

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

## **Relatório de Estágio**

**Waslon Terllizzie Araújo Lopes**

Relatório apresentado à coordenação de estágios em  
Engenharia Elétrica da UFPB como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Campina Grande - PB, 13 de fevereiro de 1998

ESTAGIÁRIO: WASLON TERLLIZZIE ARAÚJO LOPES

MATRÍCULA: 9311435-3

EMPRESA: LABCOM - LABORATÓRIO DE COMUNICAÇÕES

SUPERVISOR: MARCELO SAMPAIO DE ALENCAR

TIPO DE ESTÁGIO: SUPERVISIONADO

PERÍODO DE ESTÁGIO: 02 DE DEZEMBRO A 30 DE JANEIRO

PROFESSOR ORIENTADOR: MARCELO SAMPAIO DE ALENCAR

COORDENADOR DE ESTÁGIOS: RICARDO J. AGUIAR LOUREIRO



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Revisão Bibliográfica</b>	<b>3</b>
2.1	Rede Unix (Funcionamento e Utilização dos Comandos) . . . . .	3
2.2	Aprendizagem do Processo de Formatação em LaTeX . . . . .	3
2.3	Revisão de Princípios de Comunicações . . . . .	4
2.4	Estudo da Plataforma de Simulação de Sistemas de Comunicações em PTOLEMY . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Revisão da Apostila de Princípios de Comunicações</b>	<b>5</b>
3.1	Média, Potência e Autocorrelação . . . . .	5
3.2	A Transformada de Fourier de $1/\pi t$ . . . . .	8
3.3	Densidade Espectral de Potência . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Conclusões</b>	<b>11</b>

# Lista de Figuras

3.1	Sinal senoidal, sua autocorrelação e densidade espectral de potência. . . . .	7
3.2	Função Sinal. . . . .	8
3.3	Densidade espectral de potência de um sinal AM . . . . .	10

### **Agradecimentos:**

Aos professores Marcelo Sampaio de Alencar, Bruno Barbosa Albert e Francisco Marcos de Assis, pela atenção e oportunidade de aprender.

Aos meus colegas Milana, Edmar, Walter e George, pela amizade e ajuda nos momentos de dúvidas.

A meus pais e meus irmãos por todo apoio dado até hoje.

E em particular, a minha namorada Riuzuani, por toda a compreensão e companheirismo.

“... tendo achado um caminho que, na minha opinião, quem o seguir deverá infalivelmente encontrar a ciência, julgava que (deveria) comunicar fielmente ao público todo o pouco que eu descobrira e convidar os bons espíritos a que procurassem ir além, contribuindo cada qual com a sua inclinação e seu poder para as experiências que são necessárias fazer.”

Descartes

# Capítulo 1

## Introdução

Este trabalho é um relato das atividades do aluno Waslon Terllizzie Araújo Lopes, do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba - Campus II, durante o período de estágio no Laboratório de Comunicações (LABCOM), desta instituição, estágio esse que é requisito primordial para a conferência do título de Engenheiro.

Aqui, estão descritas todas as ocorrências, relativas ao trabalho realizado, que o estagiário julgou serem de maior importância. O trabalho está disposto em capítulos, que são referentes às etapas do estágio, atentando para a lógica e ordem nas quais foram cumpridas.

O plano de estágio consiste nas seguintes etapas:

- Etapa 1: Revisão Bibliográfica
  - Rede Unix (Estudo de seu funcionamento e utilização de comandos);
  - Revisão do processo de formatação em Latex;
  - Revisão de Princípios de Comunicações;
  - Estudo de Telefonia Móvel Celular;
  - Estudo da plataforma de simulação de sistemas de comunicações *Ptolemy*.
- Etapa 2: Contribuição para o aprimoramento da apostila de Princípios de Comunicações
  - Adição de notas de aula à apostila;
  - Elaboração de algumas deduções matemáticas;
  - Simulação de alguns processos de modulação para a obtenção de gráficos e resultados para a apostila, incluindo modulação em amplitude, quadratura e ângulo;
  - Preparação de um manual de soluções dos exercícios propostos na apostila.
- Etapa 3: Preparação do Relatório descrevendo as atividades desenvolvidas no período do estágio

Como parte integrante da formação do estudante, é considerado estágio o conjunto das atividades de aprendizagem social, profissional e cultural, proporcionadas pela participação em situações reais de vida e trabalho, sendo realizadas na comunidade em geral ou junto a pessoas jurídicas de direito público e privado.

No presente caso, o estágio foi realizado no Laboratório de Comunicações (LABCOM) da UFPB - Campus II, no qual tem sido desenvolvidos trabalhos em vários setores da área de Telecomunicações, incluindo temas como Redes de Computadores, Teoria da Informação e Codificação e

Telefonia Móvel Celular, ou seja, assuntos que envolvem sistemas de comunicações. Estes trabalhos procuram dar suporte às disciplinas relacionadas a essa área, visando promover a fixação da teoria com a prática realizada.

O LABCOM tem comportado estagiários e bolsistas regulares, que têm trabalhado sob a orientação dos professores responsáveis, dando oportunidade a estes alunos de terem contato com a pesquisa e a formação do espírito científico.

Os estagiários devem cumprir um plano preestabelecido, com uma duração predeterminada. No caso particular, o estágio foi realizado no período de 1 de Dezembro de 1997 a 30 de Janeiro de 1998, totalizando uma carga horária de 90 horas, sob a orientação do professor Marcelo Sampaio de Alencar.

Nos capítulos seguintes são descritas todas as atividades desenvolvidas.



## Capítulo 2

# Revisão Bibliográfica

Esta primeira etapa foi necessária para obtenção dos conhecimentos relativos às ferramentas computacionais do laboratório, incluindo os *softwares* utilizados e o tipo de rede local vigente, e também a forma padrão de editoração de trabalhos científicos. Foram revisados também, livros das teorias básicas de Comunicações (digital e analógica), manuais e periódicos pertencentes ao laboratório.

Os principais itens estudados podem ser observados a seguir.

### 2.1 Rede Unix (Funcionamento e Utilização dos Comandos)

O laboratório possui quatro microcomputadores *Pentium* que operam sob o sistema operacional Linux, que é a versão do Unix para micros.

Para ampliar os conhecimentos sobre o sistema operacional Unix, foram feitas pesquisas em manuais, e principalmente utilizou-se exaustivamente os serviços da rede, para que praticando, fosse obtido maior êxito na aprendizagem dos comandos utilizados [4].

Do ponto de vista do usuário, o sistema operacional UNIX é de fácil utilização. Porém, para iniciantes é difícil saber onde começar e fazer melhor uso das facilidades disponíveis.

Os principais tópicos observados foram:

- Comandos básicos para o uso no dia-a-dia do sistema: tipos de comando, correção de erros, mail, comunicação inter-terminal e transferência de arquivos;
- Preparação de documentos: programas de formatação e alguns softwares de suporte;
- Programação UNIX: o uso do editor de texto VI.

Estas ferramentas foram a base de todas as tarefas realizadas durante o estágio.

### 2.2 Aprendizagem do Processo de Formatação em LaTeX

Para possibilitar a elaboração de textos e trabalhos, utilizados no LABCOM, estudamos por diversos manuais, tutoriais e documentos (fornecidos pelo orientador), a formatação em LaTeX, na qual o presente relatório foi escrito, visto que este é o formato padrão nos meios acadêmicos [1][5].

O sistema de preparação de um documento em LaTeX é uma versão especial do programa TeX. O TeX é um programa sofisticado desenvolvido para produzir uma formatação de alta qualidade, especialmente para textos matemáticos. O LaTeX adiciona ao TeX, uma coleção de comandos que simplificam a formatação, permitindo que o usuário concentre-se na estrutura do texto, e não nos comandos de formatação.

Geralmente, os comandos do LaTeX decompõem a estrutura de um documento, ao invés de seu formato. Por exemplo, utilizando-se LaTeX, pode-se requisitar que um documento seja produzido no estilo: artigo, livro, relatório, carta, etc., inserindo comandos que identificam os parágrafos, seções, listas, enfim permitindo que não se tenha a preocupação existente nas formas tradicionais de editoração, como detalhes de margem, tamanho de linha e outros.

Uma grande vantagem do LaTeX, observada, é que o mesmo é disponível para muitos sistemas, por causa de sua extensão TeX; fazendo com que um documento em LaTeX criado num sistema possa ser completamente transportado para outro, independente das estações - trabalho operantes.

Estudamos, portanto, todos os conceitos básicos de LaTeX que são comuns para as implementações disponíveis no sistema UNIX, incluindo a produção de figuras no aplicativo XFIG, compatível com o formato LaTeX.

Os primeiros textos escritos em LaTeX foram construídos com dificuldades, visto que é uma linguagem complicada, à primeira vista. Mas, com a prática, este se tornou de fácil assimilação, e assim o conhecimento obtido foi útil para a elaboração dos trabalhos que, a partir desses se seguiram.

## 2.3 Revisão de Princípios de Comunicações

Durante a graduação, cursamos várias disciplinas relacionadas a área de telecomunicações. E a fim de relembrarmos alguns conceitos, que foram necessários durante todo o estágio, estudamos por diversos livros de Princípios de Comunicações, e em especial, revisamos a apostila de Princípios de Comunicações da autoria do professor Marcelo Sampaio de Alencar[2].

Nesta fase, não tivemos problemas de obtenção de bibliografia, visto que a biblioteca central possui um acervo razoável destinado a essa área.

As principais modificações feitas na apostila serão descritas no próximo capítulo.

## 2.4 Estudo da Plataforma de Simulação de Sistemas de Comunicações em PTOLEMY

Baseamos nossos estudos no manual: *The Almagest* Vol. 1 - PTOLEMY 0.5.2 User' s Manual. PTOLEMY é um ambiente de software de terceira geração que suporta a especificação de sistemas heterogêneos, simulação e projeto. A estrutura é baseada em janelas orientadas a objetos, através das quais vários modelos de computação podem coexistir e interagir. Em adição ao uso da hierarquia para gerenciar a complexidade, o PTOLEMY usa a hierarquia para misturar modelos heterogêneos de computação. O resultado é um ambiente de software unificado que estende a filosofia da simulação de circuitos [7].

PTOLEMY contém um número de domínios de simulação, os quais correspondem a cada modelo de computação.

No PTOLEMY, o sistema é descrito em módulos de software chamados **Blocos**. Estes blocos são chamados em tempo real numa ordem determinada por um **Scheduler** (empilhador) e trocam informações entre si, enquanto são executados. Da perspectiva do usuário há dois tipos de blocos: **Star** (estrela) e **Galaxy** (constelação). As estrelas podem ser encontradas na biblioteca, as quais são elementares, enquanto as constelações são geradas a partir da interconexão das estrelas. Por exemplo, num circuito de modulação, as estrelas são os elementos que dispomos para montar e observar o circuito (fontes de sinais, moduladores, filtros, osciloscópios, analisadores de espectro, etc.), a constelação corresponde ao circuito montado. Baseado nessa filosofia, os experimentos foram criados.

## Capítulo 3

# Revisão da Apostila de Princípios de Comunicações

Esta etapa era o principal objetivo do estágio. A revisão baseou-se na adição das notas de aula à apostila bem como a inclusão de algumas figuras que facilitarão a compreensão do texto. A título de ilustração, serão apresentadas a seguir três seções que foram incluídas na apostila pelo estagiário.

### 3.1 Média, Potência e Autocorrelação

Como foi visto antes, a média de um sinal real  $x(t)$  é

$$\bar{x}(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) dt \quad (3.1)$$

e a potência instantânea é dada por

$$p_X(t) = x^2(t). \quad (3.2)$$

Se o sinal  $x(t)$  existir sobre todo o intervalo  $(-\infty, +\infty)$ , define-se a potência total,  $\bar{P}_X$ , de um sinal real  $x(t)$ , a potência dissipada em um resistor de 1 ohm, quando uma tensão  $x(t)$  é aplicada sobre o mesmo (ou uma corrente  $x(t)$  o atravessa) [6]. Assim,

$$\bar{P}_X = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x^2(t) dt. \quad (3.3)$$

A partir da definição anterior,  $\bar{P}_X$  tem unidades correspondentes ao quadrado das unidades do sinal  $x(t)$  ( $\text{volt}^2$ ,  $\text{ampère}^2$ ). Estas unidades somente serão convertidas para *watts* se forem normalizadas por unidades de impedância (ohm). É frequente a utilização da potência em termos de *decibéis* (dB). A potência em *decibéis* é dada por [3]

$$(\bar{P}_X)_{dB} = 10 \log \bar{P}_X. \quad (3.4)$$

A potência total ( $\bar{P}_X$ ) é formada por duas componentes: uma componente DC, devido ao valor não nulo do sinal  $x(t)$  ( $\bar{P}_{DC}$ ) e uma componente AC ( $\bar{P}_{AC}$ ). A potência DC do sinal é dada por

$$\bar{P}_{DC} = (\bar{x}(t))^2. \quad (3.5)$$

Segue-se então que a potência AC do sinal pode ser calculada extraindo-se da potência total a componente DC, ou seja,

$$\bar{P}_{AC} = \bar{P}_X - \bar{P}_{DC}. \quad (3.6)$$

## Autocorrelação temporal de sinais

A função autocorrelação temporal média, ou simplesmente autocorrelação, de um sinal real  $x(t)$  é definida como

$$\overline{R}_X(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t)x(t + \tau) dt. \quad (3.7)$$

A mudança de variável  $y = t + \tau$  permite escrever a Equação 3.7 como

$$\overline{R}_X(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t)x(t - \tau) dt. \quad (3.8)$$

A partir da Equações 3.7 e 3.8, observa-se que  $\overline{R}_X(\tau)$  é uma função par de  $\tau$ , logo [6]

$$\overline{R}_X(-\tau) = \overline{R}_X(\tau). \quad (3.9)$$

A partir da definição de autocorrelação e potência pode-se concluir que

$$\overline{P}_X = \overline{R}_X(0) \quad (3.10)$$

e

$$\overline{P}_{DC} = \overline{R}_X(\infty), \quad (3.11)$$

ou seja, pode-se obter informações sobre a potência de um sinal a partir da função autocorrelação. A função autocorrelação pode ser tratada também no domínio da frequência, bastando para isto, aplicar a Transformada de Fourier a função  $\overline{R}_X(\tau)$ .

$$\mathcal{F}\{\overline{R}_X(\tau)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t)x(t + \tau)e^{-j\omega\tau} dt d\tau = \quad (3.12)$$

$$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) \int_{-\infty}^{+\infty} x(t + \tau) d\tau dt$$

$$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) X(\omega) e^{j\omega t} dt$$

$$= X(\omega) \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) e^{j\omega t} dt$$

$$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{X(\omega) X(-\omega)}{T}$$

$$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{|X(\omega)|^2}{T} \quad (3.13)$$

A densidade espectral de potência é definida como a transformada de Fourier da função autocorrelação, ou seja,

$$\overline{S}_X = \int_{-\infty}^{\infty} \overline{R}_X(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau. \quad (3.14)$$

**Exemplo:** Encontre a densidade espectral de potência de um sinal senoidal (Figura 3.1a).

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \theta) \quad (3.15)$$

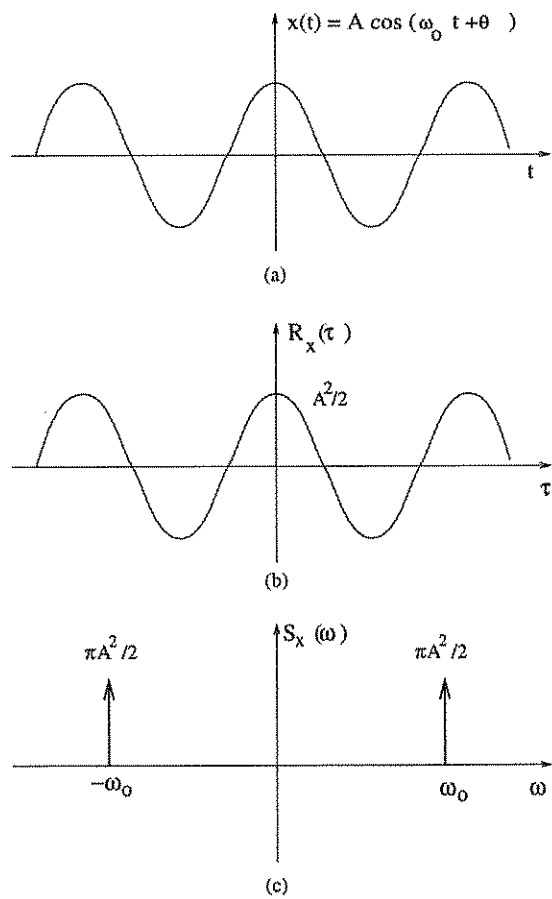


Figura 3.1: Sinal senoidal, sua autocorrelação e densidade espectral de potência.

**Solução:**

$$\begin{aligned}\bar{R}_X(\tau) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} A^2 \cos(\omega_0 t + \theta) \cos[\omega_0(t + \tau) + \theta] dt \\ &= \frac{A^2}{2} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \left[ \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \cos \omega_0 \tau dt + \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \cos(2\omega_0 t + \omega_0 \tau + 2\theta) dt \right] \\ &= \frac{A^2}{2} \cos \omega_0 \tau\end{aligned}$$

Observe que a função autocorrelação (Figura 3.1b) é independente da fase  $\theta$ . A densidade espectral de potência (Figura 3.1c) é

$$\begin{aligned}\bar{S}_X(\omega) &= \mathcal{F}[R_X(\tau)] \\ \bar{S}_X(\omega) &= \frac{\pi A^2}{2} [\delta(\omega + \omega_0) + \delta(\omega - \omega_0)]\end{aligned}$$

A potência, ou valor médio quadrático de  $x(t)$  é

$$\bar{P}_X = \bar{R}_X(0) = \frac{A^2}{2}$$

### 3.2 A Transformada de Fourier de $1/\pi t$

Para se obter a transformada de Fourier de  $\frac{1}{\pi t}$  pode-se utilizar o raciocínio seguinte:

- Considere a função sinal apresentada na Figura 3.2.

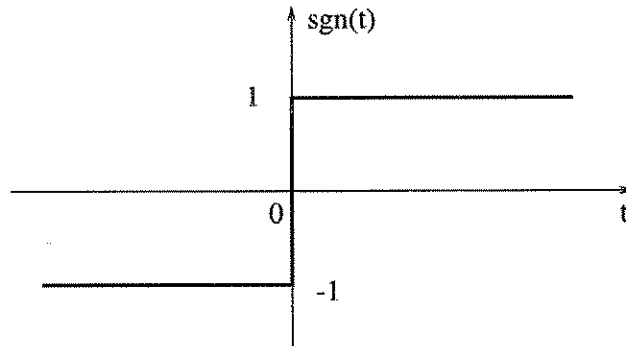


Figura 3.2: Função Sinal.

- A derivada de tal função é um impulso centrado na origem de área total igual a 2, a transformada de Fourier do impulso será 2.
- Como o impulso foi obtido a partir da função sinal, a sua transformada é obtida dividindo-se o resultado anterior por  $j\omega$ . Logo

$$u(t) - u(-t) \leftrightarrow \frac{2}{j\omega}.$$

- Por fim, utilizando a propriedade de simetria chega-se a

$$\frac{1}{\pi t} \leftrightarrow j(u(-\omega) - u(\omega)).$$

### 3.3 Densidade Espectral de Potência

A densidade espectral de potência da portadora modulada é obtida a partir da transformada de Fourier da função de autocorrelação, o conhecido Teorema de Wiener-Khintchine, visto no Capítulo 2,

$$S_S(\omega) = \mathcal{F}[R_S(\tau)], \quad (3.16)$$

onde  $R_S(\tau) = \frac{1}{2}R_A(\tau) \cos(\omega_c\tau)$ .

A função  $R_S(\tau)$  pode ser vista como o produto de duas funções:  $\frac{1}{2}R_A(\tau)$  e  $\cos(\omega_c\tau)$ . Utilizando este raciocínio a transformada de Fourier de  $R_S(\tau)$  pode ser calculada aplicando-se o Teorema da Convolução, ou seja,

$$S_S(\omega) = \mathcal{F}[R_S(\tau)] = \frac{1}{2\pi} \left( \mathcal{F}\left[\frac{1}{2}R_A(\tau)\right] * \mathcal{F}[\cos(\omega_c\tau)] \right) \quad (3.17)$$

$$= \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{1}{2}S_A(\omega) * (\pi\delta(\omega + \omega_c) + \pi\delta(\omega - \omega_c)) \right], \quad (3.18)$$

utilizando o Teorema da Filtragem, chega-se a

$$S_S(\omega) = \frac{1}{4} [S_A(\omega + \omega_c) + S_A(\omega - \omega_c)], \quad (3.19)$$

onde  $S_A(\omega) = \mathcal{F}[R_A(\tau)]$ .

A densidade espectral de potência do sinal modulante pode ser obtida escrevendo-se a expressão para  $R_A(\tau)$  e calculando a sua transformada. Assim

$$S_A(\omega) = \mathcal{F}[A^2(1 + \Delta_{AM}^2 R_M(\tau))], \quad (3.20)$$

$$S_A(\omega) = A^2[2\pi\delta(\omega) + \Delta_{AM}^2 S_M(\omega)]. \quad (3.21)$$

onde  $S_M(\omega)$  é a densidade espectral de potência do sinal mensagem.

Finalmente, a densidade espectral de potência da portadora modulada é

$$S_S(\omega) = \frac{A^2}{4} \left[ 2\pi(\delta(\omega + \omega_c) + \delta(\omega - \omega_c)) + \Delta_{AM}^2 (S_M(\omega + \omega_c) + S_M(\omega - \omega_c)) \right]. \quad (3.22)$$

A densidade espectral de potência de um sinal mensagem, do sinal modulante e da portadora modulada encontram-se ilustradas na Figura 3.3.

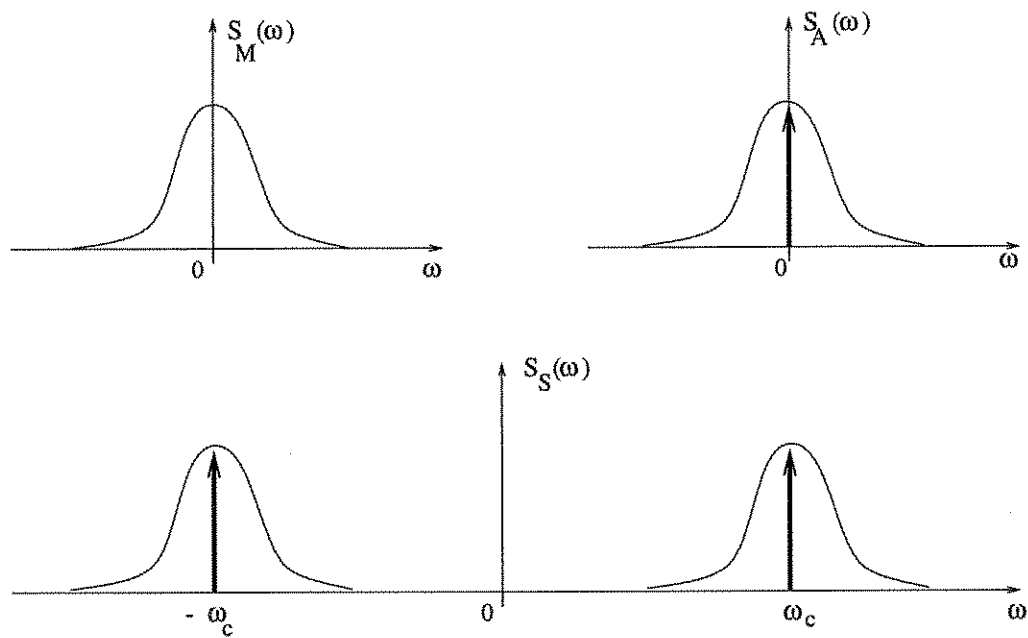


Figura 3.3: Densidade espectral de potência de um sinal AM



## Capítulo 4

# Conclusões

Acreditamos que durante todo o período de estágio, nosso conhecimento foi amplamente enriquecido. As atividades que desenvolvemos, foram escolhidas, de modo a estabelecer uma boa base para uma carreira acadêmica, que a partir de agora pretendemos galgar.

Em todas as etapas desenvolvidas, os objetivos propostos foram atingidos satisfatoriamente. Ressaltamos que o capítulo da apostila referente a Modulação em Ângulo deve ser revisada de modo a seguir o desenvolvimento matemático que é utilizado em sala de aula,.

Concluimos que apenas a própria Universidade nos propicia, uma área de aprendizagem na realização de trabalhos intelectuais, que talvez, numa empresa jamais possa ser explorada. Já que os temas estudados (tais como a Teoria das Comunicações e a formatação em LaTeX), sob o prisma que vimos, são exclusivos dos meios científicos, bem como a oportunidade de compartilharmos experiências num trabalho de grupo, como no processo de monitoria.

Portanto, estamos resolutos da importância do estágio para a formação universitária, já que é nele que temos um primeiro contato com a vida profissional, buscando com bom senso, servir a comunidade, ensinando e aprendendo, pois é a partir destes trabalhos que podemos ter os indicadores mais positivos do desenvolvimento.

# Bibliografia

- [1] *Introduction to LaTeX*. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, 1991.
- [2] Marcelo S. Alencar. *Princípios de Comunicações*. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1996.
- [3] Robert M. Gagliardi. *Introduction to Communications Engineering*. Wiley, New York, 1988.
- [4] B. W. Kernighan. *UNIX for Beginners*. Bell Laboratories, New Jersey, 1978.
- [5] Leslie Lamport. *LaTeX: A Document Preparation System*. Addison - Wesley, Massachusetts, Ontario, 1985.
- [6] Bhagwandas Pannalal Lathi. *Modern digital and Analog Communication Systems*. Saunders College Publishing, New York, 1989.
- [7] College of Engineering. *The Almagest - Vol. 1 - PTOLEMY 0.5.2 User's Manual*. University of California at Berkeley, California, 1995.