

**ESTUDO DE CONTROLE DE PESAGEM DE VEÍCULOS DE CARGA NO ESTADO DO CEARÁ -
LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE PESAGEM FIXOS E MÓVEIS.**

João Alencar Oliveira Jr., M.Sc.

Lúcio Correia Lima*, M.Sc.

Programa de Engenharia de Transportes - PETRAN

Associação Técnico-Científica Engº Paulo de Frontin - ASTEF

Departamento de Engenharia de Transportes

Universidade Federal do Ceará - UFC

Resumo

Devido a grande importância do controle de peso por eixo nos sistemas rodoviários, bem como a necessidade de mudança de paradigma nos órgãos rodoviários, que de meros executores de obras, deverão desempenhar a função de gestores e operadores rodoviários, é que neste sentido, foi firmado o Convênio DERT/ASTEF/UFC, um tipo de parceria empresa/universidade que objetiva melhor qualificar o órgão rodoviário através do repasse de conhecimentos técnicos acumulados na Universidade ao conjunto da sociedade.

Utilizou-se o tradicional Modelo de Transportes de Quatro-Etapas, envolvendo as seguintes etapas: geração, distribuição e alocação. A etapa da divisão modal não foi necessária devido a ênfase na modalidade rodoviária desde o levantamento de dados.

A recuperação de uma Pesquisa de Origem-Destino(O/D) realizada pela SUDENE/DNER em 1976, permitiu elaborar a Matriz de O/D de Cargas Rodoviárias, sendo portanto a matriz base que permitiu expandir os dados e correlacioná-los com os dados sócio-econômicos de forma a obter a Matriz de O/D para o ano 2000. Desenvolveu-se também uma metodologia que permitiu localizar os postos fixos de pesagem, bem como recomendar a localização dos postos móveis na malha rodoviária estadual e federal no Estado do Ceará.

O principal resultado deste estudo foi o convencimento da necessidade de se utilizar a abordagem sistêmica quanto a fiscalização de cargas rodoviárias no estado, na medida em que, os Postos de Fiscalização serão integrados física e operacionalmente, permitindo atender às necessidades do controle do excesso de peso e da evasão fiscal, pelos respectivos órgãos rodoviários e fazendários estaduais. Permite desta forma otimizar os recursos disponíveis e evitar a duplicidade de infra-estrutura de controle. Nenhuma Unidade da Federação opera de forma integrada na fiscalização das cargas rodoviárias, acredita-se que será um importante passo a ser dado neste sentido, caso se consiga implementar o estudo, que ainda depende de convênios com órgãos federais e do próprio estado.

Contribuição ao Ensino e Pesquisas: O estudo fez uso do tradicional Modelo de Quatro Etapas de Transportes. Produziu uma Matriz de Origem e Destino de Cargas Rodoviárias, a partir de uma Pesquisa de O/D realizada pela SUDENE/DNER em 1976, que serviu de Matriz Base para o desenvolvimento do modelo de regressão e das projeções futuras até o ano 2000. A partir da malha viária analítica, dos pontos de entrada e saída por rodovia no Estado do Ceará e das Toneladas/Dia/Ano projetadas, foi possível definir duas fronteiras imaginárias de interceptação de cargas rodoviárias que solicitam a malha rodoviária do Estado, que controlaria 78% das cargas, nos postos fixos.

Endereço: ASTEF/UFC - Campus do Pici - Bl.710 - Cx.Postal 12.124 - Fortaleza/CE - 60.455-760 - Fone:(085) 243.95.70 Fax:(085) 281.21.24

(*) Professor Substituto (**) Consultor Técnico/ASTEF

1. Introdução.

Em 1993, o Departamento de Estradas de Rodagem e Transportes - DERT, adquiriu um lote de balanças portáteis de pesagem dinâmica com objetivo de iniciar uma ação no sentido de colibir o tráfego de veículos com excesso de carga por eixo, o que sabidamente causa uma redução drástica de vida útil do pavimento, o maior patrimônio de um órgão rodoviário. Era o início de uma atividade completamente nova para o DERT, que não estava preparado sob os pontos de vista técnico, jurídico e administrativo para o bom desempenho dessa atividade.

A assinatura do Convênio de Cooperação Técnica entre o órgão rodoviário e a Universidade Federal do Ceará, através da Associação Técnico-Científica Eng^o Paulo de Frontin (APTF) - Convênio DERT/APTF/UFC, tornou possível a realização deste estudo, que possui uma estrutura modular, onde serão desenvolvidos estudos com o objetivo de possibilitar ao DERT desempenhar bem essa nova atividade.

Dentro deste contexto foi desenvolvido a primeira etapa do que se chama de "Estudo de Controle de Pesagem em Veículos de Carga do Estado do Ceará", que visou basicamente os seguintes objetivos:

- a) Identificar os pontos estratégicos para localização de postos de pesagem fixos e móveis, de forma a se obter uma cobertura espacial de todo o estado; b) montar um banco de dados com as estatísticas de pesagem que já vinham sendo feitas pelo DERT com as balanças móveis; c) desenvolver uma aplicação que, com base nas estatísticas de pesagem já feitas e guardadas no banco de dados, produzisse fatores de veículos para o cálculo do número N, necessário no dimensionamento de pavimentos; d) montagem da articulação jurídica e institucional que possibilite ao DERT realizar convênios com outros órgãos (DNER, SEFAZ, PRF) e a elaboração da legislação complementar.

O artigo somente abordará o item "a)", que para o atingimento do seu objetivo, o ideal seria realizar uma pesquisa de origem e destino (Pesquisa O/D) no campo, no longo de toda a malha rodoviária do Estado do Ceará, o que demandaria um período de tempo considerável, além de ter um custo bastante elevado. Descartada esta alternativa, resolveu-se elaborar um modelo de transportes que tivesse como base uma Matriz de Origem e Destino proveniente de algum estudo anterior realizado para outras finalidades ou por algum outro modo indireto - levantamento de notas fiscais obtidas nos postos de fiscalização da Secretaria da Fazenda. No final, foi obtida uma matriz para o ano de 1976, como base em uma pesquisa de campo realizada pela SUDENEZ em todo o NORDESTE, em convênio com o DNER.

Através do levantamento complementar do crescimento do tráfego e de dados socio-econômicos, foi feita uma projeção para o ano 2000, tomado como horizonte do estudo e utilizando técnicas de análise de regressão, métodos de distribuição de viagens e alocação de tráfego, para os quais foram desenvolvidos programas específicos de computador. Conseguiu-se assim obter uma recomendação de localização de postos de pesagem que foi posteriormente complementada com localizações obtidas por outros critérios, entre os

quais: interceptação do maior número possível de rotas de tráfego de cargas rodoviárias, interceptação do veículo na maior proximidade possível do seu ponto de origem. A localização final levou em consideração tais critérios e também a existência de infra-estrutura rodoviária em alguns pontos (postos de fiscalização fazendária - Postos da SEFAZ, etc.).

2. DESCRIÇÃO DO MODELO DE TRANSPORTES

Para fins de localização dos postos de pesagem, foi feita uma aplicação do modelo clássico de planejamento de transportes, conhecido na literatura técnica como "modelo de quatro-etapas", que procura desagregar a modelagem da demanda nas seguintes etapas:

Geração de Viagens: procura correlacionar dados sócio-econômicos (causas) com os dados de viagens (efeitos), determinando quais seriam os fatores que ocasionam uma determinada espécie de viagem.

Distribuição de Viagens: etapa na qual as viagens geradas e atribuídas por uma zona de tráfego são distribuídas para as demais zonas componentes da área de estudo;

Divisão Modal: etapa na qual os totais de viagens em cada zona de tráfego são alocadas aos diversos modos de transportes;

Alocação de Tráfego: consiste no processo de alocar os totais de viagens entre os pares de zonas de origem e destino aos caminhos (rotas, ligações) que as interligam.

Para implementação do modelo é necessário que se faça um zoneamento prévio da área de estudo, que consiste em dividir-se em áreas menores, homogêneas na medida do possível, denominadas zonas de tráfegos, com a finalidade de caracterizar os fluxos de origem e destino das viagens. Também foi necessária a montagem de uma rede analítica, modelo digital relacionado a uma estrutura de dados, que fosse representativa da malha rodoviária em estudo.

Devido a ênfase na modalidade rodoviária, não foi necessário desenvolver a etapa de divisão modal. Embora não tenhamos desenvolvido uma pesquisa de O/D, conseguimos elaborar a Matriz Base de O/D para projeção futura, a partir do levantamento da SUDENE/DNER de 1976. Com base nesta matriz de 1976, foi feita uma projeção da mesma para o período de 1986 a 1992, com base em projeções de tráfego observados, com a finalidade de podermos correlacioná-las com as informações sócio-econômicas disponíveis para o mesmo período.

As variáveis sócio-econômicas previamente escolhidas foram, o Consumo Industrial de Energia Elétrica, o Volume de ICMS Recolhido e Produção Agrícola. Como o último ano para o qual tais informações estavam disponíveis era 1992, tomamos a série histórica dos anos de 1986 a 1992, pertencendo um mínimo de 7 (sete) observações para cada variável no período, vez o total de 19 (dezenove) zonas de tráfego. Com base nestas observações, correlacionadas as informações sobre tonelagem/dia/ano projetadas a partir da matriz-base de 1976, foi utilizado o procedimento do tipo "stepwise" entre as mesmas, tendo como resultado, que a variável "produção agrícola" não produziu um correlacionamento estatístico, razão, da qual passou a ser descartada.

Na etapa de geração de viagens foi utilizada a técnica de análise de regressão, sendo produzido o total de toneladas/dia/ano para cada zona de tráfego, e projetados valores para o ano 2000, tomado como horizonte do

estudo. Vale a pena ressaltar que, para este horizonte, desconsideramos mudanças significativas tanto na estrutura da malha rodoviária do estado, quanto nas variáveis sócio-econômicas, a ponto de poderem invalidar as recomendações do estudo.

Na etapa de distribuição de viagens adotou-se um método numérico de distribuição, baseado no método de FURNES, tendo como resultado a produção de uma matriz de O/D para o ano 2000.

Na etapa de alocação de tráfego utilizou-se a rede viária analítica simplificada e a matriz de O/D produzida na etapa de distribuição. O método de alocação utilizado foi o do tipo Tudo-ou-Nada baseado em um algoritmo de caminhos mínimos sobre uma matriz de distâncias entre pares de zonas de tráfego. A etapa de carregamento alocou as cargas às rotas entre pares de O/D, sendo feito no final a totalização. Os "links" mais carregados são os candidatos naturais a possuírem postos de pesagem fixos.

3. Zoneamento

Durante a fase de levantamento de dados, foi detectado uma divisão do Estado do Ceará em zonas de tráfego que foi adotado nos "Estudos de Localização do Centro Rodoviário de Cargas e Fretes e Terminal Rodoviário de Cargas da Região Metropolitana de Fortaleza" realizado pela Autarquia Metropolitana de Fortaleza - AURMET em 1980 e no "Estudo de Transportes Urbanos da Região Metropolitana de Fortaleza" que originou o "Plano Diretor de Transportes Urbanos - PRTU/1983" elaborado pelo GEIOT/EBTU, teve como base as Zonas de Tráfego do Departamento de Estradas de Rodagem - DNER, quando foi recomendado a adoção da mesma base de dados relativas a agregação zonal realizada.

Devido a necessidade de análise comparativa inter-temporal e, pelo fato da presente agregação conseguir bem representar as principais regiões econômicas do Estado, pois representa os principais municípios pólos com as suas respectivas áreas polarizadas, que podem ser representados através de uma Rede Viária Analítica Simplificada - RVAS, adotou-se o mesmo zoneamento de tráfego dos dois estudos já citados. Não existem grandes disparidades quando superpomos a divisão zonal adotada com a divisão do IBGE e IPPLANCE, ocorrendo somente em alguns casos a divisão de uma Microrregião em mais de uma zona de tráfego. Dada a ênfase do estudo - transporte rodoviário de cargas - é aconselhável não considerar a divisão espacial, mas sim, adotar um zoneamento de tráfego que já fora objeto de estudo inclusive sobre a modalidade rodoviária de cargas no Estado do Ceará.

O mesmo zoneamento foi utilizado para a análise dos dados sócio-econômicos, bem como, dos dados da Pesquisa de Origem/Destino da STUDENE realizada em 1976, pois a mesma não havia sido devidamente analisada, estando seus dados em forma primária (base municipal), sem qualquer critério de agregação das informações coletadas.

4. Modelo de Transportes

4.1. Etapa de Geração de Viagens.

A Etapa de Geração de Viagens do Modelo de Transportes adotado utilizou a técnica de Análise de Regressão Linear Múltipla, na qual a variável dependente representa o número de toneladas geradas pelas macro-zonas e com as seguintes variáveis independentes por macro-zonas: Produção Agrícola; Consumo Industrial de Energia Elétrica; Percentual Repassado do I.C.M.S. Arrecadado por Macro-zona.

4.1.1. Especificação do Modelo.

Para identificar quais variáveis independentes fariam parte da especificação final do modelo, ou seja, selecionar as variáveis para a melhor Equação de Regressão, foi utilizada a técnica do tipo "Stepwise" utilizando o pacote estatístico Statgraphics.

Na Abordagem "Stepwise" foram utilizados três valores pré-selecionados para a distribuição F: F = 4,0 (Default do software Statgraphics); F = 3,28 (Especificado em Daper et al [1]); F = 1,6 (F(R-r,n-K), Especificado em Morctin et al [2]).

Onde: n = Tamanho da amostra; r = Número de termos incluídos na regressão; K = Valor da defasagem permitida.

Em todos os três casos as variáveis Consumo Industrial de Energia Elétrica e Percentual Repassado do I.C.M.S. Arrecadado por Macro-zona foram os selecionados.

Através do programa "Statgraphics", foram feitos o ajustamento do modelo e a análise de variância, onde a especificação encontrada foi:

$$Y = 0,3863 + 0,0396 X1 + 0,0055 X2 \quad R^2 = 0,9213$$

Y = Número de Toneladas Geradas; X1 = Percentual Repassado do I.C.M.S. Arrecadado por Macro-zona; X2 = Consumo de Energia Elétrica Industrial.

4.1.2. Testes de Significância.

4.1.2.1. Teste de Significância dos Parâmetros Estimados.

$$Y = 0,3863 + 0,0396 X1 + 0,0055 X2$$

$$t_1 = \frac{\theta_1}{S_{\theta_1}} = \frac{0,0396}{0,009678} = 4,09 \quad t_2 = \frac{\theta_2}{S_{\theta_2}} = \frac{0,0055}{0,000927} = 5,93$$

Com (133 - 3) graus de liberdade, para um nível de significância de 5%, obtém-se $t_{tabelado} = 1,98$ (Apêndice 5 - SALVATORE [3]).

Como t_1 e t_2 excedem o valor tabelado de t , com 130 graus de liberdade, pode-se afirmar que ambos os parâmetros são estatisticamente significantes.

4.1.2.2. Teste de Significância Global da Regressão.

$$Y = 0,3863 + 0,0396 X1 + 0,0055 X2 \quad R^2 = 0,9213$$

$$F_{calc} = \frac{R^2 / (K-1)}{(1-R^2) / (n-K)} = \frac{0,9213 / (3-1)}{(1-0,9213) / (133-3)} = 760,92$$

Com (133-1) graus de liberdade no numerador e (133-3) graus de liberdade no denominador, para um nível de significância de 5%, obtém-se um $F_{tabelado} = 3,065$ (Apêndice 7 - [3]).

Como $F_{calculado} > F_{tabelado}$, aceita-se a hipótese de que os parâmetros da regressão não são todos iguais a zero, e que R^2 é significativamente diferente de zero.

4.1.3. Problemas de Análise de Regressão.

Nas especificações encontradas, foram realizados testes para detectar problemas geralmente encontrados em análise de regressão.

4.1.3.1 Multicolinearidade.

A multicolinearidade é uma característica da amostra, não de população, conforme ressalta KMENTA[4]. Mesmo um alto grau de multicolinearidade é simplesmente uma característica que contribui para não-fidelidade dos coeficientes estimados, o que não foi o caso do presente estudo, mas não tem importância para as conclusões tidas como resultados desta não-fidelidade, KMENTA[4]. Portanto, não se faz teste de multicolinearidade, mas pode-se, desejando-se, medir o seu grau em qualquer amostra particular, já que sempre existe um grau em qualquer amostra, KMENTA [4].

Além disso, se o objetivo do estudo é a predição, a multicolinearidade não é um problema, caso a mesma multicolinearidade padrão persistir neste período projetado, conforme ensina SALVATORE [3]. Este é exatamente o caso do estudo em questão.

4.1.3.2. Auto-Regressão.

$$R^2 = 0,9213$$

$$Y = 0,3863 + 0,0396 X_1 + 0,0055 X_2 \quad DW = 0,397$$

n = 133 ; $\alpha = 5\%$; k = 2 (número de variáveis explicativas)

$$d_L^{n-k} (k=2) = 1,63$$

$$d_U^{n-k} (k=2) = 1,72$$

Tabela D-5A (KMENTA [4])

Como $DW = 0,397 < d_U = 1,63$ há evidências de auto-correlação.

Aplicando o procedimento especificado em Johnston [5], pg 216, segue-se que a nova regressão encontrada será:

$$Y = -0,0218 + 0,0503 X_1 + 0,0053 X_2 \quad R^2 = 0,8937$$

$$\alpha(1-r) = -0,0218, \text{ onde } r = DW = 1,853$$

$$\alpha = \frac{-0,0218}{1 - 1,853} = 0,0256$$

Portanto a nova especificação será:

$$R^2 = 0,8937$$

$$Y = 0,0256 + 0,0503 X_1 + 0,0053 X_2 \quad DW = 1,853$$

Neste caso, como $DW = 1,853 > d_U^{n-k} (k=2) = 1,72 > d_L^{n-k} (k=2) = 1,63$ aceita-se a hipótese da não existência de auto-regressão.

4.1.3.3. Heterocedasticidade

Para testar a presença de heterocedasticidade, a literatura especializada recomenda o teste de "Goldfeld-Quandt" (KMENTA [4]) e SALVATORE [3]). Para testar a heterocedasticidade, fazemos a regressão de Y com X1 e X2 para as 53 primeiras e para as 53 últimas observações, abandonando-se as 27 observações do meio (aproximadamente 20%), obtemos:

$$R^2 = 0,9628$$

$$(I) \quad Y = 0,8572 + 0,0378 X_1 + 0,0048 X_2 \quad VRI = 205,189$$

$$R^2 = 0,156$$

$$(II) \quad Y = 0,0872 + 0,0227 X_1 + 0,0076 X_2 \quad VRI = 0,048$$

$$F_{(n-k)(n-k)} = F_{(133-7)(133-7)} = F_{(126)(126)} = 1,39$$

Desde que $VRI/VRI = 0,048/205,189 = 0,002$ não excede $F_{(126)(126)} = 1,39$ ao nível de significância de 5%, aceita-se a hipótese da não existência de heterocedasticidade.

Levando-se em consideração todas as análises apresentadas anteriormente, recomenda-se como resultado da etapa de geração de viagens do Modelo de Transportes, a seguinte expressão:

$$Y = 0,0256 + 0,0503 X_1 + 0,0053 X_2 \quad R^2 = 0,8937$$

$$(0,0096) \quad (0,0007)$$

Para efeito de projeções futuras de Geração de Viagens/Tonelagem (Y) por Macro-Zona, são necessários dados relativos a X1 (Percentual Repassado do I.C.M.S. Arrecado por Macro-Zona) e X2 (Consumo Industrial de Energia Elétrica por Macro-Zona) até o Ano 2000, horizonte do presente estudo.

4.2. Etapa de Distribuição de Viagens.

A etapa de distribuição de viagens do Modelo de Transportes adotou o Método de Furness, considerando as projeções para o ano 2000, horizonte de estudo, para a atração e produção de toneladas por zona de tráfego.

A matriz da SUDENE de 1976, ajustada foi tomada como base e procura-se, então, fazer uma distribuição dos totais de tonelagem atraída e produzida por zona de tráfego.

4.2.1. O Método de Furness.

A expressão básica do método de Furness é: $T_j = T_j^0 \times L_j \times C_j$ (I)

Onde: T_j : viagens futuras de 1 para j; T_j^0 : viagens presentes de 1 para j; L_j : "fator de crescimento" da zona de origem 1; C_j : "fator de crescimento" da zona de destino j.

Os fatores de crescimento L_j e C_j são computados da seguinte forma:

$$L_j = \frac{Q}{\sum_j T_j^0 C_j} \quad (II) \quad C_j = \frac{D_j}{\sum_j T_j^0 L_j} \quad (III)$$

onde:

$$Q = \sum_j T_j \quad (IV) \quad D_j = \sum_j T_j \quad (V)$$

São respectivamente o número futuro de viagens totais produzidas e atraídas por cada zona de tráfego.

Comçando por uma estimativa do tipo $I_i = \frac{\sum I_j}{\sum I_j}$ (i i) e (i i i) podem ser calculadas alternadamente até que T i j converja.

4.2.3 Implementação do Método de Furness.

Inicialmente, foi calculada a matriz O/D levando-se em consideração apenas as zonas internas. O total projetado para cada zona foi dividido entre atrido e produzido proporcionalmente ao ano de 1976 e colocado nas bordas da matriz como valor desejado. Em seguida foi aplicado o algoritmo de distribuição.

No caso das zonas externas, foi assumido que o valor projetado seria proporcional ao crescimento do total de carga entre zonas internas do ano 2000 em relação ao total da carga entre zonas internas do ano de 1976. Esse fator de crescimento foi utilizado nas bordas de cada matriz referente as zonas externas: matriz interna-externa, matriz externa-interna e matriz externa-externa. Em seguida foi aplicado o algoritmo de distribuição para cada uma dessas matrizes. Na distribuição das viagens foi utilizado o algoritmo de FURNES. Esse algoritmo foi implementado como "macro" na planilha eletrônica EXCEL(versão 4.0).

4.3. Etapa de Alocação de Tráfego

Uma vez cumprida a etapa de distribuição de viagens, procedeu-se a alocação desses fluxos à rede viária existente.

A partir da rede viária real do Estado do Ceará foi elaborada uma rede analítica que, inicialmente possuía 240 nós, tendo sido posteriormente reduzida para 91 nós, dando origem à Rede Viária Analítica Simplificada. Essa rede descreve as rodovias estaduais e federais, bem como as interligações entre elas.

Dentro dessa rede viária podem ser visualizados 3 tipos de nós: cidades, entroncamentos e centróides. As ligações entre as cidades e entroncamentos possuem distâncias reais, representando trechos de rodovias, enquanto que as ligações envolvendo centróides possuem distâncias fictícias, não sendo consideradas para efeito de cálculo das distâncias entre as zonas. Centróides são utilizados para representar as zonas. Todos os nós dentro de uma zona são ligados ao nó centróide daquela zona, possuindo uma mesma distância. A exceção fica por conta dos nós de fronteira de zonas que fazem divisa com outros estados. Esses nós não são ligados ao centróide.

4.3.1. Carregamento da Rede

O carregamento da rede tem por objetivo determinar a quantidade de carga que é transportada em cada ligação entre os nós da rede (links). A análise do carregamento é que possibilita encontrar a localização mais adequada para os postos de pesagem.

Inicialmente é encontrado o menor caminho e a distância entre cada par de zonas. Para tanto, foi utilizado o algoritmo dos caminhos mínimos de Dijkstra, tendo sido implementado na linguagem de programação PASCAL (versão 7.0).

De posse da matriz O/D e dos caminhos mínimos entre cada par de zonas, foi realizado o carregamento dos links da rede, utilizando o método do "tudo-ou-nada", também implementado na linguagem PASCAL.

5. Localização dos Postos de Pesagem

A função básica do posto de pesagem(fixo ou móvel) é monitorar e controlar o peso por eixo dos veículos de carga e ônibus que utilizam a malha viária, impedindo que os veículos com excesso de peso prossigam viagem.

5.1 Localização dos Postos Fixos

São aqueles que utilizam balanças fixas de grande porte e, devido a sua rigidez quanto a mobilidade, sua localização espacial na malha rodoviária estadual obedece aos seguintes critérios, para efeito do presente trabalho:

Critério 1: Interceptar o maior número possível de rotas de tráfego de cargas rodoviárias;

Critério 2: Interceptar o veículo na maior proximidade possível do seu ponto de origem.

Este segundo critério nos remete a duas situações:

Situação 1: Considerando o fluxo de carga no sentido entrando no Estado do Ceará, interceptar o veículo na fronteira inter-estadual;

A análise da Situação 1, nos recomenda a localização de 06 (seis) postos de pesagem nas rodovias que possibilitam este fluxo. São eles: 1 - BR 116, na fronteira com o Estado do Pernambuco; 2 - BR 304, na fronteira com o Estado do Rio Grande do Norte; 3 - BR 222, na fronteira com o Estado do Piauí; 4 - BR 230 / CE 292, na fronteira com o Estado do Piauí; 5 - BR 230, na fronteira com o Estado da Paraíba; 6 - BR 020, na fronteira com o Estado do Piauí.

Situação 2: Considerando o fluxo de carga saindo da Região Metropolitana de Fortaleza, interceptar o veículo numa fronteira interna imaginária que cubra todas as saídas da Região Metropolitana.

A análise da Situação 2, nos recomenda a localização de 05 (cinco) postos de pesagem nas rodovias que possibilitam este fluxo. São eles: 1 - BR 116; 2 - BR 222; 3 - BR 020; 4 - CE 040; 5 - CE 060.

Além dos critérios já citados, um terceiro critério de grande relevância foi considerado em razão da visão sistêmica que deve ter a função de fiscalização a ser executada pelo Governo Estadual, que consiste em unir num único ponto do espaço, as ações de fiscalização fazendária e rodoviária, que consiste em:

Critério 3: Localizar os postos de pesagem onde já existam postos fazendários, desde que se obedeam os critérios 1 e 2.

A concepção de posto integrado DEPT/SEFPA consegue atender as necessidades de controle dos dois órgãos envolvidos, tanto da evasão fiscal quanto do excesso de peso por eixo. Conseguindo desta forma otimizar os resultados da fiscalização, ao mesmo tempo que consegue minimizar os custos de implantação, operação e manutenção.

A implantação deste sistema de controle, constituído de 11 (onze) postos fixos de pesagem, permitirá controlar 76% do fluxo de carga rodoviária que origina-se ou destina-se ao Estado do Ceará. Nessa análise desagregada, os postos que foram o cordão externo da fronteira interestadual terão condições de controlar 52% do fluxo de carga, sendo portanto prioritária sua implantação. Os restantes 26% do fluxo serão controlados pelo cordão interno metropolitano.

5.2 Localização dos Postos Móveis

O avanço tecnológico permite, que se possa hoje, operar com balanças móveis portáteis com a mesma sofisticada técnica das balanças utilizadas nos postos fixos, o que possibilita uma maior mobilidade espacial ao sistema de controle de peso por eixo nas rodovias.

A indicação dos possíveis locais de pesagem móvel para a situação atual, foram obtidos através da aplicação da seguinte metodologia:

a) Análise visual do mapa rodoviário estadual (DER/1992); b) Consulta ao setor de cadastro viário do DER; c) Dados de contagem volumétrica de caminhões (CONSPLAN/1989); d) Identificação das derivações de tráfego para a malha estadual ao longo das principais rodovias federais do estado.

A utilização das balanças móveis deverá atender aos seguintes critérios:

Critério 1: Colocar as possíveis rotas de fugas que surgiram na medida em que o sistema de postos fixos seja implantado;

Critério 2: Controlar os fluxos interestaduais que se originam e destinam em seus principais pólos econômicos do interior do estado;

Critério 3: Controlar os fluxos que se originam ou destinam em pontos especiais do estado, tais como: fazendas mineiras, indústrias, terminais intermodais, áreas agrícolas, etc;

Critério 4: Controlar os fluxos no sentido contrário da rodovia onde estejam localizadas as balanças dos postos fixos.

As rotas de fuga de que trata o Critério 1 não serão em grande quantidade na medida em que as divisas do Ceará com os estados vizinhos são maciços e chapadas que funcionam como barreiras naturais, intransponíveis ao tráfego pesado de veículos de carga. Outro fator que colabora para que este tipo de evento não ocorra é a pequena quantidade de rodovias que adentram a fronteira estadual.

Quanto ao Critério 2, de maneira geral, as principais cidades do interior do estado são pólos econômicos que, em diferentes graus de intensidade, transacionam cargas com sua rede polarizada de municípios, bem como entre os principais pólos entre si e estes com sua capital estadual.

Esta predominância de Fortaleza sobre os demais municípios pode ser identificada pelo carregamento da Matriz de Origem e Destino, onde as cargas das diversas zonas de tráfego, destacam-se ou originam-se na zona 130 (Fortaleza + RMF) em sua maioria. Reforçando esta característica temos uma configuração rádio-concêntrica da malha de transportes estadual (rodoviária e ferroviária) em direção a Fortaleza e, uma precária integração intraestadual representada pela falta de ligações transversais tanto no modo rodoviário quanto ferroviário.

O Critério 3 está relacionado com a ocorrência de produções isoladas de carga num determinado ponto do espaço estadual como os terminais portuários, ferroviários e aeroportuários, onde exista uma mudança de modalidade no transporte da carga para o modo rodoviário e vice-versa.

Um bom exemplo pode ser verificado com o transporte de combustíveis que chega até o Ceará via transporte marítimo, sendo a carga descarregada no Pier de Petróleo do Mucuripe, indo via duto até a Base da Petrobras no Mucuripe, a partir deste ponto é feita a distribuição para a rede de postos revendedores localizados na capital, no sentido central, na região norte e noroeste do estado pela modalidade rodoviária. O combustível é transportado por ferrovia até a Base da Petrobras no Crato, que atende da mesma forma toda a região sul, centro-sul e sudoeste do Ceará, parte do Estado da Paraíba e do Pernambuco, também pela modalidade rodoviária.

Quanto ao Critério 4, este está relacionado com o controle do peso por eixo no sentido inverso ao da localização da balança fixa. Nas rodovias estaduais não se terá maiores problemas quanto a sua operacionalização, mas quanto as rodovias federais, deve ficar claro que a condição de operar os postos fixos nas rodovias federais implicaria também em poder se passar veículos que transitassem de frente ao posto no sentido inverso. A hipótese de obrigar o veículo realizar um retorno, para que possa ser pesado, não deve ser adotada devido ao conflito de tráfego que causaria a rodovia, comprometendo a segurança dos condutores e demais usuários.

O Sistema de Pesagem dos Postos Móveis irá controlar os 22% restantes dos fluxos de carga em trânsito no Estado do Ceará, caso se consiga pesar no sentido inverso ao posto fixo. Na medida em que o Fluxo Interestadual (CE-CE = 9% e CE-1130 = 7%) representa 16% do total a ser controlado pelas balanças móveis, sendo que parte desta movimentação se verifica em rodovias federais, enquanto que o total da movimentação Interior do Ceará com o Brasil (CE-BR = 6%) utiliza as rodovias federais.

Sendo aconselhável, que além da obediência a estes critérios, seria interessante definir uma Estratégia de Ação quanto ao uso das balanças móveis, para que não seja uma utilização aleatória, mas sim dentro de um procedimento operacional que otimize sua utilização.

5.3 Evolução do Uso das Balanças Móveis.

As conclusões que podemos tirar é de que a tendência vem a confirmar o que se espera com a política de revitalização da economia do interior do Estado. Nessa tendência, a macrozona de Fortaleza tende a perder peso relativo. Todavia o mais interessante é que o crescimento no interior se dá de forma dispersa não ocorrendo assim a concentração em algumas macrozonas, somente pelo fato da macrozona zona de tráfego de Fortaleza (130) estar perdendo espaço. A tendência é de que ainda no curto prazo a macrozona 130 continue a ser hegemônica, mesmo com a política de estímulo a investimentos industriais no interior, como por exemplo, o pólo granito na região norte, o respectivo distrito industrial, e a Região do Cariri.

6. Conclusões

As principais recomendações que devem ser feitas advém do caráter sistêmico que se pretende dar à ação do controle de peso nas rodovias do Estado do Ceará, ou seja, o controle de peso, na forma pelo presente estudo, deve ser feito na sua totalidade para que seja abrangente e consistente, embora possa ser executado por etapas de tal forma a se atingir ao percentual de 78% na interceptação dos fluxos de veículos de carga com os (doze) postos fixos de pesagem e nos 100% se considerarmos também a ação dos postos com balanças móveis.

Um dos subprodutos mais importantes, sob o ponto de vista do planejamento do sistema viário estadual, obtidos com a implantação de toda esta malha de controle de peso, seria a obtenção de Matrizes Origem-Destino Anuais de Carga Rodoviária.

Outras recomendações se referem a assinatura de convênio com o DNER (e possivelmente Polícia Rodoviária Federal), além da SEPAZ, este de mais fácil viabilidade por ser um órgão também estadual. Adicionalmente, a adoção de legislação complementar a nível de Estado do Ceará.

De imediato se recomenda o desenvolvimento de estudos no sentido da adaptação dos postos de fiscalização da SEPAZ para fins também de controle de carga por eixo, além do aspecto meramente fiscal. Num estudo de custos para a instalação de um posto fixo padrão DNER também deve ser elaborado para fins de prospecção.

Referências Bibliográficas

- [1] DRAVER, N. R., Smith, "Applied Regression Analysis", John Wiley & Sons, Inglaterra, 1966.
- [2] MORETTIN, P. A., TOLOI, C. M. C., "Modelos para Previsão de Séries Temporais", 13^o Colóquio Brasileiro de Matemática, CNPq / IMPA, 1981.
- [3] SALVADOR, D., "Estatística e Econometria", Mc Graw - Hill, 1983.
- [4] KAMBERT, J., "Elementos de Econometria", Atlas, 1978.
- [5] JOHNSON, J., "Métodos Econométricos", Atlas, 1976.
- [6] BRASIL, República Federativa. "Planos e Programas de Pesagem - Análise de Viabilidade Econômica do Plano Diretor de Pesagem (1^a Fase)", MT/DNER/PROTOS Engenharia Ltda., Novembro, 1976.
- [7] _____, "Plano Diretor de Pesagem", MT/DNER/PROTOS Engenharia Ltda., Relatório Final, Vol 1 e 1-A, Fevereiro, 1979.
- [8] CEARÁ, Governo do Estado, "Estudo de Controle de Pesagem em Veículos de Carga no Estado do Ceará", Convênio DNER/ASTER/UTC, Relatório Técnico, Junho, 1994.
- [9] _____, "Estudo de Localização do Centro Rodoviário de Cargas e Fretes e Terminal Rodoviário de Cargas da Região Metropolitana de Fortaleza", AUNEf, 1980
- [10] HORTCHINSON, B. G. "Principles of Urban Transport Systems Planning", McGraw-Hill, 1974.
- [11] MELLO, J. C., "Planejamento dos Transportes Urbanos", Campus, 1981.

Coordenadas Atuais:

Prof. João Alencar Oliveira Júnior, D.Sc.

Departamento de Engenharia de Transportes – DET/CT/UFC
Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN
Bacharelado em Direito pela Universidade de Fortaleza – UNIFOR

Enderego Postal:

Universidade Federal do Ceará – UFC
Centro de Tecnologia – CT
Departamento de Engenharia de Transportes – DET

Campus do Pici – Bloco 703
60.455-760 Fortaleza – Ceará – Brasil

Telefones:

Celular: (+55) 85 9991.0262
Fone: (+55) 85 4008.94.88 Ramal 219
Fax: (+55) 85 4008.94.88 Ramal 201

E-mail:

jalencarjr@yahoo.com
alencar@det.ufc.br

Homepages:

www.det.ufc.br
www.geocities.com/jalencarjr
www.geocities.com/joao_alencar