

UM NOVO ENFOQUE PARA O ENSINO DE ESTATÍSTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Paulo A. L. Silva– pauloafonsolopes@uol.com.br
Instituto Militar de Engenharia, Seção de Fortificação e Construção
Praça General Tibúrcio, 80-SE/2 – Praia Vermelha – Urca
22290-270 – Rio de Janeiro – RJ

Resumo: *Por que os engenheiros devem entender conceitos estatísticos? Porque as decisões diárias baseiam-se em informações incompletas, e pessoas devem escolher com segurança na própria vida profissional, segurança proporcionada pela Estatística, cujo objetivo é auxiliar as tomadas de decisão. Este artigo apresenta uma nova concepção de ensino de Estatística, na qual o aprendizado ocorre mediante o desenvolvimento, pela ordem, das seguintes etapas: conceito, habilidade, fundamentação teórica, aplicativos computacionais, aplicações reais específicas e interpretação dos resultados. Acrescenta-se como deve ser a preparação do professor de Estatística para os cursos de Engenharia, e conclui-se que o objetivo da disciplina não é fazer de cada Engenheiro um Estatístico, porém começar a ensiná-lo a pensar como um Estatístico.*

Palavras-chave: Estatística. Ensino.

1 INTRODUÇÃO

Por que os engenheiros devem entender conceitos estatísticos? Porque as decisões diárias baseiam-se em informações incompletas, e pessoas devem escolher com segurança na própria vida profissional, segurança proporcionada pela Estatística, cujo objetivo é auxiliar as tomadas de decisão em face de incertezas, justificando-as cientificamente, analisando números, constatando relações e fazendo inferências para um todo a partir de uma amostra do mesmo.

A Estatística trata com o lidar e o quantificar das variabilidades intrínsecas, comuns em toda a natureza, e com a incerteza causada pelo desconhecimento do todo quando examinamos apenas uma parte dele, mediante o estudo de somente a estabilidade dessas variabilidades.

2 ESTATÍSTICA PARA ENGENHEIROS E NÃO PARA FORMAR ESTATÍSTICOS

2.1 O objetivo da Estatística no ciclo profissional e o novo enfoque do seu aprendizado

Segundo Bisgaard (1991, p. 274), o objetivo do ensino da Estatística vem a ser “ensinar engenheiros a resolverem problemas de engenharia que, aliás, exigem métodos e pensamento estatísticos.” O ensinar futuros profissionais a adquirirem conhecimentos de Estatística requer um professor que saiba não apenas os conceitos da disciplina, mas também as aplicações em

cada especialidade da Engenharia. Se Estatístico, onde poderá obter o sentimento da Engenharia? Se Engenheiro, onde pesquisar a fundamentação teórica que permita olhar um problema com um pensamento estatístico, mas não matemático?

Este artigo apresenta uma nova concepção de ensino de Estatística, na qual o aprendizado ocorre mediante o desenvolvimento, pela ordem, das seguintes etapas:

1. Conceito.
2. Habilidade.
3. Fundamentação teórica.
4. Aplicativos computacionais.
5. Aplicações reais específicas.
6. Interpretação dos resultados.

Esse enfoque alinha-se ao afirmado por Graham (2018, p. 43) de que, no foco educacional dos futuros líderes em educação em engenharia, deve-se ter

“a capacidade de aprendizagem multidisciplinar para integrar o conhecimento e trabalhar de modo eficaz em todas as disciplinas, dentro e fora da engenharia, uma habilidade fundamental que todos os graduados em engenharia devem ter.”

O conceito se refere ao que a mente concebe ou entende, formando-o dentro de si, e expressa as qualidades de um objeto, determinando o que é, e tendo um significado. Geralmente, corresponde a uma representação em uma linguagem ou simbologia, e tem, no caso da Estatística, o apoio da Matemática. Em resumo, conceito é uma expressão que diz o que algo é ou como funciona e, no campo da Estatística, deve ser entendido como o resultado da união do bom senso com a coerência.

Ressalte-se que a Matemática é apenas um apoio à Estatística, porque, segundo Platt (1964, p. 352),

“Ou, para dizer isso de outra maneira, você pode capturar fenômenos em uma caixa lógica ou em uma caixa matemática. A caixa lógica é grosseira, porém forte. A caixa matemática é refinada, porém frágil, uma bela maneira de encerrar um problema, mas não conterá os fenômenos, a menos que eles tenham sido capturados, para começar, em uma caixa lógica.”

De acordo com Magnusson e Mourão (2003, p.3),

“Se o pesquisador não compreendeu bem estes conceitos, nenhuma quantidade de fórmulas tediosas resolvidas à mão, ou em miraculosos programas de computadores e nem mesmo um mote de teoremas matemáticos pode tornar o seu trabalho útil.”

A habilidade consiste na resolução de exercícios por meio de expressões matemáticas, mediante cálculos à mão, podendo-se utilizar, embora não se possa recomendar, calculadoras eletrônicas.

A fundamentação teórica proporciona toda a base científica das expressões matemáticas que devem ser deduzidas e mostrarem-se coerente com o conceito apresentado.

Os aplicativos computacionais são os programas de computador necessários para lidarem com uma grande massa de dados ou com a premência de uma pronta resposta.

As aplicações reais específicas referem-se à integração entre a fundamentação teórica e a prática profissional.

A interpretação dos resultados é a consequência de todas as etapas anteriores e que deve, sempre, conduzir a uma decisão.

Segundo Tran e Lee (2015), existem diferenças sutis entre os raciocínios matemático e estatístico. Na Estatística, usam-se ferramentas da Matemática na resolução de problemas (por

exemplo, o uso de algoritmos e fórmulas, modelos de probabilidade teóricos e vários modos de representações gráficas), porém, no raciocínio estatístico, depende-se, fortemente, dos dados e de um contexto, início das questões estatísticas, e a partir do qual as pessoas devem tomar decisões sobre como coletar dados para investigar problemas. A seguir, o aspecto da medição para obterem-se valores, em que, na Matemática, lida-se com medidas concretas, como comprimento; contudo, na Estatística, a medição pode ser um pouco mais abstrata, como medir a inteligência de uma pessoa. Finalmente, a variabilidade e a incerteza das conclusões, em que, na Matemática, tipicamente, há uma resposta correta, porém, na Estatística, as conclusões são sempre incertas.

Entretanto, os cursos de Estatística, ministrados tanto por estatísticos quanto por engenheiros, enfatizam as habilidades matemáticas, quais sejam a resolução de problemas clássicos, utilizando fórmulas que os alunos devem decorar, tendo antes toda uma fundamentação teórica em termos matemáticos, que não interessa ao engenheiro, o qual necessita, prioritariamente, interpretar adequadamente os resultados para tomar a decisão correta no contexto em que se encontra.

A proposta deste artigo, com resultados expostos no item 3, é a consequência da leitura do trabalho de Tishkovskaya e Lancaster (2012), onde é feita uma revisão da literatura sobre o tema da educação estatística e apresentado aos professores um conjunto de diretrizes para a geração de material didático novo e eficaz.

Mais ainda, Hogg *et al.* (1985), há mais de 30 anos, já afirmavam que “Muitos engenheiros não aprenderam ou foram muito mal ensinados a respeito do valor das ideias estatísticas e suas aplicações.”

2.2 Uma visão geral da Estatística

Antes de se iniciarem os detalhes da disciplina, apresenta-se uma visão sistêmica da Estatística, para proporcionar ao aluno um conhecimento abrangente, mas também situá-lo, em cada momento das aulas seguintes, na parte do todo em que está.

No estudo estatístico, coletam-se unidades individuais de nosso interesse (chamadas unidades de observação ou de análise). Entretanto, à Estatística não interessa concluir a respeito dessas unidades individuais de observação, mas sim do quadro geral, grupos, conjuntos ou eventos, denominados genericamente pelo termo população e, dessa, uma ou mais características. Em seguida, retira-se uma parte, denominada amostra, que deve ser representativa dela, ou seja, conservando todas as características da população. Depois, descreve-se essa amostra, em termos numéricos ou não, e de modo sistemático, para se poder, a partir dessa parte, caracterizar o todo.

O resumo, a organização e a descrição das características das unidades de observações obtidas da amostra constituem a chamada Estatística Descritiva, início dos assuntos nos cursos de Engenharia.

O passo seguinte, generalizar para a população aquilo que se observou na amostra, denomina-se Inferência Estatística (também chamada Estatística Indutiva ou Inferencial), normalmente abordada no terceiro período, após o Cálculo das Probabilidades

Como as informações para a Inferência Estatística provêm de um conjunto menor que a população, nunca as conclusões serão totalmente corretas, podendo-se cometer erros, que são quantificados e expressos por um valor, determinado pelo Cálculo das Probabilidades, campo do conhecimento que lida com modelos matemáticos racionais para situações relacionadas com

incertezas e, em outras ocasiões, com o acaso, assuntos abordados em detalhes após a Estatística Descritiva, todavia com tipos opostos de raciocínio: um determinístico e outro, não.

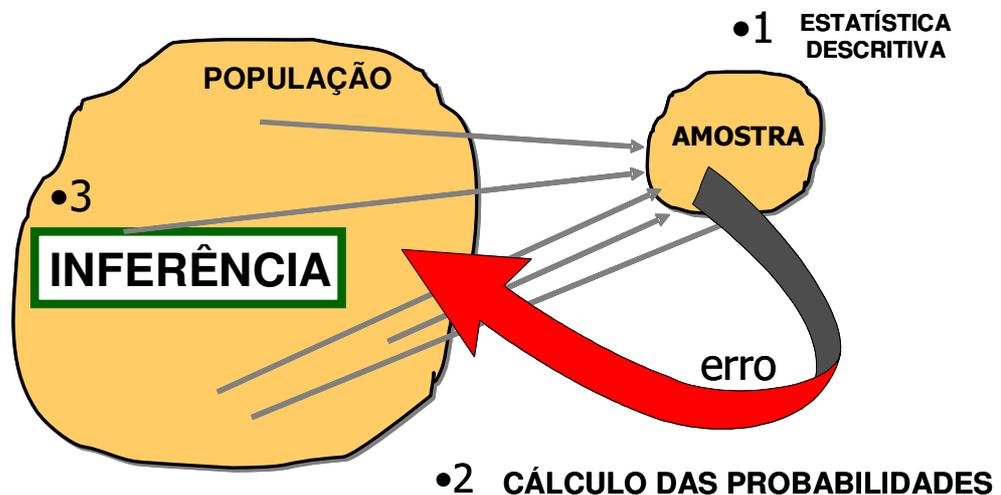
Enfatize-se que a Estatística Descritiva e o Cálculo das Probabilidades são ferramentas para a Inferência Estatística a respeito de uma característica da população, a qual lida de duas maneiras com os resultados obtidos a partir das amostras:

(1) realizando um teste para verificar se pode ser considerado verdade o que se declara, ou

(2) afirmando entre quais limites pode se encontrar essa característica.

A Figura 1 apresenta uma visão sistêmica da Estatística.

Figura 1 - Visão sistêmica da Estatística



Fonte: Autor

O procedimento para um estudo estatístico, utilizado para obter, apresentar e analisar valores numéricos, tem os seguintes passos:

1. Definir cuidadosamente o problema a partir da população.
2. Planejar a coleta dos elementos da amostra, identificar as variáveis mais importantes e restringir-se aos dados de interesse.
3. Coletar os dados e transformá-los em números.
4. Identificar o melhor modelo estatístico e utilizá-lo para gerar resultados.
5. Analisar os resultados obtidos.
6. Relatar as conclusões tais que sejam facilmente entendidas por quem as for usar na tomada de decisões.

2.3 Exemplo com enfoque usual para o ensino de um conceito básico

Média, uma das medidas de tendência central

a. Conceito.

Não é visto, apenas apresentada a definição pela fórmula, ignorando-se a origem dos dados, obtidos a partir de uma amostragem, também não abordada.

b. Habilidade.

Consiste em resolver um problema clássico: determinar a média aritmética de alguns valores. Para a solução, o aluno faz da maneira que desejar, usualmente usando calculadora ou um aplicativo computacional, podendo, ou não, passar pelo estágio de resolução manual com o uso da fórmula, apresentada como definição, Equação (1):

$$\text{média} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

c. Fundamentação teórica.

Não é vista, os tópicos são apresentados como definições.

d. Aplicativos computacionais.

Normalmente, uma calculadora eletrônica.

e. Aplicações reais específicas para cada ramo da Engenharia

Não são abordadas, porque o curso é ministrado de maneira única para todas as especialidades.

f. Interpretação dos resultados.

Não é feita, apenas obtidos os resultados numéricos.

2.4 Exemplo com o novo enfoque para o ensino de um conceito básico

Média, uma primeira medida de representatividade

a. Conceito.

A Estatística Descritiva tem uma medida que resume os dados por meio de um número para caracterizar todos eles. Esse número, que representa os demais valores, mantida uma certa propriedade, denomina-se média, sendo uma medida de representatividade, não de tendência central.

Por exemplo, suponha-se os valores 2, 3 e 4. Denote-se por M o número que os vai representar. Pode-se, então, escrever que M representa o 2, M (de novo!) representa o 3 e o mesmo M representa o 4. Como os conjuntos são “iguais”, pode-se escrever que:

$$2 \quad 3 \quad 4 \quad = \quad M \quad M \quad M$$

Se a propriedade a ser mantida for a soma, então:

$$2 \quad + \quad 3 \quad + \quad 4 \quad = \quad M \quad + \quad M \quad + \quad M$$

Daí que

$$2 \quad + \quad 3 \quad + \quad 4 \quad = \quad 3M$$

e, finalmente,

$$M = \frac{2+3+4}{3}$$

Conclusão: quando a propriedade mantida for a soma, a média denomina-se média aritmética.

Cada uma dessas médias tem um nome particular, dependendo da propriedade que mantém: se a soma, tem-se a média aritmética; se a multiplicação, tem-se a geométrica e, se for referente a taxas de variação, média harmônica.

Com esse conceito, deduz-se a expressão da média aritmética \bar{X} de uma amostra, Equação (2):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

b. Habilidade.

Um exercício para verificar a habilidade do aluno em resolver esse problema é o seguinte: determinar a média aritmética dos seguintes valores, obtidos de uma amostra: 283, 284 e 285. O aluno faz manualmente a resolução desse problema, Equação (3):

$$\bar{X} = \frac{283+284+285}{3} = 284 \quad (3)$$

c. Fundamentação teórica.

Apresentada sem necessariamente usar fórmulas matemáticas, porém enfatizando os conceitos envolvidos no problema: quando se deseja obter o valor aproximado da média aritmética de uma população, retira-se uma amostra. Com os valores dessa amostra, realizam-se operações matemáticas (somam-se todos eles e divide-se pelo seu total), ou seja, por meio da fórmula da média aritmética da amostra, que é um estimador da média aritmética da população (CASELLA; BERGER, 2010, p.278), obtém-se um resultado, denominado estimativa do valor da média aritmética da população.

d. Aplicativos computacionais.

Há inúmeras opções: calculadoras eletrônicas, planilhas, aplicativos para telefones inteligentes, e softwares próprios para cada especialidade da Engenharia.

e. Aplicações reais específicas para um ramo da Engenharia.

Como exemplo para a Engenharia Civil, um exercício retirado de um exame simulado pelo *The National Council of Examiners for Engineering and Surveying (NCEES)*, Estados Unidos, no qual os engenheiros devem ser aprovados para serem licenciados como *PE (Professional Engineer)*.

Os primeiros cinco ensaios da resistência do concreto após 28 dias são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Resistência do concreto

Ensaio	f'_c para 28 dias (MPa)	Data
1	29.061	3 de março
2	28.682	7 de março
3	24.993	11 de março
4	27.647	12 de março
5	27.682	16 de março

Fonte: Adaptado do *NCEES*

O concreto é considerado não satisfatório se a média de quaisquer três dias consecutivos não é maior que o requerido f'_c de 27.579 Mpa.

Decida: o concreto pode ser considerado satisfatório?

- A) Sim.
B) Não.

f. Interpretação dos resultados.

A partir dos resultados encontrados, compara-se com o requisito estabelecido e toma-se uma decisão: o concreto é, ou não, considerado satisfatório.

2.5 O papel do professor de Estatística para os cursos de Engenharia

O professor de Estatística, se Estatístico, deve preparar as suas aulas com o auxílio do engenheiro de cada especialidade para obter exemplos reais, bem como interpretar os resultados, baseando-se não apenas nos números, porém no contexto em que esses dados se encontram; se Engenheiro, deve procurar um Estatístico para entender a formulação teórica necessária para capacitá-lo a utilizar esse conceito em novas situações.

Para a obtenção de problemas reais, Lorace *et al.* (1995, p. 77), há mais de 20 anos, apresentaram uma proposta para “um ciclo educacional formal de preparação, identificação e ação” como uma estrutura de esforço colaborativo entre universidade e indústria, estabelecendo equipes multidisciplinares e multi-institucionais de estudantes e professores, ideia adaptada para as aulas de Estatística, nas quais se formam equipes para resolverem problemas retirados das situações reais, que podem ser considerados multidisciplinares por abrangerem assuntos da Estatística (conceitos fundamentais), da Engenharia (aplicações específicas) e da Gestão (tomada de decisão).

2.6 Alunos do ensino médio hoje, universitários amanhã e profissionais por 35 anos

No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular apresenta as competências específicas de matemática para os ensinos fundamental e médio, que devem “...compreender as relações entre conceitos e procedimentos dos diferentes campos da Matemática, entre os quais Estatística e Probabilidade”, “Utilizar processos e ferramentas matemáticas, inclusive tecnologias digitais disponíveis, para modelar e resolver problemas cotidianos” e “Enfrentar situações-problema em múltiplos contextos, expressar suas respostas e sintetizar conclusões, utilizando diferentes registros e linguagens, como gráficos e tabelas”, o que se alinha com o exposto por Lovett e Lee (2017, p. 299) e Graham (2018, p. 34). O MIT (2018) apresenta uma síntese de um olhar para o futuro de como os Engenheiros são treinados, e “o relatório também identifica alguns dos principais desafios enfrentados pela educação em engenharia e, em alguns casos, pelo ensino superior como um todo.”

Estarão os professores bem preparados para ensinarem Estatística Aplicada à Engenharia? Esses alunos dos ensinos fundamental e médio de hoje serão os universitários em médio prazo, trazendo informações a serem aprimoradas em um ambiente com forte ênfase na Estatística.

Por essas razões, propõe-se reinventar completamente a área do ensino de Estatística. Os fundamentos sempre existirão; entretanto, a maneira como nos preparamos, comprometemos e apresentamos os ensinamentos pode melhorar com uma nova, moderna, humana e inovadora maneira de adquirir conhecimento, cujo objetivo é fornecer aos alunos respostas práticas e eficazes para ajudá-los a tomarem melhores decisões e capacitá-los cada vez mais e melhor no Século 21, época em que terão vida profissional ativa.

3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

No Instituto Militar de Engenharia, a disciplina Estatística Aplicada é obrigatória no Ciclo Profissional, 3o. ano, ministrada nos cursos de Engenharia de Fortificação e Construção (Engenharia Civil) e Engenharia Cartográfica.

Nessas graduações, o desenvolvimento da metodologia ao longo do período fez com que a Estatística passasse a ser vista não como um ramo da Matemática, porém uma ferramenta de apoio à tomada de decisão. As avaliações ao longo do período de vários anos apresentaram médias superiores a 8 (oito) e variabilidade (desvios padrão) inferior a 1,5, o que evidencia não apenas a perda do temor de uma disciplina historicamente considerada difícil e sem objetivo, mas também uma elevada e relativa uniformidade na retenção do conhecimento.

4 CONCLUSÃO

Durante a disciplina com esse novo enfoque, o aluno não aprende a decorar fórmulas, mas sim os conceitos estatísticos, fundamentação indispensável para poder aplicar os conhecimentos no mundo real, adquire habilidades na resolução de problemas clássicos para estabelecer credibilidade e confiança no que aprendeu conceitualmente desde o início do processo de aprendizagem, tem base suficiente para pesquisar a base teórica dos conceitos apresentados, utiliza aplicativos computacionais para, rapidamente, resolver problemas com grande massa de dados e, principalmente, aprende a interpretar os resultados obtidos para auxiliá-lo nas tomadas de decisão.

O objetivo do ensino da Estatística nos cursos de Engenharia não deve ser fazer de cada Engenheiro um Estatístico, porém começar a ensiná-lo a pensar como um Estatístico!

REFERÊNCIAS

BISGAARD, Søren. Teaching Statistics to Engineers. **The American Statistician**, v. 45, n. 4, p. 274-283. 1991.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#!/site/inicio>. Acesso em: 27 abr. 2018.

CASELLA, George; BERGER, Roger L. **Inferência Estatística**. São Paulo: Cengage Learning, 2ª. edição, 2010.

GRAHAM, Ruth. **The global state of the art in engineering education**. Disponível em: http://neet.mit.edu/wp-content/uploads/2018/03/MIT_NEET_GlobalStateEngineeringEducation2018.pdf. Acesso em: 28 abr. 2018.

HOGG, R. *et al.* Statistics education for engineers: An initial task force report. **The American Statistician**, v. 39, p. 168-175, 1985.

LORACE, L. M. *et al.* Industry-University Partnerships: A Model for Engineering Education in the 21st Century. **Computers & Industrial Engineering**. v. 29, n. 1-4, p. 77-81, 1995.

LOVETT, Jennifer N.; LEE, Hollylynn S. New Standards Require Teaching More Statistics: Are Preservice Secondary Mathematics Teachers Ready? **Journal of Teacher Education**, v. 68, n. 3, p.299-311, 2017.

MAGNUSSON, William E.; MOURÃO, Guilherme. **Estatística sem Matemática**. Londrina: Ed. Planta. 2003.

MIT. **Reimagining and rethinking engineering education**. Disponível em: <http://news.mit.edu/2018/reimagining-and-rethinking-engineering-education-0327>. Acesso em: 28 abr. 2018.

PLATT, J.R. Strong Inference, **Science**, v. 146, n. 3642, p. 347-353, 1964.

TISHKOVSKAYA, S.; LANCASTER, G.A. (2012). Statistical education in the 21st century: a review of challenges, teaching innovations, and strategies for reform. **Journal of Statistics Education**. v. 20, n. 2, p. 9-56, 2012.

TRAN, D.; LEE, H. S. **The difference between statistics and mathematics**. In: Teaching statistics through data investigations MOOC-Ed, Friday Institute for Educational Innovation: NC State University, Raleigh, NC. Disponível em: <http://info.mooc-ed.org.s3.amazonaws.com/tsdi1/Unit%202/Essentials/Statvsmath.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2018.

A NEW APPROACH FOR TEACHING STATISTICS IN ENGINEERING COURSES

Abstract: *Why should engineers understand statistical concepts? Because daily decisions are based on incomplete information, and people must decide with confidence in their own professional life, assuredness provided by Statistics, whose purpose is to aid the decision making. This article presents a new vision of Statistics teaching, in which learning occurs by developing the following steps: concept, ability, theoretical foundation, computational applications, specific real applications and interpretation of results. It is added as it should be the preparation of the professor of Statistics for the Engineering courses. It is concluded that the objective of the discipline is not to make each Engineer a Statistician, but to start teaching him/her to think like a Statistician!*

Keywords: *Statistics. Teaching.*