



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

“Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças”

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFMG-UFPE

UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO *PTOLEMY* NO ENSINO DA DISCIPLINA LABORATÓRIO DE PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES

Fabrcio B. S. de Carvalho - fabriciobsc@dee.ufcg.edu.br

Instituto de Estudos Avançados em Comunicações (IECOM)

Depto. de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Av. Aprígio Veloso, 882, Campina Grande - PB, Brasil, 58.109-970

Ewerton R. S. Castro - ewertonromulo@lsnet.com.br

Marcelo S. de Alencar - malencar@dee.ufcg.edu.br

Bruno B. Albert - albert@dee.ufcg.edu.br

José Ewerton P. de Farias - ewerton@dee.ufcg.edu.br

Resumo: A disciplina Laboratório de Princípios de Comunicações faz parte da grade curricular obrigatória à formação do curso de graduação em Engenharia Elétrica, do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Neste artigo, discute-se como a plataforma de simulação Ptolemy vem sendo empregada como ferramenta didática no ensino desta disciplina.

Palavras-chave: Princípios de Comunicações, Ensino na engenharia, Plataforma de Simulação Ptolemy.

1. INTRODUÇÃO

A disciplina de Princípios de Comunicações é classificada como matéria de conteúdo essencial à formação do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Os conteúdos essenciais são formados pelo conjunto de conhecimentos comuns a todo engenheiro eletricitista, constituindo a base para a sua formação, independente da formação profissional específica que possa escolher. Abrangem o estudo de matérias relacionadas à formação profissional geral em Eletricidade/Eletrotécnica, Circuitos Elétricos, Eletrônica, Eletromagnetismo, Comunicações, Materiais Elétricos, Conversão de Energia, Controle e Servomecanismos e Técnicas Digitais.

Perfazendo um total de 60 horas/aula, a disciplina de Princípios de Comunicações é ministrada conjuntamente com o Laboratório de Princípios de Comunicações, aplicado ao longo de 15 horas/aula, cujo objetivo é o de embasar experimentalmente, em um ambiente de simulação, os assuntos abordados na parte teórica.

Alguns dos tópicos abordados na disciplina Princípios de Comunicações, apresentados no endereço de Internet da Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG, <http://www.dee.ufcg.edu.br/cgee/curriculo/index.html>, são:

- Correlação e Densidade Espectral de Potência;
- Transmissão de Sinais;
- Modulação em Amplitude;

- Modulação em Quadratura;
- Modulação em Fase e Frequência;
- Noções de Ruído.

Neste contexto, ressalta-se a importância das atividades laboratoriais para enfatizar os conteúdos apresentados em sala de aula. Além disso, destaca-se a importância de se ministrar este laboratório em sintonia com a teoria, com o intuito de realizar as atividades experimentais logo após a exposição em sala de aula do assunto. Tem-se como objetivo mostrar aos alunos as aplicações práticas do assunto estudado, a fim de mantê-los a par das implicações da matéria.

O Laboratório de Princípios de Comunicações começou a ser ministrado em 1995, a partir da reformulação da grade curricular do curso de graduação em Engenharia Elétrica, quando tal disciplina foi incorporada ao currículo. Desde o início das atividades do laboratório, os professores encontravam dificuldades na elaboração das atividades práticas, que pudessem motivar e desafiar os alunos. Também não havia um material didático adequadamente elaborado, que pudesse condensar os tópicos teóricos às atividades no laboratório.

A partir da experiência com uma plataforma desenvolvida no Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) por ALENCAR *et al* (1992), denominado Ambiente para Simulação de um Laboratório de Comunicações (ASLC), uma equipe de docentes e discentes do Departamento de Engenharia Elétrica passou a analisar a viabilidade de utilização de um *software* que permitisse a simulação de diversos tópicos de Princípios de Comunicações, de maneira acessível e com total participação do alunado. Após esses estudos preliminares, escolheu-se a plataforma de simulação *Ptolemy* como ferramenta de simulação e testes do Laboratório de Princípios de Comunicações. Esta ferramenta, além de gratuita, cumpria todos os requisitos necessários para a disciplina.

2. METODOLOGIA

Com a definição do *software* de simulação a ser utilizado, passou-se à etapa de implementação das atividades a serem executadas no laboratório, assim como a confecção de uma apostila de apoio aos novos usuários.

Em 1999 a primeira versão da apostila estava pronta, bem como definidas as experiências que seriam implementadas pelos alunos. Até o ano de 1998, o *software Ptolemy* só estava disponibilizado em Linux, e por isso todo o material foi elaborado inicialmente para aplicação em tal sistema operacional. Em 2001, foi realizada a primeira atualização dos guias e dos experimentos, e a versão *Ptolemy II* versão 1.0.1 para Windows começou a ser utilizada. Em 2005 foi realizada a segunda atualização no material disponibilizado ao alunado, já utilizando a versão *Ptolemy II* versão 4.0.1, resultando na versão atualmente empregada, apresentada em ALENCAR *et al* (2005)

Após apresentar o assunto em sala de aula, na disciplina de Princípios de Comunicações, o professor parte para as atividades experimentais com o corpo discente, com o intuito de reforçar o conteúdo abordado e permitir a visualização dos fenômenos físicos descritos teoricamente.

Os experimentos são ministrados com o auxílio do professor da disciplina de Laboratório de Princípios de Comunicações e, em geral, com a participação de alunos de pós-graduação na área de Comunicações. Estes aproveitam a oportunidade de ministrar as aulas de simulação na companhia do professor e iniciam o contato com a docência, sendo avaliados dentro da disciplina Estágio Docência, componente da grade curricular da pós-graduação do Departamento de Engenharia Elétrica.

Após a execução das atividades programadas no guia, os alunos são convidados a comprovar a assimilação do assunto abordado pela realização de testes práticos, que envolvem os conceitos apresentados. Tais testes, executados pelo professor da disciplina, compõem a avaliação final do discente, que também leva em conta aspectos como a desenvoltura no manuseio da plataforma ao longo da simulação.

3. A PLATAFORMA *PTOLEMY*

O *Ptolemy* é um ambiente de simulação flexível, apropriado para a construção de protótipos. De fato, pode-se dizer que dentro deste ambiente existem vários outros, adequados a cada aplicação (por exemplo, um ambiente para processamento de sinais, outro para modelos de redes de comunicação, etc).

O *Ptolemy* é extensível, permitindo aos usuários a criação de novos componentes. Embora quase sempre se utilize um único ambiente, podem-se combinar diversos destes para simulação. Este *software* pode ser utilizado tanto no ambiente Windows quanto no Linux; a versão atualmente empregada no Laboratório de Princípios do curso de Engenharia Elétrica da UFCG emprega a versão 4.0.1 para Windows.

O guia de experimentos empregado pelos alunos visa ajudar na utilização dos recursos do ambiente *Ptolemy II* com o uso da interface gráfica *Vergil*. O manual completo do *Ptolemy II* encontra-se acessível por meio do atalho *Documentation*, disponível ao se iniciar o programa. No endereço de Internet <http://ptolemy.eecs.berkeley.edu>, obtém-se, gratuitamente, o que for necessário para trabalhar com o *Ptolemy* (versão *Classic*, também conhecida como *Ptolemy II*). Este projeto, que vem sendo coordenado pelo Departamento de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação da University of California at Berkeley desde o início da década de 1990, foi introduzido no DEE-UFPB no ano de 1993, através de uma cooperação entre os Professores John R. Barry, então Assistente de Pesquisa na UC Berkeley, e o professor José Ewerton P. de Farias.

O projeto *Ptolemy* estuda modelagem, simulação e projeto de sistemas cooperantes. O foco principal reside em sistemas que misturam tecnologias, além de sistemas complexos que lidam com operações bastante diferentes, como processamento de sinais, controle com realimentação, tomadas de decisões sequenciais e interfaces de usuário, segundo BHATTACHARYYA *et al* (2004).

Utilizando o *Ptolemy*

O *Ptolemy II* é inicializado com o comando *enter vergil* ou selecionando *Vergil* no menu principal. Após a abertura da interface gráfica *Vergil*, aparecerá uma janela de inicialização, conforme mostrado na Figura 1.

No *Directors* encontram-se os domínios do *Ptolemy II*; tais domínios são modelos de computação, que empregam mecanismos diferentes de interações para cada componente. No *Actors* estão os componentes que, agregados e/ou interconectados, constituem um Modelo.

Para a escolha dos atores, abre-se a biblioteca *Actors* e seleciona-se a sub-biblioteca desejada (*Sources*, *Logic*, *Math*, *Random*, etc), para escolher o ator desejado. Clica-se então sobre o ator escolhido e o mesmo é arrastado sobre a página para a área de trabalho à direita. Cada um dos *actors* pode ser arrastado ao redor da página para melhor posicionamento, conforme apresentado em BHATTACHARYYA *et al* (2004).

Com relação à escolha do *Directors*, localiza-se o domínio SDF e este é posicionado na área de trabalho. O domínio SDF é utilizado em sistemas onde haja um simples fluxo de controle.

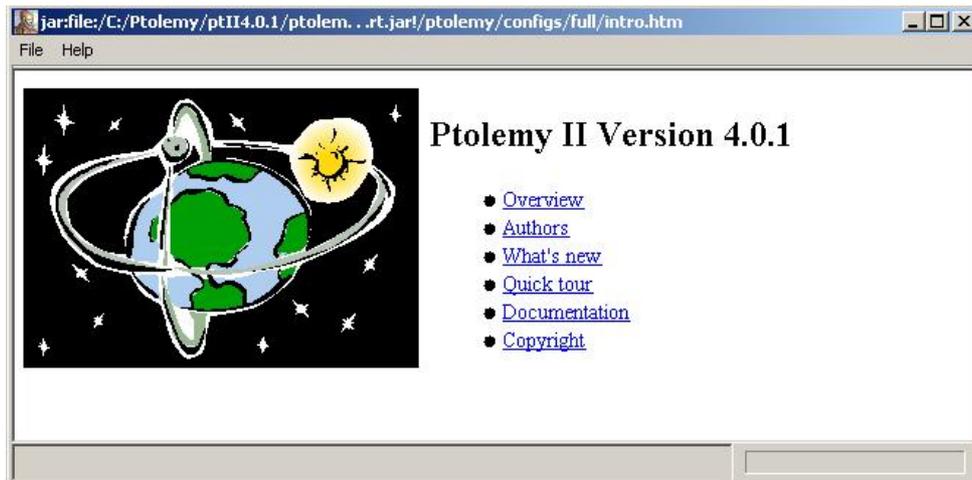


Figura 1: Janela de inicialização do *Ptolemy II*.

A conexão dos elementos também é trivial. Deve-se localizar o cursor sobre a porta de saída de um *actor* e arrastar o *mouse* até a porta de entrada de outro *actor*; uma simples pressão com o cursor sobre a área de trabalho cria uma conexão entre os atores. A Figura 2 ilustra as etapas descritas.

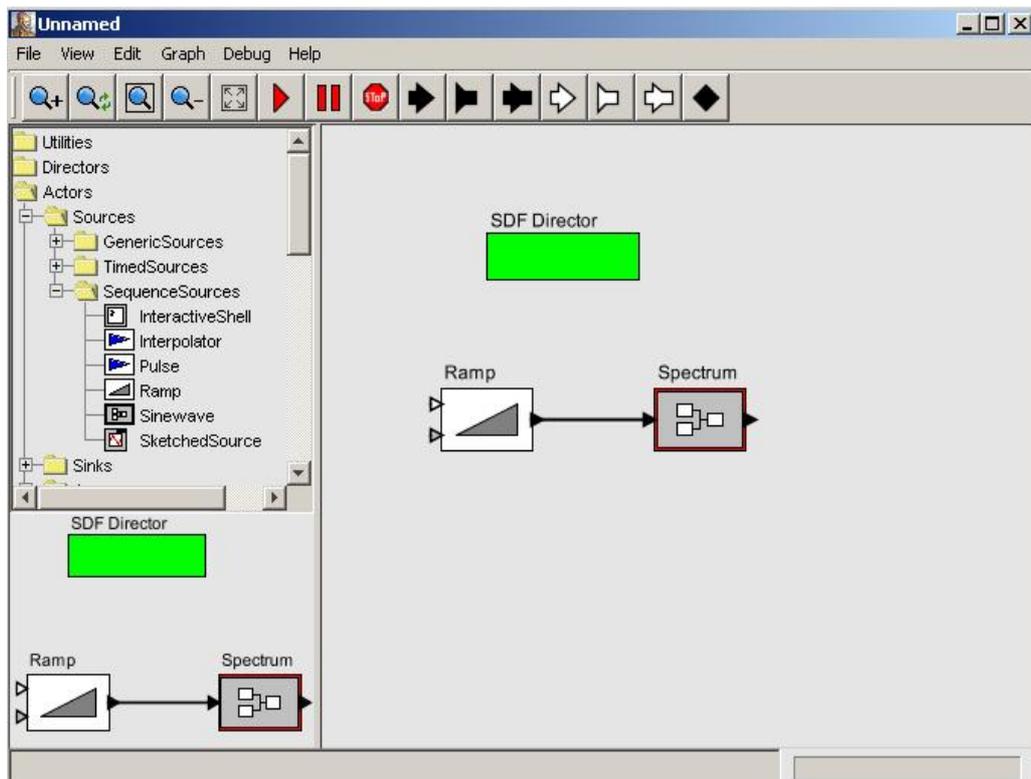


Figura 2: Criando um modelo executável

Concluída a montagem, procede-se à execução do modelo; a partir do menu *View*, selecciona-se o comando *Run Window*. Dentro da janela de parâmetros que surgir, pode-se alterar o número de interações para melhorar a visualização da forma de onda, e em seguida clica-se *Go*. O resultado da simulação é, então, apresentado.

4. EXEMPLO DE USO

A fim de ilustrar a usabilidade e os resultados obtidos por intermédio de simulações com o *Ptolemy II*, apresenta-se um dos experimentos elaborados em ALENCAR *et al* (2005) e aplicados aos alunos da disciplina Laboratório de Princípios de Comunicações. A atividade escolhida corresponde à simulação de uma modulação em amplitude (AM), um dos assuntos obrigatórios no estudo de Comunicações.

A modulação em amplitude consiste na alteração sistemática da amplitude da portadora de acordo com as características de outra forma de onda: o sinal modulante ou mensagem. O objetivo primordial é produzir uma onda modulada que conduza a informação, cujas propriedades sejam as mais convenientes ao processo de comunicação considerado.

Após uma breve introdução teórica, presente em todos os experimentos, passa-se à implementação da simulação. Primeiramente é indicada a localização de todos os atores empregados, conforme ilustrado na Figura 3:

- Senóide (*Sinewave*): *actor library/sources/sequence sources* ;
- Constante (*Const*): *actor library/sources/generic sources* ;
- Multiplicador/Divisor (*MultiplyDivide*): *actor library/math* ;
- Somador (*AddSubtract*): *actor library/math* ;
- Osciloscópio (*SequencePlotter*): *actor library/sinks/sequence sinks*.

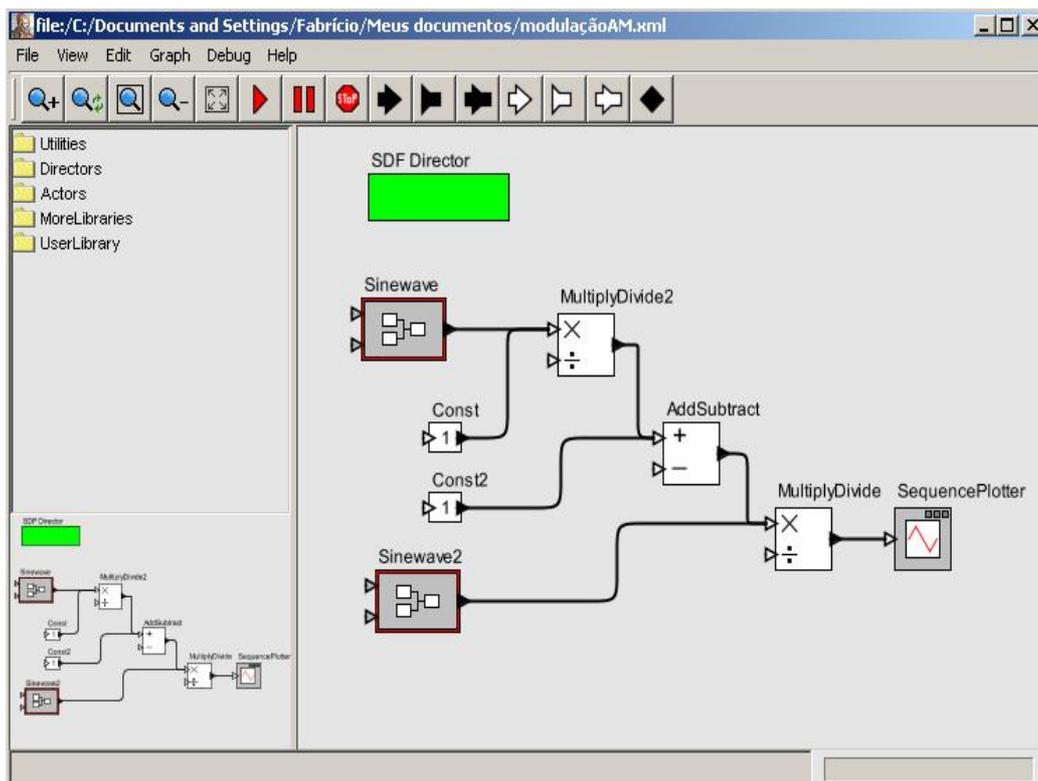


Figura 3: Esquema de modulação em amplitude (AM)

Em seguida, indicam-se os parâmetros adequados à realização da simulação, que devem ser modificados pelos alunos; para tanto, basta executar um duplo clique sobre o *actor* cujo parâmetro deve ser modificado e surgirá a janela que permite as alterações, como apresentado na Figura 4. Quando um dos parâmetros é indicado com o valor *default*, não se deve alterar o valor original:

- *Sinewave1*: SamplingFrequency=2*pi, frequency=0.02, phase=default ;
- *Sinewave2*: SamplingFrequency=2*pi, frequency=0.2, phase=default ;
- *Const1*: value=1 ;
- *Const2*: value=0 ;
- *Iterations*: 320.

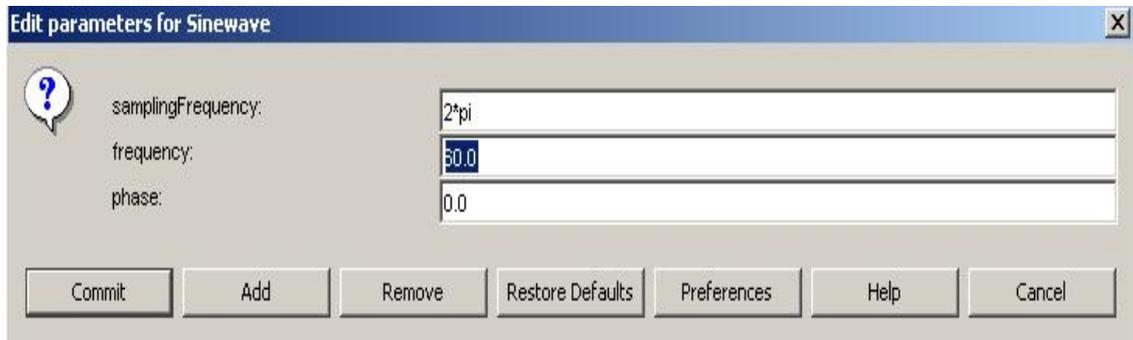


Figura 4: Janela de modificação de parâmetros

Enfim, após todas as modificações de parâmetros, passa-se à simulação do experimento. Conforme mencionado anteriormente, através do menu *View* seleciona-se o comando *Run Window*. Pode-se alterar o número de iterações para melhorar a visualização da forma de onda, na janela de parâmetros que surgirá, e em seguida clica-se *Go*. O resultado da simulação é, então, apresentado, como mostrado na Figura 5.

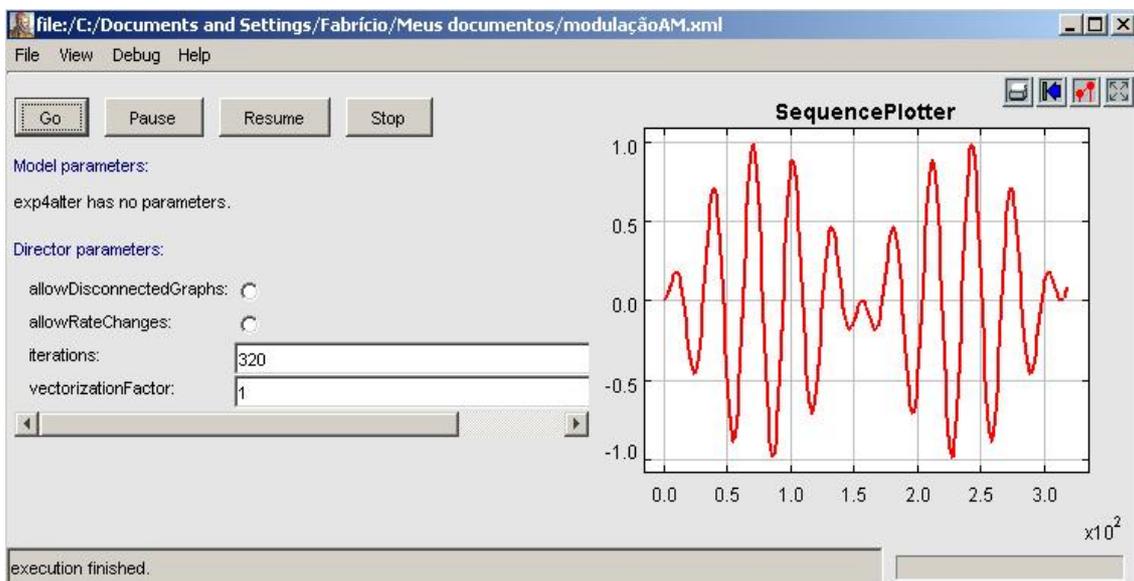


Figura 5: Resultado da simulação da modulação AM

Uma das grandes vantagens do *Ptolemy II* é sua usabilidade, que permite total liberdade ao usuário de modificar os parâmetros que julgar necessário e obter os novos resultados instantaneamente, otimizando o processo de aprendizagem.

No exemplo apresentado, pode-se desejar melhorar a visualização do sinal modulado obtido através da simulação; para tanto, basta sugerir a modificação de alguns parâmetros, como indicado abaixo, e o resultado da nova simulação é obtido, conforme indicado na Figura 6.

Mudança de parâmetros:

- *Sinewave2*: frequency=0.4 ;
- *Iterations*: 640.

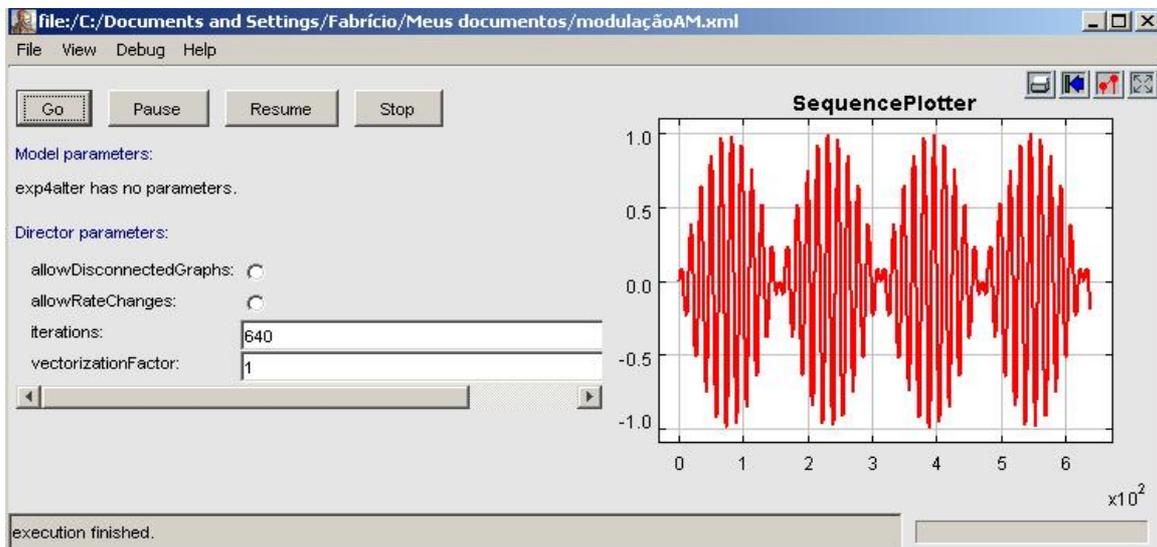


Figura 6: Modificação de parâmetros para melhorar a visualização do resultado

A partir do sinal modulado obtido, o aluno é convidado a interpretar o resultado visualizado e indicar qual tipo de modulação AM foi implementado; no caso da Figura 6, trata-se da hipótese de 100% de modulação.

Por fim, utilizando todas as possibilidades do *Ptolemy II* para melhorar a didática e apresentar todo o conteúdo referente à modulação em amplitude, indicam-se outras mudanças de parâmetros que permitam visualizar a submodulação e a sobremodulação (ver as Figuras 7 e 8); desta feita, o corpo discente pode analisar todos os aspectos referentes à transmissão AM e embasar os conhecimentos adquiridos na disciplina Princípios de Comunicações.

Mudança de parâmetros:

- *Const1*: value=1;
- *Const2*: value=2.

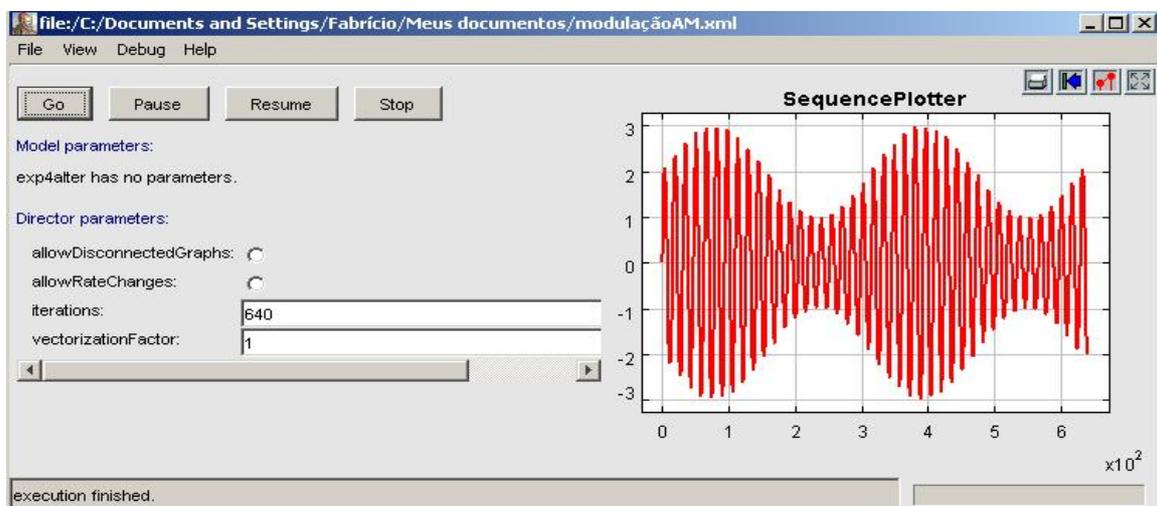


Figura 7: Visualização da submodulação

Mudança de parâmetros:

- *Const1*: value=2;
- *Const2*: value=1.

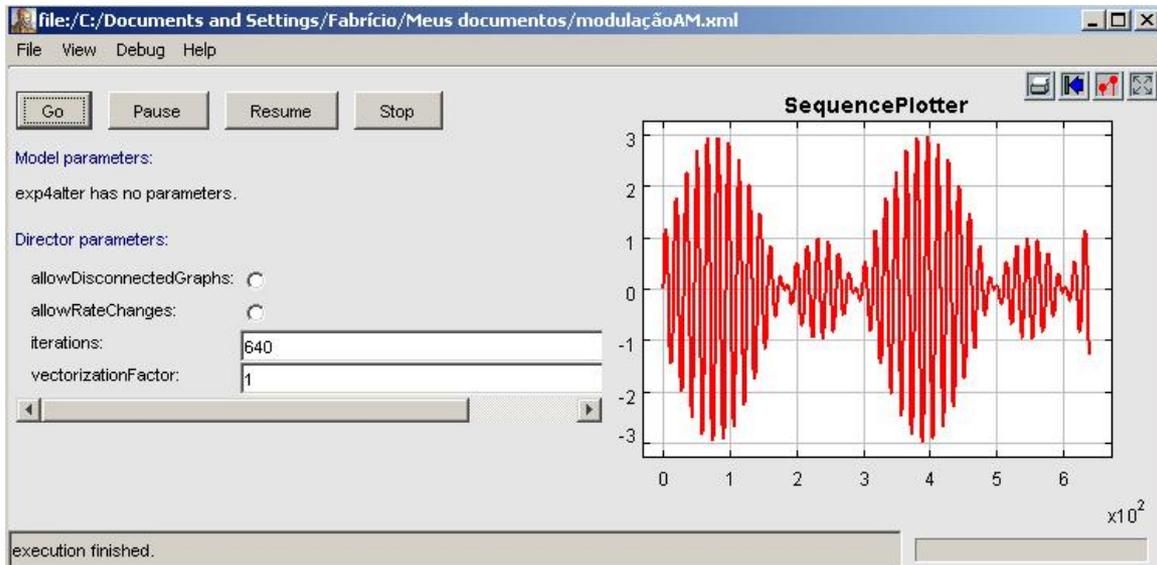


Figura 8: Visualização da sobremodulação

5. CONCLUSÕES

Os experimentos descritos neste artigo vêm sendo realizados há quase uma década, apresentando resultados bastante satisfatórios. Neste período, pôde-se observar que, graças ao emprego de uma plataforma de simulação (que permite uma fácil modificação de parâmetros e de detalhes dos experimentos) ao ministrar as aulas de Laboratório de Princípios de Comunicações, o interesse do alunado cresceu satisfatoriamente, bem como seu desempenho na disciplina correlata, de Princípios de Comunicações.

Podem-se explicar tais conseqüências como sendo causadas por dois motivos: o primeiro diz respeito ao estímulo dos estudantes ao manusearem uma plataforma de simulação que não apresente uma interface complicada e que permita uma grande interatividade e usabilidade; conforme apresentado, o *Ptolemy II* permite uma gama variada de alternativas de simulação e de mudança de características dos testes em execução, o que favorece a participação do aluno e permite uma observação mais acurada dos fenômenos obtidos experimentalmente.

O segundo ponto a ser considerado diz respeito à colaboração que estas atividades experimentais vêm desempenhando no processo de aprendizagem dos discentes do curso de Engenharia Elétrica; estes têm a oportunidade de comprovar via simulação os fenômenos e os princípios enumerados em sala de aula, o que favorece fortemente o aprendizado e facilita a memorização e a assimilação dos conteúdos.

Do ponto de vista acadêmico, a experiência com o *Ptolemy* no ensino da disciplina Laboratório de Princípios de Comunicações é muito importante, tendo em vista que ela vem integrando o trabalho de professores, estudantes de pós-graduação e de graduação na elaboração e na aplicação de aulas experimentais.

6. REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. S., ALBERT, B. B., FARIAS, J. E. P., LOPES, W. T. A., JUNIOR, F. M. B., LOPES, A. K. R., SILVA, F. G. S., NEVES, A. D., DANTAS, D. C. A., CARVALHO, F. B. S., CASTRO, E. R. S. **Guia do Laboratório de Princípios de Comunicações**. 3ª atualização, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, 2005.

ALENCAR, M. S., GALDINO, J. F., COSTA, R. T. **Um Laboratório de Comunicações no Computador - ASLC**. Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (TELEMO'92), Brasília, 1992.

BHATTACHARYYA, S. S. *et al.* **Volume 1: Introduction to Ptolemy II**. Documento versão 4.0.1, referente à versão *Ptolemy II* 4.0.1, Departamento de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação da University of California at Berkeley, 29 de julho de 2004.

BHATTACHARYYA, S. S. *et al.* **Volume 2: Ptolemy II Software Architecture**. Documento versão 4.0, referente à versão *Ptolemy II* 4.0, Departamento de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação da University of California at Berkeley, 24 de junho de 2004.

BHATTACHARYYA, S. S. *et al.* **Volume 3: Ptolemy II Domains**. Documento versão 4.0, referente à versão *Ptolemy II* 4.0, Departamento de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação da University of California at Berkeley, 24 de junho de 2004.

USING THE *PTOLEMY* SIMULATION PLATFORM IN TEACHING THE DISCIPLINE LABORATORY OF PRINCIPLES OF *COMMUNICATIONS*

Abstract: *The Laboratory of Principles of Communications is part of the syllabus of the undergraduate course in Electric Engineering, at the Department of Electric Engineering of the Federal University of Campina Grande (UFCG). This article presents the Ptolemy simulation platform as a didactic tool to aid in the teaching of this course.*

Key-words: *Principles of Communications, Teaching in Engineering, Ptolemy Simulation Platform.*