



MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - IPR
DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA
Rodovia Presidente Dutra km 163 - Centro Rodoviário, Parada de Lucas
Rio de Janeiro, RJ - CEP 21240-330
Norma rodoviária
Procedimento
DNER-PRO 277/97
p. 01/07

Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

RESUMO

Este documento estabelece o número de amostras a serem utilizadas no controle estatístico, com base em riscos prefixados, em obras e serviços rodoviários.

ABSTRACT

This document establishes the methodology used for statistical control of road works and services.

SUMÁRIO

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Inspeção

0 PREFÁCIO

Esta Norma fixa a metodologia para controle estatístico de obras e serviços rodoviários.

1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser adotada no controle estatístico da qualidade da execução de obras e serviços rodoviários.

2 REFERÊNCIAS

Para o entendimento desta Norma deverão ser consultados os documentos seguintes:

- a) Manual de Pavimentação - DNER, 1996;
- b) Conceitos e procedimentos estatísticos utilizados desde o início no DNER, para o controle de qualidade em Pavimentação - Murillo Lopes de Souza;
- c) Controle estatístico de qualidade na construção de estradas de rodagem, IPR, publicação 195, ano 1964, Murillo Lopes de Souza;

Macrodescriptores MT : metodologia, estatística rodoviária, controle de operação

Microdescriptores DNER : metodologia, controle, estatística (dados)

Palavras-chave IRRD/IPR : serviços (públicos) (0391), controle (9101), estatística (6555), método (9102)

Descritores SINORTEC : controle do processo, métodos estatísticos de análise

Aprovado pelo Conselho Administrativo em 05/03/97,

Resolução n° 16/97, Sessão n° CA/08/97

Autor: DNER/DrDTc (IPR)

Revisão e Adaptação à DNER-PRO 101/97,

Processo n° 5110000912/97-63

Aprovada pela DrDTc em 06/11/97

Obs: Errata já incluída no texto

- d) Controle estatístico de qualidade - planos de amostragem, IPR, publicação 199, ano 1964, Murillo Lopes de Souza;
- e) Controle estatístico de qualidade das misturas betuminosas, IPR, publicação 235, ano 1965, Murillo Lopes de Souza.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.4.

- 3.1 Amostra - número finito de observações selecionadas de um universo ou população de dados.
- 3.2 Plano de amostragem - critérios utilizados para a formação de amostras de um lote.
- 3.3 Risco - probabilidade de ocorrer falha ou ação externa, que determina perda.
- 3.4 Defeito - falta de conformidade com qualquer dos requisitos especificados, ou condições preestabelecidas em normas técnicas.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Metodologia

A metodologia utilizada no controle estatístico de qualidade abrange o estabelecimento de um plano de amostragem, na qual pressupõe-se a aleatoriedade no processo de coleta das amostras, além de definir alguns conceitos e riscos que se está disposto a assumir, tais como:

- α = risco do Executante de ter rejeitado um serviço de boa qualidade;
- β = risco do DNER de aceitar um serviço de má qualidade;
- p_1 = nível de qualidade aceitável ou percentagem máxima de defeitos que caracterizam um serviço de boa qualidade;
- p_2 = nível de qualidade inaceitável ou percentagem mínima de defeitos que caracterizam um serviço de má qualidade.

4.2 Tamanho da amostra

4.2.1 Entende-se como tamanho da amostra o número mínimo de unidades a serem inspecionadas, para se tomar uma decisão quanto à aceitação ou rejeição do serviço, sob as condições de risco e os conceitos previamente estabelecidos no plano de amostragem.

4.2.2 O tamanho da amostra é dado por:

$$n = \left[1 + \frac{k^2}{2} \right] \left[\frac{Z_\alpha + Z_\beta}{Z_1 - Z_2} \right]^2$$

Onde:

$$k = \frac{Z_{\alpha} \cdot Z_2 + Z_{\beta} \cdot Z_1}{Z_{\alpha} + Z_{\beta}} \quad \text{Ver Errata}$$

4.2.3 As expressões de n e k foram estabelecidas sob a hipótese de que a variável aleatória $\bar{X} \pm ks$ é aproximadamente normal, sendo \bar{X} a média da amostra e s o desvio padrão.

4.2.4 Os valores de Z são obtidos através da tabela da distribuição normal, em conformidade com elementos definidos no plano de amostragem.

4.3 Técnicas de inspeção

A inspeção do serviço é feita atendendo-se às etapas seguintes:

- a) extrai-se uma amostra de tamanho n ;
- b) calculam-se a partir da amostra os seguintes valores:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n-1} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}{n(n-1)}} \quad \text{ou:} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

- c) a partir dos valores \bar{X} e s obtidos através da amostra e de n e k , calculados de acordo com os riscos admitidos para o caso de valor mínimo especificado, as alternativas de decisão são as seguintes:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$ - rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ - aceita-se o serviço.

Para o caso de valor máximo especificado, a decisão será:

Se $\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado}$ \Rightarrow rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado}$ \Rightarrow aceita-se o serviço.

Para o caso de valor especificado entre mínimo e máximo, a decisão será:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado}$ - rejeita-se o serviço.

Caso contrário, aceita-se o serviço.

4.4 Curva característica de operação

4.4.1 A Curva Característica de Operação (CCO) fornece a probabilidade de se aceitar um serviço com p% de defeitos. Esta curva é obtida através da Função Característica do Plano, L(p), onde

$$L(p) = p \left\{ t \geq \frac{k - Zp}{\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{k^2}{2n}}} \right\}$$

Assim, através da Curva (CCO), poderemos obter as diversas probabilidades de aceitação de um serviço, que um determinado plano de amostragem oferece, quando se varia a porcentagem de “defeitos”.

4.4.2 Ainda, pela definição de L(p) temos:

$$L(0) = 1; L(1) = 0; L(p_1) = 1 - \alpha; e L(p_2) = \beta$$

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

A metodologia recomendada será aplicada a seguir para controle de qualidade de um tipo de serviço usualmente executado pelo DNER.

5.1 Plano de amostragem

5.1.1 Poderá ser adotado, a título de exemplo, um plano de amostragem por inspeção de variável, onde se fixam os seguintes elementos do plano:

$$\alpha = 0,10$$

$$\beta = 0,10$$

$$p_1 = 0,05$$

$$p_2 = 0,25$$

5.1.2 Assim, no presente plano são assumidos os seguintes riscos:

a) admite-se que em 10% dos casos ($\alpha = 0,10$) um serviço de qualidade aceitável (p_1) possa ser rejeitado;

b) admite-se que em 10% dos casos ($\beta = 0,10$) um serviço de qualidade inaceitável possa ser aceito.

5.1.3 Observam-se, também, as seguintes situações:

a) um serviço será considerado de boa qualidade, ou de qualidade aceitável, quando apresenta 5% ou menos de defeitos ($p_1 = 0,05$).

b) um serviço será considerado de má qualidade, ou de qualidade inaceitável, quando apresentar 25% ou mais de defeitos ($p_2 = 0,25$). Assim, para o plano de amostragem adotado, tem-se:

$$\alpha = 0,10 \Rightarrow Z_{\alpha} = 1,28$$

$$\beta = 0,10 \Rightarrow Z_{\beta} = 1,28$$

$$p_1 = 0,05 \Rightarrow Z_1 = 1,64$$

$$p_2 = 0,25 \Rightarrow Z_2 = 0,67$$

5.1.4 Substituindo-se estes valores nas fórmulas de \underline{n} e \underline{k} dados conforme o item 4.2.2, obtêm-se os valores \underline{k} e \underline{n} (tamanho da amostra):

$$k = 1,155$$

$$n = 11,6 \simeq 12$$

No caso de plano de amostragem recomendado, passa-se a ter:

- a) extrai-se uma amostra de tamanho $n = 12$;
- b) calcula-se a média e o desvio padrão da amostra.

5.1.5 Para o caso de valor mínimo, tem-se:

- a) $\bar{X} - 1,155s < \text{valor mínimo especificado}$ - rejeita-se o serviço;
- b) $\bar{X} - 1,155s \geq \text{valor mínimo especificado}$ - aceita-se o serviço.

5.1.6 Para o caso de valor máximo tem-se:

- a) $\bar{X} + 1,155s > \text{valor máximo especificado}$ - rejeita-se o serviço;
- b) $\bar{X} + 1,155s \leq \text{valor máximo especificado}$ - aceita-se o serviço.

5.1.7 Para o caso de valor especificado entre mínimo e máximo, tem-se:

- a) $\bar{X} - 1,155s < \text{valor mínimo especificado}$ ou $\bar{X} + 1,155s > \text{valor máximo especificado}$ - rejeita-se o serviço.
- b) Caso contrário, aceita-se o serviço.

5.2 Curva característica de operação

No caso do plano de amostragem recomendado, temos:

$$\alpha = 0,10$$

$$\beta = 0,10$$

$$p_1 = 0,05 \Rightarrow L(0,05) = 1 - 0,10 = 0,90$$

$$p_2 = 0,25 \Rightarrow L(0,25) = 0,10$$

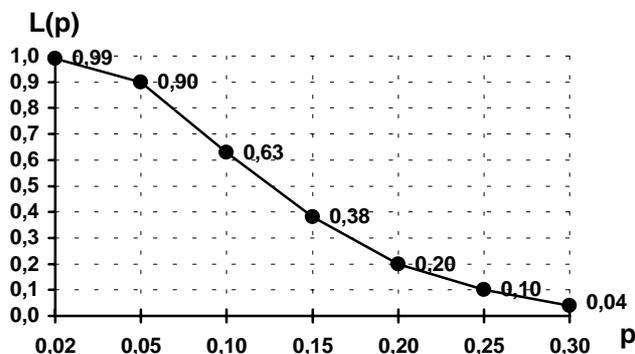
$$n = 12$$

$$k = 1,155$$

Reprodução permitida desde que citado o DNER como fonte

5.2.1 Variando-se p, obtêm-se os diversos valores de L(p) que nos permitem traçar a Curva Característica de Operação, conforme segue:

Curva Característica de Operação



5.3 Extensão de trecho

5.3.1 No caso de controle de compactação de um aterro, por exemplo, exige-se que o segmento controlado seja homogêneo, isto é, apresente solos de um mesmo tipo e provenientes de uma mesma origem, bem como, considerada concluída a sua execução.

5.3.2 As extensões de segmentos controlados, nas condições do item 5.3.1, variam de 100 a 500m, com base nas extensões médias usualmente capazes de serem executadas nas obras rodoviárias.

6 INSPEÇÃO

6.1 Planos de inspeção

Condicionantes:

- α = Probabilidade de rejeição de um serviço de boa qualidade
- β = Probabilidade de aceitação de um serviço de má qualidade
- p_1 = % de “defeitos” máxima admitida em um serviço de boa qualidade
- p_2 = % de “defeitos” mínima admitida em um serviço de má qualidade

TABELA 1		AMOSTRAGEM VARIÁVEL												
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras;		k = coeficiente multiplicador;					α = risco do Executante.							

Na Tabela 1, a variável β (risco do DNER) e os valores de p_1 e p_2 tiveram seus valores fixados em 10%, 5% e 25% respectivamente, adotados como referência no controle estatístico constante das especificações de serviço pertinentes.

Para as obras de drenagem, deverão ser admitidos os valores de 10%, 5% e 30% para β , p_1 e p_2 , adotando-se a Tabela 2:

		TABELA 2									
		AMOSTRAGEM VARIÁVEL									
n		5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
k		1,32	1,26	1,15	1,14	1,05	1,03	0,99	0,97	0,95	0,92
α		0,30	0,25	0,16	0,15	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01

n = n° de amostras; k = coeficiente multiplicador; α = risco do Executante.

6.2 Critério de aceitação e rejeição

Para Valor Mínimo:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido}$ - rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo admitido}$ - aceita-se o serviço.

Para Valor Máximo:

Se $\bar{X} + ks > \text{valor máximo admitido}$ - rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo admitido}$ - aceita-se o serviço.

Para Valor Admitido Entre um Valor Mínimo e um Valor Máximo

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo admitido}$ - rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo admitido}$ e $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo admitido}$ - aceita-se o serviço.

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais;

\bar{X} - média da amostra;

s - desvio padrão da amostra;

k - coeficiente em função do tamanho da amostra;

n - tamanho da amostra.

6.3 Para o controle estatístico das obras-de-arte especiais e pavimentos de concreto cimento deve-se adotar a sistemática preconizada pela ABNT.