

A IMPORTÂNCIA DOS CONCEITOS ESTATÍSTICOS NA MODELAGEM DE ANÁLISE DE PROCESSOS - 437

Antonio Marcos Ferraz de Campos – acampos@unicid.br
Universidade Cidade de São Paulo, Faculdade de Engenharia Elétrica
Rua Cesário Galeno, 448 – Tatuapé
03071-000 – São Paulo – São Paulo

Terezinha Jocelen Masson – tmasson@mackenzie.com.br; fisica.upm@mackenzie.com.br
Universidade Presbiteriana Mackenzie, Departamento de Física
Rua da Consolação, 896, prédio 11, Campus Itambé
01302-907 – São Paulo – São Paulo

***Resumo:** O exercício das atividades da Engenharia está intimamente ligado, à mensuração, à interpretação e análise das grandezas físicas. Por esta razão o desenvolvimento da Modelagem para a Análise de Processos assume particular importância na formação do engenheiro, nas suas mais diversas especificidades. A idealização de um modelo probabilístico surge, do conhecimento, da observação/experimentação, para retratar as reais condições de ocorrência do fenômeno. Quando se trata da análise dos resultados das medições físicas, implicitamente está se tratando com as suas **incertezas**, com a exatidão e a resolução da instrumentação, todos objetos de estudo coadjuvantes junto à metrologia. O que faz com que, neste contexto, a modelagem de análise dos processos exija uma sólida formação básica probabilística. Para que a Modelagem de Análise de Processos se torne atrativa e natural, as competências e as habilidades devem ser desenvolvidas de forma a conduzir o acadêmico para o binômio **saber-fazer, medir-avaliar**, promovendo a interdisciplinaridade e capacitando-o a atuar diante de "situações novas", libertando-o de condicionamentos e facilitando o exercício do aprendizado autônomo e continuado.*

***Palavras-chave:** Modelo probabilístico, Amostragem, Estatística, Formação Básica.*

Sub-Tema: Ciências Básicas e Engenharia.

1. INTRODUÇÃO

Tecnicamente, quando se obtém grandes quantidades de valores experimentais, comumente os conceitos estatísticos são lembrados, visto a sua aplicabilidade para analisar

dados. Entretanto a atividade mais importante não é apenas na análise dos dados, mas no planejamento dos experimentos, de uma forma macro. Quando o fenômeno não é analisado de uma forma mais geral, o resultado muitas vezes é um amontoado de números estéreos, no qual apenas aplicação da estatística não seria suficiente para tirar quaisquer conclusões.

A realização de experimentos está sempre presente, quando se deseja obter dados para soluções de problemas técnicos cotidianos. E muitas vezes necessita-se de modelos que melhor represente o processo em estudo. Quando se fala em modelos, de uma forma geral os conceitos estatísticos atuam como coadjuvantes.

A Estatística é um ramo da matemática e dessa forma, apresenta toda a conceituação do que há de mais concreto na aplicação dos conceitos gerais em todas as áreas do conhecimento e particularmente nas Ciências Exatas e nas Engenharias.

Assim sendo, o seu estudo é uma importante ferramenta para a análise qualitativa dos fenômenos experimentais nas varias modalidades, principalmente naquelas tecnológicas, tais como a física, a química, a biologia e principalmente na engenharia em todas as suas especificidades, com a finalidade de analisar e resolver problemas, segundo Barros Neto e outros (2003).

Entretanto deve ficar claro que a estatística não é um fim em si mesmo, e não pode substituir o conhecimento técnico especializado. Assim é de consenso que um profissional de engenharia, com uma sólida formação estatística em sua área técnica, torna-se um profissional mais competente, e por isso mesmo mais competitivo. Portanto a interdisciplinaridade é um fator que deve estar presente em todo processo evolutivo do conhecimento.

Assim, os profissionais das várias áreas do saber, conscientes da necessidade das técnicas estatísticas, atuando como coadjuvante no desenvolvimento de seus trabalhos específicos, conseguem dimensionar a sua real importância.

Nos Cursos de Graduação, a estatística, disciplina de formação básica não costuma figurar entre as mais populares na formação das diversas categorias de profissionais, pois é uma área do conhecimento muito árida e que precisa de motivação, para que consiga despertar o interesse dos acadêmicos.

A interdisciplinaridade exige bom senso. Assim os conceitos desenvolvidos nos conteúdos básicos devem ser inseridos logicamente nas disciplinas de formação específica. Logo as técnicas estatísticas podem e devem ser valorizadas particularmente na realização de experimentos e de modelagem para a análise dos seus resultados.

Para o desenvolvimento de um trabalho experimental, na vida acadêmica ou profissionalmente, seja na indústria, seja num laboratório de pesquisa, os sólidos conceitos estatísticos aliados ao bom senso são fundamentais para a análise do fenômeno, de forma que as conclusões obtidas sejam corretas e eficazes. Esta é a premissa que deve ser passada aos acadêmicos.

2. A TEORIA DOS MODELOS E A ESTATISTICA

A representação de sistema físico observado se torna possível com o auxílio das ferramentas estatísticas, bem como a análise da inferência do comportamento do fenômeno. No comportamento de um sistema físico, ao longo do tempo podem ocorrer variações da natureza aleatória ou não controlada, o que vêm a indicar a utilização de modelos probabilísticos.

É comum, especialmente na indústrias, aparecerem problemas em que se necessita estudar várias propriedades ao mesmo tempo e estas, por sua vez, são afetadas por um grande número de fatores experimentais.

Minimizando trabalho e custos, como investigar os efeitos de todos esses fatores sobre todas as propriedades? Como garantir a melhoria da qualidade do produto resultante? Quais fatores experimentais devem ser controlados para que a qualidade do produto seja assegurada?

As pesquisas realizadas com o objetivo de fornecer respostas a essas perguntas muitas vezes tomam vários meses de trabalho de pesquisadores e técnicos, e não são economicamente viáveis em termos de salários, recursos humanos e materiais envolvidos.

O emprego de conhecimentos estatísticos pode ajudar a responder a essas perguntas de forma racional e econômica, realizando-se um planejamento experimental com base nos princípios estatísticos, com a finalidade da extração do processo em estudo o máximo de informações úteis, com um número mínimo de experimentos.

Esses métodos são ferramentas poderosas, com as quais vários objetivos específicos podem ser alcançados. Os métodos independem da natureza do processo a que são aplicados e possuem como denominador comum os princípios estatísticos envolvidos.

É evidente a integração de tais procedimentos com o conhecimento técnico específico que o profissional detém sobre o processo em estudo. As ferramentas estatísticas, embora sejam valiosas são complementares a esse conhecimento, mas absolutamente indispensáveis.

A Teoria dos Modelos, em essência, constitui a generalização de um processo experimental, no qual são realizados ensaios sobre os modelos, com o objetivo de fixar os comportamentos dos fenômenos, segundo Masson (2002). Os primeiros conceitos surgiram em 1679 com o cientista Mariotte, e a primeira teoria sobre o assunto foi publicada por Sir Isaac Newton, em 1822, na sua obra *Philosophie Naturalis Principia Mathematica* e ampliada por Bertrand em 1949.

Por Modelos Matemáticos entende-se um conjunto de relações matemáticas e hipóteses lógicas, implementadas em computador de forma a representar um problema real de tomada de decisão, ou seja, uma resolução de problemas.

Na solução de problemas, a articulação de todas as etapas dos princípios profissionais para a caracterização do mesmo, que é um conjunto de cálculos e raciocínios, é denominada de modelagem e solução de problemas.

Teoricamente os modelos científicos de inspiração lógica-matemática, são reducionistas por definição, pois abstraem do fenômeno a ser estudado, apenas as características relacionadas com a própria conceituação e subsequente generalização. Entretanto, se constituem em desafios aos conhecimentos, pois existem sempre casos particulares aos quais esse conceito não atende. Logo, o desenvolvimento de modelos científicos lança desafios e conduz a longas e intermináveis pesquisas.

A modelagem é um produto dessa sofisticação teórica científica com o objetivo da utilização da matemática, particularmente das equações diferenciais, para a construção de objetos mais simplificados e ao mesmo tempo visando à sofisticação de instrumentos que possam permitir não apenas uma compreensão adequada de um determinado fenômeno e de suas tendências temporais, mas também conduzir à formulação de programas de intervenção que possam ordenar, organizar, mudar, prever e prevenir os acontecimentos fenomenológicos físicos, naturais, sociais ou culturais.

Uma das vantagens da modelagem matemática é que é possível tratar um problema complexo, abstraindo-o para um mais simples, comensurável, ou seja, com um número determinado de variáveis, contemplando regras claras e precisas, com capacidade de representação do fenômeno analisado.

Para a concepção de um modelo, inicialmente deve-se identificar e caracterizar o fenômeno referente ao problema específico. A seguir, o modelo é desenvolvido de acordo com os fatos observados, com as relações entre as grandezas físicas mais representativas do processo e com procedimentos técnicos aplicáveis, combinando a metodologia dedutiva com a indutiva.

No desenvolvimento de um modelo, aplicável aos processos que apresentem variações suaves em longos períodos de observação, para que seja possível a análise das séries do conjunto de medidas, ressaltam-se duas características principais, as quais sejam:

1ª) o modelo será sempre uma simplificação da realidade cujos detalhes devem ser incorporados ao modelo de forma cuidadosa para que os resultados atinjam suas necessidades;

2ª) , que seja consistente com as informações disponíveis e que seja modelado e analisado no tempo disponível para tal.

Segundo Naylor (1997), no desenvolvimento do modelo de um processo, deve estar previsto a avaliação preditiva de recursos com estratégias que minimizam as ocorrências e os impactos das falhas no mesmo. O método de manutenção controlada do fenômeno é quem dirige essas estratégias, com a utilização da aplicação sistemáticas das técnicas de análise estatística dos dados coletados, com a finalidade de minimizar a manutenção preventiva e reduzir a corretiva.

O modelo também deverá estar apto a detectar variações bruscas do comportamento do fenômeno e possibilitar a tomada de decisões rápidas para a solução de problemas em situações críticas, onde se possa verificar o controle do processo. Da mesma forma, o modelo deverá garantir, tanto na tomada de decisão como na estimativa, que o fenômeno apresente uma baixa probabilidade de desvio ou erro.

Quando as técnicas forem utilizadas para simplificar a detecção das anormalidades, antecipando possíveis falhas iminentes, está se fazendo a avaliação preditiva dos recursos do processo. Geralmente, essas técnicas de análise são utilizadas nos comportamentos mais difíceis e/ou onde a viabilidade econômica da falha a ser detectada assim o determinar.

Para se modelar dados resultantes de experimentos ou observações é importante fazer a distinção entre os modelos determinísticos e modelos probabilísticos.

Os *modelos determinísticos* são aqueles em que uma teoria explica perfeitamente os fenômenos e, portanto através de observações é possível deduzir o seu comportamento como consequência inevitável de suas interações funcionais, pois podemos aplicá-las universalmente podendo ser chamados de modelos globais.

Os *modelos probabilísticos* ou *estocásticos* são aqueles nos quais existe a necessidade da introdução do princípio da incerteza, cujas variáveis ou parâmetros utilizados para descrever as relações entre as variáveis não são conhecidas de modo preciso. Torna-se necessário o conhecimento da fundamentação estatística. Ou seja, no processo em estudo surgem elementos imponderáveis tais como: a flutuação de fatores ambientais (temperatura, umidade, entre outros), impurezas de materiais, instabilidade do processo, e até mesmo o envelhecimento do equipamento, e assim por diante. Neste trabalho, o objetivo principal é a análise deste modelo.

De acordo com Campos (2003), nos modelos probabilísticos, os experimentos devem observar as seguintes características:

- a) Podem ser repetidos indefinidamente sob condições essencialmente inalteradas, e de acordo com as normas técnicas;
- b) Embora não se possa afirmar que um resultado particular ocorrerá, deve possibilitar afirmações sobre um conjunto dos seus resultados;
- c) Quando os ensaios forem repetidos várias vezes, os resultados individuais podem ocorrer de forma aleatória;
- d) Num grande número de repetições, aparecerá um comportamento regular que possibilitará a construção de um modelo probabilístico, o mais próximo possível da experimentação física observada.

3. PLANEJAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS

Na verdade, Bacon (1620) foi o pai da filosofia científica, segundo Naylor (1997). Em sua forma atual a filosofia ou método científico, como é freqüentemente chamada, consiste em quatro etapas bem definidas:

- 1ª Etapa: Observação do sistema físico;
- 2ª Etapa: Formulação de um modelo matemático que tente explicar as observações do sistema;
- 3ª Etapa: Predição do comportamento do sistema baseado nesse modelo, utilizando dedução matemática ou lógica, isto é, obtendo soluções para o modelo;
- 4ª Etapa: Execução de experiências para testar a validade do modelo.

Muitas vezes torna-se impraticável seguir as quatro etapas acima para um determinado problema ou processo, em vista de algumas dificuldades, as quais sejam:

- a) Pode ser impossível ou extremamente oneroso observar certos processos no mundo real;

b) O sistema observado pode ser tão complexo que se torne impossível descrevê-lo em termos de conjunto de equações matemáticas;

c) Mesmo que um modelo matemático possa ser desenvolvido para descrever um sistema de interesse, pode não ser possível obter-se uma solução para o modelo, por meio de técnicas analíticas diretas;

d) Pode ser tanto possível, quanto oneroso realizar experiências válidas nos modelos matemáticos que descrevem o sistema.

A execução das Etapas 1ª e 4ª do método científico, as dificuldades (a) e (d) são na verdade “duas faces da mesma moeda”, pois no primeiro caso as medições são necessárias para a formulação do modelo, enquanto que no ultimo elas são necessárias para testar o modelo. Por facilidade considerem-se as dificuldades (a) e (d).

3.1 - Filosofia de projeto e construção de modelos

Conforme Naylor (1971), a importância dos modelos de análise e de sua construção como parte integrante de um trabalho científico foi fixada por Roseblueth e Wiener, na seguinte citação:

“nenhuma parte substancial do Universo é tão simples que possa ser compreendida e controlada sem abstração. A abstração consiste em substituir a parte do universo em estudo por um modelo semelhante, porém com estrutura mais simples. Os modelos constituem, portanto uma necessidade primordial de qualquer procedimento científico”.

Um modelo científico pode ser definido como resultado de uma abstração de um sistema ou processo real, para ser utilizada com os propósitos de descrição, predição ou controle.

A finalidade, particularmente, de um modelo de análise é permitir ao profissional determinar em que proporções uma ou mais mudanças em determinados aspectos de um processo, do qual se fez o modelo, poderão afetar outros aspectos do processo ou o próprio processo como um todo.

Para ser útil, um modelo de análise deve necessariamente abranger elementos de dois atributos conflitantes: realismo e simplicidade. Por um lado o modelo deve servir como uma aproximação razoavelmente precisa do processo real e conter a maior parte dos aspectos importantes do mesmo, mas por outro lado o modelo não deve ser tão complexo que se torne impossível compreendê-lo e manipulá-lo.

As variáveis que aparecem nos modelos são utilizadas para representar e relacionar as grandezas físicas e podem ser classificadas como variáveis aleatórias exógenas, endógenas e as de estado (interação). Os modelos podem ser classificados em determinísticos e estocásticos.

Os modelos probabilísticos são assim chamados quando pelo menos uma de suas variáveis é dada por uma função densidade de probabilidade e que serão objetos do presente trabalho. Esses modelos trabalham ou podem trabalhar com amostras aleatórias de dados para serem utilizados nas etapas de observação ou de testes de verificação dos modelos.

3.2 - Formulação de modelos

No desenvolvimento de um modelo geral teórico, devem ser considerados os requisitos abaixo:

1. A forma bem como coleta de dados, e os equipamentos utilizados para tais coletas, devem se revestir da maior importância, muito maior que a complexidade da formulação;
2. As evidências a partir dos resultados específicos da medição;
3. Os dados amostrais que sempre estão sujeitos a erros e variações, com o objetivo de conhecer o comportamento geral;
4. O padrão regular do comportamento como informação confiável.

Assim sendo, um modelo matemático é o resultado da capacidade de representar e manipular o conhecimento qualitativo e quantitativo das variáveis envolvidas, bem como as suas formas de interação. Ou seja, é um processo de resolução de problemas, de característica multidisciplinar, envolvendo o trabalho de equipes das mais diversas áreas do conhecimento.

Uma das dificuldades na formulação de modelos de processos é que o seu projeto é uma arte e não uma ciência. O pesquisador responsável pelo desenvolvimento dos modelos, pode ser considerado como um artista, muito embora a metodologia e os recursos por ele utilizados, defiram totalmente daqueles utilizados pelo escultor, entalhador, pintor, entre outros.

Tal pesquisador é um artista completo, pois além da criatividade, necessita de sólidos conhecimentos específicos da área de atuação, domínio dos conceitos estatísticos, de álgebra matricial, entre outras especificidades. Assim, o trabalho da construção de um modelo matemático de um processo particular é análogo ao trabalho de um artista.

Além disso, a etapa de observação de um certo processo no mundo real, a formulação de um modelo do funcionamento do processo e a redução das variáveis a um nível de abstração que permita a formulação do modelo matemático que descreva o comportamento do processo, não é de maneira alguma um procedimento simples e direto.

Embora tanto o conhecimento completo do processo que está sendo analisado, como a proficiência em matemática sejam condições básicas necessárias para a construção de modelos válidos, de maneira alguma, poderão ser consideradas como condições suficientes, uma vez que a construção bem sucedida de modelos matemáticos depende em parte da experiência do profissional, do método de ensaio e erro, e de uma boa dose de sorte.

Muitas vezes, a principal razão para insucesso na construção dos modelos idealizados reside na grande dificuldade em compreender a complexidade de uma boa parte dos processos numa visão macro, e não em relação aos seus componentes particulares.

3.3. Características do processo a serem tratados pelo modelo

O resultado das medições de um processo, durante seu ciclo de vida, são os experimentos, para os quais o modelo probabilístico se aplica, e devem ter em comum, as seguintes características, segundo Campos (2003):

1. pode ser repetido indefinidamente, sob condições essencialmente inalteradas;
2. embora não se possa afirmar que um resultado particular ocorrerá, possibilita o estudo sobre o conjunto de todos os possíveis resultados do experimento;
3. quando for repetido varias vezes, os resultados individuais parecerão ocorrer de uma forma acidental ou aleatória.

Logo, para um grande número de repetições, surgirá uma regularidade, e é ela que nos permite construir um modelo probabilístico mais próximo da realidade física, que se está observando.

Segundo Campos (2003), é de particular importância, o espaço amostral para cada experimento, que é o conjunto de todos os resultados possíveis que a variável aleatória pode assumir, admitindo-se que os resultados estejam sempre entre certos valores, ou seja, mínimos e máximos, pois assim, a representação gráfica apresentará uma função contínua e derivável.

Assim o espaço amostral, para cada experimento, deve ser técnica e economicamente viável, e não o espaço realizável experimentalmente. Quando se admite que todos os valores contidos entre o mínimo e o máximo sejam possíveis, a restrição é fornecida pelo próprio sistema que faz a aquisição de dados, e os objetivos da análise a ser realizada, fazem com que o espaço seja finito e numerável, segundo Campos (2003).

3.3.1 A distribuição normal

Uma distribuição estatística é uma função que descreve o comportamento de uma variável aleatória. Felizmente para o trabalho profissional, a grande maioria dos conjuntos de dados representando o comportamento de qualquer tipo de erro experimental obedecem a uma distribuição normal.

A distribuição normal de uma variável é uma distribuição contínua, portanto ela é definida pela sua densidade de probabilidade. Na distribuição normal os parâmetros são, por definição apenas dois: a média e o desvio padrão populacionais, conforme Gomes (1990).

Sabe-se que o resultado de qualquer medição está sempre afetado por *erros* ou *incertezas*, pois dependem de muitos fatores que vão desde a habilidade do experimentador, passando pelas condições da realização do experimento, e até das condições do equipamento utilizado.

Assim, o valor da grandeza física será avaliado, contanto com as ferramentas estatísticas na análise dos dados obtidos, para que o valor final seja confiável. Isso é importante não só na análise do resultado final, mas principalmente, no planejamento do experimento, por mais simples que o experimento seja, conforme Vuolo (1996).

Não existe análise que possa salvar um experimento mal planejado. Conseqüentemente, qualquer determinação experimental estará afetada, em maior ou menor grau por erros aleatórios, que devem ser estatisticamente avaliados.

O que se procura é o verdadeiro valor da grandeza, isto é, a população do universo de valores que variável procurada deve assumir. A amostra é na maioria das vezes os dados que consegue ou é o volume de dados obtidos para tornar a análise economicamente viável. Tudo isso em conformidade com as condições técnicas e teóricas para se obter uma amostragem, segundo Deming (1966).

A variabilidade das incertezas nas medidas que foram retiradas de uma população é identificada como amostra, que necessariamente obedece a uma distribuição, isto é os medidos apresentam a concentração desses valores uma variação em torno de um valor mais próximo do valor verdadeiro (valor esperado + margem de erro/incerteza). Daí decorrem as avaliações estatísticas para aquela grandeza medida.

3.3.4. Testes de validação dos resultados de modelo

A importância dos parâmetros observacionais é fundamental, pois as equações obtidas com o auxílio das aproximações contêm variáveis cujo valor deve ser obtido mediante medidas ou observações da Natureza, conforme Kume (1985). Tais medidas devem ser as mais precisas possíveis, para que as soluções das equações também o sejam.

Além das aproximações descritas, existe a necessidade de um estudo, para tornar as equações tratáveis. Sabe-se que a previsão através de modelos físico-matemáticos está baseada no fato de que, se for conhecido o estado de um sistema em um certo momento, por meio das equações adequadas pode-se conhecer o seu estado em qualquer outro instante posterior ou anterior.

Por outro lado às equações praticamente nunca têm solução conhecida ou alcançável mediante as técnicas matemáticas conhecidas. A solução aproximada pode ser obtida com o auxílio das ferramentas computacionais por métodos indiretos chamados *métodos numéricos*.

Para a obtenção de uma solução confiável, o processo deve ser repetido várias vezes, de forma que as diversas "soluções" encontradas em cada passo vão convergindo praticamente para um mesmo valor.

A interpretação dos resultados se reveste da maior importância. E aqui é fundamental o conceito estatístico de *margem de erro*. Essa margem será definida pelo grau de aproximação dos diversos passos acima: a escolha inicial das variáveis relevantes, a precisão da medida dos parâmetros observacionais, a precisão do método numérico utilizado, o tamanho da grade numérica, a adequação dessa grade (pode ser necessário que ela seja mais "fina" em certas regiões). É necessário, ao se escolher as variáveis, no início do processo, que se quantifique as prováveis influências das variáveis desprezadas, no resultado final.

Atualmente, com processadores cada vez mais velozes e com o domínio sobre as variáveis que influenciam diferentes fenômenos, o potencial dos modelos matemáticos tende a crescer, embora as margens de erro, ainda que pequenas, continuem existindo e o modelo se comporte sempre alguma dose de imprevisibilidade.

É muito importante testar a significância estatística das estimativas dos valores esperados, variâncias, e outros parâmetros dessas distribuições de probabilidades das variáveis envolvidas, entre os quais citam-se:

1. Testes de médias

2. Testes de variâncias
3. Testes não-paramétricos

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Construir modelos não basta. É necessário que se avalie a sua adequação ao processo que esta se querendo implementar e que o modelo matemático seja representativo do fenômeno físico. Só assim se tem interesse em extrair conclusões desses modelos.

No desenvolvimento de um processo industrial, como por exemplo, deve estar previsto a avaliação preditiva de recursos com estratégias que minimizam as ocorrências e os impactos das falhas no mesmo. O método de manutenção controlada do fenômeno é quem dirige essas estratégias, com a utilização da aplicação sistemática das técnicas de análise estatística dos dados coletados, com a finalidade de minimizar a manutenção preventiva e reduzir a corretiva.

Quando as técnicas foram utilizadas para simplificar a detecção das anormalidades, antecipando possíveis falhas iminentes, está se fazendo a avaliação preditiva dos recursos do processo. Geralmente, essas técnicas de análise são utilizadas nos comportamentos mais difíceis e/ou onde a viabilidade econômica da falha a ser detectada assim o determinar.

É impossível fazer uma avaliação da qualidade do ajuste de um modelo sem recorrer aos conceitos fornecidos pela estatística. Isto não significa, que se tenha de se tornar um especialista em estatística para poder compreender e se valer da aplicação das técnicas de planejamento e análise de resultados extraídos dos modelos.

4. CONCLUSÃO

Os maiores problemas da modelagem para a análise de processos, não estão concentrados somente na obtenção de dados a serem analisados, mas na falta de conceitos sedimentados, particularmente em estatística, para não se obter conclusões equivocadas.

Para superar tais problemas de forma eficaz torna-se necessário mostrar as correlações entre os parâmetros destes processos e seus resultados finais, pois existe a necessidade de se obter equações matemáticas adequadas para que sejam inseridas em programas computacionais, que possam representar fidedignamente o processo.

A sólida formação do acadêmico se reveste da maior importância para que o seu desempenho profissional tenha sucesso. Assim, as bases estatísticas são de fundamental importância e dessa forma, seria significativo que as disciplinas profissionalizantes passem a evidenciar nos seus projetos ou mesmo nas soluções técnicas a necessidade da experimentação, e, conseqüentemente do planejamento dos experimentos e da análise dos resultados obtidos ou que possam ser obtidos/previstos por meio de desenvolvimento de modelos.

Cada vez mais se deve enfatizar para o acadêmico, a necessidade do binômio *saber-fazer e medir-avaliar*, pois o conhecimento sem a vivência ou a *práxis*, de nada valem, pois a própria evolução da ciência necessita dessa ação documentada.

Em decorrência, existe a necessidade que se promova à integração das várias especialidades da engenharias com os sólidos conhecimentos estatísticos, para que se produzam melhores resultados na capacitação dos engenheiros, tornando-os mais versáteis, ampliando a sua capacidade e, tornando-os mais competitivos e cada vez mais hábeis em enfrentar situações novas, na sua trajetória profissional.

Essa integração promove a interdisciplinaridade, alarga os horizontes profissionais e sem dúvida amplia a percepção indutiva, obtendo-se como conseqüência um profissional qualificado e diferenciado, com capacidade para acompanhar o desenvolvimento das fronteiras tecnológicas, e preparados para aprimorar o aprendizado por meio do ensino continuado.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS NETO, B., SCARMINIO, I. S., BRUNS, R. E. - Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria; Editora Unicamp, Campinas, São Paulo, 2003.

CAMPOS, A. M. Ferraz, “ Modelo para avaliação preditiva de desempenho de processos e aplicação para linhas digital de dados” – Dissertação de Mestrado, UNICAMP, 2003

DEMING, W. E. – “Some Theory of Sampling”- Dover Publications, INC, New York, USA, 1966.

GOMES, F. P. – “Curso de Estatística Experimental”- Livraria Nobel S.A. Editora, Brasil, 1990.

KUME, H. – “Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade”- 6ª Edição, Editora Gente e AOTS - Association for Overseas Technical Scholarship, Brasil, 1985.

MASSON, T. J. – Análise Dimensional. Páginas e Letras Editora e Gráfica Ltda., São Paulo, 2002.

NAYLOR, Thomas H., BALINTFY, Joseph L., BURDICK, Donald S., CHU, Kong – Técnicas de Simulação em computadores; Editora Vozes em colaboração com a Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1971.

VUOLO, J. H. – Fundamentos da Teoria de Erros – Editora Edgard Blücher Ltda, 2ª edição revista e ampliada, São Paulo, 1996.

ABSTRACT

The exercise of the activities of Engineering is deeply on, to the mensuration, the interpretation and analysis of the physical largenesses. For this reason the development of the Modeling for the Analysis of Processes assumes particular importance in the formation of the engineer, in its more diverse specificities. The idealization of a probabilistic model appears, the knowledge, of the observation/experimentation, to portray the real conditions of occurrence of the phenomenon. When one is about the analysis of the results of the physical measurements, implicitly is if dealing with its *uncertainties*, the exactness and the resolution of the instrumentation, all coadjutant objects of together study to the metrology. What it makes with that, in this context, the modeling of analysis of the processes demands a solid probabilist basic formation. So that the Modeling of Analysis of Processes if becomes attractive and natural, the competency and the abilities must be developed of form to lead the binomial academic *know-to make it, measure-to evaluate*, promoting the interdisciplinarity and enabling it to ahead act it of "new situations", freeing it of conditionings and facilitating the exercise of the independent and continued learning.

Word-key: Probabilistic Model, Sampling, Statistics, Basic Formation.

Sub- theme: Basic sciences and Engineering.