

Inatel

Instituto Nacional de Telecomunicações

Template de Dissertação/Tese do
Instituto Nacional de
Telecomunicações

SEU NOME

JULHO / 2019

LEIA-ME PRIMEIRO!!!

“Dicas de Utilização deste Modelo/Template”

1 Informações Importantes

Este Modelo/Template foi desenvolvido com base nas diretrizes apresentadas no documento “*Diretrizes e Modelo para Dissertação de Mestrado Stricto Sensu*”, disponível na pasta chamada “Diretrizes” deste Template ou em <https://www.inatel.br/mestrado-doutorado/documentos/diretrizes-e-modelo-para-dissertacao>. É importante, no entanto, que o usuário revise as diretrizes sempre que necessário e as entenda bem a fim de fazer possíveis modificações e corrigir possíveis erros antes de gerar seu próprio documento. O Template foi desenvolvido para ser o mais completo possível com a intenção de poupar trabalho aos usuários. Portanto, você verá que houve um esforço para reproduzir com precisão a estrutura sugerida nas diretrizes. Verá também que alguns elementos da estrutura (pré-textuais e pós-textuais) são opcionais, ficando, assim, a cargo do usuário decidir usá-los ou não. É importante ressaltar que o uso do Template é apenas uma opção (feita no L^AT_EX) para os alunos do Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel e que não há nenhuma exigência por parte da instituição no que se refere ao seu uso na confecção dos relatórios de pesquisa! Adicionalmente, vale lembrar que é de responsabilidade de cada usuário verificar se todas as partes do Template estão de acordo com as exigências da instituição.

2 Estrutura do Template

Como pode ser visto na lateral esquerda, aba *file-tree* da interface do Overleaf, o Template foi estruturado por divisão em pastas e arquivos. Os nomes das pastas já indicam sua função. Portanto, para o preenchimento de cada parte é necessário que o usuário acesse a respectiva pasta e, posteriormente, o(s) respectivo(s) arquivo(s) ‘.tex’. Algumas outras informações necessárias foram adicionadas nos respectivos arquivos ‘.tex’. O arquivo principal foi nomeado como “Dissertacao_Tese” e é nele que se encontra as divisões principais do documento. Caso algum elemento da estrutura não seja de seu interesse apenas ‘comente’ o respectivo código neste arquivo e confira se não ocorreram erros de paginação, estrutura do documento, etc.. Informações básicas sobre algumas pastas e arquivos podem ser úteis e descritas como:

- Pasta “AbrsSigsSymsGlos”. É nesta pasta que o usuário deve adicionar os itens das Listas de Abreviaturas, Siglas, Símbolos e palavras pouco utilizadas (Glossário).
- Pasta “Curso LaTeX”. Nesta pasta há um curso de L^AT_EX que pode ser útil para o usuário iniciante.
- Pasta “Diretrizes”. Nesta pasta se encontra o documento contendo as diretrizes seguidas na confecção deste Template.
- Pasta “FichaCat”. Nesta pasta se encontra o arquivo “FichaCat.pdf”. Este arquivo é fornecido pela biblioteca após a defesa do trabalho. Portanto, basta adicioná-lo à pasta no momento oportuno.
- Pasta “Figuras”. Esta pasta contém várias outras, organizadas por tipo de figuras. Em cada uma delas foi disponibilizado um exemplo feito no próprio L^AT_EX que pode ajudar o usuário

que pretende fazer suas figuras no formato vetorial. Se não for o seu caso basta ignorá-las (ou eliminá-las) e adicionar suas pastas e figuras feitas em outros *softwares*.

- Pasta “IEEEtran”. Esta pasta contém várias informações importantes sobre padronizações do IEEE, além de Templates de artigos. Especificamente, nela podem ser encontrados exemplos do uso de referências bibliográficas no formato “bibtex”, do uso de equações, do uso de tabelas, do uso de figuras, etc. (lembrando que estes exemplos foram utilizados neste Modelo).
- Pasta “Infos”. Nesta pasta se encontra o arquivo “.pdf” do documento que contém estas dicas, nomeado como “LEIA_ME_PRIMEIRO.pdf”.
- Pastas “ListaAbrevSiglas”, “ListaFiguras”, “ListaSimbolos”, “ListaTabelas”. Nestas pastas se encontram apenas os comandos que fazem com que as respectivas Listas sejam impressas no documento.
- Pasta “Preambulo”. Nesta pasta se encontram todos os pacotes utilizados no documento (arquivo “Configuracoes.tex”).
- Arquivo “acro.zip”. Este arquivo contém o pacote utilizado na geração das Listas de Abreviaturas, Siglas, Símbolos e palavras pouco utilizadas (Glossário). Caso o usuário queira compilar o Template em seu computador pessoal, provavelmente será necessário atualizar o pacote para esta versão. O curso disponível na pasta “Curso LaTeX” mostra como fazer a instalação de pacotes individuais após a instalação do L^AT_EX.
- Arquivo “IEEEabrv.bib”. Este arquivo contém informações e comandos que podem ser utilizados para fazer a correta abreviação dos nomes das ‘revistas’ do IEEE. Exemplos de utilização podem ser encontrados no arquivo “myreferences.bib”, como é o caso do comando “IEEE_O_CSTO” em “journal=IEEE_O_CSTO” na referência “chen2016survey”. Neste caso o comando “IEEE_O_CSTO” imprime a correta abreviação para o nome da revista do IEEE chamada “IEEE Communications Surveys & Tutorials”. Com isso, no banco de referências bibliográficas aparecerá o nome “*IEEE Commun. Surveys Tuts*” ao invés de “*IEEE Communications Surveys & Tutorials*”.
- Arquivo “IEEEexample.bib”. Este arquivo contém diversos exemplos de referências no formato bibtex e também está disponível na pasta “IEEEtran”.
- Arquivos “IEEEtran.bst” e “IEEEtran.cls”. Estes arquivos são usados na compilação do banco de referências.
- Arquivo “IEEEtrantools.sty”. Este arquivo habilita o uso de comandos específicos do padrão IEEE em documentos cuja Classe é diferente da Classe “IEEEtran”. Mais informações sobre ele podem ser encontradas na pasta “IEEEtran”.
- Arquivo “myreferences.bib”. É neste arquivo que devem ser colocadas as suas referências bibliográficas no formato bibtex. Quando precisar encontrar referências de artigos ou livros no formato bibtex uma boa opção é usar o ‘Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>)’. Para isso digite o nome do artigo, por exemplo, no campo de pesquisas e, encontrando-o, selecione a opção aspas duplas (”) na última linha, escolha Bibtex e copie e cole a referência no formato bibtex para o seu banco de referências (myreferences.bib). Sempre verifique se está tudo dentro do padrão IEEE! Se o artigo (por exemplo) estiver na plataforma do IEEE a referência no formato bibtex pode ser encontrada na própria página do artigo. Para artigos de outras revistas verifique a disponibilidade da referência no formato bibtex na respectiva página.
- Arquivo “Referencias.tex”. Este arquivo apenas imprime o banco de referências gerado.

As Listas de Figuras e Tabelas são geradas automaticamente quando se utiliza seus respectivos ambientes. Portanto, não é necessário acrescentar qualquer comando além destes a fim de gerá-las.

⇒ Comente a linha “`\includepdf [pages={1-}]{Infos/LEIA_ME_PRIMEIRO}`” no arquivo principal (Dissertacao_Tese.tex) para retirar estas páginas de dicas do Template!



**DESEMPENHO DAS FUSÕES DE
DECISÕES E DE AUTOVALORES
PARA SENSORIAMENTO DE SINAIS
OFDMA SOB ERROS NO CANAL DE
CONTROLE**

LUCAS DOS SANTOS COSTA

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Telecomunicações, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Telecomunicações.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Dayan Adionel Guimarães.

COORIENTADOR: Prof. Dr. Rausley Adriano Amaral de Souza.

Costa, Lucas dos Santos

C837d

Desempenho das fusões de decisões e de autovalores para sensoriamento de sinais OFDMA sob erros no canal de controle. / Lucas dos Santos Costa. – Santa Rita do Sapucaí, 2014.

107p.

Orientador: Prof. Dr. Dayan Adionel Guimarães; Prof. Dr. Rausley Adriano Amaral de Souza.

Dissertação de Mestrado – Engenharia de Telecomunicações – Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL.

Inclui bibliografia e anexo.

1. Sensoriamento espectral 2. Canal de controle 3. OFDMA 4. Fusão de autovalores 5. Fusão de decisões - ideias 6. Engenharia de Telecomunicações. I. Guimarães, Dayan Adionel. II. Souza, Rausley Adriano Amaral de. III. Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL. IV. Título.

CDU 621.39

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em ____ / ____ / ____,
pela comissão julgadora:

Prof. Dr. Dayan Adionel Guimarães
INATEL

Prof. Dr. Nome
INSTITUIÇÃO

Prof. Dr. Nome
INSTITUIÇÃO

Prof. Dr. Rausley Adriano Amaral de Souza
INATEL

Coordenador do Curso de Mestrado
Prof. Dr. Nome

*“Ouça os conselhos e esteja pronto
para aprender; assim um dia você
será sábio”*

Provérbios 19.20

*Aos meus pais,
meus primeiros grandes professores.*

Agradecimentos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Seu nome

Sumário

Sumário	x
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Abreviaturas e Siglas	xv
Lista de Símbolos	xvii
Resumo	xix
Abstract	xxi
1 Introdução	1
1.1 Modelo do Sistema e Detector GRCR	2
1.2 Esquemas de Quantização	4
1.2.1 Quantização Não Uniforme	4
1.3 Publicações	6
1.4 Resultados Numéricos	7
2 Sensoriamento Espectral Cooperativo via Teorema dos Círculos de Gerschgorin sob Ruído Impulsivo	11
2.1 Ruído Impulsivo	12
2.2 Resultados Numéricos	14
3 Performance of the Gerschgorin Radii and Centers Ratio Detector for Cooperative Spectrum Sensing under Burst Control Channel Errors	21
4 Conclusões e Propostas Para Novas Pesquisas	27
A Resultados do Teste MMED Para a Fusão de Autovalores e Fusão de Decisões Pelas Regras de Decisões E, OU e Voto Majoritário (MAJ)	31
Referências Bibliográficas	35
I Resultados do Teste ED Para a Fusão de Autovalores e Fusão de Decisões Pelas Regras de Decisões E, OU e Voto Majoritário (MAJ)	1

Glossário

5

Lista de Figuras

1.1	Quantizador uniforme hipotético	5
1.2	Quantizador não uniforme hipotético	6
1.3	ROCs GRCR com fusão de dados não quantizados e com quantização uniforme e não uniforme (MOE/MMSE) com $b = 4$ (a), $b = 3$ (b) e $b = 2$ (c) bits de quantização, com $N = 250$ e $N = 500$ amostras coletadas	9
2.1	Cenário de sensoriamento de sinais OFDMA	11
2.2	PDFs $S\alpha S$ para $\gamma = 1$ (variância unitária para $\alpha = 2$) e diferentes valores de α	13
2.3	Formas de onda do ruído $S\alpha S$ para $\gamma = 1$ e diferentes valores de α	13
2.4	ROCs do detector GRCR sob ruído impulsivo $S\alpha S$ com e sem cancelamento, para $\alpha = 0,2$ (a) e $\alpha = 0,8$ (b), para $\gamma = 1$ e diversos valores de P_{ri}	17
2.5	ROCs do detector GRCR sob ruído impulsivo $S\alpha S$ com e sem cancelamento, para $\alpha = 1,4$ (a) e $\alpha = 2$ (b), para $\gamma = 1$ e diversos valores de P_{ri}	18
3.1	Memoryless binary symmetric channel (BSC) model	21
3.2	Gilbert-Elliott channel (GEC) model with memory	22
3.3	Diagrama de estados hipotético $M^K/M/1$ com L estados	24
3.4	Fluxograma de eventos de chegadas	25
A.1	Pictorial representation of the three-dimensional correlated shadowing model	33
A.2	ROCs do detector GRCR sob ruído impulsivo $S\alpha S$ com e sem cancelamento, para $\alpha = 1,4$ (a) e $\alpha = 2$ (b), para $\gamma = 1$ e diversos valores de P_{ri}	34
I.1	Pictorial representation	2
I.2	ROCs do detector GRCR	3

Lista de Tabelas

1.1	Key parameters influencing the statistical behavior of the Gilbert-Elliott channel model	5
2.1	Transition matrices as a function of L	16
2.2	AUCs for the uncoded MAJ, OR and AND decision fusion rules, for $\sigma_{\text{dB}} = 6.14, 8.68$ and 12.28 dB, $L = 50$ m, and $D_{\text{dec}} = 10, 50$ and 90 m	16
2.3	AUCs for the coded MAJ, OR and AND decision rules, with $r_{\text{B}} = \{5/15, 6/31, 9/63\}$ and $r_{\text{R}} = \{1/3, 1/5, 1/9\}$, for $\sigma_{\text{dB}} = 6.14, 8.68$ and 12.28 dB, $L = 50$ m, and $D_{\text{dec}} = 10, 50$ and 90 m	20

Lista de Abreviaturas e Siglas

5G	Quinta geração
A/D	Analógico-digital
AUC	área sob a curva (area under curve)
AWGN	Additive White Gaussian Noise (ruído aditivo Gaussiano branco)
CDF	Função de distribuição acumulada (cumulative distribution function)
CF	Centro de fusão
dez.	Dezembro
ED	Detecção de energia (energy detection)
ERD	Detecção pela razão de autovalores (eigenvalue ratio detection)
GED	Detecção de energia generalizado (generalized energy detection)
GLRT	Teste de máxima verossimilhança generalizado (generalized likelihood ratio test)
GRCR	Teorema dos Círculos de Gerschgorin (Gerschgorin radii and centers ratio)
ICDF	Função de distribuição acumulada inversa (inverse cumulative distribution function)
i.i.d	Independente e identicamente distribuído
jan.	Janeiro
MED	Detecção pelo máximo autovalor (maximum eigenvalue detection)
MMED	Detecção pela razão entre máximo e mínimo autovalores (maximum-minimum eigenvalue detection)
MMSE	Mínimo erro médio quadrático (<i>minimum mean square error</i>)
MOE	Máxima entropia de saída (<i>maximum output entropy</i>)
MSE	Erro médio quadrático (mean square error)
n.	Número
OFDMA	Orthogonal frequency division multiple access
Org.	Organizador
p.	Página
PDF	Função densidade de probabilidade (probability density function)
RC	Rádio cognitivo
RLRT	Teste de Roy de máxima raiz (Roy's largest root test)
ROC	Característica de operação do receptor (receiver operating characteristic)
RSR	Relação sinal-ruído
UP	Usuário primário
US	Usuário secundário

VMD Valor máximo de distorção

Lista de Símbolos

Al	Alumínio
@	Arroba
B	Boro
\mathcal{H}_1	Hypothesis corresponding to the presence of the PU signal
i	Minimum number of decisions in favor of \mathcal{H}_1 in the i -out-of- M decision rule
M	Número de rádios cognitivos
%	Por cento
u	Final cooperative decision at the FC
u_m	Local decision of the m -th CR

Resumo

Costa, L.S. Desempenho das Fusões de Decisões e de Autovalores para Sensoriamento de Sinais OFDMA sob Erros no Canal de Controle [dissertação de mestrado]. Santa Rita do Sapucaí: Instituto Nacional de Telecomunicações; 2014.

No sensoriamento espectral cooperativo centralizado rádios cognitivos monitoram faixas do espectro e enviam dados a um centro de fusão para detectar, mais acuradamente, faixas ociosas. Na prática, tais dados são quantizados antes do envio, podendo gerar perda de desempenho devido à distorção. Dentre outras vantagens, o novo detector baseado no GRCR mostrou-se robusto em cenários práticos, por exemplo, sob o efeito do ruído dinâmico e/ou não uniforme, contudo ainda não testado sob o efeito da quantização. Este artigo faz essa análise e mostra que o GRCR também é robusto neste cenário. Nota-se que a quantização uniforme pode ser preferida em alguns casos. No sensoriamento espectral cooperativo centralizado rádios cognitivos monitoram faixas do espectro e enviam dados a um centro de fusão para detectar, mais acuradamente, faixas ociosas. Na prática, tais dados são quantizados antes do envio, podendo gerar perda de desempenho devido à distorção. Dentre outras vantagens, o novo detector baseado no GRCR mostrou-se robusto em cenários práticos, por exemplo, sob o efeito do ruído dinâmico e/ou não uniforme, contudo ainda não testado sob o efeito da quantização. Este artigo faz essa análise e mostra que o GRCR também é robusto neste cenário. Nota-se que a quantização uniforme pode ser preferida em alguns casos.

Palavras-Chave: Sensoriamento espectral, rádio cognitivo, OFDMA, ...

Abstract

Costa, L.S. Desempenho das Fusões de Decisões e de Autovalores para Sensoriamento de Sinais OFDMA sob Erros no Canal de Controle [dissertação de mestrado]. Santa Rita do Sapucaí: Instituto Nacional de Telecomunicações; 2014.

In centralized cooperative spectral sensing, cognitive radios sense spectrum bands and send data to a fusion center for detecting, more accurately, idle portions. In practice, such data are quantized before to be sent, which can bring performance loss due to distortion. Among other advantages, the new detector (Gerschgorin radii and centers ratio, GRCR), showed being robust in practical scenarios, e.g., under the effect of dynamical and/or non uniform noise, however it was not tested under the effect of the quantization. This paper does this analysis and show that the Teorema dos Círculos de Gerschgorin (*Gerschgorin radii and centers ratio*, GRCR) is also robust in this scenario. Results show that uniform quantization can be preferred in some cases. In centralized cooperative spectral sensing, cognitive radios sense spectrum bands and send data to a fusion center for detecting, more accurately, idle portions. In practice, such data are quantized before to be sent, which can bring performance loss due to distortion. Among other advantages, the new detector (Gerschgorin radii and centers ratio, GRCR), showed being robust in practical scenarios, e.g., under the effect of dynamical and/or non uniform noise, however it was not tested under the effect of the quantization. This paper does this analysis and show that the GRCR is also robust in this scenario. Results show that uniform quantization can be preferred in some cases.

Keywords: Spectrum sensing, cognitive radio, OFDMA, ...

Capítulo 1

Introdução

Alguns exemplos do uso do comando para adicionar acrônimos:

- usuário primário (UP) (`\ac{up}`) ⇒ chamada padrão de um acrônimo)
- Usuário primário (UP) (`\Ac{up}`) ⇒ inicia o acrônimo com letra maiúscula)
- usuários primários (UPs) (`\acp{up}`) ⇒ chamada para a forma plural de um acrônimo)
- UP (`\acs{up}`) ⇒ chamada para a forma *short* de um acrônimo)
- usuário primário (`\acl{up}`) ⇒ chamada para a forma *long* de um acrônimo)
- usuário primário (UP) (`\acf{up}`) ⇒ chamada para a forma *full* de um acrônimo)

A rápida expansão dos serviços de telecomunicações é o motivo primordial da atual escassez de espectro. Todavia, pesquisas mostram que apesar de escassas, sempre há faixas subutilizadas, visto que os detentores do direito exclusivo de uso não o fazem constantemente e deixam, assim, faixas ociosas que poderiam ser mais eficientemente utilizadas [1–4]. Por isso, e também devido ao advento da quinta geração (5G) dos sistemas de comunicação, que prevê um enorme número de transceptores, uma nova política de acesso vem sendo desenvolvida.

Na política em vigor, o direito de uso é dado pelos órgãos reguladores exclusivamente ao usuário contratante, ou usuário licenciado/primário (UP), que fica livre para usar o recurso em determinada região geográfica durante o período contratado. A nova política, porém, prevê o acesso oportunista por parte de um usuário não contratante (não licenciado), ou secundário (US). Nesse caso a ocupação pode ser simultânea a dos UPs, desde de que qualquer interferência seja mantida abaixo de um nível máximo preestabelecido, ou individual, mediante à identificação/detecção de faixas ociosas (decisão final a favor da ausência de UP). Para tal é imprescindível que o sensoriamento, função que equipa os rádios cognitivos (RCs) [5], seja feito constantemente e com uma

eficiência tal que maximize as chances de detectar corretamente as oportunidades de alocação.

Sensoriamento e decisão final de ocupação podem ser tarefas de apenas um RC (modelo não cooperativo). Essa opção, no entanto, é menos eficiente, pois a cooperação refina as decisões finais por considerar dados de vários RCs que, uma vez em espaços geográficos distintos, superam problemas inerentes da falta de cooperação, tais como sombreamentos, terminal primário escondido e desvanecimentos multi-percurso [5]. O sensoriamento cooperativo pode ser do tipo centralizado, distribuído ou assistido por retransmissão [5]. No tipo centralizado cada RC envia dados, via canal de controle, a um centro de fusão (CF), onde são combinados/fundidos a fim de se chegar à decisão final de ocupação. Comumente são definidos dois tipos genéricos de fusão: a fusão de decisões e a fusão de dados. Na fusão de decisões cada RC toma sua própria decisão sobre a ocupação do canal e a envia ao CF. No outro caso, os dados que trafegam o canal de controle podem ser amostras do sinal coletado por cada RC ou outra quantidade destas derivada. A título de exemplo, além das amostras, a fusão também pode ser baseada nos autovalores da matriz de covariância [6], valores baseados na densidade espectral de potência [7] e valores de energia do sinal recebido [8].

1.1 Modelo do Sistema e Detector GRCR

A ação de sensoriar e decidir sobre o estado de ocupação de um determinado canal pode ser modelada matematicamente como um teste binário de hipóteses [9], tal que $y(t) = \{v(t)|\mathcal{H}_0\}$ ou $y(t) = \{hx(t) + v(t)|\mathcal{H}_1\}$. A variável $y(t)$ representa uma amostra do sinal contínuo recebido em um RC, $v(t)$ é uma amostra de ruído, sendo Gaussiano complexo com média zero e variância σ_v^2 , e $x(t)$ uma amostra do sinal primário, todas recebidas no instante t . Já a variável h representa o ganho do canal de sensoriamento e $\mathcal{H}_0/\mathcal{H}_1$ são as hipóteses relacionadas à ausência e à presença do sinal primário no canal sob análise, respectivamente.

O desempenho do sensoriamento pode ser mensurado por meio da probabilidade de detecção, $P_d = \Pr\{\text{decisão} = \mathcal{H}_1|\mathcal{H}_1\}$, e probabilidade de falso alarme, $P_{fa} = \Pr\{\text{decisão} = \mathcal{H}_1|\mathcal{H}_0\}$, em que P_d representa a probabilidade de haver uma decisão em favor de \mathcal{H}_1 dado que o canal está de fato ocupado pelo UP e P_{fa} a probabilidade de decidir-se em favor de \mathcal{H}_1 dado que na realidade o canal se encontra vago. Na fusão de dados as probabilidades P_{fa} e P_d globais podem ser escritas como $P_{fa} = \Pr\{T > \gamma|\mathcal{H}_0\}$ e $P_d = \Pr\{T > \gamma|\mathcal{H}_1\}$, em que γ é o limiar global de decisão predefinido no CF e T é a estatística de teste utilizada, a GRCR no presente trabalho.

As N amostras (por RC) complexas do sinal recebido no m -ésimo RC, $m = 1, 2, \dots, M$, o qual possui uma antena, são armazenadas no vetor $\mathbf{y}_m \in \mathbb{C}^{N \times 1}$, tal que

$$\mathbf{y}_m = (h_m \mathbf{x} + \mathbf{v}_m) / \sigma_{v_m}. \quad (1.1)$$

A grandeza escalar $h_m \sim \mathcal{CN}(0, \sigma_{h_m}^2)$ representa o ganho complexo do canal entre o transmissor primário e o m -ésimo RC. Cada ganho é uma amostra independente e identicamente distribuído (i.i.d) de uma distribuição normal, com média zero e variância $\sigma_{h_m}^2$. Em $\mathbf{x} \in \mathbb{C}^{N \times 1}$, $\mathbf{x} \sim \mathcal{CN}(0, \sigma_x^2)$, são armazenadas as amostras complexas i.i.d do sinal transmitido pelo UP, $\mathbf{v}_m \in \mathbb{C}^{N \times 1}$, $\mathbf{v}_m \sim \mathcal{CN}(0, \sigma_{v_m}^2)$, contém amostras i.i.d de ruído Gaussiano complexo presentes no m -ésimo RC e σ_{v_m} é o desvio padrão do ruído. Na prática σ_{v_m} é comumente obtido por estimativa no receptor [10, 11]. Neste artigo, porém, admite-se o conhecimento pleno deste parâmetro. Note que cada RC pode ter uma potência de ruído, $\sigma_{v_m}^2$, distinta (ruído não uniforme). A potência média dos ganhos de canal foi configurada como unitária, ou seja, $\mathbb{E}\{|h_m|^2\} = 1$, tal que $\mathbb{E}\{\cdot\}$ representa o operador esperança matemática e $|\cdot|$ é o módulo do argumento. Ainda, adotou-se a ponderação de \mathbf{y}_m por σ_{v_m} para favorecer a digitalização dos dados no modelo de quantização uniforme adotado. Essa estratégia reduz a faixa dinâmica do sinal, fazendo com que seus valores máximos (absolutos por dimensão complexa), também enviados ao CF, sejam representáveis com um número menor de bits.

As amostras em \mathbf{y}_m , $m = 1, 2, \dots, M$, são diretamente enviadas ao CF, onde são combinadas/concatenadas, para a formação da matriz de amostras de todos os sinais recebidos, ou seja $\mathbf{Y} = [\mathbf{y}_1 \mathbf{y}_2 \dots \mathbf{y}_M]^T$, $\mathbf{Y} \in \mathbb{C}^{M \times N}$, e posterior formação da estatística de teste e decisão final sobre o estado de ocupação do canal sensoriado.

A estatística de teste do detector GRCR é dada pela razão entre a soma dos raios e a soma do centro dos círculos de Gerschgorin da matriz de covariância, $\mathbf{R} = \mathbf{Y}\mathbf{Y}^\dagger/N$, $\mathbf{R} \in \mathbb{R}^{M \times M}$, das amostras recebidas no CF, em que \dagger representa a operação conjugado complexo transposto, ou Hermitiana. O Teorema dos Círculos de Gerschgorin estabelece que os M autovalores λ de \mathbf{R} estão localizados na união dos M círculos, tal que $|\lambda - r_{ii}| \leq \sum_{j \neq i} |r_{ij}|$. Em [12] foi verificado empiricamente que a razão entre a soma dos raios e a soma do centro dos círculos de Gerschgorin possui comportamento distinto sob \mathcal{H}_0 e \mathcal{H}_1 , o que resultou na estatística de teste:

$$T_{\text{GRCR}} = \frac{\sum_{i=1}^M R_i}{\sum_{i=1}^M C_i} \underset{\mathcal{H}_0}{\overset{\mathcal{H}_1}{\gtrless}} \gamma. \quad (1.2)$$

Em (1.2) $R_i = \sum_{j \neq i} |r_{ij}|$ é o raio e $C_i = r_{ii}$ é o centro do i -ésimo círculo de Gersch-

gorin, $i, j = 1, 2, \dots, M$, em que $|r_{ij}|$ é o valor absoluto do elemento da i -ésima linha e j -ésima coluna de \mathbf{R} . A decisão final é tomada de modo que se $T_{\text{GRCR}} > \gamma$ decide-se em favor da presença, hipótese \mathcal{H}_1 , do sinal primário, caso contrário, se $T_{\text{GRCR}} < \gamma$ decide-se pela ausência, hipótese \mathcal{H}_0 , do sinal primário no canal sensoriado.

1.2 Esquemas de Quantização

Como dito anteriormente, na prática as amostras em precisam ser quantizadas antes da transmissão, o que inevitavelmente introduz algum nível de distorção ao sinal em função do número de bits, b , do conversor analógico-digital (A/D). As amostras recebidas no CF, \mathbf{y}_m , que passaram pelo processo de quantização com b bits em cada RC podem ser reescritas como

$$\mathbf{y}_m^{(b)} = ((h_m \mathbf{x} + \mathbf{v}_m) / \sigma_{v_m})^{(b)}. \quad (1.3)$$

A matriz geral com as amostras de todos os RCs, construída a partir das M matrizes $\mathbf{y}_m^{(b)}$ recebidas no CF, é reescrita como $\mathbf{Y}^{(b)} = [\mathbf{y}_1^{(b)} \mathbf{y}_2^{(b)} \dots \mathbf{y}_M^{(b)}]^\text{T}$, a matriz de covariância como $\mathbf{R}^{(b)} = \mathbf{Y}^{(b)} \mathbf{Y}^{(b)\dagger} / N$ e a estatística de teste do detector GRCR

$$T_{\text{GRCR}}^{(b)} = \frac{\sum_{i=1}^M R_i^{(b)}}{\sum_{i=1}^M C_i^{(b)}} \underset{\mathcal{H}_0}{\overset{\mathcal{H}_1}{\geq}} \gamma^{(b)}. \quad (1.4)$$

É claro que agora $R_i^{(b)} = \sum_{j \neq i} |r_{ij}^{(b)}|$ e $C_i^{(b)} = r_{ii}^{(b)}$.

A Figura 1.1 mostra um quantizador uniforme hipotético com $N_Q = 2^b$ níveis de quantização. As estatísticas do sinal em sua entrada, como a função densidade de probabilidade (*probability density function*, PDF) e a função de distribuição acumulada (*cumulative distribution function*, CDF), são neste caso completamente ignoradas no processo de quantização e o sinal é tratado como se fosse uniformemente distribuído. O quantizador possui N_Q níveis de saída $\{n_1, n_2, \dots, n_{N_Q}\}$, bem como $N_Q - 1$ limiares de decisão $\{z_1, z_2, \dots, z_{N_Q-1}\}$, igualmente espaçados, o que resulta em N_Q regiões de decisão, definidas como

A Tabela 1.1

1.2.1 Quantização Não Uniforme

Este modelo requer o conhecimento das estatísticas do sinal na entrada do quantizador. Como as amostras recebidas pelos RCs são diretamente enviadas ao CF, as estatísticas dos sinais que trafegam o canal de controle possuem distribuição Gaussi-

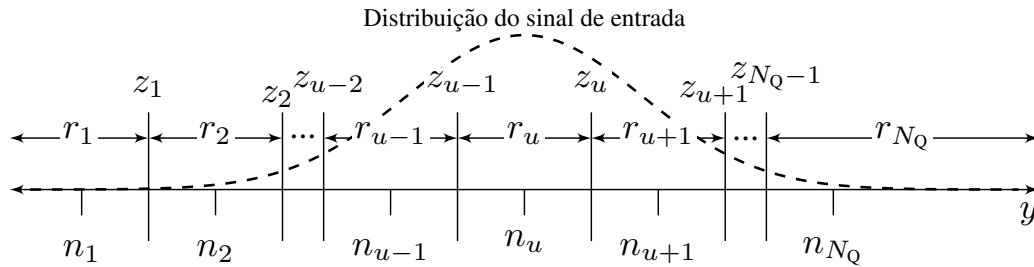


Figura 1.1: *Quantizador uniforme hipotético.*

Tabela 1.1: *Key parameters influencing the statistical behavior of the Gilbert-Elliott channel model.*

Gilbert-Elliott channel (GEC) model parameters	
Carrier frequency	f_c
Mobile speed	v
Symbol rate	\mathcal{R}_s
Light speed	$c = 3 \times 10^8$ m/s
Symbol duration	$T = 1/\mathcal{R}_s$
Maximum Doppler shift	$D_{\max} = v f_c / c$
Reference threshold	ρ
Average fading duration	$\tau = (e^{\rho^2} - 1) / (\rho D_{\max} \sqrt{2\pi})$
Average number of symbols in τ	$K = \tau / T$
Average burst length	L

ana com média zero. Assim, sob hipótese \mathcal{H}_0 , PDF e CDF, por dimensão complexa, são descritas, respectivamente, como

$$f_{y_m|\mathcal{H}_0}(y|\mathcal{H}_0) = \frac{e^{-y^2}}{\sqrt{\pi}}, \quad (1.5)$$

e

$$F(y|\mathcal{H}_0) = \int_{-\infty}^y f(y|\mathcal{H}_0)dy = 1 - \frac{1}{2}\text{erfc}(y), \quad (1.6)$$

sendo $\text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2} dt$ a função erro complementar. Por simplicidade na notação, a variável y denota a k -ésima amostra do m -ésimo RC a ser quantizada. Sob hipótese \mathcal{H}_1 ,

$$f(y|\mathcal{H}_1) = e^{-y^2\sigma_{v_m}^2/(\sigma_x^2+\sigma_{v_m}^2)}/(\pi(\sigma_x^2 + \sigma_{v_m}^2)/\sigma_{v_m}^2)^{1/2}, \quad (1.7)$$

e

$$F(y|\mathcal{H}_1) = 1 - \frac{1}{2}\text{erfc}(y\sigma_{v_m}/(\sigma_x^2 + \sigma_{v_m}^2)^{1/2}). \quad (1.8)$$

A Figura 1.2 mostra um exemplo hipotético de um quantizador não uniforme com $N_Q = 2^b$ níveis. A escolha dos níveis, que em geral não mais serão igualmente espaçados, são agora dependentes da PDF do sinal em sua entrada. Cada nível é definido como o centro de massa da PDF em cada região de quantização r_u . Ou seja,

$$n_u = \frac{\int_{r_u} yf(y)dy}{\int_{r_u} f(y)dy}, 1 \leq u \leq N_Q \quad (1.9)$$

tal que $\int_{r_u} yf(y)dy$ corresponde ao valor esperado de y em $r_u = \int_{r_u} f(y)dy$.

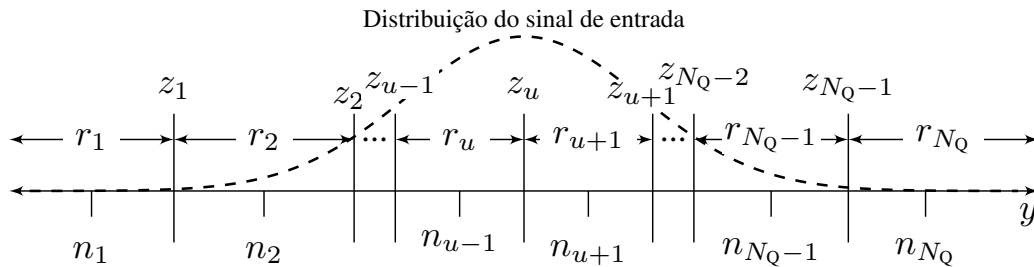


Figura 1.2: *Quantizador não uniforme hipotético.*

1.3 Publicações

Os seguintes artigos foram produzidos como resultado das pesquisas relacionadas a este trabalho:

- ❶ **Comparison Between Eigenvalue Fusion and Decision Fusion for Spectrum Sensing of OFDMA Signals Under Erros in the Control Channel.** International Telecommunications Symposium, (ITS). Aceito para publicação. São Paulo, SP, 17-10 de Agosto. 2014.
- ❷ **Performance–Traffic Tradeoff in Eigenvalue Fusion and Decision Fusion for Spectrum Sensing of OFDMA Signals Under Erros in The Reporting Channel.** Radioengineering. Submetido em setembro de 2014.

1.4 Resultados Numéricos

Para a análise de desempenho foram configurados dois cenários de sensoriamento espectral cooperativo centralizado no qual $M = 5$ RCs de antena única monitoram os sinais de um UP. No primeiro cenário cada RC envia $N = 250$ amostras complexas coletadas do sinal recebido ao CF, via canal de controle, a cada período de sensoriamento. No segundo cenário cada RC envia $N = 500$ amostras. A relação sinal-ruído (RSR) média usada em cada sensor foi $-12, -11, -10, -9$ e -8 dB e a atividade do UP foi simulada como uma variável aleatória de Bernouli, com 50% inativo, para contagem de falsos alarmes, e 50% ativo, para contabilizar detecções, para a maior incerteza sobre sua frequência de ocupação. Ainda, na análise em mãos, com $P_{\mathcal{H}_0} \neq P_{\mathcal{H}_1} \neq 0.5$ não haveria qualquer mudança em P_{fa} e P_d , dado que o poder estatístico do detector não sofre influência da atividade do UP. Foram usados $b = 2, 3$ e 4 bits de quantização. Na quantização uniforme o número de bits da parte fracionária de n_u foi ajustado para $f = b$, uma vez que $\{-1 \lesssim \mathbf{y}_m^n \lesssim 1\}$, e o número de bits para quantizar os valores máximos em \mathbf{y}_m foi configurado para $b_{\max} = 3$, com $f = 1$ já que normalmente $y_{m_{\max}} > 1$.

Os desempenhos são analisados por meio da curva característica de operação do receptor (*receiver operating characteristic*, ROC), que relaciona P_{fa} e P_d . Cada ponto desta curva foi gerado por eventos de Monte Carlo com 10^5 realizações. Em todos os casos a curva sem quantização, ROC não quantizada, em que os dados brutos são diretamente enviados ao CF, permite uma comparação com as ROCs obtidas com a quantização uniforme e não uniforme (máxima entropia de saída (*maximum output entropy*, MOE) e mínimo erro médio quadrático (*minimum mean square error*, MMSE)). Todas as simulações foram feitas no *software* MATLAB®.

A Figura 1.3(a) foi gerada com $b = 4$ bits. Com $N = 250$ ou 500 todas as curvas têm praticamente o mesmo desempenho. Tal fato revela que o detector GRCR possui poder estatístico para operar sem grandes perdas mesmo com baixa resolução

do sinal recebido no CF. Por terem quase os mesmos desempenhos, ressalta-se que a quantização uniforme é mais atrativa neste caso pela simplicidade de implementação, não necessitando conhecer qualquer estatística do sinal na entrada do quantizador, como a PDF e/ou a CDF/função de distribuição acumulada inversa (*inverse cumulative distribution function*, ICDF). Como a curva com quantização uniforme continua próxima às curvas MMSE e MOE, a escolha do quantizador mais adequado pode ser feita em função dos requisitos de desempenho e do conhecimento das estatísticas do sinal. Admitindo-se que as densidades são conhecidas, mas com requisitos de desempenhos não elevados, o quantizador uniforme ainda pode ser a melhor escolha.

Look

heir

aposto

Looks

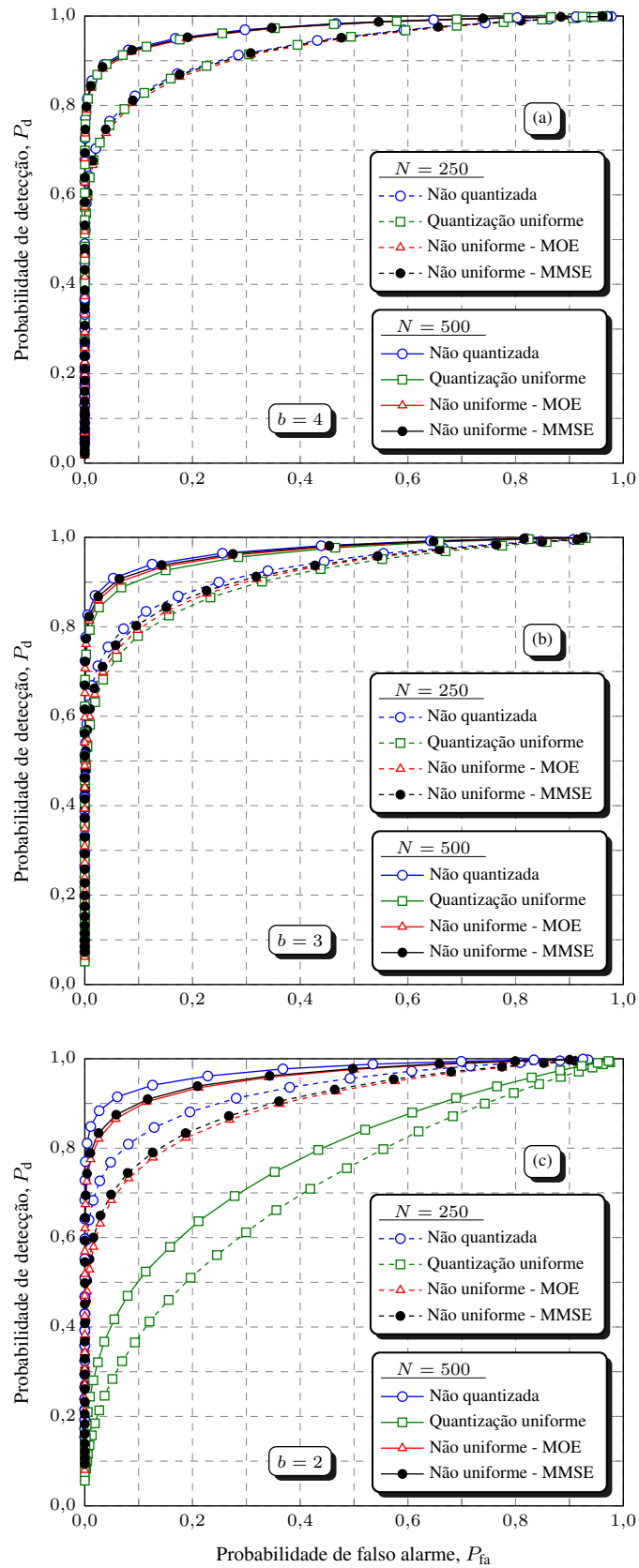


Figura 1.3: ROCs GRCR com fusão de dados não quantizados e com quantização uniforme e não uniforme (MOE/MMSE) com $b = 4$ (a), $b = 3$ (b) e $b = 2$ (c) bits de quantização, com $N = 250$ e $N = 500$ amostras coletadas.

Capítulo 2

Sensoriamento Espectral Cooperativo via Teorema dos Círculos de Gerschgorin sob Ruído Impulsivo

OS RCs [13] são uma das soluções mais promissoras para a escassez do espectro de radiofrequências provocada pelo aumento da demanda por novos serviços de telecomunicações. O problema da escassez de espectro pode se tornar ainda maior com o início de operação da 5G dos sistemas de comunicações sem fio, a qual pretende atender um número sem precedentes de transceptores [14].

A Figura 2.1 mostra o Cenário de sensoriamento espectral de sinais OFDMA.

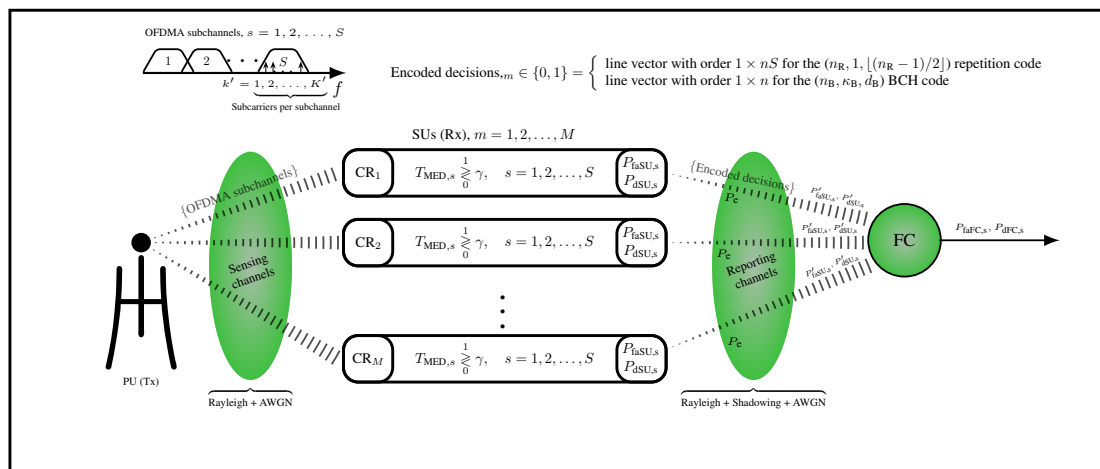


Figura 2.1: Cenário de sensoriamento de sinais OFDMA.

2.1 Ruído Impulsivo

O ruído impulsivo pode ser definido como qualquer sinal indesejado que contenha picos de alta amplitude em relação ao seu nível eficaz. Tais picos ocorrem esporadicamente e contaminam o sinal desejado por adição. Ele pode ser: (i) gerado a partir da rede elétrica e por indução direta no receptor, ou (ii) capturado pela antena do receptor. Na primeira categoria, as principais fontes geradoras são os sistemas de ignição de fornos, os sistemas de controle de máquinas de lavar louça, termostatos de aquecedores e interruptores de lâmpadas, principalmente as que possuem reatores. Na segunda categoria, as fontes geradoras típicas são as descargas atmosféricas e os sistemas de ignição de automóveis [15].

Há várias formas de modelar o ruído impulsivo, como aquelas descritas em [16–18]. Neste artigo foi adotado o modelo de ruído com distribuição α -estável simétrica (*symmetric alpha-stable*, $S\alpha S$) com parâmetro de centralização nulo, que é um caso particular das distribuições genericamente classificadas como estáveis [18]. Nesse modelo, o ruído impulsivo é controlado por dois parâmetros da distribuição $S\alpha S$ com centralização nula. O parâmetro $0 < \alpha \leq 2$, governa o grau de severidade dos impulsos, sendo que a severidade diminui à medida que α tende para 2. Para $\alpha = 2$, a distribuição $S\alpha S$ torna-se Gaussiana. O parâmetro $\gamma > 0$ está associado à dispersão da distribuição $S\alpha S$, elevando a intensidade do ruído impulsivo à medida que aumenta.

Vale ressaltar que uma variável aleatória com função densidade de probabilidade (*probability density function*, PDF) $S\alpha S$ não possui o conceito de variância para $0 < \alpha < 2$, já que nesse caso a variância é considerada infinita independentemente de γ . Também não há expressão fechada para a PDF $S\alpha S$, a qual é tratada matematicamente por meio da função característica $\Phi(v)$. Para a distribuição $S\alpha S$ com centralidade nula tem-se [18] $\Phi(v) = \exp\{-\gamma|v|^\alpha\}$.

A Figura mostra a PDF $S\alpha S$ centrada em 0 para $\gamma = 1$ e para vários valores de α . A Figura 2.3 mostra séries temporais de amostras do ruído $S\alpha S$ para $\alpha = 0,5$ e $\alpha = 2$. Para $\alpha = 2$ a distribuição $S\alpha S$ particulariza-se em uma distribuição Gaussiana de média zero. À medida que α é reduzido, as caudas da PDF se tornam mais proeminentes, indicando o aumento da probabilidade de ocorrência de impulsos de grande amplitude em relação ao caso $\alpha = 2$.

O **Algoritmo 1** sintetiza os passos para o cancelamento de ruído impulsivo na técnica proposta.

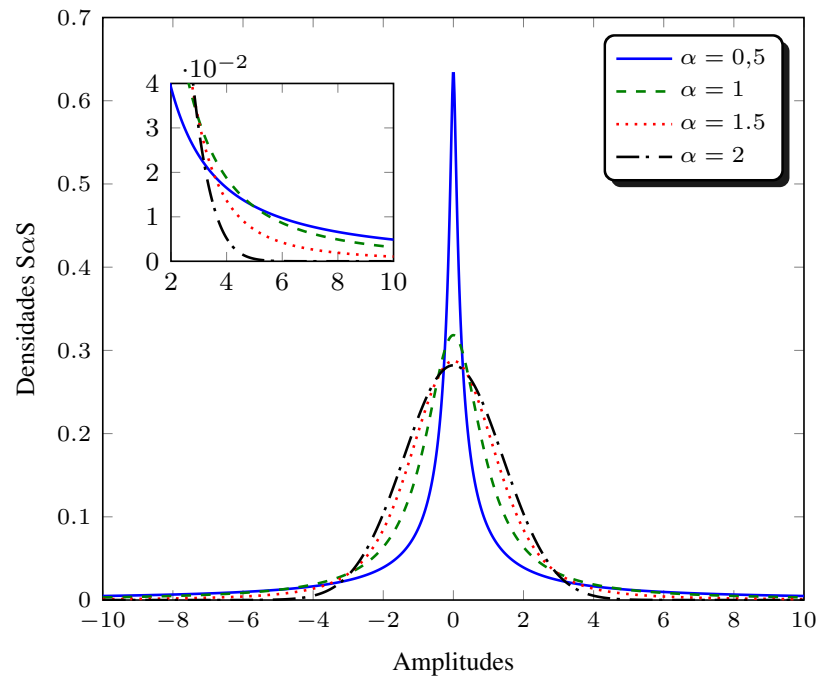


Figura 2.2: *PDFs SαS para $\gamma = 1$ (variância unitária para $\alpha = 2$) e diferentes valores de α .*

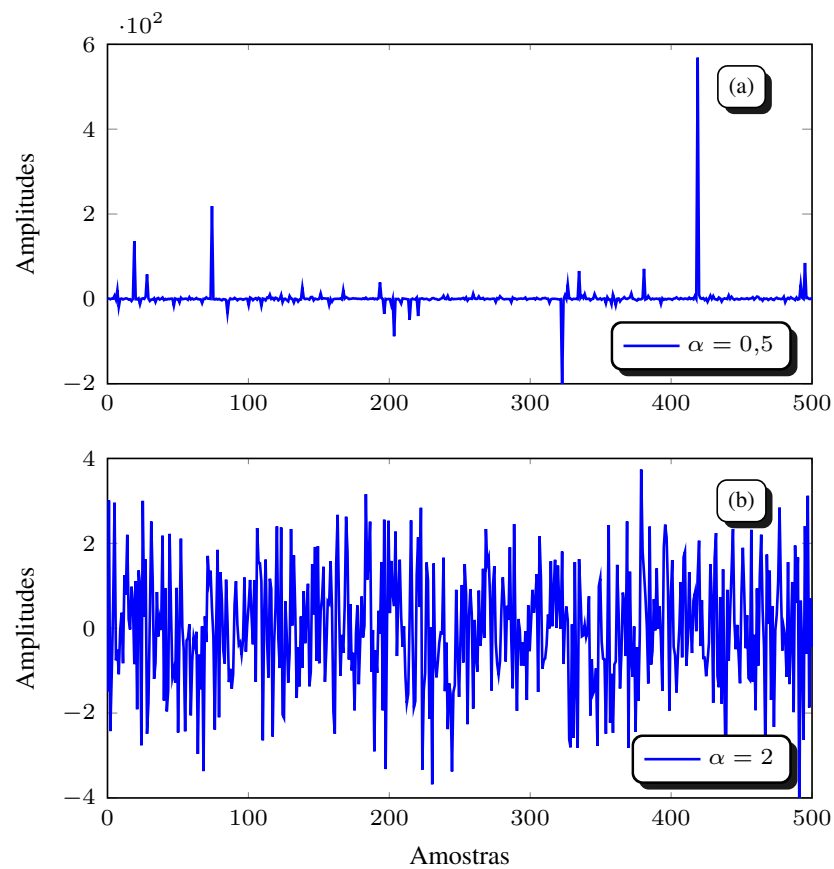


Figura 2.3: *Formas de onda do ruído SαS para $\gamma = 1$ e diferentes valores de α .*

Algoritmo 1 Cancelamento de ruído impulsivo

```

1: para o intervalo de sensoriamento  $k = 1, 2, \dots$  faça
2:   para  $m = 1$  até  $M$  faça
3:     de posse de  $\mathbf{y}_m$ , estime  $\sigma_{y_m}^{\Re}$  e  $\sigma_{y_m}^{\Im}$ 
4:     e compute  $\sigma_{y_m} = \min(\sigma_{y_m}^{\Re}, \sigma_{y_m}^{\Im})$ 
5:     se  $k = 1$  então
6:        $\bar{\sigma}_{y_m} \leftarrow \sigma_{y_m}$ 
7:       senão se  $t\bar{\sigma}_{y_m} < \sigma_{y_m}$  então
8:          $\ell_m = 4\bar{\sigma}_{y_m}$ 
9:       senão se  $t\bar{\sigma}_{y_m} > \sigma_{y_m}$  então
10:         $\bar{\sigma}_{y_m} \leftarrow \sigma_{y_m}$ 
11:         $\ell_m = 4\bar{\sigma}_{y_m}$ 
12:        para  $n = 1$  até  $N$  faça
13:          se  $\ell_m < |\Re(y_{n,m})|$  então
14:             $\Re(y_{n,m}) \leftarrow 0$ 
15:          se  $\ell_m < |\Im(y_{n,m})|$  então
16:             $\Im(y_{n,m}) \leftarrow 0$ 
17:             $y_{n,m} = \Re(y_{n,m}) + j\Im(y_{n,m})$ 
18:         $\mathbf{y}_m = [y_{1,m}, y_{2,m}, \dots, y_{N,m}]^T$ 

```

2.2 Resultados Numéricos

Dois cenários de sensoriamento espectral cooperativo centralizado foram adotados, um com cancelamento e o outro sem cancelamento de ruído impulsivo. A cada intervalo de sensoriamento cada um dos $M = 8$ CRs em cooperação coleta $N = 250$ amostras complexas do sinal recebido (resultando em $t = 1, 18$), executa o **Algoritmo 1** no caso de aplicação do cancelamento de ruído impulsivo, e envia as amostras processadas ao FC, onde, via detector GRCC, obtém-se uma decisão sobre a ocupação da banda sensoriada. O sinal do transmissor primário foi gerado com potência unitária e a relação sinal-ruído (*signal-to-noise ratio*, SNR) média em cada CR foi ajustada para $-13, -12, -11, -10, -9, -8, -7$ e -6 dB (na ausência de ruído impulsivo). A atividade do PU foi modelada como uma variável aleatória de Bernoulli, com 50% do tempo em 1 (transmissor ligado), para se estimar P_d e 50% do tempo em 0 (transmissor desligado), para se estimar P_{fa} . Tanto a parte real quanto a parte imaginária de cada amostra complexa de ruído impulsivo foram modeladas como variáveis aleatórias i.i.d. com distribuição $S\alpha S$, com $\gamma = 1$ e $\alpha = \{0,2; 0,8; 1,4; 2\}$, utilizando o código em MATLAB[®] disponível em [19]. A chance do sinal recebido em um CR ser afetado por ruído impulsivo em um intervalo de sensoriamento foi modelada como uma variável aleatória de Bernoulli com probabilidade de sucesso P_i . Logo, o número de CRs afetados por ruído impulsivo a cada intervalo é uma variável aleatória binomial com parâmetro P_i . Tais valores de P_i foram escolhidos de tal forma que o número médio de CRs

afetados em cada intervalo de sensoriamento seja $MP_{ri} = 0, 1, \dots, M$, respectivamente. Cada ponto nas curvas ROC subsequentes resultou de $K = 50000$ eventos de simulação de Monte Carlo por meio do *software* MATLAB[®].

As Figuras 2.4(a), 3(b), 2.5(a) e 4(b) mostram os resultados obtidos com e sem cancelamento de ruído impulsivo, respectivamente para $\alpha = 0,2; 0,8; 1,4; 2$. Como esperado, com $P_{ri} = 0$ os desempenhos com e sem cancelamento de ruído impulsivo são iguais e os melhores, já que nesse caso nenhum CR foi atingido por esse ruído. Observa-se a influência cada vez menor do ruído impulsivo à medida que α aumenta, lembrando que menores valores de α correspondem a mais severidade do ruído impulsivo. Nota-se também que com $\alpha = 2$, para qualquer valor de P_{ri} os desempenhos com e sem cancelamento são praticamente os mesmos. Nesse caso, já que não há ruído impulsivo, a queda de desempenho à medida que P_{ri} aumenta é explicada pelo fato de que há a soma de dois ruídos Gaussianos contaminando os CRs.

A Figura 2.4(a) mostra os resultados para o nível mais severo de ruído impulsivo. Vê-se que sem a técnica de cancelamento, até mesmo quando há, em média, apenas $MP_{ri} = 8 \times 0,125 = 1$ CR sendo afetado por esse ruído, o desempenho é drasticamente degradado. Nesse caso a respectiva ROC mostra, para $P_{fa} = 0,1$, um valor de $P_d \approx 0,35$. Para $P_{ri} \geq 0,5$ nem mesmo é possível visualizar os resultados, pois todos os pontos das ROCs estão concentrados em zero¹, ou seja, $P_{fa} = P_d = 0$. Por outro lado, nota-se nitidamente que o cancelamento de ruído impulsivo trouxe grande melhora de desempenho. Em termos de comparação, veja que agora $P_d \approx 0,95$ para $P_{fa} = 0,1$ e $MP_{ri} = 1$. Apenas com $MP_{ri} = 8 \times 1 = 8$ o desempenho do cancelamento não foi significativo. No entanto, vale ressaltar que nesse caso todos os CRs estiveram sob o efeito de ruído impulsivo em todos os intervalos de sensoriamento, um caso limite pouco provável de ocorrer na prática.

Na Figura 2.4(b), na qual o ruído impulsivo é menos severo que no caso da Figura 2.4(a), quase não houve melhora de desempenho sem cancelamento de ruído impulsivo com o aumento de α de 0,2 para 0,8. Já os desempenhos com cancelamento melhoraram ainda mais notoriamente. Até mesmo quando todos os CRs estão sob o efeito de ruído impulsivo obteve-se significativa melhora de desempenho, com cancelamento, em comparação com a mesma situação na Figura 2.4(a).

Na Figura 2.5(a) os desempenhos com cancelamento de ruído impulsivo melhoraram ainda mais em relação aos mostrados na Figura 2.4, inclusive aquele referente a $MP_{ri} = 8$. Agora os desempenhos sem cancelamento também melhoraram significativamente, mas, ainda assim, a melhoria trazida pelo cancelamento pode ser facilmente

¹Como C_i é a potência média estimada do sinal recebido no i -ésimo RC, pois $C_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |y_{i,n}|^2$, sob ruído impulsivo $\sum C_i \gg \sum R_i$ e $T_{\text{GRCC}} \approx 0$. Logo, $T_{\text{GRCC}} < \eta$ e $P_{fa} = P_d = 0$.

notada. Nos resultados mostrados na Figura 2.5(b) não se considerou ruído impulsivo, pois $\alpha = 2$. A queda de desempenho observada com o aumento de P_{ri} deve-se somente à soma de dois ruídos Gaussianos independentes afetando o sinal recebido.

A Tabela 2.1

Tabela 2.1: *Transition matrices as a function of L.*

$\Gamma = 6 \text{ dB}, P_e = 5.3 \times 10^{-2} \text{ and } \rho = 1/\sqrt{2}$						
L	P_{GG}	P_{GB}	P_{BG}	P_{BB}	P_{G}	P_{B}
2	0.499562	0.500438	0.500000	0.500000	0.024060	0.081912
50	0.987027	0.012973	0.020000	0.980000	0.004170	0.128278
600	0.998918	0.001082	0.001667	0.998333	0.004135	0.128274
1200	0.999465	0.000535	0.000833	0.999167	0.004022	0.129248
2400	0.999716	0.000284	0.000417	0.999583	0.004174	0.124598
4800	0.999874	0.000125	0.000208	0.999792	0.004473	0.133520

Tabela 2.2: *AUCs for the uncoded MAJ, OR and AND decision fusion rules, for $\sigma_{\text{dB}} = 6.14, 8.68$ and 12.28 dB , $L = 50 \text{ m}$, and $D_{\text{dec}} = 10, 50$ and 90 m .*

I. $D_{\text{dec}} = 10 \text{ meters}$

σ_{dB}	MAJ	OR	AND
6.14	0.944735	0.832241	0.682087
8.68	0.906780	0.672072	0.440811
12.28	0.682341	0.283685	0.084760

II. $D_{\text{dec}} = 50 \text{ meters}$

σ_{dB}	MAJ	OR	AND
6.14	0.942003	0.834215	0.686405
8.68	0.902702	0.685693	0.463925
12.28	0.656458	0.337250	0.114916

III. $D_{\text{dec}} = 90 \text{ meters}$

σ_{dB}	MAJ	OR	AND
6.14	0.941528	0.839427	0.693656
8.68	0.894509	0.697887	0.477223
12.28	0.627013	0.376423	0.141779

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat.

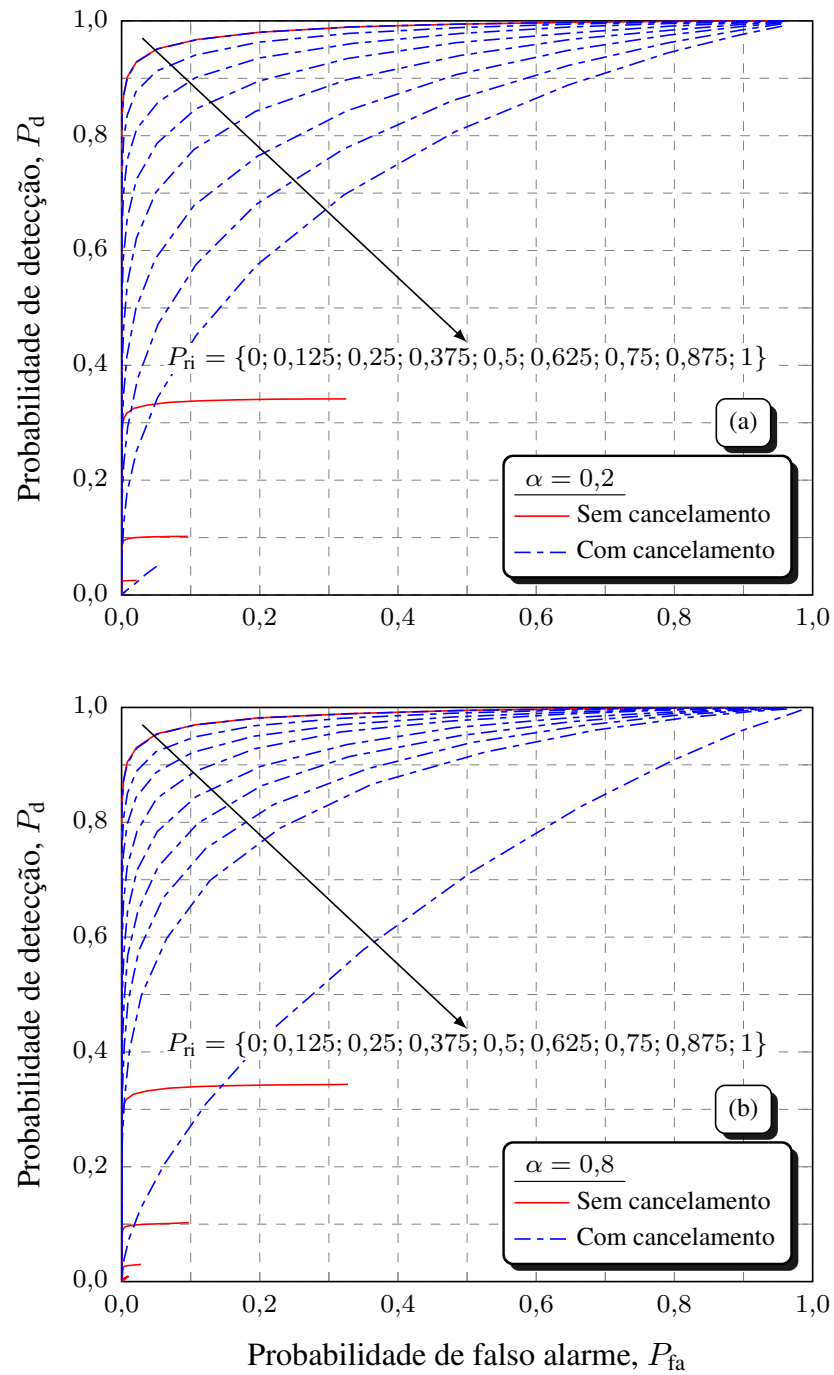


Figura 2.4: ROCs do detector GRCR sob ruído impulsivo $S\alpha S$ com e sem cancelamento, para $\alpha = 0,2$ (a) e $\alpha = 0,8$ (b), para $\gamma = 1$ e diversos valores de P_{ni} .

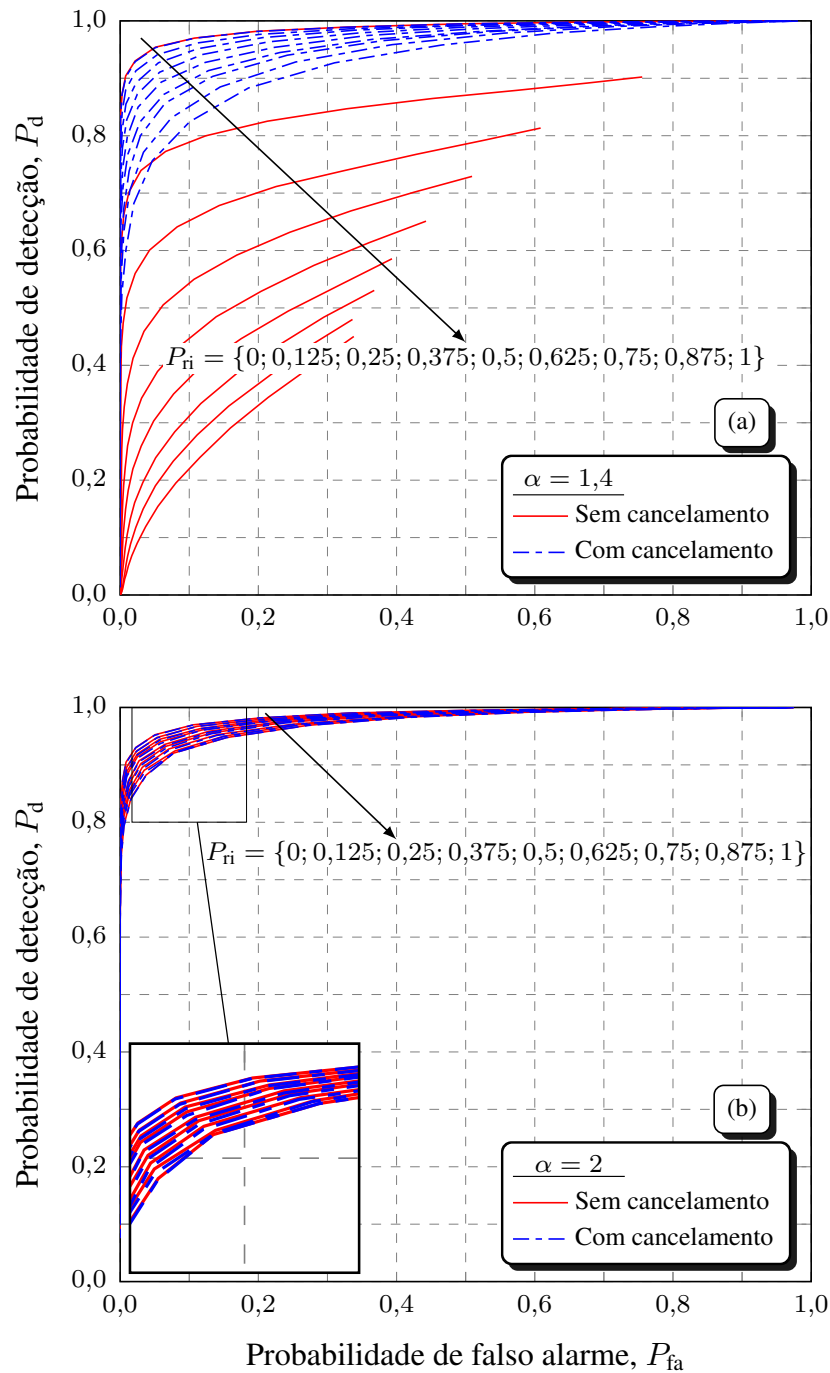


Figura 2.5: ROCs do detector GRCR sob ruído impulsivo $S\alpha S$ com e sem cancelamento, para $\alpha = 1,4$ (a) e $\alpha = 2$ (b), para $\gamma = 1$ e diversos valores de P_{ri} .

Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Look

heir

aposto

Look

Tabela 2.3: AUCs for the coded MAJ, OR and AND decision rules, with $r_B = \{5/15, 6/31, 9/63\}$ and $r_R = \{1/3, 1/5, 1/9\}$, for $\sigma_{dB} = 6.14, 8.68$ and 12.28 dB, $L = 50$ m, and $D_{dec} = 10, 50$ and 90 m.

I. $D_{dec} = 10$ meters

Repetition code

σ_{dB}	MAJ	OR	AND
6.14	0.950901	0.872333	0.763703
8.68	0.905571	0.661525	0.432582
12.28	0.645173	0.239322	0.059304

BCH code

σ_{dB}	MAJ	OR	AND
6.14	0.951037	0.853059	0.549854
8.68	0.884106	0.525092	0.141873
12.28	0.528424	0.147162	0.013622

II. $D_{dec} = 50$ meters

Repetition code

σ_{dB}	MAJ	OR	AND
6.14	0.949618	0.873649	0.766129
8.68	0.898309	0.679468	0.452379
12.28	0.609275	0.292450	0.083059

BCH code

σ_{dB}	MAJ	OR	AND
6.14	0.949035	0.857944	0.574734
8.68	0.866253	0.567778	0.186621
12.28	0.494246	0.201892	0.026000

III. $D_{dec} = 90$ meters

Repetition code

σ_{dB}	MAJ	OR	AND
6.14	0.947389	0.874952	0.769457
8.68	0.890139	0.693384	0.474150
12.28	0.584192	0.337310	0.109875

BCH code

σ_{dB}	MAJ	OR	AND
6.14	0.949362	0.863326	0.593034
8.68	0.852856	0.597052	0.230963
12.28	0.456952	0.251349	0.043463

Capítulo 3

Performance of the Gerschgorin Radii and Centers Ratio Detector for Cooperative Spectrum Sensing under Burst Control Channel Errors

THE rapid expansion of telecommunications services is the primary reason for the current problem of spectrum scarcity and congestion. Figure 3.1 illustrates the binary symmetric channel model without memory with error (crossover) probability P_e . Thus, the probability of a correctly received bit is $1 - P_e$.

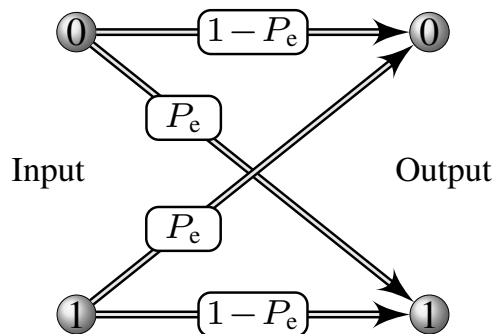


Figura 3.1: *Memoryless binary symmetric channel (BSC) model.*

Figure 3.2 illustrates the GEC. The model has two states: the *good state*, which is represented by the letter G, and the *bad state*, which is represented by the letter B. When in the good state the probability of bit error is given by P_G ; when in the bad state, this probability is denoted by P_B .

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu

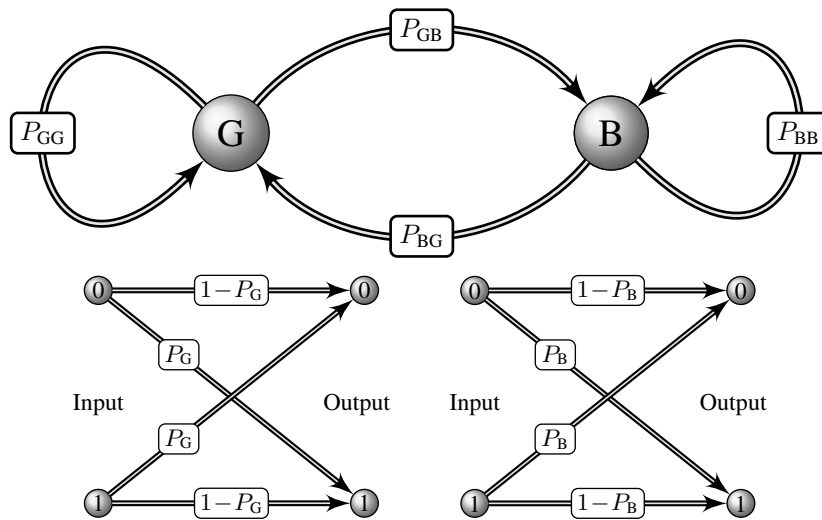


Figura 3.2: Gilbert-Elliott channel (GEC) model with memory.

libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim.

Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst.

Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed wisi.

Looks

aposto

Look

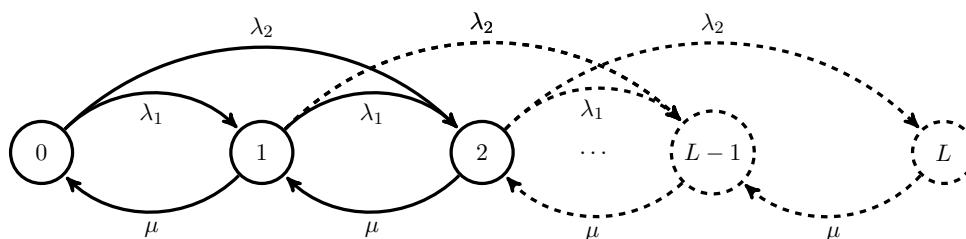


Figura 3.3: Diagrama de estados hipotético $M^K/M/1$ com L estados.

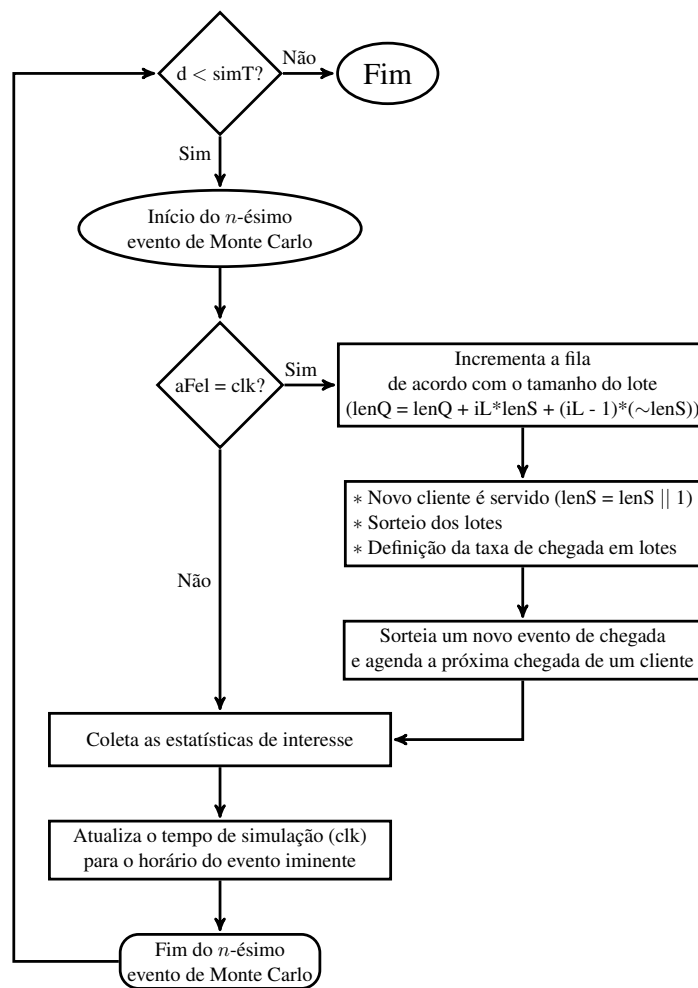


Figura 3.4: Fluxograma de eventos de chegadas.

Capítulo 4

Conclusões e Propostas Para Novas Pesquisas

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc

eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent fe-

giat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed wisi. Look

heir

aposto

L^AT_EX, Insight

Look

Anexo A

Resultados do Teste MMED Para a Fusão de Autovalores e Fusão de Decisões Pelas Regras de Decisões E, OU e Voto Majoritário (MAJ)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt

tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor

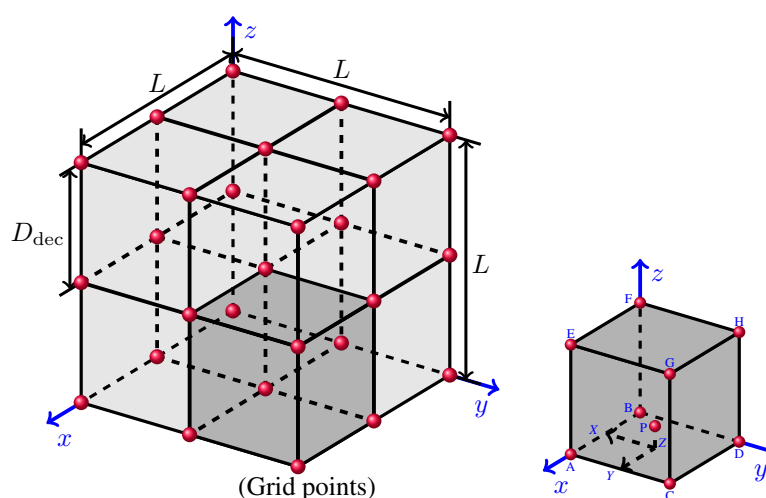


Figura A.1: Pictorial representation of the three-dimensional correlated shadowing model.

nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

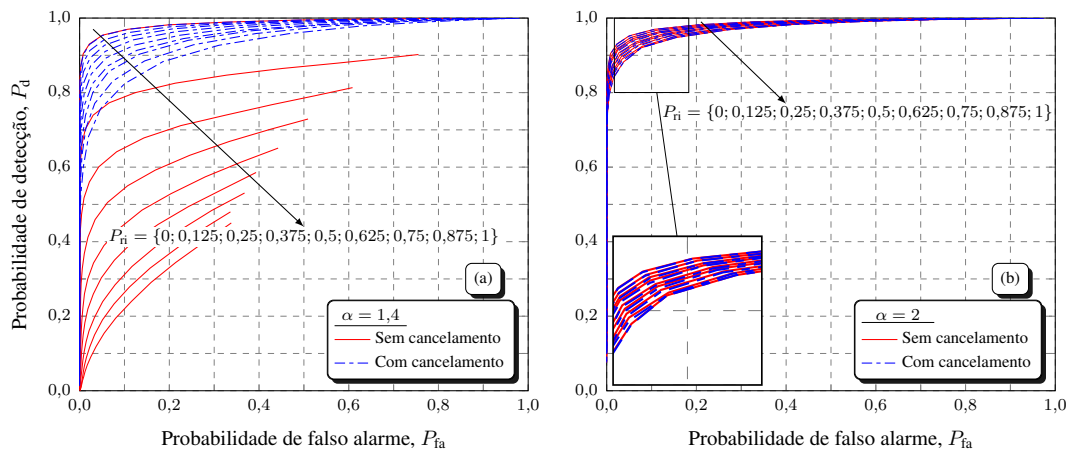


Figura A.2: ROCs do detector GRCR sob ruído impulsivo $S\alpha S$ com e sem cancelamento, para $\alpha = 1,4$ (a) e $\alpha = 2$ (b), para $\gamma = 1$ e diversos valores de P_{fi} .

Referências Bibliográficas

- [1] Y. Chen and H.-S. Oh, “A survey of measurement-based spectrum occupancy modeling for cognitive radios,” *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 18, no. 1, pp. 848–859, 2016.
- [2] *IEEE Standard for information technology– Local and metropolitan area networks– Specific requirements– Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Policies and procedures for operation in the TV Bands*, IEEE Std., Jul. 2011.
- [3] J. W. Demmel, *Applied numerical linear algebra*. Philadelphia, PA, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1997, vol. 56.
- [4] J. R. Yee and E. J. Weldon, “Evaluation of the performance of error-correcting codes on a Gilbert channel,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 43, no. 8, pp. 2316–2323, Aug. 1995.
- [5] I. F. Akyildiz, B. F. Lo, and R. Balakrishnan, “Cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks: a survey,” *Physical commun.*, vol. 4, no. 1, pp. 40–62, 2011.
- [6] B. Nadler, F. Penna, and R. Garello, “Performance of eigenvalue-based signal detectors with known and unknown noise level,” in *Commun. (ICC), 2011 IEEE Int. Conf. on*. IEEE, 2011, pp. 1–5.
- [7] R. C. D. V. Bomfin, R. A. A. de Souza, and D. A. Guimarães, “Circular folding cooperative power spectral density split cancellation algorithm for spectrum sensing,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 21, no. 2, pp. 250–253, Feb. 2017.
- [8] S. Nallagonda, S. K. Bandari, S. D. Roy, and S. Kundu, “Performance of cooperative spectrum sensing with soft data fusion schemes in fading channels,” in *2013 Annu. IEEE India Conf. (INDICON)*, Dec. 2013, pp. 1–6.
- [9] A. Ghasemi and E. S. Sousa, “Collaborative spectrum sensing for opportunistic access in fading environments,” in *First IEEE Int. Symp. on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, 2005. DySPAN 2005.*, Nov. 2005, pp. 131–

136.

- [10] A. Ahmed, Y. F. Hu, and J. M. Noras, “Noise variance estimation for spectrum sensing in cognitive radio networks,” *AASRI Procedia*, vol. 9, pp. 37–43, 2014.
- [11] Z. Ye, G. Memik, and J. Grosspietsch, “Energy detection using estimated noise variance for spectrum sensing in cognitive radio networks,” in *2008 IEEE Wireless Commun. and Networking Conf.*, Mar. 2008, pp. 711–716.
- [12] D. A. Guimarães, “Robust test statistic for cooperative spectrum sensing based on the Gerschgorin circle theorem,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 2445–2456, 2018.
- [13] J. Mitola and G. Q. Maguire, “Cognitive radio: making software radios more personal,” *IEEE Personal Commun. Mag.*, vol. 6, no. 4, pp. 13–18, Aug. 1999.
- [14] J. G. Andrews, S. Buzzi, W. Choi, S. V. Hanly, A. Lozano, A. C. K. Soong, and J. C. Zhang, “What will 5G be?” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 32, no. 6, pp. 1065–1082, Jun. 2014.
- [15] D. A. Guimarães, R. A. A. de Souza, and A. N. Barreto, “Performance of cooperative eigenvalue spectrum sensing with a realistic receiver model under impulsive noise,” *J. of Sensor and Actuator Networks*, vol. 2, no. 1, pp. 46–69, 2013. [Online]. Available: <http://www.mdpi.com/2224-2708/2/1/46>
- [16] J. Fernández, “Modelling impulsive interference in DVB-T: statistical analysis, test waveforms and receiver performance,” *EBU Technical Review*, 2004.
- [17] D. Middleton, “Non-Gaussian noise models in signal processing for telecommunications: new methods and results for class A and class B noise models,” *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 45, no. 4, pp. 1129–1149, May 1999.
- [18] P. G. Georgiou, P. Tsakalides, and C. Kyriakakis, “Alpha-stable modeling of noise and robust time-delay estimation in the presence of impulsive noise,” *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 1, no. 3, pp. 291–301, Sep. 1999.
- [19] MathWorks. (2017, Jan.) Alpha-stable distributions in MATLAB. [Online]. Available: <http://math.bu.edu/people/mveillet/html/alphastablepub.html>

Apêndice I

Resultados do Teste ED Para a Fusão de Autovalores e Fusão de Decisões Pelas Regras de Decisões E, OU e Voto Majoritário (MAJ)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt

tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula. Lorem ipsum dolor sit

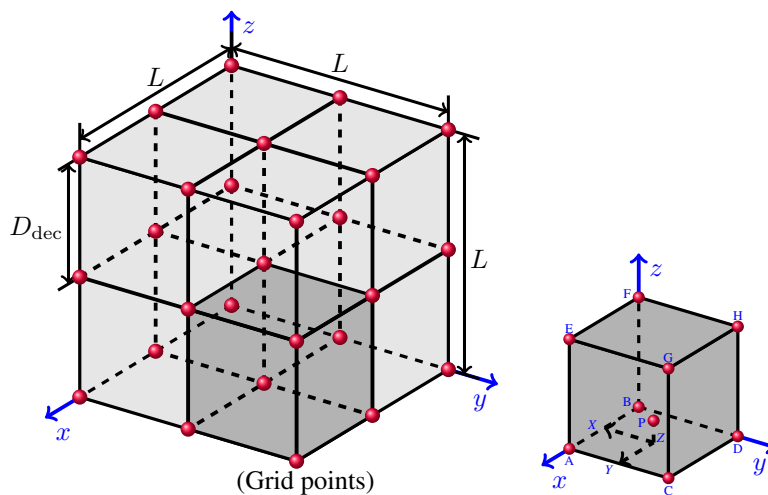


Figura I.1: *Pictorial representation of the three-dimensional correlated shadowing model.*

amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

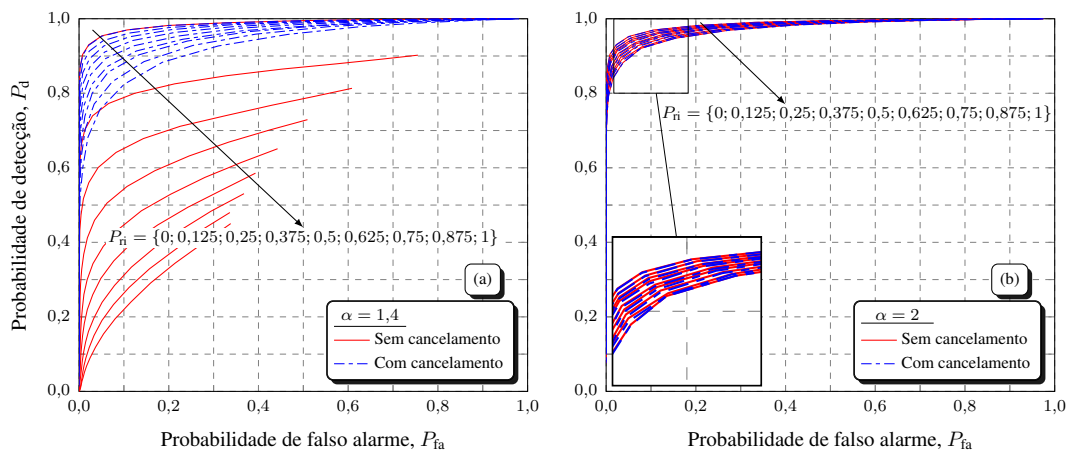


Figura I.2: ROCs do detector GRCR sob ruído impulsivo $S\alpha S$ com e sem cancelamento, para $\alpha = 1,4$ (a) e $\alpha = 2$ (b), para $\gamma = 1$ e diversos valores de P_{ri} .

$$\mathbf{y}_m^{(b)} = ((h_m \mathbf{x} + \mathbf{v}_m) / \sigma_{v_m})^{(b)}. \quad (\text{I.1})$$

Glossário

aposto	Palavra ou frase que explica um ou alguns termos da oração (pp. 8, 19, 24, 29)
denário	Moeda usada pelos países dominados pelos romanos
fariseus	Grupo de pessoas muito importantes entre os judeus na época de Jesus
gentio	Todas as pessoas em todos os lugares que não são judeus
Gospel	Evangelho
heir	Herdeiro, sucessor (pp. 8, 19, 29)
Insight	“compreensão, conhecimento (quando a ideia surge na mente)” (p. 29)
L^AT_EX	Linguagem de marcação de texto muito utilizada na produção de documentos científicos (p. 29)
Look	Visual (pp. 8, 19, 24, 29)