UTILIZANDO PLANILHAS E SIMULAÇÃO PARA MODERNIZAR O ENSINO DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA

Lorí Viali

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Departamento de Estatística da Faculdade de Matemática – Av. Ipiranga, 6681 – 90619-900 Porto Alegre
viali@mat.pucrs.br

Resumo. *Os cursos de Engenharia, em sua grande maioria, oferecem apenas uma disciplina de Estatística (com 4 créditos geralmente ou 6 excepcionalmente) em seu currículo, a despeito da importância que ela desempenha no entendimento de questões técnicas, científicas e mesmo quotidianas. Apesar deste reduzido número de horas disponíveis os conteúdos programáticos são extensos e geralmente contemplam toda a Estatística Básica e mais Elementos de Probabilidade. A conseqüência é um ensino insatisfatório tanto para quem ministra quanto para quem recebe. Para poder adequar os conteúdos ao número de horas disponíveis é necessário atropelar muitos assuntos, que normalmente são vistos apenas de passagem sem a necessária profundidade. Isto quando o programa consegue ser vencido, o que via de regra não é o caso. Como forma de melhorar esta situação, este artigo relata experiências sendo conduzidas com a utilização dosada do computador com o suporte de um software de planilha, aliados a simulação de dados através de modelos probabilísticos. A utilização destes recursos acelera a compreensão e melhora o entendimento de grande parte dos conteúdos, bem como elimina a maior parte do trabalho braçal. Ganha-se também qualidade com a substituição de boa parte da exposição oral tradicional por um ensino interativo onde o aluno pode experimentar e manipular grandes conjuntos de dados diretamente no computador. Um efeito colateral desta abordagem é uma maior familiaridade com o computador, em geral, e a planilha, em particular, recursos imprescindíveis ao engenheiro de hoje.*

Palavras-chave: *Ensino de Estatística, Simulação no ensino, Planilhas no ensino.*

1. INTRODUÇÃO

O ensino de disciplinas que envolvem raciocínio abstrato como as da área Matemática (Probabilidade, Cálculo, Álgebra Linear, etc.) e as que envolvem e exigem modelagem, isto é, aplicações de modelos teóricos, como as da área de Matemática Aplicada, representadas pela Estatística, é feito, apesar do desenvolvimento acelerado dos meios eletrônicos, especialmente dos computadores, quase que exclusivamente através de aulas expositivas. O esforço é inteiramente exercido pelo professor cabendo ao aluno pouca ou nenhuma participação. Marcoulides [3] coloca: "*Os estudantes são essencialmente participantes passivos no processo pedagógico com suas atividades restritas a ouvir, tomar notas e revisar exercícios já feitos*". Isto gera desestímulo e baixa produtividade. Muito do que o professor pretende transmitir não é aproveitado por não despertar o interesse do envolvido, pela quantidade de informações acima do que ele pode assimilar, pelo pouco tempo de reflexão sobre os conhecimentos sendo transmitidos, pelo pequeno número de exemplos e, muitas vezes, pelo despreparo ou pouca qualificação do próprio professor. O aluno não dispõe de exercícios em quantidade suficiente, bem como **não pode fazer experimentações por si próprio de forma a ver como "a coisa funciona"**. O ensino destas disciplinas é prejudicado pela ausência de pré-requisitos mínimos para a absorção dos novos conhecimentos sendo transmitidos.

Considerando este panorama, o que este trabalho propõe é a utilização da simulação e da experimentação computacional como forma de envolver mais o aluno no que está sendo ensinado e aumentar a interatividade do ensino. Para que o aluno literalmente ponha a mão na massa.

2. ONDE ESTÃO AS PRINCIPAIS DIFICULDADES

A principal dificuldade para quem leciona disciplinas que requerem uma boa base matemática é a heterogeneidade dos alunos em cada turma. Apesar de como regra geral, o nível de conhecimento dos alunos estar abaixo do desejado, sempre é possível encontrar uma parcela que possui habilidades mais consistentes no manejo da simbologia e recursos matemáticos. Da mesma forma, quase via de regra, em toda a turma existe uma parcela de alunos que apresenta dificuldades básicas.

Uma segunda dificuldade enfrentada é a baixa capacidade de abstração de grande parte dos alunos. Isto é conseqüência de um ensino baseado na manipulação simbólica, desprovida de contexto e não associado a conceitos e definições que os sustentem, isto é, no ensino conhecido popularmente como "decoreba". O aluno incorpora o suficiente para realizar a prova e conseguir um mínimo para a aprovação, mas não é capaz de reter o conhecimento matemático, pois ele não é apresentado de forma estruturada. Os conteúdos são apresentados pontualmente e não relacionados, facilitando, desta forma, o pronto esquecimento tão logo não sejam mais exigidos.

3. AS CONSEQÜÊNCIAS

É possível tocar o barco da mesma forma e desenvolver estas disciplinas na forma tradicional, enfatizando casos isolados, resolvendo exercícios pontuais e avaliando cada vez mais com menos critérios e mais flexibilidade, ou seja, é bastante fácil e tentador cair no pacto da mediocridade onde o professor finge que ensina e o aluno finge que aprende. Só que o resultado é um só: a frustração de ambos. Ensinar bem e como conseqüência aprender bem envolve compromisso dos dois segmentos envolvidos: aluno e professor.

Considerando que tanto o aluno como o professor estejam bem intencionados, sendo que um com disposição para aprender e o outro com entusiasmo e capacidade para ensinar, ainda assim ter-se-á um problema de difícil solução. A dificuldade reside e resiste no passado do aluno. A falta de pré-requisitos não pode ser resolvida de imediato. É praticamente impossível sanar lacunas que envolvem quase sempre toda a vida escolar do aluno. Então como fazer para tornar o ensino mais produtivo e mais prazeroso para todos os envolvidos?

É evidente que a resposta não vai ser dada agora e acredito que talvez nunca o seja. No entanto é necessário continuar tentando e, principalmente, procurando não repetir o modelo falido e que comprovadamente não funciona de um ensino calcado apenas na repetição de conhecimentos já estabelecidos, onde a principal e, talvez única, habilidade envolvida é o trabalho braçal.

4. UMA PROPOSTA

A proposta é fornecer um ensino que elimine ou reduza ao mínimo possível o trabalho braçal do aluno. E que também exclua por completo a tarefa de encher quadros e quadros de conteúdo para que o aluno passe a maior parte do tempo atarefado num mero exercício de cópia. Das anotações do professor para o quadro e do quadro para o caderno do aluno, sem, no entanto, passar pela cabeça de nenhum dos dois. O conhecimento deve ser proposto e discutido, avaliado, analisado e, sempre que possível, reproduzido como se estivesse sendo novamente descoberto. O professor deve utilizar a sua experiência para mostrar os pontos mais obscuros, salientar dificuldades e propor tarefas e exercícios que melhorem a compreensão dos conceitos e definições. Deve, quando cabível, mostrar as relações e interelações entre os diversos segmentos, de modo que o conteúdo seja percebido como um conjunto estruturado e fundamentado e não como uma coletânea de receitas.

A Estatística por ser uma disciplina aplicada que envolve tanto modelos teóricos quanto conhecimentos práticos. Enfatizar as semelhança e as diferenças entre teoria e prática é essencial para que o conhecimento "espaguete" seja evitado. É comum nos textos didáticos a mistura entre probabilidade e estatística, de modo que o aluno tenda a tomar uma pela outra. Quando o correto e mais proveitoso é salientar justamente as diferenças para que as semelhanças então fiquem aparentes.

5. AS PLANILHAS

As planilhas, notadamente o Excel, vão se firmando cada vez mais como um recurso instrucional em laboratórios de Estatística. Além dos recursos típicos elas oferecem um grande número de funções estatísticas e probabilísticas, se bem que bastante limitados. A principal vantagem da planilha é a sua grande base instalada e seu preço relativamente barato. É possível programá-la e, desta forma, realizar tarefas não previstas inicialmente. Além disso, o paradigma da planilha é conhecido pela maioria dos alunos, diminuindo, desta forma, o tempo gasto na aprendizagem da mecânica de uma nova ferramenta de software.

Os exemplos aqui apresentados referem-se à planilha Excel pois, felizmente ou infelizmente, é a que detém, atualmente, a liderança neste tipo de software. Esta planilha foi lançada em 1987 numa versão desenvolvida originalmente para os computadores Macintosh. A primeira versão para Windows foi rotulada como dois para corresponder à versão da plataforma original. Em 1990 foi lançada a versão três que incluía barras de ferramentas, capacidade para desenhar, suportes para programas adicionais e gráficos em três dimensões. A versão quatro, a primeira realmente popular, foi lançada em 1992. Em 1993 foi lançada a versão cinco com melhorias expressivas como planilhas múltiplas e suporte para a linguagem Visual Basic. Em 1995 foi lançada a versão sete da planilha, conhecida como Excel 95 e a primeira versão em 32 bits. A versão seis da planilha não existe, pois a Microsoft resolveu renumerar seus produtos para escritório de modo que todos eles tivessem a mesma versão. A versão oito foi lançada em 1997, é conhecida como Excel 97, com uma nova interface para o desenvolvimento de aplicações em Visual Basic. A versão nove foi batizada de Excel 2000 [6].

Nem só de Excel é feito o mundo das planilhas. Existem várias alternativas, ou melhor, muitas alternativas. O problema é que a maioria delas são praticamente desconhecidas. Com exceção da Lotus 1-2-3, que já foi bastante popular, e da Quatro Pro, as demais só serão descobertas com uma garimpagem minuciosa na Internet. Além disso, praticamente, não existe literatura sobre ensino de Estatística com estas planilhas.

6. SIMULAÇÃO

A Estatística trabalha fundamentalmente na descrição, resumo e interpretação de dados. Coletar dados não é uma tarefa de todo fácil e, além disso, é um trabalho que consome tempo. Num sistema de ensino eficaz os dados devem estar prontamente disponíveis e isto só pode ser feito através da simulação destes dados. Grande parte dos procedimentos estatísticos envolve alguma suposição sobre o correspondente modelo teórico (probabilístico), assim para construir intervalos de confiança válidos, é necessário supor que a população sobre amostragem possua uma distribuição normal. Mas como obter dados que se comportem de acordo com este modelo? Uma opção seria conduzir algum experimento real ou então coletar dados que sabidamente tenham este comportamento. Só que, normalmente, esta opção é inviável por uma série de limitações de tempo e disponibilidade de tais fontes de variação.

Tradicionalmente a simulação seria utilizada como um último recurso, pelos menos teoricamente, mas o que se tem observado, Viali [9], é que a simulação é largamente empregada em todas as áreas do conhecimento como uma das principais técnicas de análise de sistemas discretos, como comprovadora de soluções analíticas e, fundamentalmente, como fornecedora de dados na realização de experimentos, soluções de problemas e demonstração de propriedades e mesmo na prova de teoremas. Neste caso a técnica empregada é a Monte Carlo, ou seja, a geração de valores e distribuições aleatórias.

O uso de pacotes computacionais dispensou professores e alunos dos cursos de Estatística e Probabilidade do tédio provocado pela excessiva atividade braçal em executar um grande número de cálculos irrelevantes que não acrescentavam nada em termos de aprendizagem. *Softwares* convencionais como: Minitab, SAS, SPSS, Statgraphics, Statistica e Systat, entretanto, não têm auxiliado muito no entendimento dos conceitos subjacentes. Os estudantes não refletem sobre o que estão fazendo e nem por que o estão fazendo. Simplesmente lançam os dados e aplicam o teste, segundo Sterling [8].

A simulação é uma ferramenta tutorial valiosa pelas seguintes razões segundo Merril [4]:

(a) Envolve menos riscos que a realidade. Se um aluno fizer alguma coisa errada durante a simulação ele simplesmente recomeça. Erros, que em sistemas reais seriam fatais, numa simulação podem no máximo causar uma pequena frustração. O erro se transforma em experiência e tenderá a ser repetido cada vez menos.

(b) Os custos de treinamento são reduzidos. Um erro de pilotagem em um avião real custaria uma bela soma de dinheiro sem falar nos custos de vidas perdidas.

(c) Ela é normalmente mais conveniente do que o treinamento real, pois possibilita geralmente o treinamento de mais estudantes ao mesmo tempo. Ao trabalhar em um micro num laboratório não se estará sujeito a condições de tempo, se é dia ou noite, se o equipamento real está danificado ou em manutenção.

(d) A simulação minimiza os efeitos do tempo. Alguns fenômenos levam um tempo muito longo para acontecerem, numa simulação computacional isto pode ser comprimido de modo que todo o fenômeno possa ser observado várias vezes em um período muito curto de tempo.

(e) As experiências em simulação podem ser repetidas. Os estudantes podem repetir uma experiência tantas vezes quanto o necessário para entendê-las e enfrentá-las com habilidade.

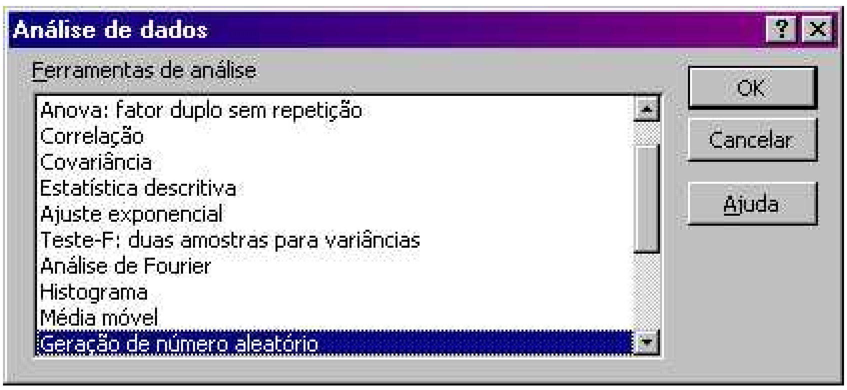
Muitas dificuldades de aprendizagem ocorrem em virtude de se possuir apenas uma visão estática da representação de sistemas naturais ou artificiais. Com um livro esta é a única maneira possível. No entanto com o computador os modelos podem e devem ser dinâmicos.

7. RECURSOS DE SIMULAÇÃO NO EXCEL

Os recursos de simulação Monte Carlo do Excel podem ser divididos em duas categorias. Os que são acionados através do ícone f_x de "**colar função**" e os que fazem parte da biblioteca "**Ferramentas de análise**". Esta biblioteca pode ser acionada através do menu "**Ferramentas**", sub-menu "**Análise de dados ...**". No primeiro caso existem duas funções que desempenham papéis importantes para simular distribuições que o Excel não apresenta no recurso análise de dados. Estas funções são a **ALEATÓRIO()** e a **ALEATÓRIOENTRE(inferior; superior).**

A função **ALEATÓRIO()** não possui argumentos e gera valores de uma distribuição uniforme no intervalo [0; 1]. Estes números são denominados de pseudo-aleatórios. Esta função é denominada pelo Excel de volátil, isto é, ela será recalculada toda vez que uma célula da planilha for calculada. Para evitar que isto ocorra pode-se transformar a fórmula em um número aleatório e para tanto deve-se selecionar a célula que contém a fórmula, clicar na barra de fórmulas e digitar F9. Com este procedimento, ao se clicar na célula de interesse não mais aparecerá uma fórmula e sim um número que não mais se alterará.

Figura 1. O recurso "**Geração de número aleatório**" do menu "**Ferramentas**"



Esta função é a mais importante pois pode ser utilizada como base para gerar valores de qualquer outra distribuição de probabilidade, como, por exemplo, simular a distribuição do percurso percorrido por um carro na auto-estrada Porto Alegre-Osório. Supondo que o percurso tenha exatos 90 km, pode-se simular a variável "distância percorrida" a partir da capital através de: **ALEATÓRIO()*(b-a)+a**, onde **a =** 0 e **b = 90**. Assim a simulação desta variável seria **90*ALEATÓRIO().** Para simular o comportamento de uma distribuição exponencial de parâmetro λ, deve-se partir da função acumulada $F(x) = 1- e^{\lambda x}$ e igualar esta expressão a uma variável U - **ALEATÓRIO().** Isto pode ser feito da seguinte forma: $u = 1- e^{\lambda x}$; $e^{\lambda x} = 1 - u$; $\lambda x = \ln(1 - u)$; $x = \ln(1 - u)/ \lambda$.

Como a expectância da exponencial é igual ao inverso do seu parâmetro, isto é, $\mu = E(X) = 1/\lambda$, então a expressão acima fica: $X = \ln(1 - U)/ \lambda = \mu.\ln(1 - U)$.

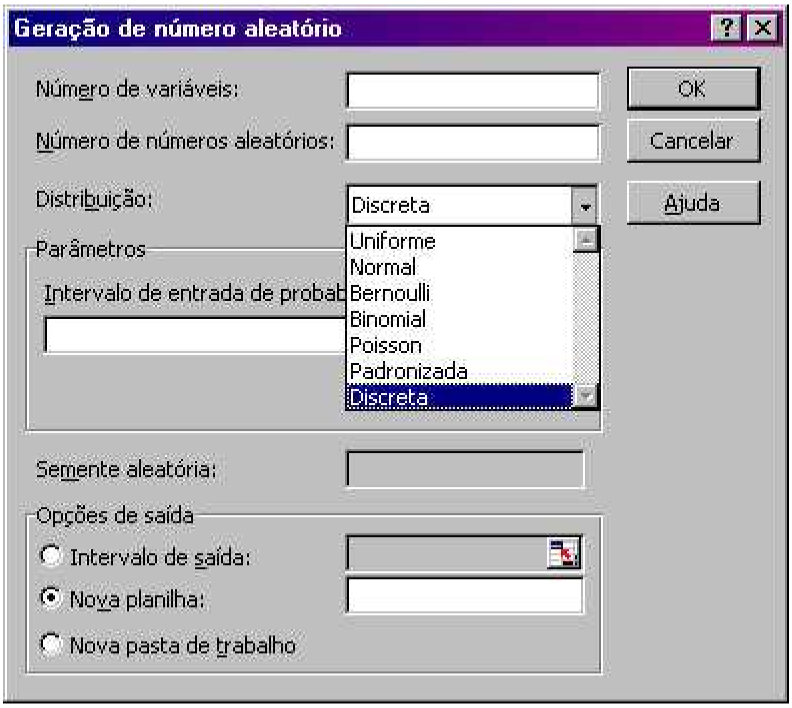
Desta forma se fosse necessário simular a variável "tempo entre a passagem de dois carros", onde a média fosse igual a 30 segundos, a expressão para simular este experimento seria: $X = 30.\ln(1 - U)$.

Considerando as funções da planilha seria necessário digitar em uma célula da planilha o seguinte: **= 30*LN(1 - ALEATÓRIO()),** expressão, esta, que vai gerar valores de uma distribuição exponencial com média 30 e parâmetro 1/30.

A função **ALEATÓRIOENTRE(inferior; superior**), ao contrário da anterior, requer dois parâmetros. É necessário informar um valor "mínimo" e um valor "máximo" entre os quais se deseja gerar valores aleatórios. Esta função pode ser encarada como uma especialização da função **ALEATÓRIO(),** só que ao contrário, desta, ela gera somente valores inteiros e pode ser utilizada, então, para simular variáveis discretas.

Dentre as "**Ferramentas de análise**" disponíveis existe o item "**Geração de número aleatório**", "Fig. 1", que deve ser acionado para simular valores de alguns modelos discretos e contínuos vistos normalmente em conteúdos de Probabilidade e utilizados na Estatística. A "Fig. 2" mostra a caixa de diálogos do item "**Geração de número aleatório**".

Figura 2. A caixa de texto "**Geração de número aleatório**"



Na "Fig. 2", a terceira linha, denominada de "**Distribuição**", mostra um menu em cascata que fornece sete opções de distribuições, que podem ser simuladas. Destas, três são de variáveis discretas e incluem a "**Bernoulli**", a "**Binomial**" e a "**Poisson**". Existe uma quarta opção denominada "**Discreta**" que permite simular uma distribuição empírica fornecida pelo usuário. Uma ausência a ser destacada é a da distribuição Hipergeométrica. É realmente lamentável, pois o algoritmo para a geração de tal distribuição não é elementar e este modelo é bastante utilizado na teoria da amostragem. Das três opções restantes, duas são de variáveis aleatórias contínuas e incluem a "**Uniforme**" e a "**Normal**". A terceira opção, denominada de "**Padronizada**" não gera, de fato, valores aleatórios e sim seqüências com comportamento especificado. É um erro incluí-la entre as demais distribuições, pois os resultados aqui são totalmente previsíveis. Aqui, também, existem algumas lacunas importantes. A distribuição exponencial, incluída em qualquer texto básico de probabilidade, não aparece e também não há uma opção, a exemplo do caso discreto, para se gerar uma distribuição contínua empírica, isto é, fornecida pelo usuário, isto sem mencionar a distribuição de Weibull e a Gama, que são modelos de uso freqüente em aplicações de Engenharia.

8. UTILIZANDO A SIMULAÇÃO NO ENSINO

Os valores simulados através das funções mencionadas anteriormente podem ser utilizados de várias formas para ilustrar e facilitar o entendimento de conceitos estatísticos.

Um primeiro exemplo é na Estatística Descritiva, onde se pode simular uma grande quantidade de valores de uma distribuição discreta, para ilustrar como agrupar dados em distribuições de freqüências por ponto ou valores. Neste caso pode ser utilizado tanto a função **ALEATÓRIOENTRE(inferior; superior)**, que gera valores inteiros entre dois valores definidos, quanto as funções "**Binomial**", "**Poisson**" e mesma a "**Discreta**", incluídas no recurso "**Análise de dados ...**". Estas funções podem simular uma ampla gama de aplicações ou variáveis que descrevem fenômenos ou experimentos. Por exemplo, pode-se simular: os tradicionais experimentos com dados e baralhos através da função **ALEATÓRIOENTRE(inferior; superior);** as respostas possíveis de um grupo de pessoas sobre suas preferências políticas ou o número de objetos defeituosos em um lote de uma linha de produção utilizando o modelo Binomial; o número de falhas no abastecimento de energia; o número de chamadas telefônicas em uma central e uma ampla gama de sistemas que envolvam filas através do modelo de Poisson. Aquelas experiências que não se enquadram em um modelo conhecido podem ser simuladas através da distribuição empírica com o uso da opção "**Discreta**".

Figura 3. Um exemplo de simulação em Estatística Descritiva

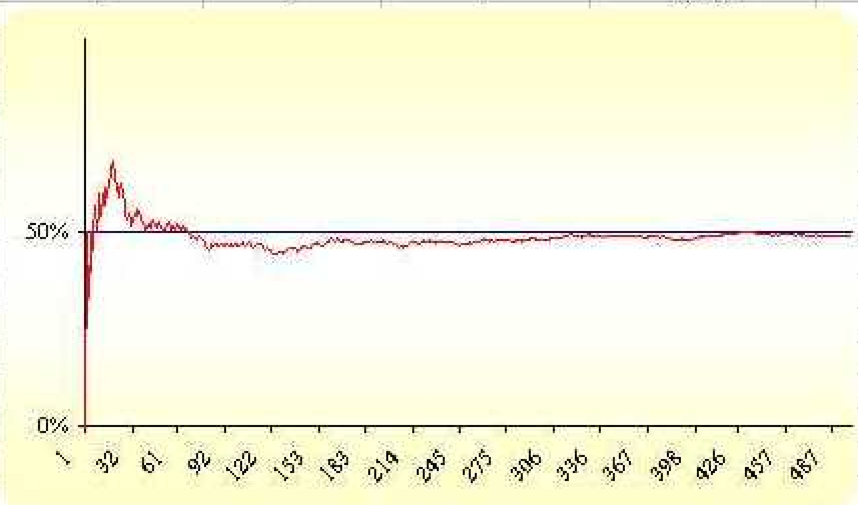
	A	B	C	D	E
1	Carros		Carros	Freqüências	
2	3		0	27	
3	2		1	80	
4	3		2	103	
5	1		3	114	
6	2		4	87	
7	3		5	47	
8	2		6	26	
9	7		7	12	
10	5		8	3	
11	2		9	1	
12	2		Total	500	
501	2				

Plan1 / Plan2 / Plan3

A "Fig. 3" apresenta a geração através da Poisson de 500 valores da variável X = "número de carros que passam por minuto num determinado cruzamento da capital". Na coluna "A" da planilha estão os valores gerados e nas colunas "C" e "D" o resumo dos valores através de uma distribuição de freqüências por ponto ou valores. Um experimento que poderia levar algumas horas ou até dias para ser concluído pode ser simulado em alguns segundos.

Figura 4. Conceito freqüencial de probabilidade versus conceito clássico

	A	B	C	D	E
1	Lançamentos	Cara/Coroa	Fr. Acumulada	Fr. Relativa	
2	1	0	0	0,0000	
3	2	1	1	0,5000	
4	3	0	1	0,3333	



	A	B	C	D	E
20	19	1	13	0,6842	
21	20	0	13	0,6500	

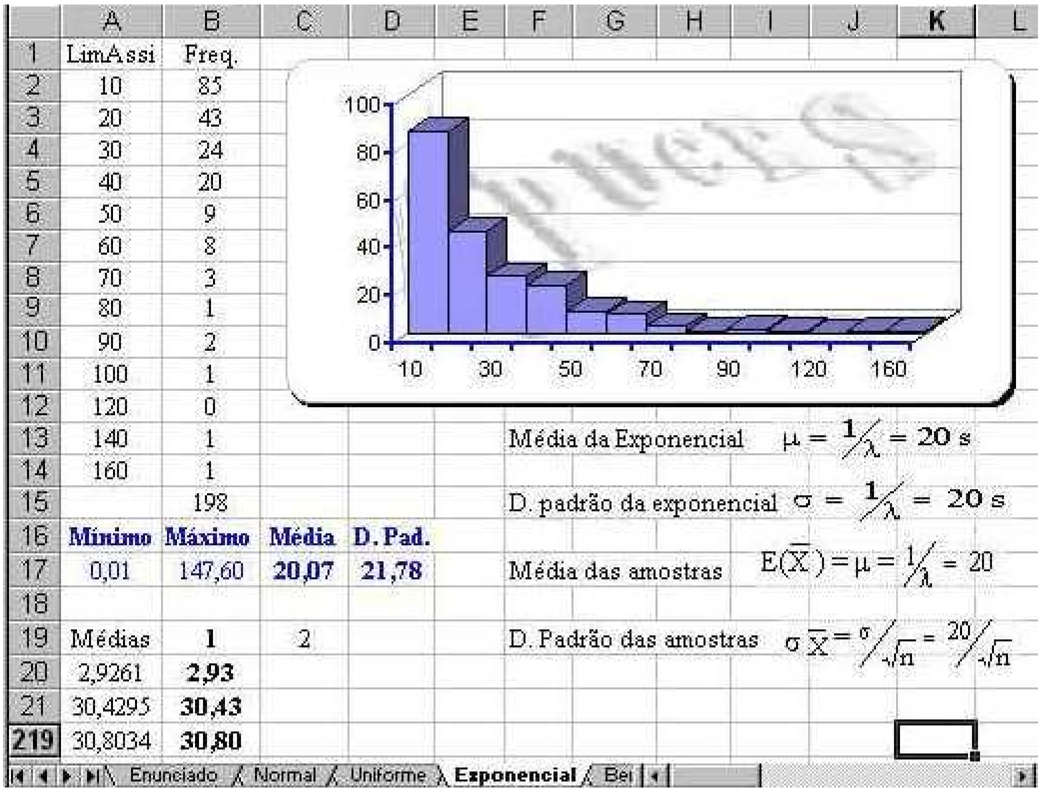
Capa / Exercício 1 / Solução 1 / Exercício 2

Um segundo exemplo é a ilustração do conceito freqüencial de probabilidade. Um conceito que pode acarretar dúvidas, pois envolve passagem ao limite e desta forma não permite visualização e também não é totalmente intuitivo. Neste caso é utilizada a função **ALEATÓRIO()** combinada com a função lógica **SE(teste_lógico; valor_se_verdadeiro; valor_se_falso)** da seguinte forma: **SE(ALEATÓRIO() > 0,5; "Cara"; "Coroa").** Para facilitar os cálculos pode-se colocar Cara = 1 e Coroa = 0.

Para ilustrar o conceito freqüencial de probabilidade pode-se simular o lançamento de uma moeda, por exemplo, 500 vezes e calcular as freqüências relativas e então comparar o resultado com a probabilidade obtida pelo conceito clássico que é 50%. Fazendo um gráfico destes resultados é fácil perceber que à medida que o número de experiências aumenta a freqüência relativa (probabilidade empírica) tende a variar cada vez menos se aproximando do valor clássico que é 50%. A "Fig. 4" ilustra este experimento.

Uma terceira situação em que a geração de valores e distribuições aleatórias é bastante útil é na teoria da amostragem. O conceito de distribuições amostrais e, principalmente, o de erro amostral é freqüentemente mal entendido pelos alunos. No entanto, ele é básico para o entendimento da teoria da estimação e dos testes de hipóteses. Um experimento de simulação, mostrando como amostras retiradas de várias populações conduzem invariavelmente a uma distribuição normal, ilustra o teorema central do limite e ao mesmo tempo pode-se mostrar o comportamento da variável aleatória média. O exemplo pode ilustrar o comportamento do erro amostral variando inversamente à raiz quadrada do tamanho da amostra.

Figura 5. População exponencial simulada



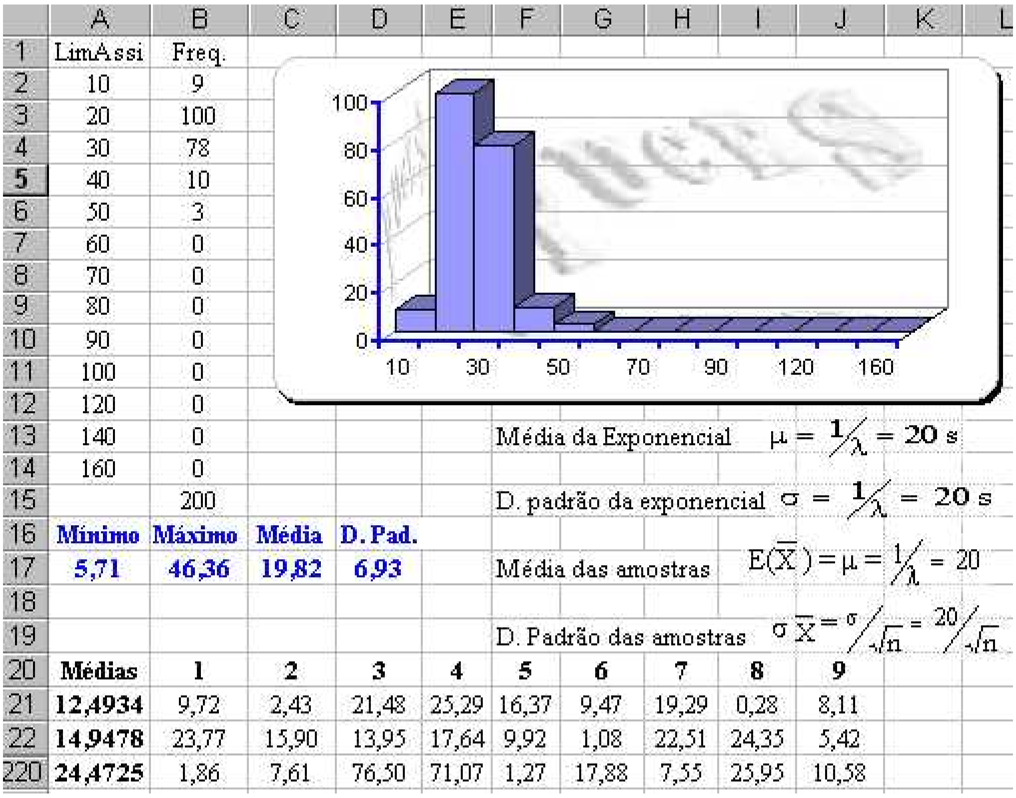
A "Fig. 5" ilustra este experimento utilizando um único elemento simulado,ou seja, a própria população que possui a forma exponencial. Este experimento foi simulado supondo uma exponencial de média 20, através da expressão **= 20*LN(1 - ALEATÓRIO()),** uma vez que a planilha não possui recursos para a simulação da exponencial. Além disso, são mostrados algumas estatísticas da população, como o valor mínimo e o máximo dos valores gerados, mais a média e o desvio padrão. Ao lado, são apresentados os valores teóricos da média e do desvio padrão da população sendo simulados, juntamente com a expectância das médias das amostras e o desvio padrão amostral ou erro padrão ou ainda erro amostral.

A "Fig. 6" apresenta o diagrama das médias das amostras de tamanho n = 9 extraídas da população mostrada na "Fig. 5". Da mesma forma são mostradas as estatísticas valor mínimo e máximo, além da média (expectância amostral) e do desvio padrão das médias ou erro padrão ou, ainda, erro amostral. O valor mínimo que na figura quatro era de 0,01 agora é de 5,71 assim como o valor máximo que era de 147,60 é agora de 46,36. Desta forma o aluno pode perceber de uma forma prática e interativa como as coisas ocorrem, pois ele pode manejar direto na planilha o tamanho da amostra e testemunhar o decréscimo que ocorre na variabilidade das médias amostrais, assim como a sua conseqüência o decréscimo no erro amostral que inicialmente era de 20 e agora é de 6,93, bastante próximo ao valor teórico que seria de:

$$\sigma_{\overline{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{\sigma}{\sqrt{9}} = \frac{20}{3} \; 6{,}67$$

Convém observar a forma da curva da "Fig. 6", mostrando que mesmo com uma amostra pequena n = 9, contra o que teoricamente seria adequado n = 30, tem-se um gráfico se assemelhando a uma curva normal. Para o aluno esta é uma visão valiosa, pois ele pode testemunhar por si só o que, de outra forma, teria que acreditar em algumas fórmulas rapidamente enunciadas em uma sala de aula. Aqui ele pode visualizar e mesmo fazer manipulações para perceber o que na forma tradicional seria apenas mais uma fórmula ou mais um conceito a ser decorado.

Figura 6. Amostras de tamanho n = 9 de uma população exponencial



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	LimAssi	Freq.										
2	10	9										
3	20	100										
4	30	78										
5	40	10										
6	50	3										
7	60	0										
8	70	0										
9	80	0										
10	90	0										
11	100	0										
12	120	0										
13	140	0				Média da Exponencial $\mu = 1/\lambda = 20$ s						
14	160	0										
15		200				D. padrão da exponencial $\sigma = 1/\lambda = 20$ s						
16	**Mínimo**	**Máximo**	**Média**	**D. Pad.**								
17	**5,71**	**46,36**	**19,82**	**6,93**		Média das amostras $E(\overline{X}) = \mu = 1/\lambda = 20$						
18												
19						D. Padrão das amostras $\sigma_{\overline{X}} = \sigma/\sqrt{n} = 20/\sqrt{n}$						
20	**Médias**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**		
21	**12,4934**	9,72	2,43	21,48	25,29	16,37	9,47	19,29	0,28	8,11		
22	**14,9478**	23,77	15,90	13,95	17,64	9,92	1,08	22,51	24,35	5,42		
220	**24,4725**	1,86	7,61	76,50	71,07	1,27	17,88	7,55	25,95	10,58		

9. CONCLUSÃO

É inegável que os computadores mudaram o cotidiano e aceleraram o acesso ao conhecimento. No entanto, apesar da aparente utilidade dos computadores em todas as atividades, no ensino a sua utilização ainda é tímida. Na área das ciências exatas o ensino tradicional ainda resiste e o quadro e giz continuam sendo, como ocorria antes da era computacional, os principais recursos utilizados pelo professor. Neste artigo procuramos mostrar alguns recursos de simulação com a utilização da planilha Excel para melhorar o entendimento de conteúdos de probabilidade e estatística. É claro que estes recursos não precisam ficar limitados a esta disciplina, muitas outras podem se aproveitar dos recursos computacionais e, em particular, da planilha.

É fato que existem, hoje, recursos computacionais bastante sofisticados para o apoio ao ensino na área da matemática e da estatística. O principal problema, no entanto, reside no fato de que estes recursos, além de bastante onerosos, envolvem uma curva de aprendizado bastante lenta, luxo que a grande maioria dos alunos com cargas horárias semanais de aula bastante elevadas, não pode se dar. Desta forma, a planilha surge como um recurso acessível e fácil de aprender, sem mencionar o fato de que grande parte dos alunos já estão familiarizados com ela. Assim, mesmo com limitações, é o recurso que oferece o melhor custo benefício em termos de recurso didático.

10. REFERÊNCIAS

[**1**], S∅ren Bisgaard, "Teaching Statistics to Engineers", The American Statistician, vol. 45, n. 4, Nov. 1991, p. 274-283.

[**2**] Ted C. Chang, Sharon L. Lohr and C. Graham Mclaren, "Teaching Survey Sampling Using Simulation", The American Statistician, v. 46, n. 3, Aug. 1992, p. 232-237.

[**3**] George A Marcoulides, "Improving Learner Performance with Computer Based Programs", Journal of Educational Computing Research, v. 6, n. 2, 1990, p. 147-155.

[**4**] Paul F Merril et al., "Computers in Education. Needhan Heights, Massachusetts: Simon & Schuster, 1996, 386 p.

[**5**] João Agnaldo do Nascimento, "O Ensino e Programa de Estatística para a Graduação de Engenharia", ABENGE: Revista de Ensino de Engenharia. n 20, segundo semestre de 1998, p. 3-9.

[**6**] Daniel Power, "A Brief History of Spreadsheets" [online] - http://dss.cba.uni.edu/dss/sshistory.html.

[**7**] P. R Smith and D. Pollard, "The Role of Computer Simulations in Engineering Education", Computers in Education, v. 10, n. 3, 1986, p. 335-40.

[**8**] Joan Sterling and Mary W. Gray, "The Effect of Simulation Software on Students' Attitudes and Understanding in Introductory Statistics", Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, v. 10, n. 4, Summer 1991, p. 51-56.

[**9**] Lorí Viali. "Simulação de Sistemas de Manufatura", Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Florianópolis: UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), Out. 1991, 186 p.