

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO PARA O PLANEJAMENTO  
DA INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS**

**Camila Duarte Teles**

**Porto Alegre  
2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO PARA O PLANEJAMENTO  
DA INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS**

**Camila Duarte Teles**

**Orientador: Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro**

**Banca Examinadora:**

**Profa. Dra. Liane Werner  
Profa. Dra. Miriam Borchardt  
Profa. Dra. Morgana Pizzolato**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de  
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
Área de concentração: Qualidade**

**Porto Alegre  
2007**

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.**

---

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.  
PPGEP / UFRGS  
Orientador

---

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, PhD  
Coordenador do PPGEP / UFRGS

**Banca Examinadora:**

**Liane Werner, Dra.**  
Profa. Depto. de Estatística / UFRGS

**Miriam Borchardt, Dra.**  
Profa. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas / UNISINOS

**Morgana Pizzolato, Dra.**  
Profa. Depto. de Engenharia de Produção e Transportes / UFRGS

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador José Luis Duarte Ribeiro pelo conhecimento transmitido e dedicação dispensada.

Às professoras da banca examinadora pela disponibilidade e contribuições dadas ao trabalho.

Aos funcionários do PPGEP pelo suporte nas questões administrativas.

Aos colegas do LOPP, Istefani, Liane, Marcelo, Carla e Maria, pelos momentos de descontração que vivenciamos. Em especial às amigas Camila, Graziela e Morgana que estiveram ao meu lado diariamente durante a construção desse trabalho.

Aos meus avós pelo carinho e apoio permanentes.

À minha dinda Isnara pelo constante estímulo ao estudo.

Ao meu afilhado Henrique pelos momentos de alegrias. Ao seu lado todas as dificuldades eram esquecidas.

À minha irmã Luana pela compreensão, apoio e amizade.

Ao meu namorado Júlio pelo amor incondicional. Obrigada pelo companheirismo, cumplicidade, carinho, paciência, estímulo e força. Não sei se teria conseguido sem você. Só me resta dizer que amo você muito, muito, muito!

Aos meus pais Larri e Ieza pelo incentivo, educação, compreensão, paciência e amor.

**Devo tudo a vocês!**

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um método para o planejamento da inspeção de equipamentos instalados em grandes quantidades e em extensas áreas geográficas. Para tanto, a dissertação apresenta inicialmente tópicos referentes a amostragem, que constitui a base do método desenvolvido, e inspeção de produtos e equipamentos. O método proposto é dividido em três fases, as quais são subdivididas em etapas que apresentam as atividades a serem realizadas. A Fase 1 denomina-se elaboração da matriz amostral e visa identificar quais e quantos equipamentos devem ser inspecionados. A Fase 2, intitulada distribuição da matriz amostral no tempo, tem como objetivo determinar quando os equipamentos devem ser inspecionados. A Fase 3, designada alocação dos recursos humanos para execução da matriz amostral, visa estabelecer quem deve inspecionar os equipamentos. Após seu desenvolvimento, o método foi aplicado em uma empresa do setor de distribuição de energia elétrica, para auxiliar no planejamento da inspeção de seus medidores de energia elétrica. Por fim, realizou-se a avaliação do método, através de entrevistas individuais com três especialistas da empresa. De acordo com os mesmos, o método é exequível, fácil de ser aplicado e possivelmente será implantado na empresa. Além disso, soluciona, se implantado, o problema referente ao desconhecimento do desempenho dos medidores instalados em seu parque de medição, que têm impacto direto sobre o faturamento da empresa.

Palavras-chave: inspeção, amostragem, medidores de energia elétrica.

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to develop a method for the inspection planning of equipments installed at great quantity and extensive geographical areas. Initially, some topics regarding sampling, which constitutes the base of the developed method, and inspection of products and equipment are presented. The proposed method is divided in three phases, which are subdivided in stages that present the activities to be accomplished. Phase 1 is called elaboration of the sampling matrix, aiming the identification of the equipments to be inspected. Phase 2, named time distribution of the sampling matrix, determines when the equipment must be inspected. Phase 3, designated allocation of the human resources for execution of the sampling matrix, establishes who must inspect the equipments. After development, the method was applied at a company of electric power distribution segment, to assist the inspection planning of its electric energy meters. Finally, the method evaluation was carried out, through individual interviews, considering the opinion of three specialists of the company. According to the specialists, the method is feasible, easy to apply, and possibly it will be implanted by the company. Besides, if implanted, it solves the problem regarding the lack of knowledge concerning the meters installed in its concession area, which have direct impact on companies' budget.

Keywords: inspection, sampling, electric energy meter.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	População alvo, população referenciada e população amostrada .....	22
Figura 2	Exemplos de descrição de uma população .....	22
Figura 3	Tipos de amostras segundo a classificação de Jessen.....	25
Figura 4	Classificação dos planos amostrais probabilísticos .....	26
Figura 5	Representação gráfica de uma amostragem sistemática .....	33
Figura 6	Comparação dos planos amostrais.....	34
Figura 7	Perguntas para auxiliar na decisão de escolha pela AE .....	36
Figura 8	Perguntas para auxiliar na decisão de escolha pela AC.....	37
Figura 9	Representação gráfica: confiabilidade $\times$ validade.....	39
Figura 10	Classificação dos erros não amostrais .....	40
Figura 11	Método proposto para o planejamento da inspeção de equipamentos.....	47
Figura 12	Formulário para cálculo do tamanho de amostra.....	53
Figura 13	Exemplo de produto da etapa 3.1 (identificação das áreas de atuação das equipes de inspeção).....	63
Figura 14	Exemplo de produto da etapa 3.3 (alocação das equipes para execução da matriz amostral) .....	65
Figura 15	Relação dos modelos de medidores de energia elétrica alvos de inspeção .....	72
Figura 16	Formulário para cálculo do tamanho de amostra.....	75
Figura 17	Relação entre áreas de atuação, regiões e localizações .....	85
Figura 18	Produto final do método de planejamento de inspeções de medidores da concessionária – janeiro.....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Exemplo de produto da etapa 1.4 (identificação das subpopulações) – matriz das subpopulações.....	51
Tabela 2	Exemplo de produto da etapa 1.6 (determinação do tamanho da amostra) – matriz amostral.....	55
Tabela 3	Exemplo de produto da etapa 2.2 (determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente).....	57
Tabela 4	Exemplo de matrizes quantidade-teórica-acumulada para os meses de abril, maio, junho e julho .....	59
Tabela 5	Exemplo de matrizes quantidade-teórica-não-alocada para os meses de abril, maio, junho e julho .....	60
Tabela 6	Exemplo de produto da etapa 2.3 (distribuição do plano amostral no tempo) – matrizes quantidade-alocada para os meses de abril, maio, junho e julho .....	61
Tabela 7	Exemplo de produto da etapa 3.2 (determinação da capacidade mensal de inspeções por área de atuação).....	64
Tabela 8	Ensaio de exatidão para medidores monofásicos classe 2.....	71
Tabela 9	Ensaio de exatidão para medidores polifásicos classes 1 e 2 .....	71
Tabela 10	Quantidade de medidor por modelo (estratos), zona e região (subclasses).....	74
Tabela 11	Tamanho da amostra por modelo (estrato).....	76
Tabela 12	Matriz amostral dos medidores de energia elétrica da concessionária .....	77
Tabela 13	Quantidade limite de medidores de energia elétrica que podem ser inspecionados	78
Tabela 14	Distribuição da matriz amostral no tempo (matriz quantidade-alocada).....	80
Tabela 15	Relação entre áreas de atuação, regiões, quantidades de equipes de inspeção, capacidade de inspeções e quantidade de equipamentos que devem ser inspecionados.....	86



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Método .....</b>	<b>14</b>
<i>1.3.1 Caracterização da pesquisa .....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.2 Etapas do trabalho.....</i>	<i>15</i>
<b>1.4 Delimitações .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5 Estrutura .....</b>	<b>16</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Amostragem .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Planos de amostragem.....</b>	<b>23</b>
<i>2.2.1 Planos amostrais probabilísticos .....</i>	<i>25</i>
<b>2.3 Tipos de erros nos levantamentos por amostragem .....</b>	<b>37</b>
<i>2.3.1 Erros amostrais.....</i>	<i>39</i>
<i>2.3.2 Erros não amostrais.....</i>	<i>40</i>
<b>2.4 Determinação do tamanho da amostra.....</b>	<b>41</b>
<b>2.5 Inspeção .....</b>	<b>44</b>
<b>3 MÉTODO PROPOSTO.....</b>	<b>46</b>
<b>3.1 Elaboração da matriz amostral.....</b>	<b>48</b>
<i>3.1.1 Definição do objetivo do planejamento da inspeção de equipamentos.....</i>	<i>48</i>
<i>3.1.2 Identificação da população .....</i>	<i>49</i>
<i>3.1.3 Definição dos critérios de estratificação e subclassificação .....</i>	<i>49</i>
<i>3.1.4 Identificação das subpopulações.....</i>	<i>50</i>
<i>3.1.5 Seleção do procedimento de alocação da amostra pelos estratos .....</i>	<i>51</i>
<i>3.1.6 Determinação do tamanho da amostra.....</i>	<i>52</i>
<b>3.2 Distribuição da matriz amostral no tempo.....</b>	<b>55</b>
<i>3.2.1 Determinação do período de tempo de execução das inspeções .....</i>	<i>56</i>
<i>3.2.2 Determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente .....</i>	<i>56</i>
<i>3.2.3 Distribuição da matriz amostral no tempo.....</i>	<i>57</i>

<b>3.3 Alocação de recursos humanos para execução da matriz amostral.....</b>	<b>61</b>
3.3.1 <i>Identificação das áreas de atuação das equipes de inspeção.....</i>	<i>62</i>
3.3.2 <i>Determinação da capacidade mensal de inspeções por área de atuação .....</i>	<i>63</i>
3.3.3 <i>Alocação das equipes para execução da matriz amostral.....</i>	<i>65</i>
<b>4 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO.....</b>	<b>67</b>
<b>4.1 Elaboração da matriz amostral.....</b>	<b>69</b>
4.1.1 <i>Definição do objetivo do planejamento da inspeção de equipamentos.....</i>	<i>70</i>
4.1.2 <i>Identificação da população .....</i>	<i>72</i>
4.1.3 <i>Definição dos critérios de estratificação e subclassificação .....</i>	<i>73</i>
4.1.4 <i>Identificação das subpopulações.....</i>	<i>74</i>
4.1.5 <i>Seleção do procedimento de alocação da amostra pelos estratos .....</i>	<i>74</i>
4.1.6 <i>Determinação do tamanho da amostra.....</i>	<i>75</i>
<b>4.2 Distribuição da matriz amostral no tempo.....</b>	<b>77</b>
4.2.1 <i>Determinação do período de tempo de execução das inspeções .....</i>	<i>78</i>
4.2.2 <i>Determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente .....</i>	<i>78</i>
4.2.3 <i>Distribuição da matriz amostral no tempo.....</i>	<i>79</i>
<b>4.3 Alocação de recursos humanos para execução da matriz amostral.....</b>	<b>84</b>
4.3.1 <i>Identificação das áreas de atuação das equipes de inspeção.....</i>	<i>84</i>
4.3.2 <i>Determinação da capacidade mensal de inspeções por área de atuação .....</i>	<i>85</i>
4.3.3 <i>Alocação das equipes para execução da matriz amostral.....</i>	<i>88</i>
<b>4.4 Avaliação do método proposto .....</b>	<b>89</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>93</b>
<b>5.1 Conclusões.....</b>	<b>93</b>
<b>5.2 Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE A - MATRIZES QUANTIDADE-TEÓRICA-ACUMULADA .....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE B - MATRIZES QUANTIDADE-TEÓRICA-NÃO-ALOCADA .....</b>	<b>107</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as empresas brasileiras passaram por profundas mudanças ocasionadas pela globalização dos mercados. Em função da globalização, as empresas nacionais deixaram de competir apenas localmente e passaram a concorrer no mercado mundial. Para garantir a sobrevivência nesse mercado, uma empresa precisa desenvolver competitividade superior. Essa competitividade é decorrente da produtividade que, por sua vez, é derivada da qualidade dos produtos e serviços de uma empresa. Assim, a qualidade é considerada uma questão de vida ou morte para a mesma (CAMPOS, 1999). Stevenson (2002) *apud* Wang (2007) confirma essa afirmação sugerindo que a qualidade é um dos fatores mais importantes dentre todas as estratégias de ação adotadas pelas empresas. Cabe salientar que “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente (projeto perfeito), no tempo certo (entrega no prazo, local e quantidade certos), de forma confiável (sem defeitos), acessível (baixo custo) e segura (segurança do cliente) às necessidades do cliente” (CAMPOS, 1999, p.2).

Com o intuito de auxiliar na sobrevivência das empresas e, portanto, na produção de produtos e serviços de qualidade, atualmente são desenvolvidas pesquisas em diversas áreas, como, por exemplo, desenvolvimento de produtos e confiabilidade. Os trabalhos na área de desenvolvimento de produto contribuem para atender perfeitamente às necessidades do cliente, enquanto as pesquisas referentes à confiabilidade auxiliam a atender de forma confiável e segura essas necessidades. Uma vez que quase todos os sistemas produtivos são imperfeitos e, portanto, produzem itens não conformes, os estudos referentes a inspeção também contribuem para a garantia da qualidade dos produtos (WANG, 2007).

A inspeção, por sua vez, é definida por Juran e Gryna (1992, p.6) como a “avaliação da qualidade de alguma característica em relação ao padrão”. A finalidade da realização dessa atividade pode ser: distinguir lotes/produtos bons de lotes/produtos ruins; determinar se o processo está mudando; determinar se o processo está próximo dos limites de especificação; classificar a qualidade do produto; medir a exatidão do instrumento de medição; medir a capacidade estatística do processo (JURAN; GRZYNA, 1992). Resumidamente, a inspeção visa identificar, reduzir e eliminar os defeitos (GUINATO, 1998).

Entretanto, ao mesmo tempo que a inspeção auxilia a garantir a qualidade dos produtos, essa é uma atividade que não agrega valor, visto que não melhora um produto e, apenas, identifica se o mesmo está dentro das especificações. Conseqüentemente, a inspeção é

um elemento crítico dos programas de qualidade, devendo-se priorizar a redução do tempo de execução da mesma (BIBEE, 2006; ERICSON, 2006).

Segundo Kim, Cho e Kim (2007), a implantação da inspeção 100% tornou-se uma prática especialmente comum nas indústrias de alta tecnologia para remoção de produtos defeituosos. No entanto, essa forma de inspeção é onerosa, tediosa e ineficiente, além de consumir muito tempo, quando executada por um operador. Além disso, a inspeção 100% não garante a ausência de itens não conformes, devido ao desgaste do operador e dos instrumentos de medição. Estima-se que esse tipo de inspeção não elimine entre 5 e 15% dos produtos defeituosos de um lote (ANDRADE, 2002). Em função disso, a inspeção por amostragem, baseada em conceitos estatísticos, tende a substituir a inspeção 100%, já que é mais eficiente e confiável e consome menores recursos e tempo (GUINATO, 1998).

Portanto, como pode ser observado pelo exposto acima, o tópico inspeção ainda deve ser estudado em maior profundidade, com o objetivo de desenvolver procedimentos de otimização específicos para cada finalidade de aplicação da inspeção. Por exemplo, existem trabalhos que propõem diferentes planos de inspeção para: (i) aceitação de lotes de produtos, como os de Balamurali e Jun (2007), Cheng e Chen (2007) e Pearn e Wu (2007); (ii) componentes críticos de um produto, como os de Duffuaa (1996) e Duffuaa e Khan (2002); (iii) tipos de equipamentos, utilizando a abordagem da inspeção baseada em risco, como os de Kallen e Noortwijk (2005), Noori e Price (2006) e Santosh et al. (2006).

## **1.1 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um método para o planejamento da inspeção de equipamentos instalados em grandes quantidades e em extensas áreas geográficas. Neste trabalho a inspeção compreende do planejamento dos equipamentos inspecionados à coleta dos mesmos em campo. Além disso, entende-se que grandes quantidades de equipamentos são aquelas que possibilitem a utilização de amostragem e que extensas áreas geográficas são aquelas que permitem que os equipamentos sejam inspecionados por mais de uma equipe de inspeção.

Para alcançar o objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um procedimento que permita identificar os equipamentos que devem ser inspecionados, bem como a quantidade dos mesmos;

- Desenvolver um procedimento que possibilite determinar em que momento os equipamentos devem ser inspecionados;
- Desenvolver um procedimento que auxilie a estabelecer os colaboradores que devem inspecionar os equipamentos;
- Aplicar o método proposto em uma empresa que possua equipamentos instalados em grandes quantidades e em extensas áreas geográficas;
- Avaliar o método proposto.

Considerando o exposto acima, esta dissertação se propõe a responder os seguintes questionamentos:

- Quais equipamentos inspecionar?
- Quantos equipamentos inspecionar?
- Quando inspecionar os equipamentos?
- Quem inspeciona os equipamentos?

## **1.2 Justificativa**

O tema principal desta dissertação é a inspeção de equipamentos. Esse tema é relevante, uma vez que os equipamentos de uma empresa necessitam estar em condições adequadas de funcionamento para garantir a qualidade de seus produtos. Além disso, quando esse tema é comparado a inspeção de produtos, verifica-se que existem poucos trabalhos sobre a inspeção de equipamentos, confirmando que esse é um assunto que ainda deve ser pesquisado em maior profundidade.

A inspeção de equipamentos visa, especificamente, avaliar e controlar as condições dos equipamentos, identificar causas de deteriorações e controlar a qualidade dos reparos executados (SILVA; PETRAGLIA; PETRAGLIA, 1998). Esse tipo de inspeção auxilia, assim, na diminuição das perdas de materiais, lucros cessantes e danos ao meio-ambiente e, ainda, no aumento da segurança dos colaboradores (CARDOSO, 2002).

Na literatura consultada, esse tema é usualmente relacionado a inspeção de equipamentos de plantas químicas, petroquímicas e indústria de petróleo, visto que as falhas de equipamentos nessas áreas são muito onerosas (CARDOSO, 2002). Normalmente, para o planejamento desse tipo de inspeção, os pesquisadores empregam a abordagem da inspeção

baseada em risco. Os principais tipos de equipamentos abordados nesses trabalhos são válvulas, tubulações, caldeiras e vasos de pressão.

Entretanto, o desenvolvimento de um método para o planejamento da inspeção de equipamentos, que não seja baseado em risco, também é importante, porque, caso o equipamento esteja operando de modo inadequado e o custo do produto seja elevado, a perda financeira é grande. Outra situação é aquela onde há uma grande quantidade de equipamentos funcionando fora dos limites de especificação, independentemente de o produto ter um custo elevado. Um exemplo dessa última situação é quando os medidores de vazão de combustíveis estão operando fora de seus limites, condição que prejudica o proprietário do estabelecimento ou seus clientes.

A partir desse exemplo dos medidores de vazão de combustíveis, pode-se observar que um método para o planejamento da inspeção de equipamentos é interessante tanto para as empresas, quanto para os órgãos fiscalizadores/reguladores. Para esses últimos, um método para o planejamento da inspeção de equipamentos é útil, visto que uma das atividades desses órgãos é a inspeção de instrumentos de medição, tais como medidores de vazão, taxímetros e medidores de energia elétrica.

Os dados referentes aos equipamentos inspecionados permitem que a empresa avalie o desempenho do seu parque industrial ao longo do tempo. Assim, essa empresa pode realizar estudos de confiabilidade de seus equipamentos, permitindo identificar, por exemplo, quando as manutenções preventivas devem ser executadas, quando os equipamentos devem ser substituídos e quais as tecnologias mais adequadas para cada situação específica, auxiliando na compra de novos equipamentos.

Os dados obtidos através dos equipamentos inspecionados também auxiliam na escolha de quais fornecedores esses equipamentos devem ser comprados. Além disso, contribui para o desenvolvimento desses fornecedores, já que, baseando-se nos dados referentes ao desempenho de seus equipamentos em condições reais de uso, podem identificar os problemas que ocorrem no campo e melhorar a tecnologia empregada nos mesmos.

Outra motivação para o desenvolvimento de um método para o planejamento da inspeção de equipamentos é quando esses equipamentos têm influência direta sobre o faturamento. Como exemplo dessa situação tem-se as empresas distribuidoras de água, cujo faturamento é diretamente proporcional ao volume de água consumido pelos clientes, medido pelos hidrômetros, e as empresas distribuidoras de energia elétrica, nas quais o faturamento é dado pela quantidades de energia consumida, medida pelos medidores de energia elétrica.

Considerando as justificativas apresentadas, identificou-se a necessidade de um método para o planejamento da inspeção de equipamentos. Tal método deve auxiliar as empresas na definição de quais e quantos equipamentos inspecionar, quando inspecionar e quem inspeciona. Enquanto que os resultados obtidos com a execução desse método devem permitir que a empresa acerte na tomada de decisões referentes aos equipamentos alvos de inspeção, como a elaboração de um plano de substituição de equipamentos com desempenho inadequado.

### **1.3 Método**

O método de pesquisa deste trabalho está dividido em caracterização da pesquisa e etapas do trabalho. A primeira classifica o trabalho, de acordo com tipos de pesquisa onde o mesmo se enquadra. Enquanto, as etapas do trabalho contemplam os passos que foram seguidos para elaboração do mesmo.

#### ***1.3.1 Caracterização da pesquisa***

Silva e Menezes (2001, p.20) definem como pesquisa “um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que tem por base procedimentos racionais e sistemáticos. A pesquisa é realizada quando se tem um problema e não se tem informações para solucioná-lo”. Em relação a natureza, esta pesquisa é classificada como aplicada, uma vez que gera conhecimento para a solução de um problema específico. Por outro lado, do ponto de vista da abordagem, esta dissertação é enquadrada como pesquisa quantitativa, pois propõe um método para o planejamento de inspeções de equipamentos que se baseia em conceitos estatísticos (SILVA; MENEZES, 2001).

De acordo com Gil (1999), uma pesquisa pode ser classificada, em relação aos procedimentos, como bibliográfica, documental, experimental, *ex-post facto*, estudo de coorte, levantamento, estudo de campo, estudo de caso, pesquisa-ação ou participante. O presente trabalho é classificado como: pesquisa bibliográfica, visto que seu referencial teórico foi elaborado, basicamente, a partir de livros e artigos; e pesquisa-ação, já que foi realizada em

conjunto por pesquisadores e participantes que vivenciam o problema na prática (THIOLLENT, 2004).

### ***1.3.2 Etapas do trabalho***

Este trabalho fundamenta-se nas seguintes etapas:

- Etapa 1 – Entendimento e caracterização do problema envolvendo o planejamento de inspeções de equipamentos instalados em grandes quantidades e em extensas áreas geográficas. Essa compreensão do problema foi realizada através de reuniões com colaboradores da empresa onde o método foi posteriormente aplicado;

- Etapa 2 – Estudo dos tópicos referentes à amostragem e inspeção, de forma a estabelecer o referencial teórico necessário para o desenvolvimento do método proposto. Esse referencial baseia-se em livros, periódicos nacionais e internacionais, anais de congressos, dissertações e teses;

- Etapa 3 – Desenvolvimento de um método apropriado para o planejamento de inspeções de equipamentos instalados em grandes quantidades e em extensas áreas geográficas, baseando-se nos tópicos do referencial teórico. A construção do método foi dividida em três fases: elaboração da matriz amostral, para identificar quais e quantos equipamentos inspecionar; distribuição da matriz amostral no tempo, para indicar quando inspecionar os equipamentos; alocação dos recursos humanos para execução do plano amostral, para apontar quem realiza as inspeções;

- Etapa 4 – Aplicação do método proposto para o planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica de uma empresa do setor de distribuição de energia;

- Etapa 5 – Reestruturação do método, em função das dificuldades e limitações encontradas na sua aplicação. Essa etapa foi realizada simultaneamente com a etapa 4;

- Etapa 6 – Avaliação do método por especialistas da empresa, considerando questões como exeqüibilidade, facilidade de aplicação e atendimento das necessidades, ou seja, verificar se o mesmo solucionou o problema caracterizado na etapa 1.



## 1.4 Delimitações

O método proposto não tem como objetivo auxiliar na elaboração de planos de inspeção em geral, sendo voltado especificamente para o planejamento de inspeções de equipamentos instalados em grandes quantidades e extensas áreas geográficas. Admite-se que o método seja empregado também no planejamento de inspeções de instrumentos de medição, tanto por necessidade da empresa, como de um órgão regulador/fiscalizador. Entretanto, o método não se aplica aos equipamentos ou instrumento de medição que possuem uma norma ou portaria específica, que indique como essa inspeção deve ser realizada.

Além disso, o método desenvolvido apresentou-se adequado ao planejamento da inspeção de medidores de energia elétrica. Deve-se observar que a generalização tem suas restrições, já que o método foi aplicado nesse cenário específico, no caso, em uma empresa do setor de distribuição de energia elétrica, e a aplicação em outros cenários pode necessitar de adequações.

Os dados obtidos através do emprego do método de planejamento de inspeções de equipamentos não foram analisados, visto que não fazia parte do escopo do trabalho. Além disso, a empresa está, atualmente, iniciando a coleta dos medidores de energia elétrica do campo, inviabilizando, de qualquer forma, essa análise.

## 1.5 Estrutura

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. O conteúdo dos mesmos está descrito a seguir.

O **primeiro capítulo** apresenta a introdução, os objetivos geral e específicos, a justificativa, o método (subdividido em caracterização da pesquisa e etapas do trabalho), as delimitações e a estrutura do trabalho.

O referencial teórico é abordado no **segundo capítulo**, onde são contemplados temas relacionados a amostragem, como conceitos referentes a amostragem, planos de amostragem, tipos de erros nos levantamentos por amostragem, determinação do tamanho da amostra e, por último, diferentes abordagens referentes a inspeções.

No **terceiro capítulo** é proposto o método para o planejamento da inspeção de equipamentos, que é dividido em três fases: elaboração da matriz amostral, distribuição da matriz amostral no tempo e alocação de recursos humanos para execução da matriz amostral. Essas fases, por sua vez, são subdivididas em etapas que explicam as atividades que devem ser realizadas.

A aplicação do método para o planejamento de inspeções de equipamentos em uma empresa do setor de distribuição de energia elétrica é apresentada no **quarto capítulo**. Esta seção também contempla a descrição dessa empresa e a avaliação do método.

No **quinto capítulo** são apresentadas as conclusões obtidas através da realização do trabalho e as sugestões para futuros trabalhos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico sobre o tema utilizado como base para construção do método proposto no capítulo 3 e está dividido em cinco seções. A primeira aborda a amostragem de modo geral, apresentando a diferença entre censo e amostragem e suas respectivas vantagens, além dos conceitos referentes a amostragem. A segunda seção trata dos planos de amostragem, contemplando: conceituação; diferença entre planos probabilísticos e não probabilísticos; apresentação e comparação dos planos probabilísticos. Na terceira seção são abordados os tipos de erros nos levantamentos por amostragem: erros amostrais e erros não amostrais. A quarta seção apresenta a importância e as variáveis consideradas na determinação do tamanho da amostra, bem como, o formulário para o cálculo do tamanho da amostra dos planos probabilísticos. Por fim, a última seção trata resumidamente das diferentes abordagens referentes a inspeções de produtos e equipamentos.

### 2.1 Amostragem

Quando se pretende realizar uma pesquisa de levantamento de dados (*survey*), com o objetivo de conhecer alguma característica de interesse de uma população, existem duas alternativas: censo e amostragem. Esses dois tipos de levantamentos diferem no número de elementos que são pesquisados. No censo são investigados todos os elementos da população, ou seja, determina-se a característica de interesse para cada um desses elementos. Enquanto, na amostragem são coletados alguns elementos da população, ou seja, é selecionada uma amostra qualquer (subconjunto) da população, a partir da qual a característica de interesse da população será estimada (KISH, 1965). Logo, o objetivo da amostragem é fornecer informações a respeito de uma população, baseando-se em uma amostra retirada da mesma. Para tanto, é necessário que se conheça exatamente a população, de onde a amostra foi coletada, para que se possa realizar inferências sobre a característica de interesse da população (BOLFARINE; BUSSAB, 2005; MATTAR, 2005a). De modo mais amplo, um levantamento por amostragem visa “procurar dentro das restrições de orçamento, desenhar uma amostra que atinja os objetivos, produzindo estimativas com a menor imprecisão possível” (BOLFARINE; BUSSAB, 2005, p. 21).

Existem algumas situações em que o emprego da amostragem não é indicado. A seguir são apresentadas essas ocasiões, nas quais, então, recomenda-se o uso do censo (BOLFARINE; BUSSAB, 2005; KISH, 1965; MATTAR, 2005a):

- população pequena: porque para se conseguir resultados precisos sobre uma população pequena é necessário uma amostra relativamente grande, por exemplo, para uma população com aproximadamente 50 elementos seria necessário amostrar cerca de 40 elementos (80% da população);

- característica de interesse barata, de fácil mensuração ou obtenção: pois, talvez, não compense investir em uma pesquisa de levantamento por amostragem;

- alto custo associado a tomada de decisões erradas: porque, caso o levantamento não tenha sido elaborado, executado ou analisado corretamente, a amostragem pode apresentar resultados que não representam a população, levando a tomada de decisões erradas que gerariam altos custos;

- necessidade de alta precisão: como um censo demográfico, no qual baseia-se o planejamento de um país;

- necessidade de dados sobre cada elemento da população: como, por exemplo, levantamentos cujo objetivo é quantificar o número de portadores de uma doença em determinado local;

- imposição legal.

Por outro lado, recomenda-se a utilização da amostragem quando a população é grande e/ou a obtenção dos dados envolve um alto custo (BOLFARINE; BUSSAB, 2005). As principais vantagens da amostragem em relação ao censo são (BAILAR, 1997; COCHRAN, 1977; KISH, 1965):

- custo reduzido, já que se economiza mão-de-obra e tempo, pois, apenas, uma parte da população é investigada;

- maior rapidez, visto que se gasta menos tempo na obtenção dos resultados, permitindo a realização de levantamentos em que a população é grande e o tempo é pequeno, como uma pesquisa eleitoral uma semana antes das eleições;

- maior exatidão, considerando que diminuiu as fontes de vieses, como, por exemplo, a diminuição das operações de campo e a maior facilidade do controle do processo de coleta e análise dos dados, podendo ser mais exata que um censo;

- maior flexibilidade ou viabilidade, pois o censo pode ser impraticável, quando é necessária a utilização de mão-de-obra e/ou equipamentos altamente especializados ou quando ocorre a destruição ou contaminação dos elementos investigados.

Thompson (1992) compara a amostragem probabilística (seção 2.2) ao projeto de experimentos (*design of experiments* – DOE) e aos estudos de observação. Segundo o autor, a amostragem probabilística e o DOE são semelhantes. Entretanto, neste último investiga-se o efeito de uma perturbação na população, enquanto na amostragem probabilística investiga-se a população sem essa perturbação. A amostragem probabilística também difere dos estudos de observação, nos quais não há controle sobre como foram obtidas as informações da população. Ao contrário, na amostragem probabilística, os elementos da população têm uma probabilidade de compor a amostra, evitando, assim, os fatores que tornam os dados provenientes dos estudos por observação, obtidos ao acaso ou por conveniência, não representativos da população.

A amostragem está fundamentada em duas premissas. Uma delas pressupõe que existe certa semelhança entre os elementos de uma população, de modo que a característica de interesse medida em alguns elementos represente essa mesma característica na população. A outra premissa considera que algumas medições da característica de interesse nos elementos superestimam o valor dessa característica na população, enquanto outras subestimam esse mesmo valor. Em uma amostra obtida adequadamente, essas variações tendem a contrabalançar, tornando a medida da característica de interesse na amostra semelhante a medida da população (MATTAR, 2005a).

Nem toda amostra permite generalizar seus resultados para a população de onde foi coletada. Essa generalização só pode ser feita para uma boa amostra, que permite a extensão de seus resultados para a população dentro de limites aceitáveis de dúvida (BOLFARINE; BUSSAB, 2005). Segundo Mattar (2005a), uma boa amostra deve ser: precisa, indicando que o valor da característica de interesse na amostra é igual ao valor da característica de interesse na população, caso fossem investigados todos seus elementos; e correta, indicando que as medidas superestimadas e subestimadas da característica de interesse são contrabalançadas e, portanto, não influenciam os resultados mais em uma direção do que em outra.

A utilização dos levantamentos por amostragem muitas vezes é realizada de forma incorreta. Por exemplo, Short, Ketchen Junior e Palmer (2002) relatam que em 437 artigos publicados sobre os determinantes de desempenho de uma gestão estratégica, a amostragem foi raramente empregada de modo adequado. Alguns dos problemas encontrados pelos autores foram ausência de uma definição correta da população e tamanho de amostra inadequado. A seguir e nas próximas seções são abordados os assuntos pertinentes para execução de um levantamento por amostragem de maneira apropriada.

Apesar dos levantamentos por amostragem serem estudados desde o final do século XIX (MEMÓRIA, 2004), ainda existe certa heterogeneidade na nomenclatura e definição de alguns conceitos. A padronização da nomenclatura e definição clara de tais conceitos é importante para a compreensão e execução correta dos levantamentos por amostragem. Em função disso, a seguir são apresentados os principais conceitos utilizados nas seções posteriores.

O **elemento da população**, também denominado elemento populacional, unidade elementar ou elemento de pesquisa, é a unidade sobre a qual a informação é procurada, ou seja, é a unidade que possui as informações desejadas. O elemento da população é também definido como a unidade básica que compreende e define a população (BOLFARINE; BUSSAB, 2005; KISH, 1965). Já a unidade amostral ou unidade de amostragem é a unidade selecionada para encontrar os elementos da população, podendo conter um ou mais desses elementos. Nas amostragens elementares, cada unidade amostral contém apenas um elemento da população, por outro lado, nas amostragens por conglomerados, cada unidade amostral contém vários elementos da população. A unidade amostral deve ser uma unidade que seja facilmente escolhida e que tenha alguma relação com os elementos da população (KISH, 1965).

A **população** é definida como um agregado de elementos populacionais. Comumente, a população é dividida em subpopulações, denominadas de estratos ou subclasses. Na linguagem matemática, a população é o conjunto  $U$  de todas as unidades elementares,  $U = \{1, 2, \dots, N\}$ , onde  $N$  é o tamanho da população, e a unidade elementar é qualquer elemento  $i \in U$ . Como, muitas vezes, a população alvo ou objetivo, aquela que se deseja atingir, não está disponível ou não é possível identificar todos os seus elementos populacionais, é necessário compreender a definição de população referenciada e população amostrada. A primeira é a população que está inicialmente disponível e está descrita no sistema de referência (*frame*), conhecido como a lista das unidades amostrais da população, a partir da qual a amostra será sorteada. Já a população amostrada é a população da qual foi efetivamente retirada a amostra. Essas duas populações diferem por problemas que são identificados em campo e que não permitem a coleta de uma ou mais unidades elementares previstas na população referenciada (BOLFARINE; BUSSAB, 2005). A Figura 1 apresenta um esquema dos conceitos de população alvo, população referenciada e população amostrada. Byczkowskia e Levy (2005) avaliam o efeito de sistemas de referências que diferem das populações alvos sobre a precisão das estimativas, quando emprega-se a amostragem aleatória simples (seção 2.2.1.1) e a amostragem estratificada (seção 2.2.1.2).

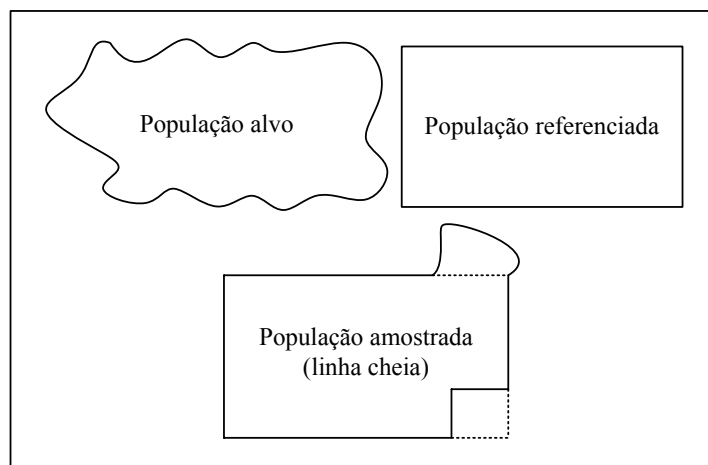


Figura 1 - População alvo, população referenciada e população amostrada (BOLFARINE; BUSSAB, 2005)

Kish (1965) e Mattar (2005a) afirmam que a descrição de uma população deve apresentar: definição dos elementos populacionais, definição da unidade amostral, extensão geográfica (onde) e período de tempo (quando). A Figura 2 apresenta dois exemplos de descrição correta de uma população. Observa-se que no exemplo 1 os elementos populacionais e as unidades amostrais coincidem, enquanto no exemplo 2 é utilizado mais de um nível de unidades amostrais para encontrar o elemento populacional.

<b>Exemplo 1</b>	
População de mulheres solteiras consumidoras de bebidas alcoólicas destiladas, moradoras de Porto Alegre no mês de janeiro de 2006	
Elemento populacional:	Mulheres / Solteiras / Consumidoras de bebidas alcoólicas
Unidade amostral:	Mulheres / Solteiras / Consumidoras de bebidas alcoólicas
Onde:	Porto Alegre
Quando:	Janeiro de 2006
<b>Exemplo 2</b>	
População de engenheiros de produção do sexo masculino, formados a menos de dez anos, empregados em indústrias automotivas situadas no Rio Grande do Sul (RS) em junho de 2005	
Elemento populacional:	Engenheiros de produção / Sexo masculino / Formados a menos de dez anos
Unidade amostral:	Indústrias automotivas situadas no RS / Engenheiros de produção / Sexo masculino / Formados a menos de dez anos
Onde:	Rio Grande do Sul
Quando:	Junho de 2005

Figura 2 - Exemplos de descrição de uma população

A característica de interesse da população é a propriedade dos elementos populacionais que se deseja conhecer, podendo ser do tipo variável ou atributo. Associada a cada elemento da população pode haver uma ou mais características de interesse. Um **parâmetro** populacional é uma função do conjunto dessa característica da **população**, como, por exemplo, a média e a variância da população, no caso de uma variável, ou a proporção na população, no caso de um atributo. Por outro lado, uma **estatística** é o nome dado a uma função do conjunto da característica de interesse da **amostra**, como, da mesma maneira que

no parâmetro, a média e a variância da amostra ou a proporção na amostra. O valor de um parâmetro é desconhecido, uma vez que o principal objetivo da amostragem é estimá-lo, já o valor de uma estatística é conhecido. Quando utiliza-se uma estatística para estimar um parâmetro, a estatística passa a ser chamada de **estimador**, sendo que o valor assumido por esse estimador para uma determinada amostra é denominado **estimativa**. O desvio-padrão de um estimador é denominado de **erro-padrão** (BOLFARINE; BUSSAB, 2005).

Um **bom estimador** deve ser não-viesado e consistente. Para um estimador ( $T$ ) ser **não-viesado**, o valor esperado ( $E[T]$ ) deve ser igual ao parâmetro populacional ( $\theta$ ). Logo, a diferença entre o valor esperado e o parâmetro populacional é o viés do estimador ( $E[T]-\theta$ ). Para um estimador ser **consistente**, o valor esperado deve tender ao parâmetro populacional e a variância do estimador ( $Var[T]$ ) tender a zero, quando o tamanho da amostra ( $n$ ) tende ao infinito. Assim, um estimador é consistente quando cumpre as condições apresentadas na equação 1 e na equação 2 (BUSSAB; MORETTIN, 2003).

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E(T_n) = \theta \quad \text{equação 1}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} Var(T_n) = 0 \quad \text{equação 2}$$

## 2.2 Planos de amostragem

O procedimento (conjunto de passos) utilizado na seleção de uma amostra é denominado de diferentes formas na literatura consultada, tais como: processo de amostragem, método de amostragem, tipo de amostragem e forma de amostragem. Nesta dissertação são empregados os termos plano de amostragem ou plano amostral, adotados por Hansen, Hurwitz e Madow (1953b) e Snedecor e Cochran (1980), para designar esse procedimento.

Esta seção aborda os planos amostrais probabilísticos, que permitem a generalização dos resultados para a população de onde a amostra foi extraída, e os planos amostrais não probabilísticos, nos quais os resultados não podem ser projetados para a população (OLIVEIRA, 2001). Esses planos diferem em relação aos procedimentos de seleção da amostra, de cálculo das estimativas e de avaliação da precisão dessas estimativas (DEMING, 1950). Desses dois planos amostrais, apenas a amostragem probabilística é abordada em profundidade, já que está diretamente relacionada com o método proposto no Capítulo 3.



Na amostragem não probabilística, a amostra selecionada depende da avaliação do pesquisador ou do entrevistador em campo, assim, a partir do seu julgamento, o pesquisador ou entrevistador procura escolher uma amostra que represente adequadamente a população de onde foi coletada. Nesse plano de amostragem não há probabilidade conhecida de um elemento da população integrar a amostra e, portanto, o erro amostral (seção 2.4.1) não pode ser calculado, não sendo possível realizar inferências estatísticas sobre a população, da qual a amostra foi extraída. A amostra obtida através dessa amostragem é denominada amostra não probabilística (DEMING, 1950; MATTAR, 2005a).

A amostragem probabilística é definida como o processo de selecionar aleatoriamente elementos ou grupos de elementos da população, de maneira que todos esses elementos ou grupos tenham uma probabilidade calculável e diferente de zero de integrar a amostra. Assim, o pesquisador não pode substituir unidades elementares sorteadas, não tendo influência sobre quais elementos populacionais fazem parte da amostra. Nesse plano de amostragem é possível realizar inferências estatísticas sobre a população de onde a amostra foi retirada, uma vez que se tem a teoria da probabilidade e inferência estatística para validar as conclusões. Além disso, na amostragem probabilística tem-se controle sobre o erro amostral (seção 2.4.1). Analogamente, a amostragem anterior, a amostra obtida através desse plano é chamada amostra probabilística (BOLFARINE; BUSSAB, 2005; DEMING, 1950; MATTAR, 2005a).

A superioridade da amostragem probabilística em relação à amostragem não probabilística é indiscutível, em termos de generalização e confiabilidade dos resultados. Entretanto, a amostragem não probabilística pode ser empregada em diversas situações, basta que sejam compreendidas suas limitações, para evitar erros na análise dos resultados (OLIVEIRA, 2001). Alguns motivos para a utilização da amostragem não probabilística são: inexistência de alternativa viável, como a falta de uma lista com todos os elementos da população (sistema de referência); problemas ocorridos na execução de uma amostragem probabilística, que enfraquecem sua superioridade; quando não se tem a intenção de generalizar os resultados da amostra para toda a população; limitações de tempo, recursos financeiros, humanos e de materiais (MATTAR, 2005a). No entanto, Deming (1950) afirma que não é possível comparar o custo desses dois planos amostrais, uma vez que dependendo do objetivo da pesquisa, um não pode ser substituído pelo outro.

Na escolha do plano de amostragem que será empregado, deve-se considerar: o tipo de pesquisa realizada; se os elementos da população são acessíveis; se há disponível uma lista com todos os elementos da população (sistema de referência); a representatividade desejada

ou necessária da pesquisa; o tempo, os recursos financeiros e humanos disponíveis para a realização da pesquisa (MATTAR, 2005a).

Jessen (1978) *apud* Bolfarine e Bussab (2005) propõe uma outra classificação dos planos de amostragem, empregando dois critérios. Um critério é em relação ao procedimento de seleção da amostra, que pode ser probabilístico ou não probabilístico. O outro critério diz respeito ao procedimento utilizado pela pessoa que seleciona a amostra em campo, podendo ser objetivo ou subjetivo. Um procedimento objetivo é aquele no qual pessoas distintas, utilizando um mesmo protocolo, escolheriam a mesma amostra. Já no subjetivo, a amostra selecionada depende do julgamento do indivíduo que coleta a mesma em campo. A Figura 3 apresenta as quatro amostras oriundas da combinação desses critérios.

Critério do “amostrista”	Procedimento de seleção	
	Probabilístico	Não probabilístico
Objetivo	Amostras probabilísticas	Amostras criteriosas
Subjetivo	Amostras quase-aleatórias	Amostras intencionais

Figura 3 - Tipos de amostras segundo a classificação de Jessen (BOLFARINE; BUSSAB, 2005)

Os principais planos de amostragem não probabilísticos são: amostragem por conveniência, amostragem por julgamento e amostragem por quotas. Além desses, existem algumas derivações, como a amostragem por tráfego, amostragem autogeradora e amostragem desproporcional. A diferença entre os planos amostrais não probabilísticos reside na profundidade e na área de estudo (OLIVEIRA, 2001). Esses planos de amostragem não probabilísticos não são abordados, pois não fazem parte do escopo principal deste trabalho.

### 2.2.1 Planos amostrais probabilísticos

Os planos de amostragem probabilísticos mais citados na literatura consultada são: amostragem aleatória simples, amostragem estratificada e amostragem por conglomerados, os quais são detalhadamente abordados nessa seção. Ao escolher um desses planos amostrais deve-se optar por aquele que fornece máxima precisão, em função dos recursos despendidos, ou, equivalentemente, aquele que emprega o mínimo de recursos e alcança a precisão desejada (SNEDECOR; COCHRAN, 1980).

Kish (1965) propõe uma classificação dos planos amostrais probabilísticos, apresentada na Figura 4, que utiliza cinco critérios, que quando combinados geram 32 ( $2^5$ )

planos de amostragem. Um exemplo de plano amostral probabilístico gerado através do emprego dessa classificação é a Amostragem Aleatória Simples, onde: todos os elementos da população têm igual probabilidade de serem sorteados; as unidades amostrais constituem as próprias unidades elementares; a população não é estratificada; a seleção dos elementos populacionais é realizada aleatoriamente; a seleção das unidades elementares é feita em um estágio. Esses diferentes planos de amostragem probabilísticos resultam em diferentes erros-padrão, que devem ser considerados na escolha dos mesmos. O plano amostral selecionado para realização da pesquisa deve ter o menor erro-padrão em relação aos outros, sendo que quanto menor o erro-padrão, maior a precisão.

Probabilidade de seleção	Iguais
	Diferentes
Unidade amostral	Uma unidade elementar
	Mais de uma unidade elementar
Estratificação	Não estratificada
	Estratificada
Procedimento de seleção	Aleatório
	Sistemático
Número de estágios	Um estágio
	Mais de um estágio

Figura 4 - Classificação dos planos amostrais probabilísticos (Adaptado de KISH, 1965)

### 2.2.1.1 Amostragem aleatória simples

Na amostragem aleatória simples (AAS), também conhecida como amostragem acidental irrestrita, os elementos da população têm probabilidade igual e diferente de zero de compor a amostra. Assim, de uma população com  $N$  elementos são sorteados aleatoriamente  $n$ , sendo que o número de amostras possível é dado pela equação 3 (ALRECK; SETTLE, 1995; COCHRAN, 1977).

$$\binom{N}{n} = {}_N C_n = \frac{N!}{n!(N-n)!} \quad \text{equação 3}$$

Os procedimentos utilizados para seleção de uma amostra aleatória simples são sorteio dos elementos ou utilização de tabelas aleatórias. Para isso é necessário possuir um sistema de referência completo, que tenha descrito todos os elementos populacionais. Quando a unidade elementar selecionada não é excluída do próximo sorteio, ou seja, pode ser escolhida novamente, a amostragem é dita com reposição. Por outro lado, quando o elemento

populacional sorteado é excluído da próxima seleção, a amostragem é denominada sem reposição. A AAS com reposição é pouco utilizada, porque não há vantagem em uma unidade elementar ser selecionada duas ou mais vezes, visto que não são obtidas novas informações sobre a população quando um elemento aparece mais de uma vez na amostra, salvo em situações especiais (BOLFARINE; BUSSAB, 2005; COCHRAN, 1977).

Bolfarine e Bussab (2005) descrevem o procedimento para realização de uma AAS da seguinte forma: (i) sortear aleatoriamente, utilizando tabelas de números aleatórios, urnas, etc, uma unidade elementar da população; (ii) repete-se o item anterior até serem sorteadas  $n$  unidades, sendo  $n$  o tamanho da amostra; (iii) caso seja uma AAS com reposição, a cada sorteio, o elemento selecionado deve ser repostado na população, caso seja uma AAS sem reposição, o elemento sorteado não deve ser inserido novamente na população.

A AAS é normalmente empregada quando a população tem características semelhantes e, conseqüentemente, pouca variabilidade (SNEDECOR; COCHRAN, 1980). Esse plano de amostragem probabilístico é o mais simples e mais importante, pois serve de base para os outros planos amostrais, que podem ser vistos como adaptações da AAS. Entretanto, os demais planos de amostragem probabilísticos são mais utilizados, em função da maior precisão, economia, praticidade ou comodidade, esta última em virtude de não haver a necessidade da identificação de todos os elementos da população (COCHRAN, 1977; KISH, 1965).

#### *2.2.1.2 Amostragem estratificada*

A amostragem estratificada (AE) consiste em dividir uma população de  $N$  unidades elementares em subpopulações de  $N_1, N_2, \dots, N_L$  unidades elementares, das quais são selecionadas amostras em proporções convenientes. Essas subpopulações são denominadas estratos, que devem ser coletivamente exaustivos e mutuamente exclusivos. Os estratos são coletivamente exaustivos quando todos os valores possíveis das variáveis foram utilizados para defini-los e mutuamente exclusivos quando a inserção de um elemento em um estrato exclui sua inserção em outro. Assim, o tamanho da população é dado pela soma dos tamanhos dos estratos (COCHRAN, 1977; MATTAR, 2005a).

A divisão da população em estratos é baseada em uma ou mais características da mesma, denominadas de critérios de estratificação. Esses critérios devem gerar estratos

internamente mais homogêneos que a população, ou seja, a característica de interesse deve variar menos dentro desses estratos. Assim, o princípio da estratificação é dividir a população de modo que as unidades elementares dentro de um estrato sejam o mais similares possíveis, acarretando em variâncias menores dentro dos mesmos e, por conseqüência, o estimador de variância também será menor. Como exemplo de critérios de estratificação pode-se citar: região geográfica, fatores socioeconômicos e fonte de matéria-prima, visto que em uma determinada condição desses critérios, a característica de interesse é provavelmente semelhante entre as unidades elementares (THOMPSON, 1992).

A variância do estimador da média amostral na AAS com reposição é dada pela equação 4. A partir da mesma, pode-se observar que com o aumento do tamanho da amostra, a variância diminui. Entretanto, os levantamentos por amostragem têm limitações financeiras e, portanto, não é possível aumentar excessivamente o tamanho da amostra para alcançar a precisão desejada. Nesses casos recomenda-se empregar a AE, dividindo a população em estratos. Se esses forem mais homogêneos internamente que a população, a variância diminui e, conseqüentemente, o erro-padrão também diminui. Assim, não é necessário aumentar o tamanho da amostra para produzir estimativas mais precisas. Caso os estratos não forem homogêneos, a AE não gera estimativas mais precisas do que a AAS. Isso demonstra que o resultado obtido a partir da AE depende diretamente da capacidade do pesquisador em dividir a população em estratos homogêneos (BOLFARINE; BUSSAB, 2005; COCHRAN, 1977; MATTAR, 2005a).

$$Var(\bar{y}) = \frac{\sigma^2}{n} \quad \text{equação 4}$$

Onde:  $Var(\bar{y})$  é a variância do estimador média amostral;  $\sigma^2$  é a variância populacional;  $n$  é o tamanho da amostra.

Para realização de uma AE podem ser adotados os passos a seguir: (i) dividir a população em estratos, de acordo com um ou mais critérios de estratificação; (ii) selecionar uma amostra aleatória e independente em cada estrato; (iii) estimar os parâmetros de cada estrato, a partir de estimadores não viesados; (iv) estimar os parâmetros da população, utilizando um estimador elaborado através da combinação dos estimadores dos estratos (KISH, 1965; SNEDECOR; COCHRAN, 1980).

A AE é um dos planos amostrais mais utilizados, sendo principalmente empregada quando a população é heterogênea. Suas principais vantagens são: (i) aumento da precisão das estimativas dos parâmetros, através do decréscimo do erro-padrão e do erro amostral, quando os estratos são homogêneos; (ii) obtenção de estimativas para os parâmetros da população e

das subpopulações (estratos); (iii) facilidade na coleta de informações, em função de questões administrativas e operacionais; (iv) diminuição do custo em relação à AAS, pois permite alcançar aos mesmos resultados com uma amostra de tamanho menor (BOLFARINE; BUSSAB, 2005; BRETTHAUER; ROSS; SHETTY, 1999; COCHRAN, 1977; SNEDECOR; COCHRAN, 1980).

Bolfarine e Bussab (2005) ressaltam que não se deve estabelecer um número elevado de estratos, pois isso acarretaria em tamanhos de amostras inviáveis do ponto de vista econômico. A alternativa é definir os estratos como sendo os fatores básicos para a pesquisa e as subclasses como fatores secundários. Ambos são partes da população, entretanto, os estratos são contemplados no plano amostral, garantindo-se estimativas confiáveis sobre eles, enquanto as subclasses não são contempladas no plano amostral, sendo que suas estimativas dependem da presença ou não de elementos suficientes em cada subclasse.

A maneira como é realizada a alocação da amostra pelos estratos, ou seja, a distribuição dos elementos populacionais pelos estratos indica o tipo de AE (BOLFARINE; BUSSAB, 2005). Na literatura consultada encontraram-se as seguintes formas de alocação da amostra: proporcional, proporcional à raiz quadrada, uniforme, ótima e de Neyman.

Na AE proporcional, a amostra é proporcional ao tamanho de cada estrato da população (equação 5 e equação 6), assim cada unidade elementar tem a mesma probabilidade de compor a amostra. A AE proporcional é utilizada para manter constante a relação entre a fração amostrada e a população (THOMPSON, 1992).

$$n_h = n \frac{N_h}{N} \quad \text{equação 5}$$

$$\frac{n_1}{N_1} = \frac{n_2}{N_2} = \dots = \frac{n_h}{N_h} \quad \text{equação 6}$$

Onde:  $n_h$  é o tamanho da amostra do estrato  $h$ ;  $n$  é o tamanho da amostra ( $\sum n_h$ );  $N_h$  é o tamanho do estrato  $h$ ;  $N$  é o tamanho da população.

Ribeiro e Echeveste (1998) propõem um procedimento de alocação da amostra pelos estratos, que minimiza a perda associada a erros de julgamento, intitulado proporcional à raiz quadrada. Essa perda é composta pela magnitude do erro-padrão, que depende dos tamanhos das amostras dos estratos, e pelo tamanho do estrato. Considerando que a perda é proporcional ao quadrado do erro-padrão (proposição baseada nas idéias de Taguchi), os autores demonstram matematicamente que o tamanho das amostras dos estratos deve ser proporcional à raiz quadrada do tamanho dos estratos, para minimizar essa perda. A equação

7 e a equação 8 apresentam a relação entre o tamanho da amostra dos estratos e o tamanho dos mesmos.

$$n_h = \frac{n\sqrt{N_h}}{\sum_{k=1}^L \sqrt{N_k}} \quad \text{equação 7}$$

$$\frac{n_1}{\sqrt{N_1}} = \frac{n_2}{\sqrt{N_2}} = \dots = \frac{n_h}{\sqrt{N_h}} \quad \text{equação 8}$$

Onde:  $n_h$  é o tamanho da amostra do estrato  $h$ ;  $n$  é o tamanho da amostra ( $\sum n_h$ );  $N_h$  é o tamanho do estrato  $h$ ;  $L$  é o número de estratos.

A AE uniforme é aquela na qual todos os estratos têm o mesmo tamanho de amostra (equação 9 e equação 10). Esse tipo de AE é empregado, normalmente, quando o interesse é obter estimativas separadas para cada estrato ou quando não há informações prévias sobre a população (THOMPSON, 1992).

$$n_h = \frac{n}{L} \quad \text{equação 9}$$

$$n_1 = n_2 = \dots = n_h \quad \text{equação 10}$$

Onde:  $n_h$  é o tamanho da amostra do estrato  $h$ ;  $n$  é o tamanho da amostra ( $\sum n_h$ );  $L$  é o número de estratos.

Nas situações onde há um conhecimento prévio da população, que indique quais estratos devem ter maior ou menor representatividade, em função das variabilidades dentro e fora dos estratos e dos custos de amostragem entre os estratos, são utilizadas as AE não proporcionais. Nesse tipo de AE, como é o caso da ótima e de Neyman, o tamanho da amostra de cada estrato depende da importância do estrato, do tamanho do estrato, da variabilidade dentro do estrato e do custo de amostragem no estrato. Quanto maior forem os três primeiros fatores, maior será o tamanho da amostra do estrato. Ao contrário, quanto menor for o custo de amostragem, maior será o tamanho da amostra do estrato (COCHRAN, 1977; MATTAR, 2005a).

A AE ótima leva em consideração o desvio-padrão dos estratos e o custo de amostragem em cada estrato (equação 11 e equação 12), assim obtém-se o menor erro-padrão na estimação de um parâmetro populacional para um determinado custo de obtenção da amostra. Pode-se observar na equação 11 que: quanto maior o estrato, maior o tamanho da amostra do estrato; quanto maior a variabilidade do estrato, maior o tamanho da amostra do mesmo; quanto maior o custo de amostragem no estrato, menor será o tamanho de amostra do mesmo (SNEDECOR; COCHRAN, 1980; THOMPSON, 1992).

$$n_h = \frac{\frac{nN_h\sigma_h}{\sqrt{c_h}}}{\sum_{k=1}^L \frac{N_k\sigma_k}{\sqrt{c_k}}} \quad \text{equação 11}$$

$$\frac{n_1}{N_1\sigma_1\sqrt{c_1}} = \frac{n_2}{N_2\sigma_2\sqrt{c_2}} = \dots = \frac{n_h}{N_h\sigma_h\sqrt{c_h}} \quad \text{equação 12}$$

Onde:  $n_h$  é o tamanho da amostra do estrato  $h$ ;  $n$  é o tamanho da amostra ( $\sum n_h$ );  $N_h$  é o tamanho do estrato  $h$ ;  $\sigma_h$  é o desvio-padrão do estrato  $h$ ;  $c_h$  é o custo por unidade elementar amostrada no estrato  $h$ ;  $L$  é o número de estratos.

Outra tipo de AE, gerada pela redução da AE ótima, é a AE de Neyman, na qual considera-se que o custo por unidade amostrada é igual em todos os estratos (equação 13 e equação 14). A AE de Neyman estima os parâmetros populacionais com a menor variância para um determinado tamanho de amostra. Nesse tipo de AE, quanto maior a variabilidade do estrato, maior o tamanho da amostra do mesmo (THOMPSON, 1992).

$$n_h = \frac{nN_h\sigma_h}{\sum_{k=1}^L N_k\sigma_k} \quad \text{equação 13}$$

$$\frac{n_1}{N_1\sigma_1} = \frac{n_2}{N_2\sigma_2} = \dots = \frac{n_h}{N_h\sigma_h} \quad \text{equação 14}$$

Onde:  $n_h$  é o tamanho da amostra do estrato  $h$ ;  $n$  é o tamanho da amostra ( $\sum n_h$ );  $N_h$  é o tamanho do estrato  $h$ ;  $\sigma_h$  é o desvio-padrão do estrato  $h$ ;  $L$  é o número de estratos.

Atualmente, as pesquisas sobre a AE focam a otimização da alocação da amostra pelos estratos. Por exemplo, Bretthauer, Ross e Shetty (1999), Carrizosa e Morales (2007) e Tong (2006) propõem métodos para otimizar a alocação em relação a dois critérios conflitantes: a precisão de um estimador e o custo da amostragem.

### 2.2.1.3 Amostragem por conglomerados

Na amostragem por conglomerados (AC), uma unidade amostral contém mais de uma unidade elementar. Os conjuntos dessas unidades elementares são conhecidos como conglomerados (COCHRAN, 1977). A AC pode ser executada em um ou mais estágios, sendo que quando é realizada em um estágio denomina-se AC em um estágio, quando é



executada em dois estágios é chamada de AC em dois estágios e, assim, sucessivamente (HANSEN; HURWITZ; MADOW, 1953b). Esse plano amostral é amplamente utilizado em pesquisas sobre populações humanas, onde são sorteados, por exemplo, os estados, a seguir as cidades, os bairros, os domicílios e, por último, o morador. No exemplo, os estados são as unidades primárias de amostragem, as cidades são as unidades secundárias de amostragem e assim por diante (BOLFARINE; BUSSAB, 2005).

O processo de seleção da amostra segue os seguintes passos: (i) dividir a população em conglomerados mutuamente exclusivos e coletivamente exaustivos; (ii) selecionar os conglomerados; (iii) coletar todas as unidades elementares dos conglomerados selecionados para comporem a amostra (AC em um estágio) ou realizar outra seleção de conglomerados, dos quais, então, são amostrados todos os elementos (AC em dois estágios) e, assim, sucessivamente (MATTAR, 2005a).

A AC apresenta as seguintes características quando comparada aos outros planos amostrais (onde as unidades elementares são sorteadas), considerando um mesmo tamanho de amostra: não necessita de um sistema de referência completo, que dificilmente é encontrado, sendo suficiente a listagem dos conglomerados e, posteriormente, das unidades elementares dos conglomerados sorteados no último estágio; menor custo por unidade elementar amostrada, devido a ausência da necessidade de um sistema de referência completo, que possui custo de atualização elevado; menor custo por unidade elementar amostrada, em função do menor custo de locomoção para coleta das unidades elementares sorteadas; maior custo e dificuldades nas análises estatísticas. Assim, a AC deve ser utilizada, apenas, quando o custo por unidade elementar amostrada compensa essas últimas duas desvantagens. Cabe ressaltar que a AC é a única amostragem probabilística viável quando não se possui um sistema de referências completo (KISH, 1965).

Na AC, quanto mais semelhantes são as unidades elementares de um mesmo conglomerado, menos eficiente é esse plano amostral. Isso ocorre, porque, ao contrário de um estrato, um conglomerado deve representar toda a população, possuindo todos os tipos de elementos populacionais (THOMPSON, 1992). Assim, quanto maior a heterogeneidade dentro de um conglomerado, menor o erro amostral e, portanto, melhores são os resultados obtidos. Entretanto, na prática, os conglomerados tendem a ser homogêneos, conduzindo a elevados erros amostrais (HANSEN; HURWITZ; MADOW, 1953a). Mattar (2005a) afirma que o tamanho do erro amostral na AC tende a ser igual ou maior que na AAS, para tamanho de amostras iguais. Normalmente, a AC é menos eficiente que a AAS, devido a homogeneidade intraconglomerados, sendo que a AC e a AAS têm a mesma eficiência

quando os conglomerados são tão heterogêneos quanto a população, o que é difícil de se obter.

A amostragem por área (AA) é um tipo de AC, na qual os conglomerados representam áreas geográficas. Essa derivação da AC baseia-se em mapas das regiões, estados, cidades e bairros. A AA é recomendada quando todos os indivíduos da população demográfica têm alguma relação com a característica de interesse. Entretanto, quando o número de unidades elementares é muito menor que o número de indivíduos da população demográfica, a AA é difícil de ser operacionalizada, pois no último estágio todas as residências da unidade amostral sorteada precisam ser investigadas, para identificar quais desses domicílios possuem unidades elementares. Posteriormente, realiza-se o sorteio das residências que possuem elementos populacionais (MATTAR, 2005a).

Alguns autores, como Bolfarine e Bussab (2005) e Thompson (1992), apresentam a amostragem sistemática (AS) como derivação da AC em um estágio, visto que se baseia sobre o mesmo princípio da AC. Nesse plano amostral, o processo de seleção da amostra ocorre da maneira descrita a seguir: (i) numerar a população de 1 a  $N$ , em uma ordem qualquer; (ii) sortear, aleatoriamente, uma unidade elementar entre os  $k$  primeiros elementos populacionais, sendo que  $k$  é um número inteiro igual a  $N/n$ ; (iii) identificar as demais unidades elementares, somando-se  $k$  ao número de ordem do primeiro elemento populacional sorteado (COCHRAN, 1977).

A Figura 5 apresenta a representação gráfica de uma AS. Observa-se que o intervalo  $k$  divide a população em  $n$  zonas de  $k$  unidades elementares. De cada zona é selecionada uma unidade elementar  $r$  que tem a mesma localização na próxima zona. Assim, as unidades elementares que compõem a amostra são  $r, r+k$  até  $r+nk-k$ .

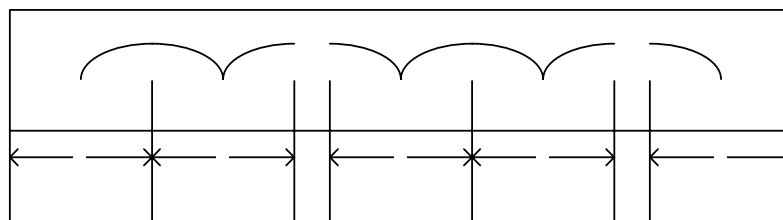


Figura 5 - Representação gráfica de uma amostragem sistemática (KISH, 1965)

Bolfarine e Bussab (2005) citam como principal vantagem da AS a sua facilidade de execução. Por outro lado, Snedecor e Cochran (1980) apontam as seguintes desvantagens potenciais da AS: caso a população contenha variações periódicas e o intervalo entre as sucessivas unidades elementares coincide ou é múltiplo dessas variações, a amostra obtida é viesada; não existem métodos confiáveis de estimação do erro-padrão da média amostral.

#### 2.2.1.4 Comparação entre os planos amostrais

Cochran (1977) afirma que a escolha de um plano amostral depende muito do comportamento da característica de interesse na população. Assim, a seleção de um plano amostral, em detrimento de outro, é bastante difícil, principalmente quando estuda-se uma população pela primeira vez. Em função disso, esta seção apresenta comparações entre os planos amostrais, com o objetivo de auxiliar na decisão de qual plano empregar.

A Figura 6 apresenta uma comparação do censo e dos planos amostrais elaborada por Kinneer e Jessen (1979) *apud* Mattar (2005a), de acordo com os seguintes fatores: possibilidade de cálculo do erro amostral (sim ou não); eficiência estatística (alta, baixa); necessidade de um sistema de referência (sim ou não); custo (muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto). Para Mattar (2005a), um plano amostral é mais eficiente que outro quando: sob certas condições, seus resultados forem mais confiáveis que o outro; para um determinado custo, seus resultados forem mais precisos; e para uma determinada precisão, o custo de obtenção de seus resultados seja menor.

Plano amostral		Possibilidade cálculo do erro amostral	Eficiência estatística	Necessidade de um sistema de referência	Custo
Censo		Não	-	Não	Muito alto
Probabilístico	AAS	Sim	Alta	Sim	Alto
	AE	Sim	Alta	Sim	Alto
	AS	Sim	Baixa	Sim	Moderado a alto
	AA	Sim	Baixa	Sim	Moderado
Não Probabilístico	Conveniência	Não	-	Não	Muito baixo
	Julgamento	Não	-	Não	Baixo
	Quota	Não	-	Não	Moderado

Figura 6 - Comparação dos planos amostrais (Adaptado de KINNEAR; JESSEN, 1979 *apud* MATTAR, 2005a)

Por outro lado, Bolfarine e Bussab (2005) adotam como critério de comparação dos planos amostrais o Efeito do Plano Amostral (EPA – *design effect* – deff), que confronta as variâncias, de estimadores não viesados, de dois planos quaisquer. A equação 15 apresenta o EPA da comparação entre a AAS sem reposição e a AAS com reposição. O plano do numerador é menos eficiente que o plano do denominador, quando  $EPA > 1$ , visto que a

variância do primeiro (numerador) é maior que a do segundo (denominador). Já, quando  $EPA < 1$ , o plano do numerador é mais eficiente que o plano do denominador e, quando  $EPA = 1$ , os planos têm a mesma eficiência. Observa-se, na equação 15, que o valor do EPA é sempre menor que 1, exceto quando o tamanho da amostra ( $n$ ) é 1. Assim, pode-se concluir que a AAS sem reposição é mais eficiente que a AAS com reposição.

$$EPA[AASs] = \frac{Var_{AASs}(\bar{y})}{Var_{AASc}(\bar{y})} = \frac{\frac{\sigma^2 \left( \frac{N-n}{N-1} \right)}{n}}{\frac{\sigma^2}{n}} = \frac{N-n}{N-1} \leq 1 \quad \text{equação 15}$$

Onde:  $Var_{AASc}(\bar{y})$  é a variância do estimador não viesado da média populacional na AAS com reposição;  $Var_{AASs}(\bar{y})$  é a variância do estimador não viesado da média populacional na AAS sem reposição;  $\sigma^2$  é a variância populacional;  $n$  é o tamanho da amostra;  $N$  é o tamanho da população.

Pode-se provar matematicamente que a relação entre as variâncias da AAS com reposição, AE proporcional e a AE de Neyman é dada pela equação 16. Logo,  $Var_{AASc}(\bar{y}) \geq Var_{AEpr}(\bar{y}) \geq Var_{AEdn}(\bar{y})$ , visto que  $\sigma_e^2$  e  $\sigma_{dp}^2$  não são negativas. Analisando a equação 16, pode-se afirmar que as AE proporcional e a AE de Neyman devem ser empregadas, quando os estratos possuírem médias diferentes, pois isso implica em  $\sigma_e^2$  grande. Além disso, quando os desvios-padrão dos estratos diferirem entre si, gerando uma  $\sigma_{dp}^2$  grande, deve-se utilizar a AE de Neyman (BOLFARINE, BUSSAB, 2005).

$$Var_{AASc}(\bar{y}) = Var_{AEpr}(\bar{y}) + \frac{\sigma_e^2}{n} = Var_{AEdn}(\bar{y}) + \frac{\sigma_e^2}{n} + \frac{\sigma_{dp}^2}{n} \quad \text{equação 16}$$

Onde:  $Var_{AASc}(\bar{y})$  é a variância do estimador não viesado da média populacional na AAS com reposição;  $Var_{AEpr}(\bar{y})$  é a variância do estimador não viesado da média populacional na AE proporcional;  $Var_{AEdn}(\bar{y})$  é a variância do estimador não viesado da média populacional na AE de Neyman;  $n$  é o tamanho da amostra;  $\sigma_e^2$  é a variância da médias dos estratos ou, simplesmente, variância entre os estratos;  $\sigma_{dp}^2$  é a variância entre os desvios-padrão dos estratos.

A partir equação 16, calcula-se o  $EPA[AEpr]$  apresentado na equação 17. O  $EPA[AEpr]$  permite visualizar que quanto maior  $\sigma_e^2$ , maior é eficiência da AE proporcional em relação a AAS com reposição (BOLFARINE, BUSSAB, 2005).

$$EPA[AEpr] = \frac{Var_{AEpr}(\bar{y})}{Var_{AASc}(\bar{y})} = 1 - \frac{\sigma_e^2}{\sigma^2} < 1 \quad \text{equação 17}$$

Onde:  $Var_{AEpr}(\bar{y})$  é a variância do estimador não viesado da média populacional na AE proporcional;  $Var_{AASc}(\bar{y})$  é a variância do estimador não viesado da média populacional na AAS com reposição;  $\sigma_e^2$  é a variância das médias dos estratos ou, simplesmente, variância entre os estratos;  $\sigma^2$  é a variância populacional.

A equação 18 apresenta o  $EPA[AEdn]$ , também calculado a partir da equação 16. Observa-se que a AE de Neyman é mais eficiente que a AAS com reposição, sendo que quanto maior  $\sigma_e^2$  e  $\sigma_{dp}^2$ , maior sua eficiência (BOLFARINE, BUSSAB, 2005).

$$EPA[AEdn] = \frac{Var_{AEdn}(\bar{y})}{Var_{AASc}(\bar{y})} = 1 - \frac{\sigma_e^2}{\sigma^2} - \frac{\sigma_{dp}^2}{\sigma^2} < 1 \quad \text{equação 18}$$

Onde:  $Var_{AEdn}(\bar{y})$  é a variância do estimador não viesado da média populacional na AE de Neyman;  $Var_{AASc}(\bar{y})$  é a variância do estimador não viesado da média populacional na AAS com reposição;  $\sigma_e^2$  é a variância das médias dos estratos ou, simplesmente, variância entre os estratos;  $\sigma^2$  é a variância populacional;  $\sigma_{dp}^2$  é a variância entre os desvios-padrão dos estratos.

Cochran (1977) e Hansen, Hurwitz e Madow (1953a) alertam que, quando a AE proporcional é comparada a AAS sem reposição, a primeira pode ser menos eficiente que a segunda. Isso ocorre quando o desvio-padrão entre os estratos ( $\sigma_e$ ) é muito baixo, sendo semelhante ao desvio-padrão obtido com uma AAS sem reposição. Os autores também comentam que, quanto menor o tamanho dos estratos, maior a chance disso acontecer.

Por sua vez, Alreck e Settle (1995) propõem algumas perguntas para auxiliar na decisão de escolha pela AE ou AC, apresentadas nas Figura 7 e Figura 8, respectivamente. Respondendo esses questionamentos, o pesquisador identifica quando é possível ou recomendável empregar esses planos amostrais. Segundo Bailar (1997), a questão que mais influencia na escolha pela AC é a necessidade de os dados terem de ser coletados pessoalmente e estarem distribuídos em ampla área geográfica.

Pergunta	Resposta	Recomendação
Há necessidade de obter um maior nível de confiança e, portanto, um tamanho de amostra maior, em alguns estratos que para outros?	Sim	Recomenda-se usar a AE
	Não	Não se recomenda usar a AE
Há indícios de que a variância dentro dos estratos é pequena e que a variância entre os estratos é grande?	Sim	Recomenda-se usar a AE
	Não	Não se recomenda usar a AE
Há um sistema de referência exibindo a associação entre os estratos e as unidades elementares?	Sim	Pode-se usar a AE
	Não	Não se pode usar a AE

Figura 7 - Perguntas para auxiliar na decisão de escolha pela AE (ALRECK; SETTLE, 1995)

Pergunta	Resposta	Recomendação
Os dados serão coletados pessoalmente?	Sim	Recomenda-se o uso da AC
	Não	Não se recomenda o uso da AC
As unidades elementares estão espalhadas em uma ampla área geográfica?	Sim	Recomenda-se o uso da AC
	Não	Não se recomenda o uso da AC
O tempo e o custo com as viagens são elevados?	Sim	Recomenda-se o uso da AC
	Não	Não se recomenda o uso da AC
O tamanho total da amostra é grande o suficiente para permitir a seleção de vários conglomerados?	Sim	Recomenda-se o uso da AC
	Não	Não se recomenda o uso da AC

Figura 8 - Perguntas para auxiliar na decisão de escolha pela AC (ALRECK; SETTLE, 1995)

Kish (1965) relata que a escolha de um plano amostral deve considerar três critérios: orientação ao objetivo, mensurabilidade e economia. Esses três critérios são, freqüentemente, conflitantes, tendo o pesquisador que balanceá-los para escolher o plano amostral mais adequado. O primeiro critério refere-se ao alinhamento do plano amostral aos objetivos da pesquisa, assim, a utilização do plano escolhido obtém as informações desejadas. A mensurabilidade denota a capacidade do plano amostral escolhido permitir o cálculo das estimativas, empregando estimadores não viesados. O último critério refere-se a economia, sendo que um plano amostral econômico é aquele que atinge a precisão desejada com custo mínimo. Segundo o mesmo autor, economia e eficiência têm definições diferente. Um plano amostral é eficiente quando obtém a precisão desejada com um número de elementos populacionais mínimo.

### 2.3 Tipos de erros nos levantamentos por amostragem

Os levantamentos por amostragem estão sujeitos a dois tipos erros: erros amostrais e erros não amostrais, apresentados a seguir nas seções 2.4.1 e 2.4.2, respectivamente. Assim, a medida efetuada em um levantamento por amostragem é resultante da medida verdadeira da população somada aos erros amostrais e erros não amostrais (equação 19) (MATTAR, 2005b). De acordo com Assael e Keon (1982), os erros não amostrais representam a maior parcela do erro total, sendo que a contribuição dos erros amostrais é mínima.

$$m_e = m_v + e_a + e_{na} \quad \text{equação 19}$$

Onde:  $m_e$  é a medida efetuada;  $m_v$  é a medida verdadeira;  $e_a$  é o erro amostral;  $e_{na}$  é o erro não amostral.

Em função desses erros, Hansen, Hurwitz e Madow (1953a), Kish (1965) e Mattar (2005a), classificam uma amostra como precisa, correta e/ou exata. A precisão representa a

medida do erro amostral e quanto menor esse erro, mais precisa é a amostra, enquanto que a correção é a medida do erro não amostral e quanto menor esse erro, mais correta é a amostra. Já a exatidão representa a medida do erro total (erro amostral + erro não amostral) e quanto menor esse erro, mais exata é a amostra.

Os tipos de erros também são utilizados para classificar o processo de coleta de dados como válido e/ou confiável. A validade indica quanto esse processo está livre de erro total, ao passo que, a confiabilidade indica quanto esse processo está isento de erros amostrais. Na Figura 9, que mostra a representação gráfica dos conceitos de validade e confiabilidade, observa-se que (ALRECK; SETTLE, 1995; MATTAR, 2005b):

- na linha superior (primeiro e segundo quadrantes), o processo de coleta de dados forneceu pontos concentrados ao redor de uma certa região, ou seja, com pouca variabilidade, possuindo alta confiabilidade. Já na linha inferior (terceiro e quarto quadrantes), os pontos estão dispersos em torno de uma dada região, apresentando alta variabilidade, indicando que o processo de coleta de dados possui baixa confiabilidade;

- na coluna da direita (segundo e quarto quadrantes), o processo de coleta de dados gerou pontos localizados ao redor do alvo central, possuindo alta validade. Nesses quadrantes, os pontos não tendem para uma única direção, como acontece na coluna da esquerda (primeiro e terceiro quadrantes), indicando que o processo de coleta de dados gerou pontos viesados, possuindo uma baixa validade;

- o quarto quadrante (baixa confiabilidade – alto erro amostral / alta validade – baixo erro total) não existe do ponto de vista técnico, já que o erro amostral não pode ser maior que o erro total, sendo mostrado apenas para auxiliar na apresentação dos dois conceitos.

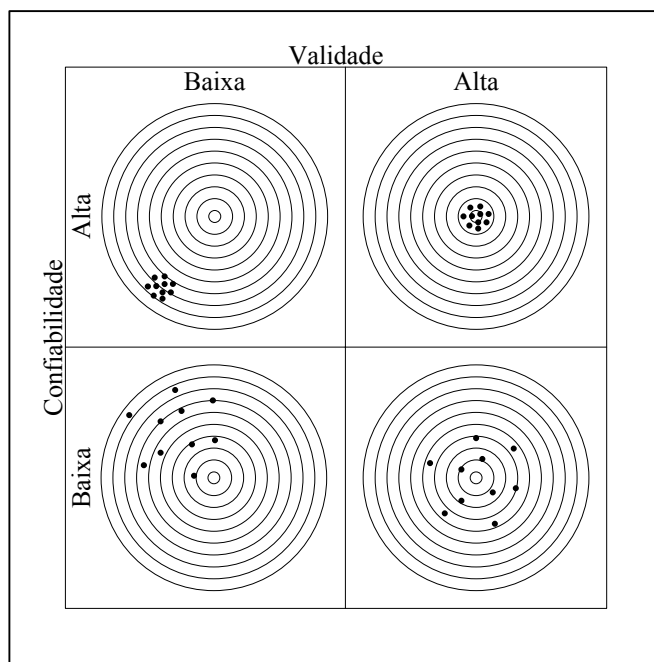


Figura 9 - Representação gráfica: confiabilidade x validade (ALRECK; SETTLE, 1995)

### 2.3.1 Erros amostrais

O erro amostral é representado pela diferença entre o valor estimado pelo estimador (estimativa) para uma dada amostra e o valor do parâmetro populacional (equação 20). Conseqüentemente, o erro amostral é decorrente do erro incorrido pelo emprego: (i) de uma certa amostra; e (ii) do estimador para estimar o parâmetro populacional. Observa-se, assim, que o erro amostral é ocasionado pelo plano amostral e não por problemas de mensuração e obtenção dos dados. A partir dessas informações, conclui-se que o objetivo da escolha de um plano amostral e um estimador é poder controlar o erro amostral. Isso não ocorre quando utiliza-se amostragens não probabilísticas, não se conseguindo medir o erro cometido pela escolha de uma amostra, dificultando a extensão dos resultados da amostra para a população (BOLFARINE; BUSSAB, 2005). A teoria da probabilidade e inferência estatística, sobre a qual baseia-se o cálculo do erro amostral, não é discutida nesta dissertação.

$$e_a = \hat{\theta}(s) - \theta \quad \text{equação 20}$$

Onde:  $e_a$  é o erro amostral,  $\hat{\theta}(s)$  é a estimativa para uma amostra  $s$  e  $\theta$  é o valor do parâmetro populacional.



### 2.3.2 Erros não amostrais

Os erros não amostrais são aqueles que independem do plano amostral e aconteceriam mesmo que toda a população fosse investigada. Ao contrário do erro amostral, o pesquisador não exerce nenhum controle sobre o erro não amostral e não consegue mensurá-lo, uma vez que não conhece sua direção ou dimensão. Além disso, o erro não amostral tende a aumentar com o crescimento do tamanho da amostra, enquanto o erro amostral diminui com o aumento dessa. O erro não amostral pode comprometer os resultados de um levantamento por amostragem, caso suas fontes não sejam identificadas (BOLFARINE; BUSSAB, 2005; MATTAR, 2005b).

Segundo Kish (1965), os erros não amostrais podem ser classificados em erro de não observação e erro de observação, como mostra a Figura 10. O primeiro resulta da falha na obtenção de dados de partes da população e subdividi-se em erro de não-cobertura e não-resposta. O erro de observação é ocasionado por erros na coleta ou processamento de dados, sendo essas suas subdivisões.

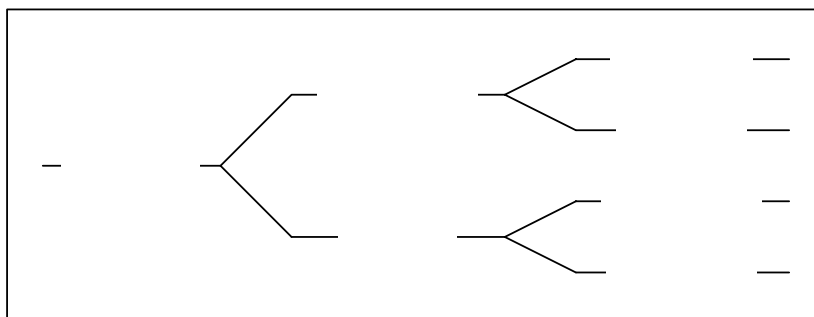


Figura 10 - Classificação dos erros não amostrais (KISH, 1965)

As falhas na inclusão de algumas unidades elementares na definição do sistema de referência ocasionam os erros de não-cobertura. Nesse erro, alguns elementos populacionais, que deveriam compor a população referenciada ou foram sorteados para compor a amostra, são excluídos das mesmas. Por outro lado, alguns elementos populacionais, que não deveriam compor a população referenciada ou não foram sorteados para compor a amostra, são incluídos nas mesmas (KISH, 1965).

A maior fonte de erro não amostral nos levantamentos por amostragem com populações humanas é o erro da não resposta (CHRISTOFIDES, 2005). Esse erro é causado pela falha na obtenção de algumas unidades elementares selecionadas para compor a amostra, devido, por exemplo: a recusa em participar da pesquisa; ausência de pessoas para responder a

pesquisa; não retorno e perda de questionários (DEMING, 1950; KISH, 1965). A amostragem não probabilística é menos suscetível ao erro da não resposta do que a amostragem probabilística, entretanto, isso acontece, apenas, porque as amostras não probabilísticas, normalmente, são escolhidas pela conveniência de quem executa a pesquisa (BLAIR; ZINKHAN, 2006). Existem várias teorias para solucionar ou minimizar o erro da não resposta, tais como: o modelo da resposta aleatorizada, proposto por Christofides (2003), válido para a amostragem aleatória simples e ampliado para a amostragem estratificada por Christofides (2005); e o procedimento de reposição das unidades elementares sorteadas não respondidas por outras, proposto por Kish e Hess (2004), de modo que o viés introduzido pela não resposta seja reduzido.

Como visto anteriormente, os erros de observação são divididos em erros na coleta e processamento dos dados. Os erros na coleta de dados são ocasionados por: questionário inadequado; equipamentos de medição não calibrados; ausência ou problemas com o procedimento de coleta da amostra em campo; viés introduzido por quem executa a pesquisa em campo; falhas de quem executa a pesquisa em campo (DEMING, 1950; MATTAR, 2005b; PAAKKUNAINEN; REINIKAINEN; MINKKINEN, 2006). Já os erros de processamento são decorrentes da codificação, edição, tabulação, cálculo, consolidação e interpretação dos resultados (DEMING, 1950).

Além desses erros, Hansen, Hurwitz e Madow (1953a) citam o erro devido a falha no planejamento e definições, que antecede a coleta de dados. Caso os objetivos da pesquisa, resultantes da etapa de planejamento, e as definições estabelecidas por eles estiverem incorretas, os resultados da pesquisa não responderão a esses objetivos.

## **2.4 Determinação do tamanho da amostra**

A determinação do tamanho da amostra é um ponto-chave de um levantamento por amostragem, visto que influencia o erro-padrão do estimador (BOLFARINE; BUSSA, 2005). Deve-se evitar tamanhos de amostra pequenos, pois podem não fornecer resultados estatísticos aceitáveis, ao passo que, deve-se evitar tamanhos de amostra grandes, uma vez que podem ser inviáveis (TONG, 2006). Assim, o tamanho da amostra tem grande importância do ponto de vista econômico, já que tanto amostras pequenas quanto grandes desperdiçam recursos (LENTH, 2001). Além disso, quanto maior o tamanho da amostra,

maior o erro não amostral (MATTAR, 2005a). Assim, o objetivo da determinação do tamanho da amostra é identificar o ponto ótimo entre esses dois extremos (ALRECK; SETTLE, 1995).

Para cada plano amostral e parâmetro populacional há uma equação diferente de tamanho da amostra, visto que utilizam estimadores diferentes. A equação 21 e a equação 22 apresentam as expressões matemáticas para determinação do tamanho da amostra, para a média populacional quando se emprega a AAS com reposição e a AAS sem reposição, respectivamente (BOLFARINE; BUSSAB, 2005).

$$n = \frac{\sigma^2 z^2}{e^2} \quad \text{equação 21}$$

$$n = \frac{1}{\frac{e^2}{\sigma^2 z^2} + \frac{1}{N}} \quad \text{equação 22}$$

Onde:  $n$  é o tamanho da amostra;  $\sigma$  é o desvio-padrão populacional;  $z$  é a variável reduzida;  $e$  é o erro admitido;  $N$  é o tamanho da população.

A partir da equação 21, observa-se que o tamanho da amostra é: inversamente proporcional ao erro admitido ( $e$ ), logo, quanto maior o erro admitido, menor deve ser o tamanho da amostra ( $n$ ); diretamente proporcional ao desvio-padrão populacional ( $\sigma$ ), ou seja, quanto maior o desvio-padrão de uma população, maior deve ser o tamanho da amostra ( $n$ ); diretamente proporcional a variável reduzida  $z$ , associada ao nível de confiança adotado (MATTAR, 2005a). Ao escolher um nível de confiança, o pesquisador deve estar ciente que um intervalo de, por exemplo, 95% de confiança é interpretado da seguinte forma: “se forem observadas 100 amostras aleatórias simples e construídos 100 intervalos de confiança baseados nessas amostras, então, 95% dos intervalos devem conter a média populacional  $\mu$ ” (BOLFARINE; BUSSAB, 2005, p. 69) ou qualquer outro parâmetro populacional, como, por exemplo, o total populacional  $\tau$ . Por sua vez, o erro admitido representa a diferença máxima aceitável entre a estimativa e o parâmetro populacional, considerando o nível de confiança adotado (RIBEIRO; ECHEVESTE, 1998).

Observa-se também na equação 21 que o tamanho da amostra independe do tamanho da população na AAS com reposição, logo, quanto maior for a população mais vantajoso é o emprego da amostragem. Já na equação 22 o tamanho da amostra depende do tamanho da população. Entretanto, para populações suficientemente grandes, o tamanho da amostra praticamente independe do tamanho da população, uma vez que  $1/N$  tende a zero.

Como pode ser observado na equação 21 e na equação 22, para determinar o tamanho da amostra, deve-se saber o valor do desvio-padrão da população. Entretanto, esse

valor não é conhecido. Para contornar esse problema, Barlett, Kotrlík e Higgins (2001) propõem que o desvio-padrão seja definido: (i) coletando a amostra em duas etapas e utilizando o desvio-padrão obtido na primeira etapa, para estimar quantos elementos populacionais devem ser amostrados na segunda etapa; (ii) utilizando o desvio-padrão de uma amostra piloto; (iii) empregando o desvio-padrão de pesquisas anteriores da mesma população ou de populações semelhantes.

Para determinação do tamanho da amostra também é necessário indicar o erro admitido. Quando deseja-se que a pesquisa tenha uma alta precisão e, conseqüentemente, uma pequena variabilidade, o erro admitido deve ser baixo. Caso contrário, a pesquisa pode ter um alto erro admitido. Assim, pesquisas sobre questões importantes, como o número de desempregados, devem ter uma alta precisão, um baixo erro admitido e um tamanho de amostra grande (BAILAR, 1997).

Quando há mais de uma característica de interesse, o tamanho da amostra deve ser dimensionado, considerando a precisão desejada da característica mais importante. Assim, algumas características secundárias podem ser estimadas com precisão acima da necessária para os objetivos do levantamento, enquanto outros podem ser estimadas com precisão inferior a desejada (HANSEN; HURWITZ; MADOW, 1953a).

A equação 23 apresenta a expressão matemática para determinação do tamanho da amostra, para o total populacional quando se emprega a AAS sem reposição (THOMPSON, 1992). Já, na equação 24 e na equação 25, constam as expressões matemáticas para determinação do tamanho da amostra, para a média populacional quando se emprega a AE e AC, respectivamente (BOLFARINE; BUSSAB, 2005).

$$n = \frac{1}{\frac{e^2}{\sigma^2 z^2 N^2} + \frac{1}{N}} \quad \text{equação 23}$$

$$n = \frac{z^2}{e^2} \sum_{h=1}^L \frac{N_h}{N} \sigma_h^2 \quad \text{equação 24}$$

$$n = \frac{\sigma_{ec}^2 z^2}{e^2} \quad \text{equação 25}$$

Onde:  $n$  é o tamanho da amostra;  $e$  é o erro admitido;  $\sigma$  é o desvio-padrão populacional;  $z$  é a variável reduzida;  $N$  é o tamanho da população;  $L$  é o número de estratos;  $N_h$  é o tamanho do estrato  $h$ ;  $\sigma_h$  é o desvio-padrão do estrato  $h$ ;  $\sigma_{ec}$  é o desvio-padrão entre as médias dos conglomerados (desvio-padrão entre conglomerados).

Ribeiro e Echeveste (1998) adotam a equação 26 para o cálculo do tamanho da amostra quando emprega-se a AE. A diferença entre a equação 24 e a equação 26 é que a última multiplica o valor da primeira pelo número de estratos ( $L$ ).

$$n = \frac{z^2}{e^2} L \sum_{h=1}^L \frac{N_h}{N} \sigma_h^2 \quad \text{equação 26}$$

Onde:  $n$  é o tamanho da amostra;  $z$  é a variável reduzida;  $e$  é o erro admitido;  $L$  é o número de estratos;  $N_h$  é o tamanho do estrato  $h$ ;  $N$  é o tamanho da população;  $\sigma_h$  é o desvio-padrão do estrato  $h$ .

## 2.5 Inspeção

O controle de qualidade de uma empresa pode ser efetuado monitorando-se o seu processo ou produto, sendo que nesse último o controle é conduzido através de planos de inspeções (DUFFUAA; KHAN, 2002). Na literatura pesquisada encontrou-se diversos trabalhos referentes a inspeção de produtos acabados, popularmente conhecida, e a inspeção para aceitação ou rejeição de produtos. Essa última pode ser realizada através do emprego da amostragem, sendo denominada plano de amostragem para aceitação. Segundo Pearn e Wu (2007) e Cheng e Chen (2007), essa é uma das ferramentas estatísticas mais práticas para garantia da qualidade de produtos e deve ser empregada para auxiliar na decisão de aceitar ou não um lote de certo produto. Nessa abordagem, um plano de amostragem é definido como o plano que determina o tamanho da amostra e o critério de aceitação ou rejeição do produto (BRASIL, 2006a).

A avaliação do desempenho de um plano de amostragem para aceitação baseia-se na curva característica de operação, que indica a probabilidade de aceitação de um lote, em função da sua fração de defeitos. O nível de qualidade aceitável em uma inspeção por amostragem é a porcentagem de defeitos relativos a determinado grupo de características de qualidade considerada aceitável para o lote (PEARN; WU, 2007). O INMETRO adota essa ferramenta nos ensaios em que não há necessidade de inspeção 100%, para aprovação de novos modelos de equipamentos de medição, como disjuntores (BRASIL, 2006b) e reatores para lâmpadas (BRASIL, 2004), e para verificação inicial dos mesmos. Entende-se por verificação inicial aquela realizada em instrumentos antes de sua instalação e/ou utilização (INMETRO, 2006).

Existem dois tipos de planos de amostragem para aceitação: plano de amostragem para variável e plano de amostragem para atributo. A principal vantagem do primeiro é que a curva característica de operação pode ser obtida com um tamanho de amostra menor do que no plano para atributo (BALAMURALI; JUN, 2007). Por outro lado, o plano para atributo é mais fácil de ser empregado e não envolve cálculos estatísticos no processamento dos dados (CHENG; CHEN, 2007).

Além das inspeções de produtos acabados e para aceitação de produtos, Duffuaa (1996) propõe um modelo para determinar planos de inspeções ótimos para componentes críticos. Esses componentes são aqueles que, em caso de falha, podem causar um desastre ou implicar em custos muito elevados. Já Duffuaa e Khan (2002) apresentam um algoritmo para calcular o número de vezes que as inspeções devem ser repetidas para minimizar os erros ocorridos nessas inspeções. Assim como esses trabalhos, existem outros que apresentam abordagens específicas para solucionar problemas referentes à inspeção de produtos.

Em relação a inspeção de equipamentos, não encontrou-se o tema inspeção de equipamentos que não oferecem risco, com o objetivo de verificar a qualidade dos mesmos. Existe a inspeção baseada em risco (*Risk Based Inspection* – RBI), a qual está cada vez mais sendo utilizada pelas indústrias, com objetivo de otimizar os custos e a segurança dos planos de inspeção (KALLEN; NOORTWIJK, 2005). A RBI envolve a programação da execução da inspeção a partir de informações obtidas na avaliação dos riscos (NOORI; PRICE, 2006). Mais especificamente, a RBI identifica e quantifica, qualitativa ou quantitativamente, as conseqüências e a probabilidade das falhas dos equipamentos (SANTOSH et al., 2006).

### 3 MÉTODO PROPOSTO

O presente capítulo apresenta o método desenvolvido para a realização do planejamento da inspeção de equipamento. O objetivo deste método é fornecer um modelo para a execução da inspeção de equipamentos instalados em grande quantidade e em extensas localizações geográficas. Este planejamento auxilia as empresas na solução de questões como: (i) quais e quantos equipamentos inspecionar, de acordo com o tipo e a qualificação das informações que se deseja obter; (ii) quando inspecionar, avaliando os recursos disponíveis e outras restrições pertinentes; e (iii) quem inspecionará, considerando o número de colaboradores ou equipes disponíveis e suas áreas de atuação.

A amostragem, abordada no referencial teórico (Capítulo 2), é a base do método proposto, visto que auxilia na determinação dos equipamentos que devem ser inspecionados e na definição da quantidade dos mesmos. O emprego correto da amostragem permite a generalização das informações obtidas nos equipamentos amostrados para a população dos mesmos. Assim, auxilia, por exemplo, na definição dos equipamentos que devem ser mantidos em operação, pois apresentam bom desempenho, e dos equipamentos que precisam ser substituídos, porque possuem desempenho inferior.

O método para o planejamento da inspeção de equipamentos desenvolvido, apresentado na Figura 11, é dividido em três fases. A primeira, denominada **elaboração da matriz amostral**, responde às questões de **quais e quantos** equipamentos inspecionar, enquanto a segunda, intitulada **distribuição da matriz amostral no tempo**, descreve **quando** as inspeções devem ser realizadas. Já a terceira fase, denominada **alocação de recursos humanos para execução da matriz amostral**, estabelece **quem** deve realizar essas inspeções. Essas fases são subdivididas em etapas que descrevem as atividades a serem desenvolvidas para alcançar os objetivos propostos pelas fases.

A estrutura do método, bem como, suas fases e etapas, apresentadas na Figura 11, representam a versão final do mesmo, obtida através da utilização da pesquisa-ação, como procedimento de pesquisa. Sendo assim, a versão inicial do método foi aperfeiçoada diversas vezes, ao longo de sua aplicação prática, até alcançar-se os objetivos a que o mesmo se propunha, obtendo-se, conseqüentemente, sua versão final.

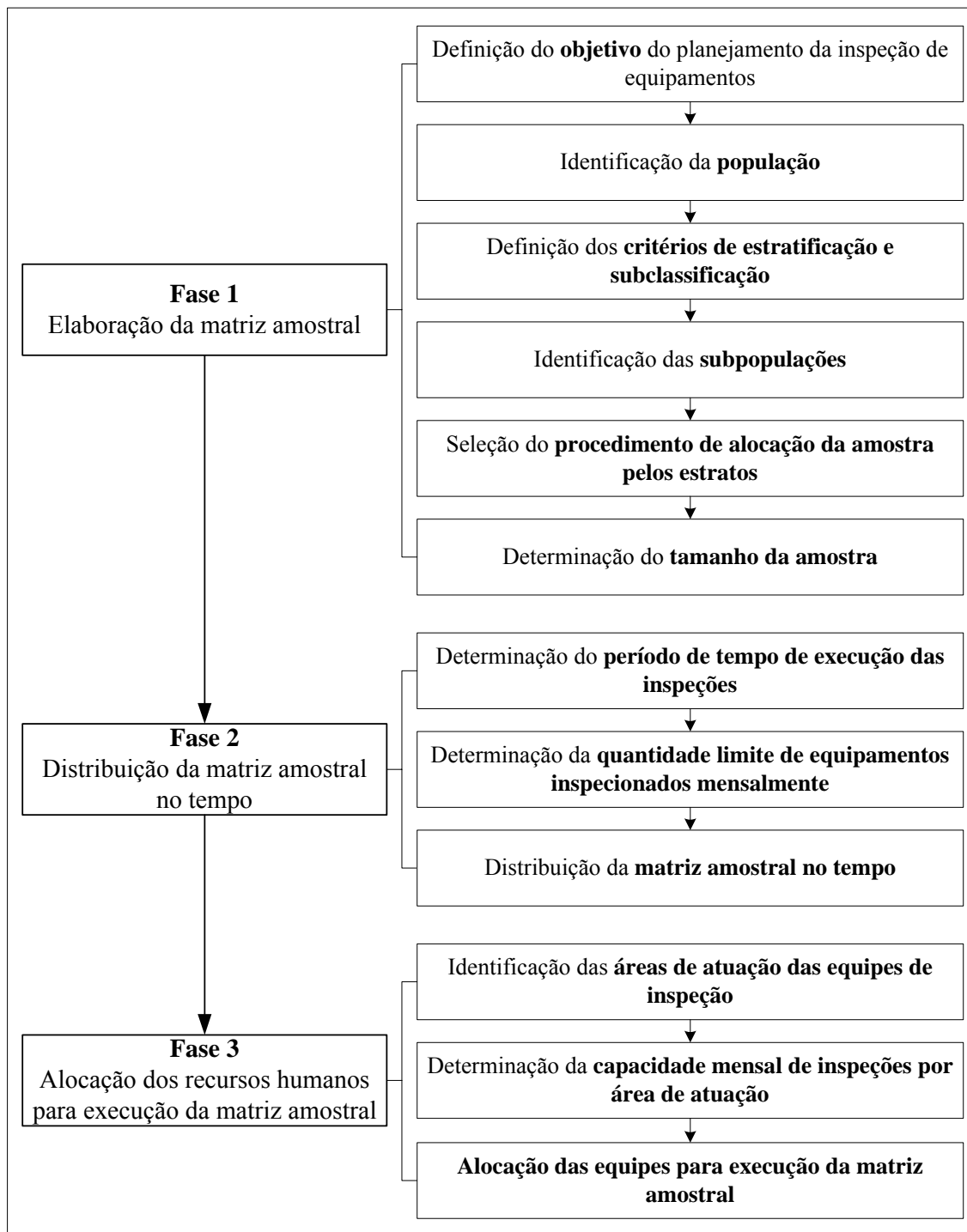


Figura 11 - Método proposto para o planejamento da inspeção de equipamentos



### **3.1 Elaboração da matriz amostral**

Neste método, a matriz amostral é definida como a matriz que contém as quantidades dos equipamentos que devem ser amostrados em cada estrato. Através da realização das etapas propostas nesta fase, obtém-se a matriz amostral, no qual as inspeções de equipamentos são baseadas.

A elaboração do plano amostral (Fase 1) é composta pelas seguintes etapas: (i) definição do objetivo do planejamento da inspeção de equipamentos; (ii) identificação da população; (iii) definição dos critérios de estratificação e de subclassificação; (iv) identificação das subpopulações; (v) seleção do procedimento de alocação da amostra pelos estratos; e (vi) determinação do tamanho da amostra. Essas etapas são explicadas detalhadamente nas seções a seguir.

#### ***3.1.1 Definição do objetivo do planejamento da inspeção de equipamentos***

Esta etapa visa a definição de qual ou quais são os objetivos do planejamento da inspeção de equipamentos. Assim, necessita-se estabelecer claramente as informações que se deseja levantar e que, portanto, devem ser obtidas com a realização desse planejamento. Os objetivos, se mal definidos, comprometem todo o planejamento, visto que os resultados obtidos através de seu emprego, não serão aqueles que são realmente necessários e importantes para auxiliar a tomada de decisões da empresa.

Para a execução desta etapa, recomenda-se que seja realizada uma reunião com os colaboradores das áreas interessadas pelos resultados obtidos através do planejamento da inspeção e que são afetadas pela execução do mesmo. O produto dessa reunião e, portanto, desta etapa, é um documento com a descrição dos objetivos do planejamento da inspeção dos equipamentos em questão. Esses objetivos podem ser divididos em: principal, aquele que indica o fim que se pretende alcançar com o planejamento; e secundários, que são os desdobramentos do objetivo principal para auxiliar no seu alcance.

### **3.1.2 Identificação da população**

O objetivo desta etapa é a identificação da população, acerca da qual pretende-se realizar inferências. No planejamento da inspeção, os elementos da população são os equipamentos alvos de inspeção e, conseqüentemente, a população é o conjunto desses equipamentos.

O produto desta etapa é um documento com a descrição da população e a relação de elementos dessa população, na forma de uma lista com todos os equipamentos alvos de inspeção. A descrição da população deve conter: os elementos da população, no caso do planejamento da inspeção, a designação dos equipamentos; a extensão geográfica, que deve apresentar a localização de onde os equipamentos foram coletados; e o período de tempo, indicando quando a população foi identificada. Enquanto exemplo de designação correta da população, poderia ser citada a população de taxímetros eletrônicos, aparelhos que medem o valor cobrado em relação à distância percorrida, instalados nos automóveis pertencentes aos permissionários do serviço de táxi no estado do Rio Grande do Sul em julho de 2005. Outro exemplo poderia ser a população dos hidrômetros, aparelhos que medem o volume de água consumido, instalados em residências na cidade de Porto Alegre em janeiro de 2006.

### **3.1.3 Definição dos critérios de estratificação e subclassificação**

Para a elaboração da matriz amostral, deve-se escolher o procedimento de seleção da amostra de equipamentos. Dos três principais planos de amostragem (Amostragem Aleatória Simples – AAS, Amostragem Estratificada – AE, Amostragem por Conglomerados – AC), a AE apresenta as seguintes vantagens quando comparada com a AAS e a AC: permite analisar a influência de certos fatores, como, por exemplo, diferentes modelos de um mesmo equipamento e tempo de instalação dos equipamentos, sobre a característica de interesse; aumento da precisão das estimativas dos parâmetros, quando os estratos são homogêneos; obtenção de estimativas para os parâmetros da população e das subpopulações dos estratos; facilidade na coleta de informações; diminuição do custo em relação à AAS.

Em função dessas características, este método de planejamento da inspeção de equipamentos emprega a AE como procedimento para seleção da amostra. Para execução da

AE é necessária a definição dos critérios de estratificação e de subclassificação. Essa definição compreende a determinação dos fatores utilizados para a obtenção de informações a respeito de partes da população, denominadas subpopulações. Tanto os estratos quanto as subclasses são subpopulações, entretanto, os primeiros são contemplados no plano amostral, garantindo-se, assim, estimativas confiáveis sobre os estratos. Já as subclasses não são consideradas no plano amostral, não se assegurando estimativas confiáveis sobre as mesmas. As estimativas das subclasses poderão ser calculadas de forma confiável se houver a presença de elementos suficientes em cada subclasse.

É importante observar que o número de estratos influencia diretamente o tamanho da amostra. Assim, se a quantidade de estratos for grande, a quantidade de equipamentos amostrados também será grande, o que pode ocasionar a inviabilidade econômica do planejamento. Em função disso, deve-se estabelecer como estratos os fatores de maior influência, que podem afetar os resultados referentes à variável de interesse, e como subclasses os fatores secundários, aqueles de menor influência. Cabe salientar também que os estratos devem ser mutuamente exclusivos e coletivamente exaustivos.

Um dos critérios de estratificação ou subclassificação definidos nesta etapa deve ter relação com as áreas de atuação das equipes de inspeção ou ser as próprias áreas de atuação, para auxiliar na execução da Fase 3 (Alocação dos recursos humanos para execução da matriz amostral). Caso, aparentemente, esse critério não tenha influência sobre a característica de interesse, pode-se considerá-lo como um critério de subclassificação, não interferindo no tamanho de amostra.

A partir da realização desta etapa, deve-se obter um documento que contenha os critérios de estratificação e subclassificação, assim como todos os níveis dos mesmos. Esses níveis representam as categorias em que os elementos da população são divididos, de acordo com os critérios. Assim, por exemplo, caso o modelo de determinado equipamento seja considerado um critério de estratificação e existissem os modelos *A*, *B* e *C*, esses são os três níveis desse critério.

### ***3.1.4 Identificação das subpopulações***

Esta etapa visa a identificação das subpopulações dos equipamentos, representada pela lista de todos os equipamentos de cada subpopulação, em relação aos critérios de

estratificação e subclassificação. Assim, nesta etapa, os elementos populacionais identificados na etapa 1.2 (Identificação da população) são distribuídos nos estratos e subclasses definidos na etapa 1.3 (Definição dos critérios de estratificação e subclassificação).

O produto desta etapa é um documento com uma matriz contendo as quantidades de equipamentos por estratos e/ou subclasses. A Tabela 1 apresenta um exemplo dessa matriz, para o caso em que uma população é dividida em relação a: um critério de estratificação A (tipo de residência) com dois níveis (casa e apartamento); um critério de estratificação B (modelo do equipamento) com três níveis (modelos  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $\gamma$ ); um critério de subclassificação (zona) com quatro níveis (centro, norte, sul e leste). Esse último critério representa as áreas de atuação das equipes de inspeção. Cabe salientar que as células hachuradas em cinza escuro caracterizam as subpopulações dos estratos, enquanto as células hachuradas em cinza claro representam as subpopulações das subclasses.

Tabela 1 - Exemplo de produto da etapa 1.4 (identificação das subpopulações) – matriz das subpopulações

Critério de Estratificação A (tipo de residência)	A-1 (casa)			A-2 (apartamento)			Total
	B-1 ( $\alpha$ )	B-2 ( $\beta$ )	B-3 ( $\gamma$ )	B-1 ( $\alpha$ )	B-2 ( $\beta$ )	B-3 ( $\gamma$ )	
Critério de Subclassificação (zona)							
<b>1</b> (centro)	723	935	622	556	824	588	4.248
<b>2</b> (norte)	811	883	362	472	409	978	3.915
<b>3</b> (sul)	416	621	633	296	84	986	3.036
<b>4</b> (leste)	245	635	278	69	117	382	1.726
<b>Total</b>	2.195	3.074	1.895	1.393	1.434	2.934	12.925

### 3.1.5 Seleção do procedimento de alocação da amostra pelos estratos

A seleção do procedimento de alocação da amostra pelos estratos, ou seja, a escolha do tipo de AE que será empregado no planejamento da inspeção, depende das informações que se pretende obter a partir da realização do mesmo e dos dados que já estão disponíveis sobre a população de equipamentos. Os tipos de AE diferem entre si, em função da relação entre o tamanho da amostra e o tamanho da amostra de cada estrato. Para escolha do procedimento de alocação deve basear-se nas vantagens e desvantagens dos mesmos abordadas seção 2.3.1.2 do Capítulo 2.

Neste trabalho foi desenvolvido um procedimento de alocação intitulado “alocação proporcional ao erro admitido”. Nesse procedimento, determina-se o erro admitido mínimo relacionado à maior subpopulação e o erro admitido máximo correspondente à menor subpopulação. As subpopulações de tamanhos intermediários encontram-se associadas aos erros admitidos intermediários. Esse procedimento garante que os estratos com menor subpopulação sejam melhor avaliados, visto que nesses estratos é exigido um erro admitido máximo. Além de utilizar o tamanho da subpopulação para relacionar com o erro admitido, pode-se empregar outros critérios como a representatividade ou variabilidade da subpopulação. A equação 27 apresenta a relação entre o tamanho da amostra dos estratos para esse procedimento.

$$n_1 e_1 = n_2 e_2 = \dots = n_h e_h \quad \text{equação 27}$$

Onde:  $n_h$  é o tamanho da amostra do estrato  $h$ ;  $e_h$  é o erro admitido no estrato  $h$ .

O procedimento de alocação proporcional ao erro admitido pode ser utilizado em conjunto com os outros procedimentos apresentados, estabelecendo o erro admitido mínimo e máximo associado à maior e menor subpopulação, respectivamente. Assim, por exemplo, pode-se utilizar a alocação proporcional à raiz quadrada para determinar o tamanho de amostra dos estratos e restringir esse tamanho de amostra, em função do erro admitido mínimo e máximo.

Através da realização desta etapa, deve-se obter um documento contendo o procedimento de alocação adotado no planejamento da inspeção e uma justificativa para a escolha do mesmo. A justificativa para seleção de determinado procedimento de alocação pode ser dada, em função das informações que pretende-se obter sobre os equipamentos ou das informações já disponíveis a respeito dos mesmos.

### **3.1.6 Determinação do tamanho da amostra**

Nesta etapa é definida a quantidade de equipamentos alvos de inspeção. Para tanto, a partir do procedimento de alocação da amostra pelos estratos selecionado, calcula-se quantos equipamentos devem ser amostrados no total e por estrato. O total de equipamentos que devem ser inspecionados é igual à soma do número de equipamentos por estrato.

A formulário utilizado no cálculo do tamanho da amostra depende do tipo de dado coletado na amostragem. Esses dados podem ser em medida (valores), como, por exemplo, a média de certa característica de interesse nos elementos de determinada população, ou em proporções (porcentagens), como a proporção de elementos que possuem determinada característica de interesse em certa população. A Figura 12 apresenta as expressões matemáticas empregadas no cálculo do tamanho da amostra de dados em medida para os diferentes procedimentos de alocação.

Procedimentos de alocação	Estimativas de medidas	
	Tamanho de amostra do estrato	Tamanho da amostra
Uniforme	$n_h = \frac{n}{L}$	$n = \frac{z^2 \sigma^2}{e^2} L$
Proporcional	$n_h = \frac{nN_h}{N}$	
Proporcional à raiz quadrada	$n_h = \frac{n\sqrt{N_h}}{\sum_{k=1}^L \sqrt{N_k}}$	
Ótima	$n_h = \frac{\frac{nN_h \sigma_h}{\sqrt{c_h}}}{\sum_{k=1}^L \frac{N_k \sigma_k}{\sqrt{c_k}}}$	$n = \frac{z^2}{e^2} \sum_{h=1}^L \frac{N_h}{N} \sigma_h^2$
de Neyman	$n_h = \frac{nN_h \sigma_h}{\sum_{k=1}^L N_k \sigma_k}$	
Proporcional ao erro admitido	$n_h = \frac{z^2 \sigma^2}{\left( \frac{(e_{h\min} + (e_{h\max} - e_{h\min})(N_h - N_{\min}))}{(N_{\max} - N_{\min})} \right)^2}$	$n = \sum_{h=1}^L n_h$

Onde:  $z$  é o valor da distribuição normal padronizada associado ao nível de confiança desejado;  $e$  é o erro admitido;  $L$  é o número de estratos;  $n$  é o tamanho da amostra;  $N$  é o tamanho da população;  $\sigma$  é o desvio-padrão populacional;  $n_h$  é o tamanho da amostra do estrato  $h$ ;  $N_h$  é o tamanho do estrato  $h$ ;  $N_{\min}$  é o tamanho do menor estrato;  $N_{\max}$  é o tamanho do maior estrato;  $\sigma_h$  é o desvio-padrão do estrato  $h$ ;  $c_h$  é o custo por unidade elementar amostrada no estrato  $h$ ;  $e_{\min}$  é o erro admitido mínimo;  $e_{\max}$  é o erro admitido máximo.

Figura 12 - Formulário para cálculo do tamanho de amostra

Como pode ser observado na Figura 12, para a determinação do tamanho da amostra é necessário estipular: (i) o erro admitido, também conhecido como precisão da amostra; (ii) a variável reduzida  $z$ , associada ao nível de confiança escolhido; (iii) o desvio-padrão populacional ou desvio-padrão dos estratos, este último quando empregada a alocação ótima ou de Neyman; e (iv) o custo por equipamento amostrado em determinado estrato, quando adotada a alocação ótima. Entretanto, normalmente, o desvio-padrão populacional ou dos estratos não é conhecido. Para solucionar esse problema, pode-se: utilizar o desvio-padrão de

amostras-piloto; empregar o desvio-padrão obtido em uma pesquisa realizada anteriormente (dados secundários); ou estipular um valor aproximado para o desvio-padrão.

Após a determinação do tamanho da amostra ( $n$ ) e, conseqüentemente, do tamanho da amostra por estrato ( $n_h$ ), deve-se avaliar a possibilidade de inspecionar essa quantidade de equipamentos. Muitas vezes o tamanho da amostra ( $n$ ) tem um número máximo, isto é, uma quantidade limite de equipamentos que podem ser inspecionados, devido a restrições de recursos disponíveis. Assim, a soma dos tamanhos das amostras dos estratos ( $n_h$ ) não pode ultrapassar essa quantidade. Os recursos disponíveis devem ser superiores ao custo da inspeção, que envolve tanto o custo de coleta do equipamento em campo, quanto o custo dos ensaios que devem ser realizados nos equipamentos. Caso o tamanho da amostra ultrapasse o número de equipamentos que podem ser inspecionados, em função dos recursos disponíveis, deve-se: repensar o número de critérios de estratificação e de seus níveis, determinados na etapa 1.3 (Definição dos critérios de estratificação e subclassificação), visando à diminuição do número dos mesmos e, conseqüentemente, do tamanho da amostra; ou diminuir o nível de confiança adotado ou o erro admitido e recalcular o tamanho da amostra.

Caso seja possível inspecionar a quantidade de equipamentos determinada no cálculo do tamanho da amostra, deve-se distribuir o número de equipamentos de cada estrato pelas subclasses. Essa distribuição pode utilizar o mesmo procedimento de alocação da amostra pelos estratos ou empregar qualquer um dos procedimentos de alocação citados anteriormente. Sabe-se, previamente, que a quantidade de equipamentos em cada subclasse será inferior a necessária para se obter estimativas com o nível de confiança estipulado. Por outro lado, essa distribuição auxilia para que as subclasses não tenham quantidades desproporcionais de equipamentos, o que poderia conduzir a amostras pouco representativas das subpopulação. Além disso, essa distribuição auxilia a identificar possíveis influências dos critérios de subclassificação sobre a característica de interesse. Se forem identificadas influências importantes, nos planejamentos da inspeção futuros, os critérios de subclassificação devem passar a critérios de estratificação.

O produto desta etapa é um documento com a matriz amostral, definida, anteriormente, como a matriz contendo as quantidades de equipamentos que devem ser amostradas por estratos e/ou subclasses. Além disso, o documento deve conter os valores das variáveis utilizadas no cálculo do tamanho da amostra, como, por exemplo, o erro admitido e o desvio-padrão populacional, para facilitar a identificação das considerações feitas nesse cálculo.

A matriz amostral do exemplo apresentado na seção 3.1.4 (Tabela 1) é mostrada na Tabela 2. Para elaboração da mesma foram estabelecidas as seguintes considerações:  $z = 1,96$  (a 95% de confiança);  $\sigma = 0,05$ ;  $e = 0,01$ ;  $L = 6$ ;  $N = 12.925$ ; procedimento de alocação da amostra pelos estratos = proporcional à raiz quadrada; procedimento de alocação da amostra pelas subclasses = proporcional à raiz quadrada com  $e_{min} = 0,0175$  ( $n_{max} = 31$ ) e  $e_{max} = 0,0275$  ( $n_{min} = 13$ ). As células hachuradas correspondem as situações onde os critérios de erro mínimo (ou máximo) foram aplicados.

Tabela 2 - Exemplo de produto da etapa 1.6 (determinação do tamanho da amostra) – matriz amostral

Critério Estratificação A Critério Estratificação B Critério Subclassificação	A-1			A-2			Total
	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
1	29	31	26	26	31	26	169
2	31	31	20	24	23	31	160
3	22	26	27	19	13	31	138
4	17	26	18	13	13	21	108
<b>Total</b>	99	114	91	82	80	109	575

### 3.2 Distribuição da matriz amostral no tempo

O objetivo desta fase é determinar quando os equipamentos devem ser inspecionados, considerando os recursos disponíveis e outras restrições pertinentes. Esses recursos englobam tanto os recursos financeiros, quanto humanos. Esta fase afeta a qualidade dos dados obtidos através do planejamento, já que pode introduzir um viés na amostragem, se a coleta de equipamentos for executada de forma desequilibrada.

A distribuição da matriz amostral no tempo (Fase 2) é dividida em cinco etapas: (i) determinação do período de tempo de execução das inspeções; (ii) determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente; e (iii) distribuição da matriz amostral no tempo. Essas etapas são descritas detalhadamente nas seções a seguir.



### ***3.2.1 Determinação do período de tempo de execução das inspeções***

Nesta etapa, determina-se o período de tempo, no qual as inspeções devem ser executadas. O período de tempo depende da necessidade, por parte da empresa, dos dados obtidos sobre os equipamentos através das inspeções e da capacidade da empresa de dispor de recursos financeiros e humanos.

Por exemplo, para certa empresa, janeiro e fevereiro são meses do ano onde suas equipes de inspeção (recursos humanos) têm mais atividades. Assim, a mesma pode optar por executar suas inspeções nos dez meses restantes, portanto seu período de tempo de execução das inspeções é de dez meses. Por outro lado, outra empresa verifica que em setembro e outubro possui recursos para realizar as inspeções, podendo optar por executar as inspeções nesses dois meses. Sendo assim, seu período de tempo de execução das inspeções é de dois meses.

A determinação desse período de tempo deve ser realizada em conjunto pelos colaboradores da empresa que são afetados por essa decisão e que podem contribuir na determinação de um período de tempo adequado. O produto desta etapa é um documento contendo o período de tempo de execução das inspeções e a justificativa para a escolha do mesmo.

### ***3.2.2 Determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente***

A matriz amostral deve ser distribuída ao longo do período de tempo estabelecido na etapa anterior, considerando as variações dos recursos disponíveis no decorrer do mesmo. Para tanto, deve-se determinar a quantidade limite de equipamentos que podem ser inspecionados mensalmente, de acordo com a disponibilidade desses recursos. Assim, nos meses em que a empresa dispõe de mais recursos, são executadas um maior número de inspeções e vice-versa. Para efeito de explicação, estabeleceu-se que a unidade de tempo é um mês, entretanto, se necessário, essa unidade de tempo pode ser, por exemplo, um dia ou uma semana.

O produto desta etapa é uma tabela contendo três colunas: mês, quantidade limite de equipamentos inspecionados e percentual limite de equipamentos inspecionados, em função

dos recursos disponíveis. Esse produto, conseqüentemente, esta etapa auxilia na distribuição da matriz amostral no tempo (etapa 2.3). A Tabela 3 apresenta a quantidade limite de equipamentos que podem ser inspecionados mensalmente em um período de tempo de quatro meses para uma empresa hipotética. Pode-se observar que nos meses de abril, maio e junho podem ser inspecionados no máximo 200 equipamentos (28,6%) e no mês de julho 100 equipamentos (14,2%).

Tabela 3 - Exemplo de produto da etapa 2.2 (determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente)

<b>Mês</b>	<b>Quantidade limite de equipamentos inspecionados</b>	<b>Percentual limite de equipamentos inspecionados</b>
Abril	200	28,6%
Maio	200	28,6%
Junho	200	28,6%
Julho	100	14,2%
Total	700	100%

### **3.2.3 Distribuição da matriz amostral no tempo**

Nesta etapa, a quantidade de equipamentos alvos de inspeção é distribuída ao longo do período de tempo de execução do planejamento, determinado na etapa 2.1 (Determinação do período de tempo de execução das inspeções), levando em consideração a quantidade limite de equipamentos que podem ser inspecionados mensalmente determinada na etapa 2.2 (Determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente). Para facilitar a compreensão desta etapa, a seguir é descrita a distribuição no tempo do exemplo hipotético da seção anterior, considerando a matriz amostral apresentada na Tabela 2.

Para auxiliar na distribuição da matriz amostral no tempo são utilizadas três matrizes intituladas: quantidade-teórica-acumulada (Tabela 4), quantidade-teórica-não-alocada (Tabela 5) e quantidade-alocada (Tabela 6). As duas primeiras são intituladas teóricas, pois podem indicar a inspeção de menos de um equipamento, ou seja, apenas uma parte do mesmo, o que não acontece na realidade.

No primeiro mês, a matriz quantidade-teórica-acumulada resulta da multiplicação entre o número de equipamentos que devem ser inspecionados em determinada célula e o percentual de equipamentos que podem ser inspecionados em certo mês em decorrência dos recursos disponíveis. Nos meses posteriores, ao valor da multiplicação soma-se o valor resultante no mês anterior.

No exemplo da Tabela 4, a célula hachurada (16,59) é equivalente a 29 (tamanho da amostra do estrato – Tabela 2) multiplicado por 28,6% (percentual limite de equipamentos que podem ser inspecionados, em função dos recursos disponíveis – Tabela 3) somado a 8,29. Assim, a matriz indica a quantidade de equipamentos que deveria ser inspecionada, caso fosse possível inspecionar, apenas, uma parte de um equipamento. Na célula hachurada, no mês de maio, deveriam ter sido inspecionados 16,59 dos 29 equipamentos.

A matriz quantidade-teórica-não-alocada representa a diferença entre as matrizes teórica-acumulada e alocada, indicando a quantidade de equipamentos que ainda não foi alocada nos meses anteriores. Assim, a matriz quantidade-teórica-não-alocada, no primeiro mês, é igual à matriz teórica-acumulada, visto que nenhum equipamento foi alocado ainda. Já a matriz quantidade-alocada indica a quantidade de equipamentos que deve ser amostrada em cada mês, sendo resultante do arredondamento da quantidade indicada na matriz teórica-não-alocada.

A Tabela 5 apresenta as matrizes quantidade-teórica-não-alocada para os meses de abril, maio junho e julho, enquanto a Tabela 6 mostra as matrizes quantidade-alocada para os mesmos meses. A célula hachurada na Tabela 5 indica que a quantidade teórica de equipamentos não alocados é 8,59. Logo, a quantidade que será alocada no mês de maio é igual a 9 equipamentos, correspondente ao valor hachurado na Tabela 6. Esse procedimento é realizado até o último mês programado para as inspeções.

O produto desta etapa é o conjunto das matrizes quantidade-teórica-acumulada, quantidade-teórica-não-alocada e quantidade-alocada. Sendo que a última indica a quantidade de equipamentos que devem ser inspecionados em cada mês, bem como os estratos e as subclasses de onde devem ser amostrados.

Tabela 4 - Exemplo de matrizes quantidade-teórica-acumulada para os meses de abril, maio, junho e julho

ABRIL							
Critério Estratificação A Critério Estratificação B Critério Subclassificação	A-1			A-2			Total
	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
1	8,29	8,87	7,44	7,44	8,87	7,44	48,33
2	8,87	8,87	5,72	6,86	6,58	8,87	45,76
3	6,29	7,44	7,72	5,43	3,72	8,87	39,47
4	4,86	7,44	5,15	3,72	3,72	6,01	30,89
<b>Total</b>	<b>28,31</b>	<b>32,60</b>	<b>26,03</b>	<b>23,45</b>	<b>22,88</b>	<b>31,17</b>	<b>164,45</b>

MAIO							
Critério Estratificação A Critério Estratificação B Critério Subclassificação	A-1			A-2			Total
	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
1	16,59	17,73	14,87	14,87	17,73	14,87	96,67
2	17,73	17,73	11,44	13,73	13,16	17,73	91,52
3	12,58	14,87	15,44	10,87	7,44	17,73	78,94
4	9,72	14,87	10,30	7,44	7,44	12,01	61,78
<b>Total</b>	<b>56,63</b>	<b>65,21</b>	<b>52,05</b>	<b>46,90</b>	<b>45,76</b>	<b>62,35</b>	<b>328,90</b>

JUNHO							
Critério Estratificação A Critério Estratificação B Critério Subclassificação	A-1			A-2			Total
	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
1	24,88	26,60	22,31	22,31	26,60	22,31	145,00
2	26,60	26,60	17,16	20,59	19,73	26,60	137,28
3	18,88	22,31	23,17	16,30	11,15	26,60	118,40
4	14,59	22,31	15,44	11,15	11,15	18,02	92,66
<b>Total</b>	<b>84,94</b>	<b>97,81</b>	<b>78,08</b>	<b>70,36</b>	<b>68,64</b>	<b>93,52</b>	<b>493,35</b>

JULHO							
Critério Estratificação A Critério Estratificação B Critério Subclassificação	A-1			A-2			Total
	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
1	29,0	31,0	26,0	26,0	31,0	26,0	166,13
2	31,0	31,0	20,0	24,0	23,0	31,0	157,28
3	22,0	26,0	27,0	19,0	13,0	31,0	135,65
4	17,0	26,0	18,0	13,0	13,0	21,0	106,16
<b>Total</b>	<b>99,0</b>	<b>114,0</b>	<b>91,0</b>	<b>82,0</b>	<b>80,0</b>	<b>109,0</b>	<b>565,23</b>

Tabela 5 - Exemplo de matrizes quantidade-teórica-não-alocada para os meses de abril, maio, junho e julho

<b>ABRIL</b>							
<b>Critério Estratificação A</b>	<b>A-1</b>			<b>A-2</b>			<b>Total</b>
<b>Critério Estratificação B</b>	<b>B-1</b>	<b>B-2</b>	<b>B-3</b>	<b>B-1</b>	<b>B-2</b>	<b>B-3</b>	
<b>Critério Subclassificação</b>							
<b>1</b>	8,29	8,87	7,44	7,44	8,87	7,44	48,33
<b>2</b>	8,87	8,87	5,72	6,86	6,58	8,87	45,76
<b>3</b>	6,29	7,44	7,72	5,43	3,72	8,87	39,47
<b>4</b>	4,86	7,44	5,15	3,72	3,72	6,01	30,89
<b>Total</b>	28,31	32,60	26,03	23,45	22,88	31,17	164,45

<b>MAIO</b>							
<b>Critério Estratificação A</b>	<b>A-1</b>			<b>A-2</b>			<b>Total</b>
<b>Critério Estratificação B</b>	<b>B-1</b>	<b>B-2</b>	<b>B-3</b>	<b>B-1</b>	<b>B-2</b>	<b>B-3</b>	
<b>Critério Subclassificação</b>							
<b>1</b>	8,59	8,73	7,87	7,87	8,73	7,87	49,67
<b>2</b>	8,73	8,73	5,44	6,73	6,16	8,73	44,52
<b>3</b>	6,58	7,87	7,44	5,87	3,44	8,73	39,94
<b>4</b>	4,72	7,87	5,30	3,44	3,44	6,01	30,78
<b>Total</b>	28,63	33,21	26,05	23,90	21,76	31,35	164,90

<b>JUNHO</b>							
<b>Critério Estratificação A</b>	<b>A-1</b>			<b>A-2</b>			<b>Total</b>
<b>Critério Estratificação B</b>	<b>B-1</b>	<b>B-2</b>	<b>B-3</b>	<b>B-1</b>	<b>B-2</b>	<b>B-3</b>	
<b>Critério Subclassificação</b>							
<b>1</b>	7,88	8,60	7,31	7,31	8,60	7,31	47,00
<b>2</b>	8,60	8,60	6,16	6,59	6,73	8,60	45,28
<b>3</b>	5,88	7,31	8,17	5,30	4,15	8,60	39,40
<b>4</b>	4,59	7,31	5,44	4,15	4,15	6,02	31,66
<b>Total</b>	26,94	31,81	27,08	23,36	23,64	30,52	163,35

<b>JULHO</b>							
<b>Critério Estratificação A</b>	<b>A-1</b>			<b>A-2</b>			<b>Total</b>
<b>Critério Estratificação B</b>	<b>B-1</b>	<b>B-2</b>	<b>B-3</b>	<b>B-1</b>	<b>B-2</b>	<b>B-3</b>	
<b>Critério Subclassificação</b>							
<b>1</b>	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	24,00
<b>2</b>	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	4,0	21,00
<b>3</b>	3,0	4,0	4,0	3,0	2,0	4,0	20,00
<b>4</b>	2,0	4,0	3,0	2,0	2,0	3,0	16,00
<b>Total</b>	13,0	16,0	14,0	12,0	11,0	15,0	81,00

Tabela 6 - Exemplo de produto da etapa 2.3 (distribuição do plano amostral no tempo) – matrizes quantidade-alocada para os meses de abril, maio, junho e julho

ABRIL							
Critério Estratificação A	A-1			A-2			Total
Critério Estratificação B	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
Critério Subclassificação							
1	8	9	7	7	9	7	47
2	9	9	6	7	7	9	47
3	6	7	8	5	4	9	39
4	5	7	5	4	4	6	31
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>164</b>

MAIO							
Critério Estratificação A	A-1			A-2			Total
Critério Estratificação B	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
Critério Subclassificação							
1	9	9	8	8	9	8	51
2	9	9	5	7	6	9	45
3	7	8	7	6	3	9	40
4	5	8	5	3	3	6	30
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>32</b>	<b>166</b>

JUNHO							
Critério Estratificação A	A-1			A-2			Total
Critério Estratificação B	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
Critério Subclassificação							
1	8	9	7	7	9	7	47
2	9	9	6	7	7	9	47
3	6	7	8	5	4	9	39
4	5	7	5	4	4	6	31
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>164</b>

JULHO							
Critério Estratificação A	A-1			A-2			Total
Critério Estratificação B	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
Critério Subclassificação							
1	4	4	4	4	4	4	24
2	4	4	3	3	3	4	21
3	3	4	4	3	2	4	20
4	2	4	3	2	2	3	16
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>81</b>

### 3.3 Alocação de recursos humanos para execução da matriz amostral

Esta fase visa à especificação de quem deve realizar as inspeções dos equipamentos, analisando o número de colaboradores ou equipes disponíveis para execução dessa atividade e

a área de atuação dos colaboradores ou equipes. Esta fase auxilia na diminuição dos gastos com deslocamento na execução do planejamento, quando comparada a realização das inspeções feita de forma aleatória. Entretanto, não minimiza esses gastos, uma vez que seu objetivo é auxiliar, de forma simplificada, a alocação das inspeções pelas equipes. Isso porque, normalmente, as empresas não possuem softwares específicos para minimização de distâncias percorridas.

No presente método, presumiu-se que as inspeções envolvam deslocamento físico das equipes de inspeção. Entretanto, sabe-se que, em alguns casos, as inspeções de equipamentos (exemplo: aparelhos de tv a cabo) podem ser realizadas por via remoto, não havendo necessidade de avaliar as distâncias entre os equipamentos alvos de inspeção e as equipes que devem executá-las.

A alocação de recursos humanos para execução da matriz amostral (Fase 3) dividi-se em três etapas: (i) identificação das áreas de atuação das equipes de inspeção; (ii) determinação da capacidade mensal de inspeções por área de atuação; e (iii) alocação das equipes para execução da matriz amostral. Essas etapas são apresentadas nas seções a seguir.

### ***3.3.1 Identificação das áreas de atuação das equipes de inspeção***

Os objetivos desta etapa são identificar: (i) as áreas de atuação das equipes de inspeção, que caracterizam onde as equipes trabalham ao longo do dia; e (ii) as localizações pertencentes às áreas de atuação. Assim, esta etapa auxilia na diminuição das distâncias percorridas e na alocação das equipes para execução das inspeções, estabelecendo as regiões, (cidades, zonas, bairros ou outro tipo de localização) pertencentes às áreas de atuação dessas equipes.

O produto desta etapa é um documento que relacione: as áreas de atuação das equipes de inspeção; as localizações pertencentes a essas áreas; e os níveis do critério de estratificação ou subclassificação ligado a essas áreas, nos casos em que as áreas de atuação não sejam um critério de estratificação ou subclassificação. Esse documento permite visualizar as localizações que devem ser amostradas por cada área de atuação. Assim, a localização dos equipamentos sorteados permite identificar a área de atuação da equipe de inspeção que deve amostrá-lo.

Um exemplo do documento obtido nesta etapa, para uma empresa que atua em Porto Alegre, é apresentado na Figura 13. Neste caso, as áreas de atuação constituem um critério de subclassificação. Pode-se observar que para cada área de atuação (zona) há uma lista de todas as localizações (bairros), onde a empresa opera, pertencentes a essa área de atuação (zona).

Área de atuação	Localizações
Centro	Auxiliadora, Azenha, Bela Vista, Bom Fim, Centro, Cidade Baixa, Floresta, Menino Deus, Independência, Jardim Botânico, Medianeira, Moinhos de Vento, Mont Serrat, Petrópolis, Praia de Belas, Rio Branco e Santa Tereza
Leste	Agronomia, Bom Jesus, Cascata, Chácara das Pedras, Glória, Lomba do Pinheiro e Partenon
Norte	Boa Vista, Cristo Redentor, Higienópolis, Jardim Lindóia, Jardim São Pedro, Navegantes, Passo da Areia, Rubem Berta, São Geraldo, São João, Sarandi e Vila Ipiranga
Sul	Belém Novo, Belém Velho, Camaquã, Cavalhada, Chapéu do Sol, Cristal, Espírito Santo, Guarujá, Hípica, Ipanema, Lami, Nonoai, Ponta Grossa, Restinga, Serraria, Teresópolis, Tristeza e Vila Nova

Figura 13 - Exemplo de produto da etapa 3.1 (identificação das áreas de atuação das equipes de inspeção)

### 3.3.2 *Determinação da capacidade mensal de inspeções por área de atuação*

Nesta etapa ocorre a determinação da capacidade mensal de inspeções por área de atuação, permitindo verificar quantas inspeções podem ser realizadas por área de atuação em certo mês, visando evitar a sobrecarga de trabalho das equipes. Para isso, deve-se determinar a quantidade de equipes de inspeção por área de atuação em cada mês e, posteriormente, a capacidade de inspeções de cada área de atuação em cada mês. Ainda nesta etapa, deve-se verificar se as quantidades mensais de equipamentos que devem ser inspecionados por área de atuação (ou critério de estratificação ou subclassificação relacionado com a área de atuação), indicadas na distribuição da matriz amostral no tempo (Tabela 6), são passíveis de serem executadas, sendo, portanto, menores que as capacidades de inspeções que cada área de atuação pode realizar por mês.

O produto obtido nesta etapa é um documento relacionando para cada mês: área de atuação; quantidade de equipes inspeções por área de atuação; capacidade de inspeções por área de atuação; e quantidade de equipamentos por área de atuação (ou critério de estratificação ou subclassificação relacionado com a área de atuação), indicada na distribuição do plano amostral no tempo (Tabela 6). A Tabela 7 apresenta o produto desta etapa para a continuação do exemplo citado na seção anterior. Observa-se que nas quatro áreas de atuação



nos meses de abril, maio e junho a capacidade de inspeções é 50 equipamentos, enquanto no mês de julho é 25 equipamentos. Isso acontece, porque cada equipe de inspeção pode inspecionar mensalmente até 25 equipamentos e nos três primeiros meses há duas equipes de inspeção em cada área de atuação e no quarto mês há apenas uma equipe. Verifica-se que as equipes de inspeção têm condições de amostrar as quantidades de equipamentos alocadas as mesmas, com exceção da área de atuação centro no mês de maio (célula hachurada). Como a capacidade de inspeções foi ultrapassada, o excesso deve ser repassado para uma equipe de outra área de atuação, ou podem ser previstas horas extras, ou outra solução operacional.

Tabela 7 - Exemplo de produto da etapa 3.2 (determinação da capacidade mensal de inspeções por área de atuação)

<b>ABRIL</b>			
<b>Área de atuação</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Centro	2	50	47
Leste	2	50	47
Norte	2	50	39
Sul	2	50	31
Total	8	200	164
<b>MAIO</b>			
<b>Área de atuação</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Centro	2	50	51
Leste	2	50	45
Norte	2	50	40
Sul	2	50	30
Total	8	200	166
<b>JUNHO</b>			
<b>Área de atuação</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Centro	2	50	47
Leste	2	50	47
Norte	2	50	39
Sul	2	50	31
Total	8	200	164
<b>JULHO</b>			
<b>Área de atuação</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Centro	1	25	24
Leste	1	25	21
Norte	1	25	20
Sul	1	25	16
Total	4	100	81

### 3.3.3 Alocação das equipes para execução da matriz amostral

O objetivo desta etapa é determinar os equipamentos que devem ser amostrados pelas equipes de inspeção. O sorteio para seleção desses equipamentos deve ser realizado dentre todos os equipamentos que compõem uma subpopulação. Dessa forma, todos os equipamentos possuem probabilidade conhecida de pertencer à amostra, preceito básico para estimação não tendenciosa dos parâmetros. Assim, no exemplo da seção 3.1.4 (Identificação da subpopulações), deve-se executar um sorteio dentre todos os hidrômetros modelo *A* instalados em apartamentos da zona norte.

Após a realização do sorteio para identificação dos equipamentos, elabora-se um documento que relacione: identificação do equipamento sorteado (normalmente, número de série); localização do equipamento sorteado; e área de atuação da equipe de inspeção. Esse documento permite a visualização dos equipamentos que devem ser amostrados por mês e das áreas de atuação das equipes que devem inspecioná-los. A Figura 14 mostra um modelo desse documento, para o exemplo da seção anterior, onde observa-se que no mês de abril as equipes da área de atuação centro devem amostrar 47 equipamentos, cujos números de série e localização estão indicados.

<b>ABRIL</b>			
<b>Item</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Localização</b>	<b>Área de atuação</b>
1	53167	Petrópolis – Rua Maranguape 72	Centro
2	91786	Cidade Baixa – Rua Lopo Gonçalves 647	Centro
...	...	...	...
46	93009	Centro – Rua Demétrio Ribeiro 566	Centro
47	82473	Floresta – Rua Hoffmann 746	Centro
1	01287	Cascata – Rua Ocidente 130	Leste
2	80742	Glória – Rua Domicio da Gama 124	Leste
...	...	...	...
46	71224	Partenon – Rua Carlos de Laet 371	Leste
47	24884	Glória – Rua Coronel Aparicio Borges 1384	Leste
1	91620	Cristo Redentor – Rua Felipe Noronha 114	Norte
2	52047	Passo da Areia – Rua Dr. Eduardo Chartier 871	Norte
...	...	...	...
38	68658	Boa Vista – Rua Atanásio Belmonte 377	Norte
39	44041	Sarandi – Rua União 50	Norte
1	13102	Ipanema – Rua Antônio Tessera 138	Sul
2	32495	Restinga – Avenida Meridional 405	Sul
...	...	...	...
30	37000	Cavallhada – Rua Giruá 115	Sul
31	24015	Belém Novo – Rua Moisés Golubcik 40	Sul

Figura 14 - Exemplo de produto da etapa 3.3 (alocação das equipes para execução da matriz amostral)

Através da realização desta etapa obtém-se o produto final do método de planejamento da inspeção. O produto final indica: **quais** equipamentos devem ser inspecionados, informação obtida a partir dos critérios de estratificação e subclassificação e do sorteio; **quantos** equipamentos devem ser inspecionados, dados provenientes do tamanho da amostra; **quando** esses equipamentos devem ser inspecionados, informação oriunda da distribuição da matriz amostral no tempo; e **quem** (quais equipes de inspeção) deve realizar essas inspeções, dado obtido a partir da alocação das equipes para execução da matriz amostral.

## 4 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Este capítulo apresenta a **descrição da empresa** na qual o método proposto no Capítulo 3 foi empregado, a **aplicação do método** proposto para o planejamento da inspeção de seus equipamentos e a **avaliação do método** proposto feita por três de seus especialistas. A descrição da empresa compreende a apresentação da mesma e de suas principais características e a descrição do cenário onde a empresa está inserida. Esses dois tópicos são relevantes para entender a importância do planejamento da inspeção para a empresa e para compreender as particularidades do cenário. O objetivo desse capítulo é verificar a viabilidade e exequibilidade do método proposto e apontar as melhorias que o mesmo traz para a empresa.

A empresa em estudo atua no setor de distribuição de energia elétrica, atendendo mais de 50% do total de municípios do RS e um milhão de clientes em uma área de quase 100 mil quilômetros quadrados. A meta principal da empresa é distribuir energia com qualidade e responsabilidade para seus clientes, visando ser uma das melhores empresas do ramo no Brasil.

Segundo Ito (2003), as empresas de distribuição de energia elétrica são chamadas de concessionárias, pois prestam serviço em determinadas regiões, intituladas áreas de concessão. Essa concessionárias assinam um contrato de concessão com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que estabelece as regras a respeito de tarifa, regularidade, continuidade, segurança, atualidade e qualidade dos serviços e do atendimento prestado aos consumidores (ANEEL, 2007).

O faturamento das concessionárias do setor elétrico está diretamente relacionado à medição da energia elétrica consumida pelos clientes. Assim, a otimização dessa medição é essencial para as empresas do setor, que recebem pelo que efetivamente forneceram, e para seus clientes, que são cobrados pelo que realmente consumiram. Uma vez que o consumo de energia elétrica é quantificado por equipamentos denominados medidores de energia elétrica, as concessionárias têm grande interesse no correto desempenho dos mesmos.

A realidade do sistema brasileiro de distribuição de energia elétrica, onde o consumo é monitorado em grande parte por medidores de energia elétrica eletromecânicos com tempo médio de uso elevado, justifica o estabelecimento de procedimentos de suporte ao planejamento da inspeção desses medidores. Esse planejamento deve considerar as particularidades de um plano de inspeção preventiva para medidores, onde o número de

equipamentos instalados é significativo, os tempos de uso são distintos e o acesso aos medidores envolve planejamento logístico.

Outro fator que justifica o estabelecimento de procedimentos de suporte ao planejamento da inspeção dos medidores nas empresas do setor elétrico é a portaria 88/2006 do INMETRO (BRASIL, 2006a). O Regulamento Técnico Metrológico, anexo a essa portaria, estabelece as condições mínimas dos medidores de energia elétrica, como, por exemplo, os erros máximos admissíveis dos medidores instalados em campo. A infringência dessa portaria sujeita as concessionárias de energia elétrica às seguintes penalidades: advertência; multa (infrações leves: de R\$100,00 até R\$50.000,00; infrações graves: de R\$200,00 até R\$750.000,00; infrações gravíssimas: de R\$400,00 até R\$1.500.000,00); interdição; apreensão; inutilização (BRASIL, 1999). Em função disso, é importante que as concessionárias inspecionem periodicamente seus medidores instalados em campo para verificar a qualidade dos mesmos.

As empresas de distribuição de energia elétrica são obrigadas a realizar inspeções de seus equipamentos de medição. Essa atividade tem como objetivo obter informações sobre o desempenho dos equipamentos de medição no campo, como a confiabilidade das leituras, garantindo, assim, o correto faturamento pelo serviço prestado (ITO, 2003). A análise dos resultados obtidos a partir da inspeção dos medidores de energia elétrica auxilia na definição de: (i) quais modelos de medidores apresentam um bom desempenho e devem ser mantidos no parque de medição da concessionária ou devem ser readquiridos pela mesma, visando atender as necessidades de substituição e expansão do parque de medição da concessionária; e (ii) quais modelos de medidores apresentam desempenho inferior e devem ser substituídos.

Atualmente, a concessionária em estudo realiza inspeções nos medidores de energia elétrica instalados em campo quando o departamento de perdas comerciais observa mudança no padrão de consumo de uma unidade consumidora. Entretanto, essas inspeções visam, apenas, identificar medidores fraudados, não sendo avaliado o desempenho desses medidores. A empresa verifica a qualidade dos medidores para homologação de um novo modelo de medidor, recebimento de um novo lote de medidores e recebimento de medidores reconicionados.

A concessionária não realiza inspeções para análise do desempenho dos medidores instalados em seu parque de medição, não conhecendo o impacto do tempo de uso e do ambiente ao qual os medidores estão expostos sobre suas características de qualidade. Assim, é relevante empregar o método para o planejamento da inspeção de equipamentos, apresentado no Capítulo 3, na concessionária. Além disso, a empresa e o cenário na qual está

inserida apresentam duas características que também justificam a utilização do método e que permitam uma melhor avaliação do mesmo: elevado número de equipamentos alvos de inspeção, no caso os medidores de energia elétrica, e extensa área geográfica, na qual os equipamentos estão instalados.

A seguir é apresentada a aplicação do método proposto para o planejamento da inspeção de equipamentos, no caso os medidores de energia elétrica, na concessionária descrita acima. Para preservar algumas informações da concessionária, as quantidades e os modelos dos medidores de energia elétrica, as regiões e cidades onde os mesmos estão instalados e as áreas de atuação da equipes de inspeção encontram-se codificados. A aplicação do método está dividida nas mesmas seções do Capítulo 3, no qual o método foi apresentado, compreendendo as seguintes fases: Fase 1 – Elaboração da matriz amostral; Fase 2 – Distribuição da matriz amostral no tempo; e Fase 3 – Alocação de recursos humanos para execução da matriz amostral.

Na aplicação do método, trabalhou-se em conjunto com uma equipe da empresa, visto que o conhecimento e a opinião desses especialistas são necessários para o entendimento de suas particularidades. O envolvimento da equipe permitiu o desenvolvimento de um planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica adequado à realidade da mesma.

#### **4.1 Elaboração da matriz amostral**

O objetivo da Fase 1 foi elaborar a matriz amostral dos medidores de energia elétrica da concessionária, definido como a matriz que contém a quantidade dos medidores que devem ser amostrados em cada estrato e/ou subclasse. Para desenvolvimento da matriz amostral realizou-se as seguintes etapas: (i) definição do objetivo do planejamento da inspeção de equipamentos; (ii) identificação da população; (iii) definição dos critérios de estratificação e de subclassificação; (iv) identificação das subpopulações; (v) seleção do procedimento de alocação da amostra pelos estratos; e (vi) determinação do tamanho da amostra. Ao término dessa fase as questões **quais** e **quantos** medidores deveriam ser inspecionados foram respondidas.

#### ***4.1.1 Definição do objetivo do planejamento da inspeção de equipamentos***

Nesta etapa foram definidos os objetivos do planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica, identificando-se as informações que deveriam ser obtidas através da realização do mesmo. Esses objetivos foram estabelecidos em uma reunião com a equipe da empresa. O objetivo principal do planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica é verificar a situação do parque de medição da concessionária. Para tanto, seu objetivo secundário é a determinação das características de qualidade dos medidores instalados nesse parque. A determinação dessas características, como dito anteriormente, auxiliará na definição dos modelos que apresentam um bom desempenho e devem ser mantidos ou adquiridos novamente e dos modelos que possuem desempenho inferior e devem ser substituídos.

A equipe da concessionária decidiu empregar, para determinação das características de qualidade dos medidores, os ensaios e exames descritos na portaria 88/2006 do INMETRO (BRASIL, 2006a). Esses ensaios e exames devem ser realizados em medidores novos ou reconicionados e, portanto, também podem ser empregados nos medidores alvos de inspeção para determinação de sua qualidade. Assim, a qualidade dos medidores será definida pelo seu desempenho nos seguintes ensaios e exames: inspeção visual da correspondência ao modelo aprovado; inspeção geral do medidor; ensaio de dielétrico; ensaio da corrente de partida; exame do registrador; ensaio de marcha em vazio; ensaio de correspondência de elementos motores; ensaios de exatidão. Além desses, a equipe da concessionária decidiu acrescentar os exames a seguir:

- verificação do acréscimo de massa – verificar a entrada de pó, sujeiras e toxidades ambientais nos medidores, que com o passar do tempo, podem causar um efeito de frenagem sobre o rotor e registrador;

- alterações de origem mecânica – verificar se os medidores apresentam desalinhamentos, visto que, muitas vezes, estão instalados em inclinações indesejáveis ao seu correto funcionamento, que ocorre na posição vertical;

- alterações de origem elétrica – verificar se o medidor sofreu alterações de origem elétrica, como descargas e sobrecargas elétricas, já que ambas afetam seu desempenho. Essas descargas e sobrecargas podem recozer os materiais isolantes, provocando grande incidência de queima em bobinas, e ocasionar o enfraquecimento dos ímãs de freio, alterando a rotação do disco e com isso a calibração do medidor;

- alteração de origem química (oxidação) – verificar a eventual presença de pontos de ferrugem nas partes do medidor, que podem vir a afetar seu desempenho;

- alterações causadas pela cooperação de terceiros (fraude) – verificar se o medidor possui tampas amassadas, furos, desmagnetização de ímãs e abertura de elos, que indicam possível tentativa de fraude;

- inspeção visual do selo – verificar a situação do selo, o qual deve estar em perfeitas condições de leitura e aderência.

Os ensaios de exatidão, que visam determinar o erro de medição dos medidores, é a principal característica de qualidade a ser verificada, visto que é responsável pelo ônus ao faturamento da empresa. Assim, o parâmetro populacional de interesse do planejamento é a média dos erros de medição dos medidores. Esse erro de medição, definido como a diferença entre o consumo observado e o consumo real, dividida pelo consumo real, é determinado em diferentes condições. A Tabela 8 apresenta as condições dos ensaios de exatidão realizados em medidores monofásicos classe 2, enquanto a Tabela 9 mostra as condições desses ensaios para medidores polifásicos classe 1 e 2.

Tabela 8 - Ensaio de exatidão para medidores monofásicos classe 2

Condição	Porcentagem da corrente nominal	Fator de potência	Erro máximo admissível (%)
Carga pequena	10	1	±2,0
Carga nominal	100	1	±1,5
Carga indutiva	100	0,5 indutivo	±2,0

Fonte: BRASIL (2006a)

Nota: medidores monofásico classe 2 são aqueles em que os erros não excedam 2%, para todos os valores de corrente entre 10% da corrente nominal e a corrente máxima, com fator de potência unitário, quando em verificação metrológica.

Tabela 9 - Ensaio de exatidão para medidores polifásicos classes 1 e 2

Condição	Elementos motores ativados	Porcentagem da corrente nominal	Erro máximo admissível (%)			
			Fator de potência unitário		Fator de potência 0,5 indutivo	
			Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2
Carga pequena	Todos	10	±1,0	±2,0	-	-
Carga nominal	Todos	100	±0,7	±1,5	-	-
Carga indutiva	Todos	100	-	-	±1,0	±2,0
Carga nominal	R	100	±1,0	±2,0	-	-
Carga nominal	S	100	±1,0	±2,0	-	-
Carga nominal	T	100	±1,0	±2,0	-	-

Fonte: BRASIL (2006a)

Nota1: medidores polifásicos classe 2 são aqueles em que os erros não excedam 2%, para todos os valores de corrente entre 10% de corrente nominal e a corrente máxima, com fator de potência unitário e 0,5 indutivo, quando em verificação metrológica.

Nota2: medidores polifásicos classe 1 são aqueles em que os erros não excedam 1%, para todos os valores de corrente entre 10% da corrente nominal e a corrente máxima, com fator de potência unitário e 0,5 indutivo, quando em verificação metrológica.



#### 4.1.2 Identificação da população

Para identificação da população, para a qual pretende-se realizar inferências, foi realizada uma reunião, na qual foi apresentada o conceito de população e o que deve conter na descrição de uma população. No presente estudo, a população foi definida como o conjunto dos medidores de energia elétrica instalados no parque de medição da concessionária e cadastrados no banco de dados de suas unidades consumidoras disponibilizado em agosto de 2006, cujos modelos possuem portaria de aprovação de modelo do INMETRO ou está em aprovação e não são considerados pela concessionária obsoletos nem fáceis de fraudar. Os elementos da população são, conseqüentemente, os medidores de energia elétrica, a respeito dos quais deseja-se obter informações e que, portanto, contêm as características de interesse. Os modelos de medidores obsoletos e fáceis de fraudar não foram incluídos no planejamento da inspeção, pois a concessionária possui um plano de substituição para esses medidores.

O número total de medidores que se enquadram na definição da população é igual a 352.068. A lista contendo todos os medidores não será apresentada em função da elevada quantidade dos mesmos. A Figura 15 apresenta a relação dos modelos codificados de medidores de energia elétrica alvos de inspeção, com suas respectivas correntes nominal (CN) e máxima (CM), constante de disco (kd), constante eletrônica (ke) e constante de aferição (kh).

Modelo	CN (A)	CM (A)	kd	ke	kh	Modelo	CN (A)	CM (A)	kd	ke	kh
M1	15	100	3,6	-	-	M15	15	120	21,6	-	-
M2	2,5	20	-	0,2	0,2	M16	2,5	10	-	1,0	10,0
M3	15	120	21,6	-	-	M17	15	120	-	1,0	1,0
M4	15	120	-	1,0	10,0	M18	15	120	-	4,0	4,0
M5	15	100	3,6	-	-	M19	15	120	14,4	-	-
M6	15	100	-	1,0	1,0	M20	15	120	-	1,0	2,4
M7	15	120	14,4	-	-	M21	15	120	-	1,8	1,8
M8	15	100	3,6	-	-	M22	15	120	-	3,6	21,6
M9	15	100	4,8	-	-	M23	15	120	21,6	-	-
M10	15	100	3,6	-	-	M24	15	120	21,6	-	-
M11	15	120	14,4	-	-	M25	15	120	-	1,0	2,4
M12	2,5	20	-	1,0	1,0	M26	2,5	10	-	0,2	0,9
M13	2,5	20	-	0,3	1,8	M27	2,5	10	-	0,2	0,9
M14	2,5	10	-	1,0	0,2						

Figura 15 - Relação dos modelos de medidores de energia elétrica alvos de inspeção

#### ***4.1.3 Definição dos critérios de estratificação e subclassificação***

O método para o planejamento da inspeção desenvolvido utiliza a amostragem estratificada como procedimento para seleção da amostra de medidores que serão inspecionados. Em conjunto com a equipe da concessionária, decidiu-se adotar como critério de estratificação os modelos de medidores e como critério de subclassificação as regiões e as zonas. Apesar de importante, não se adotou como critério de estratificação a faixa de idade dos medidores, pois essa informação não estava disponível para todos os medidores que constavam no banco de dados.

O modelo do medidor foi escolhido como critério de estratificação, porque, assim, a partir dos resultados obtidos após a realização das inspeções, pode-se determinar os modelos com melhor (ou pior) desempenho, auxiliando a concessionária nas tomadas de decisões referentes a troca e compra de novos medidores. Esse critério de estratificação possui onze níveis: M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10 e outros. O estrato outros agrupa 17 modelos (do M11 ao M27) que apresentavam individualmente uma quantidade pequena de medidores.

As regiões e as zonas não foram definidas como critérios de estratificação, pois, possivelmente, não fornecerão informações tão relevantes para o estudo quanto os modelos. Além disso, tornaria o tamanho da amostra excessivamente grande, ocasionando a inviabilidade econômica do planejamento. Por outro lado, cabe avaliar se as regiões e zonas têm algum tipo de influência sobre o desempenho dos medidores, ou seja, se o ambiente ao qual os medidores estão expostos afeta sua qualidade. Por exemplo, algumas localizações apresentam muito pó ou estão mais sujeitas a descargas elétricas, que podem influenciar o desempenho dos medidores. Assim, as regiões e zonas foram adotadas como critérios de subclassificação. O critério região possui sete níveis, codificados como: Região 1, Região 2, Região 3, Região 4, Região 5, Região 6 e Região 7. Já o critério zona possui dois níveis: Rural e Urbano.

#### 4.1.4 Identificação das subpopulações

Nesta etapa, realizou-se a identificação das subpopulações dos medidores de energia elétrica, através da listagem de todos os equipamentos de cada subpopulação, em relação aos critérios de estratificação e subclassificação. Assim, os elementos populacionais identificados na etapa 1.2 (Identificação da população) foram divididos nos estratos e subclasses definidos na etapa 1.3 (Definição dos critérios de estratificação e subclassificação). A Tabela 10 apresenta a matriz contendo as quantidades de equipamentos por estratos e subclasses. As quantidades de medidores nas subpopulações encontram-se codificadas.

Tabela 10 - Quantidade de medidor por modelo (estratos), zona e região (subclasses)

Zona	Rural							Urbano							Total modelo
	Região1	Região2	Região3	Região4	Região5	Região6	Região7	Região1	Região2	Região3	Região4	Região5	Região6	Região7	
<b>Modelo</b>															
<b>M1</b>	1.687	1.589	1.790	1.797	781	5.378	2.418	15.856	7.647	9.371	5.427	2.951	13.723	18.000	88.415
<b>M2</b>	1.195	926	1.240	1.309	374	2.995	1.859	12.289	4.638	5.092	4.884	1.901	9.711	13.296	61.709
<b>M3</b>	974	634	625	1.844	676	3.030	1.547	9.127	3.293	3.589	3.708	1.962	9.215	9.019	49.243
<b>M4</b>	459	717	336	650	377	1.556	859	5.189	3.753	2.129	2.120	1.256	5.439	6.164	31.004
<b>M5</b>	477	393	651	604	238	1.226	476	3.820	2.006	3.847	1.731	497	2.322	5.236	23.522
<b>M6</b>	635	449	535	510	881	908	1.879	2.527	2.043	2.791	1.222	858	2.653	4.616	22.505
<b>M7</b>	449	329	333	516	119	1.102	517	4.603	1.762	1.482	1.940	731	3.333	3.954	21.170
<b>M8</b>	84	68	188	32	52	184	164	3.432	2.560	2.848	1.292	728	3.808	3.612	19.052
<b>M9</b>	396	172	193	140	308	529	1.103	1.761	1.610	1.694	588	704	1.733	5.138	16.065
<b>M10</b>	347	158	210	95	179	441	1.022	1.022	1.201	886	312	378	830	3.430	10.507
<b>Outros</b>	284	126	172	105	242	308	490	1.267	896	998	588	389	1.432	1.582	8.876
<b>Total região</b>	6.986	5.559	6.270	7.601	4.226	17.657	12.333	60.892	31.408	34.726	23.812	12.353	54.198	74.047	352.068
<b>Total zona</b>	60.631							291.437							

#### 4.1.5 Seleção do procedimento de alocação da amostra pelos estratos

O procedimento através do qual a amostra seria alocada pelos estratos foi selecionado nesta etapa em reunião com a equipe da concessionária. Para auxiliar na escolha foram apresentadas as principais vantagens e desvantagens dos seis procedimentos de alocação: uniforme, proporcional, proporcional à raiz quadrada, ótima, de Neyman e proporcional ao erro admitido.

Dentre essas alternativas, os membros da concessionária interessaram-se pela alocação proporcional à raiz quadrada, na qual o tamanho da amostra é proporcional à raiz quadrada do tamanho dos estratos, e pela alocação proporcional ao erro admitido, na qual o tamanho da amostra é proporcional ao erro admitido em cada estrato. A equipe da empresa também demonstrou interesse na alocação de Neyman, contudo, como não havia informações preliminares sobre o desvio-padrão de cada estrato, esse procedimento de alocação não foi escolhido.

Ao final da reunião, a equipe da concessionária optou pela alocação proporcional à raiz quadrada, uma vez que essa minimiza o custo financeiro associado a decisões equivocadas, fruto de erro amostral. Esse procedimento foi aplicado com restrições ao tamanho de amostra máximo e mínimo nas subclasses, determinados em função do erro admitido.

#### 4.1.6 Determinação do tamanho da amostra

Nesta etapa foi definida a quantidade de equipamentos que deveriam ser inspecionados, considerando o formulário dos procedimentos de alocação da amostra pelos estratos selecionados: alocação proporcional à raiz quadrada e alocação proporcional ao erro admitido. Outra informação necessária para identificar a expressão matemática utilizada no cálculo do tamanho da amostra é o tipo de dado coletado na amostragem. Como a principal característica de interesse é o erro de medição, os dados obtidos são em medida (valores). A Figura 16 apresenta as equações empregadas no cálculo do tamanho da amostra de dados em medida para os dois procedimentos de alocação utilizados.

Procedimentos de alocação	Estimativas de medidas	
	Tamanho da amostra do estrato	Tamanho da amostra
Proporcional à raiz quadrada	$n_h = \frac{n\sqrt{N_h}}{\sum_{k=1}^L \sqrt{N_k}}$	$n = \frac{z^2 \sigma^2}{e^2} L$
Proporcional ao erro admitido	$n_h = \frac{z^2 \sigma^2}{\left( \frac{(e_{h\max} + (e_{h\max} - e_{h\min})(N_h - N_{\min}))}{(N_{\max} - N_{\min})} \right)^2}$	$n = \sum_{h=1}^L n_h$
Onde: $z$ é o valor da distribuição normal padronizada associado ao nível de confiança desejado; $\sigma$ é o desvio-padrão populacional; $e$ é o erro admitido; $L$ é o número de estratos; $n$ é o número de tamanho da amostra; $n_h$ é o tamanho da amostra do estrato $h$ ; $N_h$ é o tamanho do estrato $h$ .		

Figura 16 - Formulário para cálculo do tamanho de amostra

Cabe salientar que o tamanho da amostra foi dimensionado, em função da principal característica de interesse (erro de medição) e que, portanto, as características secundárias podem ser estimadas com precisão acima ou abaixo da desejada para as mesmas. No cálculo do tamanho da amostra pelos estratos, utilizando a alocação proporcional à raiz quadrada, as variáveis da equação assumiram os seguintes valores:  $z = 1,96$  (a 95% de confiança);  $e = 0,005$ ;  $N = 352.068$ ;  $\sigma = 0,025$ . Esse valor do desvio-padrão foi determinado a partir de uma amostra piloto. A Tabela 11 apresenta o tamanho da amostra por estrato. Observa-se, por exemplo, que devem ser inspecionados 169 medidores do modelo M1.

Tabela 11 - Tamanho da amostra por modelo (estrato)

<b>Modelo</b>	<b>Tamanho da amostra</b>
M1	169
M2	142
M3	126
M4	100
M5	87
M6	85
M7	83
M8	79
M9	72
M10	58
Outros	54
Total	1.055

A distribuição das quantidades de medidores de cada estrato pelas subclasses foi feita utilizando-se o procedimento de alocação proporcional à raiz quadrada com restrições ao tamanho da amostra, em função do erro admitido. O tamanho da amostra mínimo foi 4 medidores, considerando um erro admitido máximo de 0,025, já o tamanho da amostra máximo foi 24 medidores, considerando um erro admitido mínimo de 0,010.

Apesar de saber que a quantidade de medidores em cada subclasse será inferior a necessária para se obter estimativas com o nível de confiança estabelecido para os estratos, essa distribuição auxilia para que as subclasses não tenham quantidades desproporcionais de medidores. Realizando essa distribuição pode-se identificar possíveis influências dos critérios de subclassificação região e zona sobre o erro de medição, possibilitando que no planejamento de inspeções do ano seguinte, os critérios de subclassificação passem a ser critérios de estratificação.

A Tabela 12 apresenta a matriz amostral dos medidores de energia elétrica da concessionária, ou seja, a matriz com a quantidade de medidores que devem ser amostrados por modelo (estratos), região e zona (subclasses) para a alocação proporcional à raiz quadrada com restrições em relação ao erro admitido. Observa-se que o tamanho da amostra aumentou

de 1.055 para 1.108. Isso ocorreu, porque diversos tamanhos de amostra por subclasses eram inferiores a 4 medidores e, portanto, foram aumentados para obter o erro admitido máximo.

Em reunião com a equipe da concessionária foi apresentado o tamanho da amostra (1.108), ou seja, a quantidade de medidores que deveriam ser inspecionados ao longo de um ano. A equipe avaliou que a empresa possuía recursos suficientes para amostrar essa quantidade de medidores, não sendo necessário recalculá-lo o tamanho da amostra, alterando o erro admitido, o nível de confiança ou o número critérios de estratificação e de seus níveis.

Tabela 12 - Matriz amostral dos medidores de energia elétrica da concessionária

Zona Região	Rural							Urbano							Total modelo
	Região1	Região2	Região3	Região4	Região5	Região6	Região7	Região1	Região2	Região3	Região4	Região5	Região6	Região7	
<b>M1</b>	7	7	7	7	5	12	8	21	15	16	12	9	20	23	169
<b>M2</b>	6	5	6	6	4	9	7	19	12	12	12	7	17	20	142
<b>M3</b>	5	4	4	7	4	9	7	16	10	10	10	8	16	16	126
<b>M4</b>	4	5	4	4	4	7	5	12	10	8	8	6	13	13	103
<b>M5</b>	4	4	4	4	4	6	4	10	8	11	7	4	8	12	90
<b>M6</b>	4	4	4	4	5	5	7	9	8	9	6	5	9	12	91
<b>M7</b>	4	4	4	4	4	6	4	12	7	7	7	5	10	11	89
<b>M8</b>	4	4	4	4	4	4	4	10	9	9	6	5	10	10	87
<b>M9</b>	4	4	4	4	4	4	6	7	7	7	4	4	7	12	78
<b>M10</b>	4	4	4	4	4	4	5	5	6	5	4	4	5	10	68
<b>Outros</b>	4	4	4	4	4	4	4	6	5	5	4	4	6	7	65
<b>Total região</b>	50	49	49	52	46	70	61	127	97	99	80	61	121	146	1.108
<b>Total zona</b>	377							731							

## 4.2 Distribuição da matriz amostral no tempo

A Fase 2 teve como objetivo distribuir a matriz amostral dos medidores de energia elétrica da concessionária ao longo do tempo. Para realização dessa fase foram realizadas as seguintes etapas: (i) determinação do período de tempo de execução das inspeções; (ii) determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente; e (iii) distribuição da matriz amostral no tempo. No final dessa fase determinou-se **quando** os medidores deveriam ser inspecionados, considerando as restrições impostas, como recursos financeiros e humanos.

#### 4.2.1 *Determinação do período de tempo de execução das inspeções*

Nesta etapa foi determinado o período de tempo de execução das inspeções. Como a concessionária não possuía recursos (tanto quantidades de equipes de inspeção, quanto medidores de energia elétrica para instalar no lugar dos medidores substituídos) para realizar todas as inspeções em um único mês do ano, a equipe da mesma optou por executar as inspeções no período de doze meses. Também escolheu-se esse período de tempo, porque a empresa não possuía meses sem recursos, nos quais não poderiam ser realizadas inspeções.

#### 4.2.2 *Determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente*

Em reunião com a equipe da concessionária, discutiu-se sobre a distribuição dos recursos disponíveis para execução das inspeções. A equipe informou que nos meses de janeiro, fevereiro e julho a concessionária tem a metade dos recursos disponíveis nos outros meses, visto que são períodos onde se concentram as férias dos funcionários. A Tabela 13 apresenta as quantidades limites mensais de medidores que podem ser inspecionados. A partir da mesma, observa-se que nos meses de janeiro, fevereiro e julho pode-se amostrar 71 medidores (4,76%), já nos meses restantes pode-se inspecionar 143 medidores (9,52%).

Tabela 13 - Quantidade limite de medidores de energia elétrica que podem ser inspecionados

<b>Mês</b>	<b>Quantidade limite de medidores inspecionados</b>	<b>Percentual limite de medidores inspecionados</b>
Janeiro	71	4,76%
Fevereiro	71	4,76%
Março	143	9,52%
Abril	143	9,52%
Maió	143	9,52%
Junho	143	9,52%
Julho	71	4,76%
Agosto	143	9,52%
Setembro	143	9,52%
Outubro	143	9,52%
Novembro	143	9,52%
Dezembro	143	9,52%
Total	1.500	100%

### 4.2.3 *Distribuição da matriz amostral no tempo*

Nesta etapa, a matriz amostral, apresentada na Tabela 12, foi distribuída no tempo, considerando o período de tempo de execução do planejamento, determinado na etapa 2.1 (Determinação do período de tempo de execução das inspeções), e a quantidade limite mensal de medidores que podem ser inspecionados, determinada na etapa 2.2 (Determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente). Para auxiliar a distribuição do plano amostral no tempo foram utilizadas as matrizes quantidade-teórica-acumulada (Apêndice A) e quantidade-teórica-não-alocada (Apêndice B).

Após realizar a distribuição da matriz amostral no tempo, seguindo o procedimento proposto na seção 3.2.3, observou-se que as quantidades de medidores que deveriam ser amostrados por mês estavam desequilibradas. Por exemplo, no mês de janeiro que deveriam ser inspecionados aproximadamente 53 medidores (4,76%), a matriz quantidade-alocada indicava que deveriam ser inspecionados apenas 25 medidores (2,26%). Já no mês de maio deveriam ser inspecionados aproximadamente 106 medidores (9,52%), a matriz quantidade-alocada indicava que deveriam ser inspecionados 150 medidores (13,54%). Esse fato ocorreu, em virtude de problemas de arredondamento, associados à grande quantidade de células na matriz amostral (Tabela 12) com a mesma quantidade de medidores que deveriam ser inspecionados.

Para solucionar esse problema, adicionou-se um mês fictício ao planejamento (mês zero), no qual foi somada uma semente aleatória a cada célula da matriz. Essa aleatorização, representada pela adição dessa semente aleatória, permitiu que os valores iniciais de cada célula fossem diferentes e, assim, que seus valores fossem arredondados em momentos diferentes. Por exemplo, sem a adição dessa semente, em janeiro, seriam inspecionados poucos medidores, visto que poucas células seriam maiores que 0,5 e, portanto, seriam arredondadas para 1, indicando a inspeção de um medidor. Ao contrário, em maio, seriam amostrados muitos medidores, uma vez que, em função do arredondamento, seriam inspecionados 1 medidor de todas as células com quantidade igual a 4. Cabe ressaltar que a adição de uma semente aleatória é necessária, apenas, quando as quantidades indicadas nas células são muito semelhantes.

A Tabela 14 apresenta a distribuição da matriz amostral (Tabela 12) no tempo. A partir da mesma, a concessionária visualiza quantos medidores devem ser amostrados por mês, bem como, a quais subpopulações devem pertencer esses medidores. No mês de março



devem ser inspecionados 2 medidores modelo M3, instalados na zona urbana da região 6. Observa-se também que nos meses de janeiro (41), fevereiro (59) e julho (53) as quantidades que devem ser amostradas são menores em relação aos outros meses, em função da quantidade limite de medidores que podem ser amostrados. Caso a concessionária deseje, ela pode fazer uma redistribuição entre os meses em que há uma quantidade um pouco maior ou menor de medidores. Por exemplo, pode transferir 10 medidores do mês de dezembro (119) para novembro (96). A única ressalva é que esse procedimento seja feito de forma aleatória.

Tabela 14 - Distribuição da matriz amostral no tempo (matriz quantidade-alocada pós-aleatorização)

JANEIRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	6
M2	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	6
M3	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	6
M4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	5
M5	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4
M6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	4
M7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
M8	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
M9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
M10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Outros	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3
Total região	1	2	2	4	2	1	4	5	1	3	6	1	5	4	41
Total zona	16							25							
FEVEREIRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
M2	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	9
M3	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	5
M4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	3
M5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	4
M6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	5
M7	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	7
M8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	5
M9	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4
M10	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5
Outros	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Total região	3	2	2	2	2	4	1	7	6	6	2	6	6	10	59
Total zona	16							43							

MARÇO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	1	0	1	0	0	1	1	2	2	2	1	1	2	2	16
M2	0	0	0	1	0	1	1	2	1	1	2	0	2	2	13
M3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	2	2	12
M4	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
M5	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	10
M6	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	7
M7	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	7
M8	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	8
M9	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	6
M10	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	7
Outros	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	8
Total região	5	4	4	4	4	6	8	11	11	8	9	4	14	14	106
Total zona	35							71							

ABRIL															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	2	3	17
M2	1	1	1	0	1	0	0	2	1	1	1	1	2	2	14
M3	0	0	1	1	0	1	1	2	0	1	1	1	2	1	12
M4	1	0	0	1	0	1	0	2	1	1	1	1	1	1	11
M5	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	8
M6	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	9
M7	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	10
M8	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	8
M9	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8
M10	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	4
Outros	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4
Total região	4	4	6	5	5	8	4	14	8	9	8	7	10	13	105
Total zona	36							69							

MAIO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0	1	0	1	0	1	0	2	1	2	1	1	2	2	14
M2	0	0	0	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	2	12
M3	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	12
M4	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	2	7
M5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	7
M6	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9
M7	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	6
M8	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	8
M9	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	8
M10	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	9
Outros	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	8
Total região	5	6	3	6	4	4	6	12	8	10	6	4	11	15	100
Total zona	34							66							

JUNHO																
Zona		Rural						Urbano						Total modelo		
Região	Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5		Reg6	Reg7
M1		1	0	1	0	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	17
M2		1	1	1	0	1	1	1	2	1	1	1	0	2	2	15
M3		0	1	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	2	1	11
M4		1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	2	1	11
M5		1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	11
M6		0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	9
M7		0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	9
M8		0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	9
M9		1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	2	9
M10		0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	6
Outros		1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	5
Total região		6	5	6	3	5	9	6	12	10	8	8	9	12	13	112
Total zona		40						72								

JULHO																
Zona		Rural						Urbano						Total modelo		
Região	Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5		Reg6	Reg7
M1		0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	10
M2		0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	8
M3		0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	7
M4		0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	4
M5		0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	5
M6		0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	5
M7		0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	5
M8		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3
M9		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
M10		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outros		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	4
Total região		0	1	2	5	3	3	3	5	4	9	4	2	5	7	53
Total zona		17						36								

AGOSTO																
Zona		Rural						Urbano						Total modelo		
Região	Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5		Reg6	Reg7
M1		1	0	1	0	1	1	0	2	1	2	1	0	2	2	14
M2		1	1	1	0	0	0	1	2	1	1	1	0	1	2	12
M3		1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	12
M4		0	1	0	0	0	1	1	2	1	0	0	1	1	2	10
M5		0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	7
M6		1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	7
M7		1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	8
M8		1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	10
M9		0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	7
M10		1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	11
Outros		0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	6
Total região		7	6	5	3	4	7	5	12	11	7	8	4	12	13	104
Total zona		37						67								

SETEMBRO																
Zona		Rural						Urbano						Total modelo		
Região	Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5		Reg6	Reg7
M1		1	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	2	2	16
M2		0	0	0	1	1	1	0	2	1	1	1	1	2	2	13
M3		0	1	0	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	2	13
M4		0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	2	1	10
M5		1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	7
M6		0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
M7		0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
M8		0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	7
M9		1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	9
M10		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	4
Outros		1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
Total região		4	4	4	5	3	5	6	12	8	9	7	8	13	14	102
Total zona		31						71								

OUTUBRO																
Zona		Rural						Urbano						Total modelo		
Região	Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5		Reg6	Reg7
M1		0	1	0	1	0	2	1	2	2	2	1	1	2	3	18
M2		1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	2	14
M3		1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	2	2	11
M4		1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	11
M5		0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	9
M6		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	10
M7		0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	2	9
M8		1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	9
M9		0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	2	7
M10		0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	7
Outros		0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	6
Total região		4	5	5	6	4	8	7	13	10	12	7	3	10	17	111
Total zona		39						72								

NOVEMBRO																
Zona		Rural						Urbano						Total modelo		
Região	Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5		Reg6	Reg7
M1		1	0	1	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	14
M2		0	0	0	1	0	1	1	2	2	1	1	0	2	1	12
M3		0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	11
M4		0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	7
M5		1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
M6		1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	8
M7		1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	9
M8		0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	8
M9		0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	7
M10		1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	6
Outros		0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	5
Total região		5	4	4	4	5	6	5	11	8	7	8	7	11	11	96
Total zona		33						63								

DEZEMBRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	1	1	1	1	0	1	0	2	2	2	2	1	2	2	18
M2	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	2	2	14
M3	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	14
M4	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2	12
M5	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	9
M6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	9
M7	0	0	0	1	1	1	0	2	1	1	1	0	1	1	10
M8	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
M9	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9
M10	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Outros	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	7
<b>Total região</b>	6	6	6	5	5	9	6	13	12	11	7	6	12	15	119
<b>Total zona</b>	43							76							

### 4.3 Alocação de recursos humanos para execução da matriz amostral

A Fase 3 visou à especificação de quem deve realizar as inspeções dos medidores de energia elétrica, analisando o número de equipes de inspeção disponíveis e área de atuação das mesmas. Para realização dessa fase foram realizadas as seguintes etapas: (i) identificação das áreas de atuação das equipes de inspeção; (ii) determinação da capacidade mensal de inspeções por área de atuação; e (iii) alocação das equipes para execução da matriz amostral. Ao final dessa fase determinou-se **quem** deveria executar as inspeções nos medidores.

#### 4.3.1 Identificação das áreas de atuação das equipes de inspeção

Nesta etapa foram identificadas as áreas de atuação das equipes de inspeção e as localizações pertencentes às mesmas. A concessionária possuía equipes de inspeção atuando em 7 áreas, cujos nomes codificados são: Área A, Área B, Área C, Área D, Área E, Área F e Área G. O critério relacionado as áreas de atuação é o critério de subclassificação região.

A Figura 17 apresenta a relação entre: áreas de atuação, regiões e localizações. Assim, observa-se que os medidores da Região 3 estão instalados nas cidades 48, 49 e 50 e deveriam ser amostrados pelas equipes de inspeção da área de atuação Área C.

Área de atuação	Regiões	Localizações
Área A	Região 1	Cidade 1, Cidade 2, Cidade 3, ... e Cidade 36
Área B	Região 2	Cidade 37, Cidade 38, Cidade 39, ... e Cidade 47
Área C	Região 3	Cidade 48, Cidade 49 e Cidade 50
Área D	Região 4	Cidade 51, Cidade 52, Cidade 53, ... e Cidade 68
Área E	Região 5	Cidade 69, Cidade 70, Cidade 71, ... e Cidade 80
Área F	Região 6	Cidade 81, Cidade 82, Cidade 83, ... e Cidade 124
Área G	Região 7	Cidade 125, Cidade 126, Cidade 127, ... e Cidade 137

Figura 17 - Relação entre áreas de atuação, regiões e localizações

#### 4.3.2 Determinação da capacidade mensal de inspeções por área de atuação

A capacidade mensal de inspeções foi determinada com auxílio da equipe da concessionária. Definiu-se que cada equipe de inspeção consegue amostrar pelo menos um medidor por dia, conseqüentemente, 20 medidores por mês (considerando que um mês tem 20 dias úteis), realizando suas atividades rotineiras normalmente, não ocorrendo sobrecarga de trabalho.

Observa-se, na Tabela 15, as capacidades de inspeções por área de atuação para os doze meses do planejamento, nos quais há um total de 9 ou 18 equipes de inspeção. Pode-se verificar que as capacidades de inspeções mensais (180 ou 360) é maior que as quantidade limites de medidores que podem ser inspecionados (71 ou 143), está última definida na etapa 2.2 (Determinação da quantidade limite de equipamentos inspecionados mensalmente). Isso ocorre, provavelmente, porque as quantidades limites devem ter sido restringidas em função dos recursos financeiros.

A partir da Tabela 15, também verificou-se que as quantidades de medidores que devem ser amostrados mensalmente por região, definidas na etapa 2.3 (Distribuição da matriz amostral no tempo), são menores que as capacidades de inspeções mensais por área de atuação. Logo, concluiu-se que as equipes de inspeção tem condições de amostrar os medidores da matriz amostral (produto da Fase 1), de acordo com a distribuição dos mesmos no tempo (produto da Fase 2).

Tabela 15 - Relação entre áreas de atuação, regiões, quantidades de equipes de inspeção, capacidade de inspeções e quantidade de equipamentos que devem ser inspecionados

<b>JANEIRO</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	2	40	6
Área B	Região 2	1	20	3
Área C	Região 3	1	20	5
Área D	Região 4	1	20	10
Área E	Região 5	1	20	3
Área F	Região 6	2	40	6
Área G	Região 7	1	20	8
Total		9	180	41
<b>FEVEREIRO</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	2	40	10
Área B	Região 2	1	20	8
Área C	Região 3	1	20	8
Área D	Região 4	1	20	4
Área E	Região 5	1	20	8
Área F	Região 6	2	40	10
Área G	Região 7	1	20	11
Total		9	180	59
<b>MARÇO</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	3	60	16
Área B	Região 2	3	60	15
Área C	Região 3	4	80	12
Área D	Região 4	1	20	13
Área E	Região 5	1	20	8
Área F	Região 6	3	60	20
Área G	Região 7	3	60	22
Total		18	360	106
<b>ABRIL</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	3	60	18
Área B	Região 2	3	60	12
Área C	Região 3	4	80	15
Área D	Região 4	1	20	13
Área E	Região 5	1	20	12
Área F	Região 6	3	60	18
Área G	Região 7	3	60	17
Total		18	360	105
<b>MAIO</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	3	60	17
Área B	Região 2	3	60	14
Área C	Região 3	4	80	13
Área D	Região 4	1	20	12
Área E	Região 5	1	20	8
Área F	Região 6	3	60	15
Área G	Região 7	3	60	21
Total		18	360	100

<b>JUNHO</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	3	60	18
Área B	Região 2	3	60	15
Área C	Região 3	4	80	14
Área D	Região 4	1	20	11
Área E	Região 5	1	20	14
Área F	Região 6	3	60	21
Área G	Região 7	3	60	19
Total		18	360	112

<b>JULHO</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	2	40	5
Área B	Região 2	1	20	5
Área C	Região 3	1	20	11
Área D	Região 4	1	20	9
Área E	Região 5	1	20	5
Área F	Região 6	2	40	8
Área G	Região 7	1	20	10
Total		9	180	53

<b>AGOSTO</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	3	60	19
Área B	Região 2	3	60	17
Área C	Região 3	4	80	12
Área D	Região 4	1	20	11
Área E	Região 5	1	20	8
Área F	Região 6	3	60	19
Área G	Região 7	3	60	18
Total		18	360	104

<b>SETEMBRO</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	3	60	16
Área B	Região 2	3	60	12
Área C	Região 3	4	80	13
Área D	Região 4	1	20	12
Área E	Região 5	1	20	11
Área F	Região 6	3	60	18
Área G	Região 7	3	60	20
Total		18	360	102

<b>OUTUBRO</b>				
<b>Área de atuação</b>	<b>Regiões</b>	<b>Quantidade de equipes de inspeção</b>	<b>Capacidade de inspeções</b>	<b>Quantidade de equipamentos</b>
Área A	Região 1	3	60	17
Área B	Região 2	3	60	15
Área C	Região 3	4	80	17
Área D	Região 4	1	20	13
Área E	Região 5	1	20	7
Área F	Região 6	3	60	18
Área G	Região 7	3	60	24
Total		18	360	111



NOVEMBRO				
Área de atuação	Regiões	Quantidade de equipes de inspeção	Capacidade de inspeções	Quantidade de equipamentos
Área A	Região 1	3	60	16
Área B	Região 2	3	60	12
Área C	Região 3	4	80	11
Área D	Região 4	1	20	12
Área E	Região 5	1	20	12
Área F	Região 6	3	60	17
Área G	Região 7	3	60	16
Total		18	360	96

DEZEMBRO				
Área de atuação	Regiões	Quantidade de equipes de inspeção	Capacidade de inspeções	Quantidade de equipamentos
Área A	Região 1	3	60	19
Área B	Região 2	3	60	18
Área C	Região 3	4	80	17
Área D	Região 4	1	20	12
Área E	Região 5	1	20	11
Área F	Região 6	3	60	21
Área G	Região 7	3	60	21
Total		18	360	119

#### 4.3.3 Alocação das equipes para execução da matriz amostral

Nesta etapa, determinou-se, através de sorteio, os equipamentos que deveriam ser amostrados pelas equipes de inspeção. A Figura 18 apresenta o produto final do método para o planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica da concessionária para o mês de janeiro. A partir da mesma, as equipes de inspeção visualizam os medidores que devem ser amostrados em cada mês, com suas respectivas localizações. Assim, esse produto final indica: **quais** medidores devem ser inspecionados; **quantos** medidores devem ser inspecionados; **quando** esses medidores devem ser inspecionados; e **quem** (quais equipes de inspeção) deve realizar as inspeções nesses medidores. Não será apresentado o produto final dos demais meses, em função da quantidade elevada de medidores.

JANEIRO			
Item	Equipamento	Localização	Área de atuação
1	33784	Cidade 35 – Endereço...	Área 1
2	19749	Cidade 21 – Endereço...	Área 1
3	88559	Cidade 28 – Endereço...	Área 1
4	25778	Cidade 35 – Endereço...	Área 1
5	44978	Cidade 10 – Endereço...	Área 1
6	94786	Cidade 13 – Endereço...	Área 1
1	67600	Cidade 40 – Endereço...	Área 2
2	29419	Cidade 44 – Endereço...	Área 2
3	92948	Cidade 47 – Endereço...	Área 2
1	41029	Cidade 50 – Endereço...	Área 3
2	12381	Cidade 48 – Endereço...	Área 3
3	91167	Cidade 49 – Endereço...	Área 3
4	52248	Cidade 48 – Endereço...	Área 3
5	16100	Cidade 50 – Endereço...	Área 3
1	58926	Cidade 68 – Endereço...	Área 4
2	28267	Cidade 66 – Endereço...	Área 4
...	...	...	...
9	65958	Cidade 57 – Endereço...	Área 4
10	44364	Cidade 58 – Endereço...	Área 4
1	50337	Cidade 77 – Endereço...	Área 5
2	32759	Cidade 75 – Endereço...	Área 5
3	4275	Cidade 74 – Endereço...	Área 5
1	44768	Cidade 97 – Endereço...	Área 6
2	72613	Cidade 107 – Endereço...	Área 6
3	51232	Cidade 114 – Endereço...	Área 6
4	10256	Cidade 107 – Endereço...	Área 6
5	36045	Cidade 94 – Endereço...	Área 6
6	28327	Cidade 113 – Endereço...	Área 6
1	32289	Cidade 131 – Endereço...	Área 7
2	8934	Cidade 130 – Endereço...	Área 7
...	...	...	...
7	44947	Cidade 133 – Endereço...	Área 7
8	70731	Cidade 128 – Endereço...	Área 7

Figura 18 - Produto final do método de planejamento de inspeções de medidores da concessionária – janeiro

#### 4.4 Avaliação do método proposto

A avaliação do método para o planejamento da inspeção de equipamentos foi realizada com o objetivo de analisar a opinião de três especialistas da concessionária em relação ao método. Esses especialistas foram selecionados, levando em consideração a participação na elaboração do planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica da concessionária, a atuação em um departamento da concessionária relacionado, direta ou indiretamente, a inspeção dos medidores e a disponibilidade para realização da entrevista. Os especialistas entrevistados atuam no departamento de perdas comerciais e ocupam os seguintes

cargos na concessionária: supervisor de planejamento, programação e controle; técnico eletrotécnica; técnico eletromecânica.

Esta avaliação foi realizada através de entrevistas individuais com os especialistas, sendo que uma foi feita pessoalmente e as outras por telefone. No primeiro momento da entrevista, foram explicadas as fases e as etapas do método proposto, utilizando como apoio a Figura 11. No caso das entrevistas por telefone, essa figura foi enviada por e-mail aos entrevistados. Depois da apresentação do método, foram apresentados os seguintes questionamentos:

- o método proposto é exeqüível
- o método proposto é fácil de ser aplicado?
- o método proposto solucionou o problema envolvendo o planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica, ou seja, atendeu a necessidade da concessionária?
- a concessionária implantará o método proposto para planejar e executar as inspeções dos medidores de energia elétrica?

Em relação a exeqüibilidade, os três especialistas consideraram que o método é exeqüível. Um deles ponderou que o método é viável, pois não deslocará as equipes de inspeção de suas atividades rotineiras e não sobrecarregará as mesmas. De acordo com os especialistas, o método é exeqüível, visto que fornece todo o embasamento para o planejamento da inspeção, além de sua explicação ser bem detalhada.

Considerando a facilidade de aplicação do método, os especialistas avaliaram que o método é facilmente aplicável, sendo que, na primeira vez, pode haver um pouco mais de dificuldade, porém nada que impossibilite sua utilização. Os especialistas ressaltaram que uma das dificuldades da primeira aplicação é a necessidade de desenvolvimento de um procedimento para realização desse tipo de inspeção, denominada pelos colaboradores da concessionária de inspeção periódica. Além disso, os especialistas pautaram que as equipes de inspeção devem ser treinadas, para compreensão das suas funções ao realizar essa atividade. O método não se propõe a estabelecer um procedimento nem treinamento para realização das inspeções, visto que isso depende muito das particularidades de cada empresa. Por outro lado, o método é de fácil utilização, pois utiliza a estrutura de um departamento já existente na empresa, o qual combate as perdas em geral. Assim, o único custo significativo que o método agrega é referente aos custos dos ensaios e testes laboratoriais, visto que não há necessidade de deslocamento de longas distâncias nem contratação de pessoal. Um dos especialistas afirmou que tanto a elaboração do planejamento, quanto a execução do mesmo em campo são

fáceis de realizar. Particularmente, a elaboração do planejamento está bem explicada facilitando mais ainda sua aplicação.

Os especialistas entrevistados divergiram em relação ao atendimento das necessidades da concessionária pelo método. Um dos especialistas relatou que o método solucionou parcialmente o problema da concessionária referente ao planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica, uma vez que não aborda as questões referentes aos padrões de consumo das unidades consumidoras, não auxiliando na identificação de possíveis fraudes. Além disso, comentou que é o banco de dados, a partir do qual é realizada a identificação da população, as vezes gera inconsistências, em função da lógica confusa que utiliza. Entretanto, o objetivo do método não é analisar as perdas ocasionadas por fraudes, mas, sim, aquelas provocadas, em função da tecnologia do medidor e do ambiente em seu entorno, por exemplo.

Os outros dois especialistas afirmaram que o método atende a necessidade da concessionária para o planejamento da inspeção dos medidores, fornecendo, a partir de seus resultados, um “retrato” do parque de medição da empresa. Cabe salientar que, atualmente, a concessionária não conhece a condição (“saúde”) desse parque. Além disso, o método auxilia no combate às perdas comerciais. Essas perdas são definidas como a energia elétrica fornecida não faturada e ocasionam a diminuição do faturamento da concessionária (ITO, 2003). O método proposto contribui para a redução dessas perdas, visto que auxilia a empresa a identificar os medidores instalados em campo com elevados erros de medição, permitindo sua substituição. Um dos especialistas frisou que o método atende uma necessidade muito importante da empresa, uma vez que identifica o desempenho dos medidores, que têm relação direta com o faturamento da concessionária, já que as medições inferiores a quantidade real, diminuem o faturamento da empresa, e medições superiores também podem diminuir esse faturamento, considerando que a mesma pode ser multada. Outro especialista ressaltou que o método não se preocupa apenas com o que deve ser feito (resposta obtida na Fase 1), mas também com como deve ser feito (respostas obtidas nas Fases 2 e 3), sendo que essa também representava um problema para a concessionária.

Em relação a implantação do método, os especialistas visualizam que o método possui grandes chances de ser posto em prática pela concessionária. Um dos especialistas relatou que pensa nisso, em função do método possivelmente trazer ganhos, no caso, diminuir as perdas, que é um dos principais interesses de uma empresa. Todos os especialistas afirmaram que a empresa tem interesse de acompanhar o desempenho dos medidores eletromecânicos frente aos eletrônicos no campo, para identificar qual tecnologia é mais adequada para cada situação de uso. Além disso, afirmaram que essa avaliação constante do

parque de medição auxilia a concessionária a se preparar para as falhas dos medidores antecipadamente, sendo mais um motivo para a implantação do método.

Um comentário geral dos especialistas sobre o método foi o fato dos resultados obtidos através da aplicação do mesmo serem consistentes, confiáveis e permitirem a generalização para a população, uma vez que utiliza como base a teoria da amostragem.

Em geral, os especialistas avaliaram que o método é exequível, fácil de aplicar, supre uma necessidade da empresa e possivelmente será implantado. Entre esses especialistas há consenso de que conhecer o desempenho dos medidores instalados no parque de medição da concessionária é muito importante. Essas inspeções periódicas, ao contrário das inspeções realizadas pontualmente, permitem a análise das perdas comerciais e a elaboração de planos de substituição de medidores com elevados erros de medição, aumentando o faturamento da concessionária. Sem essa análise do parque de medição não há como identificar e quantificar essas perdas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas através do desenvolvimento do trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros.

### 5.1 Conclusões

O método desenvolvido nesta dissertação procurou atender uma necessidade das empresas referente à inspeção de seus equipamentos. Assim, o objetivo geral do trabalho foi desenvolver um método para o planejamento da inspeção de equipamentos instalados em grandes quantidades e em extensas áreas geográficas.

O referencial teórico contemplou os aspectos referentes a amostragem e a inspeção. O tema amostragem foi abordado em função desse tópico ser a base do método desenvolvido. Assim, apresentaram-se os planos de amostragem, bem como, uma comparação entre os mesmos, os tipos de erros nos levantamentos por amostragem e a determinação do tamanho da amostra. A outra parte versou resumidamente sobre as diferentes abordagens referentes a inspeção de produtos e equipamentos. Cabe ressaltar que foram encontrados poucos trabalhos sobre a inspeção de equipamentos, sendo que todos contemplavam a inspeção baseada em risco.

Com relação aos objetivos específicos, inicialmente foi desenvolvido um procedimento que permite identificar os equipamentos que devem ser inspecionados, bem como a quantidade dos mesmos. Esse procedimento é representado pela **Fase 1** (Elaboração da matriz amostral) do método, composta por seis etapas. Na seqüência, foi desenvolvido outro procedimento que possibilita determinar em que momento os equipamentos devem ser inspecionados. Tal procedimento é representado pela **Fase 2** (Distribuição da matriz amostral no tempo), dividida em três etapas. O último procedimento desenvolvido auxilia a estabelecer os colaboradores que devem inspecionar os equipamentos. Esse procedimento é representado pela **Fase 3** (Alocação dos recursos humanos para execução da matriz amostral) do método, decomposta em três etapas.

Assim, o método desenvolvido responde aos quatro questionamentos propostos: quais equipamentos inspecionar; quantos equipamentos inspecionar; quando inspecionar os

equipamentos; e quem inspeciona os equipamentos. Através da realização da Fase 1 obtém-se como produto a definição de **quais** e **quantos** equipamentos inspecionar. Já a partir da execução da Fase 2 estabelece-se **quando** as inspeções são realizadas. Por último, o produto obtido através da realização da Fase 3 é **quem** inspeciona os equipamentos.

Ainda em relação aos objetivos específicos, o método foi aplicado em uma concessionária de energia elétrica que se enquadra dentro das exigências do método: possuir equipamentos instalados em grandes quantidades e em extensas áreas geográficas. Vale mencionar que, ao longo da aplicação, o método foi sendo estruturado e consolidado, em função das dificuldades e limitações encontradas na sua utilização. O método foi empregado para o planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica da empresa.

Para a concessionária, a avaliação dos medidores instalados em seu parque de medição é muito importante, visto que tem influência direta sobre seu faturamento. Para tanto, o objetivo secundário do planejamento foi determinar as características de qualidade desses medidores. Os parâmetros utilizados para elaboração do planejamento da inspeção dos medidores foram: população = 352.068; critério de estratificação = modelos (com onze níveis); critérios de subclassificação = zona (dois níveis) e região (sete níveis); procedimento de alocação da amostra pelos estratos proporcional à raiz quadrada; procedimento de alocação da amostra pelas subclasses proporcional à raiz quadrada com restrições ao tamanho da amostra, em função do erro admitido ( $e_{max} = 0,025$  e  $n_{min} = 4$ ;  $e_{min} = 0,010$  e  $n_{max} = 24$ ); nível de confiança adotado  $\alpha = 0,05$  ( $z = 1,96$ ); erro admitido = 0,005; desvio-padrão = 0,025. A partir dessas considerações, o tamanho da amostra resultou em 1.108 medidores e concluiu-se que a concessionária possuía recursos suficientes para realizar a inspeção.

Após a realização da Fase 1, os medidores a serem amostrados, especificados na matriz amostral, foram distribuídos aleatoriamente ao longo de doze meses, empregando a sistemática desenvolvida na Fase 2. Assim, foram determinados os medidores que devem ser amostrados em cada mês, sendo que em janeiro, fevereiro e julho deve-se amostrar uma média de 51 medidores por mês, já que nesses meses algumas equipes de inspeção têm férias. Nos demais meses, a média foi de 106 medidores inspecionados. Como resultado da alocação dos recursos humanos para execução da matriz amostral, verificou-se que as equipes de inspeção da empresa conseguem coletar os medidores em campo sem sobrecarga de trabalho e determinaram-se os equipamentos que cada equipe deve amostrar.

A avaliação do método foi realizada através de entrevistas individuais com três especialistas da concessionária. Os entrevistados foram questionados sobre a exequibilidade e a facilidade de aplicação do método. Além disso, foi perguntado se o método solucionou o

problema referente ao planejamento da inspeção dos medidores e se o método seria implantado na empresa. Os três especialistas acharam que o método é exequível e fácil de ser aplicado. Em relação a solução do problema especificado anteriormente, um especialista relatou que o método soluciona parcialmente o problema, pois não avalia padrões de consumo para determinar as inspeções. Entretanto, esse não era o objetivo do método. Os outros dois especialistas afirmaram que o método solucionou o problema, visto que fornece um “retrato” do parque de medição da empresa, que atualmente é desconhecido e tem impacto direto sobre o faturamento da concessionária. Quando questionados se a empresa implantaria o método, os três especialistas pensam que sim, pois a mesma tem necessidade de conhecer o desempenho do seu parque de medição.

A partir das necessidades que motivaram o desenvolvimento deste trabalho, da sua aplicação e dos resultados obtidos, verifica-se que o mesmo atingiu os objetivos (tanto o geral, quanto os específicos) estabelecidos inicialmente. O método apresentado auxiliou a empresa estudada a planejar a inspeção de seus equipamentos, tendo como suporte a teoria da amostragem e considerando as restrições de recursos que possam existir. A importância deste trabalho reside, em parte, na sua contribuição com as pesquisas acadêmicas relacionadas a inspeção de equipamentos e, em parte, no seu auxílio ao planejamento da inspeção dos equipamentos das empresas, considerando as situações vivenciadas no dia-a-dia das mesmas.

## **5.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Esta dissertação desenvolveu um método para o planejamento da inspeção de equipamentos, que foi aplicado em uma concessionária de energia elétrica. Embora o método possa ser aplicado em outras empresas que possuam equipamentos instalados em grandes quantidades e em extensas áreas geográficas, é necessário considerar as especificidades envolvidas. Um próximo trabalho poderia ser aplicar o método em uma empresa de outro setor, visando avaliá-lo, melhorá-lo e, possivelmente, generalizá-lo.

Este trabalho utilizou no método para o planejamento da inspeção de equipamentos o programa EXCEL. Outro trabalho poderia desenvolver um *software* que auxiliasse na aplicação do método.

Além disso, o presente trabalho não analisou os dados provenientes da execução do planejamento da inspeção dos medidores de energia elétrica. Assim, um próximo trabalho



pode ter como objetivo a avaliação do desempenho do parque de medição da concessionária. Essa avaliação permitiria, por exemplo, definir os modelos de medidores que tem elevado erro de medição, analisar o impacto do ambiente sobre os medidores, elaborar planos de substituição dos medidores, baseando-se em informações concretas e não em informações pontuais, situação que acontece atualmente.

## REFERÊNCIAS

ALRECK, P. L.; SETTLE, R. B. **The Survey Research Handbook**. 2. ed. Chicago: Irwin, 1995. 470 p.

ANDRADE, L. A. S. **Uma Proposta Metodológica para a Inspeção da Qualidade em Blocos Cerâmicos para Alvenaria em Canteiros de Obras**. Florianópolis: UFSC, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Engenharia Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Informações técnicas**: Contratos de Concessão. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=43&idPerfil=2>>. Acesso em: 09 jan. 2007.

ASSAEL, H.; KEON, J. Nonsampling vs. Sampling Errors in Survey Research. **Journal of Marketing**, v. 46, n. 2, p. 114-123, 1982.

BAILAR, B. A. Does sampling work? **Business Economics**, v. 32, n. 1, p. 47-53, jan. 1997.

BALAMURALI, S.; JUN, C. Multiple dependent state sampling plans for lot acceptance based on measurement data. **European Journal of Operational Research**, v. 180, n. 3, p. 1221-1230, ago. 2007.

BARLETT, J. E.; KOTRLIK, J. W.; HIGGINS, C. C. Organizational research: determining appropriate sample size in survey research. **Information Technology, Learning, and Performance Journal**, v. 19, n. 1, p. 43-50, 2001.

BIBEE, J. Measure Completely and Accurately. **Quality**, v. 45, n. 13, p. 26-29, dez. 2006.

BLAIR, E.; ZINKHAN, G. M. Nonresponse and generalizability in academic research. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 34, n. 1, p. 4-7, 2006.

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de Amostragem**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005. 274 p.

BRASIL. Lei n. 9.933, de 20 de dezembro de 1999. Dispõe sobre as competências do CONMETRO e do INMETRO, institui a taxa de serviços metrológicos e dá outras providências. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/lei9933.asp>>. Acesso em: 20 dez. 2006.

BRASIL. Portaria n. 188, de 9 de novembro de 2004. Aprova Regulamento de Avaliação da Conformidade para reatores eletrônicos alimentados em corrente alternada, para lâmpadas fluorescentes tubulares. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000920.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2006.

BRASIL. Portaria n. 88, de 6 de abril de 2006. Aprova o Regulamento Técnico Metrológico, estabelecendo as condições mínimas que devem ser observadas na fabricação, instalação e utilização de medidores de energia elétrica ativa, inclusive os reconicionados, baseados no princípio de indução, monofásicos e polifásicos. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC001022.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2006 (a).

BRASIL. Portaria n. 243, de 6 de novembro de 2006. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ para disjuntores de baixa tensão. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC001067.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2006 (b).

BRETTTHAUER, K. M.; ROSS, A.; SHETTY, B. Nonlinear integer programming for optimal allocation in stratified sampling. **European Journal of Operational Research**, v. 116, n. 3, p. 667-680, ago. 1999.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2003. 526 p.

BYCZKOWSKIA, T. L.; LEVY, M. S. Planning a sample survey with a many-to-many frame structure: an empirical investigation of the effects of frame imperfections on estimates of population totals. **Journal of Statistical Planning and Inference**, v. 135, n. 2, p. 498-515, 2005.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 7. ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999. 230 p.

CARDOSO, R. J. C. Corrosão de tubo de aço inoxidável (AISI 304) de alta pressão. In: Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos, 6, 2002, Salvador. **Anais**. Salvador: COTEQ, 2002. p. 1-14.

CARRIZOSA, E.; MORALES, D. R. A biobjective method for sample allocation in stratified sampling. **European Journal of Operational Research**, v. 177, n. 2, p. 1074-1089, mar. 2007.

CHENG, T.; CHEN, Y. A GA mechanism for optimizing the design of attribute double sampling plan. **Automation in Construction**, v. 16, n. 3, p. 345-353, maio 2007.

CHRISTOFIDES, T. C. A generalized randomized response technique. **Metrika**, v. 57, n. 2, p. 195-200, maio 2003.

CHRISTOFIDES, T. C. Randomized response in stratified sampling. **Journal of Statistical Planning and Inference**, v. 128, n. 1, p. 303-310, 2005.

COCHRAN, W. G. **Sampling Techniques**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 428 p.

DEMING, W. E. **Some Theory of Sampling**. New York: John Wiley & Sons, 1950. 602 p.

DUFFUAA, S. O. Impact of inspection errors on performance measures of a complete repeat inspection plan. **International Journal of Production Research**, v. 34, n. 7, p. 2035-2049, jun. 1996.

DUFFUAA, S. O.; KHAN, M. An optimal repeat inspection plan with several classifications. **Journal of the Operational Research Society**, v. 53, n. 9, p. 1016-1026, set. 2002.

ERICSON, J. Lean Inspection Through Supplier Partnership. **Quality Progress**, v. 39, n. 11, p. 36-41, nov. 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 206 p.

GUINATO, P. Quality control methods: Towards modern approaches through well established. **Total Quality Management**, v. 9, n. 6, p. 463-477, ago. 1998.

HANSEN, M. H.; HURWITZ, W. N.; MADOW, W. G. **Sample Survey Methods and Theory: Methods and Applications**. New York: John Wiley & Sons, 1953 (a). Vol. 1, 638 p.

HANSEN, M. H.; HURWITZ, W. N.; MADOW, W. G. **Sample Survey Methods and Theory: Theory**. New York: John Wiley & Sons, 1953 (b). Vol. 2, 332 p.

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Verificação inicial de instrumentos de medição**. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/verifica\\_instrumento/](http://www.inmetro.gov.br/verifica_instrumento/). Acesso em: 20 dez. 2006.

ITO, H. T. **Energia Elétrica: Apuração da Qualidade dos Dados de Consumo**. Campinas: UNICAMP, 2003. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da Qualidade – Handbook – Ciclo dos Produtos: Inspeção e Teste**. São Paulo: Makron Books, 1992. Vol. 4, 225 p.

KALLEN, M. J.; NOORTWIJK, J. M. Optimal maintenance decisions under imperfect inspection. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 90, n. 2/3, p. 177-185, nov./dez. 2005.

KIM, Y. J.; CHO, B. R.; KIM, N. Economic design of inspection procedures using guard band when measurement errors are present. **Applied Mathematical Modelling**, v. 31, n. 5, p. 805-816, maio 2007.

KISH, L. **Survey Sampling**. New York: John Wiley & Sons, 1965. 643 p.

KISH, L.; HESS, I. A “replacement” procedure for reducing the bias of nonresponse. **The American Statistician**, v. 58, n. 4, p. 295-297, nov. 2004.

LENTH, R. V. Some practical guidelines for effective sample size determination. **The American Statistician**, v. 55, n. 3, p. 187-193, ago. 2001.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005 (a). Vol. 1, 347 p.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing**: Execução e Análise. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005 (b). Vol. 2, 224 p.

MEMÓRIA, J. M. P. **Breve história da estatística**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 116 p.

NOORI, S. A.; PRICE, J. W. H. A risk approach to the management of boiler tube thinning. **Nuclear Engineering and Design**, v. 236, n. 4, p. 405-414, fev. 2006.

OLIVEIRA, M. V. O. Amostragem não probabilística: adequação de situações para uso e limitações de amostras por conveniência, julgamento e quotas. **Administração On Line**, v. 2, n. 3, jul./ago./set. 2001.

PAAKKUNAINEN, M.; REINIKAINEN, S. P.; MINKKINEN, P. Estimation of the variance of sampling of process analytical and environmental emissions measurements. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, in press.

PEARL, W. L.; WU, C. An effective decision making method for product acceptance. **Omega**, v. 35, n. 1, p. 12-21, fev. 2007.

RIBEIRO, J. L. D.; ECHEVESTE, M. E. Dimensionamento da amostra em pesquisa de satisfação de clientes. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18, 1998, Niterói. **Anais**. Niterói: ABEPRO, 1998. p. 1-8. CD-ROM.

SANTOSH; VINOD, G.; SHRIVSTAVA, O. P.; SARAF, R. K.; GHOSH, A. K.; KUSHWAHA, H. S. Reliability analysis of pipelines carrying H<sub>2</sub>S for risk based inspection of heavy water plants. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 91, n. 2, p. 163-170, fev. 2006.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3 ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121 p.

SILVA, L. C.; PETRAGLIA, A.; PETRAGLIA, M. R. Sistema de Visão Estéreo para Inspeção Submarina de Tubulações e Equipamentos de Petróleo em Águas Profundas. In: Seminário de Instrumentação e Automação, 1998, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: IBP, 1998. p. 1-8.

SHORT, J. C.; KETCHEN JUNIOR, D. J.; PALMER, T. B. The role of sampling in strategic management research on performance: a two-study analysis. **Journal of Management**, v. 28, n. 3, p. 363-385, 2002.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical Methods**. 7. ed. Ames: The Iowa State University Press, 1980. 507 p.

THIOLLENT, M. J. **Metodologia da pesquisa-ação**. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2004. 108 p.

THOMPSON, S. K. **Sampling**. New York: John Wiley & Sons, 1992. 343 p.

TONG, C. Refinement strategies for stratified sampling methods. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 91, n. 10/11, p. 1257-1265, out./nov. 2006.

WANG, C. Economic off-line quality control strategy with two types of inspection errors.  
**European Journal of Operational Research**, v. 179, n. 1, p. 132-147, maio 2007.

### APÊNDICE A - Matrizes quantidade-teórica-acumulada

<b>FICTÍCIO</b>															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
<b>M1</b>	0,71	1,17	1,53	0,99	1,43	1,92	1,44	2,59	1,66	1,66	1,55	0,90	2,40	3,05	23,00
<b>M2</b>	0,98	0,52	1,07	1,44	0,70	1,81	1,44	2,49	1,73	1,37	1,28	1,08	1,66	2,40	19,98
<b>M3</b>	0,61	0,79	0,43	1,17	1,24	1,18	1,62	2,30	1,63	1,54	1,18	0,90	1,93	1,57	18,09
<b>M4</b>	0,61	0,61	0,79	0,43	0,88	1,53	0,79	2,10	1,73	1,44	1,35	0,80	1,37	1,65	16,08
<b>M5</b>	0,97	0,61	0,52	0,79	0,43	1,07	1,24	1,27	1,72	1,82	1,35	0,97	0,99	1,28	15,03
<b>M6</b>	1,06	0,97	0,61	0,52	0,89	0,52	1,17	1,72	1,08	1,81	1,34	1,16	1,45	1,37	15,67
<b>M7</b>	1,15	1,06	0,97	0,61	0,52	0,98	0,43	1,64	1,53	0,99	1,62	1,25	1,63	1,64	16,02
<b>M8</b>	1,34	1,15	1,06	0,97	0,61	0,52	0,79	1,00	1,36	1,72	0,89	1,43	1,73	1,63	16,20
<b>M9</b>	0,70	1,34	1,15	1,06	0,97	0,61	0,71	1,08	0,71	1,17	1,24	0,70	1,62	1,92	14,98
<b>M10</b>	1,24	0,70	1,34	1,15	1,06	0,97	0,70	0,61	0,98	0,52	0,88	1,24	0,79	1,91	14,12
<b>Outros</b>	0,88	1,24	0,70	1,34	1,15	1,06	0,97	0,80	0,61	0,89	0,43	0,88	1,44	0,99	13,38
<b>Total região</b>	10,27	10,17	10,17	10,46	9,88	12,17	11,31	17,60	14,74	14,93	13,12	11,31	17,02	19,40	182,55
<b>Total zona</b>	74,43							108,13							

<b>JANEIRO</b>															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
<b>M1</b>	1,05	1,50	1,86	1,32	1,67	2,49	1,82	3,59	2,37	2,42	2,12	1,33	3,36	4,15	31,05
<b>M2</b>	1,27	0,76	1,36	1,72	0,89	2,24	1,77	3,40	2,30	1,94	1,85	1,41	2,47	3,36	26,74
<b>M3</b>	0,85	0,98	0,62	1,50	1,44	1,60	1,95	3,06	2,11	2,02	1,66	1,28	2,69	2,33	24,09
<b>M4</b>	0,80	0,85	0,98	0,62	1,07	1,86	1,03	2,67	2,20	1,82	1,73	1,08	1,99	2,27	20,99
<b>M5</b>	1,16	0,80	0,71	0,98	0,62	1,36	1,44	1,75	2,10	2,34	1,68	1,16	1,37	1,85	19,31
<b>M6</b>	1,25	1,16	0,80	0,71	1,12	0,76	1,50	2,15	1,46	2,24	1,63	1,40	1,88	1,94	20,00
<b>M7</b>	1,34	1,25	1,16	0,80	0,71	1,27	0,62	2,21	1,86	1,32	1,95	1,49	2,11	2,16	20,26
<b>M8</b>	1,53	1,34	1,25	1,16	0,80	0,71	0,98	1,47	1,79	2,15	1,18	1,67	2,20	2,11	20,34
<b>M9</b>	0,89	1,53	1,34	1,25	1,16	0,80	0,99	1,41	1,05	1,50	1,44	0,89	1,95	2,49	18,69
<b>M10</b>	1,44	0,89	1,53	1,34	1,25	1,16	0,94	0,85	1,27	0,76	1,07	1,44	1,03	2,38	17,35
<b>Outros</b>	1,07	1,44	0,89	1,53	1,34	1,25	1,16	1,08	0,85	1,12	0,62	1,07	1,72	1,32	16,47
<b>Total região</b>	12,65	12,50	12,50	12,93	12,07	15,50	14,22	23,64	19,36	19,64	16,93	14,22	22,78	26,35	235,29
<b>Total zona</b>	92,37							142,92							

FEVEREIRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	1,38	1,83	2,20	1,65	1,91	3,06	2,21	4,59	3,08	3,18	2,69	1,76	4,31	5,24	39,09
M2	1,55	1,00	1,64	2,01	1,08	2,67	2,11	4,30	2,88	2,51	2,42	1,74	3,28	4,31	33,50
M3	1,09	1,17	0,81	1,83	1,63	2,03	2,29	3,82	2,59	2,50	2,13	1,66	3,46	3,09	30,09
M4	0,99	1,09	1,17	0,81	1,26	2,20	1,27	3,24	2,68	2,21	2,11	1,37	2,61	2,88	25,89
M5	1,35	0,99	0,90	1,17	0,81	1,64	1,63	2,22	2,48	2,87	2,02	1,35	1,75	2,42	23,60
M6	1,44	1,35	0,99	0,90	1,36	1,00	1,83	2,58	1,84	2,67	1,92	1,63	2,30	2,51	24,33
M7	1,53	1,44	1,35	0,99	0,90	1,55	0,81	2,79	2,20	1,65	2,29	1,73	2,59	2,69	24,50
M8	1,72	1,53	1,44	1,35	0,99	0,90	1,17	1,95	2,21	2,58	1,46	1,91	2,68	2,59	24,48
M9	1,08	1,72	1,53	1,44	1,35	0,99	1,28	1,74	1,38	1,83	1,63	1,08	2,29	3,06	22,40
M10	1,63	1,08	1,72	1,53	1,44	1,35	1,18	1,09	1,55	1,00	1,26	1,63	1,27	2,86	20,59
Outros	1,26	1,63	1,08	1,72	1,53	1,44	1,35	1,37	1,09	1,36	0,81	1,26	2,01	1,65	19,56
Total região	15,03	14,83	14,83	15,41	14,26	18,83	17,12	29,69	23,97	24,35	20,74	17,12	28,54	33,30	288,03
Total zona	110,32							177,72							

MARÇO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	2,05	2,50	2,86	2,32	2,38	4,20	2,97	6,59	4,51	4,71	3,84	2,62	6,21	7,43	55,18
M2	2,12	1,47	2,21	2,58	1,46	3,53	2,77	6,11	4,02	3,65	3,56	2,41	4,90	6,21	47,02
M3	1,56	1,55	1,19	2,50	2,01	2,89	2,95	5,34	3,54	3,45	3,08	2,42	4,98	4,62	42,08
M4	1,37	1,56	1,55	1,19	1,64	2,86	1,75	4,38	3,63	2,97	2,88	1,94	3,85	4,12	35,70
M5	1,73	1,37	1,28	1,55	1,19	2,21	2,01	3,17	3,24	3,91	2,68	1,73	2,51	3,56	32,16
M6	1,82	1,73	1,37	1,28	1,84	1,47	2,50	3,43	2,60	3,53	2,49	2,11	3,16	3,65	33,00
M7	1,92	1,82	1,73	1,37	1,28	2,12	1,19	3,93	2,86	2,32	2,95	2,20	3,54	3,73	32,97
M8	2,10	1,92	1,82	1,73	1,37	1,28	1,55	2,90	3,07	3,43	2,03	2,38	3,63	3,54	32,76
M9	1,46	2,10	1,92	1,82	1,73	1,37	1,85	2,41	2,05	2,50	2,01	1,46	2,95	4,20	29,83
M10	2,01	1,46	2,10	1,92	1,82	1,73	1,66	1,56	2,12	1,47	1,64	2,01	1,75	3,81	27,06
Outros	1,64	2,01	1,46	2,10	1,92	1,82	1,73	1,94	1,56	1,84	1,19	1,64	2,58	2,32	25,75
Total região	19,79	19,50	19,50	20,36	18,64	25,50	22,93	41,78	33,21	33,78	28,35	22,93	40,06	47,20	393,51
Total zona	146,21							247,31							

ABRIL															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	2,71	3,17	3,53	2,98	2,86	5,34	3,73	8,59	5,94	6,23	4,98	3,47	8,12	9,62	71,27
M2	2,69	1,95	2,79	3,15	1,84	4,38	3,44	7,92	5,16	4,80	4,71	3,08	6,52	8,12	60,53
M3	2,04	1,93	1,57	3,17	2,39	3,75	3,62	6,87	4,49	4,40	4,04	3,18	6,50	6,14	54,08
M4	1,75	2,04	1,93	1,57	2,02	3,53	2,22	5,52	4,58	3,73	3,64	2,51	5,09	5,36	45,50
M5	2,11	1,75	1,66	1,93	1,57	2,79	2,39	4,13	4,00	4,96	3,35	2,11	3,27	4,71	40,73
M6	2,21	2,11	1,75	1,66	2,31	1,95	3,17	4,29	3,37	4,38	3,06	2,59	4,02	4,80	41,66
M7	2,30	2,21	2,11	1,75	1,66	2,69	1,57	5,07	3,53	2,98	3,62	2,68	4,49	4,78	41,44
M8	2,48	2,30	2,21	2,11	1,75	1,66	1,93	3,85	3,93	4,29	2,60	2,86	4,58	4,49	41,05
M9	1,84	2,48	2,30	2,21	2,11	1,75	2,42	3,08	2,71	3,17	2,39	1,84	3,62	5,34	37,25
M10	2,39	1,84	2,48	2,30	2,21	2,11	2,13	2,04	2,69	1,95	2,02	2,39	2,22	4,76	33,54
Outros	2,02	2,39	1,84	2,48	2,30	2,21	2,11	2,51	2,04	2,31	1,57	2,02	3,15	2,98	31,94
Total região	24,55	24,16	24,16	25,31	23,02	32,16	28,73	53,87	42,44	43,20	35,97	28,73	51,58	61,10	499,00
Total zona	182,10							316,90							



MAIO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	3,38	3,83	4,20	3,65	3,34	6,49	4,49	10,59	7,37	7,75	6,12	4,33	10,02	11,81	87,36
M2	3,27	2,43	3,36	3,72	2,22	5,24	4,11	9,73	6,30	5,94	5,85	3,74	8,14	10,02	74,05
M3	2,52	2,31	1,95	3,83	2,77	4,60	4,29	8,39	5,44	5,35	4,99	3,94	8,03	7,66	66,07
M4	2,13	2,52	2,31	1,95	2,40	4,20	2,70	6,67	5,53	4,49	4,40	3,08	6,32	6,60	55,31
M5	2,50	2,13	2,04	2,31	1,95	3,36	2,77	5,08	4,76	6,01	4,01	2,50	4,04	5,85	49,30
M6	2,59	2,50	2,13	2,04	2,79	2,43	3,83	5,15	4,13	5,24	3,63	3,06	4,88	5,94	50,32
M7	2,68	2,59	2,50	2,13	2,04	3,27	1,95	6,21	4,20	3,65	4,29	3,15	5,44	5,83	49,92
M8	2,86	2,68	2,59	2,50	2,13	2,04	2,31	4,81	4,78	5,15	3,17	3,34	5,53	5,44	49,33
M9	2,22	2,86	2,68	2,59	2,50	2,13	2,99	3,74	3,38	3,83	2,77	2,22	4,29	6,49	44,68
M10	2,77	2,22	2,86	2,68	2,59	2,50	2,61	2,52	3,27	2,43	2,40	2,77	2,70	5,72	40,01
Outros	2,40	2,77	2,22	2,86	2,68	2,59	2,50	3,08	2,52	2,79	1,95	2,40	3,72	3,65	38,13
Total região	29,31	28,83	28,83	30,26	27,40	38,83	34,54	65,96	51,68	52,63	43,59	34,54	63,10	75,00	604,48
Total zona	217,99							386,49							

JUNHO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	4,04	4,50	4,86	4,32	3,81	7,63	5,25	12,59	8,80	9,28	7,26	5,19	11,92	14,00	103,45
M2	3,84	2,90	3,93	4,29	2,60	6,10	4,77	11,54	7,45	7,08	6,99	4,41	9,76	11,92	87,57
M3	2,99	2,69	2,33	4,50	3,15	5,46	4,95	9,91	6,39	6,30	5,94	4,71	9,55	9,19	78,07
M4	2,51	2,99	2,69	2,33	2,79	4,86	3,17	7,81	6,49	5,25	5,16	3,65	7,56	7,84	65,11
M5	2,88	2,51	2,42	2,69	2,33	3,93	3,15	6,03	5,52	7,06	4,68	2,88	4,80	6,99	57,87
M6	2,97	2,88	2,51	2,42	3,27	2,90	4,50	6,00	4,89	6,10	4,20	3,54	5,73	7,08	58,99
M7	3,06	2,97	2,88	2,51	2,42	3,84	2,33	7,35	4,86	4,32	4,95	3,63	6,39	6,87	58,39
M8	3,24	3,06	2,97	2,88	2,51	2,42	2,69	5,76	5,64	6,00	3,75	3,81	6,49	6,39	57,61
M9	2,60	3,24	3,06	2,97	2,88	2,51	3,56	4,41	4,04	4,50	3,15	2,60	4,95	7,63	52,11
M10	3,15	2,60	3,24	3,06	2,97	2,88	3,08	2,99	3,84	2,90	2,79	3,15	3,17	6,67	46,48
Outros	2,79	3,15	2,60	3,24	3,06	2,97	2,88	3,65	2,99	3,27	2,33	2,79	4,29	4,32	44,32
Total região	34,07	33,49	33,49	35,21	31,78	45,49	40,35	78,05	60,91	62,05	51,20	40,35	74,62	88,90	709,96
Total zona	253,88							456,08							

JULHO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	4,38	4,83	5,20	4,65	4,05	8,20	5,63	13,59	9,51	10,04	7,84	5,62	12,88	15,10	111,49
M2	4,12	3,14	4,21	4,58	2,79	6,52	5,10	12,44	8,02	7,65	7,56	4,74	10,57	12,88	94,33
M3	3,23	2,88	2,52	4,83	3,34	5,89	5,29	10,67	6,87	6,78	6,42	5,09	10,31	9,95	84,07
M4	2,70	3,23	2,88	2,52	2,98	5,20	3,41	8,38	6,96	5,63	5,54	3,94	8,18	8,45	70,02
M5	3,07	2,70	2,61	2,88	2,52	4,21	3,34	6,51	5,91	7,58	5,01	3,07	5,18	7,56	62,15
M6	3,16	3,07	2,70	2,61	3,50	3,14	4,83	6,43	5,27	6,52	4,49	3,78	6,16	7,65	63,32
M7	3,25	3,16	3,07	2,70	2,61	4,12	2,52	7,93	5,20	4,65	5,29	3,87	6,87	7,40	62,63
M8	3,43	3,25	3,16	3,07	2,70	2,61	2,88	6,23	6,07	6,43	4,03	4,05	6,96	6,87	61,75
M9	2,79	3,43	3,25	3,16	3,07	2,70	3,85	4,74	4,38	4,83	3,34	2,79	5,29	8,20	55,82
M10	3,34	2,79	3,43	3,25	3,16	3,07	3,32	3,23	4,12	3,14	2,98	3,34	3,41	7,14	49,72
Outros	2,98	3,34	2,79	3,43	3,25	3,16	3,07	3,94	3,23	3,50	2,52	2,98	4,58	4,65	47,41
Total região	36,45	35,83	35,83	37,68	33,97	48,82	43,25	84,09	65,53	66,77	55,01	43,25	80,38	95,85	762,70
Total zona	271,82							490,88							

AGOSTO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	5,04	5,50	5,86	5,32	4,53	9,34	6,39	15,59	10,94	11,56	8,98	6,47	14,78	17,29	127,58
M2	4,69	3,62	4,78	5,15	3,17	7,38	5,77	14,25	9,16	8,80	8,70	5,41	12,18	14,78	107,85
M3	3,71	3,27	2,90	5,50	3,72	6,74	5,95	12,20	7,82	7,73	7,37	5,85	11,83	11,47	96,06
M4	3,08	3,71	3,27	2,90	3,36	5,86	3,89	9,52	7,91	6,39	6,30	4,51	9,42	9,69	79,82
M5	3,45	3,08	2,99	3,27	2,90	4,78	3,72	7,46	6,67	8,63	5,68	3,45	5,94	8,70	70,72
M6	3,54	3,45	3,08	2,99	3,98	3,62	5,50	7,29	6,03	7,38	5,06	4,25	7,02	8,80	71,98
M7	3,63	3,54	3,45	3,08	2,99	4,69	2,90	9,07	5,86	5,32	5,95	4,34	7,82	8,45	71,10
M8	3,81	3,63	3,54	3,45	3,08	2,99	3,27	7,19	6,93	7,29	4,60	4,53	7,91	7,82	70,03
M9	3,17	3,81	3,63	3,54	3,45	3,08	4,42	5,41	5,04	5,50	3,72	3,17	5,95	9,34	63,24
M10	3,72	3,17	3,81	3,63	3,54	3,45	3,80	3,71	4,69	3,62	3,36	3,72	3,89	8,10	56,19
Outros	3,36	3,72	3,17	3,81	3,63	3,54	3,45	4,51	3,71	3,98	2,90	3,36	5,15	5,32	53,60
Total região	41,21	40,49	40,49	42,63	38,35	55,49	49,06	96,18	74,76	76,19	62,63	49,06	91,90	109,75	868,18
Total zona	307,71							560,41							

SETEMBRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	5,71	6,16	6,53	5,98	5,00	10,48	7,16	17,58	12,37	13,08	10,12	7,33	16,68	19,48	143,67
M2	5,26	4,09	5,36	5,72	3,56	8,24	6,44	16,06	10,30	9,94	9,85	6,07	13,80	16,68	121,37
M3	4,18	3,65	3,28	6,16	4,10	7,60	6,62	13,72	8,77	8,68	8,32	6,61	13,36	12,99	108,06
M4	3,46	4,18	3,65	3,28	3,74	6,53	4,36	10,67	8,87	7,16	7,06	5,08	10,66	10,93	89,63
M5	3,83	3,46	3,37	3,65	3,28	5,36	4,10	8,41	7,43	9,67	6,35	3,83	6,70	9,85	79,29
M6	3,92	3,83	3,46	3,37	4,46	4,09	6,16	8,15	6,79	8,24	5,63	4,73	7,87	9,94	80,64
M7	4,01	3,92	3,83	3,46	3,37	5,26	3,28	10,21	6,53	5,98	6,62	4,82	8,77	9,49	79,57
M8	4,19	4,01	3,92	3,83	3,46	3,37	3,65	8,14	7,78	8,15	5,17	5,00	8,87	8,77	78,32
M9	3,56	4,19	4,01	3,92	3,83	3,46	4,99	6,07	5,71	6,16	4,10	3,56	6,62	10,48	70,67
M10	4,10	3,56	4,19	4,01	3,92	3,83	4,27	4,18	5,26	4,09	3,74	4,10	4,36	9,05	62,67
Outros	3,74	4,10	3,56	4,19	4,01	3,92	3,83	5,08	4,18	4,46	3,28	3,74	5,72	5,98	59,79
Total região	45,97	45,16	45,16	47,58	42,73	62,15	54,87	108,27	84,00	85,62	70,24	54,87	103,42	123,65	973,66
Total zona	343,60							630,06							

OUTUBRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	6,38	6,83	7,19	6,65	5,48	11,63	7,92	19,58	13,79	14,61	11,26	8,19	18,59	21,67	159,76
M2	5,84	4,57	5,93	6,29	3,94	9,09	7,10	17,87	11,44	11,08	10,99	6,74	15,42	18,59	134,89
M3	4,66	4,03	3,66	6,83	4,48	8,46	7,29	15,24	9,73	9,64	9,27	7,37	14,88	14,52	120,05
M4	3,85	4,66	4,03	3,66	4,12	7,19	4,84	11,81	9,82	7,92	7,83	5,65	11,89	12,17	99,43
M5	4,21	3,85	3,75	4,03	3,66	5,93	4,48	9,36	8,19	10,72	7,01	4,21	7,46	10,99	87,86
M6	4,30	4,21	3,85	3,75	4,93	4,57	6,83	9,00	7,55	9,09	6,20	5,20	8,73	11,08	89,31
M7	4,39	4,30	4,21	3,85	3,75	5,84	3,66	11,35	7,19	6,65	7,29	5,30	9,73	10,54	88,04
M8	4,57	4,39	4,30	4,21	3,85	3,75	4,03	9,09	8,64	9,00	5,75	5,48	9,82	9,73	86,60
M9	3,94	4,57	4,39	4,30	4,21	3,85	5,56	6,74	6,38	6,83	4,48	3,94	7,29	11,63	78,10
M10	4,48	3,94	4,57	4,39	4,30	4,21	4,75	4,66	5,84	4,57	4,12	4,48	4,84	10,00	69,14
Outros	4,12	4,48	3,94	4,57	4,39	4,30	4,21	5,65	4,66	4,93	3,66	4,12	6,29	6,65	65,97
Total região	50,73	49,82	49,82	52,53	47,11	68,81	60,67	120,36	93,23	95,04	77,86	60,67	114,94	137,55	1079,15
Total zona	379,49							699,65							

NOVEMBRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	7,04	7,50	7,86	7,32	5,95	12,77	8,68	21,58	15,22	16,13	12,40	9,04	20,49	23,85	175,85
M2	6,41	5,04	6,50	6,86	4,32	9,95	7,77	19,67	12,59	12,22	12,13	7,41	17,04	20,49	148,40
M3	5,13	4,41	4,04	7,50	4,86	9,32	7,95	16,77	10,68	10,59	10,22	8,13	16,40	16,04	132,05
M4	4,23	5,13	4,41	4,04	4,50	7,86	5,32	12,95	10,77	8,68	8,59	6,23	13,13	13,40	109,24
M5	4,59	4,23	4,14	4,41	4,04	6,50	4,86	10,31	8,95	11,77	7,68	4,59	8,22	12,13	96,42
M6	4,68	4,59	4,23	4,14	5,41	5,04	7,50	9,86	8,32	9,95	6,77	5,68	9,59	12,22	97,97
M7	4,77	4,68	4,59	4,23	4,14	6,41	4,04	12,50	7,86	7,32	7,95	5,77	10,68	11,59	96,52
M8	4,95	4,77	4,68	4,59	4,23	4,14	4,41	10,04	9,50	9,86	6,32	5,95	10,77	10,68	94,88
M9	4,32	4,95	4,77	4,68	4,59	4,23	6,13	7,41	7,04	7,50	4,86	4,32	7,95	12,77	85,52
M10	4,86	4,32	4,95	4,77	4,68	4,59	5,23	5,13	6,41	5,04	4,50	4,86	5,32	10,95	75,62
Outros	4,50	4,86	4,32	4,95	4,77	4,68	4,59	6,23	5,13	5,41	4,04	4,50	6,86	7,32	72,16
<b>Total região</b>	55,49	54,49	54,49	57,48	51,49	75,48	66,48	132,45	102,47	104,47	85,47	66,48	126,46	151,45	1184,63
<b>Total zona</b>	415,38							769,24							

DEZEMBRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	12,00	8,00	21,00	15,00	16,00	12,00	9,00	20,00	23,00	169,00
M2	6,00	5,00	6,00	6,00	4,00	9,00	7,00	19,00	12,00	12,00	12,00	7,00	17,00	20,00	142,00
M3	5,00	4,00	4,00	7,00	4,00	9,00	7,00	16,00	10,00	10,00	10,00	8,00	16,00	16,00	126,00
M4	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00	7,00	5,00	12,00	10,00	8,00	8,00	6,00	13,00	13,00	103,00
M5	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,00	4,00	10,00	8,00	11,00	7,00	4,00	8,00	12,00	90,00
M6	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	7,00	9,00	8,00	9,00	6,00	5,00	9,00	12,00	91,00
M7	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,00	4,00	12,00	7,00	7,00	7,00	5,00	10,00	11,00	89,00
M8	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	10,00	9,00	9,00	6,00	5,00	10,00	10,00	87,00
M9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,00	7,00	7,00	7,00	4,00	4,00	7,00	12,00	78,00
M10	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	5,00	4,00	4,00	5,00	10,00	68,00
Outros	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,00	5,00	5,00	4,00	4,00	6,00	7,00	65,00
<b>Total região</b>	50,00	49,00	49,00	52,00	46,00	70,00	61,00	127,00	97,00	99,00	80,00	61,00	121,00	146,00	1108,00
<b>Total zona</b>	377,00							731,00							

## APENDICE B - Matrizes quantidade-teórica-não-alocada

FICTÍCIO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0,71	1,17	1,53	0,99	1,43	1,92	1,44	2,59	1,66	1,66	1,55	0,90	2,40	3,05	23,00
M2	0,98	0,52	1,07	1,44	0,70	1,81	1,44	2,49	1,73	1,37	1,28	1,08	1,66	2,40	19,98
M3	0,61	0,79	0,43	1,17	1,24	1,18	1,62	2,30	1,63	1,54	1,18	0,90	1,93	1,57	18,09
M4	0,61	0,61	0,79	0,43	0,88	1,53	0,79	2,10	1,73	1,44	1,35	0,80	1,37	1,65	16,08
M5	0,97	0,61	0,52	0,79	0,43	1,07	1,24	1,27	1,72	1,82	1,35	0,97	0,99	1,28	15,03
M6	1,06	0,97	0,61	0,52	0,89	0,52	1,17	1,72	1,08	1,81	1,34	1,16	1,45	1,37	15,67
M7	1,15	1,06	0,97	0,61	0,52	0,98	0,43	1,64	1,53	0,99	1,62	1,25	1,63	1,64	16,02
M8	1,34	1,15	1,06	0,97	0,61	0,52	0,79	1,00	1,36	1,72	0,89	1,43	1,73	1,63	16,20
M9	0,70	1,34	1,15	1,06	0,97	0,61	0,71	1,08	0,71	1,17	1,24	0,70	1,62	1,92	14,98
M10	1,24	0,70	1,34	1,15	1,06	0,97	0,70	0,61	0,98	0,52	0,88	1,24	0,79	1,91	14,12
Outros	0,88	1,24	0,70	1,34	1,15	1,06	0,97	0,80	0,61	0,89	0,43	0,88	1,44	0,99	13,38
<b>Total região</b>	10,27	10,17	10,17	10,46	9,88	12,17	11,31	17,60	14,74	14,93	13,12	11,31	17,02	19,40	182,55
<b>Total zona</b>	74,43							108,13							

JANEIRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0,05	0,50	-0,14	0,32	0,67	0,49	0,82	0,59	0,37	0,42	0,12	0,33	1,36	1,15	7,05
M2	0,27	-0,24	0,36	0,72	-0,11	0,24	0,77	1,40	0,30	0,94	0,85	0,41	0,47	1,36	7,74
M3	-0,15	-0,02	0,62	0,50	0,44	0,60	-0,05	1,06	0,11	0,02	0,66	0,28	0,69	0,33	5,09
M4	-0,20	-0,15	-0,02	0,62	0,07	-0,14	0,03	0,67	0,20	0,82	0,73	0,08	0,99	0,27	3,99
M5	0,16	-0,20	-0,29	-0,02	0,62	0,36	0,44	0,75	0,10	0,34	0,68	0,16	0,37	0,85	4,31
M6	0,25	0,16	-0,20	-0,29	0,12	-0,24	0,50	0,15	0,46	0,24	0,63	0,40	0,88	0,94	4,00
M7	0,34	0,25	0,16	-0,20	-0,29	0,27	0,62	0,21	-0,14	0,32	-0,05	0,49	0,11	0,16	2,26
M8	0,53	0,34	0,25	0,16	-0,20	-0,29	-0,02	0,47	0,79	0,15	0,18	0,67	0,20	0,11	3,34
M9	-0,11	0,53	0,34	0,25	0,16	-0,20	-0,01	0,41	0,05	0,50	0,44	-0,11	-0,05	0,49	2,69
M10	0,44	-0,11	0,53	0,34	0,25	0,16	-0,06	-0,15	0,27	-0,24	0,07	0,44	0,03	0,38	2,35
Outros	0,07	0,44	-0,11	0,53	0,34	0,25	0,16	0,08	-0,15	0,12	0,62	0,07	0,72	0,32	3,47
<b>Total região</b>	1,65	1,50	1,50	2,93	2,07	1,50	3,22	5,64	2,36	3,64	4,93	3,22	5,78	6,35	46,29
<b>Total zona</b>	14,37							31,92							

FEVEREIRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0,38	-0,17	0,20	0,65	-0,09	1,06	0,21	0,59	1,08	1,18	0,69	0,76	1,31	1,24	9,09
M2	0,55	0,00	0,64	0,01	0,08	0,67	0,11	1,30	0,88	0,51	0,42	0,74	1,28	1,31	8,50
M3	0,09	0,17	-0,19	-0,17	0,63	0,03	0,29	0,82	0,59	0,50	0,13	0,66	0,46	1,09	5,09
M4	-0,01	0,09	0,17	-0,19	0,26	0,20	0,27	0,24	0,68	0,21	0,11	0,37	0,61	0,88	3,89
M5	0,35	-0,01	-0,10	0,17	-0,19	0,64	0,63	0,22	0,48	0,87	0,02	0,35	0,75	0,42	4,60
M6	0,44	0,35	-0,01	-0,10	0,36	0,00	-0,17	0,58	0,84	0,67	-0,08	0,63	0,30	0,51	4,33
M7	0,53	0,44	0,35	-0,01	-0,10	0,55	-0,19	0,79	0,20	0,65	0,29	0,73	0,59	0,69	5,50
M8	-0,28	0,53	0,44	0,35	-0,01	-0,10	0,17	0,95	0,21	0,58	0,46	-0,09	0,68	0,59	4,48
M9	0,08	-0,28	0,53	0,44	0,35	-0,01	0,28	0,74	0,38	-0,17	0,63	0,08	0,29	1,06	4,40
M10	0,63	0,08	-0,28	0,53	0,44	0,35	0,18	0,09	0,55	0,00	0,26	0,63	0,27	0,86	4,59
Outros	0,26	0,63	0,08	-0,28	0,53	0,44	0,35	0,37	0,09	0,36	-0,19	0,26	0,01	0,65	3,56
Total região	3,03	1,83	1,83	1,41	2,26	3,83	2,12	6,69	5,97	5,35	2,74	5,12	6,54	9,30	58,03
Total zona	16,32							41,72							
MARÇO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	1,05	0,50	0,86	0,32	0,38	1,20	0,97	1,59	1,51	1,71	0,84	0,62	2,21	2,43	16,18
M2	0,12	0,47	0,21	0,58	0,46	0,53	0,77	2,11	1,02	0,65	1,56	0,41	1,90	2,21	13,02
M3	0,56	0,55	0,19	0,50	0,01	0,89	0,95	1,34	0,54	1,45	1,08	0,42	1,98	1,62	12,08
M4	0,37	0,56	0,55	0,19	0,64	0,86	0,75	1,38	0,63	0,97	0,88	0,94	0,85	1,12	10,70
M5	0,73	0,37	0,28	0,55	0,19	0,21	0,01	1,17	1,24	0,91	0,68	0,73	0,51	1,56	9,16
M6	0,82	0,73	0,37	0,28	0,84	0,47	0,50	0,43	0,60	0,53	0,49	0,11	1,16	0,65	8,00
M7	-0,08	0,82	0,73	0,37	0,28	0,12	0,19	0,93	0,86	0,32	0,95	0,20	0,54	0,73	6,97
M8	0,10	-0,08	0,82	0,73	0,37	0,28	0,55	0,90	1,07	0,43	1,03	0,38	0,63	0,54	7,76
M9	0,46	0,10	-0,08	0,82	0,73	0,37	0,85	0,41	1,05	0,50	0,01	0,46	0,95	1,20	7,83
M10	0,01	0,46	0,10	-0,08	0,82	0,73	0,66	0,56	0,12	0,47	0,64	0,01	0,75	0,81	6,06
Outros	0,64	0,01	0,46	0,10	-0,08	0,82	0,73	0,94	0,56	0,84	0,19	0,64	0,58	0,32	6,75
Total região	4,79	4,50	4,50	4,36	4,64	6,50	6,93	11,78	9,21	8,78	8,35	4,93	12,06	13,20	104,51
Total zona	36,21							68,31							
ABRIL															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0,71	1,17	0,53	0,98	0,86	1,34	0,73	1,59	0,94	1,23	0,98	0,47	2,12	2,62	16,27
M2	0,69	0,95	0,79	0,15	0,84	0,38	0,44	1,92	1,16	0,80	0,71	1,08	1,52	2,12	13,53
M3	0,04	-0,07	0,57	1,17	0,39	0,75	0,62	1,87	0,49	1,40	1,04	1,18	1,50	1,14	12,08
M4	0,75	0,04	-0,07	0,57	0,02	0,53	0,22	1,52	0,58	0,73	0,64	0,51	1,09	1,36	8,50
M5	0,11	0,75	0,66	-0,07	0,57	0,79	0,39	1,13	1,00	0,96	0,35	0,11	0,27	0,71	7,73
M6	0,21	0,11	0,75	0,66	0,31	0,95	1,17	1,29	0,37	0,38	1,06	0,59	1,02	0,80	9,66
M7	0,30	0,21	0,11	0,75	0,66	0,69	0,57	1,07	0,53	0,98	0,62	0,68	0,49	0,78	8,44
M8	0,48	0,30	0,21	0,11	0,75	0,66	-0,07	0,85	0,93	1,29	0,60	0,86	0,58	0,49	8,05
M9	0,84	0,48	0,30	0,21	0,11	0,75	0,42	1,08	0,71	1,17	0,39	0,84	0,62	1,34	9,25
M10	0,39	0,84	0,48	0,30	0,21	0,11	0,13	0,04	0,69	0,95	0,02	0,39	0,22	0,76	5,54
Outros	0,02	0,39	0,84	0,48	0,30	0,21	0,11	0,51	0,04	0,31	0,57	0,02	0,15	0,98	4,94
Total região	4,55	5,16	5,16	5,31	5,02	7,16	4,73	12,87	7,44	10,20	6,97	6,73	9,58	13,10	104,00
Total zona	37,10							66,90							

MAIO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0,38	0,83	0,20	0,65	0,34	1,49	0,49	1,59	1,37	1,75	1,12	1,33	2,02	1,81	15,36
M2	0,27	0,43	0,36	0,72	0,22	1,24	1,11	1,73	1,30	0,94	0,85	0,74	1,14	2,02	13,05
M3	0,52	0,31	-0,05	0,83	0,77	0,60	0,29	1,39	1,44	1,35	0,99	0,94	1,03	1,66	12,07
M4	0,13	0,52	0,31	-0,05	0,40	0,20	0,70	0,67	0,53	0,49	0,40	0,08	1,32	1,60	7,31
M5	0,50	0,13	0,04	0,31	-0,05	0,36	0,77	1,08	0,76	1,01	1,01	0,50	1,04	0,85	8,30
M6	0,59	0,50	0,13	0,04	0,79	0,43	0,83	1,15	1,13	1,24	0,63	0,06	0,88	0,94	9,32
M7	0,68	0,59	0,50	0,13	0,04	0,27	-0,05	1,21	0,20	0,65	0,29	0,15	1,44	0,83	6,92
M8	0,86	0,68	0,59	0,50	0,13	0,04	0,31	0,81	0,78	1,15	0,17	0,34	0,53	1,44	8,33
M9	0,22	0,86	0,68	0,59	0,50	0,13	0,99	0,74	0,38	0,83	0,77	0,22	0,29	1,49	8,68
M10	0,77	0,22	0,86	0,68	0,59	0,50	0,61	0,52	0,27	0,43	0,40	0,77	0,70	0,72	8,01
Outros	0,40	0,77	0,22	0,86	0,68	0,59	0,50	0,08	0,52	0,79	-0,05	0,40	0,72	0,65	7,13
Total região	5,31	5,83	3,83	5,26	4,40	5,83	6,54	10,96	8,68	10,63	6,59	5,54	11,10	14,00	104,48
Total zona	36,99							67,49							

JUNHO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	1,04	0,50	0,86	0,32	0,81	1,63	1,25	1,59	1,80	1,28	1,26	1,19	1,92	2,00	17,45
M2	0,84	0,90	0,93	0,29	0,60	1,10	0,77	1,54	1,45	1,08	0,99	0,41	1,76	1,92	14,57
M3	-0,01	0,69	0,33	0,50	0,15	0,46	0,95	1,91	1,39	1,30	0,94	0,71	1,55	1,19	12,07
M4	0,51	-0,01	0,69	0,33	0,79	0,86	0,17	0,81	0,49	1,25	1,16	0,65	1,56	0,84	10,11
M5	0,88	0,51	0,42	0,69	0,33	0,93	0,15	1,03	0,52	1,06	0,68	0,88	0,80	0,99	9,87
M6	-0,03	0,88	0,51	0,42	0,27	0,90	0,50	1,00	0,89	1,10	0,20	0,54	0,73	1,08	8,99
M7	0,06	-0,03	0,88	0,51	0,42	0,84	0,33	1,35	0,86	0,32	0,95	0,63	1,39	0,87	9,39
M8	0,24	0,06	-0,03	0,88	0,51	0,42	0,69	0,76	0,64	1,00	0,75	0,81	0,49	1,39	8,61
M9	0,60	0,24	0,06	-0,03	0,88	0,51	0,56	0,41	1,04	0,50	0,15	0,60	0,95	1,63	8,11
M10	0,15	0,60	0,24	0,06	-0,03	0,88	0,08	-0,01	0,84	0,90	0,79	0,15	0,17	0,67	5,48
Outros	0,79	0,15	0,60	0,24	0,06	-0,03	0,88	0,65	-0,01	0,27	0,33	0,79	0,29	0,32	5,32
Total região	5,07	4,49	5,49	4,21	4,78	8,49	6,35	11,05	9,91	10,05	8,20	7,35	11,62	12,90	109,96
Total zona	38,88							71,08							

JULHO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0,38	0,83	0,20	0,65	0,05	0,20	0,63	0,59	0,51	1,04	0,84	0,62	0,88	1,10	8,49
M2	0,12	0,14	0,21	0,58	-0,21	0,52	0,10	0,44	1,02	0,65	0,56	0,74	0,57	0,88	6,33
M3	0,23	-0,12	0,52	0,83	0,34	0,89	0,29	0,67	0,87	0,78	0,42	0,09	0,31	0,95	7,07
M4	-0,30	0,23	-0,12	0,52	-0,02	0,20	0,41	0,38	0,96	0,63	0,54	-0,06	0,18	0,45	4,02
M5	0,07	-0,30	0,61	-0,12	0,52	0,21	0,34	0,51	-0,09	0,58	0,01	0,07	0,18	0,56	3,15
M6	0,16	0,07	-0,30	0,61	0,50	0,14	0,83	0,43	0,27	0,52	0,49	-0,22	0,16	0,65	4,32
M7	0,25	0,16	0,07	-0,30	0,61	0,12	0,52	0,93	0,20	0,65	0,29	-0,13	0,87	0,40	4,63
M8	0,43	0,25	0,16	0,07	-0,30	0,61	-0,12	0,23	0,07	0,43	0,03	0,05	0,96	0,87	3,75
M9	-0,21	0,43	0,25	0,16	0,07	-0,30	-0,15	0,74	0,38	0,83	0,34	-0,21	0,29	0,20	2,82
M10	0,34	-0,21	0,43	0,25	0,16	0,07	0,32	0,23	0,12	0,14	-0,02	0,34	0,41	0,14	2,72
Outros	-0,02	0,34	-0,21	0,43	0,25	0,16	0,07	-0,06	0,23	0,50	0,52	-0,02	0,58	0,65	3,41
Total região	1,45	1,83	1,83	3,68	1,97	2,82	3,25	5,09	4,53	6,77	4,01	1,25	5,38	6,85	50,70
Total zona	16,82							33,88							

AGOSTO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	1,04	0,50	0,86	0,32	0,53	1,34	0,39	1,59	0,94	1,56	0,98	0,47	1,78	2,29	14,58
M2	0,69	0,62	0,78	0,15	0,17	0,38	0,77	2,25	1,16	0,80	0,70	0,41	1,18	1,78	11,85
M3	0,71	0,27	-0,10	0,50	0,72	0,74	0,95	1,20	0,82	0,73	1,37	0,85	1,83	1,47	12,06
M4	0,08	0,71	0,27	-0,10	0,36	0,86	0,89	1,52	0,91	0,39	0,30	0,51	1,42	1,69	9,82
M5	0,45	0,08	-0,01	0,27	-0,10	0,78	0,72	0,46	0,67	0,63	0,68	0,45	0,94	0,70	6,72
M6	0,54	0,45	0,08	-0,01	-0,02	0,62	0,50	1,29	1,03	0,38	1,06	0,25	1,02	0,80	7,98
M7	0,63	0,54	0,45	0,08	-0,01	0,69	-0,10	1,07	0,86	0,32	0,95	0,34	0,82	1,45	8,10
M8	0,81	0,63	0,54	0,45	0,08	-0,01	0,27	1,19	0,93	1,29	0,60	0,53	0,91	0,82	9,03
M9	0,17	0,81	0,63	0,54	0,45	0,08	0,42	0,41	1,04	0,50	0,72	0,17	0,95	1,34	8,24
M10	0,72	0,17	0,81	0,63	0,54	0,45	0,80	0,71	0,69	0,62	0,36	0,72	0,89	1,10	9,19
Outros	0,36	0,72	0,17	0,81	0,63	0,54	0,45	0,51	0,71	-0,02	-0,10	0,36	0,15	0,32	5,60
Total região	6,21	5,49	4,49	3,63	3,35	6,49	6,06	12,18	9,76	7,19	7,63	5,06	11,90	13,75	103,18
Total zona	35,71							67,47							
SETEMBRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0,71	1,16	0,53	0,98	0,00	1,48	1,16	1,58	1,37	1,08	1,12	1,33	1,68	2,48	16,67
M2	0,26	0,09	0,36	0,72	0,56	1,24	0,44	2,06	1,30	0,94	0,85	1,07	1,80	1,68	13,37
M3	0,18	0,65	0,28	1,16	0,10	0,60	0,62	1,72	0,77	0,68	1,32	0,61	1,36	1,99	12,06
M4	0,46	0,18	0,65	0,28	0,74	0,53	0,36	0,67	0,87	1,16	1,06	0,08	1,66	0,93	9,63
M5	0,83	0,46	0,37	0,65	0,28	0,36	0,10	1,41	0,43	0,67	0,35	0,83	0,70	0,85	8,29
M6	-0,08	0,83	0,46	0,37	0,46	0,09	1,16	1,15	0,79	1,24	0,63	0,73	0,87	0,94	9,64
M7	0,01	-0,08	0,83	0,46	0,37	0,26	0,28	1,21	0,53	0,98	0,62	0,82	0,77	1,49	8,57
M8	0,19	0,01	-0,08	0,83	0,46	0,37	0,65	1,14	0,78	1,15	0,17	0,00	0,87	0,77	7,32
M9	0,56	0,19	0,01	-0,08	0,83	0,46	0,99	1,07	0,71	1,16	0,10	0,56	0,62	1,48	8,67
M10	0,10	0,56	0,19	0,01	-0,08	0,83	0,27	0,18	0,26	0,09	0,74	0,10	0,36	1,05	4,67
Outros	0,74	0,10	0,56	0,19	0,01	-0,08	0,83	0,08	0,18	0,46	0,28	0,74	0,72	0,98	5,79
Total região	3,97	4,16	4,16	5,58	3,73	6,15	6,87	12,27	8,00	9,62	7,24	6,87	11,42	14,65	104,66
Total zona	34,60							70,06							
OUTUBRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	0,38	0,83	0,19	0,65	0,48	1,63	0,92	1,58	1,79	1,61	1,26	1,19	1,59	2,67	16,76
M2	0,84	0,57	0,93	0,29	-0,06	1,09	1,10	1,87	1,44	1,08	0,99	0,74	1,42	1,59	13,89
M3	0,66	0,03	0,66	0,83	0,48	0,46	0,29	1,24	0,73	0,64	1,27	0,37	1,88	1,52	11,05
M4	0,85	0,66	0,03	0,66	0,12	0,19	0,84	0,81	0,82	0,92	0,83	0,65	0,89	1,17	9,43
M5	0,21	0,85	0,75	0,03	0,66	0,93	0,48	1,36	1,19	0,72	1,01	0,21	0,46	0,99	9,86
M6	0,30	0,21	0,85	0,75	0,93	0,57	0,83	1,00	0,55	1,09	0,20	0,20	0,73	1,08	9,31
M7	0,39	0,30	0,21	0,85	0,75	0,84	0,66	1,35	0,19	0,65	0,29	0,30	0,73	1,54	9,04
M8	0,57	0,39	0,30	0,21	0,85	0,75	0,03	1,09	0,64	1,00	0,75	0,48	0,82	0,73	8,60
M9	-0,06	0,57	0,39	0,30	0,21	0,85	0,56	0,74	0,38	0,83	0,48	-0,06	0,29	1,63	7,10
M10	0,48	-0,06	0,57	0,39	0,30	0,21	0,75	0,66	0,84	0,57	0,12	0,48	0,84	1,00	7,14
Outros	0,12	0,48	-0,06	0,57	0,39	0,30	0,21	0,65	0,66	0,93	0,66	0,12	0,29	0,65	5,97
Total região	4,73	4,82	4,82	5,53	5,11	7,81	6,67	12,36	9,23	10,04	7,86	4,67	9,94	14,55	108,15
Total zona	39,49							68,65							

NOVEMBRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	1,04	0,50	0,86	0,32	0,95	0,77	0,68	1,58	1,22	1,13	1,40	1,04	1,49	1,85	14,85
M2	0,41	0,04	0,50	0,86	0,32	0,95	0,77	1,67	1,59	1,22	1,13	0,41	2,04	1,49	13,40
M3	0,13	0,41	0,04	0,50	0,86	1,32	0,95	1,77	0,68	0,59	1,22	1,13	1,40	1,04	12,05
M4	0,23	0,13	0,41	0,04	0,50	0,86	0,32	0,95	0,77	0,68	0,59	0,23	1,13	1,40	8,24
M5	0,59	0,23	0,14	0,41	0,04	0,50	0,86	1,31	0,95	0,77	0,68	0,59	1,22	1,13	9,42
M6	0,68	0,59	0,23	0,14	0,41	0,04	0,50	0,86	0,32	0,95	0,77	0,68	0,59	1,22	7,97
M7	0,77	0,68	0,59	0,23	0,14	0,41	0,04	1,50	0,86	0,32	0,95	0,77	0,68	0,59	8,52
M8	-0,05	0,77	0,68	0,59	0,23	0,14	0,41	1,04	0,50	0,86	0,32	0,95	0,77	0,68	7,88
M9	0,32	-0,05	0,77	0,68	0,59	0,23	0,13	0,41	1,04	0,50	0,86	0,32	0,95	0,77	7,52
M10	0,86	0,32	-0,05	0,77	0,68	0,59	0,23	0,13	0,41	0,04	0,50	0,86	0,32	0,95	6,62
Outros	0,50	0,86	0,32	-0,05	0,77	0,68	0,59	0,23	0,13	0,41	0,04	0,50	0,86	0,32	6,16
<b>Total região</b>	5,49	4,49	4,49	4,48	5,49	6,48	5,48	11,45	8,47	7,47	8,47	7,48	11,46	11,45	102,63
<b>Total zona</b>	36,38							66,24							

DEZEMBRO															
Zona	Rural							Urbano							Total modelo
Região Modelo	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7	
M1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	18,00
M2	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	14,00
M3	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	14,00
M4	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	2,00	12,00
M5	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	9,00
M6	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	9,00
M7	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	10,00
M8	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	9,00
M9	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	9,00
M10	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	8,00
Outros	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	7,00
<b>Total região</b>	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	9,00	6,00	13,00	12,00	11,00	7,00	6,00	12,00	15,00	119,00
<b>Total zona</b>	43,00							76,00							