



• LABORATÓRIO DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA COMO SUPORTE À FORMAÇÃO DO PROFISSIONAL DE ENGENHARIA

Elionai Gomes de Almeida Sobrinho – elionai@prof.iesam-pa.edu.br

Clauberto Santos Ferreira Vidal – clauberto@prof.iesam-pa.edu.br

Antônio Marcos de Lima Araújo – amarc@prof.iesam-pa.edu.br

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia

Av. Gov. José Malcher, 1148, Nazaré

66055-260 – Belém – Pará

***Resumo:** este artigo descreve uma experiência inovadora da criação de um Laboratório de Probabilidade e Estatística para dar suporte no processo de ensino-aprendizagem dos cursos de engenharia do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM. Com o uso deste laboratório nos cursos de engenharia do instituto, foi possível observar a diminuição do abismo existente entre a forma classicamente teórica e conceitual que é o ensino da disciplina Probabilidade e Estatística e aplicação destes conceitos através da introdução de processos experimentais, melhorando assim, a efetiva absorção dos conceitos e definições, entendimento prático do processamento de informações, além de servir de suporte e ligação entre várias disciplinas, favorecendo a realização dos projetos interdisciplinares dos estudantes de engenharia do instituto.*

***Palavras-chave:** Laboratório de Probabilidade e Estatística, Matlab, Análise de Sinais, Informação, Dados, Interdisciplinaridade*

1. Introdução.

A informação obtida a partir de dados ou de sinais constitui a matéria prima básica para os mais diversos campos profissionais da atividade humana, como: Telecomunicações, Computação, Controle e Automação, Sistema de Informação, Eletrônica, entre outros. A obtenção de informação a partir do processamento de dados já vem, há várias décadas, sendo ministrada de forma sistêmica nos primeiros anos dos cursos de graduação. Por outro lado, a obtenção de informação contida em sinais, não é, em geral, ministrada sistematicamente ou é tratada somente nos últimos anos dos cursos de graduação. Para suprir esta falta, o Laboratório de Probabilidade e Estatística foi instituído com a finalidade de proporcionar um ambiente para aprendizado das técnicas básicas de análise e processamento de sinais, em especial, na caracterização estatística de sinais. Sinais obtidos por sensores (microfone, sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores de vibração, bioelétricos, etc.) contendo informações sobre processos em andamento, devem ser processados matematicamente para que se extraia a informação sobre o referido fenômeno [1].

Realização:



Organização:





Este artigo tem a finalidade de descrever a experiência na criação e desenvolvimento de um Laboratório de Probabilidade e Estatística no Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM, mostrando a infra-estrutura envolvida, exemplificando com alguns experimentos utilizados e seus objetivos, além do suporte que esta experiência tem dado à implementação dos Projetos Interdisciplinares das turmas dos anos iniciais de Engenharia. Para isto, após esta introdução, apresenta-se a seguinte divisão de conteúdos: a Seção 2 trata do Processamento de Sinais, ou seja, o processo de obtenção de informação e posterior conhecimento a partir de sinais oriundos, por exemplo, de sensores; a Seção 3 descreve o laboratório em si seus equipamentos (hardware e software) além do material didático preparado exclusivamente para dar suporte aos experimentos. A Seção 4 apresenta alguns experimentos realizados no laboratório seus objetivos e a relação com a teoria; a Seção 5 mostra como a introdução do Laboratório de Probabilidade e Estatística tem auxiliado no desenvolvimento da Interdisciplinaridade por meio do desenvolvimento de projetos realizados pelas turmas dos cursos de engenharia. A Seção 6 trás as considerações finais do artigo.

Como esta abordagem, objetiva-se dar contribuição à discussão do modelo de ensino-aprendizagem principalmente no que se refere à formação do profissional de engenharia.

2. Processamento de Sinais.

A informação pode se apresentar sob diversos modos, em especial na forma de dados ou de sinais. Dados podem ser armazenados e processados em computadores fornecendo aos seus detentores um instrumento para a tomada de decisões. Sinais, adquiridos de processos físicos, devem ser processados para que deles se possam extrair informações.

A informação precisa, em geral, ser adquirida ou coletada, transmitida, recebida, processada e armazenada. Profissionais das mais diversas áreas são responsáveis para que esta informação represente de modo fidedigno o processo sob análise.

A aquisição ou coleta da informação é normalmente conduzida ou realizada sob orientação de um profissional da área do processo, seja um químico na coleta de informações referentes a um processo químico, seja um profissional de saúde na aquisição de sinais biológicos, etc. O profissional da área do processo deve, minimamente, especificar como e quais dados devem ser coletados. O profissional da área de informação deve especificar os requisitos técnicos necessários à aquisição da informação.

A transmissão da informação deve ser conduzida por profissional especializado, capaz de determinar as características dos sinais, definir os requisitos mínimos dos canais necessários para a efetiva transmissão do sinal, determinando ainda as melhores formas para codificação e/ou modulação.

O tratamento e o processamento dos dados devem ser conduzidos por profissionais da área da informação.

Os cursos que realizam processamento de informação sejam Sistemas de Informação, Engenharia Eletrônica, Engenharia de Telecomunicações, Engenharia de Computação, entre



outros, tem como sua matéria prima básica a informação representada pelos sinais. Em geral, sinais elétricos analógicos obtidos por sensores utilizados para medir alguma grandeza física, tais como: temperatura, umidade, velocidade, vibração, entre outros, mas que passam por um processo de conversão de sinal analógico para digital, pela própria natureza dos cursos que têm no computador um de suas principais ferramentas de trabalho (ver subitem 4.1-Aquisição de Sinais).

A formação de profissionais preparados para efetuarem o tratamento e o processamento dos dados está consolidada no atual contexto acadêmico. Estudantes de sistemas de informação e engenharia, entre outros, desde os primeiros momentos dos respectivos cursos de graduação têm contacto com as técnicas de processamento de dados.

A estatística fornece os recursos indispensáveis para a classificação e a comparação entre os dados, permitindo determinar os valores dos parâmetros para a análise e a interpretação dos dados ou sinais.

A Figura 1 mostra o processo de obtenção de conhecimento (interpretação da informação) a partir do processamento de dados ou sinais.

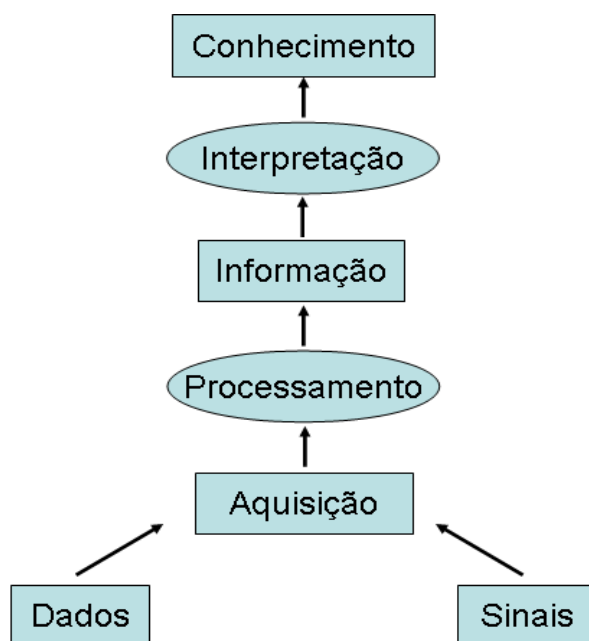


Figura 1: Processo de Obtenção do Conhecimento

Muitos dos conceitos, definições e realizações práticas introduzidas nos cursos de engenharia por meio do Laboratório de Probabilidade e Estatística acabam sendo detalhados em anos posteriores e em disciplinas como Processamento Digital de Sinais, Instrumentação, Microcontroladores e Sistemas Lineares, Controle e Automação. No entanto, por seus conteúdos avançados e pré-requisitos necessários, estas acabam ficando para os anos finais dos cursos.



3. O Laboratório.

O Laboratório de Probabilidade e Estatística ocupa um espaço físico de 56 m², com 10 bancadas as quais comportam até 03 alunos. Cada bancada dispõe de vários equipamentos para suporte aos experimentos. Nos itens subseqüentes serão descritos cada um destes equipamentos classificados em Suporte de Hardware, Suporte de Software e Roteiro das Experiências que, na verdade, trata-se de um manual que apresenta, a cada tópico abordado, uma introdução teórica e um roteiro da experiência que deverá ser realizada no laboratório. A Figura 2 mostra uma visão geral do Laboratório de Probabilidade e Estatística.



Figura 2: Visão geral do laboratório

3.1 Suporte de Hardware.

Cada uma das 10 bancadas que compõem o laboratório dispõe de geradores de funções, osciloscópios, micro-computadores com placa de som, caixas acústicas e microfone. A Figura 3 apresenta a configuração típica das bancadas utilizadas no laboratório.



Figura 3: configuração típica de uma bancada do laboratório.



Com estes instrumentos é possível a geração de sinais (periódicos) simples como ondas senoidais, ondas triangulares e ondas quadradas usando um gerador de funções, além do uso do computador associado com a placa de som para gravação de sinais de voz onde é apresentado de forma simplificada o processo de aquisição de sinais a partir de um sensor (no caso, o microfone) e uma placa de aquisição (no caso, a placa de som).

3.2 Suporte de Software.

Para dar o suporte computacional necessário às experiências do laboratório, é utilizado o software Matlab®, que possui funções específicas para coleta de sinais a partir de placas de aquisição (placa de som), além das funções matemáticas, estatísticas e gráficas necessárias para uma boa absorção dos experimentos realizados. A Figura 4 apresenta a tela inicial do software Matlab®.

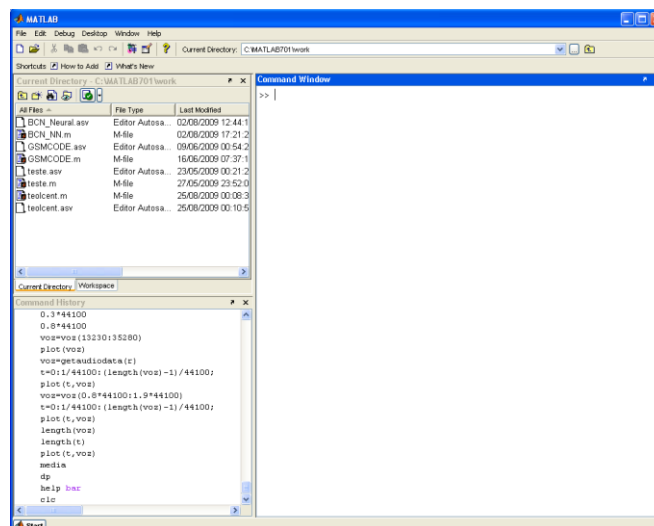


Figura 4: Software de Suporte: Matlab®.

3.3 Roteiro das Experiências.

Foi elaborado um manual escrito especificamente para os estudantes dos primeiros anos dos cursos de engenharia. Este material é composto de experimentos selecionados sobre várias aplicações.

Neste manual são apresentados os *scripts* exemplos escritos em Matlab®. Na elaboração das rotinas foi considerada a similitude com as equações para permitir maior clareza didática em detrimento da otimização e simplificação do código existente no Matlab®. Assim funções como a média aritmética, por exemplo, são implementadas passo a passo em vez da simples utilização da função *mean()*.

O principal objetivo deste manual é introduzir o estudante, já nos primeiros anos da academia, ao conceito de sinal-informação, ou seja, do sinal como portador de informação,



signal que pode ser adquirido, transmitido, armazenado e manipulado matematicamente para obtenção de informações sobre processos físicos em andamento [2].

4. Alguns Processos Experimentais.

O processamento matemático pode ser realizado através de um circuito dedicado (hardware) ou através de um programa de computador (software). O Laboratório de Probabilidade e Estatística foi concebido tal que o processamento matemático dos sinais seja realizado através de programação de computadores, ou seja, via instrumentação virtual.

A instrumentação virtual, onde a informação é extraída do sinal através de um programa de computador, é uma realidade. Algumas características como custo, aplicabilidade e flexibilidade são alguns dos atrativos que motivam a sua utilização nas mais diversas áreas. Com esta facilidade, muitos experimentos são facilmente implementados e permitem uma rápida visualização de resultados, além de prover de forma bastante palpável sua análise e interpretação. Os subitens 4.1 a 4.4 descrevem alguns dos experimentos realizados no laboratório.

4.1 Aquisição de Sinais.

Sinais que contém informação que são obtidos através de sensores, são geralmente analógicos, ou seja, variam continuamente no tempo e na amplitude. Os computadores são digitais, ou seja, processam informações representadas por seqüências binárias, constituídas de zeros e uns.

O processamento de sinais analógicos em computador digital exige que o sinal seja adaptado ao computador através da conversão Analógico-Digital (AD). Nesta conversão o sinal é amostrado e, cada amostra, é convertida para uma seqüência binária que o represente [3].

A aquisição de sinais pelo computador exige, além do computador, uma placa conversora e um programa para aquisição.

A aquisição de sinais exige, além do computador, uma placa conversora e um programa para aquisição. Existem vários tipos de sistemas de aquisição com possibilidades e aplicabilidades diversas; Sistemas para aquisição de sinais com altas ou baixas freqüências, com alta ou baixa resolução, para sinais com uma ou duas dimensões.

Para aquisição destes sinais e considerando os objetivos do Laboratório de Probabilidade e Estatística, é possível, sem perda de generalidade, utilizar as placas para processamento de áudio que acompanham quaisquer computadores atuais, como placas para conversão Analógico-Digital.

Tendo em vista esta generalização, a Figura 5 ilustra os equipamentos utilizados no processo de aquisição sinais no laboratório, consistindo de geradores de funções os quais permitem a geração de sinais períodos, tais como: senóides, ondas triangulares e trem de pulsos. O osciloscópio auxilia na pré-visualização dos sinais oriundos dos geradores de



função proporcionando ao aluno a aprendizagem da instrumentação necessária para visualização dos sinais e ajustes das escalas pertinentes ao mesmo (tempo e amplitude). Já o microfone desempenha o papel genérico de um sensor capaz de converter o sinal de um fenômeno físico (no caso, a voz) em sinais elétricos. Tanto os sinais do gerador de funções quanto o sinal de voz captado pelo microfone são então injetados no computador por meio da placa de conversão A-D (no caso, placa de som do computador).

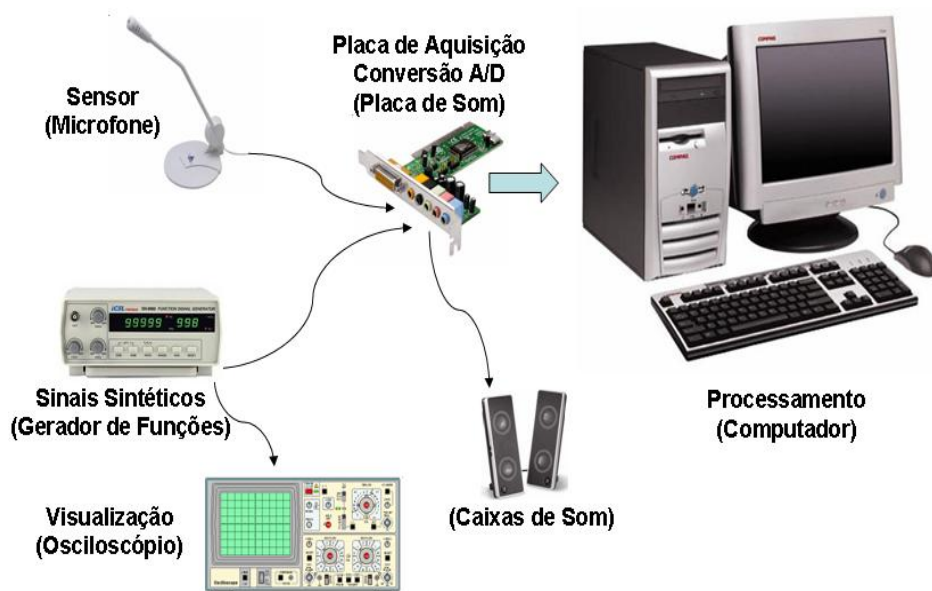


Figura 5: Aquisição de Sinais.

No experimento de aquisição de sinais, o aluno então passa a entender os conceitos essenciais sobre o processo de conversão analógico-digital, tais como: elementos sobre amostragem, quantização e codificação, passando a entender a necessidade de especificação de uma frequência de amostragem (taxa de amostragem) e uma resolução (número de bits) para representação do sinal que se quer converter para processamento. A Figura 6 mostra a aquisição de um sinal de voz através do Matlab ®.

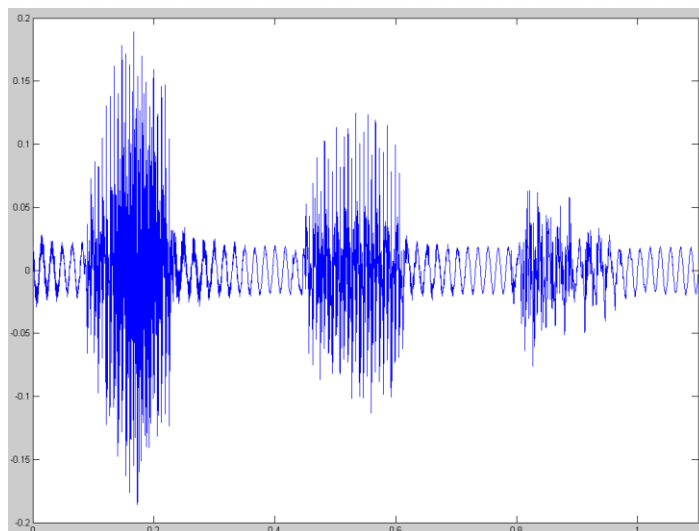


Figura 6: Aquisição de um sinal de voz

4.2 Histogramas e fdp's.

Um histograma é uma ferramenta de análise e representação de dados quantitativos, agrupados em classes de frequência que permite distinguir a forma, o ponto central e a variação da distribuição, além de outros dados como amplitude e simetria na distribuição dos dados [4].

Nos experimentos que envolvem a geração de histogramas, o aluno é instruído a gerar histogramas de vários tipos de sinais (constantes, trem de pulsos, ondas triangulares, senóides, voz e ruído), para entender como funciona a concentração de amostras nos seus vários níveis de amplitude e associação destes com parâmetros como média, mediana e outros parâmetros relacionados à análise de dispersão.

Ainda associado à geração de histogramas, após um processo de normalização, onde os dados do histograma são normalizados pela soma das ocorrências (frequências), o que passa a refletir então uma aproximação da função densidade de probabilidade (fdp) das amostras em questão.

Esta aproximação é tanto mais próxima da fdp quanto maior for o número de amostras utilizadas. A Figura 7(a) mostra a geração do histograma da soma sucessiva de um ruído normal e (b) a conseqüente fdp do sinal.

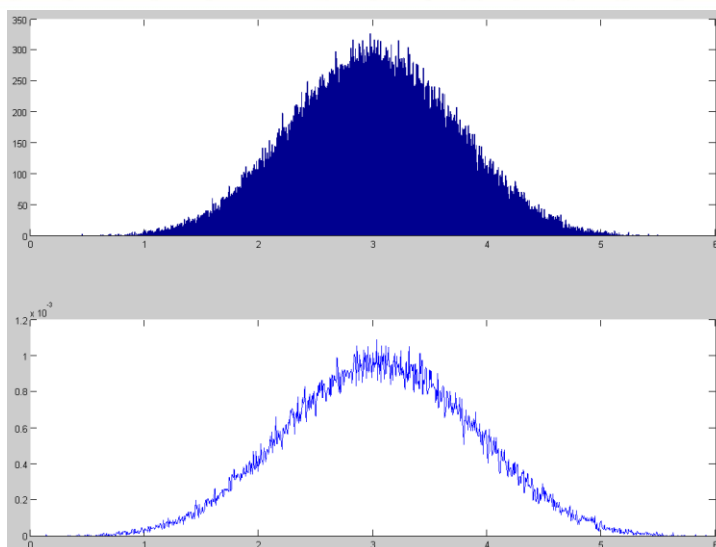


Figura 7: (a) Histograma (b) Histograma Normalizado: fdp.

4.3 Medidas de Dispersão.

Um aspecto importante no estudo descritivo de um conjunto de dados, é o da determinação da variabilidade ou dispersão desses dados, relativamente à medida de localização do centro da amostra. Supondo ser a média, a medida de localização mais importante, será relativamente a ela que se definem as principais medidas de dispersão, que se exploram em experimentos específicos [4], descritos a seguir.

Em estatística, a média é o valor que define onde mais se concentrariam os dados (amostras) de uma distribuição, caso todas as amostras refletissem o seu valor. Apesar da simplicidade de se calcular a média no Matlab ® por meio do comando *mean()*, neste experimento, o aluno é incentivado a implementar passo-a-passo a Equação 1, como forma de incentivá-lo a entender claramente o significado da referida equação

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n) \quad (1)$$

4.3.1 O Desvio Médio.

O desvio médio é definido conforme a Equação 2 e estabelece o desvio do conjunto de amostras em relação a uma referência, no caso, a própria média. Da mesma forma, como descrito anteriormente, nestes experimentos, o aluno implementa a Equação 2 passo-a-passo, sendo capaz de analisar tanto analítica quanto graficamente o seu significado.

$$\bar{D} = \frac{\sum_{n=1}^N |x(n) - \bar{x}|}{N} \quad (2)$$

De forma análoga, o desvio padrão ou desvio da raiz média quadrática mostrado na Equação 3 e da variância, mostrada na equação 4, são implementadas sem a aplicação imediata de comandos como *std()* ou *var()* do Matlab ®.



$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x(n) - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (3)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (x(n) - \bar{x})^2}{N-1} \quad (4)$$

4.4 Teorema do Limite Central.

Uma das razões para o Teorema do Limite Central ser considerado tão importante é o fato de que a soma de muitas variáveis aleatórias independentes e com mesma distribuição de probabilidade tenderem à Distribuição Normal, também conhecida como Distribuição Gaussiana [5].

Um dos experimentos associados ao Teorema do Limite Central é mostrado na Figura 8, onde um ruído é gerado e sucessivas adições (6 adições) de ruídos são realizadas, obtendo-se suas respectivas fdp's. O que se observa é, a cada adição, a obtenção de fdp's cada vez mais próximas da Distribuição Normal, confirmando o Teorema do Limite Central de forma bastante prática.

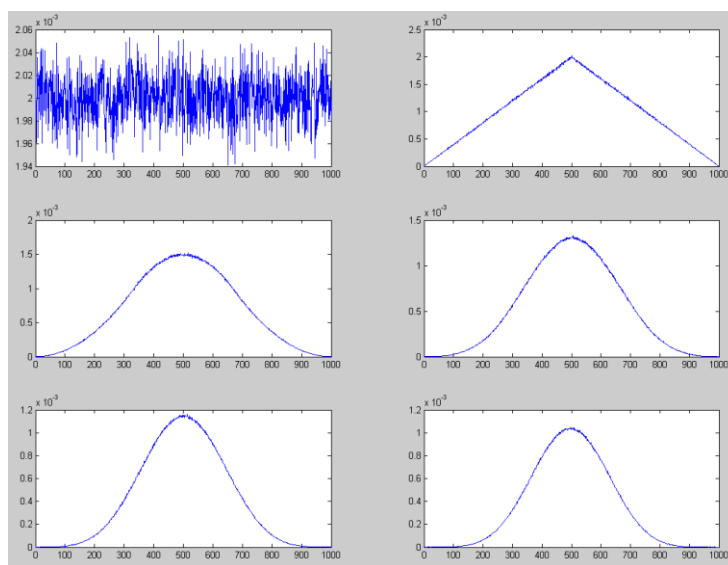


Figura 8: Implementação do Teorema do Limite Central.

5. A Interdisciplinaridade.

Os Projetos Pedagógicos dos Cursos do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM preconizam a realização de Projetos Interdisciplinares. Estes projetos são um tipo de organização didática que propõe o desenvolvimento de ações específicas a partir de um objetivo compartilhado por todos os envolvidos, cujo alcance resulta em um produto final único [6][7]. Em particular, nos cursos de Engenharia, trabalhos desta natureza, além de servir



como método de ensino-aprendizagem e instrumento de avaliação do aluno, apresentam outras vantagens como a integração dos conteúdos das diferentes disciplinas, mas também criam uma relação entre a teoria e a prática [8].

Muitos dos projetos interdisciplinares desenvolvidos pelos alunos concentram-se em aplicações na área industrial e médica e incluem sistemas computadorizados para avaliação da qualidade do sinal de energia elétrica, sinais oriundos de sensores dos mais diversos processos físicos, sistemas capazes de monitorar as mais diversas fases de um processo industrial, incluindo ruído, vibração, temperatura, etc. Em particular, a instrumentação virtual é um importante aliado no desenvolvimento e aplicações destes projetos [1].

Mais uma vez o Laboratório de Probabilidade e Estatística funciona como um forte aliado na execução das diversas fases dos projetos interdisciplinares, incluindo: coleta de dados e ou sinais, processamento do material coletado, auxílio na análise e interpretação das informações obtidas, a partir dos mais diversos parâmetros estatísticos possíveis de serem gerados, tais como: medidas de dispersão, análises gráficas.

6. Considerações Finais.

O objetivo do Laboratório em Probabilidade e Estatística é permitir a análise e modelagem matemática de sinais por meio de práticas de laboratório que possibilitem a imediata associação entre os conceitos vistos na teoria e os resultados obtidos através de situações mais próximas da realidade do profissional de engenharia. Como visto, neste laboratório, é introduzido o conceito de sinal-informação e são realizadas operações sobre os sinais para obtenção de informações (medidas). Em especial, consideram-se as medidas estatísticas sobre os sinais.

Estes estudos são específicos e dirigidos para o tratamento estatístico da informação, a análise gráfica da informação, a estimativa da média, mediana, moda, as medidas de dispersão – variância e desvio padrão, a análise de covariância e correlação. A aproximação de funções, análise de regressão, a obtenção de histogramas e função densidade de probabilidade.

Com a implementação deste laboratório nos anos iniciais dos cursos de engenharia do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM, foi possível observar melhoria significativa na sedimentação dos conceitos inerentes a disciplina teórica, mostrando ser, o laboratório, um instrumento aliado e muito valioso no processo ensino-aprendizagem. Além disso, o seu caráter prático e a sua relação com os projetos interdisciplinares dos primeiros anos dos cursos de engenharia, proporcionaram o suporte às várias atividades presentes na maioria dos projetos dos alunos, tais como: coleta de dados, processamento, análise e interpretação de resultados, cada uma delas associadas às outras disciplinas, mas que tem, no Laboratório de Probabilidade e Estatística, um ponto de convergência de tarefas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros:

- [2] UERJ/LEE/REENGE - Curso de Matlab 5.1 – Introdução a Solução de Problemas – 2a Edição, 2004.
- [3] OPPENHEIM, A.V. & SCHAFER, R.W. Digital signal processing, New Jersey: Prentice-Hall, 1975.
- [4] SPIEGEL, M.R. Estatística, Rio de Janeiro. Ed. McGrae-Hill do Brasil, 1998.
- [5] MEYER, P.L. Probabilidade *Aplicações à Estatística*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1976.

Periódicos:

- [1] Araújo, A M L. Sobrinho, E. Vidal C. Laboratório de Probabilidade Estatística, Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, 2004.

Trabalhos em eventos

- [6] Rojo, R. Modos de Transposição dos PCNs às práticas de sala de aula, progressão curricular e projetos. A prática da linguagem em sala de aula, praticando os PCNs. São Paulo-SP, 2000.
- [7] Carvalho, J.D.A., Lima, R.M., Organização de um Processo de Aprendizagem Baseado em Projectos Interdisciplinares em Engenharia, XXXIV COBENGE, Passo Fundo-RS, 2006.
- [8] Trescastro, L., Almeida, J., Soares, A., Sobrinho, E. Projeto Interdisciplinar: Estudo sobre a Poluição Sonora no Bairro de Nazaré em Belém-PA. Congresso Internacional de Formação Continuada e Profissionalização Docente. Natal – RN, 2005.

PROBABILITY AND STATISTICS LAB AS SUPPORT TO THE PROFESSIONAL ENGINEERING FORMATION

Abstract: *this paper describes a pioneering experience through the creation of a Laboratory of Probability and Statistics to give support in the process of teach-learning of the courses of engineering of the Institute of Superior Studies of Amazonia - IESAM. With the use of this laboratory in all the courses of engineering of the institute, were possible to evaluate, in the student, the reduction of the existing abyss enters the form classically theoretician and conceptual what is the education of disciplines Probability and Statistics and practical application of these concepts through the introduction of experimental processes by a laboratory with this purpose, thus improving, the possibility accomplishes of absorption of the concepts and definitions of the theory, practical agreement of the processing of information, beyond serving of support and linking between some discipline, favoring the accomplishment of so longed for interdisciplinary projects for the engineering students.*

Key-words: *Laboratory of Probability and Statistics, Matlab, Analysis of Signals, Information, Data, Interdisciplinary*