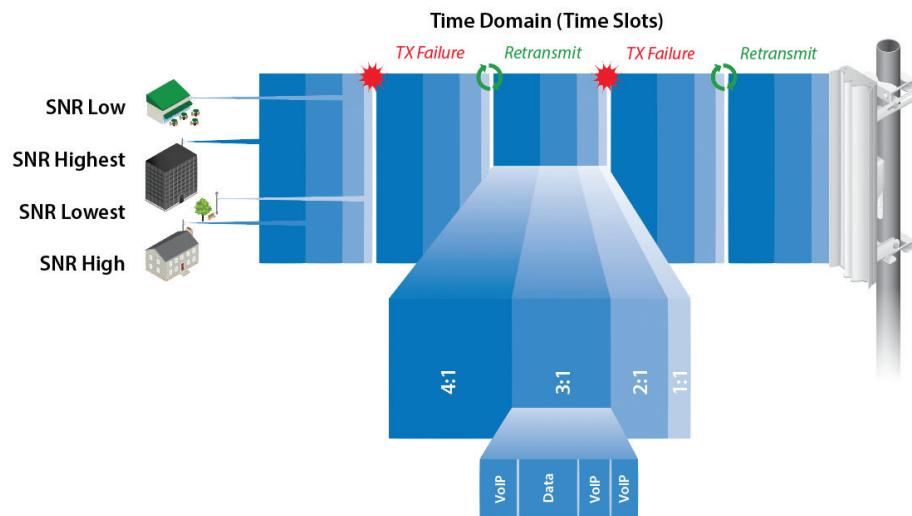
Tempo Aéreo, Pior Enlace e Prioridade do airMAX

O **tempo aéreo** (do inglês, airtime) é uma métrica importante que está relacionada à eficiência de dados de uma estação sem fio. Essa métrica é expressada como uma porcentagem e diz respeito ao uso médio da largura de banda sem fio em comparação com o valor teórico da máxima utilização da largura de banda sem fio. O tempo aéreo é compartilhado entre todas as estações participando da **célula do AP** ou rede sem fio. Quanto maior a célula, menor o tempo aéreo disponível para cada estação individual. Embora os APs airMAX PTMP suportem até 100+ estações ativas, é preferível trabalhar com múltiplas **células menores** para garantir os melhores sinais nos receptores.

O protocolo airMAX atribui as janelas de tempo de maneira eficiente para as estações, de forma que as estações inativas não gastem o tempo aéreo disponível. Quando a rede airMAX estiver próxima de atingir sua capacidade, tente identificar aquelas estações que estão consumindo a maior parte do tempo aéreo para melhorar o SNR delas através do uso de equipamentos de maior desempenho (por ex. antenas de maior ganho). Com maior SNR a estação será capaz de atingir maiores taxas de transmissão, ou seja, a estação utilizará menos tempo aéreo para enviar a mesma quantidade de dados.

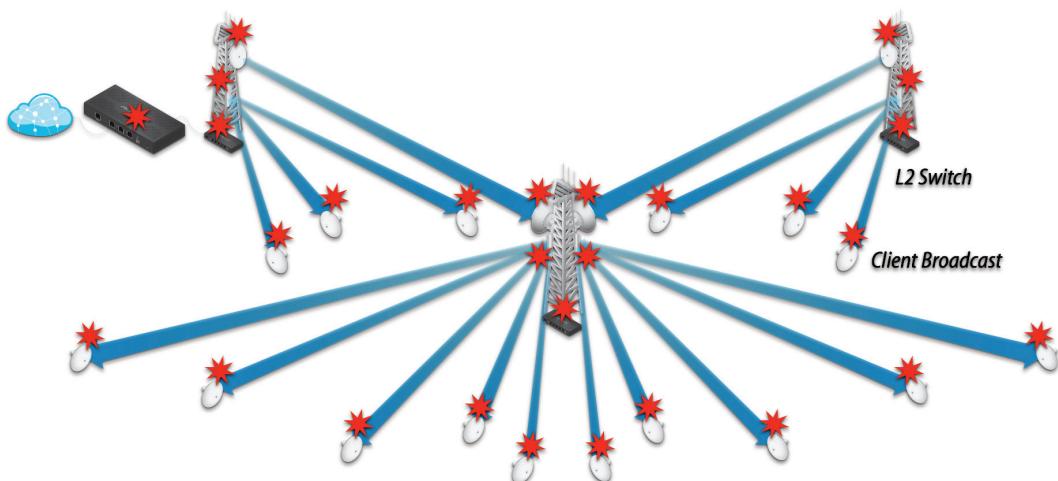
Em cenários PTMP, as estações com **baixos níveis de sinal** são frequentemente responsáveis por diminuir as taxas de transmissão de toda a rede. Isso ocorre porque as estações com baixo SNR consomem mais tempo aéreo para enviar uma mesma quantidade de dados. Também conhecido como o “**enlace mais fraco**”, uma única estação com baixo SNR pode degradar o desempenho **agregado** de toda uma rede PTMP (conforme ilustrado pela Estação 3 na seguinte figura). Depois de esgotar cada solução física para melhorar o SNR do cliente com o “pior enlace”, o protocolo airMAX implementa controles via software para priorizar os clientes com maior SNR. No airOS-8 e posterior, o algoritmo de prioridade do airMAX é manipulado automaticamente pelo protocolo do software. No airOS-7 e anterior, os operadores podem manipular as janelas de tempo dos clientes com base no SNR deles, sendo que os clientes com maior SNR devem receber maiores proporções de janela de tempo (high); os clientes com baixo SNR devem receber menos (low).

- Alta (4:1, reservada para clientes com excelente SNR)
- Média (3:1)
- Básica (2:1, a proporção padrão)
- Baixa (1:1, reservada para clientes com péssimo SNR)

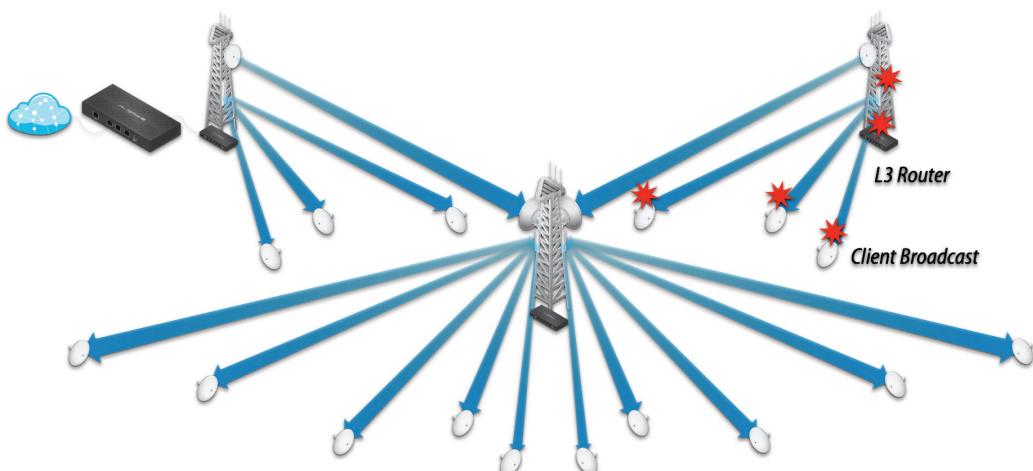


WISPs Roteados vs Bridged

À medida que mais assinantes são adicionados na rede, os WISPs enfrentam problemas de escalabilidade em '**layer-2**', ou seja, em nível de rede local. Em redes IPv4 os nós (dispositivos de rede) frequentemente utilizam **mensagens de broadcast** para se comunicar com todos os nós da rede local. Embora esse tipo de comunicação seja necessário e utilizado por vários protocolos, incluindo o ARP e o DHCP, o tráfego de broadcast tem consequências indesejadas. Mais nós significa mais tráfego de broadcast, o que prejudica a disponibilidade dos recursos da rede. Eventualmente as **tempestades de broadcast** aumentam a latência e degradam a velocidade, podendo chegar a derrubar a atividade na rede.



Para prevenir as 'tempestades de broadcast', os **WISPs roteados** projetam suas redes sem fio outdoor para limitar o tamanho dos **domínios de broadcast** - ou seja, limitam o tamanho de cada segmento de rede local em 'layer-2'. Uma vez que o tráfego de broadcast não ultrapassa a fronteira do segmento local em layer-2, **WISPs roteados** instalam dispositivos 'layer-3', como é o caso de roteadores, nas torres ou no local dos clientes. Essa prática útil requer conhecimento básico de roteamento, mas é bastante eficiente em imunizar a rede das tempestades de broadcast. Os WISPs roteados tipicamente usam switches 'layer-2' e rádios ao longo da rede, de maneira consciente do tamanho de cada segmento local.

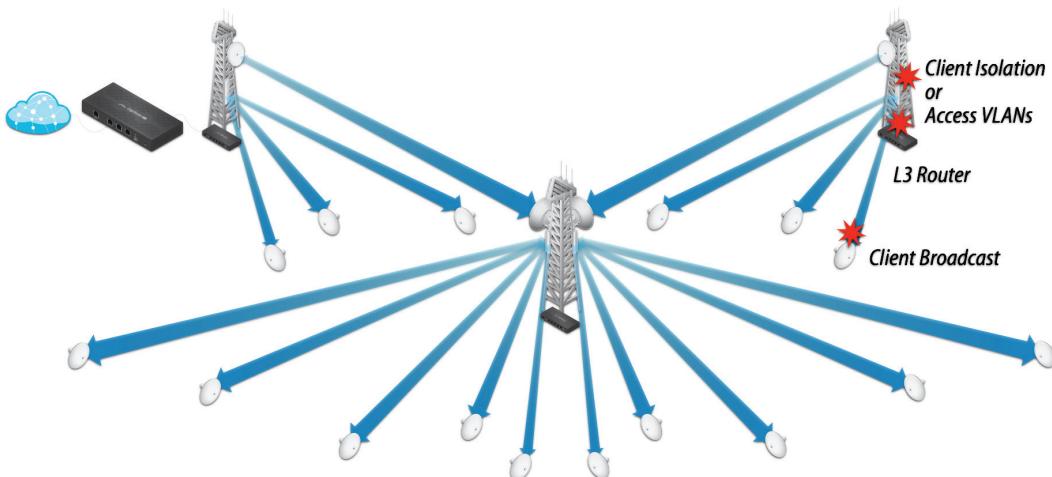


Em **Modo Bridge**, os rádios da Ubiquiti propagam todo tráfego, incluindo os broadcasts. Ainda que seja bastante comum nos rádios em enlaces PTP, o modo bridge também é recomendado nos APs em cenários PTMP para maximizar o desempenho sem fio.

O **Modo Roteador** também é suportado nos rádios airMAX, algo útil em Equipamentos no Local do Cliente (CPE), do inglês Customer Premise Equipment, uma vez que:

- Separa as Redes dos Clientes/WISP
- Limita o Domínio de Broadcast
- Suporta NAT e Redirecionamento de Portas

O **Modo Bridge** nos rádios airMAX em cenários de CPE também é prático ao integrar o airGateway (em Modo Roteador) no projeto da CPE. As VLANs são um conceito de ‘layer-2’ que podem melhorar o projeto e a segurança da rede WISP se utilizados com os rádios da Ubiquiti. Para aprender mais sobre conceitos de redes relacionados a ‘layer-2’ e ‘layer-3’, como por exemplo roteamento e VLANs, é recomendado fazer o curso Ubiquiti Broadband Routing & Switching (UBRS).



Segurança

Proteger a rede do WISP de usuários não autorizados e maliciosos é de suma importância. Considere as seguintes medidas para deixar mais segura sua rede de rádios Ubiquiti:

1. Sempre execute a **última versão de firmware** disponível no website da Ubiquiti, publicamente disponibilizado na seção de downloads.
2. Mude o **nome de usuário padrão** e a **senha ubnt/ubnt**. Os dispositivos pertencentes à rede pública da Internet e mesmo nas redes locais estão sujeitos a serem explorados por terceiros caso as credenciais padrões estejam em uso. As senhas devem ser alteradas regularmente.
3. Use **WPA2-AES** como método de segurança na rede sem fio. Os dispositivos com a segurança aberta podem ser hackeados, independente do uso de credenciais não padrões. O WPA2-AES oferece um mecanismo robusto de cifragem em nível de hardware, logo não há impacto no desempenho.
4. Mantenha os **arquivos de configuração** protegidos, uma vez que eles contêm informações sensíveis como o SSID e as chaves de segurança.

5. Mude as **portas padrões** do **HTTPS** e do **SSH** para acesso de gerência.
6. Ative a **VLAN de Gerência** (MGMT). Desative a VLAN de Gerência em interfaces no lado do cliente para bloquear usuários não autorizados.
7. Ative o recurso **Client Isolation** no AP para prevenir a passagem de tráfego entre as estações locais ou considere a utilização de **VLANs de acesso** nos rádios caso os clientes tenham que passar tráfego localmente com outras estações.

Modelagem de Tráfego (Shaping)

A Modelagem de Tráfego (**Traffic Shaping**), ou **restrição de banda**, é um aspecto essencial do gerenciamento da rede de um provedor. Além da importância comercial em relação aos Planos de Internet, a modelagem de tráfego é extremamente importante para manter alto desempenho na rede. É muito comum os clientes conectarem dispositivos com **vírus** e **outros malwares** na rede, o que pode implicar no uso exagerado de grandes volumes de tráfego na rede. Também é comum os clientes consumirem injustamente recursos da rede através de aplicações **P2P** e de **streaming de mídia**. Apesar do recurso traffic shaping não prevenir contra esses problemas (como faria um firewall roteador), a restrição de tráfego ajuda a reduzir o impacto que a atividade excessiva de usuários traz na rede WISP.

A modelagem de tráfego também é muito importante da perspectiva de negócios do provedor. É comum os ISPs venderem planos de dados de Internet que **ultrapassam** a capacidade agregada da rede do provedor. O recurso '**traffic burst**' (tráfego de rajada) permite a passagem de uma certa quantidade de tráfego pelos clientes sem que seja aplicada a restrição de banda por um período de tempo. Esse recurso é particularmente útil para os clientes executarem testes de velocidade da conexão de Internet. O tempo de duração que um cliente pode gerar tráfego é relativo à janela de rajada (medida em kB), à taxa máxima (medida em Kbps) e ao limite de restrição (medido em Kbps), conforme definido pela seguinte equação:

$$\text{Rajada} \div \text{Taxa Máxima} = \text{Tempo de Duração}$$

Por exemplo, a taxa máxima é 4096 kilobits por segundo (Kbps) e a rajada é 2048 kilobytes (kB), ou 2 Megabytes. O limite de restrição é 1024 kilobits por segundo, sendo aplicado apenas depois do intervalo de rajada terminar.

1. Conversão da rajada (kB) para kb: $2048 \text{ KB} * 8 = 16384 \text{ kb}$
2. Divisão do tráfego de rajada (em kb) pelo limite de restrição (em kbps)

$$16384 \text{ kb} / (4096 \text{ kbp/segundos}) = 4 \text{ segundos}$$

Com base nessas configurações, o tempo de duração até que o cliente possa fazer uma nova rajada sem limitação é de 4 segundos.

As taxas de restrição sempre são aplicadas em uma **interface específica** (por ex. WLAN0) em relação a uma direção específica. A direção **egresso** se refere ao tráfego que sai da interface, enquanto que a direção **ingresso** se refere ao tráfego que chega na interface.

A Ubiquiti recomenda que você faça a aplicação de tráfego de egresso em uma interface, uma vez que o tráfego de ingresso não permite controlar o quanto rápido tráfego chega na interface. Se a restrição for configurada sem a especificação de rajada, então é aplicada uma restrição constante.

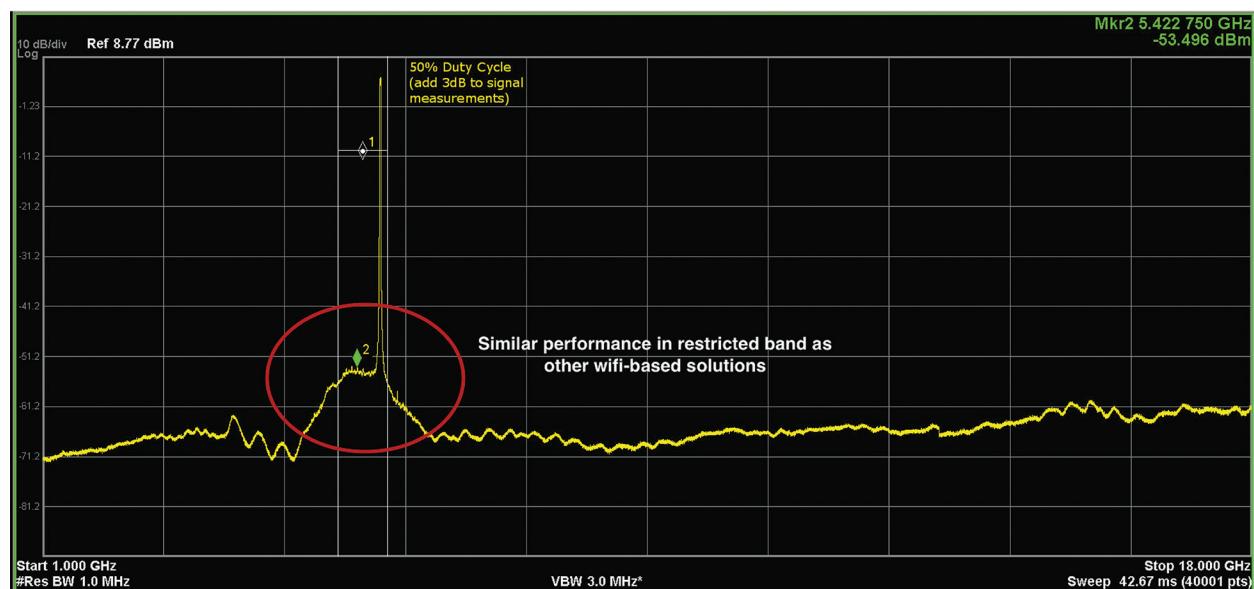
Co-Location

Mesmo com uma quantidade limitada de espectro não licenciado disponível para as redes sem fio externas (outdoor) dos WISPs, esse problema é ainda mais complicado porque múltiplos rádios operando na mesma banda são instalados em locais comuns (por ex. estação base em torre) para prover cobertura completa. Esses cenários são descritos pelo termo técnico '**co-location**', onde múltiplos rádios são instalados muito próximos uns dos outros. Se esse problema não for levado em consideração, os **rádios próximos** (co-located) podem prejudicar severamente o desempenho dos rádios instalados.

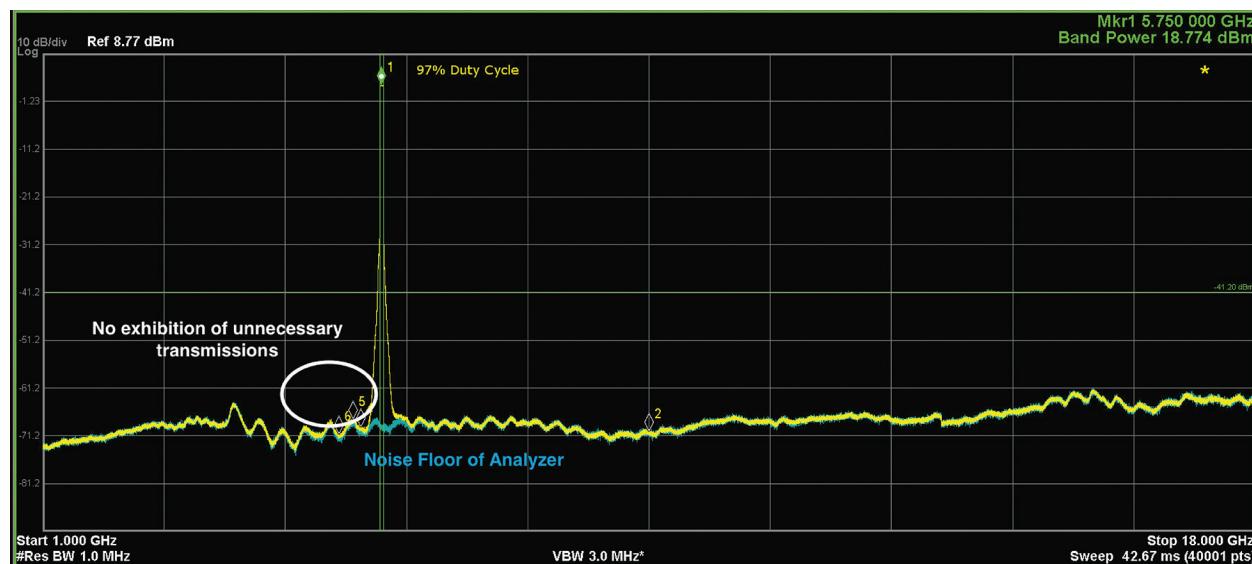
Felizmente os equipamentos da Ubiquiti são desenvolvidos para superar o problema de co-location. Considere as seguintes recomendações práticas e inovadoras de minimizar o problema de co-location:



Eficiência Espectral 'Limpa' do airFiber: O airFiber é líder na indústria em impulsionar Mbps/MHz para atingir o máximo throughput possível com base no uso do espectro. Em comparação aos baratos chipsets WiFi 802.11 responsáveis por poluir as bandas não licenciadas em muitas áreas atualmente, o airFiber possui um projeto proprietário combinado com componentes RF de alta qualidade para atingir desempenho exclusivo, sem comprometer a integridade espectral. Essa característica fica evidente nas figuras seguintes que comparam a máscara de transmissão de um rádio WiFi de um concorrente (saída ruim, espúrios de TX, emissão ilegal fora da banda) com o AF5-X (saída limpa, extremidades acentuadas e emissão de sinal dentro da legalidade):



Desempenho Espectral Ruim do Rádio do Competidor



Desempenho Espectral Excelente e 'Límpo' do airFiber 5X



Filtragem Ativa do airPrism: Os rádios equipados com airPrism, como o Rocket-ac PTMP e PTP, possuem filtros ativos robustos para conter a interferência de canais adjacentes, reduzindo os níveis de ruído em cerca de 30 dB+. Comparável à eficiência da máscara de transmissão do airFiber, o airPrism é uma **tecnologia de recepção** presente em um seletivo grupo de produtos airMAX.



Antenas Altamente Direcionadas: As antenas da Ubiquiti são especificamente desenvolvidas para ter máximo ganho e mínimo “vazamento”. O resultado é um sinal forte no rádio remoto, sem preocupação com níveis elevados de ruído na vizinhança do transmissor. Preste atenção especial na **razão frente-costas** e nos **lóbulos laterais** ilustrados nos diagramas de radiação dos produtos da Ubiquiti. Sempre utilize a antena mais direcionada aplicável em cada cenário.



Distância de Instalação: À medida que a **distância física** entre dois ou mais sistemas de RF aumenta, o nível efetivo de potência radiada que cada rádio ‘escuta’ dos outros diminui, devido a **perda de trajeto** no espaço livre.



IsoBeam e Blindagem de RF: Os equipamentos airMAX-ac e airFiber da Ubiquiti possuem blindagem melhorada do hardware para reduzir a quantidade de ‘vazamento de RF’ durante as transmissões, ao mesmo tempo que serve para restringir a interferência externa ‘ouvida’ de outras fontes de RF próximas durante a recepção. É comum os operadores instalarem kits de blindagens metálicas na traseira das antenas setoriais para minimizar a quantidade de energia indesejada que é radiada de/para o sistema de RF. A IsoBeam possui isolamento de RF adicional para proteger determinados dispositivos airMAX contra interferência em cenários de co-location, especialmente em enlaces PTP.



Padrões de Reutilização de Canais: Faça a alocação de canais seguindo padrões que correspondam as antenas em cenários de co-location. Por exemplo, se quatro antenas setoriais de 90° são posicionadas para prover cobertura de 360° sem sobreposição de canais, utilize o padrão ABAB para maximizar a eficiência com mínimos níveis de ruído. Considere utilizar uma banda de frequência diferente para o backhaul (por ex. 24 GHz) e PTMP (por ex. 5 GHz).



Largura de Banda de Canais e Espaçamento: Configure a largura dos canais com base nas suas necessidades reais, ao invés de optar pela maior largura disponível. Essa prática não apenas melhora os sinais, mas também diminui o piso de ruído (cerca de 3 dB para cada metade de canal). Também leve em consideração o maior espaçamento possível entre os canais dos rádios vizinhos para evitar/reduzir a interferência de canais adjacentes.



Sincronização do Rádio via GPS: Alguns modelos especiais de rádios da Ubiquiti suportam a sincronização via GPS, recurso que permite aos transmissores usarem intervalos de tempo pré-determinados para transmitir e receber. Todos os rádios próximos na mesma banda devem participar do mesmo GPS sync. Dessa maneira, os rádios próximos (co-located) podem transmitir e receber ao mesmo tempo, **sem interferir um no outro**. Uma vez que nenhum dos rádios sincronizados irá transmitir durante os intervalos de recepção, o piso de ruído fica muito baixo. Esse recurso garante alto SNR em todos os rádios sincronizados, atuais e futuros.

Confiabilidade e Redundância

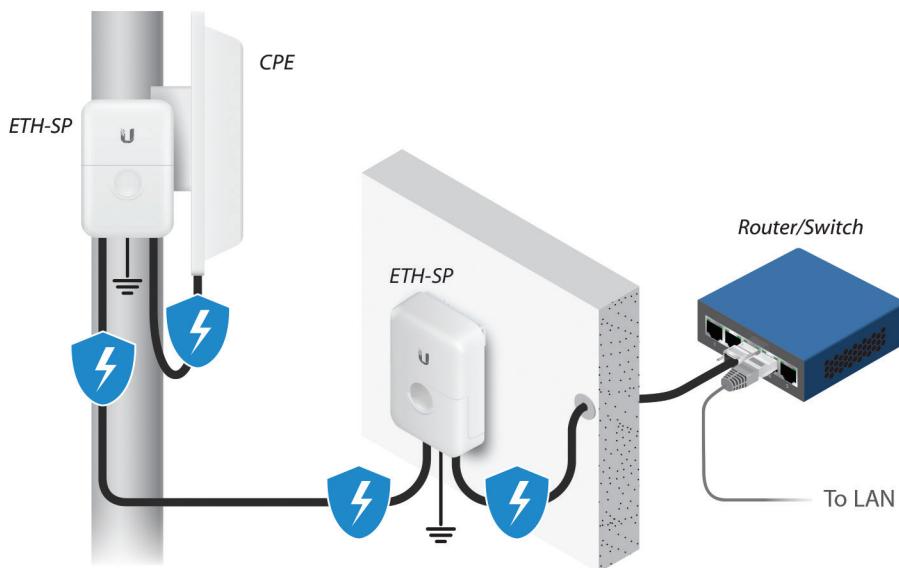
Para oferecer a melhor experiência possível para o assinante, os WISPs têm preocupação primária com o desempenho da rede. A Ubiquiti fabrica equipamentos sem fio e cabeados para entregar máximo tempo de disponibilidade (uptime), baixo jitter/latência e alto throughput. No entanto, eventos imprevistos (por ex. Condições climáticas ruins) podem impactar de maneira inesperada na operação do equipamento.

A instalação de **enlaces de rádio redundantes** no backhaul é particularmente importante, uma vez que ter um único ponto de falha no backhaul pode impactar na queda do serviço provido para muitos assinantes. Por exemplo, dois enlaces de rádios AF5 no mesmo segmento de rede local pode ser configurado com o **protocolo STP** (Spanning Tree) para que, em caso de queda de um dos enlaces, o outro enlace seja utilizado sem interromper o serviço. A plataforma EdgeMAX da Ubiquiti também oferece soluções de redundância e **balanceamento de carga** ambos em 'layer-2' e 'layer-3'.

Aterramento

Mesmo que os equipamentos da Ubiquiti sejam projetados e fabricados para ter durabilidade/longevidade em todos os tipos de climas, você também é responsável pela proteção do seu equipamento contra descargas eletrostáticas (ESD) e outros eventos elétricos que podem danificar os componentes eletrônicos que são sensíveis. A descarga eletrostática passa através de materiais condutores, como por exemplo os cabos. Considere as seguintes recomendações ao projetar uma instalação aterrada de maneira adequada:

- Utilize Cabos Blindados:** Os cabos TOUGH Cable Shielded Twisted-Pair (STP) Ethernet da Ubiquiti têm um fio para aterrinar o cabo. Eles também possuem conector à prova de água e blindagem no cabo contra fontes de interferência eletromagnética (EMI).
- Faça o Aterramento dos Equipamentos:** Certifique-se de que todos os equipamentos no local da instalação estão adequadamente aterrados, incluindo switches, roteadores e rádios. Um único ponto de entrada para uma descarga elétrica pode danificar múltiplos equipamentos.
- Instale Protetor de Surtos:** Os Protetores de Surto da Ubiquiti (ETH-SP) devem ser instalados no circuito de aterramento para adicionar buffers elétricos entre os equipamentos.
- Consulte as Especificações Técnicas:** A maioria dos equipamentos da Ubiquiti possuem melhorias em hardware para aumentar a proteção ESD, como por exemplo ports Ethernet blindadas ou anéis de aterramento.



- Faça Inspeção no Local:** Nem todas as regiões possuem tomadas elétricas com aterramento, o que aumenta ainda mais sua responsabilidade de aterrinar seu equipamento adequadamente. Esteja ciente de superfícies metálicas próximas para fazer a montagem dos seus equipamentos bastante abaixo do ponto mais alto de instalação da estrutura para reduzir o risco de ser atingido por um raio.

A. Glossário

- **802.11** Padrão da indústria para comunicação de dados com base no CSMA/CD, tipicamente em operação nas bandas de UHF até SHF (300 MHz - 300 GHz). Os rádios airMAX combinam essa tecnologia em camada física em conjunto com mecanismos TDMA proprietários.
- **airPrism** Um filtro ativo de radiofrequência embarcado no hardware da Ubiquiti que melhora o desempenho em ambientes ruidosos.
- **airView** Uma ferramenta gratuita que está embutida em todos os dispositivos airMAX para fazer a varredura e coletar frames no ambiente de RF, mostrando as assinaturas de energia em tempo real; os dispositivos airMAX-ac podem executar o airView sem parar as comunicações sem fio.
- **Antena Receptora (Antena RX)** O dispositivo que filtra sinais indesejados e converte os fracos sinais do transmitidos de ondas de rádio para sinais elétricos.
- **Antena Transmissora (Antena TX)** O dispositivo que converte os sinais recebidos em ondas eletromagnéticas que, por sua vez, são propagadas em uma determinada direção dependendo da antena.
- **Atenuação** A taxa com que a intensidade dos sinais diminui, seja por obstrução de objetos ou por perda de trajeto no espaço livre.
- **Backhaul** Um enlace robusto e com alto throughput que tipicamente amplia as distâncias para servir uma localização remota.
- **Banda Larga via Cabo** Método de acesso que tipicamente utiliza cabos coaxiais, mas em que a largura de banda é compartilhada entre os CPEs dos assinantes em uma determinada área.
- **Cadeia** Um transceptor de rádio (transmissor e receptor).
- **Canais Sem Sobreposição** São canais cujas extremidades da largura de banda não se sobrepõem.
- **Capacidade** As taxas de dados aproximadas de um enlace sem fio que também leva em consideração a sobrecarga do protocolo 802.11.
- **Carrier-Sense Multiple Access, Collision Avoidance (CSMA/CA)** Quando uma estação sem fio precisa usar o canal, primeiro ela escuta antes de transmitir.

- **Código de País** As frequências/canais disponíveis para um rádio com base na regulação regional.
- **Conjuntos de Símbolos** São de bits modulados que podem ser representados no diagrama de instalação de um rádio.
- **Cross-Polarization Discrimination (XPD)** A habilidade de uma antena em isolar os sinais de polaridades separadas, uma vez que os elementos de uma antena nunca são totalmente polarizados em um determinado plano.
- **Customer Premise Equipment (CPE)** O dispositivo instalado na extremidade da rede e que é conectado ao AP da Estação Base; tipicamente utiliza antenas de alto ganho.
- **Decibels (dB)** Uma escala logarítmica útil para expressar valores muito grandes e muito pequenos. A unidade Decibels Sobre Radiador Isotrópico (dBi) mede o ganho da antena; A unidade Decibels Sobre miliWatt (dBm) mede níveis de potência.
- **Densidade Espectral da Potência (PSD)** A quantidade de energia relativa ao sinal transmitido ao longo de toda a largura de banda.
- **Descarga Eletrostática (ESD)** São correntes elétricas indesejadas que podem alcançar e danificar os sensíveis componentes eletrônicos dos equipamentos de provedores.
- **Desvanecimento pela Chuva** É a atenuação do sinal devido a precipitação climática; à medida que a frequência aumenta, o desvanecimento pela chuva também aumenta.
- **Diagramas Polares** Veja Padrões de Radiação.
- **Digital Subscriber Line (DSL)** É a tecnologia de camada física do serviço telefônico de última milha baseado em cabos de cobre do tipo par-trançado. Cada modem CPE é conectado a um ou mais DSLAM (Multiplexadores de Acesso DSL) que ficam localizados no CO (central office) do provedor.
- **Downtilt Elétrico** Uma propriedade comum a antenas setoriais e omnis que pode ser visível nos diagramas polares de elevação porque introduz um pequeno ângulo para baixo na radiação da energia.
- **DSL Assimétrico (ADSL)** Tecnologia DSL de banda larga que oferece maior banda no sentido downstream do que no sentido upstream.
- **Duplexação por Divisão de Frequência (FDD)** Um protocolo full-duplex que utilizada frequências separadas para os fluxos de dados.
- **Duplexação por Divisão Híbrida (HDD)** Uma tecnologia patenteada da Ubiquiti que melhora a eficiência do tradicional protocolo TDD.

- **Eficiência do Tempo Aéreo** Mede a tendência de um rádio de maximizar o uso das janelas de tempo ao enviar e receber dados (onde 100% = maiores taxas de dados, menores reenvios).
- **Error Vector Magnitude (EVM)** A variação na medição de um símbolo comparado com sua representação perfeita; à medida que a modulação se torna mais complexa, há menos margem para erro - desempenho de rádio limpo é sinônimo de bom EVM e resulta em maiores velocidades.
- **Espúrios de TX** São transmissões aleatórias indesejadas que ocorrem ao longo da banda frequência do rádio e que extrapolam a largura do canal.
- **Estação** Faz referência a um rádio conectando em um AP ou qualquer rádio sem fio.
- **Estação Base** Um AP em uma rede PTMP que utiliza antenas semi-direcionais para cobertura mais ampla (45-360°) para conectar múltiplos assinantes/clientes.
- **Filtragem Especial** A habilidade de uma antena focalizar em uma determinada direção, melhorando o SNR não apenas no receptor local, mas também em outros receptores na proximidade.
- **Filtros** Desenvolvidos para permitir que sinais pertencentes a uma determinada banda/frequência possam passar, rejeitando sinais fora desse intervalo.
- **Flexibilização de Canais** O processo pelo qual a largura do canal é ajustada para atender as necessidades do enlace sem fio. Uma largura de canal maior significa maior throughput, enquanto que uma largura de canal menor significa melhor densidade de potência (mais força de sinal).
- **Força do Sinal** Veja Sinal Recebido.
- **Frame ACK** Em sistemas TDD/TDM, esses frames são enviados para confirmar o recebimento de dados. Esse processo de confirmação adiciona sobrecarga e latência.
- **Free Space Path Loss (FSPL)** A tendência de um sinal expandir ao se propagar no espaço, causando a atenuação desse sinal.
- **Frequência** O número de ciclos periódicos que uma onda eletromagnética oscila por segundo, sendo medida em Hertz (Hz); em comparação às frequências mais altas, as frequências mais baixas são propagadas para mais longe (por ex. 2,4 GHz propaga melhor do que 5 GHz). Também é sinônimo de canais no que se refere à frequência central em que o sinal do rádio é gerado.
- **Full-Duplex** O método padrão da comunicação Ethernet 802.3; uma interface Ethernet pode transmitir e receber dados simultaneamente; o airFiber suporta comunicação full-duplex para atingir enlaces com alto throughput em menores distâncias.

- **Ganho** É medido em dBi e representa a habilidade de uma antena em focalizar a energia irradiada (a partir do rádio) para uma determinada área de cobertura. Maior ganho significa maior diretividade, o que permite propagar o sinal mais longe.
- **Half-Duplex** O método padrão na comunicação 802.11 de redes sem fio; o rádio transmite ou recebe, mas nunca faz ambos simultaneamente.
- **Harmônicas** São espúrios de TX inerentes do rádio que ocorrem em múltiplos da frequência do clock (por ex. um rádio airMAX M900 configurado para operar em 907 MHz também emitirá espúrios em 1814, 2721, 3628, 4535 e 5442 MHz).
- **In-Band** São sinais/ruído de rádios que operam na mesma banda de frequência (por ex. rádios em 2,4 GHz nos canais 1-13 da perspectiva de outro rádio em 2,4 GHz).
- **Interferência** Representa o nível médio de energia derivada de fontes de interferência EMI, principalmente de rádios concorrentes de outras redes.
- **Interferência Eletromagnética (EMI)** Radiação do espectro eletromagnético que contribui para o piso de ruído (por ex. forno de microondas, telefones sem fio).
- **ISP de Nível 1** Um provedor grande de abrangência global, cujas redes compõem o backbone da Internet.
- **ISP de Nível 3** Um provedor pequeno de abrangência local que chega no usuário final através das redes de última milha.
- **Largura de Banda** Veja Largura de Canal.
- **Largura de Canal** Também conhecido como largura de banda, representa o intervalo de frequências que é utilizado pelo rádio (por ex. 10 MHz, 20 MHz, 40 MHz). Apesar de maiores larguras de banda permitirem maiores taxas de dados, menores larguras de banda são mais adequadas para links PTP de longa distância.
- **Largura de Feixe** O ângulo do lóbulo principal da cobertura medida -6 dB nas antenas da Ubiquiti.
- **Linha de Transmissão** As conexões entre o rádio e a antena por onde passa o sinal elétrico.
- **Linha de Visada** A zona elíptica (não apenas uma linha direta) que deve estar desobstruída (por ex. árvores, prédios) para obter o melhor desempenho na rede sem fio.
- **Link Power Budget** Uma ferramenta para calcular o sinal recebido em relação às variáveis do enlace sem fio, incluindo a distância, potência de transmissão e ganho da antena.

- **Margem de Desvanecimento** Um buffer de sinal usado no planejamento de link budgets que ajuda a prever os aspectos dinâmicos do ambiente (por ex. chuvas). A Ubiquiti recomenda pelo menos 15+ dB de margem de desvanecimento para redes WISP.
- **Modelagem de Tráfego (Shaping)** Técnica aplicada nos CPEs que restringe as taxas de tráfego.
- **Modo Bridge** As interfaces cabeadas e sem fio estão interligadas através de uma única interface bridge para estender o broadcast até o enlace sem fio.
- **Modo Roteador** Segmenta as interfaces da rede sem fio da rede cabeada, acabando com a propagação de broadcasts em ambos os lados do enlace.
- **Modulação** Mudanças discretas na frequência, amplitude e fase do sinal para representar bits.
- **Multiple-In, Multiple-Out (MIMO)** O uso de múltiplas cadeias de rádios e antenas para obter diversidade de sinal e aumentar os streams espaciais.
- **Nó Escondido** As estações sem fio CSMA/CA em ambientes externos que possuem um AP Estação Base em comum, mas que são incapazes de 'escutar' umas às outras quando transmitem simultaneamente, causando uma colisão na recepção do AP.
- **Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM)** Os dados são representados através de subportadoras moduladas individualmente ao longo de toda a largura do canal.
- **Out-of-Band** São sinais/ruído de outros rádios operando em uma banda de frequência diferentes (por ex. canais de 5 GHz da perspectiva de um rádio em 24 GHz).
- **Padrões de Radiação** Uma ilustração gráfica do ganho da antena em diferentes ângulos de um dado plano.
- **Peering** A Interconexão de ISPs para mover tráfego entre suas redes, por exemplo da Internet.
- **Perda de Retorno** Veja Voltage Standing Wave Ratio.
- **Perda de Trajeto** Veja Free Space Path Loss (FSPL).
- **Pior Link** Uma vez que o tempo aéreo é compartilhado entre todas as estações que fazem parte de uma rede PTMP, um único cliente com qualidade ruim pode reduzir o desempenho agregado de toda a rede.
- **Piso de Ruído** O nível médio de energia derivada de fontes locais de ruído, incluindo a própria operação de recepção do rádio e o ruído térmico (dependente da largura do canal).

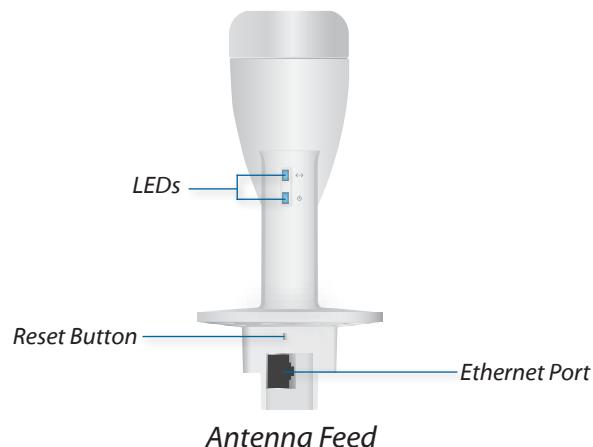
- **Polaridade** O plano no qual uma onda eletromagnética viaja no espaço.
- **Ponto-a-Multiponto (PtMP)** Quando um AP Estação Base conecta múltiplos clientes em uma ampla área de cobertura (45-360°).
- **Ponto-a-Ponto (PtP)** Um enlace sem fio composto por um AP e uma Estação, tipicamente com antenas altamente direcionais em cenários de backhaul.
- **Point-to-Point-Protocol over Ethernet (PPPoE)** Um mecanismo 'layer-2' via Ethernet que é popular para estabelecer e autenticar os assinantes em redes de provedores.
- **Ponto de Presença** Representa um ponto de demarcação onde termina a rede do ISP.
- **Ponto de Troca de Tráfego (IXP)** Um local comum onde provedores podem se conectar publicamente, usualmente em um ambiente grande de data center.
- **Potência de Saída** O nível de potência gerado por um transmissor de rádio antes de passar através das linhas de transmissão e antenas.
- **Potência Efetiva Isotropicamente Irradiada (EIRP)** É a quantidade total de potência radiada na direção de um receptor, levando em consideração a potência de transmissão, o ganho da antena e eventuais perdas (por ex. cabos, conectores).
- **Protocolo airMAX** É o protocolo TDMA proprietário da Ubiquiti para redes sem fio externas (outdoor) que possui recursos inteligentes de consultas às estações, priorização de pacotes (QoS) e suporte ao padrão 802.11 mais recente.
- **Radiador Isotrópico** Uma antena teórica que irradia igualmente em todas as direções, sem perda.
- **Rádio Receptor (Rádio RX)** O dispositivo que amplifica e converte o sinal de volta para sua forma de onda original para que a informação possa ser recuperada.
- **Rádio Transmissor (Rádio TX)** O dispositivo que converte dados/informação (0s e 1s) em sinal elétrico na forma de uma onda portadora.
- **Razão Sinal-Ruído (SNR)** A diferença entre o sinal recebido (por ex. -50 dBm) e os níveis de ruído (por ex. -59 dBm); O SNR é medido em dB (por ex. 9 dB).
- **Reciprocidade de Antena** O ganho tem um efeito bidirecional positivo nos sinais recebidos em ambos os lados de um enlace sem fio.
- **Redoma** A redoma é uma capa protetora desenhada para proteger uma antena do tempo e de danificação, mas que permite a passagem de radiação eletromagnética.
- **Regra dos 3s e 10s** Cada vez que você adiciona/subtrai 3 dB, você deve multiplicar/dividir o valor linear pelo fator de 2. Cada vez que você adiciona/subtrai 10 dB, você deve multiplicar/dividir o valor pelo fator de 10.

- **Ruído Térmico** Uma propriedade inerente que está relacionada ao tamanho do canal sem fio. Quanto maior a largura do canal, maior será o nível de ruído térmico.
- **Satélite** Os receptores de satélite são ideais para acesso à Internet em locais remotos, onde não existe outra opção; opera em SHF (Super High Frequency) na faixa de 3-30 GHz.
- **Segurança** O protocolo sem fio e método de criptografia utilizado para proteger o enlace sem fio de um rádio.
- **Seletividade** A habilidade de um receptor de 'escutar' o sinal desejado e de rejeitar sinais de outras fontes que estejam na mesma banda.
- **Sensibilidade** A habilidade de um receptor de 'escutar' sinais fracos. Quanto maior a sensibilidade do rádio, mais fracos podem ser os sinais que ele é capaz de receber.
- **Service Set Identifier (SSID)** O frame de sinalização que contém informação a rede sem fio propagada pelo AP, sendo anunciado em intervalos regulares.
- **Sinal de Portadora** O sinal modulado que contém dados.
- **Sinal de Recepção** Também conhecido como Sinal RX / Força do Sinal, representa o nível médio de energia combinada que chega no receptor de um rádio.
- **Site Survey** Uma ferramenta que consiste na inspeção de um local para coletar informações contidas nos anúncios de SSID de redes vizinhas que estejam nas proximidades de um rádio airMAX.
- **Spanning Tree Protocol (STP)** Um protocolo 'layer-2' que é utilizado quando existe redundância de enlaces sem fio para prevenir a ocorrência de loops.
- **Tempo Aéreo** A largura de banda média do meio sem fio como uma porcentagem do valor teórico da largura de banda máxima, onde o tempo aéreo agregado é compartilhado entre todas as estações.
- **Teorema de Shannon-Hartley** Diz que a capacidade máxima de dados de um canal é dependente do SNR e da largura do canal.
- **Throughput** A quantidade real de dados que é passada através de um enlace sem fio com base nas medições TCP/UDP; o throughput é tipicamente a metade da capacidade do enlace.
- **Time Division Duplex (TDD)** Um protocolo half-duplex desenvolvido para dividir o tempo entre todas as estações sem fio.

- **Time Division Multiple Access (TDMA)** Um método de acesso ao canal em que um AP comum faz a divisão do canal sem fio em janelas de tempo para cada uma das estações conectadas, o que evita a colisão na recepção de sinal.
- **Última Milha** Faz referência à extremidade da infraestrutura do provedor que chega no cliente.
- **Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)** Mede a quantidade de energia que é refletida de volta, ou seja, que é perdida na linha de transmissão (por ex. alimentador da antena, conectores RP-SMA) que conecta a cadeia de rádio à antena.
- **Wide Area Network (WAN)** Representa a rede no sentido upstream que ultrapassa a fronteira da rede local (LAN).
- **Wireless** Inclui os padrões 802.11, tipicamente na faixa UHF até SHF (300 MHz - 30 GHz).
- **Zonas de Fresnel** São áreas com formato elíptico que representam a verdadeira linha de visada entre dois rádios.

B. Apêndices

Método de Reset do Dispositivo airMAX



Método #1 (Recomendado)

Todos os dispositivos airMAX possuem um botão na sua carcaça para fins de “Reset aos Padrões de Fábrica”. Depois que o dispositivo airMAX tiver sido ligado por 60+ segundos, pressione e segure o botão de reset por 10+ segundos. Depois que os LEDs de Power/Link piscarem, o dispositivo airMAX será reinicializado e, depois de 60+ segundos, voltará para seu endereço padrão de IP 192.168.1.20.



Método #2

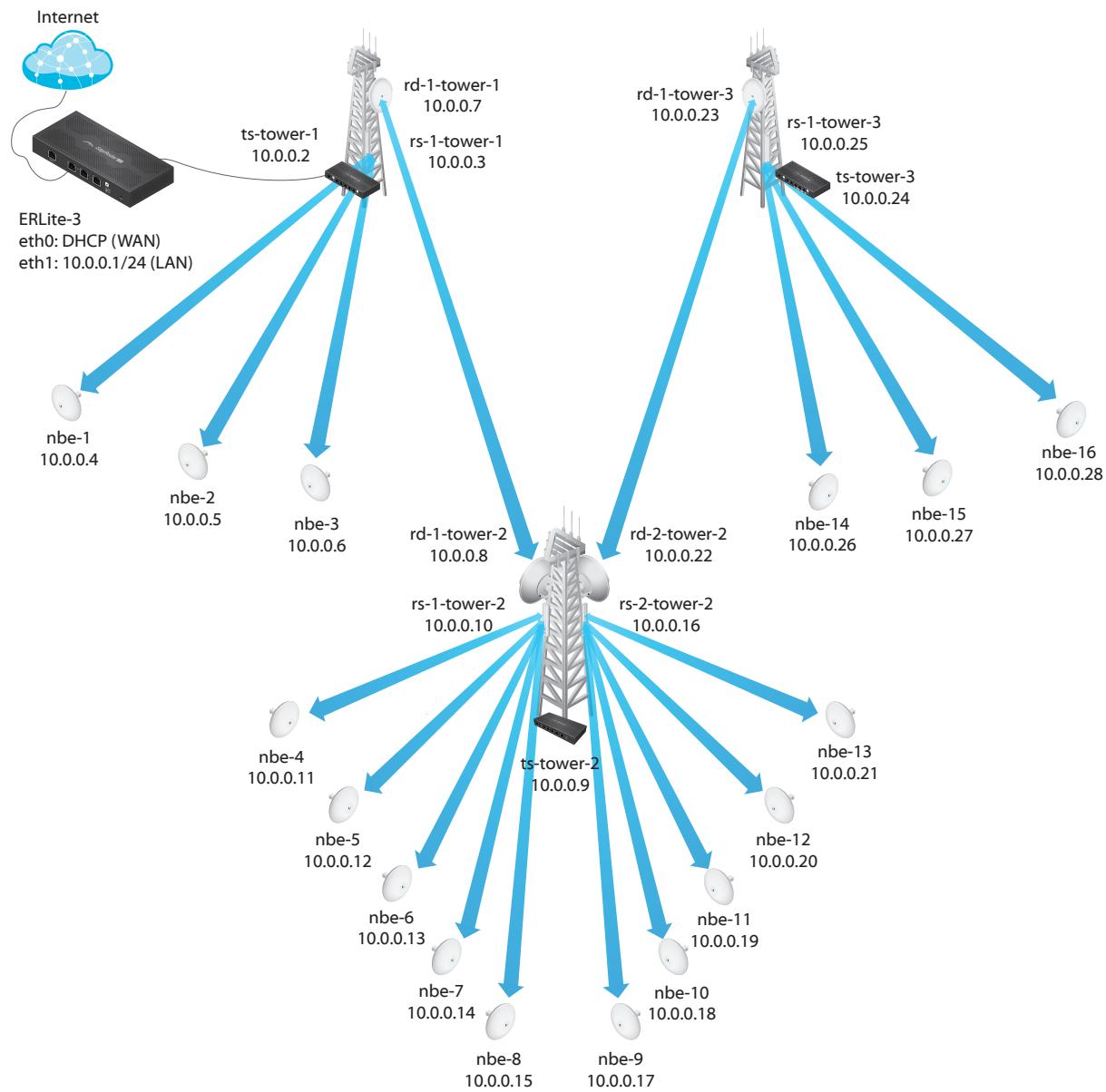
Alguns modelos de adaptador PoE possuem um botão de reset que serve para resetar remotamente o dispositivo airMAX. Certifique-se, no entanto, de que o dispositivo airMAX conectado suporta a saída elétrica do adaptador PoE.

Método #3 (Não Recomendado)

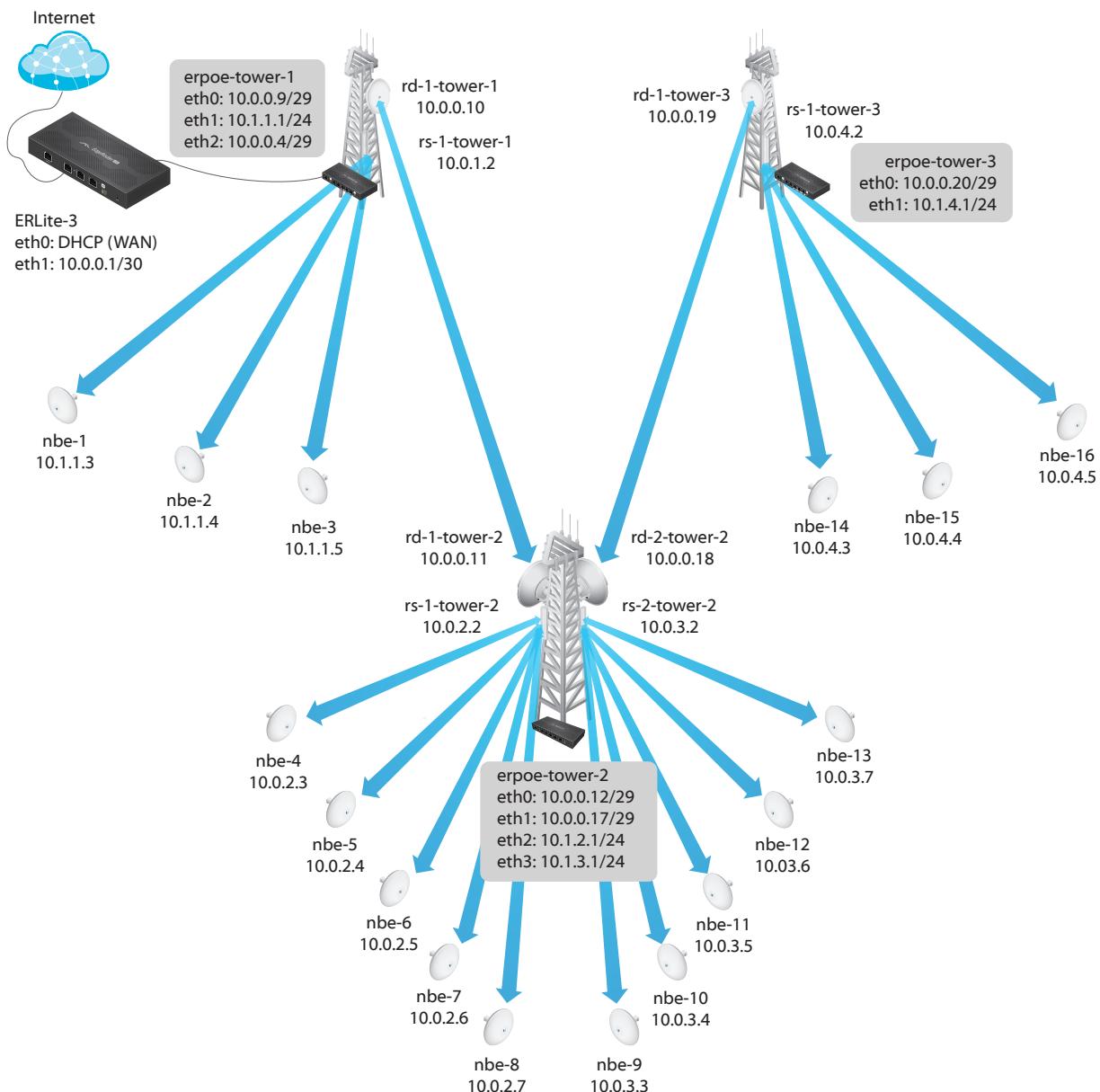
O método de reset por TFTP é o último recurso utilizado para recuperar um dispositivo travado que não responde mais pelo endereço padrão de IP. Apenas utilize esse método se o dispositivo não puder ser recuperado através dos métodos anteriores. Esse método é recomendado apenas por usuários avançados e não deve ser realizado durante o treinamento oficial da Ubiquiti. Para o dispositivo airMAX entrar em modo de recuperação via TFTP, pressione e segure o botão de reset (enquanto o cabo PoE estiver desconectado). Mantenha o botão de reset pressionado enquanto você reconecta o cabo PoE no dispositivo airMAX. Depois de 10+ segundos os LEDs do dispositivo vão começar a piscar em um padrão de alerta, indicando que o dispositivo airMAX agora está em modo de recuperação TFTP, passando a responder os pings no endereço padrão 192.168.1.20. Utilize um cliente FTP para fazer o upload do firmware no dispositivo airMAX e restaurá-lo aos padrões de fábrica.

Topologias de Exemplo

Rede WISP de 'Camada-2' em Bridge



WISP em Modo Roteado (Layer-3)





www.ubnt.com

Para receber informação sobre futuras datas de treinamento, inclusive os locais e cursos oferecidos, visite o portal oficial de training da Ubiquiti Networks: www.ubnt.com/training

Nós gostaríamos receber seu feedback!
Contate-nos via training@ubnt.com