

Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

Norma Rodoviária

Procedimento

DNER-PRO 277/97

Página 1 de 8

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 DEFINIÇÃO
- 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;
-

Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

Norma Rodoviária

Procedimento

DNER-PRO 277/97

Página 2 de 8

- 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;
- 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

- 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:

a = risco do Executante de ter rejeitado um serviço de boa qualidade;

b = 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 tornar 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:
-

Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

Norma Rodoviária

Procedimento

DNER-PRO 277/97

Página 3 de 8

$$n = \left[1 - \frac{k^2}{2} \right] \left[\frac{Z_a + Z_b}{Z_1 - Z_2} \right]^2$$

4.2.3 O tamanho da amostra é dado por:

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:

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

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{xi}$$

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

- 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:

Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

Norma Rodoviária

Procedimento

DNER-PRO 277/97

Página 4 de 8

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:

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

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:

$$a = 0,10$$

$$b = 0,10$$

$$p_1 = 0,05$$

$$p_2 = 0,25$$

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

Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

Norma Rodoviária

Procedimento

DNER-PRO 277/97

Página 5 de 8

- a) admite-se que em 10% dos casos ($a = 0,10$) um serviço de qualidade aceitável (p_1) possa ser rejeitado;
- b) admite-se que em 10% dos casos ($b = 0,10$) 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 plano de amostragem adotado, tem-se:

$$a = 0,10 \Rightarrow Z_a = 1,28$$

$$b = 0,10 \Rightarrow Z_b = 1,28$$

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

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

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):

$$k = 1,155$$

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

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

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

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

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

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

5.1.6 Para o caso de valor máximo tem-se:

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

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

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

Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

Norma Rodoviária

Procedimento

DNER-PRO 277/97

Página 6 de 8

- 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:

$$a = 0,10$$

$$b = 0,10$$

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

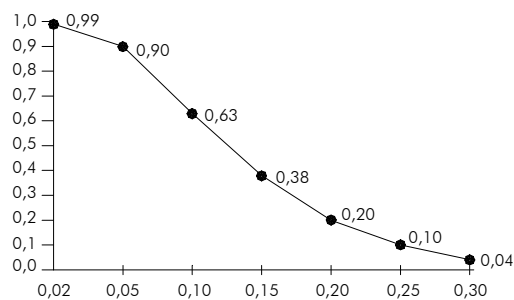
$$p_2 = 0,25 \Rightarrow L(0,25) = 0,10$$

$$n = 12$$

$$k = 1,155$$

- 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.
-

Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

Norma Rodoviária

Procedimento

DNER-PRO 277/97

Página 7 de 8

6 INSPEÇÃO

6.1 PLANOS DE INSPEÇÃO

Condicionantes:

a = Probabilidade de rejeição de um serviço de boa qualidade;

b = 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
a	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 ^o de amostras;		k = coeficiente multiplicador;					a = risco do Executante.							

Na Tabela 1, a variável **b** (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 **b**, 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	1,05	1,03	0,99	0,99	0,97	0,95	0,92	
a	0,30	0,25	0,16	0,15	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	
n = n ^o de amostras;		k = coeficiente multiplicador;					a = 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.

Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

Norma Rodoviária

Procedimento

DNER-PRO 277/97

Página 8 de 8

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

Sendo:

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

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

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.
-