



# XXXIV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais

## **Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações**

### *Autores:*

Emmanuel Tavares Affonso – UFLA

Rodrigo Dantas Nunes – UFLA

Prof. Demóstenes Zegarra Rodríguez – UFLA

Profa. Renata Lopes Rosa – USP

Profa. Graça Bressan – USP

Prof. Miguel Arjona Ramírez – USP



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Roteiro

- 1) Introdução
- 2) Conceitos Básicos QoE, QoS
- 3) Métodos de avaliação de qualidade de voz
- 4) Métricas de avaliação de qualidade de voz
- 5) Conceitos de Propagação em Canais de Rádio
- 6) Fatores de degradação do sinal de voz (PLR, delay, jitter, fading)
- 7) Estudos de Caso



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Introdução

- O uso de VoIP está presente em nossas vidas.
- Assim, as redes de comunicação tem convergido para a comutação de pacotes.
- Conceitos como IMS (intelectoconectada diferentes tipos de rede) são cada vez mais adotados pela indústria de telecomunicações.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Introdução

Mas como usuários de sistemas baseados em IP, sofremos os problemas deste tipo de rede:

- Atrasos,
- Variação de Atrasos (Jitter),
- Perda de Pacotes.

O resultado disso, é a degradação do sinal



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Introdução

A fim de minimizar as deficiências na confiabilidade das transmissões VoIP, as comunicações são realizadas com uso dos protocolos RTP e UDP.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Introdução

Em geral, os fatores de degradação do sinal são vários:

- em redes cabeadas, os maiores problemas estão associados a perda de pacotes,
- em redes sem fio, o desafio é maior, e muitos outros problemas podem gerar degradação.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Introdução

Medir e quantificar degradações em Wireless é um desafio, pois há poucas pesquisas. Entretanto, existem modelos de desvanecimento no canal RF ou fading, que simulam degradações em ambientes reais.

Infelizmente, nem todos os algoritmos das recomendações ITU-T estão aptos a tratar estes problemas.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Introdução

Tudo isso afeta o sinal que chega para o usuário.

Com o intuito de avaliar a qualidade de serviços de comunicação, diferentes métodos são usados. Estes são descritos pelos grupos de estudo do Setor de Padronização de Telecomunicações da União Internacional de Telecomunicações – ITU-T





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos QoE, QoS

O objetivo destes métodos são avaliar a qualidade do serviço contratado, e a qualidade de experiência dos usuários:

- Quality of Service (QoS)
- Quality of Experience (QoE)



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Conceitos Básicos QoE, QoS

As métricas de QoS são usadas para avaliar a qualidade dos serviços entregues sob a perspectiva das operadoras de rede, ou pelo provedor do serviço em si.

Outro conceito muito atrelado ao QoS é o **Acordo de Nível de Serviço (Service Level Agreement - SLA)** onde o objetivo é garantir que será prestado o serviço com um nível mínimo de qualidade.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos QoE, QoS

A ITU-T Rec. E. 860, estabelece que dentro da estrutura da SLA, deve haver um elemento denominado **Acordo de QoS** onde deve ser incluso regras formais entre duas partes para monitorar, medir e decidir os parâmetros de QoS aceitáveis para o atendimento do contrato.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Conceitos Básicos QoE, QoS

A QoE por sua vez, pode ser vista como uma extensão da QoS, pois faz uma abordagem além da perspectiva do provedor do serviço, preocupando-se mais com a satisfação global do usuário no uso do serviço.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Conceitos Básicos QoE, QoS

**A norma técnica 3333.1 da IEEE define QoE como o grau de satisfação ou perturbação de um usuário de uma aplicação ou serviço resultante do cumprimento de suas expectativas em relação a utilização do aplicativo ou serviço, tendo em conta a personalidade do usuário e seu estado atual.**



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Conceitos Básicos QoE, QoS

A QoE é um dos critérios para a avaliação de serviços e aplicações, já na ciência cognitiva a QoE reflete as experiências e fatos decorridos na vida de uma pessoa, portanto cada pessoa pode ter uma expectativa diferente em relação a um determinado serviço ou produto



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Conceitos Básicos QoE, QoS

A importância da QoE se deve ao fato de que a **fidelidade de um usuário** por um determinado serviço depende do nível percebido por ele, da qualidade das chamadas. Ou seja, com o nível de QoE.

Isso faz com que os provedores de serviços necessitem conhecer o QoE de seus usuários a fim de torná-los cada vez mais fiéis.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Conceitos Básicos QoE, QoS

Além dos critérios técnicos relacionados ao sinal, a avaliação da QoE por parte do usuário depende ainda de outros fatores como por exemplo, do seu humor no momento da recepção do serviço.





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos QoE, QoS

Outros fatores importantes que influenciam a avaliação da QoE por parte do usuário são:

- 1) Fatores de Influência Humana (HIF)
- 2) Fatores de Influência do Sistema (SIF)
- 3) Fatores de Influência do Contexto (FIC)



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos QoE, QoS

### 1) Fatores de Influência Humano (HIF)

Qualquer propriedade variante ou invariante ou característica de um usuário humano. Essa característica pode relatar a condição socio-econômica, a condição física e mental ou estado emocional do usuário.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos QoE, QoS

### 2) Fatores de Influência do Sistema (SIF)

referem-se a propriedades e características que determinam a qualidade de produção técnica de um aplicativo ou serviço,

- Tem influência direta na QoE, com diferentes características de conteúdo,

- Geralmente se referem a fatores de configuração: codificação, resolução, amostragem, etc.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos QoE, QoS

### 3) Fatores de Influência do Contexto (SIC)

são fatores que abraçam qualquer propriedade situacional para descrever o ambiente do usuário,

Ex.: conteúdo de longa duração não é interessante na hora do almoço em um dia de semana; a música de ritmo rápido é melhor do que a música de ritmo lento em uma academia.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métodos de Avaliação da Qualidade de Voz

Os testes de avaliação de qualidade de voz podem ser realizados seguindo métodos objetivos, onde o índice MOS é dado por software, ou subjetivos, onde há intervenção de indivíduos no resultado da avaliação.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Métodos de Avaliação da Qualidade de Voz

Os métodos subjetivos são baseados em testes de audição conduzidos em um ambiente controlado de laboratório onde voluntários seguem os procedimentos que o supervisor do teste estabelece, ou usando uma ferramenta de Crowdsourcing.

E os métodos objetivos são baseados em algoritmos que tentam prever a avaliação humana sobre um sinal de voz.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métodos de Avaliação da Qualidade de Voz

Os métodos objetivos são ainda divididos em dois tipos: Não intrusivos e intrusivos. Os métodos intrusivos precisam de um sinal de referência para comparar com o sinal no ponto final e garantir a qualidade da pontuação. Por esta razão os métodos intrusivos são mais confiáveis, e tidos como referência para a avaliação objetiva.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métodos de Avaliação da Qualidade de Voz

Em contrapartida, métodos não intrusivos são os métodos que precisam apenas do sinal no ponto final, ou em um dado ponto onde o sinal deve ser avaliado e assim, são mais baratos e rápidos, o que possibilita seu uso em serviços de tempo real.

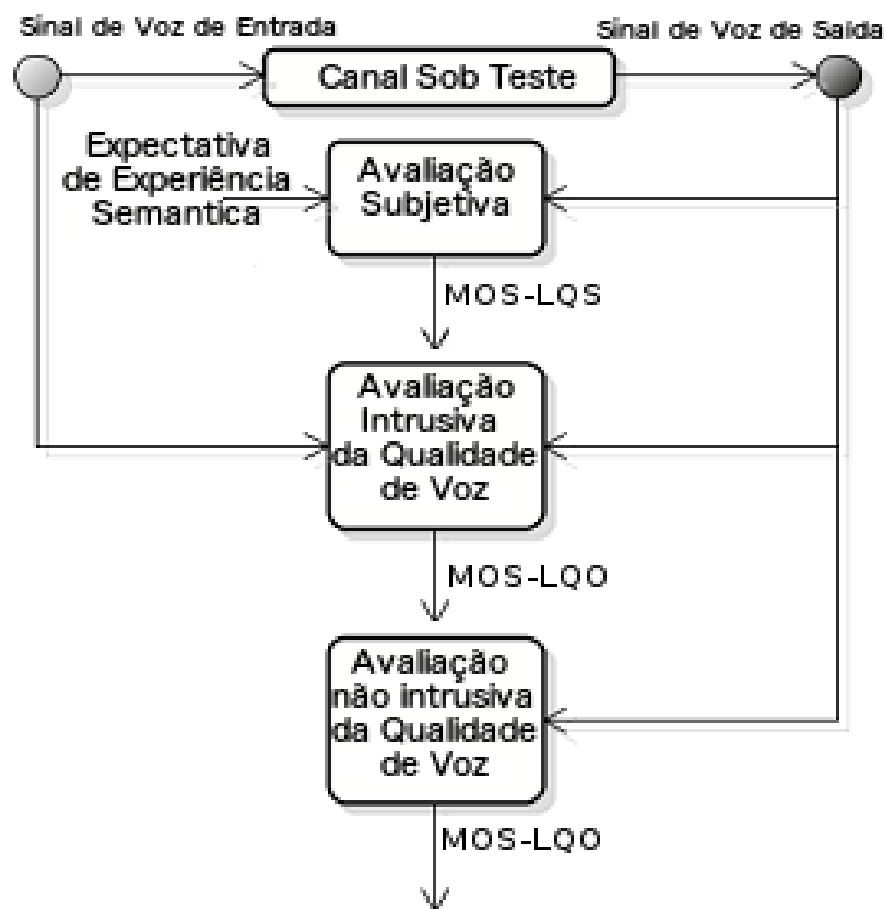




# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Métodos de Avaliação da Qualidade de Voz

A diferença entre os métodos pode ser observada na figura ao lado.





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Métodos de Avaliação da Qualidade de Voz

A seguir, algumas métricas baseadas nos métodos citados

- Recomendação ITU-T P. 800
- Crowdsourcing
- Recomendação ITU-R BS.1534-3
- Recomendação ITU-T P.862
- Recomendação ITU-T P. 863
- Recomendação ITU-T P. 563
- Recomendação ITU-T G. 107
- Recomendação ITU-T G. 1070
- Recomendação ITU-T P. 1201.2



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P. 800
  - descreve métodos e procedimentos para condução e avaliação SUBJETIVA da qualidade de transmissão
  - Avalia equipamentos e sistemas de telecomunicações
  - As avaliações devem utilizar ouvintes e métodos conversacionais de testes subjetivos.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P. 800
  - escalas de julgamento por categoria de 5 pontos.

**TABELA I**  
**ITU-T- ESCALA DE 5 PONTOS – CLASSIFICAÇÃO POR CATEGORIA**  
**ABSOLUTA**

Qualidade de Voz	Pontuação
Excelente	5
Bom	4
Regular	3
Ruim	2
Péssimo	1



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P. 800
  - Ao final dos testes, os valores são computados e transformados em média aritmética dos valores, a qual recebe o nome de Pontuação Média de Opinião (Mean Opinion Score - MOS).



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

### Crowdsourcing

- Métrica Subjetiva
- Alternativa aos testes em laboratório tanto para voz quanto para vídeo
- A tarefa de teste é associada a um grande número de usuários anônimos de diferentes regiões em volta do mundo.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

## Crowdsourcing

- Como vantagem:
  - Capta a QoE percebida de usuários reais
  - Permite participação remota dos usuários
  - Economiza o custo dos equipamentos e montagem de laboratório.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

## Crowdsourcing

- Como desvantagem:
  - Provê um ambiente não controlado de testes
  - Ambientes diferentes para cada participante
  - Requer alguma descrição de procedimentos ou treinamento para cada participante.





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

### Recomendação ITU-R BS.1534-3

- Métrica Subjetiva
- Também conhecida com MUSHURA (Multi stimulus test with hidden reference and anchor)
- Enquanto a P.800 trata avaliação da qualidade em sistemas telefônicos, esta avalia sistemas de áudio de qualidade intermediária



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

### Recomendação ITU-R BS.1534-3

- Uma vez que o conteúdo utilizado seja apropriado, as pontuações devem variar entre 20 e 80 pontos.
- Entre 80 e 100, há a probabilidade de que os resultados sejam inválidos.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

### Recomendação ITU-T P.862

- Métrica objetiva e intrusiva
- **Conhecida como PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality)**
- É referência para validar o resultado das métricas não intrusivas.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

### Recomendação ITU-T P.862

- O PESQ compara um sinal original de áudio  $X(t)$  com um sinal de áudio degradado  $Y(t)$  que é resultado da passagem de  $X(t)$  pelos sistemas de telecomunicação. A saída do PESQ é uma predição da qualidade percebida de  $Y(t)$  por um ouvinte em um teste.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.862
  - Possui algumas limitações:
    - Não provê avaliação compreensiva da qualidade de transmissão, pois apenas mede os efeitos da distorção da voz em via única e dos ruídos na qualidade de voz.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.862
  - Possui algumas limitações:
    - Os efeitos da perda de sonoridade, atrasos, eco e outros problemas relacionados a interações bidirecionais não são refletidos na pontuação dada pelo PESQ. Além disso, o algoritmo da PESQ não pode ser usado para substituir os testes subjetivos.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.863
  - Métrica objetiva e intrusiva
  - Conhecida como POLQA - Perceptual Objective Listening Quality Assessment
  - É a evolução da P.862, por isso segue o mesmo modelo de referência completa.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.863
  - Usada para predição global da qualidade de voz da banda estreita (300 a 3400 Hz) até a superbanda larga (50 a 14000 Hz) em cenários de telecomunicações.
  - Incorpora requisitos atuais da indústria e, em particular, permite a avaliação de voz na superbanda larga, bem como em redes e codecs que introduzem a sincronização temporal.





## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.563
  - Método objetivo, não intrusivo
  - Utilizado para predição da qualidade em aplicações telefônicas de banda estreita
  - Não necessita de um sinal de referência para sua avaliação, e por isso, é recomendada para aplicações de tempo-real, como o VoIP.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.563
  - Considera todas as classes de distorção comuns ao Serviço Telefônico Fixo Comutado
  - Usa o sistema de pontuação MOS-LQO (Listening Quality Objective) em acordo com a P.800.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.563
  - Funciona como se um ouvinte humano estivesse em um dado ponto da transmissão ouvindo o sinal com um dispositivo convencional de telefonia, atribuindo ao final uma nota de 1 a 5.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.563
  - Possui limitações conhecidas:
    - Em redes IP não trata devidamente a perda de pacotes.
    - Não pontua devidamente os silêncios naturais da fala humana no sinal
    - Atribui notas baixas se houver ruído no ambiente de origem da chamada.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.107
  - Conhecida como E-Model.
  - É um modelo utilizado para avaliação de qualidade com vários efeitos de degradações combinados.
  - Opera em banda estreita de 3.1 KHz.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

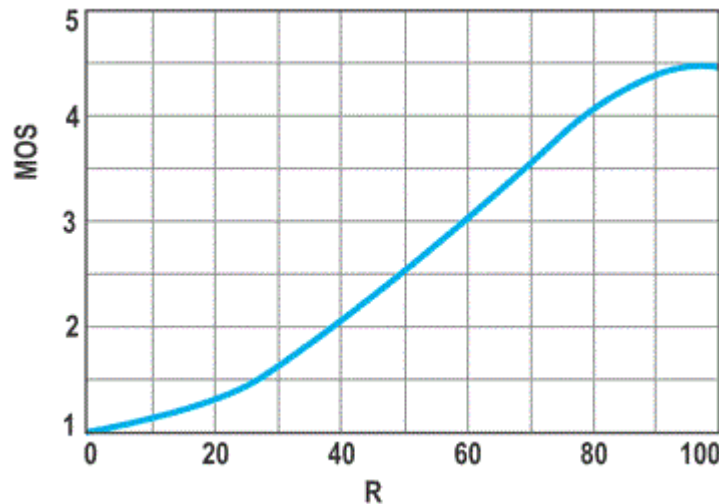
- Recomendação ITU-T P.107
  - Este modelo leva em consideração os impedimentos de transmissão como atraso, eco, distorção, codecs e outros. Que são classificados em uma escala de 0 a 100 chama da de R.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.107
  - Fator R em relação com MOS:





## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.107
  - $R$  o fator de qualidade.
  - $R_o$  é a relação com o sinal de ruído.
  - $I_s$  representa as degradações simultâneas.
  - $I_d$  é a degradação pelo atraso.
  - $I_e$  a degradação gerada pelo codificador.
  - $A$  o fator de melhora esperado.





## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.1070
  - Utilizado na avaliação de aplicações de vídeo e telefonia.
  - Este modelo assume que seja utilizado em redes IP e o terminal seja um computador pessoal, notebook, telefones móveis, dentre outros.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.1201.2
  - Modelo utilizado para monitoramento de áudio e vídeo.
  - Utilizado em área de alta resolução da recomendação P.1201.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

- Recomendação ITU-T P.1201.2
  - Pode ser utilizado em monitoramento de serviços de vídeo de alta resolução como IPTV (*Internet Protocol Television*).



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Métricas de Avaliação da Qualidade de Voz

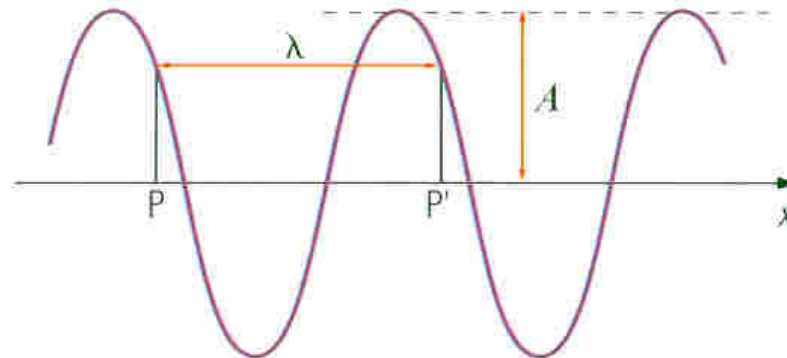
- Recomendação ITU-T P.1201.2
  - Pode ser utilizado em monitoramento de serviços de vídeo de alta resolução como IPTV (*Internet Protocol Television*).



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos de Propagação em Canal de Rádio

- Onda de uma transmissão.
  - Amplitude: altura da onda.
  - Comprimento: distância entre os picos.
  - Período ou ciclo: sinal sai de um ponto e volta até o mesmo ponto.





## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Conceitos Básicos de Propagação em Canal de Rádio

Uma transmissão é feita através de uma onda portadora.

- Frequência na qual será efetuada a transmissão.
- Para a transmissão primeiro o sinal precisa ser modularizado.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Conceitos Básicos de Propagação em Canal d Rádio

- Frequência.
  - Frequência é o número de ocorrência dentro de um intervalo de tempo.
  - Em uma onda usa a unidade de medida Hertz(Hz), definindo o número de ciclos por segundo.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos de Propagação em Canal de Rádio

- Frequência.

1 Hz	1	1 ciclo
1 KHz	1.000	Mil ciclos
1 MHz	1.000.000	1 milhão de ciclos
1 GHz	1.000.000.000	1 bilhão de ciclos





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos de Propagação em Canal de Rádio

- Frequência.

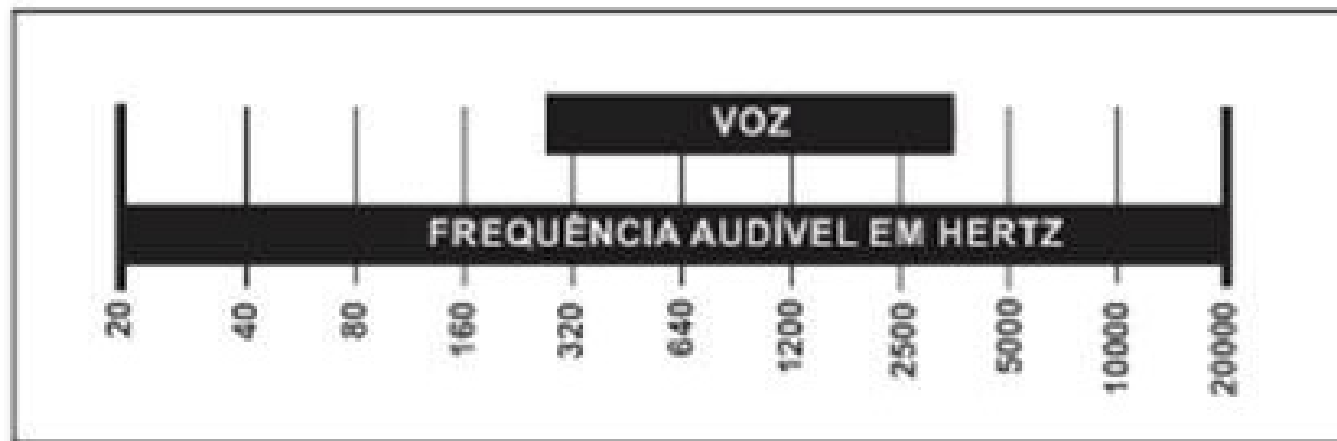
Descrição	Frequência	Comprimento Onda
<b>ELF</b> extremely low frequency	3Hz to 30Hz	100'000 km - 10'000 km
<b>SLF</b> superlow frequency	30Hz to 300Hz	10'000 km - 1'000 km
<b>ULF</b> ultralow frequency	300Hz to 3000Hz	1'000 km - 100 km
<b>VLF</b> very low frequency	3kHz to 30kHz	100 km - 10 km
<b>LF</b> low frequency	30kHz to 300kHz	10 km - 1 km
<b>MF</b> medium frequency	300kHz to 3000kHz	1 km - 100 m
<b>HF</b> high frequency	3MHz to 30MHz	100 m - 10 m
<b>VHF</b> very high frequency	30MHz to 300MHz	10 m - 1 m
<b>UHF</b> ultrahigh frequency	300MHz to 3000MHz	1 m - 10 cm
<b>SHF</b> superhigh frequency	3GHz to 30GHz	10 cm - 1 cm
<b>EHF</b> extremely high frequency	30GHz to 300GHz	1 cm - 1 mm



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos de Propagação em Canal de Rádio

- Frequência.
  - Voz humana 300 Hz até 3.400 Hz.





## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Conceitos Básicos de Propagação em Canal de Rádio

## Modulação.

- Modulação é como o sinal é adicionado em uma onda de rádio frequência.
- Uma variação linearmente proporcional a uma onda senoidal.
- A variação pode ser pela amplitude da onda (AM), pela frequência (FM) ou fase (PM).



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

# Conceitos Básicos de Propagação em Canal de Rádio

### Modulação.

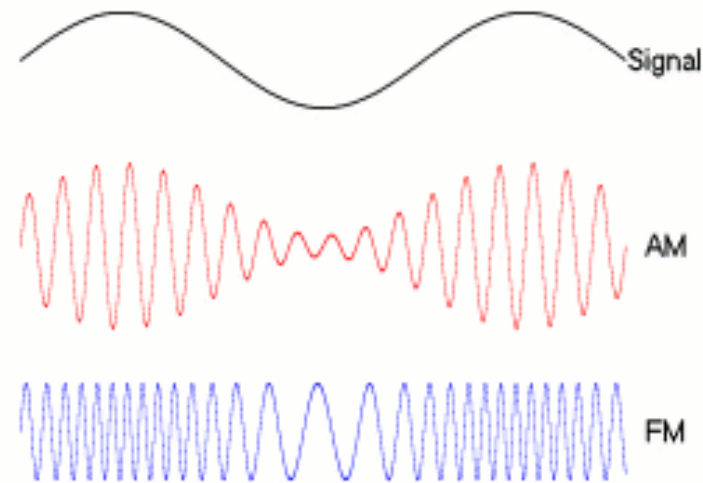
- AM as informações são transportadas por meio de uma portadora variando a amplitude da onda.
- FM as informações são transportadas por meio de uma portadora variando a frequência da onda.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conceitos Básicos de Propagação em Canal d Rádio

- Modulação.
  - AM, FM e portadora.





## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Fatores de degradação do sinal de Voz

Degradação pode ocorrer.

- Degradação em um meio cabeado de transmissão.
- Desvanecimento ou fading em um canal wireless.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Fatores de degradação do sinal de Voz

Degradação em um meio cabeado.

- Perda de pacotes (PLR ou Packet Loss Rate), ocorre quando switches e/ou roteadores descartam pacotes quando estão congestionados, e também por problemas no meio físico de transporte.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Fatores de degradação do sinal de Voz

Degradação em um meio cabeado.

- Latência, corresponde com o tempo de propagação do sinal pelo meio até seu destino.





## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Fatores de degradação do sinal de Voz

Degradação em um meio cabeado.

- Jitter ou variação de atrasos, é associado com o intervalo de tempo do recebimento de cada pacote no receptor.



## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Fatores de degradação do sinal de Voz

- Fading ou desvanecimento.
  - Atenuação em larga escala, ocorre quando o transmissor e o receptor estão em grandes distâncias.
  - Atenuação em pequena escala, é associado a variação da amplitude do sinal e no descolamento do emissor ou receptor.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.

- Perdas no espaço livre, reflexão, difração, dispersão, absorção, interferências.

- Pequena escala.

- Múltiplo percurso e efeito Doppler.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.

- Perdas no espaço livre, ocorre quando apenas parte da energia transmitida através de ondas eletromagnéticas é captada pela antena receptora.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.

- Reflexão, quando uma onda de rádio encontra um obstáculo, parte dela ou sua totalidade é refletida. Causando uma perda de potência para a onda de rádio.

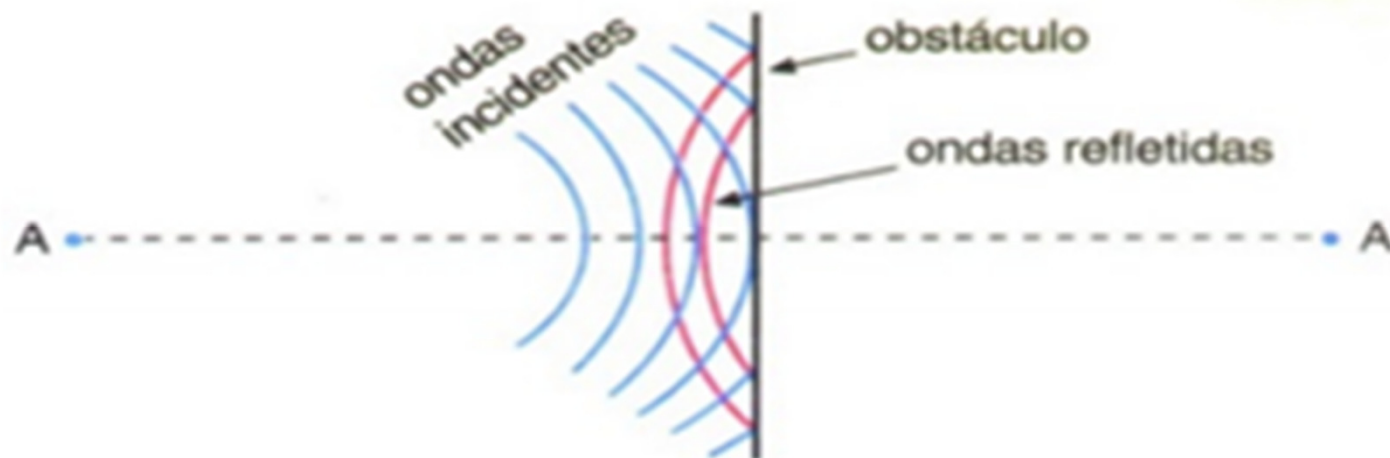


# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.
  - Reflexão.





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.

- Difração, as ondas iriam refletir para a mesma pessoa (reflexão), ou passar pelo muro (refração), porém a intensidade seria bastante menor.

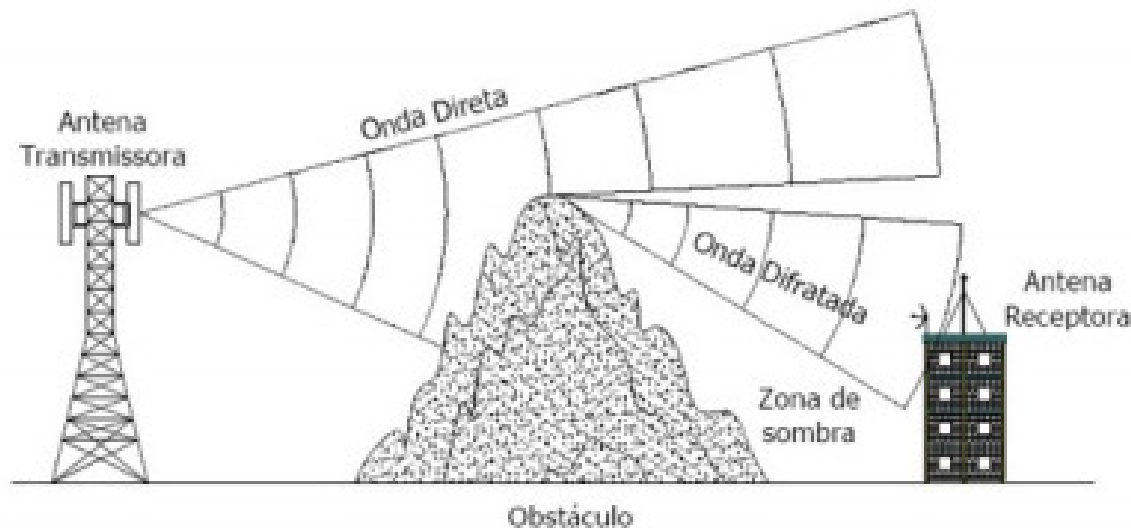


# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.
  - Difração.







# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.

- Disperção ou espelhamento, ocorre pelo fato que, quando uma onda de rádio se colide com uma superfície áspera, a energia refletida é difundida em todas as direções, devido à dispersão.



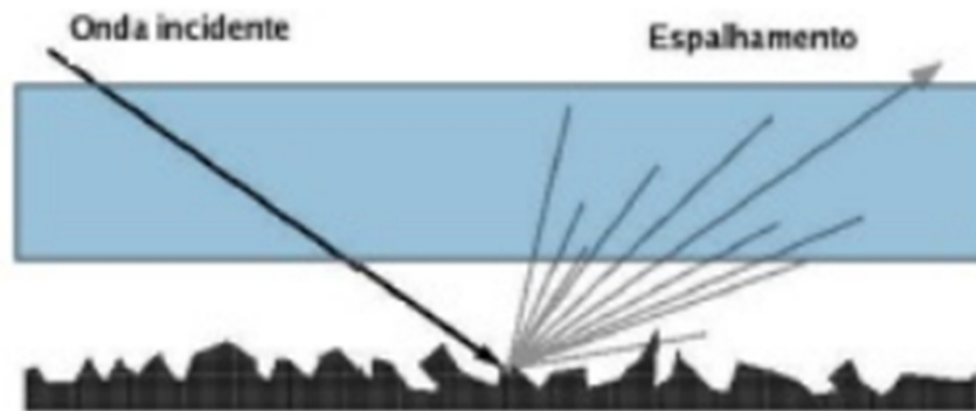
# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.

- Dispersão ou espelhamento.





## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.

- Absorção, ocorre quando um sinal atinge um objeto e ele é totalmente absorvido pelo seu material. A onda não atravessa, reflete ou contorna o material.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Larga escala.

- Interferências, como seu nome já diz, ocorrem quando no ambiente há algum outro sinal inibindo ou atrapalhando a onda chegar ao seu destino.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Pequena escala.

- Múltiplo percurso, se da quanto a presença de objetos refletindo e dispersores no canal cria um ambiente em constante mudança, fazendo com que a energia do sinal dissipa em amplitude, fase e tempo.



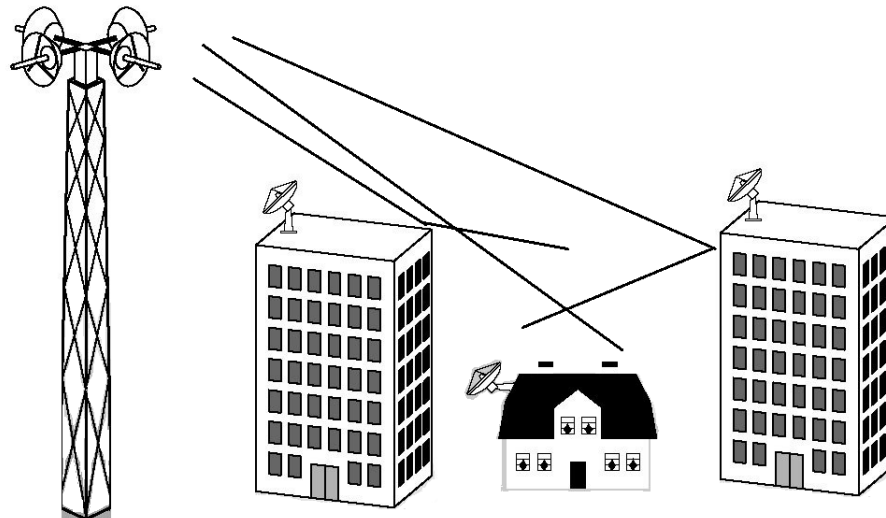
# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Pequena escala.

- Multiplopercurso.





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Pequena escala.

- Efeito doppler, associado a velocidade de deslocamento do emissor ou receptor, causando variação da frequência do sinal.

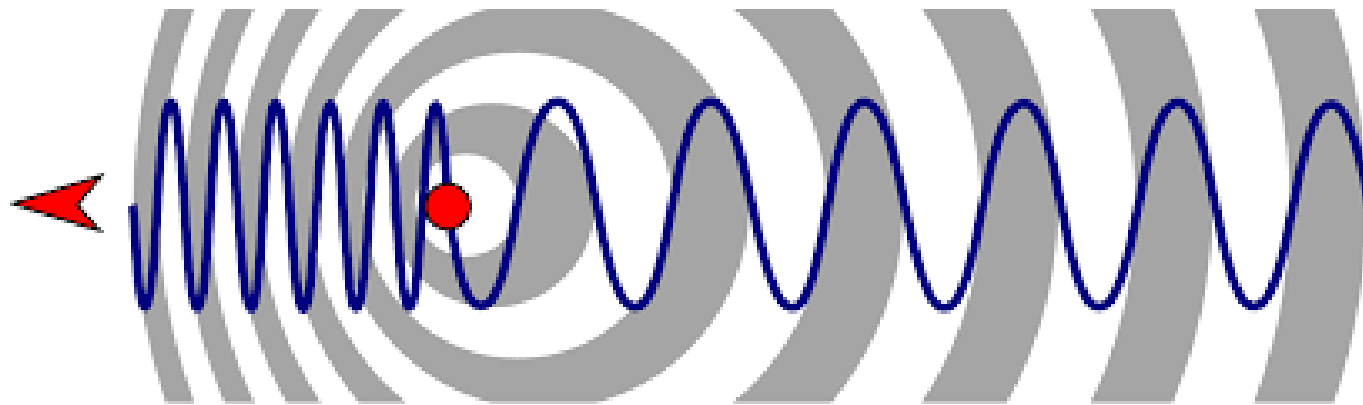


# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Pequena escala.
- Efeito doppler.







## Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

### Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Pequena escala.

- Efeito doppler.

$$f' = f \left( \frac{v \pm v_o}{v \pm v_f} \right)$$



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- Dois modelos conhecidos que são capazes que aplicar as mesmas condições de um ambiente com fading são conhecidos como Rayleigh e Rician.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- **Rayleigh**: não existe obstáculo entre o emissor e receptor, onde o sinal se espalha entre os diversos obstáculos que os cercam, o sinal chega ao seu destino com diversas amplitudes e fases diferentes;
- **Rician**: possui obstáculo entre o emissor e receptor.

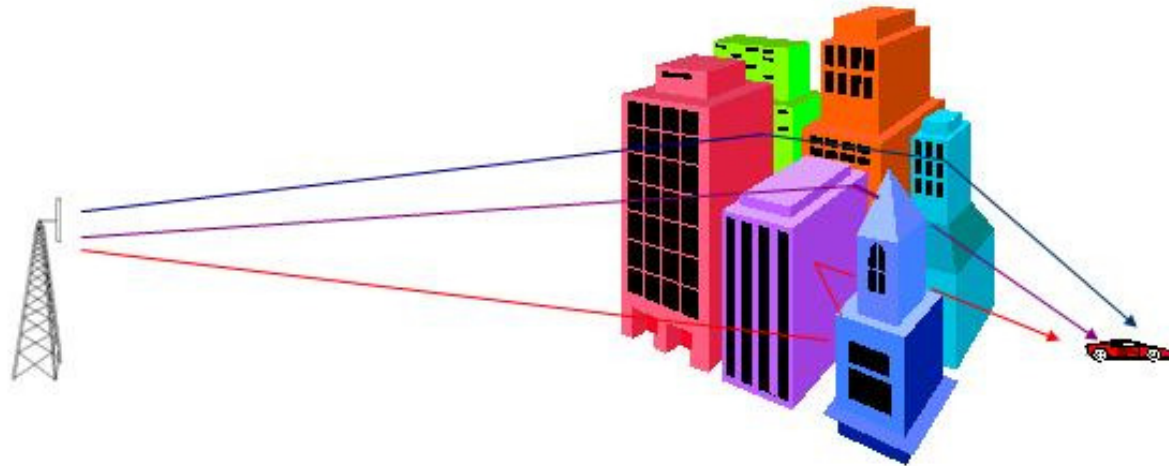


# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

•Rayleigh.



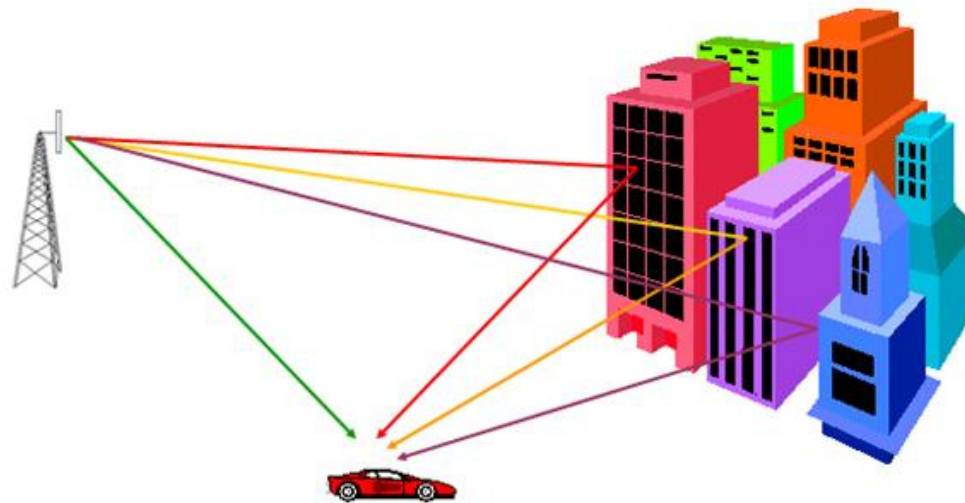


# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

•Rician.



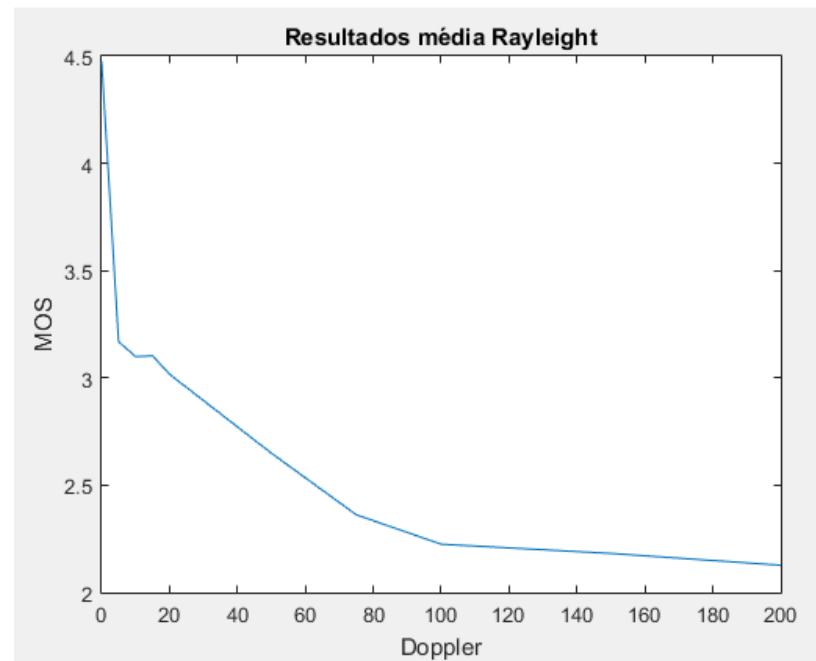


# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- **Degradação com Rayleigh e Doppler.**



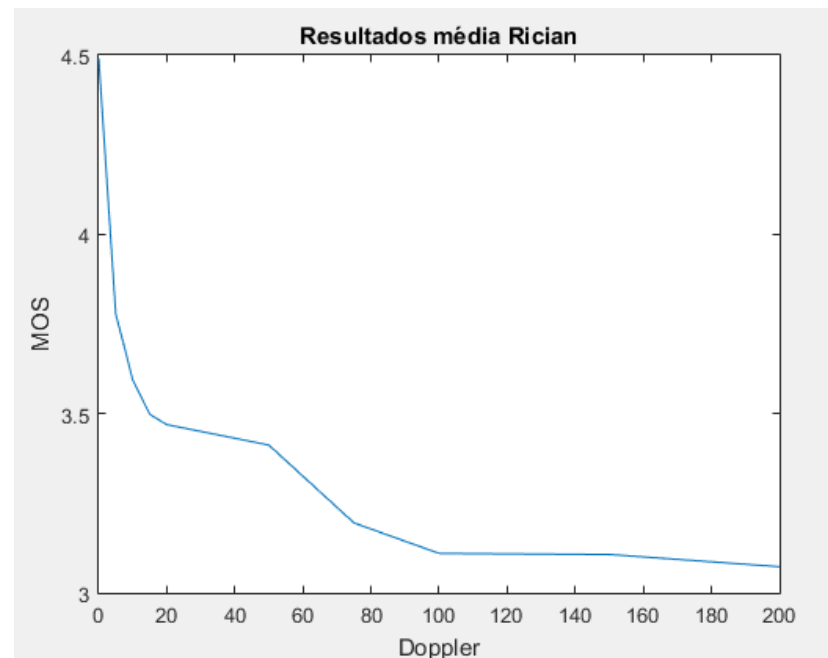


# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Fatores de degradação do sinal de Voz

Fading ou desvanecimento.

- **Degradação com Rician e Doppler.**





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

### Objetivo principal

- Determinar um algoritmo para melhorar o desempenho da P.563 em ambientes VoIP considerando as perdas de pacotes e a remoção dos silêncios naturais da fala humana.





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

### Resultados Esperados

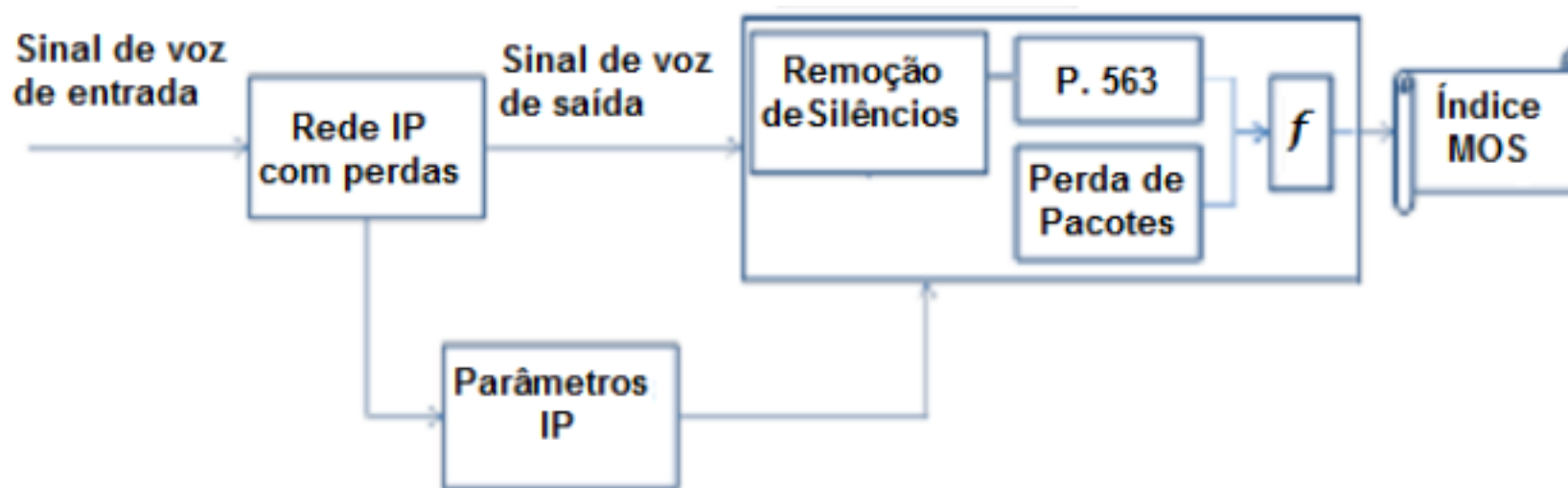
- Um algoritmo que aperfeiçoe a estimativa de percepção da qualidade de voz em ambientes VoIP;
- Aplicação móvel que execute o algoritmo proposto e um Web Service para prover monitoramento.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

### Arquitetura do modelo proposto





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

### Função de Ajuste:

- 27 áudios da base de dados ANITA;
- Cada arquivo foi degradado com 30 diferentes taxas de perda de pacotes no intervalo de 0.5% até 20%;
- Cada arquivo, em cada taxa foi analisado 100 vezes pelos algoritmos da P.563 e P.862 p/ se obter a média.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

### Função de Ajuste;

- Assim, para o cenário de perda de pacotes a uma taxa de  $n\%$ , temos:

$$f_{Arq-1}^{n\%} = \frac{MOS P.862_{Arq-1}^{n\%}}{MOS P.563_{Arq-1}^{n\%}}$$

Onde MOS P.862 e MOS P.563 são os valores MOS dos respectivos algoritmos.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

### Função de Ajuste;

○ Assim,  $f_{médio}^{n\%}$  é a média dos valores obtidos;

○ Como foram colocados 30 valores de perda de pacotes, a função  $f'$  discreta é

definida por:  $f' = [f_{médio}^{0.5\%}, f_{médio}^{1\%}, \dots, f_{médio}^{30\%}]$



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

### Função de Ajuste;

○Entretanto, para que a função não ficasse limitada a 30 casos de perda de pacotes, utilizando-se de regressão linear, a função polinomial  $f(n)$  foi modelada:

$$f(n) = \alpha * n^3 + \beta * n^2 + \gamma * n + D$$



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

	Pearson Correlation Coefficient (PCC)	Maximum Absolute Error
P.563 Original vs P.862	0.9606	1.392
P.563 Ajustado com $f(n)$ vs P.862	0.9973	0.406



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

### Detecção e Eliminação de Silêncios;

- 27 áudios da base do P.862;
- De cada arquivo foi obtido o MOS com os algoritmos da P.862 e P.563;

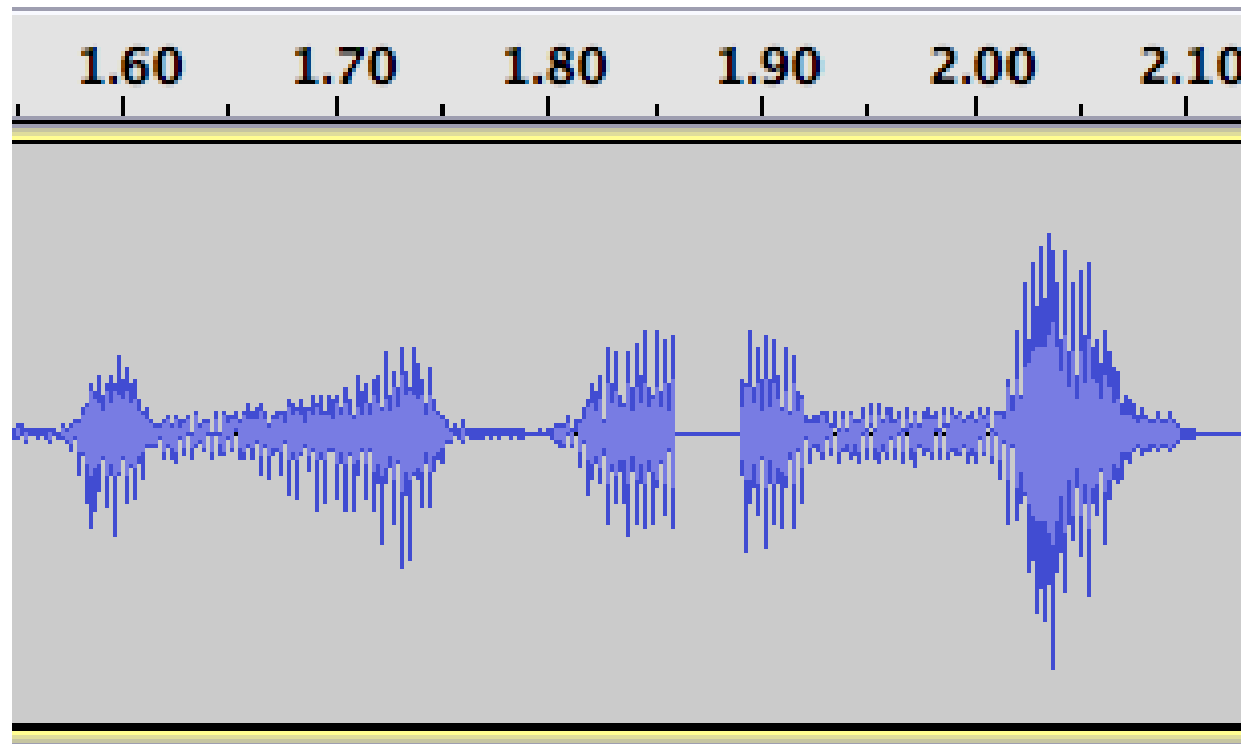




# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

- Algoritmo VAD detecta e separa trechos de voz





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

- Detecção e Eliminação de Silêncios;
  - Considerando que o P.862 é referência, então percebe-se que o P.563 pontua negativamente os silêncios da conversação entre os locutores contidos nos áudios;

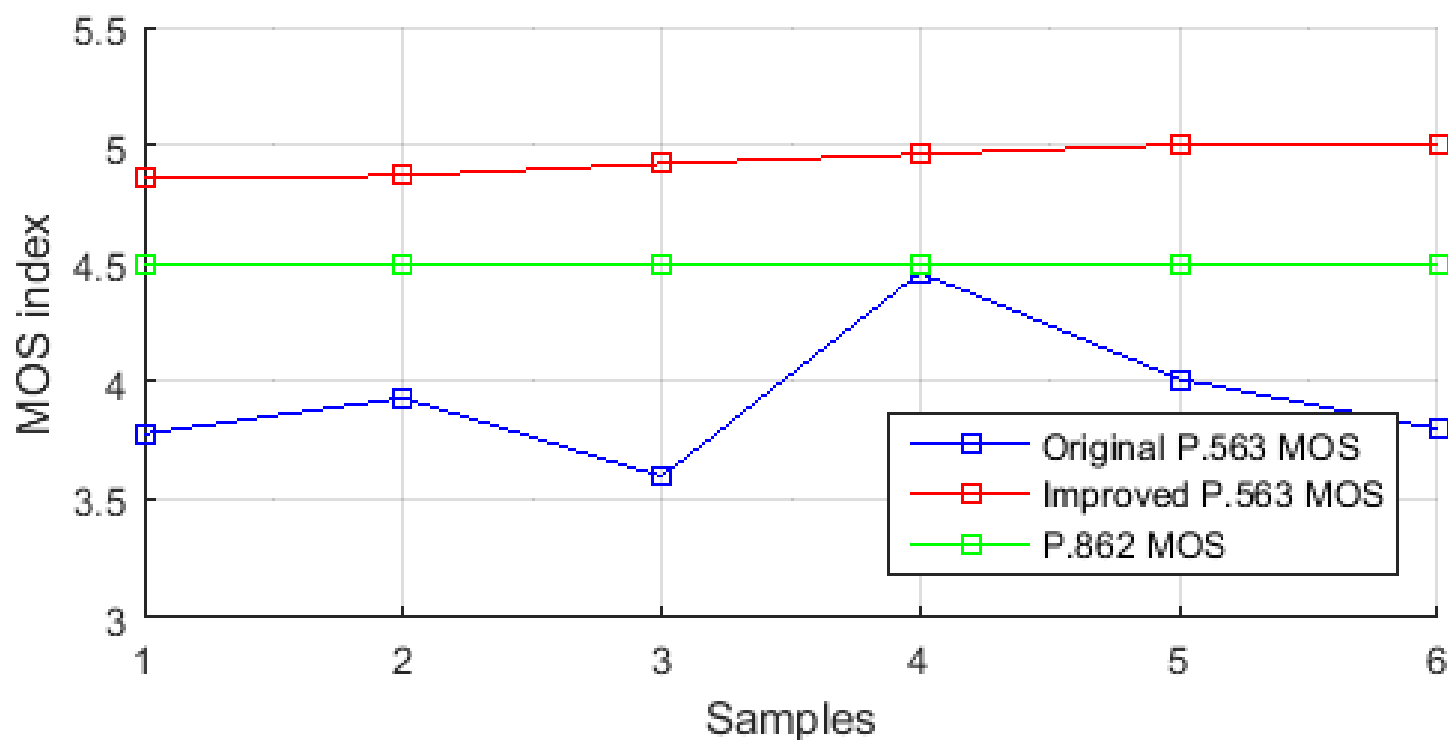
	P.563	P.862
Média MOS	2.7	4.5



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

○ Resultados - Remoção de Silêncios;





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

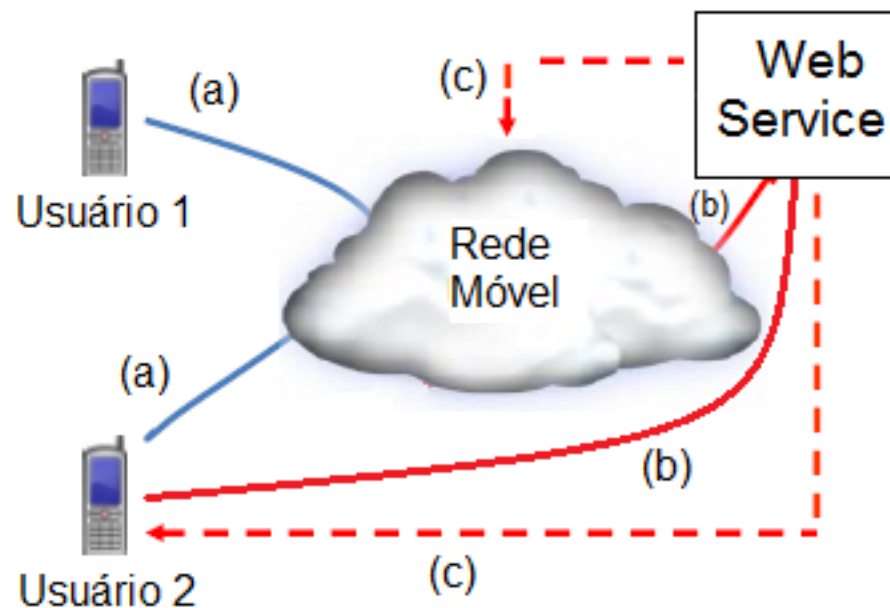
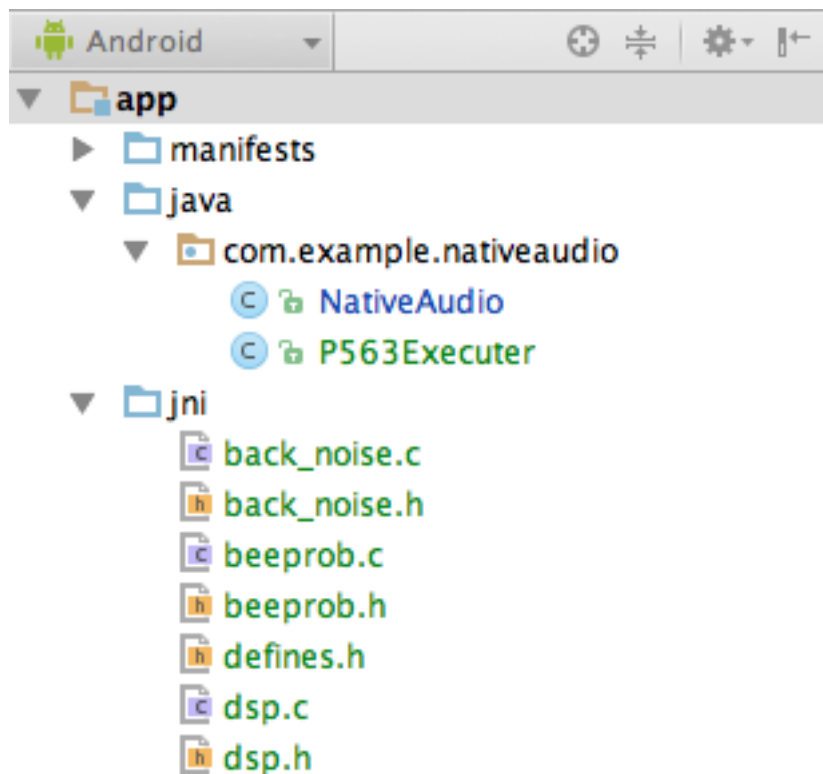
## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

- 1     segmentsArray = vad(audioFile); <=apenas segmentos de voz
- 2     Para cada segmento em segmentsArray faça
- 3         .....concat(novoAudio, segmentsArray(i));
- 4     taxaDePerda = verifiqueCondicoesDeRede\_PLR();
- 5     MOS = obterMosP563(novoAudio);
- 6     MOS = ajustarPerdaPacotes(MOS,taxaDePerda);
- 7     return MOS;
- 8     O algoritmo retorna o índice MOS como especificado anteriormente.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

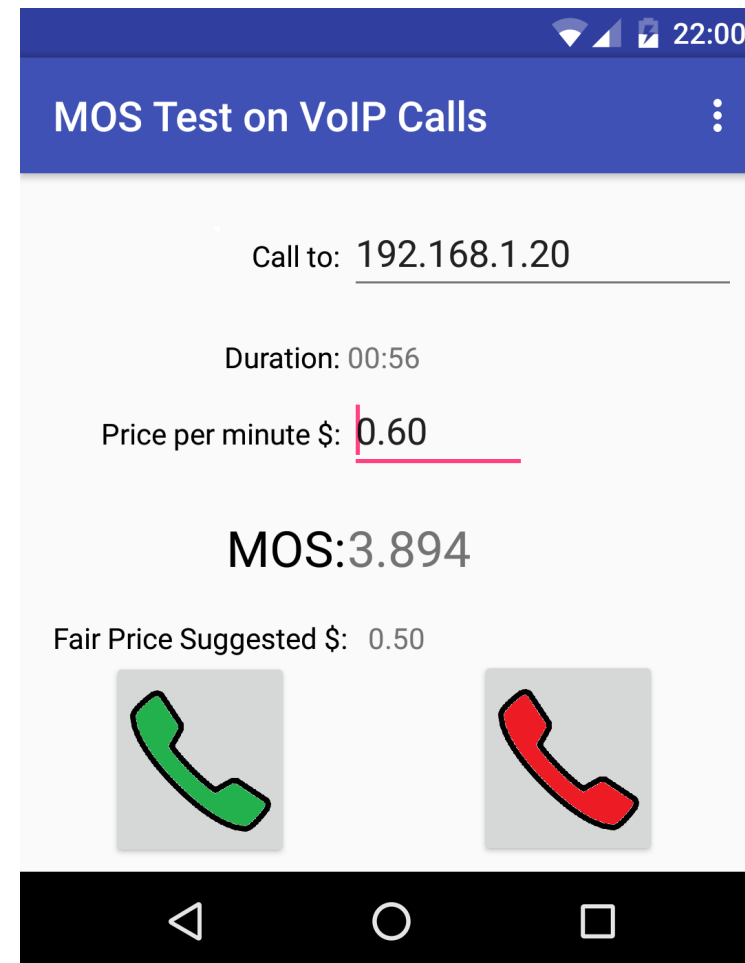




# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Algoritmo de Aperfeiçoamento do P. 563 Em Aplicação Móvel

Protótipo de  
Interface gráfica:





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 862

### Objetivo principal

- Aprimorar a métrica intrusiva do P.862 para um modelo não intrusivo.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 862

- Resultados esperados
  - Com base dos resultados do P.862, desenvolver uma métrica não intrusiva com resultados melhores que os modelos já existentes.





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 862

### Cenário para aplicação





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 862

20 arquivos de áudio da base P.862

- PLR com variações de 0.5%, 1%, 5%, 10% e 20%.
- Fading(Rayleigh e Rician).
- Doppler 0, 5, 10, 20, 50, 75, 100, 150 e 200.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 862

### ○ Métrica

$$MOS^p = \mu * \exp(-(\alpha A + \beta B + \gamma C + \Omega D))$$

$$\begin{bmatrix} 1 & A_1 & B_1 & C_1 & D_1 \\ 1 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & A_n & B_n & C_n & D_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \ln(\mu) \\ \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ \Omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ln(MOS_1) \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \ln(MOS_n) \end{bmatrix}$$

Onde, A e B representam os modelos de desvanecimento de Rayleigh e Rician, respectivamente; C representa o valor de Doppler, D o valor do PLR, as incógnitas  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\Omega$  representam os pesos de degradação dos parâmetros associados.

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 862

### ○ Resultados

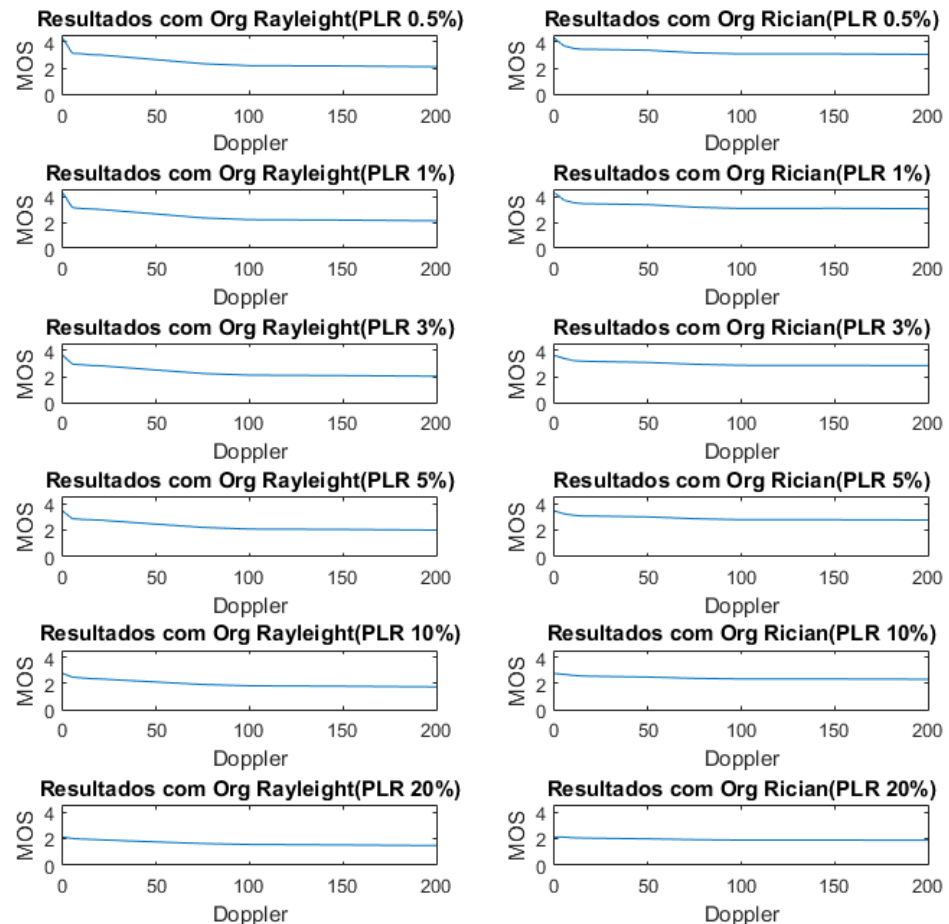
Os valores obtidos ao resolver o sistema de equações apresentadas em (19), são:

$$\mu = 0,5943; \alpha = 1,8417;$$

$$\beta = 1,6625; \gamma = -0,0017 \text{ e}$$

$$\Omega = -2,5999.$$

A Fig. apresenta alguns resultados que consideram os parâmetros, Fading, PLR e Doppler.





# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 862

### ○ Resultados

Erro Min.	Erro Medio	Erro Max.
0.0009	0.0638	0.3354



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P.563

- Objetivo principal
  - Aprimorar a métrica não intrusiva do P.563 devido seu baixo desempenho comparado com o P.862.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 563

- Resultados esperados
  - Com base dos resultados do P.862, desenvolver uma métrica aproxime o resultado de uma avaliação não intrusiva com P.563 ao P.862.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 563

### o Cenário para aplicação







# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 563

- 20 arquivos de áudio da base P.862
  - PLR com variações de 0.5%, 1%, 5%, 10% e 20%.
  - Fading (Rayleigh e Rician).
  - Doppler 0, 5, 10, 20, 50, 75, 100, 150 e 200.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 563

### ○ Comparações

Técnica	Doppler	PLR(%)	P.862(MOS)	P.563(MOS)
Rayleigh	0	0.5	4.251	1.949
Rayleigh	200	20	1.452	1
Rician	0	0.5	4.266	2.268
Rician	200	20	1.852	1.016



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 563

### ○ Métrica

$$P.563_{MOS}^P = C * P.563_{MOS} * \exp(a_1 * F_1 + a_2 * F_2 + b * D + c * P)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & a_1^{S1} & a_2^{S1} & D^{S1} & P^{S1} \\ 1 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & a^{S120} & b^{S120} & D^{S120} & P^{S120} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \ln(C) \\ F_1 \\ F_2 \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ln\left(\frac{P862}{P563}\right)^{S1} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \ln\left(\frac{P862}{P563}\right)^{S120} \end{bmatrix}$$



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Estudo de Caso - Métrica de Aperfeiçoamento do P. 563

### ○ Resultados

Técnicas	Erro Max.
P.563 vs. P.862	2.03
P.563pmos vs. P.862	0.49



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Conclusões

Foram apresentados os principais métodos de avaliação de qualidade de voz. Também, uma revisão dos fatores que podem degradar o sinal de voz em um sistema de comunicações foi apresentada. Esses fatores compreendem as diferentes etapas de um sistema de comunicações para o serviço de voz, como: tipo de codificador, degradações na rede cabeada e na interface aérea, considerando o número cada vez maior de dispositivos móveis.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Referências

Foram apresentados os principais métodos de avaliação de qualidade de voz. Também, uma revisão dos fatores que podem degradar o sinal de voz em um sistema de comunicações foi apresentada. Esses fatores compreendem as diferentes etapas de um sistema de comunicações para o serviço de voz, como: tipo de codificador, degradações na rede cabeada e na interface aérea, considerando o número cada vez maior de dispositivos móveis.

Foram apresentados casos de estudo, nos quais se apresentou a metodologia dos testes realizados, nos quais diferentes métricas de avaliação de qualidade foram utilizadas.



# Uso de métricas objetivas para avaliação de qualidade de voz com diferentes degradações

## Agradecimentos

SBrT 2016

UFLA

USP

A todos aqui presentes!!