

# Iniciação Científica

Programa de Educação Tutorial - PET

Estudo Sobre Alocação de Recursos em Sistema de Comunicações Móveis

Emanuel Valério Pereira

Orientador : Prof. Dr. Francisco Rafael Marques Lima

emanuelvalerio@alu.ufc.br

Universidade Federal do Ceará

10 de Março de 2023

Engenharia da Computação

# Objetivos

- 1 O objetivo desta atividade foi os estudos de artigos científicos na qual abordam alocação de recursos em sistemas de comunicação sem fio, bem como estudo de algoritmos para alocação ótima e sub-ótima. Abordagem em sistemas OFDM com alocação em subportadoras na qual deseja-se maximizar a capacidade do sistema. Estudo da toolbox do MATLAB Optimization Toolbox com funções utilizadas para maximização e minimização de problemas envolvendo diferentes restrições

# The Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) transmission scheme

- 1 À medida que taxas de dados cada vez maiores são transmitidas por dispositivos de comunicação sem fio, a natureza seletiva em frequência dos canais sem fio se torna um fator limitante para o desempenho dos sistemas.

# The Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) transmission scheme

- 1 À medida que taxas de dados cada vez maiores são transmitidas por dispositivos de comunicação sem fio, a natureza seletiva em frequência dos canais sem fio se torna um fator limitante para o desempenho dos sistemas.
- 2 Isso levou ao desenvolvimento de vários esquemas de transmissão, sendo um deles a Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM).

# The Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) transmission scheme

- 1 À medida que taxas de dados cada vez maiores são transmitidas por dispositivos de comunicação sem fio, a natureza seletiva em frequência dos canais sem fio se torna um fator limitante para o desempenho dos sistemas.
- 2 Isso levou ao desenvolvimento de vários esquemas de transmissão, sendo um deles a Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM).
- 3 O princípio básico do OFDM é a paralelização: em vez de transmitir símbolos sequencialmente sobre o canal de comunicação, o canal é dividido em muitos subcanais e os símbolos digitais são transmitidos em paralelo por esses subcanais.

# The Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) transmission scheme

- ➊ À medida que taxas de dados cada vez maiores são transmitidas por dispositivos de comunicação sem fio, a natureza seletiva em frequência dos canais sem fio se torna um fator limitante para o desempenho dos sistemas.
- ➋ Isso levou ao desenvolvimento de vários esquemas de transmissão, sendo um deles a Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM).
- ➌ O princípio básico do OFDM é a paralelização: em vez de transmitir símbolos sequencialmente sobre o canal de comunicação, o canal é dividido em muitos subcanais e os símbolos digitais são transmitidos em paralelo por esses subcanais.
- ➍ A capacidade de mitigar os efeitos negativos do desvanecimento seletivo em frequência. Ao dividir o canal de comunicação geral em muitos subcanais menores e transmitir dados em paralelo por esses subcanais, o OFDM é capaz de reduzir o impacto do desvanecimento seletivo em frequência no sinal transmitido.

# OFDM transmission scheme

- 1 Em sistemas OFDM, a largura de banda  $B$  do sistema é dividida entre as  $N$  subportadoras, sendo assim a largura de banda de cada portadora é dada por  $\Delta f = B/N$ .

# OFDM transmission scheme

- 1 Em sistemas OFDM, a largura de banda  $B$  do sistema é dividida entre as  $N$  subportadoras, sendo assim a largura de banda de cada portadora é dada por  $\Delta f = B/N$ .
- 2 A transmissão em paralelo tem consequências importantes para o comprimento do símbolo. Enquanto um sistema de Modulação de Portadora Única (SCM) equalizado (que transmite sequencialmente) tem um comprimento de símbolo de  $T_s$ , o comprimento de símbolo de um sistema OFDM equivalente é  $N$  vezes maior (devido ao fato de que durante cada duração de símbolo,  $N$  símbolos são transmitidos em paralelo).



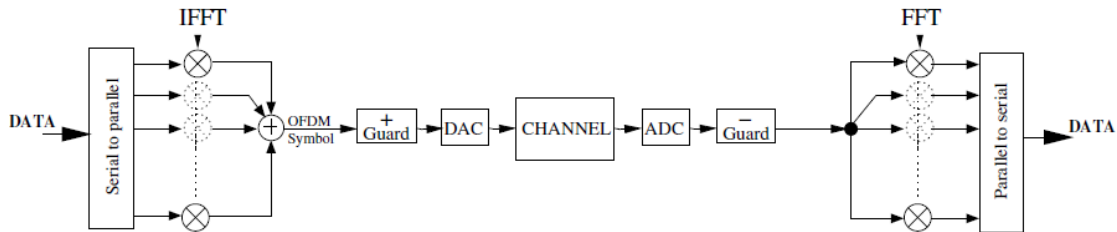
# OFDM transmission scheme

- 1 Em sistemas OFDM, a largura de banda  $B$  do sistema é dividida entre as  $N$  subportadoras, sendo assim a largura de banda de cada portadora é dada por  $\Delta f = B/N$ .
- 2 A transmissão em paralelo tem consequências importantes para o comprimento do símbolo. Enquanto um sistema de Modulação de Portadora Única (SCM) equalizado (que transmite sequencialmente) tem um comprimento de símbolo de  $T_s$ , o comprimento de símbolo de um sistema OFDM equivalente é  $N$  vezes maior (devido ao fato de que durante cada duração de símbolo,  $N$  símbolos são transmitidos em paralelo).
- 3 Essas representações de  $N$  símbolos são passadas por uma transformação inversa de Fourier rápida (IFFT), que gera uma sequência temporal de  $N$  valores.

# OFDM transmission scheme

- 1 Em sistemas OFDM, a largura de banda  $B$  do sistema é dividida entre as  $N$  subportadoras, sendo assim a largura de banda de cada portadora é dada por  $\Delta f = B/N$ .
- 2 A transmissão em paralelo tem consequências importantes para o comprimento do símbolo. Enquanto um sistema de Modulação de Portadora Única (SCM) equalizado (que transmite sequencialmente) tem um comprimento de símbolo de  $T_s$ , o comprimento de símbolo de um sistema OFDM equivalente é  $N$  vezes maior (devido ao fato de que durante cada duração de símbolo,  $N$  símbolos são transmitidos em paralelo).
- 3 Essas representações de  $N$  símbolos são passadas por uma transformação inversa de Fourier rápida (IFFT), que gera uma sequência temporal de  $N$  valores.
- 4 Essa sequência é então transmitida centrada em uma certa frequência  $f_c$  com uma certa potência de transmissão  $P_{tx}$

# A simple OFDM transmission sketch



# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Supondo que esse comportamento seletivo em frequência permaneça constante por um período razoável de tempo. Um transmissor tem dados para serem enviados a um receptor. Faz sentido para o transmissor adaptar de alguma forma a atenuação seletiva em frequência do canal para transmitir os dados mais rápido, com mais confiabilidade etc .

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Supondo que esse comportamento seletivo em frequência permaneça constante por um período razoável de tempo. Um transmissor tem dados para serem enviados a um receptor. Faz sentido para o transmissor adaptar de alguma forma a atenuação seletiva em frequência do canal para transmitir os dados mais rápido, com mais confiabilidade etc .
- 2 Um importante método disponível na teoria pode ser bastante útil, o teorema "Water Filling".

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Supondo que esse comportamento seletivo em frequência permaneça constante por um período razoável de tempo. Um transmissor tem dados para serem enviados a um receptor. Faz sentido para o transmissor adaptar de alguma forma a atenuação seletiva em frequência do canal para transmitir os dados mais rápido, com mais confiabilidade etc .
- 2 Um importante método disponível na teoria pode ser bastante útil, o teorema "Water Filling".
- 3 Dada a função de transferência de qualquer canal, ele fornece a capacidade desse canal. A capacidade é alcançada adaptando a potência de transmissão à função de transferência.

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Supondo que esse comportamento seletivo em frequência permaneça constante por um período razoável de tempo. Um transmissor tem dados para serem enviados a um receptor. Faz sentido para o transmissor adaptar de alguma forma a atenuação seletiva em frequência do canal para transmitir os dados mais rápido, com mais confiabilidade etc .
- 2 Um importante método disponível na teoria pode ser bastante útil, o teorema "Water Filling".
- 3 Dada a função de transferência de qualquer canal, ele fornece a capacidade desse canal. A capacidade é alcançada adaptando a potência de transmissão à função de transferência.
- 4 Em termos gerais, dado um limite de potência de transmissão, mais potência é aplicada a áreas de frequência com menor atenuação em comparação com as outras frequências.

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Inicialmente, considerando um sistema com um número discreto de subportadoras. No entanto, suponha uma relação contínua entre a potência de transmissão e o número alcançável de bits transmitidos por símbolo (um aumento infinitesimal de potência leva a um aumento infinitesimal de taxa de bits).



# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Inicialmente, considerando um sistema com um número discreto de subportadoras. No entanto, suponha uma relação contínua entre a potência de transmissão e o número alcançável de bits transmitidos por símbolo (um aumento infinitesimal de potência leva a um aumento infinitesimal de taxa de bits).
- 2 considere  $n = 1, 2, \dots, N$ . subportadoras dividem a largura de banda do canal  $B$ , de tal forma que a largura de banda de cada subportadora seja denotado por  $\Delta f = B/N$ .

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Inicialmente, considerando um sistema com um número discreto de subportadoras. No entanto, suponha uma relação contínua entre a potência de transmissão e o número alcançável de bits transmitidos por símbolo (um aumento infinitesimal de potência leva a um aumento infinitesimal de taxa de bits).
- 2 considere  $n = 1, 2, \dots, N$ . subportadoras dividem a largura de banda do canal  $B$ , de tal forma que a largura de banda de cada subportadora seja denotado por  $\Delta f = B/N$ .
- 3 A atenuação em cada subportadora  $n$  é denotada por  $h_n^{(t)}$ , assumindo uma potência do ruído como  $\sigma^2$  produzindo a SNR denotada abaixo:

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Inicialmente, considerando um sistema com um número discreto de subportadoras. No entanto, suponha uma relação contínua entre a potência de transmissão e o número alcançável de bits transmitidos por símbolo (um aumento infinitesimal de potência leva a um aumento infinitesimal de taxa de bits).
- 2 considere  $n = 1, 2, \dots, N$ . subportadoras dividem a largura de banda do canal  $B$ , de tal forma que a largura de banda de cada subportadora seja denotado por  $\Delta f = B/N$ .
- 3 A atenuação em cada subportadora  $n$  é denotada por  $h_n^{(t)}$ , assumindo uma potência do ruído como  $\sigma^2$  produzindo a SNR denotada abaixo:

## Definition

$$v_n^{(t)} = \frac{p_n^{(t)} (h_n^{(t)})^2}{\sigma^2}$$

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Para cada SNR calculada, correspondente a cada subportadora  $n$  . A capacidade da subportadora pode ser calculada da seguinte forma :

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Para cada SNR calculada, correspondente a cada subportadora  $n$  . A capacidade da subportadora pode ser calculada da seguinte forma :

## Definition

$$r_n^{(t)} = \Delta f * \log_2(1 + v_n^{(t)})$$

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Para cada SNR calculada, correspondente a cada subportadora  $n$ . A capacidade da subportadora pode ser calculada da seguinte forma :

## Definition

$$r_n^{(t)} = \Delta f * \log_2(1 + v_n^{(t)})$$

- 2 A capacidade total do sistema é dada pela soma de todas as capacidades individuais de cada subportadora.

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Para cada SNR calculada, correspondente a cada subportadora  $n$ . A capacidade da subportadora pode ser calculada da seguinte forma :

## Definition

$$r_n^{(t)} = \Delta f * \log_2(1 + v_n^{(t)})$$

- 2 A capacidade total do sistema é dada pela soma de todas as capacidades individuais de cada subportadora.
- 3 Dado o orçamento de potência  $P_{max}$ , um problema de otimização pode ser formulado, maximizando a capacidade ao distribuir a potência de transmissão:

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Para cada SNR calculada, correspondente a cada subportadora  $n$ . A capacidade da subportadora pode ser calculada da seguinte forma :

## Definition

$$r_n^{(t)} = \Delta f * \log_2(1 + v_n^{(t)})$$

- 2 A capacidade total do sistema é dada pela soma de todas as capacidades individuais de cada subportadora.
- 3 Dado o orçamento de potência  $P_{max}$ , um problema de otimização pode ser formulado, maximizando a capacidade ao distribuir a potência de transmissão:

## Definition

$$\text{Max } \Delta f * \sum_{\forall n} (1 + \frac{p_n^{(t)} * (h_n^{(t)})^2}{\sigma^2}) , \sum_{\forall n} p_n^{(t)} \leq P_{max}$$



# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 O problema (Water-Pouring ou Water-Filling) é um problema de otimização contínua não linear. Pode ser resolvido analiticamente aplicando a técnica de multiplicadores de Lagrange. Essa técnica resulta, após algumas transformações padrão na equação definida abaixo :

## Definition

$$p_n^{(t)}, opt = \frac{1}{N} \left( \sum_{\forall i} \frac{\sigma^2}{(h_i^{(t)})^2} + P_{max} \right) - \frac{\sigma^2}{(h_n^{(t)})^2}$$

- 2 Essa expressão analítica representa o resultado intuitivo da solução do water-filling: quanto menor a atenuação relativa de um subportadora (em comparação com todas as outras atenuações), mais potência de transmissão essa subportadora receberá.

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 O problema de maximização Water-filling se torna um problema de otimização de programação inteira quando se tem um número fixo de tipos de modulação disponíveis.

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 O problema de maximização Water-filling se torna um problema de otimização de programação inteira quando se tem um número fixo de tipos de modulação disponíveis.
- 2 Isso faz com que a formulação do problema de maximização de taxa (bit rate maximization problem) se torne um problema de otimização de programação inteira, onde se busca determinar a melhor alocação de energia para cada subportadora, tendo em conta as restrições impostas pelos tipos de modulação/codificação disponíveis.

# Dynamic Schemes for Point-to-Point Connections

- ❶ O problema de maximização Water-filling se torna um problema de otimização de programação inteira quando se tem um número fixo de tipos de modulação disponíveis.
- ❷ Isso faz com que a formulação do problema de maximização de taxa (bit rate maximization problem) se torne um problema de otimização de programação inteira, onde se busca determinar a melhor alocação de energia para cada subportadora, tendo em conta as restrições impostas pelos tipos de modulação/codificação disponíveis.
- ❸ De uma forma geral quando não há restrições no número de tipos de modulação, o problema de maximização de capacidade com distribuição de potência pode ser tratado como um problema de otimização não linear contínuo. Mas quando há um número finito de modulações disponíveis, o problema se torna um problema de otimização de programação inteira, pois a alocação de potência para cada subportadora é restrita a um conjunto discreto de valores..

# System Aspects of Dyn. Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Em um estudo, Czylik compara o desempenho de um sistema SCM com equalização de frequência com o desempenho de um sistema OFDM com modulação fixa e adaptativa. Para diferentes canais sem fio, Czylik encontra uma melhoria de cerca de 2 dB ao mudar do sistema SCM para o sistema OFDM fixo (ambos aplicando o mesmo tipo de modulação), e uma melhoria adicional de cerca de 4 dB ao mudar do sistema OFDM fixo para o sistema OFDM com modulação adaptativa.

# System Aspects of Dyn. Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Em um estudo, Czylikwik compara o desempenho de um sistema SCM com equalização de frequência com o desempenho de um sistema OFDM com modulação fixa e adaptativa. Para diferentes canais sem fio, Czylikwik encontra uma melhoria de cerca de 2 dB ao mudar do sistema SCM para o sistema OFDM fixo (ambos aplicando o mesmo tipo de modulação), e uma melhoria adicional de cerca de 4 dB ao mudar do sistema OFDM fixo para o sistema OFDM com modulação adaptativa.
- 2 Em um estudo posterior, Czylikwik investiga a diferença de desempenho (em termos de probabilidades de erro de bits) entre modulação adaptativa (com alocação de potência fixa) e carregamento adaptativo (alocação variável de potência e bits). Para todos os canais considerados (dois diferentes, baseados em medidas), o OFDM fixo é significativamente superado (cerca de 5 dB) pelo OFDM com modulação adaptativa.

# System Aspects of Dyn. Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Em um estudo, Czylikwik compara o desempenho de um sistema SCM com equalização de frequência com o desempenho de um sistema OFDM com modulação fixa e adaptativa. Para diferentes canais sem fio, Czylikwik encontra uma melhoria de cerca de 2 dB ao mudar do sistema SCM para o sistema OFDM fixo (ambos aplicando o mesmo tipo de modulação), e uma melhoria adicional de cerca de 4 dB ao mudar do sistema OFDM fixo para o sistema OFDM com modulação adaptativa.
- 2 Em um estudo posterior, Czylikwik investiga a diferença de desempenho (em termos de probabilidades de erro de bits) entre modulação adaptativa (com alocação de potência fixa) e carregamento adaptativo (alocação variável de potência e bits). Para todos os canais considerados (dois diferentes, baseados em medidas), o OFDM fixo é significativamente superado (cerca de 5 dB) pelo OFDM com modulação adaptativa.
- 3 No entanto, a diferença entre modulação adaptativa e carregamento adaptativo é bastante pequena, em torno de 1 dB. Isso indica que o custo computacional relacionado à adaptação da alocação de bits e potência não vale o ganho de desempenho alcançado, pelo menos para as características de canal estudadas.

# System Aspects of Dyn. Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Como o transmissor obtém os estados do canal do receptor e como um esquema de adaptação se comporta em canais variáveis no tempo. A primeira questão está fortemente relacionada ao esquema de duplex.



# System Aspects of Dyn. Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Como o transmissor obtém os estados do canal do receptor e como um esquema de adaptação se comporta em canais variáveis no tempo. A primeira questão está fortemente relacionada ao esquema de duplex.
- 2 Duplexação Time Division Duplex (TDD) E Frequency Division Duplex (FDD).

# System Aspects of Dyn. Schemes for Point-to-Point Connections

- ① Como o transmissor obtém os estados do canal do receptor e como um esquema de adaptação se comporta em canais variáveis no tempo. A primeira questão está fortemente relacionada ao esquema de duplex.
- ② Duplexação Time Division Duplex (TDD) E Frequency Division Duplex (FDD).
- ③ A segunda questão está relacionada à perda de desempenho devido ao conhecimento realista do canal. o receptor estima o canal no início de uma fase de transmissão com base em pilotos. Durante a transmissão, os estados atuais do canal podem diferir cada vez mais da estimativa, pois o canal sem fio é seletivo no tempo.

# System Aspects of Dyn. Schemes for Point-to-Point Connections

- 1 Como o transmissor obtém os estados do canal do receptor e como um esquema de adaptação se comporta em canais variáveis no tempo. A primeira questão está fortemente relacionada ao esquema de duplex.
- 2 Duplexação Time Division Duplex (TDD) E Frequency Division Duplex (FDD).
- 3 A segunda questão está relacionada à perda de desempenho devido ao conhecimento realista do canal. o receptor estima o canal no início de uma fase de transmissão com base em pilotos. Durante a transmissão, os estados atuais do canal podem diferir cada vez mais da estimativa, pois o canal sem fio é seletivo no tempo.
- 4 Overhead de sinalização.

# Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA

- 1 Dado a abordagem realizada anteriormente acerca da técnica OFDM, outra possibilidade interessante com essa técnica se dá pelo fato de como o desvanecimento rápido tem efeitos diferentes nas diferentes subportadoras de cada usuário, existe a possibilidade de que subportadoras com alto desvanecimento para um usuário estejam com boas condições de canal para outro.

# Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA

- 1 Dado a abordagem realizada anteriormente acerca da técnica OFDM, outra possibilidade interessante com essa técnica se dá pelo fato de como o desvanecimento rápido tem efeitos diferentes nas diferentes subportadoras de cada usuário, existe a possibilidade de que subportadoras com alto desvanecimento para um usuário estejam com boas condições de canal para outro.
- 2 Isso é conhecido como diversidade multiusuário e é um dos pontos fortes da alocação dinâmica de recursos de rádio no contexto OFDMA.

# Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA

- 1 Dado a abordagem realizada anteriormente acerca da técnica OFDM, outra possibilidade interessante com essa técnica se dá pelo fato de como o desvanecimento rápido tem efeitos diferentes nas diferentes subportadoras de cada usuário, existe a possibilidade de que subportadoras com alto desvanecimento para um usuário estejam com boas condições de canal para outro.
- 2 Isso é conhecido como diversidade multiusuário e é um dos pontos fortes da alocação dinâmica de recursos de rádio no contexto OFDMA.
- 3 E além disso, pelo fato das subportadoras serem sub-canais independentes, possibilitando assim a aplicação de técnicas distintas de alocação de recursos. Fornecendo grande flexibilidade para a alocação de recursos em OFDM.

# Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA

- 1 Da teoria da informação, sabemos que a capacidade de um enlace em um canal seletivo em frequência é alcançado aplicando o teorema water-filling

# Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA

- 1 Da teoria da informação, sabemos que a capacidade de um enlace em um canal seletivo em frequência é alcançado aplicando o teorema water-filling
- 2 Contudo, essa solução não pode ser aplicada diretamente em sistemas OFDMA visto que essa solução considera que a potência pode ser alocada na frequência com uma granularidade infinita.



# Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA

- 1 Da teoria da informação, sabemos que a capacidade de um enlace em um canal seletivo em frequência é alcançado aplicando o teorema water-filling
- 2 Contudo, essa solução não pode ser aplicada diretamente em sistemas OFDMA visto que essa solução considera que a potência pode ser alocada na frequência com uma granularidade infinita.
- 3 Para ser aplicado em OFDMA, seria necessário que a largura de banda das subportadoras fossem infinitesimal.

# Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA

- 1 Da teoria da informação, sabemos que a capacidade de um enlace em um canal seletivo em frequência é alcançado aplicando o teorema water-filling
- 2 Contudo, essa solução não pode ser aplicada diretamente em sistemas OFDMA visto que essa solução considera que a potência pode ser alocada na frequência com uma granularidade infinita.
- 3 Para ser aplicado em OFDMA, seria necessário que a largura de banda das subportadoras fossem infinitesimal.
- 4 O fato de utilizar esquemas dinâmicos de alocação de recursos requer a sinalização ao receptor das MCSs (Modulation and Coding Schemes) utilizadas em cada subportadora.

# Cenário Ponto-Multiponto

- 1 Em um cenário ponto-multiponto pode-se obter ganhos de eficiência espectral ainda maiores comparado ao cenário ponto-ponto.

# Cenário Ponto-Multiponto

- 1 Em um cenário ponto-multiponto pode-se obter ganhos de eficiência espectral ainda maiores comparado ao cenário ponto-ponto.
- 2 Com o compartilhamento da banda entre os múltiplos usuários devido a diversidade multiusuário.

# Cenário Ponto-Multiponto

- 1 Em um cenário ponto-multiponto pode-se obter ganhos de eficiência espectral ainda maiores comparado ao cenário ponto-ponto.
- 2 Com o compartilhamento da banda entre os múltiplos usuários devido a diversidade multiusuário.
- 3 Devido a independência dos canais, subportadoras que estejam em condições ruins para determinado usuário, não significa necessariamente que para um outro usuário esta subportadora esteja também neste mesmo estado.

# Cenário Ponto-Multiponto

- 1 Em um cenário ponto-multiponto pode-se obter ganhos de eficiência espectral ainda maiores comparado ao cenário ponto-ponto.
- 2 Com o compartilhamento da banda entre os múltiplos usuários devido a diversidade multiusuário.
- 3 Devido a independência dos canais, subportadoras que estejam em condições ruins para determinado usuário, não significa necessariamente que para um outro usuário esta subportadora esteja também neste mesmo estado.
- 4 O ganho de eficiência espectral assim obtido é chamado de ganho de diversidade multiusuário.

# Cenário Ponto-Multiponto - Alocação de Recursos

- 1 O objetivo é maximizar a taxa agregada de todos os usuários em cada intervalo de transmissão.

## Definition

$$\begin{aligned} & \text{Max } \sum_{\forall j} \sum_{\forall n} F\left(\frac{p_n * h_n}{\sigma^2}\right) * x_{j,n} \\ & \text{sujeito a} \\ & \sum_{\forall n} p_n \leq P_{\max}, \\ & \sum_{\forall j} x_{j,n} \leq 1 \forall n. \end{aligned}$$

- 2 A primeira restrição segue a mesma ideia do cenário ponto-ponto, ou seja, a soma de todas as potências alocadas em cada subportadora não deve exceder a potência total do sistema.
- 3 A outra é específica para o caso multiusuário. Ela representa que cada subportadora pode estar associada a apenas um usuário por vez.

# Simulação Sistema Ponto-Ponto

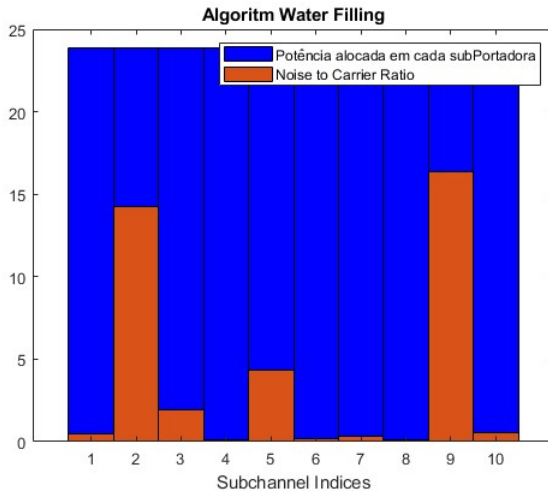
- 1 Como solicitado, desenvolveu-se a implementação em MATLAB do teorema Water Filling, e a utilização da Função `Fmincon()` da toolbox Optimization do MATLAB.
- 2 Um dos objetivos se deu após a leitura dos artigos em analisar por meio da simulação que esquemas com alocação uniforme de potência tendem a aproximar os esquemas com adaptação de potência quando a diversidade do canal diminui.
- 3 Outro objetivo será analisar o resultado da maximização da equação de capacidade utilizando o algoritmo water filling e a função própria do MATLAB 'fmincon'.
- 4 Foram analisadas três classes objetivas, a primeira se dá pela otimização da função do cálculo de capacidade usando adaptação de Potência, em outra análise apenas distribuiu-se de forma igualitária a potência pelo número de subportadoras e último teste se deu analisando a otimização pela função `Fmincon`.



# Simulação Sistema Ponto-Ponto

- ① Para a implementação, considerou-se que :
  - ① O número de subportadoras é  $N = 10$ .
  - ② A potência máxima é 200 W.
  - ③ A potência do ruído é 1 W.
  - ④ A largura de banda de cada subportadora é 1 Hz.
  - ⑤ O Canal é modelado como  $10 * \text{rand}(1, N)$ .
- ② Destaque-se que o número de subportadoras foi alterado em análises posteriores, além disso considerou-se que a largura de banda e potência fossem a mesma nessas análises.

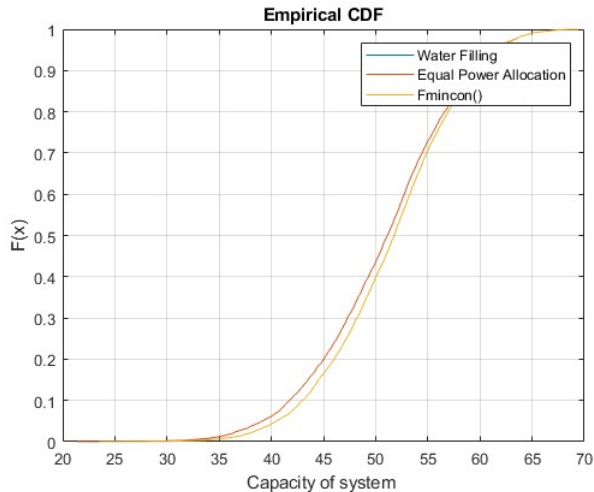
# Análise Visual do resultado de Alocação de Potência



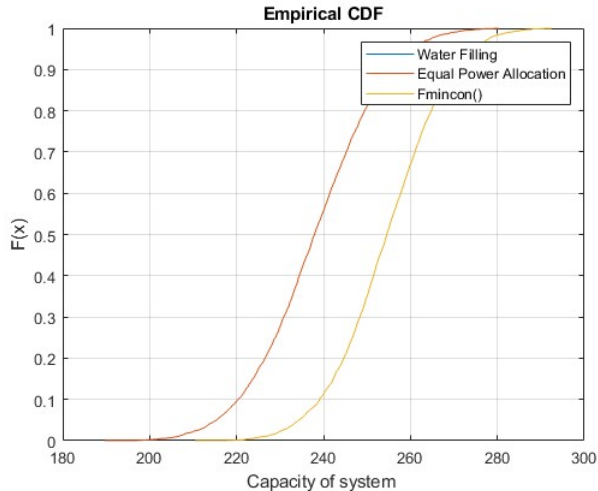
# Simulação Sistema Ponto-Ponto

- 1 Na simulação realizada, como esperado, a capacidade do sistema utilizando o algoritmo Water Filling implementado e a capacidade obtida por meio da função Fmincon foram iguais, já que os dois métodos propõe-se na maximização da função realizando a alocação adaptativa de potência.
- 2 Já a solução utilizando o método de alocar potência na forma Equal Power Allocation, ou seja ,alocar a mesma potência igualitariamente em todas as subportadoras gerou uma capacidade relativamente inferior conforme o esperado.
- 3 Como o canal possui características randômicas, para uma análise mais adequada, gerou-se 5000 amostras de capacidades do sistema usando a alocação dinâmica pelo método Water Filling, equal Power Allocation e pela função Fmincon .
- 4 Variou-se o número de subportadoras em 10, 100 e 1000. A última não foi possível obter 5000 amostras por conta do tempo de processamento, mas obteve-se 1736 amostras usando 1000 subportadoras.

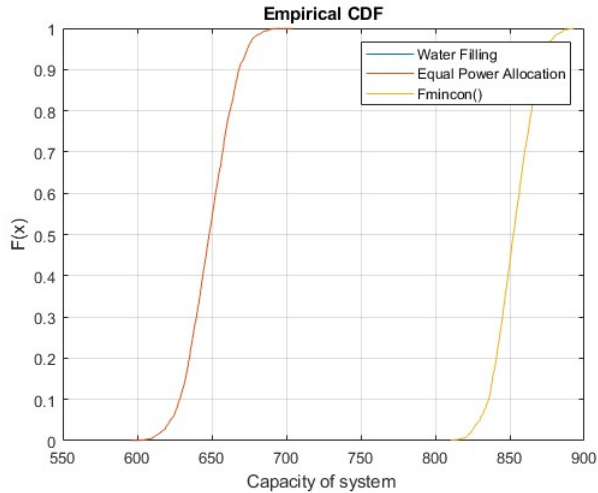
# Plotagem CDF para 10 subportadoras



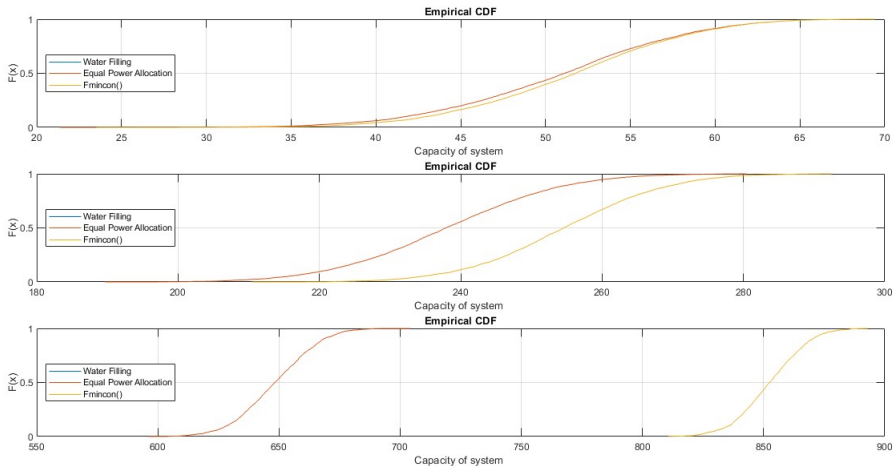
# Plotagem CDF para 100 subportadoras



# Plotagem CDF para 1000 subportadoras



# Comparação dos Resultados



# Conclusão

- 1 Pelos resultados discutidos, de acordo com a teoria o valor de capacidade utilizando o método water filling e o valor obtido utilizando a função de otimização fmincon foram iguais o que era esperado, uma vez que estão sendo aplicados sob a mesmas condições do canal e ambos são mecanismos de otimização por mais que a função fmincon seja mais complexa em alguns pontos, para a simulação de um sistema ponto-ponto teve resultados coerentes com o esperado .
- 2 Por outro lado, sabendo da complexidade computacional envolvida na otimização de problemas não lineares como os aqui estudados, uma análise apropriada seria se a alocação adaptativa de potência vale o esforço computacional. Quando comparado com a capacidade com alocações de potência Equal Power Allocation, observou-se que para números pequenos de subportadoras a diferença na capacidade é irrelevante, entretanto a alocação adaptativa se torna bastante necessário e evidente quanto maior for o número de subportadoras.



# Referências Bibliográficas I



James Gross, Mathias Bohge.

*Dynamic Mechanisms in OFDM Wireless Systems: A Survey on Mathematical and System Engineering Contributions..*

Berlin, KN Technical Report , 2006.



Francisco Rodrigo P. Cavalcanti, Walter C. Freitas Jr., Ricardo B. dos Santos and Francisco Rafael M. Lima.

*Algoritmos de Alocação de Recursos de Rádio em Sistemas OFDMA..*

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES , SBrT 2007, 03-06 DE SETEMBRO DE 2007, RECIFE, PE.

*Programa em Matlab Disponível em : . <https://github.com/emanuelvalerio/Power-Allocation-in-Mobile-Communication-Systems>*