Correlação entre Metodologias de Dimensionamento de Amostras

Jonas Liebl

O dimensionamento, seleção e avaliação de amostras se constitui no mais importante procedimento de auditoria, quando se trata de emitir opinião acerca de universos cujo escopo do trabalho esteja voltado à validação de processos. Deparamo-nos, entretanto, com várias formas de tratamento de amostras, dentre metodologias de cálculo, tabelas pré-elaboradas e softwares, ensejando dúvidas no tocante à credibilidade de qual efetivamente é a mais adequada para assegurar o nível de confiança desejado pelo auditor. De fato, todas foram concebidas à luz da teoria estatística, mas fica difícil para um leigo nessa matéria fazer uso adequado de ferramentas concebidas por inferências que não fazem parte do seu dia a dia. O objetivo deste estudo é estabelecer o elo entre a teoria e a aplicação prática das principais ferramentas de amostragem, evidenciando suas similaridades e fornecendo subsídios para que o auditor se sinta seguro na escolha da que melhor atenda aos seus propósitos.

O ponto de partida para os planos de amostragem comumente aplicados à Auditoria encontra referência na distribuição binomial. Isso se deve pela questão de dualidade verificada nos exames, nos quais se observam ocorrências do tipo sim ou não, verdadeiro ou falso, certo ou errado, sucessos ou fracassos, conformidades ou não-conformidades. Dadas as dificuldades para viabilizar os cálculos pela distribuição binomial, costuma-se fazê-lo por aproximação pelas distribuições normal e de Poisson, mediante atendimento a determinadas regras existentes para tal fim.

Para discorrer sobre o assunto, utilizaremos, como exemplo, um trabalho de auditoria em que se deseja quantificar a amostra para um parâmetro de aceitação de 5%, utilizando, num primeiro momento, a aproximação pela distribuição normal. Visando simplificar o entendimento, consideraremos o universo como não-finito, ou seja, não utilizaremos fator de correção para computar os efeitos do tamanho do universo no cálculo. Inicialmente, cabe conceituar "parâmetro de aceitação", que se trata do limite de erros aceito pelo auditor, inferido para o universo, para que este possa ser julgado adequado. No nosso exemplo, o auditor tolera erros compreendidos na faixa de zero a 5% do universo. Um ponto freqüentemente objeto de equívocos é que 5% não é a proporção que se deseja estimar, mas, sim, é o limite superior do intervalo de confiança que se pretende inferir para o universo. Em outras palavras, o intervalo de zero a 5% compreende a proporção pontual mais ou menos a respectiva margem de erro. O cálculo inicial considerará, pois, a proporção pontual de 2,5% mais ou menos uma margem de erro de também 2,5%, o que atende ao intervalo de confiança pretendido pelo auditor.

A fórmula utilizada para calcular o tamanho da amostra utilizando a distribuição normal como aproximação da binomial, para universos não-finitos, é:

$$n = \frac{z^2 pq}{e^2}$$

Jonas Liebl
é formado em Ciências Contábeis com especialização em Finanças e Engenharia Econômica.

Sendo:

***n** = tamanho da amostra*

***z** = valor da tabela de probabilidades da distribuição normal padronizada para a/2; no nosso exemplo, utilizaremos z = 1,96, que corresponde a um nível de confiança de 95%*

***p** = proporção estimada, expressa unitariamente; no nosso exemplo, utilizaremos 0,025, que corresponde à expressão unitária de 2,5%*

***q** = complemento relativo à proporção estimada, obtido por (1 – p); no nosso exemplo, (1 – 0,025) = 0,975*

***e** = margem de erro ou erro máximo aceitável; no nosso exemplo, utilizaremos 0,025, que corresponde à expressão unitária de 2,5%*

Efetuando o cálculo, temos:

$$n = \frac{1{,}96^2 \times 0{,}025 \times 0{,}975}{0{,}025^2}$$

Logo, n = 149,82 @ 150 itens

Outro equívoco freqüentemente cometido pelos leigos em Estatística consiste em não observar as regras para uso da distribuição normal como aproximação da binomial. Embora já tenhamos um cálculo preliminar do tamanho da amostra, no nosso exemplo de 150 itens, este ainda deve ser submetido aos parâmetros que garantem o atendimento a tal aproximação, quais sejam:

- $n \geq 30$
- $np \geq 5$
- $nq \geq 5$

O primeiro parâmetro se encontra atendido, visto que 150 ³ 30, entretanto, cabe adequar o tamanho da amostra para que satisfaça a segunda condição, uma vez que 150 x 0,025 = 3,75, inferior a 5. Para tanto, basta dividir 5 por *p*, elevando-se, então, a amostra, para 200 itens.

A elevação no tamanho da amostra enseja reposicionamento do "*p*" e do "*e*" estimados inicialmente, o que pode ser efetuado usando a mesma fórmula em funções como "Atingir Meta" do MS Excel ou do "Solver" de calculadoras Hewlett Packard:

$$200 = \frac{1{,}96^2 \times p \times (1 - p)}{(0{,}05 - p)^2}$$

Donde *p* = 0,027382 = 2,7382%

Em conseqüência, *e* = (0,05 – 0,027382) = 0,022618 = 2,2618%, e

Intervalo de confiança = 2,7382% +/- 2,2618% = 0,4764% a 5%

O número máximo de erros tolerado na amostra é dado por "*np*", sendo 200 x 2,7382% = 5,4764, ou seja, até cinco erros na amostra permitem inferir que o limite superior do intervalo de confiança para o universo não extrapolará o parâmetro de aceitação de 5% utilizado pelo auditor para considerá-lo adequado.

Para melhor elucidação dos efeitos dos erros encontrados na amostra sobre a formação de opinião acerca do universo, vamos demonstrar o intervalo de confiança inferido a partir de um erro até a extrapolação do número máximo de erros tolerado. O intervalo de confiança é obtido pelo cômputo da margem de erro recalculada sobre a proporção de erros efetivamente observada na amostra, cuja fórmula é:

$$e = z\sqrt{\frac{pq}{n}}$$

"O dimensionamento, seleção e avaliação de amostras se constitui no mais importante procedimento de auditoria, quando se trata de emitir opinião acerca de universos cujo escopo do trabalho esteja voltado à validação de processos."

Assim, temos que:

Erros na amostra	Proporção pontual (%)	Margem de erro (%)	Intervalo de confiança (%)		Opinamento
			limite inferior	limite superior	
1	0,5000	0,9775	0,0000	1,4775	adequado
2	1,0000	1,3790	0,0000	2,3790	adequado
3	1,5000	1,6846	0,0000	3,1846	adequado
4	2,0000	1,9403	0,0597	3,9403	adequado
5	2,5000	2,1638	0,3362	4,6638	adequado
6	3,0000	2,3642	0,6358	5,3642	inadequado

Observa-se que o limite superior do intervalo de confiança, quando encontrados seis erros na amostra, é de 5,3642%. Portanto, podemos afirmar com um nível de confiança de 95% que existe a possibilidade do parâmetro de aceitação de 5% de erros ser extrapolado no universo, situação que enseja o opinamento de inadequado.

Tratamos, até agora, do dimensionamento e avaliação de amostras utilizando a distribuição normal como aproximação da binomial. Sob esse enfoque, podemos encontrar tabelas divulgadas em livros, manuais e sites de auditoria, como, por exemplo, no Manual do Audibra ou no *Sampling Guide* do *UK National Audit Office*.

Outra forma de tratamento de amostras diz respeito à utilização da distribuição de Poisson como aproximação da binomial. Esse é o enfoque adotado pelos softwares de auditoria *Audit Command Language – ACL* e *Interactive Data Extraction & Analysis – IDEA* e já foi objeto de estudo anterior. A dúvida que normalmente paira entre os profissionais de auditoria é até que ponto existe convergência entre ambas as metodologias, normal e Poisson, de forma a assegurar a emissão da mesma opinião independentemente da técnica utilizada.

Para levar tal demonstração a efeito, necessitamos da *Upper Error Limit Table* transcrita parcialmente abaixo:

probabilidade acumulada (%) =	5
nível de confiança (%) =	95
0	3,00
1	4,75
2	6,30
3	7,76
4	9,16
5	10,52
6	11,85

"A dúvida que normalmente paira entre os profissionais de auditoria é até que ponto existe convergência entre ambas as metodologias, normal e Poisson, de forma a assegurar a emissão da mesma opinião independentemente da técnica utilizada."

O nosso exemplo evoluído pela distribuição normal sinalizou uma amostra de 200 itens, com um número máximo de erros tolerado de 5 itens, para um nível de confiança de 95%. Estes mesmos parâmetros, transpostos para a distribuição de Poisson, apresentariam o seguinte resultado:

l = np

l = 10,52 (vide UEL Table para probabilidade acumulada de 0,05, com incidência de até 5 não-conformidades na amostra)

p = 0,05 (proporção relativa ao parâmetro de aceitação que se deseja estimar para o universo)

$n = l / p$ $\quad$ n = 10,52 / 0,05 = 210,4 itens

De fato, observamos que existe convergência entre ambos os dimensionamentos de amostra, visto que apresentam os resultados de 200 e 211 itens para as metodologias de cálculo da distribuição normal e de Poisson respectivamente. Cabe lembrar que ambas estão sendo utilizadas como aproximação da binomial, com o objetivo de simplificar procedimentos mais complexos.

Outro aspecto que pode ser analisado diz respeito à comparação entre o limite superior do intervalo de confiança da primeira metodologia com o limite de erro máximo inferido pela distribuição de Poisson, para o que elaboramos a tabela abaixo:

	Limite de erro máximo (%)		Opinamento
	Distribuição Normal	Distribuição de Poisson	
Amostra	200 itens	211 itens	
1 erro	1,4775	2,2512	adequado
2 erros	2,3790	2,9858	adequado
3 erros	3,1846	3,6777	adequado
4 erros	3,9403	4,3412	adequado
5 erros	4,6638	4,9858	adequado
6 erros	5,3642	5,6161	inadequado

Embora existam divergências no limite de erro máximo inferido para o universo, afinal são metodologias de cálculo com características diferentes, ambas são coerentes no sentido de assegurar que o parâmetro de aceitação do auditor não será extrapolado com idêntico número de erros tolerado. Observa-se, também, que os limites de erro máximo tendem à convergência à medida que aumentam os erros observados na amostra.

Finalmente, vamos comparar o comportamento do dimensionamento das amostras para vários parâmetros de aceitação, ao nível de confiança de 95%, levando em consideração, também, o resultado proveniente da distribuição binomial. Embora a literatura técnica não tenha qualquer referência a respeito, pode-se obtê-lo através da função "Atingir Meta" do MS Excel, por similaridade com o cálculo efetuado pela distribuição de Poisson. Assim, temos a seguinte tabela:

Parâmetro de aceitação (%)	Número de erros tolerado	Tamanho da amostra		
		Distribuição normal	Distribuição de Poisson	Distribuição binomial
1	5	1.000	1.052	1.049
2	5	500	526	523
3	5	334	351	348
4	5	250	263	260
5	5	200	211	208
10	5	100	106	102
15	5	67	71	67
20	5	50	53	49
25	5	40	43	40
30	5	34	36	33

Fica evidente, pois, não obstante as diferenças existentes entre as metodologias de cálculo mais comumente utilizadas para dimensionamento de amostras, que todas tendem à convergência de tamanho com idêntico número de erros tolerado.

Esse entendimento é salutar sob o ponto de vista de resguardar o auditor quanto a questionamentos de ordem pessoal com relação à melhor técnica, como também quanto a indagações do gestor do processo sob exame acerca da quantidade de itens de determinado universo solicitado para análise.

O presente estudo não esgota o assunto, que se reveste de complexidade e pode se desdobrar sob a ótica de vários detalhes. Essa investigação preliminar abre caminhos para fazer frente à carência de literatura técnica a respeito, que será gradativamente enriquecida pela experimentação prática e se traduzirá, sem sombra de dúvida, em saltos de qualidade no desenvolvimento das atividades de auditoria. ■

"Fica evidente, pois, não obstante as diferenças existentes entre as metodologias de cálculo mais comumente utilizadas para dimensionamento de amostras, que todas tendem à convergência de tamanho com idêntico número de erros tolerado."

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

SILVA, Ermes Medeiros da, e outros. Estatística para os Cursos de Economia, Administração e Ciências Contábeis, Volume 2, 2ª Edição, Editora Atlas, São Paulo, 1997.

KASMIER, Leonard J. Estatística Aplicada à Economia e Administração, Editora McGraw Hill do Brasil Ltda., São Paulo, 1982.

ACL Services Ltd. Manual de Referência do ACL para Windows 6, 1998.