

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTATÍSTICA E MODELAGEM
QUANTITATIVA**

**AMOSTRAGEM EM AVALIAÇÕES DE RISCOS
AMBIENTAIS OCUPACIONAIS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Siomara Cristina Broch Lago

Santa Maria, RS, Brasil

2006

**AMOSTRAGEM EM AVALIAÇÕES DE RISCOS
AMBIENTAIS OCUPACIONAIS**

por

Siomara Cristina Broch Lago

Monografia apresentada ao Curso de Especialização do Programa de Pós-Graduação em Estatística e Modelagem Quantitativa, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Especialista em Estatística e Modelagem Quantitativa.**

Orientador: Prof^ª. Dr.^ª Angela Pellegrin Ansuj

Santa Maria, RS, Brasil

2006

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Curso de Pós-Graduação em Estatística e Modelagem Quantitativa**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Monografia de Especialização

**AMOSTRAGEM EM AVALIAÇÕES DE RISCOS
AMBIENTAIS OCUPACIONAIS**

elaborada por
Siomara Cristina Broch Lago

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Estatística e Modelagem Quantitativa

COMISSÃO EXAMINADORA:

Angela Pellegrin Ansuj, Dr^a. /UFSM
(Presidente/Orientador)

Odorico Antonio Bortoluzzi, Dr./UFSM
(membro)

Ivanor Müller, Dr./UFSM
(membro)

Santa Maria, 25 de janeiro de 2006.

RESUMO

Monografia de Especialização
Programa de Pós-Graduação em Estatística e Modelagem Quantitativa
Universidade Federal de Santa Maria

AMOSTRAGEM EM AVALIAÇÕES DE RISCOS AMBIENTAIS OCUPACIONAIS

AUTORA: Siomara Cristina Broch Lago

ORIENTADOR: Prof^ª. Dr.^a Angela Pellegrin Ansj

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 25 de janeiro de 2006.

Este trabalho visou apresentar as características da amostragem para avaliações quantitativas de riscos ambientais ocupacionais. Então, sintetizou-se uma revisão bibliográfica sobre os tipos de amostragem probabilísticas e não-probabilísticas mais utilizadas. Após, consultando-se a legislação da área de Saúde e Segurança Ocupacional, identificou-se as peculiaridades e considerações necessárias para a amostragem em avaliações ambientais ocupacionais. Inicialmente é necessária uma avaliação qualitativa dos locais de trabalho e das funções desempenhadas pelo trabalhador. Identificado o risco ambiental, separam-se os trabalhadores em GHE - grupos homogêneos de exposição, em função do seu nível de exposição ao risco. No GHE de máximo risco seleciona-se o trabalhador mais exposto do grupo. Sobre ele realizam-se as avaliações quantitativas. Deve-se avaliar aleatoriamente, mais de uma jornada diária de trabalho. Preferencialmente o tempo de amostragem deve ser de toda a jornada. Quando isto não for possível, amostras parciais ou pontuais, tomadas aleatoriamente durante a jornada de trabalho, devem ser realizadas. Então, obtém-se o valor médio de exposição do GHE de máximo risco. Se o GHE de máximo risco apresentar um nível de exposição aceitável, então os GHEs de menor exposição também estarão com exposição aceitável. Caso o grupo de maior exposição esteja acima do limite aceitável de exposição, passa-se a avaliação do seguinte anterior grupo mais exposto, e assim por diante. Desta forma pode-se atuar mais rapidamente com medidas de controle sobre o grupo em risco real, quando níveis inaceitáveis de exposição são identificados, evitando gastar recursos em avaliações quantitativas de trabalhadores cuja exposição a risco está dentro do aceitável.

Palavras-chave: Amostragem, Riscos Ambientais, Avaliações Quantitativas

ABSTRACT

Specialization's Monography
Post-Graduation in Statistics and Quantitative Modelling
Federal University of Santa Maria

SAMPLING IN ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL RISKS EVALUATIONS

AUTHOR: Siomara Cristina Broch Lago
ADVISER: Prof^a. Dr.^a Angela Pellegrin Ansuj
Place and Date of the Defense: Santa Maria, January 25, 2006.

This study had as objective to show the sample characteristics for quantitative evaluations of environmental occupational risks. So, a bibliographic review was done upon the probabilistic and non-probabilistic kinds of sampling. Later, based on the Health and Occupational Security legislation, the peculiarities and the necessary considerations were identified to sampling in environmental occupation. First of all, a quantitative analysis from the work places and from the functions performed is necessary. Identified the environmental risk, the workers are divided in HGE – homogeneous group of exposition, based on the level of exposition to the risk. In HGE of maximum risk, the most exposed worker is selected. Based on him the quantitative analyses are done. The evaluation should be randomized, more than one day's work. Preferentially, the time of sampling should be the entire journey. When it is not possible, partial or punctual samples, randomized taken during the day's work, should be done. So, the average values of exposition from HGE of maximum risk is obtained. If the HGE of maximum risk shows an acceptable level of risk, the HGEs of less exposition would also be with acceptable exposition. If the group of higher exposition would be upon the acceptable limit of exposition, the evaluation is directed to the next prior group more exposed, and so on. This way it is possible to act faster with control attitudes on a group in real risk, when unacceptable levels of exposition are identified.

Key Words: Sampling; Occupational Risks; Quantitative Evaluations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Técnicas de Amostragem e principais tipos de amostragem	9
Figura 2 – Representação dos conceitos de vício e precisão	16
Figura 3 – Histograma das distribuições amostrais de algumas populações.....	21
Figura 4 – Distribuição da média amostral segundo o modelo normal com parâmetros (\bar{X} , $DP(\bar{X})$)	22
Figura 5 – Tipos de Amostragem por Conglomerados	34
Figura 6 – Tipos de amostras por tempo de duração que podem ser tomadas para avaliação ambiental ocupacional numa jornada diária de 8 horas	56
Figura 7 – Esquema resumindo a interpretação do resultado obtido na avaliação ocupa- cional ambiental	59
Figura 8 – Fluxograma do procedimento de amostragem para avaliação ambiental ocupa- cional	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Símbolos para designar as medidas calculadas da população (parâmetro) e da amostra (estimadores).....	7
Tabela 2 – Valores mínimos de np para uso da distribuição normal como aproximação para distribuição amostral de p	23
Tabela 3 – Resumo de pontos fortes e fracos das técnicas básicas de amostragem	37
Tabela 4 – Tamanho de amostra para máximo de 10% de erro (T) e nível de confiança 90 %	50
Tabela 5 – Tamanho de amostra para máximo de 10% de erro (T) e nível de confiança 95 %	50
Tabela 6 – Tamanho de amostra para máximo de 20% de erro (T) e nível de confiança 90 %	51
Tabela 7 – Tamanho de amostra para máximo de 20% de erro (T) e nível de confiança 95%	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa e importância do trabalho.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo Geral.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Delimitação do tema.....	3
1.4 Metodologia	3
1.5 Estrutura da Monografia.....	4
2 LEVANTAMENTOS POR AMOSTRAGEM.....	5
2.1 Considerações Gerais	6
2.2 Técnicas de Amostragem	8
2.3 Amostragem Não-Probabilística.....	9
2.3.1 Amostragem por Conveniência.....	10
2.3.2 Amostragem por Julgamento.....	11
2.3.3 Amostragem por Quotas.....	11
2.3.4 Amostragem tipo Bola-de-Neve.....	12
2.4 Amostragem Probabilística	12
2.4.1 Considerações sobre a aleatoriedade nas amostras	13
2.4.2 Definições e propriedades das amostras probabilísticas	14
2.4.3 Técnicas de Amostragem Probabilísticas	17
2.4.3.1 Amostragem Aleatória Simples	17

2.4.3.1.1 Procedimento para a seleção de amostras.....	18
2.4.3.1.2 Métodos de Estimação.....	18
2.4.3.2 Amostragem Sistemática.....	23
2.4.3.2.1 Procedimento de Amostragem.....	24
2.4.3.2.2 Métodos de Estimação.....	25
2.4.3.3 Amostragem Aleatória Estratificada	25
2.4.3.3.1 Procedimento de Amostragem	26
2.4.3.3.2 Métodos de Estimação	27
2.4.3.4 Amostragem por Conglomerados (ou Agrupamentos).....	31
2.4.3.4.1 Procedimento de Amostragem	32
2.4.3.4.2 Métodos de Estimação.....	37
2.5 Resumo das vantagens e desvantagens dos processos de amostragem	37
3 RISCOS AMBIENTAIS OCUPACIONAIS.....	39
4 ESTRATÉGIAS DE AMOSTRAGEM DE RISCOS AMBIENTAIS.....	42
4.1 Introdução	42
4.2 Avaliação qualitativa.....	43
4.3 Avaliação quantitativa.....	45
4.3.1 Estabelecimento da estratégia de amostragem.....	45
4.3.1.1 Grupos Homogêneos de Exposição – GHE.....	46
4.3.1.2 Estratégias de Avaliação da Exposição.....	52
4.3.1.3 Interpretação e tomada de decisões.....	59
5 CONCLUSÃO.....	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	69

1 INTRODUÇÃO

A tomada de decisão de um indivíduo sobre algo em sua vida baseia-se, em geral, no bom senso e nas experiências acumuladas. Simpatiza-se com uma pessoa pelo julgamento de algumas de suas ações e expressões. Não é necessário conhecer profundamente todos os seus atos e atividades para emitir um juízo sobre ela. Sabe-se que um bolo está bom provando uma fatia, não sendo necessário comer o bolo todo. Verificando o gosto de um gole de água sabe-se se ela é inodora ou não. São todos exemplos do uso da amostragem sem mesmo conhecer teorias sobre ela.

Assim, também na maioria dos estudos, análises ou pesquisas, um dos principais objetivos é fazer generalizações, com base em dados extraídos de populações. A esses dados, denominam-se “amostras”. Entretanto, segundo Triola (1999), as amostras que permitem generalizações válidas ou lógicas são as amostras aleatórias, embora nem sempre elas sejam viáveis.

Por isso, antes da seleção das amostras deve-se definir a técnica de amostragem, isto é, os procedimentos que serão usados para escolher os elementos da população que constituirão a amostra. Assim, as técnicas de amostragem tornam-se muito importantes em qualquer estudo estatístico, embora devam ser aplicadas de acordo com as características de cada área.

Este trabalho tem por finalidade realizar um estudo sobre as peculiaridades nos procedimentos de amostragem aplicadas a avaliações ambientais ocupacionais na área de Segurança do Trabalho.

1.1 Justificativa e importância do trabalho

Na área de Saúde e Segurança Ocupacional, o levantamento e avaliação dos riscos ambientais a que os trabalhadores estão expostos é uma grande preocupação. Por isso, os técnicos empenham-se em reconhecer, avaliar e controlar riscos em potencial nos locais de trabalho, a fim de proporcionar a todos os trabalhadores um ambiente ocupacional seguro e saudável durante a sua vida laborativa.

Hoje, os locais de trabalho tornam-se cada vez mais complexos, criando novos desafios para os técnicos. A avaliação dessas situações complexas exige uma estratégia bem fundamentada e lógica, de modo a focalizar os recursos da segurança e medicina do trabalho naquelas situações com o maior potencial de efeitos adversos à saúde, ou seja, avaliar e diferenciar as exposições aceitáveis e inaceitáveis e controlar aquelas determinadas como inaceitáveis.

Nessa etapa, fazem-se avaliações qualitativas observacionais dos riscos presentes e, em muitos casos, necessita-se quantificar estes riscos. Então, realizam-se medições em “amostras” das situações de trabalho a que os trabalhadores submetem-se durante sua jornada. Paralelo a isto, a avaliação ambiental deve ser feita cumprindo os dispositivos legais de forma eficiente na distribuição de tempo e de recursos.

Por isso, no Brasil existe uma legislação que normatiza os procedimentos a serem adotados na área de Saúde e Segurança Ocupacional. A “população” a ser amostrada, nas várias situações de avaliação quantitativa, apresenta peculiaridades intrínsecas às variáveis estudadas. Além disso, em muitos casos, o tempo e o custo de amostragem são relevantes, o que exige racionalidade e bom senso na determinação da “amostragem”.

Baseado neste contexto, o presente estudo mostra-se necessário por que sintetiza as particularidades a serem observados na seleção de amostras em avaliações ambientais na área de Segurança do Trabalho, baseados na legislação brasileira vigente e nas normas internacionais.

Desta forma, este estudo orientará os profissionais e os pesquisadores desta área a selecionar as amostras mais representativas nas avaliações ambientais ocupacionais e assim obterem dados passíveis de tratamentos estatísticos de qualquer natureza.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar características da amostragem para avaliações quantitativas de riscos ambientais ocupacionais na área de Segurança do Trabalho.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os processos de amostragem mais utilizados em análises estatísticas;
- Realizar um estudo sobre os procedimentos de amostragem utilizados em avaliações quantitativas de riscos ambientais;
- Identificar as peculiaridades e considerações necessárias para a extração de amostras na área de Saúde e Segurança Ocupacional.

1.3 Delimitação do tema

Este trabalho delimitar-se-á as peculiaridades da utilização das técnicas de amostragem probabilísticas na área de Segurança do Trabalho para avaliações de riscos ambientais ocupacionais.

1.4. Metodologia

Conforme Yin (2001), há várias formas de se coletar dados para desenvolver qualquer tipo de pesquisa como: documentos, arquivos, entrevistas, observação direta do pesquisado, e artefatos físicos. O tipo de pesquisa a ser realizado é que deve definir o caminho a ser seguido pelo pesquisador no processo de obtenção das informações necessárias para realizar seu trabalho.

De acordo com Gil (1987), toda pesquisa científica começa pela formulação de um problema e tem por objetivo buscar uma solução para o mesmo.

Neste trabalho, a técnica utilizada foi a pesquisa bibliográfica, abrangendo a utilização de livros, artigos e revistas, normas, manuais, *sites da Internet*, entre outros, que forneceu os aspectos teóricos dos processos de amostragem mais utilizados em estatística, enfocando sua

utilização na seleção de amostras em avaliações na área de Engenharia de Segurança do Trabalho.

1.5 Estrutura da Monografia

Esta Monografia foi estruturada em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, os objetivos: geral e específicos, a delimitação do trabalho, a metodologia utilizada e a estrutura do trabalho. No Capítulo 2, buscou-se caracterizar os processos de amostragem probabilísticos e não-probabilísticos utilizados em estudos estatísticos. O Capítulo 3 visou contextualizar a área de estudo: o que são riscos ambientais e quais as peculiaridades e considerações que caracterizam as populações a serem avaliadas em Saúde e Segurança Ocupacional. No Capítulo 4 faz-se uma revisão bibliográfica sobre avaliação de riscos ambientais, enfocando as características da amostragem para as avaliações ocupacionais segundo as principais legislações brasileira e internacional. O Capítulo 5 apresenta as Conclusões e Recomendações para futuros trabalhos. As Referências Bibliográficas encerram o presente trabalho.

2. LEVANTAMENTOS POR AMOSTRAGEM

Para Silva (2001, p. 16), os levantamentos por amostragem são aplicados a conjuntos de elementos com características comuns chamados de população de estudo. Os elementos que os compõem podem ser animais, árvores, fichas, objetos, entre outros. As características ou atributos são observados em cada elemento amostrado e as medidas calculadas (estatísticas) podem informar os valores populacionais desconhecidos.

Os levantamentos podem ter a função descritiva, onde apenas estimam-se as frequências de elementos com determinada característica ou estimam-se médias e variâncias de características quantitativas. Podem ser conduzidos levantamentos do tipo analítico ou investigativo, onde se procura fazer comparações entre grupos e, além de estimar características, procuram relações entre elas, buscando explicar o fenômeno observado.

Já faziam considerações relevantes a respeito dos processos de amostragem Wallis e Roberts em 1956 (p.155 a 171). Definiam população como “a totalidade de todas as observações possíveis de mesma espécie”. Afirmavam que uma única população pode originar diferentes amostras. Assim, enquanto a população é estável as amostras variam. Uma amostra não constitui uma réplica em miniatura de uma população, de modo que, quando decisões sobre uma população são tomadas com base numa amostra, é preciso levar em conta o papel das casualidades na determinação das características da amostra específica que se dispõem.

Os elementos de uma população quase sempre variam entre si. É esta variabilidade entre os elementos de uma população que conduz a variações entre as amostras. Quanto maior for a variação da população (isto é, menos homogênea), tanto maior será a variabilidade entre as amostras. Num extremo, quando não há variação na população não há variação entre as amostras. Conforme Costa Neto (2002, p. 37), é necessário garantir a representatividade da amostra. Ou seja, garantir que apenas pequenas discrepâncias inerentes à aleatoriedade sempre presente, em menor ou maior grau, no processo de amostragem, estejam presentes na amostra. Mas que a amostra possua as mesmas características básicas da população, no que diz respeito às variáveis que se deseja estudar.

Segundo Triola (1999, p. 9), uma amostragem descuidada pode facilmente resultar em uma amostra tendenciosa. Com a amostragem aleatória, espera-se que todas as características da população estejam representadas na amostra de forma aproximadamente proporcional.

A primeira fase de um estudo por amostragem consiste na formulação do problema expressando o enfoque sobre o qual o objeto estudado será considerado. Após deve-se definir claramente a população em estudo, os objetivos e as variáveis a serem observadas.

Além disso, antes de se selecionar as amostras deve-se definir a técnica de amostragem, isto é, os critérios que serão usados para escolher os elementos da população que constituirão a amostra. Por este motivo, as técnicas de amostragem tornam-se muito importante em qualquer estudo estatístico, mas devem ser aplicados de acordo com a peculiaridade de cada área.

2.1 Considerações Gerais

Fonseca e Martins (1996) apresentam conceitos fundamentais das terminologias usadas em Estatística como:

- **População (N):** é um conjunto de todos os elementos relativos a um determinado fenômeno, também chamado de universo. Genericamente, é definida como um conjunto de elementos que possuem pelo menos uma característica em comum. Normalmente é definida em termos de sua localização no espaço e no tempo, podendo ser: finita ou infinita;
- **Amostra (n):** é uma parte da população, que deve ser selecionada seguindo certas regras para ser representativa;
- **Amostragem:** é o processo de retirada de informações dos "n" elementos amostrais, que deve seguir um método adequado;
- **Parâmetros:** são medidas estatísticas obtidas da população;
- **Estatísticas ou Estimadores:** são medidas estatísticas obtidas por cálculos de dados da amostra.

A Tabela 1 mostra os símbolos utilizados para designar as medidas estatísticas obtidas de dados populacionais e amostrais.

Tabela 1 - Símbolos para designar as medidas calculadas da população (parâmetro) e da amostra (estimadores).

Medidas	População (Parâmetro)	Amostra (Estimador)
Média	μ	\bar{X}
Proporção	Π	P
Variância	σ	S^2
Desvio Padrão	σ	S
Tamanho	N	n
Erro Padrão da Média	σ_x	S_x
Erro padrão da Proporção	σ_p	S_p

Nota: A variância populacional pode ser representada por S^2 (e o desvio-padrão respectivo por S) quando se adota o denominador (N-1) na fórmula da sua determinação.

A amostragem, quanto à forma de seleção dos dados pode ser:

1) Amostragem com Reposição: após a seleção de um elemento, este é recolocado novamente antes que outro elemento seja selecionado. Por isso, existe a possibilidade de incluir determinado elemento mais de uma vez na amostra. Nesse processo de amostragem, onde "N" é o número de elementos de uma população, e "n" o número de elementos de uma amostra, o número de amostras possíveis será:

$$n^{\circ} \text{ de amostras} = N^n$$

2) Amostragem sem Reposição: uma vez selecionado um elemento para inclusão na amostra, ele é removido do conjunto de dados, não podendo ser selecionado novamente. Nesse processo, o número de amostras possíveis será:

$$n^{\circ} \text{ de amostras} = C_{N,n} = \frac{N!}{n!(N-n)!}$$

Em geral utiliza-se amostragem sem reposição, para impedir que a mesma unidade entre mais de uma vez na amostra¹.

Quanto ao tamanho da amostra, isto é, do número de elementos a serem incluídos no estudo observa-se que, em geral, a medida que o tamanho da amostra aumenta, cresce igualmente o custo da obtenção de cada unidade de informação. O grau de precisão pode ser avaliado em termos do desvio-padrão da média. O desvio-padrão da média é inversamente proporcional à raiz quadrada do tamanho da amostra. Quanto maior a amostra, menor o ganho em precisão aumentando-se em uma unidade o tamanho da amostra.

Projetos de pesquisa exploratórios, tais como os que utilizam pesquisa qualitativa, o tamanho da amostra é comumente pequeno. Pesquisas conclusivas, como as descritivas, exigem amostras maiores. Quando se coletam dados sobre um grande número de variáveis, são necessárias amostras maiores. Os efeitos acumulados de erros de amostragem através das variáveis ficam reduzidos em uma amostra grande. Para análise sofisticada utilizando-se técnicas multivariadas, o tamanho da amostra deve ser grande. O mesmo se aplica quando os dados precisam ser analisados em seus mínimos detalhes. Porém, neste trabalho não trataremos da determinação do tamanho de amostra.

2.2 Técnicas de Amostragem

A Figura 1 apresenta as técnicas de amostragem e os principais tipos de amostragem que estão descritos a seguir.

¹ Esta diferença de amostragem só é importante quando se tem um conjunto a ser amostrado pequeno para o tamanho da amostra.

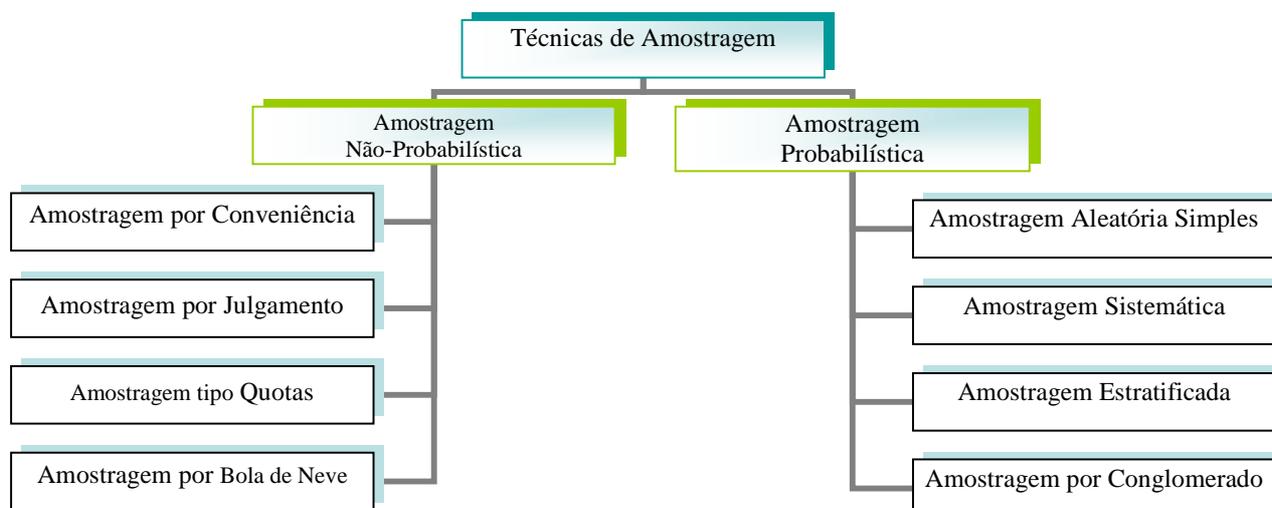


Figura 1 - Técnicas de Amostragem e principais tipos de amostragem

2.3 Amostragem Não-Probabilística

As amostragens não-probabilísticas confiam no julgamento pessoal do pesquisador e não na chance de selecionar os elementos amostrais. Como não há maneira de determinar a probabilidade de escolha de qualquer elemento em particular para inclusão na amostra, as estimativas obtidas não são estatisticamente projetáveis sobre a população. Geralmente são utilizadas nos seguintes casos:

a) quando a população objeto do estudo estatístico não é totalmente acessível. Então, colhe-se uma amostra da população acessível que será chamada de “população amostrada”. Nesse caso, é importante que as características da variável de interesse sejam as mesmas na população-objeto e na população amostrada. Então este tipo de amostragem equivalerá a uma amostragem probabilística.

b) quando a seleção ao acaso de amostras custa muito caro. Analisando por outro ângulo, resultados de certo valor podem ser obtidos com amostras menores se a amostragem for não aleatória. Estes resultados podem ser inviáveis com amostras aleatórias de qualquer dimensão.

c) quando a amostragem aleatória pode não ser apropriada pois se deseja localizar unidades específicas;

d) quando a população é formada por material contínuo é impossível realizar amostragem probabilística, devido a impraticabilidade de um sorteio. Se a população for líquida ou gasosa pode-se homogeneizá-la e retirar uma amostra a esmo. Em alguns casos pode-se fazer este mesmo processo para material sólido.

Outro recurso quando não se pode proceder a uma homogeneização adequada, é a “enquartação” que, segundo Costa Neto (1999, p. 44) “consiste em subdividir a população em diversas partes sorteando-se uma ou mais delas para constituir a amostra ou para delas retirar a amostra”.

2.3.1 Amostragem por Conveniência

A seleção dos elementos está a cargo do entrevistador, que procura obter uma amostra de elementos convenientes. Geralmente, os entrevistados são escolhidos porque se encontram no lugar exato no momento certo. É a amostragem que menos tempo consome e a menos dispendiosa, pois os elementos são acessíveis e fáceis de medir. Porém, estão presentes muitas fontes de tendenciosidade, inclusive a auto-seleção dos entrevistados. Assim, não são representativas de qualquer população definível. Não são passíveis de generalizações sobre qualquer população, não são apropriadas para projetos que necessitem de inferência sobre populações. Não são recomendadas para pesquisa descritiva ou causal, mas podem ser usadas para pesquisa exploratória para gerar idéias, intuições ou hipóteses. Estas amostras podem ser usadas para grupos focais, questionários de teste preliminar ou estudos-piloto.

2.3.2 Amostragem por Julgamento

Também denominadas de amostras **intencionais**. É uma forma de amostragem por conveniência em que os elementos da população são selecionados com base no julgamento do pesquisador, que pela sua experiência escolhe os elementos a serem incluídos na amostra, pois os consideram representativos da população de interesse. É uma amostragem barata, conveniente e rápida, mas não permite generalizações diretas para uma população específica, em geral porque a população não é definida explicitamente. É subjetiva e seu valor depende inteiramente do julgamento, da experiência e da criatividade do pesquisador. É útil desde que não se exijam amplas inferências populacionais.

Uma variação da amostragem por julgamento é a amostragem **a esmo ou sem norma**. É a amostragem em que o pesquisador, para simplificar o processo, procura ser aleatório sem, no entanto, realizar propriamente o sorteio com algum dispositivo aleatório confiável. Os resultados da amostragem a esmo podem ser equivalentes aos de uma amostragem probabilística se a população é homogênea e se não existe a possibilidade do amostrador ser inconscientemente influenciado por alguma característica dos elementos da população (Costa Neto, 1999, p. 44).

2.3.3. Amostragem por Quotas

Consiste em uma amostra por julgamentos em dois estágios. No primeiro estágio desenvolve-se categorias ou quotas de controle de elementos da população. O pesquisador relaciona características relevantes de controle e determina a distribuição dessas características na população-alvo. Essas características são identificadas na base do julgamento (podem ser sexo, raça, idade, etc). Em geral as quotas são distribuídas de modo que a proporção dos elementos da amostra que possuem as características de controle seja a mesma que a proporção de elementos da população com essas características. Isto é, as quotas asseguram que a composição da amostra seja a mesma que a composição da população com respeito às características de interesse.

No segundo estágio, selecionam-se elementos da amostra com base na conveniência ou no julgamento. Uma vez atribuídas as quotas, há liberdade na escolha dos elementos a serem

incluídos na amostra. A única exigência é que os elementos selecionados se enquadrem às características de controle.

2.3.4. Amostragem tipo Bola-de-Neve

Inicialmente escolhe-se um grupo aleatório de elementos. Após serem entrevistados estes, são solicitados a identificar outros que pertençam à população-alvo. Os elementos subsequentes são selecionados com base nessas referências. Esse processo é executado sucessivamente, obtendo-se informações a partir de informações. Mesmo que se use a amostragem probabilística para selecionar os elementos iniciais, a amostra final é não-probabilística.

O objetivo é estimar características raras na população. A principal vantagem é que ela aumenta substancialmente a possibilidade de localizar a característica desejada na população. Resulta também em variância e custos relativamente baixos.

2.4 Amostragem Probabilística

Um dos principais objetivos da maioria dos estudos, análises ou pesquisas estatísticas é fazer generalizações seguras, com bases em amostras sobre as populações das quais as amostras foram extraídas. Entretanto, as amostras que permitem generalizações válidas ou lógicas são as amostras aleatórias, embora nem sempre elas sejam viáveis (Triola, 1999).

Para que resultados obtidos em uma amostra possam ser generalizados para a população à amostra deve ser representativa. A melhor forma de se obter uma amostra representativa é empregar um procedimento aleatório, pois esse tipo de amostragem não dá oportunidade ao pesquisador, mesmo de forma inconsciente, de escolher uma amostra tendenciosa.

Para Silva (2001, p. 24), a amostragem probabilística caracteriza-se por garantir, a priori, que todo elemento da população tenha probabilidade conhecida e não nula de pertencer à amostra a ser selecionada. Por isso, para Costa Neto (2002, p.38), a amostragem probabilística exige um sorteio com regras bem definidas, cuja realização só é possível se a população for finita e totalmente acessível. Segundo Cochran (1965, p.25), a teoria do levantamento por amostragem considera as populações com número finito de unidades. No entanto, salienta que:

Para os efeitos práticos, as diferenças de resultados, para populações finitas ou infinitas, raramente são importantes. Sempre que a amostragem é pequena (...) em relação ao volume da população, os resultados produzidos pelas populações infinitas são inteiramente adequados. (Cochran, 1965 p.25)

Na prática, as cpf (correções das populações finitas) podem ser ignoradas, quando quer a fração de amostragem² não exceda a 5% e, em muitos casos, até mesmo quando seu valor chegue a 10%. A consequência de se ignorar as correções é a super-estimação do erro-padrão da estimativa \bar{y} . (Cochran, 1965 p.45)

Como na área de Segurança do Trabalho a população é sempre finita e a maioria das vezes a fração de amostragem é maior do que 5%, serão apresentadas somente as fórmulas para população finita. O que varia em relação às fórmulas para população finita, conforme explica Cochran, é a adição do fator de correção para o tamanho finito da população.

Para uma amostra acidental de tamanho n , proveniente de uma população infinita é sabido que a variância do valor médio é σ^2/n . A única modificação desse valor, quando a população é finita, é a introdução do fator $(N-n)/N$ para a variância, e $\sqrt{(N-n)/N}$, para o erro-padrão, são chamados correções das populações finitas (cpf). São apresentadas com o divisor $(N-1)$, em vez de N , pelos autores que dão o resultado em função de σ . Desde que a fração de amostragem, n/N , permaneça baixa, esses fatores se aproximam do valor da unidade, e o tamanho da população, como tal, não tem influência direta no valor médio do erro-padrão da amostra (COCHRAN, 1965 p.44)

As técnicas de inferência estatística pressupõem que as amostras sejam probabilísticas, pois garante a representatividade da população e que o acaso seja o único responsável por discrepâncias entre população e amostra. Como os elementos da amostra são selecionados aleatoriamente, é possível determinar a precisão das estimativas amostrais das características de interesse. É possível calcular intervalos de confiança que contenham o verdadeiro valor populacional com determinado grau de certeza. Isso permite ao pesquisador fazer inferências ou projeções sobre a população-alvo da qual se extraiu a amostra.

2.4.1 Considerações sobre aleatoriedade nas amostras.

A aleatoriedade é uma propriedade não de uma amostra individual, mas do processo de amostragem. A importância da aleatoriedade do processo de amostragem é devido à necessidade de ausência de tendenciosidade nas amostras que representam a população. Além disso, o modelo de variabilidade da amostragem é conhecido quando a seleção é aleatória, por meio das leis de

² fração de amostragem $f = n/N$

probabilidade matemática. Assim, somente amostras aleatórias permitem generalizações para a população.

Logo, a aleatoriedade é importante em Estatística porque se uma amostra é aleatória as leis matemáticas de probabilidade são aplicáveis e é possível conhecerem-se os métodos de variabilidade da amostragem em termos dos quais a amostra deve ser interpretada. Quase todos os métodos de amostragem apresentam algum modelo de variabilidade, mas as amostras aleatórias são as únicas que têm um modelo conhecido de variabilidade.

A amostragem probabilística descreve qualquer processo de amostragem no qual o conceito de aleatoriedade interfere em algum estágio, de tal modo que as leis da probabilidade matemática se aplicam. Uma amostra probabilística de tamanho n é uma amostra selecionada da população, de tal forma que há uma probabilidade conhecida de seleção para cada conjunto de n números na população, ou, ao menos, que haja uma relação conhecida entre a probabilidade que este conjunto venha a constituir a amostra e a proporção de todos os conjuntos de n na população que contém os mesmos números.

A distribuição das amostras depende da natureza da população. Para uma dada dimensão da amostra, esta será tanto mais variáveis quanto mais homogêneos forem os itens da população. E a Lei dos Grandes Números diz-nos que, para uma dada população, a variabilidade das médias e das proporções da amostra será tanto menor quanto maior for a amostra.

2.4.2 Definições e propriedades das amostras probabilísticas

A identificação, direta ou indireta, dos elementos e o uso de sorteio dos mesmos fundamentam as propriedades matemáticas dos processos de amostragem probabilísticas, que possuem as seguintes características:

a) pode-se definir, para um tamanho fixo de amostra n , o conjunto de todas as possíveis amostras sorteadas;

- b) cada amostra possui uma probabilidade conhecida de ser a amostra efetivamente sorteada;
- c) existem estimadores (funções matemáticas específicas ao processo de amostragem utilizado) que aplicadas às observações em cada amostra determinam uma estimativa (por exemplo, da média, da proporção);
- d) todo o processo de amostragem probabilística define uma distribuição amostral que por sua vez representa a flutuação das estimativas obtidas;
- e) após construída a distribuição amostral, pode-se observar a amplitude da distribuição, a sua assimetria e a dispersão em relação a esperança. Diante desses elementos avaliam-se a confiabilidade e a validade das estimativas obtidas no procedimento de amostragem.

Assumindo que os erros de mensuração ou de observações são desprezíveis, o desvio-padrão da distribuição amostral (chamado de erro-padrão) indica a precisão do processo de amostragem adotado, medindo o erro de natureza aleatório inerente ao procedimento de amostragem. Quanto menor o erro-padrão, maior será a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos. A precisão relativa pode ser calculada pelo coeficiente de variação. No caso da distribuição amostral da média tem-se:

$$CV(\bar{X}) = \frac{DP(\bar{X})}{E(\bar{X})}$$

Onde : $CV(\bar{X})$ é o coeficiente de variação

$DP(\bar{X})$ é o desvio-padrão

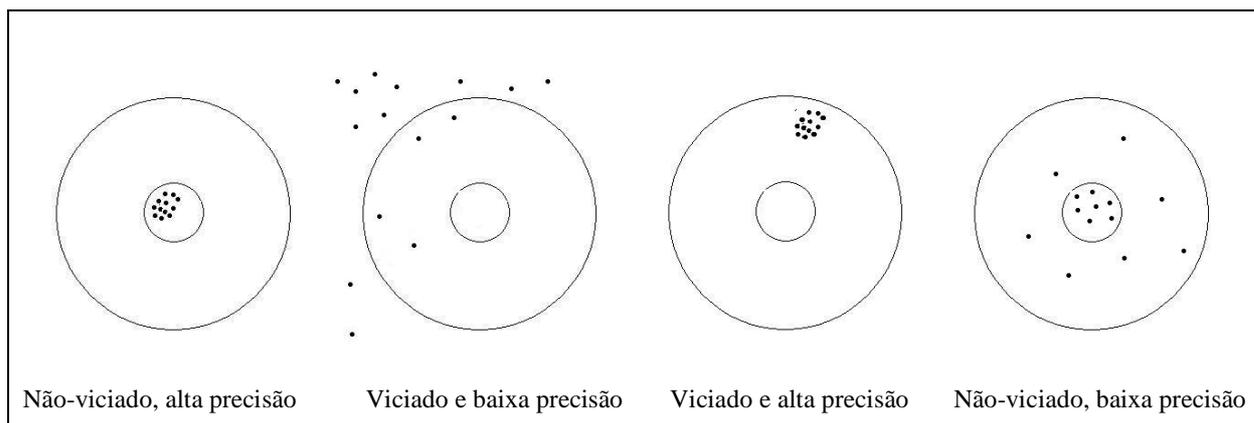
$E(\bar{X})$ é o valor esperado da média

A diferença $(E(\bar{X}) - \mu)$ chama-se vício e, quanto menor sua magnitude maior será a validade das estimativas. Nos procedimentos usuais de amostragem probabilísticos essa diferença é zero, garantindo-se a ausência de vício. Por isso, cada tipo de amostragem exige estimadores apropriados para evitar a introdução de vício e a conseqüente quebra da validade das estimativas.

O vício ao quadrado somado à variância da distribuição amostral determina o erro quadrático médio. A raiz quadrada dessa medida informa a distância esperada de uma particular

estimativa ao valor populacional que está sendo estimado. Essa medida refere-se à acurácia das estimativas.

A representação dos conceitos de precisão, ausência de vício e acurácia é o esquema do “tiro ao alvo” mostrado na Figura 2.



Fonte: Figura adaptada de Silva (2001, p. 29).

Figura 2 – Representação dos conceitos de vício e precisão.

Neste esquema analisa-se a dispersão dos pontos, isto é, “das estimativas” em torno do alvo, “valor populacional”. A dispersão pode ser pequena ou grande, isto é os valores podem estar mais concentrados ou não, o que caracteriza a alta ou baixa precisão. A análise da proximidade ou afastamento da concentração de pontos ao alvo dá indicação da presença ou ausência de vício (ou tendenciosidade). A maior ou menor acurácia é verificada quanto maior a precisão e maior a ausência de vício nos resultados do levantamento.

Quando num estudo utiliza-se a população toda (estudo censitário), para variáveis quantitativas pode-se definir a média populacional (μ) pela expressão:

$$\mu = \frac{\sum X_i}{N} \quad \text{onde } i \text{ varia de } 1 \text{ até } N.$$

A variância por elemento é calculada pela expressão:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - \mu)^2}{N - 1} \quad \text{onde } i \text{ varia de } 1 \text{ até } N.$$

E o respectivo desvio-padrão é

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

No entanto, quando o estudo é por amostragem e desconhece-se a média e o desvio-padrão populacional, eles são calculados com base nos dados amostrais, representando as estimativas pontuais dos valores populacionais (\bar{X} e S).

Se o processo de amostragem é probabilístico, a distribuição amostral possibilita estender o resultado da estimativa ao valor populacional. A média da distribuição será o valor esperado para o processo de amostragem e, na ausência de vício, é igual ao valor populacional.

Segundo Cochran (1965, p.41), um método de estimativa é sem tendência (ou não viciado), se a média das médias de todas as amostras possíveis de um determinado tamanho n, for igual ao valor verdadeiro da média populacional, isto é, $E(\bar{X}) = \mu$.

2.4.3 Técnicas de Amostragem Probabilísticas

2.4.3.1 Amostragem Aleatória Simples

Nesse processo de amostragem a amostra é equiprobabilística, pois todos os elementos da população têm a mesma probabilidade de pertencer à amostra, o que caracteriza um procedimento próprio de estimação de parâmetros. Assim, cada elemento é escolhido independentemente de qualquer outro. Como a amostra é extraída de uma população por um processo aleatório, os resultados amostrais podem ser projetados para a população-alvo.

A Amostragem Aleatória Simples apresenta as seguintes limitações:

- em geral é difícil de construir uma lista com todos os elementos da população a ser amostrada;
- pode resultar em amostras muito grandes ou dispersas sobre grandes áreas geográficas (de difícil acesso), aumentando o tempo e o custo da coleta de dados;
- fornece menor precisão com maiores erros do que outras técnicas de amostragem probabilísticas;
- pode ou não resultar numa amostra representativa. Embora, na maioria das vezes, as amostras representem bem a população, pode ocorrer em alguns casos a não representatividade da população, principalmente, se o tamanho da amostra for pequeno.

2.4.3.1.1 Procedimento para a seleção das amostras

Cada elemento da população tem uma probabilidade conhecida e igual de escolha. Antes do sorteio a probabilidade de qualquer elemento ser selecionado em qualquer etapa do sorteio é $1/N$. Assim, antes do sorteio, a probabilidade de um elemento pertencer à amostra após todas as etapas do sorteio, é n/N , que é a fração global de amostragem, ou seja, a proporção de elementos da população que serão observados. O número de amostras possíveis é calculado pela combinação de N elementos tomados n a n ($C_{(N,n)}$) e a probabilidade de cada amostra ser sorteada é definida por $1/C_{(N,n)}$.

Após a definição do tamanho da amostra n , os elementos da população são numerados de 1 a N e sorteia-se, sem reposição, elemento por elemento até completar o tamanho n da amostra pretendida. Pode-se utilizar uma urna com sorteio lotérico, Tabelas de Números Aleatórios ou rotinas de computador para gerar números aleatórios.

2.4.3.1.2 Métodos de Estimação

Com base nessas amostras, calculam-se as estimativas amostrais para levantar informações sobre os valores populacionais, por meio de mecanismos probabilísticos, que residem na distribuição amostral de cada estimador.

a) Variáveis Quantitativas

a.1) Média amostral dada por:
$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$
 onde i varia de 1 até n

estima a média populacional - μ .

a.2) variância populacional (σ_x^2) também será estimada por meio do estimador não-viciado (demonstração em Cochran, 1965 p.46):

$$S_x^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$
 onde i varia de 1 até n .

a.3) variância da média amostral será calculada, na amostra sorteada, pela expressão:

$$V(\bar{X}) = \frac{S_x^2}{n}(1-f) \quad \text{onde } f = n/N, \text{ que é a fração global de amostragem.}$$

que é um estimador não viciado da variância da distribuição amostral (Yamane, 1967; Kuzma, 1984 apud Silva, 2001, p. 39).

a.4) erro-padrão (ou desvio-padrão) da média amostral é dada por:

$$DP(\bar{X}) = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \sqrt{(1-f)}$$

b) Variáveis Qualitativas

Neste caso deseja-se estimar a proporção (Π) do evento de interesse na população em estudo.

Em **casos dicotômicos** se fixa uma categoria como o evento de interesse e define-se uma variável quantitativa X atribuindo o valor um (1) para os elementos que estiverem nesta categoria e zero (0) para os demais. Neste caso a proporção de elementos de valor um na amostra, denominada p , será tratada como uma média e as expressões já conhecidas serão os estimadores.

Seja: a = número de elementos de valor um na amostra de n elementos

Assim $p = a/n$ e

b.1) $\bar{X} = p$, proporção do evento de interesse

será a estimativa da proporção populacional Π ou média populacional.

b.2) $S_x^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1} \cdot p$ onde i varia de 1 até 2, é o estimador da variância populacional

b.3) $V(p) = \frac{(1-f) S_x^2}{n}$ onde $f = n/N$, fornece a variância amostral.

Na prática, a variância amostral de p é calculada pela expressão:

$$V(p) = \frac{(1-p)p}{n-1} \quad \text{onde } q = 1 - p$$

b.4) o desvio-padrão da proporção amostral é:

$$DP(p) = \sqrt{V(p)}$$

Quando a variável for **politômica**, fixa-se a categoria de interesse na classe correspondente ao valor 1 e as demais categorias na classe que corresponde o valor 0.

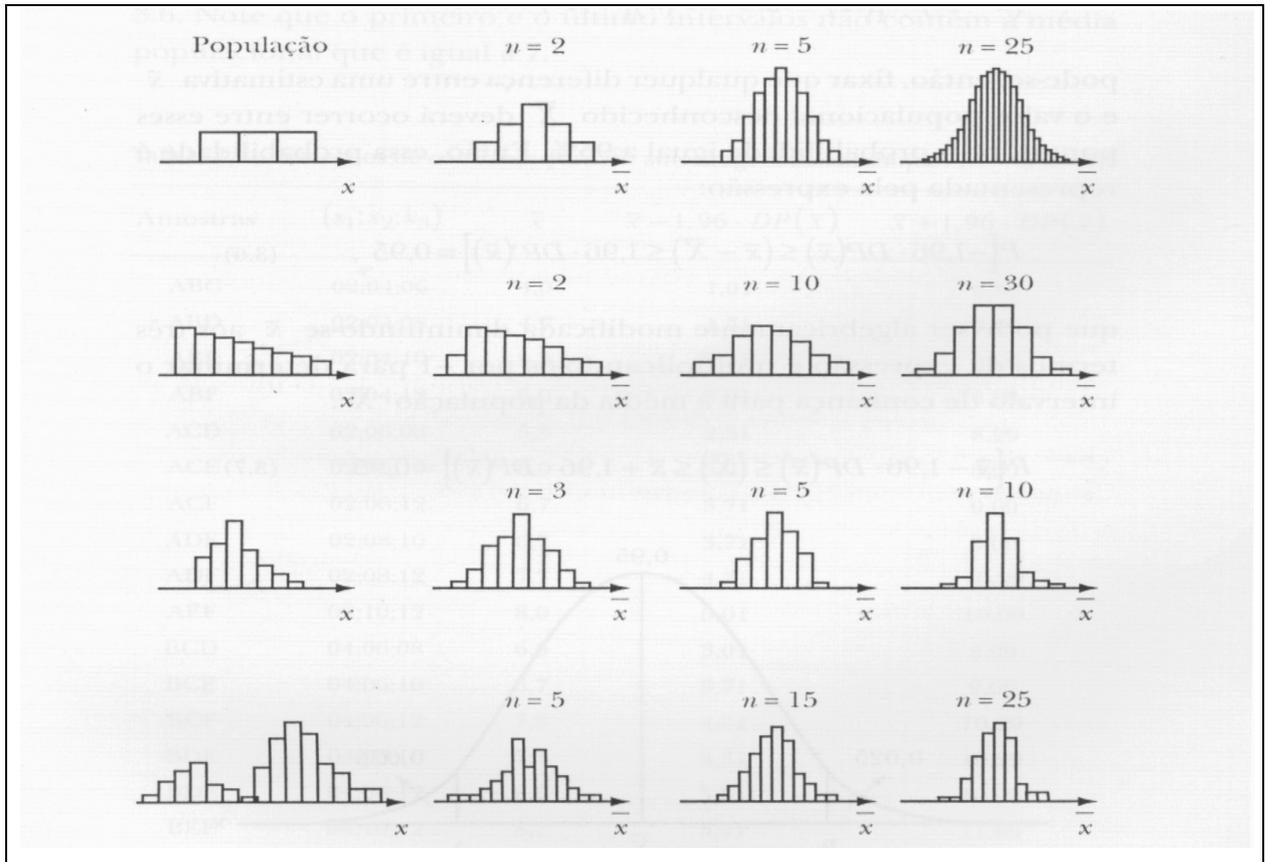
c) Intervalos de Confiança

Trabalhando com uma única amostra obtém-se estimativas pontuais para a média e a proporção populacional. Assim, a partir dos valores pontuais, incluindo-se o erro devido a amostragem, constrói-se expressões que estimem o valor populacional desconhecido.

A distribuição amostral, associada aos critérios de ausência de vício e de normalidade assintótica, é o instrumento que possibilitará a passagem da estimativa pontual para a estimativa intervalar (por intervalo de confiança) em qualquer processo de amostragem.

No caso do processo de amostragem aleatória simples se tem funções matemáticas já apresentadas anteriormente para estimar a média, a proporção e a variância populacionais.

A forma da distribuição amostral depende do estimador adotado, do tamanho da amostra e da distribuição original da variável. O Teorema Central do Limite, é um princípio que sob única restrição de variância finita para a variável estudada, garante a aproximação da distribuição amostral da média para a forma de uma curva normal, à medida que se aumenta o tamanho da amostra (Mood et al., 1974; Bussab & Morettin, 1986 apud Silva, 2001 p. 46). Além disso, constataram que essa aproximação à curva normal também ocorre para a maioria dos estimadores normalmente utilizados em levantamentos por amostragem. A Figura 3 mostra que independente da forma da distribuição da variável original na população, as distribuições amostrais da média tendem à distribuição normal a partir de diferentes tamanhos de amostra.

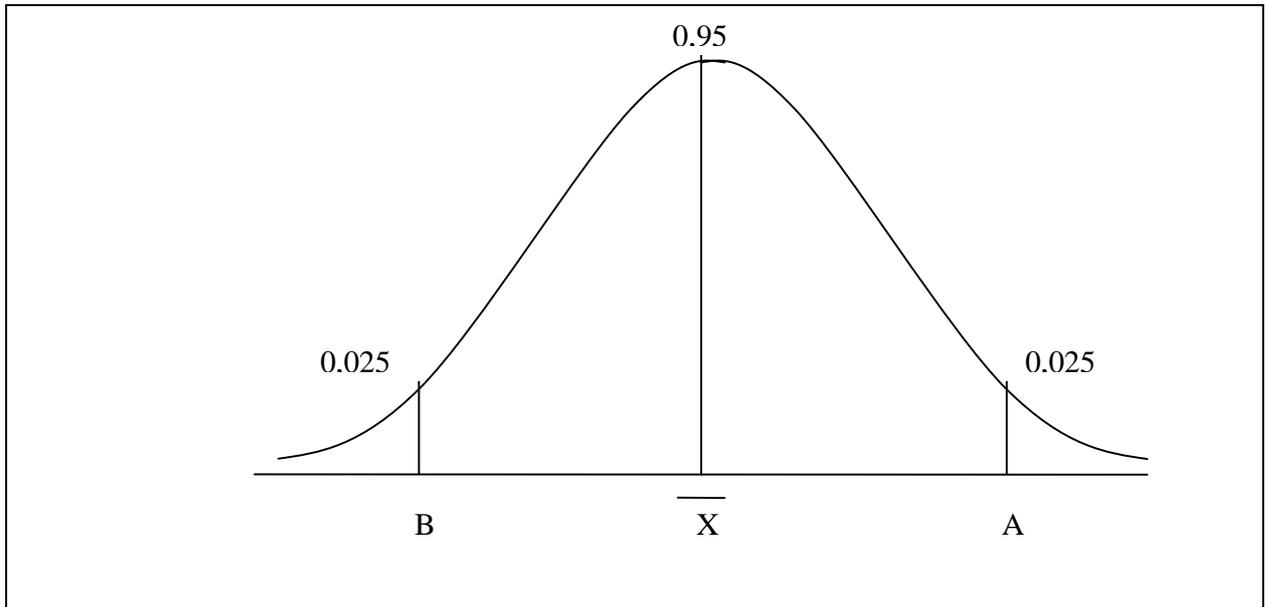


Fonte: Figura adaptada de Bussab e Morettin (1986, p.197).

Figura 3 – Histograma das distribuições amostrais de algumas populações.

Então, admitindo-se o modelo normal como limite para as distribuições amostrais, um estimador possui normalidade assintótica quando, a partir de determinados tamanhos de amostras, sua distribuição de probabilidade estiver próxima à distribuição normal.

Portanto, o uso da distribuição normal como modelo para a distribuição da média amostral possibilita esperar que 95% das estimativas sejam diferentes do valor populacional por no máximo 1,96 desvios-padrão. Ou seja, com a repetição da amostragem de mesmo tamanho n , poderá ocorrer diversos valores estimados para a média μ , mas 95% deles estarão compreendidos entre os pontos A e B mostrados na Figura 4. Isto é, apenas 5% deles não conterão o verdadeiro valor da média populacional μ .



Fonte: Figura adaptada de Silva (2001, p. 48).

Figura 4 – Distribuição da média amostral segundo o modelo normal com parâmetros $(\bar{X}, DP(\bar{X}))$.

Como as diferenças entre esses limites e a média μ são, respectivamente:

$$(A - \mu) = \{(\mu) + 1,96.DP(\bar{X})\} - \mu \text{ e}$$

$$(B - \mu) = \{(\mu) - 1,96.DP(\bar{X})\} - \mu$$

Pode-se fixar que qualquer diferença entre uma estimativa x e o valor populacional desconhecido – μ , deverá ocorrer entre esses pontos, com probabilidade igual a 95%. Essa probabilidade é representada pela expressão:

$$P[-1,96 \cdot DP(\bar{X}) \leq (\bar{X} - \mu) \leq 1,96.DP(\bar{X})] = 0,95$$

Reescrevendo-se a expressão após diminuir aos três termos \bar{X} e multiplicando-se por (-1) obtém-se a expressão que fornece o intervalo de confiança para a média da população μ :

$$P[\bar{X} - 1,96 \cdot DP(\bar{X}) \leq \mu \leq \bar{X} + 1,96.DP(\bar{X})] = 0,95$$

Como μ é uma constante (é a média populacional a ser estimada), 0,95 não é uma probabilidade legítima. Assim, passa a ser o nível de confiança do intervalo, segundo o qual se espera que, na hipótese de serem sorteadas todas as diferentes amostras, 95% dos intervalos de confiança estimados contenham o valor populacional desconhecido.

Da mesma forma constrói-se o intervalo de confiança para a proporção que é:

$$P [p - 1,96 \cdot DP(p) \leq P \leq p + 1,96 \cdot DP(p)] = 0,95$$

No entanto o uso da distribuição normal como aproximação para a distribuição amostral de p deverá seguir as restrições relativas a magnitude do valor da estimativa e do tamanho da amostra, conforme a tabela

Tabela 2 - Valores mínimos de np para uso da distribuição normal como aproximação para distribuição amostral de p .

p	np	n
0,50	15	30
0,40	20	50
0,30	24	80
0,20	40	200
0,10	60	600
0,05	70	1400
$\sim 0^*$	80	infinito

* p é extremamente pequeno de modo que np segue a distribuição de Poisson.

Fonte: Cochran, 1965, p. 87

2.4.3.2 Amostragem Sistemática

Assemelha-se a amostragem aleatória simples pois todos os elementos da população têm probabilidade igual e conhecida de fazer parte da amostra. A diferença, no entanto, é que as amostras permissíveis de tamanho n que podem ser extraídas têm uma probabilidade igual e conhecida de seleção; enquanto que as amostras restantes de tamanho n têm probabilidade nula de serem escolhidas. Por exemplo, numa população de tamanho $N=kn$ elementos, numa amostra aleatória simples temos C_N^n possíveis amostras de tamanho n . Já com uma amostra aleatória sistemática temos k possíveis amostras de tamanho n .

Esta amostragem exige que os elementos da população estejam ordenados de alguma forma. Se os elementos da população forem dispostos de forma não relacionada com as

características de interesse, a amostragem sistemática dará resultados muito semelhantes aos da amostragem aleatória simples. Por outro lado, quando a ordenação está relacionada com a característica de interesse, a amostragem sistemática aumenta a representatividade da amostra. Se a informação relativa à característica de interesse é disponível para a população, pode-se usar amostragem sistemática para obter uma amostra mais representativa e confiável do que a amostragem aleatória simples (menor erro amostral).

Outra vantagem é que a amostragem sistemática pode ser utilizada mesmo sem o conhecimento da composição (elementos) da população. Por exemplo, cada i -ésima pessoa que sai de uma loja X. Se a ordenação dos elementos produz um padrão cíclico, a amostragem sistemática pode reduzir a representatividade da amostra.

A amostragem sistemática é menos dispendiosa e mais fácil do que a amostragem aleatória simples, porque a seleção aleatória só é feita uma vez. Os números aleatórios não precisam ser confrontados com elementos individuais como com a amostragem aleatória simples. Existe economia de tempo e de custo para a seleção da amostra sistemática.

2.4.3.2.1 Procedimento de Amostragem

Escolhe-se uma amostra selecionando um ponto de partida aleatório³ entre um (1) e o intervalo amostral i e, em seguida, extrai-se cada i -ésimo elemento sucessivamente da população organizada em lista ou ordenada. O intervalo amostral i tem amplitude determinada dividindo o tamanho N da população pelo tamanho n da amostra (INT) e fazendo o arredondamento para o inteiro mais próximo⁴:

$$i = N/n.$$

Assim, os números sorteados serão obtidos pela expressão:

$$[INC + (i - 1) i]$$

onde INC (início casual) = será um número sorteado entre um (1) e o intervalo amostral i .

³ Pode-se utilizar urna com sorteio lotérico, Tabelas de Números Aleatórios ou rotinas de computador para gerar números aleatórios para selecionar o ponto de partida.

⁴ Quase sempre o tamanho da amostra n não é um divisor exato para o tamanho da população N , e o resultado obtido para o intervalo será um número decimal. Arredondar esse resultado para um número inteiro introduz alterações nas frações de amostragem e no processo de estimação. Na prática, segundo Cochran, 1965, essas alterações podem ser ignoradas quando se trabalha com amostras maiores que 50.

2.4.3.2.2 Métodos de Estimação

Depois de selecionada a amostra aplicam-se as mesmas fórmulas apresentadas para a amostragem aleatória simples para a estimação dos parâmetros para variáveis quantitativas e qualitativas.

2.4.3.3 Amostragem Aleatória Estratificada

É um processo de dois estágios sucessivos em que a população é dividida em subpopulações ou estratos. Os estratos devem ser mutuamente excludentes e coletivamente exaustivos, no sentido de que cada elemento da população deve ser atribuído a um único estrato, e nenhum elemento da população deve ser omitido. Os elementos são selecionados de cada estrato por um processo aleatório (geralmente Amostragem Aleatória Simples).

O principal objetivo da amostragem estratificada é aumentar a precisão sem elevar o custo. É utilizada quando se conhece que a variabilidade da característica a ser estudada é grande e se quer melhorar a precisão da estimativa global.

O procedimento de estratificação deve formar grupos com menor variabilidade interna em relação a característica que está sendo estudada. As variáveis usadas para dividir a população em estratos chamam-se variáveis de estratificação. Os critérios para a seleção dessas variáveis consistem em homogeneidade, heterogeneidade, relacionamento e custo. Os elementos dentro de um estrato devem ser tão homogêneos quanto possível, mas os elementos em estratos diferentes devem ser o mais heterogêneos possíveis.

As variáveis de estratificação devem também ser estreitamente relacionadas com as características de interesse. Quanto mais essas características forem satisfeitas, maior a eficácia no controle da variação amostral extrínseca. As variáveis devem ser fáceis de medir e de aplicar para diminuir o custo da estratificação. As comumente usadas para estratificação são características demográficas, tipo de clientes, tamanho da empresa ou setor, faixa etária, grau de escolaridade, sexo, renda, dependendo do estudo.

Pode-se desejar também conhecer estimativas para diversos segmentos da população ou mesmo deseja-se manter a composição da população segundo alguma característica, (ou controlar

o seu efeito sobre a característica que está sendo estudada) como sexo ou faixa etária. Às vezes a estratificação favorece a operacionalização do levantamento.

A amostragem estratificada pode assegurar que todas as subpopulações importantes estejam representadas na amostra. Isto é particularmente importante se a distribuição da característica de interesse na população é assimétrica.

A amostragem estratificada combina a simplicidade da amostragem aleatória simples com o ganho potencial em precisão. Espera-se que a estratificação aumente a precisão, ou seja, que o erro-padrão da estimativa obtida pela amostra estratificada proporcional seja inferior àquele obtido em um processo de amostragem aleatória simples, para uma amostra de mesmo tamanho.

O aumento da precisão dependerá da eficácia da estratificação. A variável tomada para estratificar deve separar grupos diferentes entre si e, ao mesmo tempo, manter nos grupos elementos semelhantes quanto a variável que está sendo estudada. Ou seja, espera-se grandes diferenças entre as médias dos estratos na população (\bar{X}_h) e pequena variabilidade da característica dentro de cada estrato ($V(\bar{X}_h)$).

A amostragem estratificada difere da amostragem por quotas (que é uma forma de amostragem não-probabilística) pelo fato de os elementos da amostra serem selecionados probabilisticamente, e não com base em conveniência ou julgamento.

2.4.3.3.1 Procedimento de Amostragem

Quando a população de N elementos pode ser previamente dividido em h grupos mutuamente excludentes, compõem-se a amostra n sorteando-se h amostras casuais simples (ou sistemática) de tamanho n_h .

A probabilidade de um elemento pertencer a amostra sorteada é igual a $f_h = n_h/N_h$ e a estimativa global \bar{X} é calculada pela combinação das estimativas parciais \bar{X}_h obtidas em cada estrato h . Da mesma forma a variância é calculada pela combinação das variâncias obtidas em cada estrato.

No processo de amostragem estratificada a média populacional μ e a variância σ^2 são calculadas por expressões em que os componentes parciais, calculados em cada estrato h , são

ponderados pela correspondente fração de elementos W_h existentes na população em relação ao total N .

$$\mu = \bar{X}_{\text{est}} = \sum_{h=1}^k (W_h \cdot \bar{X}_h)$$

onde $\bar{X}_h = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} X_{i,h}}{N_h}$ é o estimador da média populacional no estrato h .

e $W_h = \frac{N_h}{N}$ é o peso do estrato h .

A variância populacional é dada por

$$\sigma^2_X = \sum_{h=1}^k (W_h^2 \cdot S_{X,h}^2)$$

onde $S_{X,h}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} (X_{i,h} - \bar{X}_h)^2}{N_h - 1}$ é a variância obtida no estrato h .

2.4.3.3.2 Métodos de Estimação

a) Variáveis Quantitativas

A estimativa \bar{X} e o seu erro padrão são obtidos por estimadores que combinam as estimativas parciais calculadas em cada estrato pelo processo de estimação em amostragem aleatória simples. Os estimadores não-viciados para a média populacional e a variância da média amostral serão calculados pelas seguintes fórmulas:

a.1) $\mu = \bar{X}_{\text{est}} = \sum_{h=1}^k (W_h \cdot \bar{X}_h)$ chamada de média estratificada

onde $\bar{X}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} X_{i,h}}{n_h}$ é a média do estrato h e $W_h = \frac{N_h}{N}$ é o peso do estrato h

a.2) A variância da média amostral estratificada populacional é dada por

$$V(\bar{X}_{est}) = \sum_{h=1}^k (W_h^2 \cdot V(\bar{X}_h))$$

onde $V(\bar{X}_h) = (1 - f_h) \frac{S_{X,h}^2}{n_h}$ é a variância da média amostral em cada estrato h populacional

e $S_{X,h}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (X_{i,h} - \bar{X}_h)^2}{n_h - 1}$ é a variância amostral no estrato h

e $f_h = \frac{n_h}{N_h}$ é a fração de amostragem no estrato h

e o desvio-padrão dado por: $DP(\bar{X}_{est}) = \sqrt{V(\bar{X}_{est})}$

Porém, o procedimento de estimação dependerá do critério utilizado para definição do tamanho da amostra de cada estrato – n_h – a partir do tamanho da amostra fixado – n .

Após calculada as estimativas \bar{X}_{est} e $DP(\bar{X}_{est})$ pode-se determinar o intervalo de confiança (95%) para a média por:

$$\bar{X}_{est} \pm 1,96 \cdot DP(\bar{X}_{est})$$

A.1) Amostras dos Estratos com Tamanhos Iguais

Quando o pesquisador está interessado em examinar diferenças entre estratos, uma estratégia amostral comum consiste em selecionar o mesmo tamanho de amostra de cada estrato (denominada como estratos com tamanho iguais por (Silva, 2001, p. 39).

Consiste num processo de amostragem estratificada em que o tamanho da amostra – n – é dividido pelo número k de estratos. Logo a amostra de cada estrato h tem o mesmo tamanho n_h , onde $n_h = \frac{n}{k}$ e $f_h = \frac{n_h}{N_h}$ é a fração de amostragem em cada estrato.

A.2) Amostras dos Estratos com Tamanhos Proporcionais

Na amostragem estratificada proporcionada (denominada como partilha proporcional por Silva, 2001, p. 60), o tamanho de cada amostra no estrato - n_h - é proporcional ao tamanho relativo do estrato na população total – N_h . Neste caso mantém-se a fração de amostragem em cada estrato h (f_h) igual à fração global de amostragem (f). Isto é:

$$f = \frac{n}{N} = f_h = \frac{n_h}{N_h}$$

$$\text{Logo } n_h = \frac{n}{N} N_h$$

A amostra sorteada será, portanto, considerada autoponderada, e o procedimento de estimação poderá sofrer simplificações⁵.

A.3) Amostras dos Estratos com Tamanhos Ótimos

Na amostragem estratificada desproporcionada (denominada como partilha ótima por Silva, 2001, p. 62), o tamanho da amostra de cada estrato – n_h - é proporcional ao tamanho relativo do estrato – N_h - e ao desvio-padrão da distribuição da característica de interesse entre todos os elementos naquele estrato – $S_{X,h}$. Então:

⁵ O estimador ponderado para a média pode ser simplificado para a média simples (como mostra num exemplo Silva, 2001, p. 60):

$$\bar{X}_{\text{est}} = \sum_{h=1}^k (W_h \cdot \bar{X}_h) = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Também o estimador da variância da média amostral pode ser simplificado para:

$$V(\bar{X}_{\text{est}}) = \sum_{h=1}^k (W_h^2 \cdot V(\bar{X}_h)) = \frac{(1-f)}{n} \sum_{h=1}^k W_h \cdot S_{X,h}^2$$

$$n_h = n \cdot \frac{N_h \cdot S_{X, h}}{\sum_{h=1}^k N_h \cdot S_{X, h}}$$

A lógica da amostragem desproporcionada é que os estratos com tamanhos relativos maiores têm maior influência na determinação da média populacional, e esses estratos devem também exercer maior influência na dedução de estimativas amostrais. Conseqüentemente, mais elementos devem ser extraídos de estratos de maior tamanho relativo. Depois, para aumentar a precisão deve-se extrair mais elementos de estratos com maiores desvios-padrão, e menos elementos devem ser extraídos de estratos com menores desvios-padrão.

A amostragem desproporcionada exige que se conheça alguma estimativa da variação relativa, ou do desvio-padrão da distribuição da característica de interesse dentro dos estratos.

b) Variáveis Qualitativas

Na estimação da proporção é válido o processo utilizado para estimar a média populacional. No entanto, usam-se fórmulas simplificadas para o cálculo das variâncias de proporção amostral.

B.1) Amostras dos Estratos com Tamanhos Proporcionais

$$f_h = f = n/N \quad \text{é a fração de amostragem} \quad \text{e} \quad n_h = (n/N) \cdot N_h$$

$$p_P = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \text{é a proporção do evento de interesse na amostra pela amostragem com}$$

tamanhos proporcionais aos estratos.

$$V(p)_P = \left[\left(\frac{1-f}{n} \right) \left(\sum_{h=1}^k W_h (p_h)(1-p_h) \frac{n_h}{n_h - 1} \right) \right] \quad \text{é a variância da proporção amostral } p.$$

Onde p_h é a proporção do evento de interesse na amostra do estrato h

e $W_h = \frac{N_h}{N}$ é o peso do estrato.

B.2) Amostras dos Estratos com Tamanhos Não-Proporcionais

$n_h = \frac{n}{k}$ onde k é o número de estratos.

$f_h = n/N_h$ é a fração de amostragem em cada estrato.

$W_h = \frac{N_h}{N}$ é o peso do estrato.

$p_{NP} = \sum_{h=1}^k W_h \cdot p_h$ é a proporção do evento de interesse na amostra pela amostragem

com tamanhos não-proporcionais aos estratos.

$V(p)_{NP} = \sum_{h=1}^k W_h^2 \cdot v(p_h)$ é a variância da proporção amostral p.

Onde $v(p_h) = \frac{(1-f_h)(p_h)(1-p_h)}{n_h-1}$ é a variância da proporção amostral no estrato h.

2.4.3.4 Amostragem por Conglomerados (ou Agrupamentos)

Algumas populações não permitem, ou tornam extremamente difícil, que se identifiquem seus elementos, mas é possível identificar subgrupos da população. Na amostragem por conglomerados a população-alvo é dividida em sub-populações mutuamente excludentes e coletivamente exaustivas, chamados conglomerados. Seleciona-se depois uma amostra aleatória destes conglomerados, que pode ser através de uma amostra aleatória simples desses subgrupos (conglomerados).

Agregados típicos são: quarteirões, famílias, organizações, agências, edifícios, etc.

A amostragem por conglomerados tem duas vantagens: viabilidade e baixo custo. Em muitas situações a única listagem disponível sobre a população-alvo são os conglomerados e não

os elementos da população. O custo de locomoção e acesso aos elementos para obtenção da informação desejada também é significativamente reduzido.

No entanto, a amostragem por conglomerados produz amostras relativamente imprecisas, e é difícil obter conglomerados heterogêneos. Também pode ser difícil calcular e interpretar estatísticas baseadas em conglomerados.

A distinção entre amostragem por conglomerado e amostragem estratificada é que:

- na amostragem por conglomerados escolhe-se apenas uma amostra de sub-populações (conglomerados) enquanto que na amostragem estratificada todas as sub-populações (estratos) são selecionados para amostragem posterior;

- o objetivo da amostragem por conglomerados é aumentar a eficiência amostral diminuindo os custos. O objetivo da amostragem estratificada é aumentar a precisão.

- quanto a homogeneidade e heterogeneidade, os critérios para formar conglomerados são precisamente os opostos aos do caso para estratos. Os elementos dentro de um conglomerado devem ser tão heterogêneos quanto possível, mas os conglomerados, em si mesmos, devem ser tão homogêneos quanto possível. Idealmente, cada conglomerado deve ser uma representação em pequena escala da população.

- na amostragem por conglomerados a lista da população é necessária apenas para os conglomerados selecionados enquanto que na amostragem estratificada é necessária a lista de toda a população, em todos os estratos.

2.4.3.4.1 Procedimento de Amostragem

Para cada conglomerado selecionado, incluem-se todos os elementos na amostra, ou se extrai probabilisticamente uma amostra de elementos. Se todos os elementos de cada conglomerado selecionado são incluídos na amostra, o processo é denominado por conglomerado de um estágio. Se é extraído uma amostra de elementos de cada conglomerado selecionado, denomina-se amostragem por conglomerados em dois estágios. A seleção da amostra pode ser por amostragem aleatória simples ou proporcional ao tamanho do conglomerado.

Uma amostra por conglomerado pode ter estágios múltiplos (mais de dois).

Uma forma comum de amostragem por conglomerados é a amostragem por área, em que os conglomerados consistem de áreas geográficas, tais como municípios, áreas residenciais ou

quarteirões. Se ocorrer apenas um nível de amostragem na seleção dos elementos básicos o planejamento é chamado de amostragem por área em um estágio. Se ocorrerem dois ou mais níveis de amostragem antes de os elementos básicos serem selecionados o planejamento é chamado de amostragem por área em dois estágios ou de estágio múltiplo.

A característica da amostragem por área de um estágio é que todas as casas nos quarteirões selecionados (ou áreas geográficas) estão incluídas na amostra. Este tipo de planejamento é apropriado quando se trata de conglomerados de tamanhos iguais, isto é, contendo aproximadamente o mesmo número de unidades amostrais.

Quando os conglomerados diferem muito em tamanho, a amostragem simples de dois estágios pode levar a estimativas tendenciosas. Às vezes é possível obter conglomerados de igual tamanho mediante a sua combinação. Quando esta opção é inviável, pode-se usar a amostragem probabilística proporcional ao tamanho (PPS).

No planejamento de dois estágios, em ambos pode ser aplicado a amostragem aleatória simples, e denomina-se amostragem por conglomerados de dois estágios simples. Por exemplo, no primeiro estágio amostram-se quarteirões por amostragem aleatória simples e depois em cada quarteirão amostram-se casas por amostragem aleatória simples. Nele a fração de elementos escolhida no segundo estágio é a mesma para cada conglomerado amostrado.

Na amostragem probabilística proporcional ao tamanho, os conglomerados são selecionados com probabilidade proporcional ao tamanho, sendo este definido em termos do número de unidades amostrais dentro do conglomerado. Assim, no primeiro estágio os grandes conglomerados tem maior probabilidade de inclusão do que os pequenos. No segundo estágio a probabilidade de selecionar uma unidade amostral em um conglomerado selecionado varia inversamente em relação ao tamanho do conglomerado. Logo, a probabilidade de que qualquer unidade amostral em particular seja incluída na amostra é igual para todas as unidades, porque as probabilidades desiguais do primeiro estágio são contrabalançadas pelas probabilidades desiguais do segundo estágio.

A Figura 5 resume os tipos de amostragem por conglomerados.

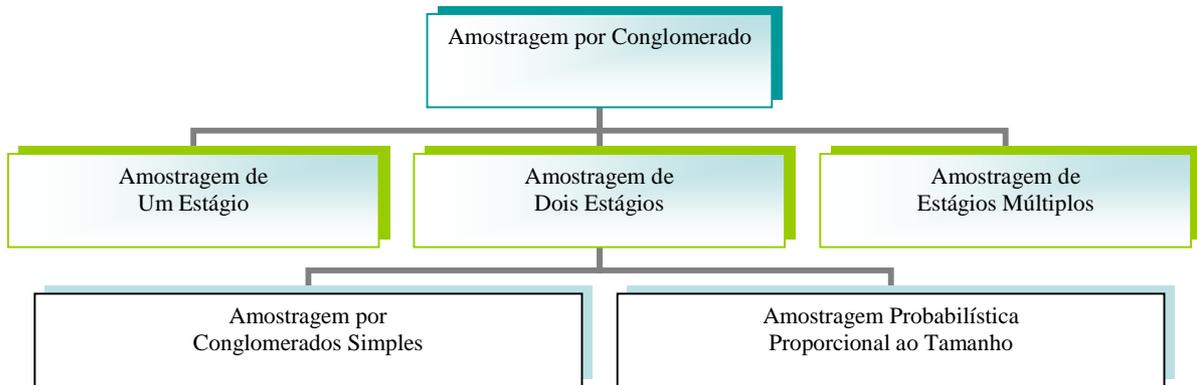


Figura 5 - Tipos de Amostragem por Conglomerados

Vamos apresentar cada forma de amostragem por conglomerado com um exemplo (Silva, 2001, p. 76 a 86):

Seja uma população de 20 mil crianças (N), atendida em duzentos (200) diferentes postos de vacinação em um determinado dia. Deseja-se conhecer a proporção de crianças matriculadas em programas de imunização através de uma amostra de mil (1000) crianças (n).

Seja B_j o número de crianças atendidas em cada posto

b_j o número de crianças a serem sorteadas em cada posto sorteado

a) Amostragem por conglomerado em um estágio

Sorteia-se dentre os duzentos postos uma amostra aleatória simples de postos de vacinação. Todas as crianças atendidas no posto no dia serão consideradas na amostra de crianças.

Inicialmente teria que se determinar o número médio de crianças atendidas por posto e, com este dado, determinar quantos postos seriam sorteados. Neste caso poderia ser calculado quantas diferentes amostras de postos poderiam ser obtidas pela combinação do número de postos a serem sorteados dentre os duzentos (200) existentes.

Esse procedimento, no entanto, não preserva o tamanho da amostra pré-definido (1000 crianças). Dependendo do número de crianças atendidas no posto a amostra seria maior ou menor do que as mil (1000) pré-definidas. A fração de amostragem só pode ser obtida depois de retirada a amostra ($f=n/N$).

b) Amostragem por conglomerado em dois estágios simples
(adequada para conglomerados de mesmo tamanho)

1) Suponha que cada posto atende cem (100) crianças (B_j) e procedendo-se a um sorteio em dois estágios simples. A fração de amostragem é $f = f_1 \times f_2$, onde:

f_1 = probabilidade de cada posto ser sorteado

f_2 = probabilidade de cada criança ser sorteada dentro do posto sorteado

No primeiro estágio de amostragem vamos sortear quarenta (40) postos de vacinação. Assim:

$$f_1 = \text{probabilidade de cada posto ser sorteado} = 40/200 = 0,2$$

No segundo estágio vamos sortear em cada posto $b_j = 1000/40 = 25$ crianças. Assim:

f_2 = probabilidade de cada criança ser sorteada dentro do posto sorteado = $25/100 = 0,25$

Logo, a fração de amostragem $f = f_1 \times f_2 = 0,2 \times 0,25 = 0,05$ é a probabilidade de cada criança ser sorteada.

Nesse procedimento, pelo fato dos conglomerados serem do mesmo tamanho, a amostra de postos (conglomerados) terá tamanho $n = 40$ pré-definido e a probabilidade de cada elemento da população (criança) pertencer à amostra é o mesmo, independente do posto a que pertença (f e n são preservados).

2) Suponha que cada posto atende um número diferente de crianças e procedendo-se a um sorteio em dois estágios simples. A fração de amostragem é fixada, para que todas as crianças tenham a mesma probabilidade de pertencer à amostra:

f = a probabilidade de cada criança ser sorteada = $1000/20000 = 1/20 = 0,05$

No primeiro estágio vamos sortear quarenta (40) postos de vacinação. Assim:

$$f_1 = \text{probabilidade de cada posto ser sorteado} = 40/200 = 0,2$$

independente do número de atendimentos diários no posto.

No segundo estágio vamos tomar b_j crianças em cada posto sorteado. Assim:

f_2 = probabilidade de cada criança ser sorteada dentro do posto sorteado = $f/f_1 = 0,05/0,2 = 0,25$

Logo, o número de crianças sorteadas em cada posto sorteado será:

$$b_j = f_2 \times B_j = 0,25 \times B_j$$

Esse procedimento mantém a autoponderação da amostra porém perde o controle sobre o tamanho da amostra de elementos. Conforme o tamanho do conglomerado que for sorteado no primeiro estágio haverá alteração no tamanho da amostra para mais ou menos do que o n pré-definido de mil (1000) crianças.

c) Amostragem por conglomerado em dois estágios proporcional ao tamanho

Suponha que cada posto atende um número diferente de crianças diariamente e procedendo-se a um sorteio em dois estágios com probabilidade proporcional ao tamanho do conglomerado. A fração de amostragem é fixada, para que todas as crianças tenham a mesma probabilidade de pertencer à amostra:

$$f = f_1 \times f_2 = \text{a probabilidade de cada criança ser sorteada} = 1000/20000 = 1/20 = 0,05$$

No primeiro estágio vamos sortear quarenta (40) postos de vacinação, levando em consideração o tamanho do posto (número de crianças atendidas por dia). Assim:

$$f_1 = \text{probabilidade de cada posto ser sorteado} = 40 \times (B_j/20000)$$

Desta forma, observa-se que a probabilidade de um posto com mais atendimentos ser sorteado é maior do que a probabilidade de um posto com menos atendimentos ser sorteado.

No segundo estágio vamos sortear em cada posto sorteado $b_j = 1000/40 = 25$ crianças. Adota-se b_j constante em cada posto para preservar o tamanho da amostra.

Assim $f_2 =$ probabilidade de cada criança ser sorteada dentro do posto sorteado será:

$$f_2 = 25/B_j .$$

Desta forma, observa-se que a probabilidade de uma criança ser sorteada em um posto com mais atendimentos (B_j maior) é menor do que a probabilidade de uma criança ser sorteada num posto com menos atendimentos (B_j menor).

A fração de amostragem será $f = f_1 \times f_2 = (40 \times (B_j/20000)) \times (25/B_j) = 0,05$ (já pré-determinada) é a probabilidade de cada criança ser sorteada.

Nesse procedimento mantém-se constante o tamanho da amostra ($n=1000$ crianças) e, como todo o elemento tem igual probabilidade de pertencer à amostra sorteada, os conglomerados (postos) maiores (neste caso com mais atendimentos) tiveram maior probabilidade de sorteio no primeiro estágio (f_1) e as crianças dos postos menores tiveram maior probabilidade de sorteio no segundo estágio (f_2).

2.4.3.4.2 Métodos de Estimação

Depois de selecionada a amostra aplicam-se as mesmas fórmulas apresentadas para a amostragem aleatória simples para a estimação dos parâmetros para variáveis quantitativas e qualitativas.

2.5 Resumo das vantagens e desvantagens dos processos de amostragem

A Tabela 3 apresenta um resumo com os pontos fortes e fracos das técnicas de amostragem não-probabilística e probabilística.

Tabela 3 - Resumo de pontos fortes e fracos das técnicas básicas de amostragem

Amostragem Não-Probabilística		
Técnicas	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Amostragem por Conveniência	Menos dispendiosa Consome menos tempo Mais conveniente	Tendenciosidade de seleção Amostra não é representativa Não recomendada para pesquisa descritiva
Amostragem por Julgamento	Baixo custo Conveniente Não consome tempo	Não permite generalização Subjetiva
Amostragem por Quotas	Amostra pode ser controlada em relação a determinadas características	Tendenciosidade de seleção Não há garantia de representatividade
Amostragem tipo Bola-de-neve	É possível estimar características raras	Consome tempo

Amostragem Probabilística		
Técnicas	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Amostragem Aleatória Simples	Entendida facilmente Resultados projetáveis	Arcabouço Amostral difícil de construir Dispendiosa Baixa precisão Não há garantia de representatividade
Amostragem Sistemática	Pode aumentar a representatividade Mais fácil de implementar do que a amostra aleatória simples Não é necessário arcabouço amostral	
Amostragem Estratificada	Inclui todas as subpopulações importantes Precisão	Difícil de selecionar variáveis de estratificação relevantes Não é fácil de estratificar em muitas variáveis Dispendiosa
Amostragem por Conglomerados	Fácil de implementar Baixo custo	Imprecisa Dificuldade de calcular e interpretar resultados

3 RISCOS AMBIENTAIS OCUPACIONAIS

No Brasil, assim como em outros países, existe uma legislação específica para orientar a preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores em seus ambientes laborais. Dentre as Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho, a Norma Regulamentadora NR – 9 trata da obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, isto é, regidos pela CLT, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).

Esta norma prevê a necessidade do reconhecimento e avaliação de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, levando em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais. Além disso, regulamenta a responsabilidade do empregador e do empregado frente a estes riscos.

A mesma norma estabelece o que são considerados riscos ambientais passíveis de controle, conforme abaixo descrito:

9.1.5. Para efeito desta NR, consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

9.1.5.1. Consideram-se agentes físicos as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infra-som e o ultra-som.

9.1.5.2. Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvido pelo organismo através da pele ou por ingestão.

9.1.5.3. Consideram-se agentes biológicos as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros.

A prevenção dos riscos ambientais é feita através da avaliação dos riscos e da exposição dos trabalhadores, da implantação de medidas de controle e avaliação de sua eficácia.

O reconhecimento dos riscos ambientais deverá conter a sua identificação; a determinação e localização das possíveis fontes geradoras; a identificação das possíveis trajetórias e dos meios de propagação dos agentes no ambiente de trabalho; a identificação das funções e determinação do número de trabalhadores expostos; a caracterização das atividades e do tipo da exposição; a obtenção de dados existentes na empresa, indicativos de possível comprometimento da saúde decorrente do trabalho; os possíveis danos à saúde relacionados aos riscos identificados, disponíveis na literatura técnica; a descrição das medidas de controle já existentes.

A avaliação quantitativa deverá ser realizada sempre que necessária para comprovar o controle da exposição ou a inexistência de riscos identificados na etapa de reconhecimento (avaliação qualitativa). Também permite dimensionar a exposição dos trabalhadores e subsidiar o equacionamento das medidas de controle ou neutralização dos riscos.

Deverão ser adotadas as medidas necessárias suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais sempre que, dentre outras situações, quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na Norma Regulamentadora NR-15 ou, na ausência destes, os valores limites de exposição ocupacional adotados pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos.

A NR-15 considera nível de ação o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. As ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico. Deverão ser objeto de controle sistemático as situações que apresentem exposição ocupacional acima dos níveis de ação: para agentes químicos, a metade dos limites de exposição ocupacional

considerados na NR-15; para o ruído, a dose de 0,5 (dose superior a 50%), conforme critério estabelecido na NR-15, Anexo I, item 6.

Para o monitoramento da exposição dos trabalhadores e das medidas de controle deve ser realizada uma avaliação sistemática e repetitiva da exposição a um dado risco, visando à introdução ou modificação das medidas de controle, sempre que necessário. Esta norma preconiza também que os empregadores deverão informar os trabalhadores de maneira apropriada e suficiente sobre os riscos ambientais que possam originar-se nos locais de trabalho e sobre os meios disponíveis para prevenir ou limitar tais riscos e para proteger-se dos mesmos. Além disso, o empregador deverá garantir que, na ocorrência de riscos ambientais nos locais de trabalho que coloquem em situação de grave e iminente risco a um ou mais trabalhadores, os mesmos possam interromper de imediato as suas atividades, comunicando o fato ao superior hierárquico direto para as devidas providências.

4. ESTRATÉGIAS DE AMOSTRAGEM DE RISCOS AMBIENTAIS

4.1 Introdução

Estratégias de amostragem de agentes ambientais em exposição ocupacional não significa coletar um contaminante ou fazer uma medição de ruído, com um procedimento padrão. Embora avaliar, ou seja, obter uma determinação de um agente ambiental, é uma parte importante do processo, a estratégia de amostragem começa antes de qualquer medição.

Primeiro se faz uma caracterização básica, que consiste em definir quais os expostos, a quais agentes, em quais tarefas ou funções, em quais locais, etc.

Quando se parte para a determinação do agente ambiental propriamente dito, já se sabe qual o parâmetro desejado, qual a forma de proceder e qual a significância dos dados obtidos.

Estratégia de amostragem é um processo de conhecimento crescente da exposição de trabalhadores, que se inicia com uma adequada abordagem do ambiente (processo, pessoas, tarefas e agentes) e termina com afirmações estatisticamente fundamentadas sobre essa exposição. A partir de suas conclusões é possível adotar ações para o controle dos riscos. As ações de controle de engenharia, administrativas e nos indivíduos devem prosseguir até que a exposição seja eliminada ou reduzida a valores aceitáveis.

Exposição aceitável significa que a exposição se encontra sob controle técnico, isto é, o processo produtivo está considerado estável e o nível de exposição determinado e abaixo do nível de ação.

Segundo orienta a Norma de Higiene Ocupacional (NHO) 04, publicada pela FUNDACENTRO em 2001, as avaliações ambientais podem ser qualitativas ou quantitativas. Internacionalmente o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) reuniu estatísticos e higienistas para elaborar uma abordagem específica para a exposição ocupacional, realizando adaptações em ferramentas tradicionais da estatística. Neste sentido foi elaborado o Manual de Estratégias de Amostragem de Exposição

Ocupacional do NIOSH, lançado em 1977. Há outras publicações importantes sobre o mesmo tema, como o livro da American Industrial Hygiene Association (**AIHA**) de 1991. A revisão bibliográfica apresentada nos próximos itens está baseada nas informações retiradas da NHO-04 e do Manual do NIOSH, e concentra-se nas orientações quanto às peculiaridades das amostras em avaliações de riscos ambientais ocupacionais.

4.2 Avaliação qualitativa

A avaliação qualitativa é um processo que se inicia com o reconhecimento dos riscos nos locais de trabalho, ou seja, com o levantamento de dados e informações sobre o ambiente de trabalho. Passa pela análise da relação entre esses dados, pelo ato de interpretar as informações obtidas, e conclui na tomada de decisões.

Segundo o Manual do NIOSH (1977, p.33) quando se deseja investigar se há exposição ocupacional significativa de substância tóxica num ambiente precisa-se mensurar qual é a exposição do trabalhador a este produto. Consiste num processo inicial de conhecimento para estruturar a amostragem da exposição ocupacional dos trabalhadores de uma empresa.

Algumas considerações estão envolvidas num programa de monitoramento de exposição ocupacional. Trata-se de conhecer os ambientes de trabalho, os expostos e os agentes ambientais:

- Quais empregados devem ser amostrados?;
- Onde a amostra pode ser retirada em relação aos empregados a serem amostrados?;
- Quantas amostras devem ser retiradas diariamente para definir uma exposição ocupacional?;
- Quanto tempo durante a jornada de trabalho deve ser amostrado para verificar a exposição ocupacional?;
- Quantos dias durante um ano devem ser amostrados e quando?

Segundo a NHO-04, os requisitos básicos para iniciar um processo de reconhecimento dos riscos em locais de trabalho são:

1º) Conhecimento dos ambientes e locais de trabalho através das seguintes ações:

- a) Verificar todos os processos manuais e automatizados, enfatizando as circunstâncias, as fases do processo ou os procedimentos que possam contribuir para a contaminação dos ambientes de trabalho.
- b) Estudar os fluxogramas dos processos.
- c) Analisar o *layout* das instalações da empresa, com as dimensões dos locais de trabalho e áreas sob influência potencial dos contaminantes atmosféricos.
- d) Conhecer as condições climáticas e suas possíveis variações: direção e intensidade de correntes de ar, temperatura, umidade, etc.
- e) Conhecer as medidas preventivas adotadas, coletivas e/ou individuais.
- f) Conhecer os programas de manutenção das máquinas e equipamentos e de higiene dos locais de trabalho.
- g) Conhecer a toxicologia das substâncias químicas presentes nos locais de trabalho.

2º) Levantamento de informações relevantes sobre os trabalhadores, tais como:

- a) Conversar com os trabalhadores sobre as suas atividades.
- b) Conhecer as condições de saúde dos trabalhadores e suas queixas.
- c) Descrever (estudar) as funções, os procedimentos e as atividades dos trabalhadores, enfatizando o tempo e a frequência de cada operação ou procedimento, e identificar as situações de maior possibilidade de risco.
- d) Conhecer a jornada e o regime de trabalho.

Com base neste levantamento preliminar é possível identificar a qualidade do ambiente de trabalho, podendo-se evitar o uso equivocado de recursos e a aplicação de medidas de controle ou execução de avaliações quantitativas desnecessárias.

4.3 Avaliação quantitativa

Ao se verificar que uma determinada situação não pode ser investigada sem avaliação quantitativa, é necessário o bom planejamento desse tipo de trabalho. A falta deste planejamento pode levar a desvios e incoerências nos resultados.

Para fazer uma avaliação quantitativa que se aproxime da verdadeira concentração/intensidade dos agentes existentes nos locais de trabalho, é imprescindível reconhecer o risco básico como primeira etapa do processo.

O planejamento tem por finalidade evidenciar o problema a ser estudado e atingir resultados eficientes e confiáveis, ou seja, resultados capazes de atender aos objetivos propostos.

Devem ser estabelecidos objetivos para a avaliação quantitativa. Dentre estes objetivos destacam-se:

- a) Fazer a avaliação preliminar do risco (mesmo para situações em que existe aparente controle).
- b) Monitorar a exposição individual do trabalhador.
- c) Avaliar a eficiência do funcionamento de dispositivos ou sistemas de controle de exposição.
- d) Localizar fontes contaminantes.
- e) Subsidiar projetos de implantação de medidas de controle de exposição.

Uma vez definido o objetivo da avaliação ambiental, passa-se para o estabelecimento da estratégia de amostragem.

4.3.1 Estabelecimento da estratégia de amostragem

A estratégia de amostragem consiste em estabelecer onde amostrar, quantas amostras deverão ser tomadas, o tempo de amostragem para cada amostra e o tempo de amostragem total.

Para selecionar os empregados a serem amostrados, a Occupational Safety and Health Administration's (OSHA) (Manual do NIOSH, 1977 p. 33) propõe que sejam identificados os empregados expostos a riscos, e selecione-se o empregado que tem a maior exposição. Este conceito é conhecido como **amostragem do Empregado de Máximo Risco**. Ele é usado para reduzir a amostra de uma forma razoável.

Já Mendes (2003, p.242, vol. 1) operacionalizando esta idéia, refere-se a uma classificação de grupos de trabalhadores baseada nos riscos em potencial de exposição a um agente, determinando **Grupos Homogêneos de Exposição - GHE**.

4.3.1.1 Grupos Homogêneos de Exposição – GHE

Em uma situação ideal os trabalhadores com potencial de exposição deveriam ser individualmente amostrados e classificados quanto ao nível de exposição (sem exposição, exposto e muito exposto, por exemplo). Na realidade isto não pode ser viabilizado, por restrições financeiras óbvias e por restrições práticas. Normalmente não é possível amostrar todos os postos de trabalho de todos os processos ou operações industriais abrangendo todos os trabalhadores. Muitos trabalham por turno, outros estão em férias, licenças ou similares.

Se for considerado o conceito de amostragem probabilística tradicional, deveria ser retirado uma amostra aleatória dentre os trabalhadores com potencial de exposição. Na área de segurança isto não é interessante, porque é inconveniente avaliar quantitativamente um trabalhador com pequena exposição. Primeiro, porque há custos sendo utilizados na avaliação quantitativa de trabalhador que antecipadamente sabe-se que não está em grande risco, simplesmente por ter sido aleatoriamente selecionado. Em segundo, porque a média de exposição obtida poderia indicar trabalhadores em situação de exposição dentro do aceitável, enquanto que na realidade alguns trabalhadores estariam expostos acima do aceitável, mas não foram suficientemente representados na amostra.

A mais razoável estratégia de amostragem neste caso, e talvez a mais eficiente, é a amostra do(s) empregado(s) presumidamente que tem o maior risco de exposição. Este procedimento reduz consideravelmente os recursos amostrais visto não ser necessário

iniciar a amostra por quem são esperados ter menor exposição em detrimento de outros de risco maior.

Quando se observa que existe uma função que expõe mais ao agente de risco, então o próximo passo é determinar o grupo de trabalhadores que tem esta exposição. A partir de uma avaliação subjetiva das informações inventariadas sobre o local de trabalho, força de trabalho e agentes, cada trabalhador deverá ser colocado em um grupo de exposição homogênea apropriado. Buscam-se agrupar os trabalhadores que possuem as mesmas chances de exposição a um dado agente, visto que desenvolvem rotinas e tarefas semelhantes do ponto de vista de exposição. Suficientes informações podem ser obtidas do chefe do setor, a pessoa bem informada sobre todo o processo e atividades do setor, que pode indicar o(s) empregado(s) com alto risco de exposição.

Se existem diferentes atividades onde pode haver empregados expostos, então o(s) empregado(s) de maior risco devem ser selecionados em cada setor operacional. A partir de então, ao invés de trabalhadores individuais passa-se a focar os GHEs, pois as medições em qualquer um dos trabalhadores do grupo fornecerão informações relevantes a todos os trabalhadores deste grupo.

Após a identificação dos GHEs é dado a cada grupo de exposição homogênea um grau de exposição subjetivo. Presumindo-se que o risco seja proporcional a potência de um agente e ao nível de exposição, pode ser desenvolvida uma classificação qualitativa para cada GHE¹.

Portanto, a partir das classificações dos GHEs, aqueles grupos mais expostos aos agentes, com maior potencial de efeitos prejudiciais, deverão ser priorizados no monitoramento quantitativo.

Deve-se atentar para o fato de que o grupo é homogêneo aos riscos de exposição. Não quer dizer que a exposição de todos os trabalhadores neste grupo é idêntica. Quem é homogêneo são as características de exposição do grupo cujas variabilidades serão normais dentro dele. Assim o GHE é homogêneo no sentido estatístico, permitindo que um número relativamente pequeno de amostras possa definir as tendências de exposição de todo o grupo.

¹ Como exemplo, índices de exposição em potencial poderiam ser indicados para categorias como “insignificante”, “baixo”, “moderado” e “alto”. Também pode-se categorizar índices de efeitos sobre a saúde, como irritantes, asfixiantes simples, efeitos de perigo de vida ou incapacitantes, etc.

a) Empregado de Maior Risco - EMR

A proposta da OSHA normatiza que se algum dos empregados do GHE de máximo risco apresentar exposição a situações de riscos acima do nível de ação o empregador deve identificar este empregado e quantificar a sua exposição.

O objetivo de identificar um indivíduo como exposto a maior risco é o de avaliar se a sua exposição está acima do nível de ação. Se a exposição do empregado de maior risco for menor do que o nível de ação então é razoável assumir que os demais trabalhadores naquela operação estão expostos a nível menor de exposição do que o nível de ação. Estão, portanto, em condições aceitáveis de exposição àquele agente ambiental avaliado. Neste caso a avaliação ocupacional deve ser anual, conforme a NR-9², ou quando ocorrerem mudanças no processo, procedimentos ou introdução de novos agentes.

Se o nível de exposição do trabalhador de maior risco está acima do nível de ação, então, é necessário outros procedimentos para identificar entre os outros empregados – GHEs - quais podem estar expostos também a nível acima do nível de ação. Desta forma pode-se atuar só nestes trabalhadores com exposição significativa adotando-se medidas preventivas (ou corretivas caso o limite de tolerância tenha sido atingido).

Outros GHEs com menor exposição a agentes menos tóxicos também poderão ser monitorados, mas num grau menos intenso.

Algumas considerações para selecionar e categorizar os trabalhadores de acordo com seu potencial de risco de exposição são importantes.

Em geral, a melhor forma de determinar o empregado de maior risco é a observação e a seleção da pessoa exposta em ambiente fechado ou que manipule o material mais agressivo. A distância do trabalhador à fonte de risco também é um fator determinante do potencial de risco. A movimentação do trabalhador durante as atividades também é um fator a ser considerado. Se ele permanece o tempo todo próximo a fonte de risco ou no ambiente de maior concentração ou se ele movimenta-se, aproximando-se e afastando-se do local de maior concentração. Estas observações possibilitarão estimar o tempo de exposição do trabalhador ao risco máximo.

² NR-9 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), artigo 9.2.1.1

Especialmente em operações ou processos envolvendo aquecimento ou combustão, a adequada circulação natural do ar, a distância do trabalhador à fonte de geração do risco, a localização de ventiladores ou exaustores, a localização de janelas e portas e se estas se mantêm abertas ou não, além dos seus tamanhos, a área do local de trabalho, são fatores que podem afetar a concentração ou não dos contaminantes no local de trabalho.

Diferenças nos locais de trabalho ou nos próprios trabalhadores podem afetar significativamente o nível de exposição do trabalhador. A performance de trabalho, as características e modos individuais de se portar, agir e desempenhar as atividades diante do risco pode produzir variações na exposição.

Entretanto, se as características do agente ou das atividades não permitirem essa identificação com razoável segurança, pode-se lançar mão de uma ferramenta estatística especialmente desenvolvida para selecionar uma amostra aleatória de empregados representando o Grupo Homogêneo de Máxima Exposição..

a.1) Amostra Aleatória do Grupo de Trabalhadores de Máxima Exposição

Quando não se pode detectar um único trabalhador com risco máximo na atividade é necessário tomar-se uma amostra aleatória entre o GHE de máxima exposição. Para se determinar o número de trabalhadores a serem amostrados – n, em função do número total de expostos – N -, pode-se utilizar as Tabelas 4, 5, 6 e 7 mostradas a seguir, que foram retiradas do Manual da NIOSH(1977 p. 72).

Mendes (2003, p.540, vol. 1) explica que são tabelas especialmente construídas para determinar o número de trabalhadores a serem selecionados aleatoriamente, dentro do GHE de máxima exposição, a fim de “encontrar” o empregado de maior exposição. O método para obtenção do tamanho da amostra utilizados pelo manual da NIOSH enfatiza dois conceitos importantes para construir as tabelas.

O primeiro é T, que representa a proporção do grupo de amostra com os níveis mais altos de exposição. T varia entre 0 e 1. Para 10%, T = 0,1; para 20%, T = 0,2 e assim por diante.

O segundo conceito, α , é a probabilidade de se perder todos os trabalhadores com a exposição mais elevada da amostra n do total da população N.

Tabela 4 - Tamanho de amostra para máximo de 10% de erro (T) e nível de confiança 90%.

Tamanho do grupo – N*	Número de elementos da amostra – n
8	7
9	8
10	9
11-12	10
13-14	11
15-17	12
18-20	13
21-24	14
25-29	15
30-37	16
38-49	17
50	18
Mais de 50	22

Notas:

* N – tamanho original do grupo de máximo risco

n – tamanho da amostra ou tamanho do subgrupo;

n = N se $N < 7$.

Tabela 5 - Tamanho de amostra para máximo de 10% de erro (T) e nível de confiança 95%.

Tamanho do grupo – N*	Número de elementos da amostra – n
12	11
13-14	12
15-16	13
17-18	14
19-21	15
22-24	16
25-27	17
28-31	18
32-35	19
36-41	20
42-50	21
Mais de 50	29

Notas:

* N – tamanho original do grupo de máximo risco

n – tamanho da amostra ou tamanho do subgrupo;

n = N se $N < 12$.

Tabela 6 - Tamanho de amostra para máximo de 20% de erro (T) e nível de confiança 90%.

Tamanho do grupo – N*	Número de elementos da amostra – n
6	5
7-9	6
10-14	7
15-26	8
27-50	9
Mais de 50	11

Notas:

* N – tamanho original do grupo de máximo risco;

n – tamanho da amostra ou tamanho do subgrupo;

n = N se $N < 6$.

Tabela 7 - Tamanho de amostra para máximo de 20% de erro (T) e nível de confiança 95%.

Tamanho do grupo – N*	Número de elementos da amostra – n
7-8	6
9-11	7
12-14	8
15-18	9
19-26	10
27-43	11
44-50	12
Mais de 50	14

Notas:

* N – tamanho original do grupo de máximo risco

n – tamanho da amostra ou tamanho do subgrupo

n = N se $N < 7$.

O primeiro é T, que representa a proporção do grupo de amostra com os níveis mais altos de exposição. T varia entre 0 e 1. Para 10%, $T = 0,1$; para 20%, $T = 0,2$ e assim por diante.

O segundo conceito, α , é a probabilidade de se perder todos os trabalhadores com a exposição mais elevada da amostra n do total da população N.

Sendo N o número de trabalhadores no GHE de máximo risco e n o número de trabalhadores que serão amostrados do GHE de máximo risco ($n < N$). O critério será a definição da alta probabilidade de que existirá no mínimo um trabalhador num subgrupo com alta exposição pertencente a amostra.

Se os mais expostos estão definidos como mais de 10% do total pertencente ao GHE então a amostra deverá incluir (com um nível de certeza $(1 - \alpha)$) um trabalhador entre cada subgrupo de tamanho $N_0 = T N$, onde T é a proporção do grupo incluído como o de mais alta exposição, neste caso $T = 10\% = 0,1$. $0 < t < 1$.

A probabilidade de que todos os N_0 trabalhadores com alta exposição pertencentes a N estejam fora da amostra n é α .

Por exemplo, se o GHE possuir vinte e nove (29) trabalhadores. Tomando $T = 10\%$ e 90% de confiança obtém-se uma amostra de $n=15$. Então deve-se tomar uma amostra aleatória de quinze (15) trabalhadores. Na verdade, a forma de construção das tabelas assegura que temos 90% de confiança de que na amostra realizada teremos pelo menos um dos 10% mais expostos do GHE. Note que, pela definição de T , temos no GHE três (3) indivíduos “super-expostos”, ou seja 10% de vinte e nove (29).

A avaliação quantitativa do agente ambiental em estudo numa jornada de trabalho nesta amostra de quinze (15) trabalhadores permitirá determinar o empregado exposto de maior risco, que será considerado o trabalhador que apresentar a máxima exposição quantitativa obtida. A partir de então ele será monitorado quanto ao nível de exposição, servindo de referência para a ação de segurança e prevenção.

Depois de determinado o número de trabalhadores a serem amostrados, é necessário selecionar a amostra de forma aleatória e mensurar sua exposição. É usado, geralmente, um procedimento amostragem probabilística aleatória simples ou sistemática para a determinação dos trabalhadores a serem amostrados.

4.3.1.2 Estratégias de Avaliação da Exposição

A forma como será realizada a avaliação depende do período de tempo de trabalho exposto ao risco dos trabalhadores, duração do processo de amostragem e número de amostras a serem tomadas.

Os tipos de amostras variam caso a caso. A proposta da OSHA é que os empregados expostos sejam avaliados por uma combinação de amostras de longa ou curta duração que represente a real exposição dos trabalhadores. Uma avaliação de exposição consiste em uma ou mais amostras (pessoal ou por zona de contaminação) que dure o período determinado.

É importante realizar a avaliação do grupo amostrado nas circunstâncias usuais de trabalho. Assim a variação considerada entre trabalhadores expostos é comparável entre empregados que fazem a mesma atividade.

Tratando-se do estudo da exposição dos trabalhadores sob condições típicas de trabalho, deve-se saber que as concentrações no ambiente de trabalho, normalmente, variam durante a jornada, de um dia para o outro, e que dependem da maneira com que se trabalha. A exposição a determinado agente não deve ser caracterizada no estudo de somente um dia de amostragem, mas sim no estudo de alguns dias durante a semana e baseada na exposição de um número representativo de trabalhadores e de amostras.

Alguns fatores devem ser considerados para uma estratégia de avaliação ambiental em um particular dia de trabalho. Alguns pontos que devem ser considerados é a adequação e custo dos equipamentos de amostragem; a adequação e custo do amostrador; a localização dos empregados e operações a serem monitoradas; a variação da exposição ocupacional (entre os dias e durante o dia); a precisão e acurácia do método de amostragem; o número de amostras necessárias para uma adequada avaliação da exposição.

a) Tipos de Amostras

a.1) Amostra Individual ou Pessoal

O conjunto de amostragem – o amostrador - deve estar fixada junto ao corpo do trabalhador situado na zona corporal de interesse (pé, zona auditiva ou zona respiratória) e o acompanha durante o período de coleta das amostras.

Por exemplo, amostras de ar podem ser tomadas em zonas respiratórias dos empregados (o mais próximo para representar o que é inalado pelo trabalhador). Define-se como zona respiratória aquela que compreende uma distância de até 20 cm das narinas até o ouvido. Em algumas circunstâncias, pode haver diferença de concentração entre o lado direito e o lado esquerdo; neste caso, posiciona-se o amostrador do lado que se espera maior concentração.

As amostras pessoais individuais são as preferíveis para a amostragem de exposição ocupacional, por sua adequada representatividade da exposição experimentada pelo indivíduo ao longo do intervalo amostrado. As amostras podem cobrir toda a jornada de trabalho, ou apenas porções definidas.

a.2) Amostras de Zona Corporal de Interesse – Zona de Contaminação

O processo de amostragem é realizado por um segundo indivíduo colocado junto ao trabalhador que mantém o amostrador posicionado na altura da zona corporal de exposição ao risco, junto ao trabalhador.

É um tipo aceitável de amostragem na exposição ocupacional, podendo representar adequadamente a exposição experimentada pelo indivíduo, respeitadas algumas limitações. Este tipo de amostragem está limitada a funções ou tarefas de pouca movimentação em área fisicamente restrita, durante a tomada de cada amostra. É indicado o seu uso em dificuldades de aplicação de amostras pessoais. Usada para amostras pontuais de curta duração, sendo inviáveis em amostras de toda a jornada de trabalho.

a.3) Amostras de Áreas de Contaminação

A amostra é tomada num local fixo da área de trabalho (também denominada de área de amostragem), não vinculadas ao trabalhador. Também é chamada de amostragem estática e é indicada para medir a contaminação do ambiente nas áreas próximas às fontes geradoras de poeira.

É um tipo de amostragem não aceitável para amostragem de exposição ocupacional. Estas amostras não guardam relação específica com a exposição do trabalhador. Não é permitida nenhuma inferência sobre a exposição de pessoas a partir de amostras de área. A aplicabilidade está restrita ao controle de emissão de processos e auxílios de referência no planejamento das amostras dos outros tipos.

Estes tipos de amostragem não se aplicam a controle de agentes químicos, os do Anexo 13 da NR-15, o qual possui formas específicas de amostragem e análise estatística.

b) Tempo de amostragem

A Figura 6 esquematiza as formas de amostragem por tempo de duração que podem ser tomadas para avaliar exposições ocupacionais em uma jornada de trabalho de 8 horas segundo o Manual da NIOSH (1977, p. 37).

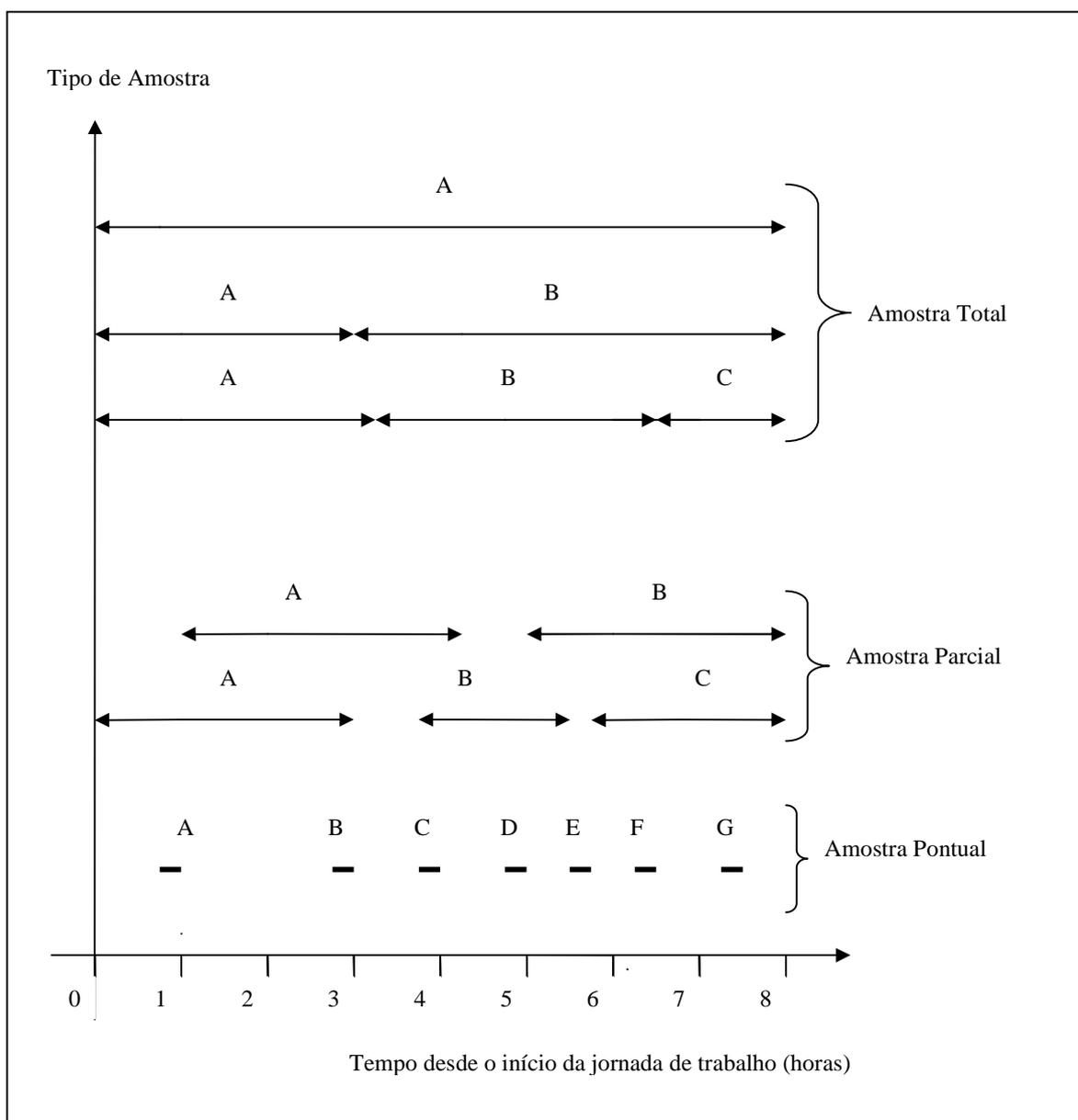


Figura 6 – Tipos de amostras por tempo de duração que podem ser tomadas para avaliação ambiental ocupacional numa jornada diária de 8 horas.

b.1) Amostra durante toda a jornada de trabalho

A amostra pode ser única, realizada **durante todo o período de trabalho**. Por exemplo, para um trabalhador exposto a ruído numa atividade constante durante toda a jornada de trabalho e sem oscilações entre dias de trabalho. Foi realizada uma amostragem pessoal composta por 8 amostras aleatórias de 8 dias de trabalho, com duração de toda a jornada de trabalho. Nestes dias de amostragem, foi fixado no trabalhador um dosímetro de ruído no início da jornada e retirado no final. Foram registrados os seguintes valores, em dB(A):

87,0	89,0	90,0	91,0	92,0	88,0	86,0	89,0
------	------	------	------	------	------	------	------

Em outros casos a amostra pode ser avaliada **seqüencialmente durante toda a jornada de trabalho**. Neste caso algumas amostras de igual ou diferente duração são obtidas consecutivamente durante todo o período de trabalho. Assim, para uma jornada de 8 h de trabalho tomam-se, por exemplo, inicialmente uma amostra de 1 h de duração, após outra com duração de 3 horas, após outra com 30 min e assim sucessivamente até ser monitorada todas as 8 h de trabalho. Pode ser utilizada quando se observa que a atividade do trabalhador tem tarefas sucessivas com diferentes intensidade de exposição.

Por exemplo, para acompanhar a exposição de ruído de certo trabalhador, um técnico de segurança do trabalho o acompanha, durante toda a jornada de trabalho, com um decibímetro. Registra que o trabalhador executa sua atividade num local exposto a um nível de ruído de 90 dB(A) durante 1 hora. Após este tempo, o nível de ruído cai para 84 dB(A) e permanece assim durante 4 horas. O restante da jornada permanece num local onde o nível de ruído é de 86 dB(A). Este trabalhador deverá ser avaliado em várias jornadas de trabalho aleatoriamente selecionadas.

b.2) Amostra parcial da jornada de trabalho

Também podem ser tomadas amostras avaliadas **seqüencialmente durante parte do período de trabalho**. Uma ou mais amostras são tomadas, de igual ou diferente duração, seqüencialmente durante parte do tempo de trabalho. Por exemplo uma jornada de 8 horas pode ser amostrada durante 4 horas. Podem ser oito (8) amostras aleatórias de 30

minutos, ou duas (2) amostras de 1 hora e uma (1) amostra de 2 h, tomadas aleatoriamente em qualquer seqüência durante a jornada de trabalho.

Esta forma amostral é limitada do ponto de vista estatístico, visto que o período não amostrado é considerado como totalmente desconhecido. O Manual de Amostragem do NIOSH não prevê análise estatística fundamentada neste caso, a menos que possa se obter um valor “extrapolado” aceitável para toda a jornada de trabalho. Isto depende do agente ambiental e do processo que estão sob avaliação. No caso do ruído, por exemplo, existe fórmula na Norma de Higiene Ocupacional – NHO 01, publicada pela FUNDACENTRO em 2001, de como determinar a dose diária de ruído da jornada de trabalho avaliada tendo por base a dose da amostra. Para outros agentes de risco, o profissional capacitado pode assegurar, pelo conhecimento das atividades e do processo, e pelo acompanhamento durante a amostragem, que o período não amostrado é essencialmente igual ao período amostrado, do ponto de vista da exposição ao agente. Neste caso, o valor médio obtido no período amostrado passa a ser considerado de toda a jornada diária de trabalho.

b.3) Amostra pontual durante a jornada de trabalho (“grab samples”)

Em outros casos a **amostra pontual simples** é preferida. Quando é impossível amostrar todo o período, ou a maior parte do tempo, por limitação ou dificuldade de utilização do método de avaliação. Nestes casos, tomam-se várias amostras de curto período, que pode-se chamar de pontuais, em intervalos de tempo aleatórios durante toda a jornada de trabalho.

Esta forma amostral é a de menor poder de decisão estatística, exigindo para sua validade a tomada de grande quantidade de amostras pontuais. Em avaliações de certos agentes ambientais isto é extremamente viável, como em avaliações que demandam de leitura direta de um instrumento onde o único custo envolvido num número grande de medições é o tempo do técnico encarregado de tomá-las (ler o instrumento).

Por exemplo, na análise da exposição ao ruído de um trabalhador no exercício de suas funções, identificou-se um ciclo de exposição que em média dura 7 min e 50 s. O período de medição foi adotado visando cobrir 15 ciclos de exposição completos, de modo a garantir boa representatividade, perfazendo um total de 117 min e 30 s (7050 s). Então

selecionou-se aleatoriamente os 15 ciclos a serem monitorados durante a jornada de trabalho e tomou-se as leituras a intervalos de 10 s ($A_t = 10s$), com uma amostragem por zona de contaminação na qual o técnico de segurança do trabalho acompanhou o trabalhador e registrou as intensidades de ruído obtidas com um decibelímetro³. Os dados obtidos estão representados a seguir.

i	NPSi (dB(A))	ni
1	Menos de 80,0	188
2	83,5	3
3	84,0	7
4	85,0	21
5	85,5	38
6	86,5	42
7	88,0	53
8	88,5	47
9	89,0	52
10	90,0	75
11	90,5	65
12	91,0	53
13	92,0	27
14	95,0	17
15	98,0	12
16	99,5	5
Total de leituras = n		705

Notas: **NPSi (dB(A))** = i-ésimo nível de pressão sonora assumido, em dB(A)

Outro exemplo: para avaliar a exposição ambiental de produto volátil por detector de tubos. Esses detectores fazem a coleta durante 5 minutos. Se a intenção é tomar dez (10) amostras do ar, tem-se noventa e seis (96) possibilidades de amostrar 5 minutos durante uma jornada de trabalho de 8 h diárias. Quaisquer dez (10) tomadas aleatórias de 5 minutos

³ Observe que neste caso primeiro se usou uma amostragem aleatória simples para selecionar os 15 ciclos e, após, utilizou-se uma amostragem aleatória sistemática para tomar as leituras.

comporão a amostra da exposição do trabalhador durante a jornada de trabalho. Neste caso o custo pode ser importante para definir o número de amostras.

Uma amostra pontual pode durar 1 segundo (como uma leitura de um medidor de ruído) ou 90 minutos (uma adsorção por tubo de carvão ativado). O que caracteriza uma amostra pontual é a “curta” duração e a aleatoriedade do momento de amostragem. A duração da amostragem não influi na precisão do método, bastando que haja amostras pontuais suficientes para análise. As quantidades de amostras pontuais da jornada diária devem ser altas e podem ser determinadas utilizando-se as mesmas Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentadas no item 4.3.1.1., conforme orienta o Manual da NIOSH (1977, p. 43). Por exemplo, se a amostragem será pontual de duração de 15 minutos cada período, tem-se numa jornada de 8 horas diárias trinta e dois (32) possíveis intervalos de amostragem. Fazendo, assim, $N=32$, sendo $T=20\%$ e um nível de confiança 90% obtém-se na Tabela 6 uma amostra de $n=9$ períodos de 15 minutos de duração. A aleatoriedade na amostragem dos períodos é obtida, geralmente, aplicando um procedimento de amostragem aleatória simples ou sistemática. Por exemplo, numerando-se os trinta e dois (32) possíveis períodos consecutivos de amostragem e procedendo-se ao sorteio dos nove (9) períodos amostrais.

4.3.1.3 Interpretação e tomada de decisões

Os dados de exposição deverão ser analisados através de uso de uma combinação de meios estatísticos e julgamento profissional.

Segundo Mendes (2003, p.244, vol. 1), com modelos de exposição, as distribuições estatísticas não se enquadram perfeitamente nos dados de exposição, sendo necessário o julgamento profissional para identificar as inexatidões de seu uso.

Por exemplo, a maioria das distribuições estatísticas presume que existe alguma probabilidade de exposições infinitamente grandes – uma hipótese que é fisicamente impossível. Por isso, enfoques estatísticos paramétricos são freqüentemente inexatos para o desenvolvimento de estimativas de exposição na parte superior da distribuição.

Mesmo com estas limitações, os métodos estatísticos são ferramentas úteis para ajudar a visualizar perfis de exposição quando existe apenas um número limitado de amostras.

A mais básica análise é a comparação da exposição média do empregado de máxima exposição com o Nível de Ação. Após obtido o valor médio de exposição ao risco ocupacional do empregado de maior risco, e por conseguinte do GHE de máximo risco, faz-se a tomada de decisão básica, comparando a média de exposição com o nível de ação e com o limite de tolerância, conforme resume o gráfico da Figura 7.

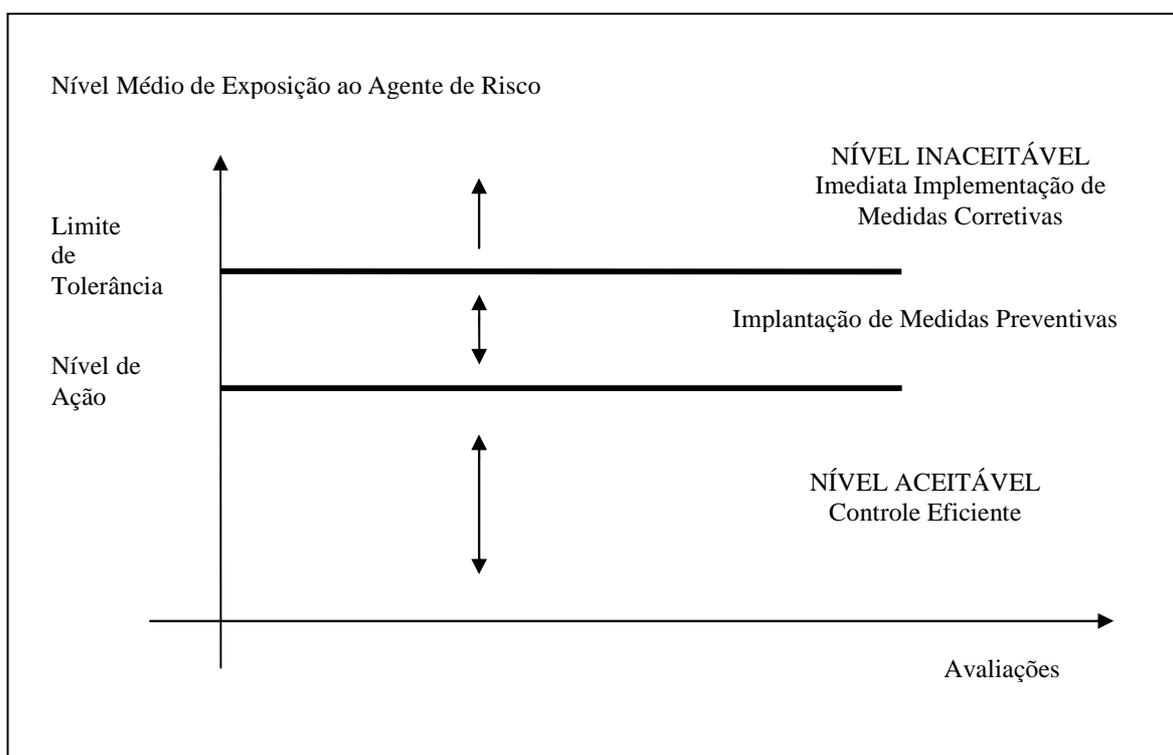


Figura 7 – Esquema resumindo a interpretação do resultado obtido na avaliação ocupacional ambiental.

Três decisões podem ser tomadas:

1ª) Se $\bar{X}_{\text{EXPOSIÇÃO}} < \text{Nível de Ação}$, então a exposição ao agente ambiental ocupacional é tolerável e as medidas preventivas adotadas estão sendo eficientes;

2ª) Se Nível de Ação $< \bar{X}_{\text{EXPOSIÇÃO}} < \text{Limite de Tolerância}^4$, então devem ser tomadas medidas preventivas quanto ao controle da exposição do trabalhador ao agente ambiental ocupacional, para que o limite de tolerância não seja atingido.

3ª) Se $\bar{X}_{\text{EXPOSIÇÃO}} > \text{Limite de Tolerância}$, então devem ser tomadas medidas corretivas imediatamente, visando reduzir a exposição do trabalhador ao agente ambiental ocupacional.

Conforme o nível de exposição obtido, pode-se concluir que o agente de risco está sob controle, isto é, ou o agente não atinge níveis prejudiciais ao trabalhador ou as medidas de segurança já implementadas estão sendo eficientes. Em caso contrário, o nível de exposição mensurado indicará a adoção de medidas preventivas de segurança (caso o nível de ação foi atingido), ou a adoção imediata de medidas corretivas, visto que o limite de tolerância foi ultrapassado.

No caso de agentes cujos efeitos adversos em potencial mostram uma melhor correlação com a dose total recebida (geralmente em exposições crônicas, de longo prazo), a exposição poderá ser avaliada calculando-se um intervalo de confiança sobre a média aritmética de exposição, comparando-se este intervalo de confiança ao limite de exposição ocupacional.

Outros agentes poderão ser avaliados considerando-se o percentual de exposição que excede a um padrão, como por exemplo um Limite de Tolerância. Este enfoque de Limite de Tolerância é mais restritivo do que a avaliação da média, portanto geralmente preferido para avaliar os efeitos adversos a saúde, porque enfoca o controle da parte mais alta da curva de distribuição da exposição, ao invés de controlar a média aritmética dessa exposição. Por outro lado, o enfoque do percentual excedente preocupa porque dá a entender que é aceitável uma fração de exposições acima do limite de exposição ocupacional.

⁴ LIMITES DE TOLERÂNCIA - LT: são valores fixados em razão da natureza, concentração ou intensidade do agente ou tempo de exposição. São valores referenciais.

Independente de qualquer outro ponto, é necessário, antes de aplicar qualquer técnica estatística, que as hipóteses que embasam os métodos estatísticos sejam atendidas:

- a coleta de dados de exposição da população de trabalhadores (GHE) foi aleatória;
- a distribuição da população é estacionária, isto é, imutável através do tempo;
- a suposta distribuição da população-base deverá se encaixar bem nos dados, caso se pretenda usar dados paramétricos.

Como o enfoque nesta Monografia é o processo de amostragem, apenas será apresentado sinteticamente aspectos importantes na análise estatística dos dados quantitativos obtidos nas avaliações ambientais.

Quando se conhece o empregado exposto de maior risco, faz-se a monitoração da exposição ocupacional avaliando uma jornada típica de trabalho deste empregado. Se a amostra for de todo o período obtém-se diretamente a exposição média da jornada. Se a amostra foi por períodos consecutivos cobrindo toda a jornada de trabalho, a média da jornada é a média ponderada nos períodos de tempo amostrados.

Se a amostra for pontual, é necessário obter a exposição média da jornada. Para cada agente de risco ambiental tem-se uma forma de cálculo. Por exemplo, para calcular o nível médio representativo da exposição ao ruído utiliza-se a seguinte fórmula:

$$NM = 10 \log \left((1/n) * (n_1 \times 10^{(0,1NPS1)} + n_2 \times 10^{(0,1NPS2)} + \dots + n_n \times 10^{(0,1NPSn)}) \right)^5$$

Deve-se calcular o nível de exposição normalizado – NEN quando a avaliação não cobriu toda a jornada padrão de 8 horas diárias de trabalho:

$$NEN = NE + 10 \log (T_e/480)^6 \quad (\text{dB})$$

A análise de várias jornadas de trabalho leva em conta a distribuição estatística que irá se aplicar aos dados. Frequentemente, a distribuição que melhor se adapta aos dados é a distribuição lognormal. Em alguns casos aplica-se a distribuição normal. Os parâmetros estatísticos são estimados pela média (aritmética ou geométrica), desvio padrão (aritmético

⁵ Onde: NM = nível médio representativo da exposição do trabalhador avaliado relativo ao período de medição;

n_i = número de leituras obtidas para um mesmo nível assumido – NPSi;

n = número total de leituras (devem ser incluídas as leituras de valores abaixo de 80 dB(A));

NPSi = i-ésimo nível de pressão sonora assumido, em dB(A)

⁶ onde: NE = nível de exposição.

T_e = tempo de duração amostrado, em minutos, da jornada diária de trabalho.

ou geométrico), coeficiente de variação e a determinação da probabilidade de exceder ao Limite de Exposição estabelecido (Nível de Ação ou Limite de Tolerância).

As decisões possíveis de serem tomadas com base nas informações estatísticas levantadas são:

- as exposições ocupacionais são aceitáveis;
- os dados são insuficientes, sendo necessárias mais amostragens;
- as exposições são altas devendo ser implementadas medidas de controle e após, novas amostragens e análises.

5 CONCLUSÃO

Conforme o exposto no Capítulo 4, a amostragem de riscos ambientais ocupacionais não consiste numa simples aplicação de uma técnica de amostragem probabilística ou não-probabilística. Existem algumas particularidades que devem ser observadas para selecionar os elementos da amostra que será submetida à avaliação quantitativa.

Inicialmente a avaliação qualitativa dos locais de trabalho e das funções desempenhadas pelos trabalhadores é essencial para conhecer, de um modo geral, a qualidade do ambiente de trabalho e programar “como” será a avaliação dos riscos ambientais identificados.

Detectada a presença de um agente de risco, a avaliação subjetiva das informações inventariadas sobre o local de trabalho, força de trabalho e função desempenhada permite colocar cada trabalhador em um grupo de exposição homogênea apropriado, que denomina-se GHE. Buscam-se agrupar os trabalhadores que possuem as mesmas chances de exposição a um dado agente, visto que desenvolvem rotinas e tarefas semelhantes do ponto de vista de exposição.

Esta fase é uma espécie de estratificação da população por nível de intensidade de exposição ao agente de risco. No entanto, nas avaliações ocupacionais não interessa amostras proporcionais de cada GHE. A lógica é monitorar o grupo de maior exposição. Se este grupo está dentro dos limites aceitáveis de exposição, é coerente que os grupos de menor exposição também estarão com exposição aceitável. Caso o grupo de maior exposição esteja acima do limite aceitável de exposição, passa-se a avaliação do seguinte anterior grupo mais exposto, e assim por diante. Desta forma pode-se atuar mais rapidamente com medidas de controle sobre o grupo em risco real, quando níveis inaceitáveis de exposição são identificados, minimizando os recursos gastos em avaliações quantitativas em trabalhadores cuja exposição a risco está dentro de níveis aceitáveis.

Determinado o GHE de máximo risco, que pode ser um ou mais trabalhadores, identifica-se o Empregado de Maior Risco - EMR. O GHE de máximo risco é homogêneo quanto aos riscos de exposição, mantendo variabilidades de exposição normais dentro dos trabalhadores do grupo. Assim, pode-se identificar o empregado do GHE de máximo risco mais exposto. Normalmente esta identificação é feita por observação (avaliação qualitativa) ou por indicação do chefe do setor. Em geral, trata-se do trabalhador que está exposto em ambiente fechado ou que manipule o

material mais agressivo, que se encontra mais próximo da fonte de risco ou que permanece mais tempo próximo a ela ou no ambiente de maior concentração. Na impossibilidade de identificar o trabalhador de maior risco a avaliação deverá ser realizada numa amostra aleatória (geralmente aleatória simples) de tamanho definido pelas Tabelas 4, 5, 6 ou 7 do Capítulo 4. Muitas vezes, principalmente em pequenas e médias empresas, o GHE de máximo risco é um só indivíduo: o próprio empregado de maior risco.

Sobre o empregado de maior risco são realizadas avaliações ambientais do risco ocupacional em análise, durante sua jornada normal de trabalho. Da mesma forma que para os GHE's, se o empregado de maior risco está exposto a nível aceitável de exposição ao agente de risco, todo o GHE de máximo risco terá exposição dentro do aceitável. Caso o empregado de maior risco está exposto acima do aceitável, todo o GHE de máximo risco também estará.

Abaixo, a Figura 8 resume os procedimentos específicos para a amostragem em avaliações de riscos ambientais em geral.

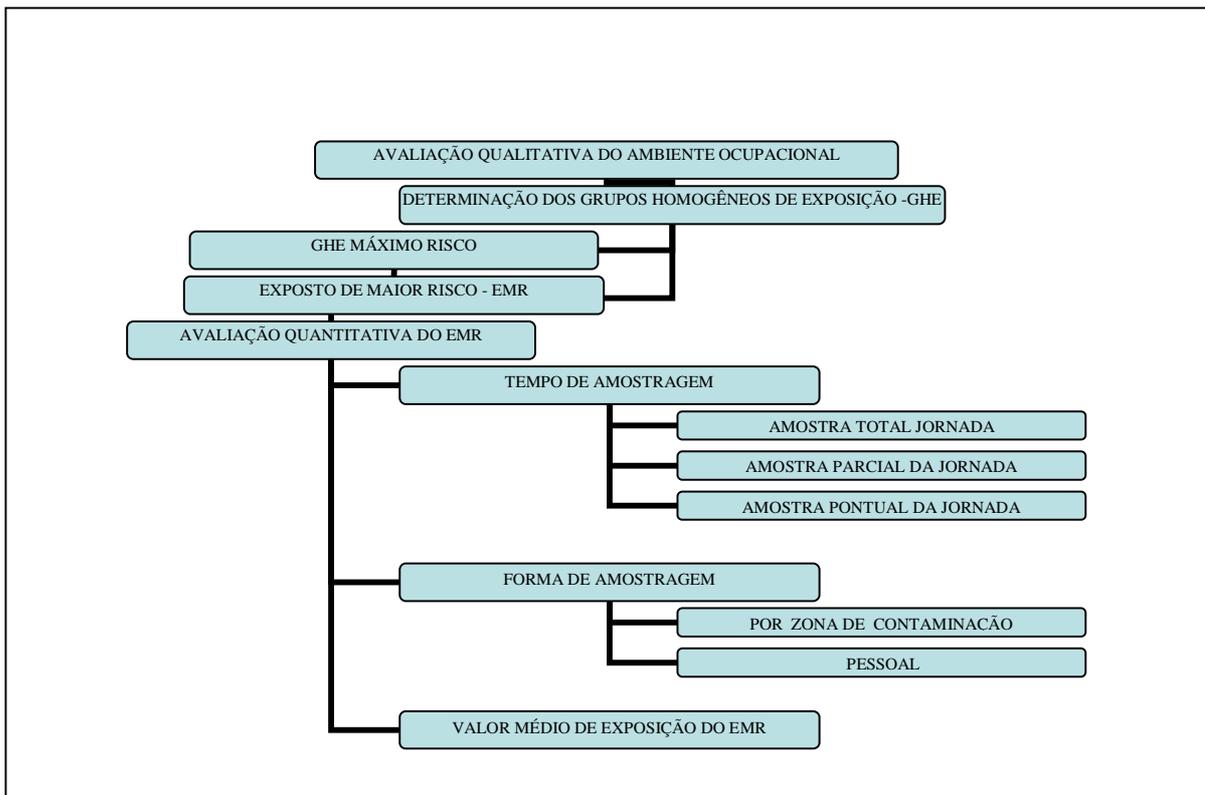


Figura 8 – Fluxograma do procedimento de amostragem para avaliação ambiental ocupacional.

É aconselhável que sejam realizadas avaliações em mais de um dia de trabalho. Dependendo do risco e dos recursos financeiros disponíveis a amostragem pode ser pessoal ou por zona de contaminação. O que diferencia um processo do outro é que no primeiro o instrumento amostrador está fixado no trabalhador; no segundo processo o amostrador é posicionado junto ao trabalhador pelo técnico que está realizando a amostragem. Em riscos como ruído, o amostrador individual têm custo mais elevado do que a amostragem por zona. O dosímetro de ruído é de uso individual e necessita equipamento especializado para análise; já o decibelímetro permite a leitura instantânea do ruído e pode ser utilizado tantas vezes e em tantos trabalhadores quantos for necessário.

O tempo de amostragem também varia de acordo com os riscos e recursos disponíveis. O desejável é que toda a jornada de trabalho seja avaliada com uma única amostra ou várias amostras seqüenciais. No entanto, quando isto não é viável operacional ou financeiramente, pode-se dispor de várias amostras parciais ou pontuais tomadas aleatoriamente durante a jornada de trabalho. Se estas amostras são representativas da jornada de trabalho, isto é, se é possível assumir que o período não amostrado é essencialmente igual ao período amostrado, do ponto de vista de exposição ao agente de risco, o valor médio obtido no período amostrado passa a ser considerado o valor de exposição de toda a jornada de trabalho.

Nas amostras pontuais é importante manter a aleatoriedade, exigindo, então, uma técnica de amostragem probabilística para a definição de quais momentos da jornada de trabalho serão amostrados, além de considerar também a existência ou não de ciclos de exposição. O número de amostras pontuais deve ser grande, podendo ser utilizadas as Tabelas 4, 5, 6 ou 7 do Capítulo 4 para a determinação do número de avaliações que comporão a amostra.

Após obtido o valor médio de exposição ao risco ocupacional do empregado de maior risco, e por conseguinte do GHE de máximo risco, faz-se a tomada de decisão. Conforme o nível de exposição obtido, pode-se concluir que o agente de risco está sob controle, isto é, ou o agente não atinge níveis prejudiciais ao trabalhador ou as medidas de segurança já implementadas estão sendo eficientes. Em caso contrário, o nível de exposição mensurado indicará a adoção de medidas preventivas de segurança (caso o nível de ação foi atingido), ou a adoção imediata de medidas corretivas, visto que o limite de tolerância foi ultrapassado.

Assim, pode-se evitar o uso equivocado de esforços e recursos na execução de avaliações quantitativas, identificando os “focos” para avaliação e possibilitando a melhor e mais rápida aplicação de medidas de controle.

Demais análises estatísticas podem ser realizadas com dados obtidos de amostras representativas sobre o agente de risco, conforme especificidade de cada risco (o que não era o foco deste estudo). No entanto, é útil frisar, que só sobre amostras coletadas levando-se em consideração as particularidades da área de atuação e coletadas de “forma” aleatória, podem ser utilizadas como base para estudos estatísticos.

Observa-se na prática que, na maioria das vezes, estas peculiaridades são desprezadas nas avaliações ambientais, por desconhecimento ou negligência dos técnicos da área. A falta de planejamento da avaliação quantitativa de riscos ambientais pode levar a desvios e incoerências nos resultados. É comum os técnicos tomarem apenas uma avaliação do exposto de maior risco em um dia qualquer de trabalho, quando o trabalhador está executando a atividade de maior exposição naquele dia. Isto pode levar a resultados não representativos, exigindo ações superdimensionadas que acarretarão custos mais elevados e, em geral, dificultarão a efetiva implementação por parte dos empregadores. O que acontece, então, é a negligência na implementação das medidas de controle dos riscos e a resistência dos empresários em cumprir a legislação de Saúde e Segurança Ocupacional.

Outro aspecto importante que pode ser explorado pelas empresas é a organização de um histórico ocupacional das atividades avaliadas. Cumprindo a legislação é necessária a avaliação no mínimo anual dos riscos. Se forem obtidas sempre amostras representativas dos ambientes ocupacionais, ter-se-á um instrumento formal para mostrar a eficiência da atuação da empresa no controle dos riscos ocupacionais presentes em seu processo produtivo.

Assim, espera-se com esta compilação de informações, contribuir para a mais eficaz atuação dos profissionais da área de Saúde Ocupacional e para a melhoria na coleta de informações dos estudos científicos de dados referentes a ambientes ocupacionais.

Também observa-se a necessidade da continuidade deste assunto, aplicando os procedimentos preliminares para selecionar amostras aleatórias representativas num ambiente ocupacional e coletando dados de algum risco ambiental, tal como ruído.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COCHRAN, W. G. **Técnicas de Amostragem**. Fundo de Cultura, 1965.

COSTA NETO, P. L. de O. **Estatística**. São Paulo:EDGARD BLÜCHER, 1999.

FONSECA, J. S. e MARTINS, G. A. **Curso de Estatística**. Atlas, São Paulo. 1996.

FUNDACENTRO. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional – NHO 04** Método de Ensaio: *Método de Coleta e Análise de Fibras em Locais de Trabalho ...* São Paulo, 2001. Disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/CTN/nho04.asp>> . Acesso em: 15 mar. 2005.

FUNDACENTRO. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional – NHO 01** Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído. São Paulo, 2001. Disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/CTN/nho01.asp>> . Acesso em: 15 mar. 2005.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. Atlas, São Paulo. 1987.

SILVA, N. N. da. **Amostragem Probabilística: Um curso Introdutório**. 2 ed. Ver. São Paulo: Editora da Universidade de SP, 2001.

MENDES, René organizador – Vários colaboradores. **Patologia do Trabalho**. 2. ed. atual. e ampl. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health. **Occupational Exposure Sampling Strategy Manual**. Ohio, EUA, 1977. Disponível em <<http://www.cdc.gov/niosh/77-173.html>> . Acesso em: 15 mar. 2005.

TRIOLA, M. F. **Introdução a Estatística**. Tradução: Alfredo Alves de Farias. 7ª Ed., LTC, Rio de Janeiro, RJ. 1999.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução Daniel Grassi. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

WALLIS, W. A. e ROBERTS, H. V. **Curso de Estatística**. Ed. Fundo de Cultura, vol. 1, Rio de Janeiro, 1956

7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística Princípios e Aplicações**. Artmetd, Porto Alegre, 2003.

FREUND, J. E.; SIMON, G. A. **Estatística Aplicada: Economia, Administração e Contabilidade**. 9ª Ed. Bookman, Porto Alegre, RS. 2000.

MUNIZ, J. A.; ABREU, A. R. **Técnicas de Amostragem**. UFLA/FAEPE, Lavras, 1999.

VIEIRA, S. **Princípios de Estatística**. Ed. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, SP. 2003.