

# **COMO DESINCENTIVAR O TRANSPORTE COM EXCESSO DE PESO: UM EXERCÍCIO APLICADO DA TEORIA DOS JOGOS**

**Francisco Gildemir Ferreira da Silva**

Universidade Federal do Ceará – GTTEMA/UFC

## **Resumo**

O excesso de peso em caminhões deteriora as rodovias, aumenta o tempo das viagens, potencializa a emissão de poluentes, reduz a vida útil dos veículos de carga, aumenta os acidentes em rodovias, entre outros. O Regulador, por seu turno, regulamenta e penaliza a prática. Mesmo com a regulamentação e penalização os transportadores desviam dos postos de pesagem ou se sujeitam às multas, pois elas não impactam na lucratividade da mercadoria. Sendo assim, este trabalho se propõe a estudar o problema e apontar uma solução do ponto de vista teórico utilizando da teoria dos jogos. Conclui-se que uma multa contínua referente ao lucro que a empresa obterá com excesso de peso seria tenaz na redução da prática e indica-se uma proporcionalidade de fiscalização inibiria os desvios de postos de pesagem.

## **Abstract**

Overweight practice in transport leads to faster deterioration of roads, increasing travel time, emissions of pollution, accidents; reduces the trailers utility, among others. The state regulates and penalizes the operators such that the negative externalities becomes zero or near to zero. Even with the regulation and punishment it is possible to occur overweight because the use by transporters of the bypass paths to escape from the policy posts or because the fees have no impact on profitability. Thus, this paper aims to study the problem and point out a solution using theoretical view of game theory. We conclude that a fee like continues function of the profit of the firm is tenacious in reducing the practice. With profitability studies of the overweight practice the state should figure out a percentage of payers in function of the price of the fees and the cost of government. Also if the cost penalty to the government equal to the price of overweight fees, then there is a reduction in bypass practice.

## **1. INTRODUÇÃO**

O excesso de peso resulta em externalidades do tipo: deterioração mais rápida das rodovias, aumento do tempo de viagens, maior emissão de poluentes, redução da vida útil dos veículos de carga, aumento de acidentes em rodovias, entre outros. O que se imagina é que o componente positivo destas externalidades não compense a parte negativa e, portanto, restem problemas para a sociedade (custos sociais). O transportador tem a preocupação em lucrar e não tem em sua função lucro os custos sociais. Para ele, quando não der mais para transportar em uma via ele procurará outra, mesmo sendo mais longa e exigirá do Regulador a manutenção da via que ele mesmo diminuiu a vida útil.

Tendo em vista o excesso de peso trazer mais problemas que benesses, dão-se a necessidade do Regulador intervir. Este, por seu turno, regulamenta e penaliza o mercado de tal sorte que as negatividades se tornem nulas ou quase nulas. No caso brasileiro o CTB (Código de Trânsito Brasileiro – 1998) regulamenta e indica as penalidades. Órgãos tais como a ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) e DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) e órgãos estaduais semelhantes fiscalizam e executam as multas. Legalmente, tem-se o excesso de peso por eixo de 5% para 7,5% com agravantes relativos à tração e ao peso total do veículo. Grosso modo, as penalidades pecuniárias são aplicadas em faixas de pesos. Isso é uma prática mundial, mas no Brasil, parece que os usuários das rodovias não vêem que a degradação da via é problema para eles e o excesso de peso age como uma concorrência desleal.

Portanto, mesmo com a regulamentação e penalização os transportadores praticam o excesso de peso, ou desviando dos postos de pesagem ou incorporando o custo da multa no valor da mercadoria se ela tiver alto valor agregado.

Tendo em mente da possibilidade do transportador burlar a fiscalização e gerar as externalidades negativas, este trabalho se propõe a estudar o problema e propor uma solução do ponto de vista teórico, mas aplicável à realidade nacional. A proposta utiliza da teoria dos jogos para desenhar um mecanismo que torne o transporte com excesso de peso não lucrativo e determina o percentual ideal de fiscalização como estratégia ótima do Regulador, apontando indicativas para o tratamento da inadimplência das multas.

A estrutura do artigo para atingir o objetivo acima delineado, envolve esta introdução, uma seção descrevendo a forma atual de cálculo de excesso de peso no Brasil, a prática internacional e um exemplo prático envolvendo o transporte de frangos e sua lucratividade com excesso de peso. Para o estudo quantitativo, apresentam-se a teoria dos jogos e alguns exemplos. Na seção que segue apresenta o modelo do jogo relativo ao excesso de peso com dois jogadores o transportador e o Regulador, findando com uma análise dos possíveis *insights* do modelo. As conclusões salientam os resultados e indicam diretrizes a trabalhos vindouros.

## 2. ASPECTOS LEGAIS DO TRANSPORTE COM EXCESSO DE PESO

Nesta seção será apresentada a legislação e a forma de calcular às multas, faz-se um preâmbulo relativo à prática internacional e finda com um exemplo prático de como compensa, dada a legislação vigente no Brasil, transportar com excesso de peso para o caso do transporte de frango.

### 2.1. Aspectos Legais e o Cálculo do Excesso de Peso

A RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 258. 30 DE NOVEMBRO DE 2007 regulamenta os artigos 231, X e 323 do Código Trânsito Brasileiro, fixa metodologia de aferição de peso de veículos, estabelece percentuais de tolerância e dá outras providências. Nela indica-se o cálculo da multa por excesso de peso como uma combinação de um valor fixo de R\$ 85,13 (multa média), associado a fatores agravantes por excesso de peso em eixos ou conjunto de eixos (PBT ou PBTC), somado a excessos a Capacidade Máxima de Tração (CMT).

Os fatores agravantes são relativos à Tabela 01 linha 2, PBT ou PBTC, e a multiplicação de uma relação entre o peso excedente e o valor de 200 kg e acréscimos de faixas conforme Tabela 01 linha 3 (CMT).

Até 600 kg	600 a 800 kg	800 a 1000 kg	1000 a 3000 kg	3000 a 5000 kg	mais de 5000 kg
R\$ 5,32	R\$ 10,64	R\$ 21,28	R\$ 31,92	R\$ 42,56	R\$ 53,20
Média					
R\$ 85,13	R\$ 127,69	R\$ 191,549 (aplicados a cada 500 kg ou fração de excesso de peso apurado.).			
Média	Grave	Gravíssima			

**Tabela 1:** Faixas adicionais de valores de multa calculados para excesso de peso em eixos ou PBT ou PBTC e em Capacidade Máxima de Tração.

As penalidades pecuniárias aplicadas em outros países seguem idéias parecidas e os casos serão apresentados na próxima seção.

## 2.2. Considerações sobre o Excesso de Peso no Mundo

No caso espanhol, conforme Neuto Gonçalves dos Reis descreve em matéria na NTC, o combate ao excesso de peso busca não só preservar a infraestrutura como também evitar concorrência desleal entre transportadoras e aumentar a segurança do tráfego. A recorrência da prática pode resultar na saída temporária da empresa do mercado.

Os EUA regulamentam o excesso de peso por unidades federativas, às vezes, por municipalidade, cabendo a cada entidade fiscalizar e especificar as penalidades em caso de não cumprimento dos pesos especificados em registro, podendo, caso não o façam, serem penalizados pelo governo federal dos EUA.

A penalidade pecuniária é semelhante ao Brasil, por exemplo, para o caso da Califórnia, existe uma tabela progressiva com valores de multa que variam de 20 a 175 dólares e com um fator de 0.04, 0.06, 0.08, 0.15, 0.2 dólares para cada libra que for passada das faixas de 5,001- 6,000, 6,001- 7,000, 7,001- 8,000, 8,001-10,000 e acima de 10,001, respectivamente. Sendo que a multa é agravada em treze faixas de peso de 1,001-1,500 a acima de 10,001, em valores variando de 250 dólares a 2000 dólares, conforme o excesso de peso seja no PBT. Para os países africanos da UEMOA – União Econômica e Monetária do Oeste Africano desde 2005 iniciou-se a prática de restringir excesso de peso por eixos e no PBT. O Exemplo nigeriano de limites por eixos ou no peso total é tal como em departamentos americanos e as taxas chegam ao valor de 120 dólares a tonelada de excesso, conforme “*Caisse Autonome de Financement et de l'Entretien Routier*”.

Carson e Kearney (2011) apresentam um espectro de ações européias para regradar o excesso de peso, tentando transladar as práticas para o caso americano. Na Holanda e na França as empresas que praticam excesso de peso são monitoradas e caso tenham um histórico de excesso de peso elas podem ser suspensas de operar. Na Bélgica, estudos indicaram relação entre excesso de peso, velocidade excessiva nas rodovias e acidentes indicando a necessidade de regulamentação e regulação do mercado.

Todos os exemplos acima se assemelham ao caso brasileiro, existindo ainda o processo de retenção do veículo com liberação apenas após o atendimento dos limites de peso exigidos em Lei. Os mecanismos são coerentes, uma vez que a multa é progressiva e que existe a possibilidade de perda da carga, entretanto, o excesso de peso pode compensar conforme o exemplo abaixo.

## 2.3. Exemplo do excesso de peso no mercado de frangos

Neste exemplo calculamos o valor da multa para excessos de peso e o lucro relativo ao excesso de peso transportado, indicação na Tabela 2. Veja que o resultado é crescente, tanto na multa como no lucro, mas de forma mais intensa no lucro, chegando ao fato que no valor de 1 t o lucro líquido seria de R\$ 1149,16.

Excesso de peso em kg	Multa	Lucro	Excesso de peso em kg	Multa	Lucro
100	90,45	83,892	600	148,97	897,082
200	95,77	252,914	700	159,61	1060,784
300	101,09	421,936	800	254,73	1140,006
400	106,41	590,958	900	275,93	1293,148
500	111,73	759,98	1000	297,13	1446,29

**Tabela 2:** Simulação multa e lucros para excesso de peso, considerando a legislação atual e dada da CONAB 2007.

Uma vez sendo multado, obviamente o lucro seria zero pelo fato do transbordo da carga, entretanto, na prática os transportadores fazem o transbordo na balança e colocam novamente a carga no caminhão após saírem da balança, tendo um custo extra de transporte de um frete pequeno para transportar o excesso até um novo ponto de embarque.

### 3. TEORIA DOS JOGOS E TRANSPORTES

Nesta seção serão apresentadas definições aplicáveis a qualquer jogo, a solução dos problemas envolvendo jogos estáticos em estratégias puras e mistas, seguindo os livros textos de Gibbons (1992) e Osborne e Rubenstein (2004).

#### 3.1. Definições

**Definição 1:** Um jogador é um indivíduo que interage com outro indivíduo dentro de um ambiente onde os jogadores possuem “conhecimento comum” e a interação pode ser cooperativa ou não.

**Definição 2:** Diz-se que uma situação é de “conhecimento comum” quando todos os jogadores conhecem esta situação, todos sabem que todos conhecem esta situação e assim sucessivamente.

**Definição 3:** A Informação Perfeita indica que os jogadores conseguem lembrar de todo o histórico do jogo em cada momento do jogo.

A Definição 2 e 3 nos indica que as informações sobre o jogo são bem definidas, as regras são estabelecidas no começo do jogo, tal como na vida real e na prestação de um serviço público. Para o caso do excesso de peso a lei é a regra.

**Definição 4:** Uma estratégia consiste na ação que pode ser tomada por um jogador em qualquer momento do jogo. Sendo representado da forma  $s_n$ . A estratégia pode ser pura ou mista, no primeiro caso não existe aleatoriedade na escolha das estratégias.

**Definição 5:** Retorno de um jogo é o resultado quantificado da combinação de ações tomadas entre os jogadores, sendo representado da forma  $u_n$ .

Da definição 4 fica claro que o resultado para um jogador dependera da ação tomada por outro jogador. Assim, tendo o conjunto de estratégias e os retornos das estratégias dado que os seus oponentes escolheram as estratégias pré-definidas, garante que o jogador terá a possibilidade de escolher o retorno que seja melhor para ele.

A resolução do jogo pode se dar de duas formas: forma normal e forma estendida, sendo que os procedimentos de calculo para chegar ao equilíbrio dependem das hipóteses levantadas.

**Definição 6:** Um conjunto de estratégias  $S=(s^*_1, s^*_2, \dots, s^*_{i-1}, s^*_{i+1}, \dots, s^*_n)$ , tomado por todos os jogadores é um equilíbrio de Nash para um jogo se para todo indivíduo pertencente ao conjunto de jogadores, o retorno obtido pelo jogador é melhor ou igual ao retorno que ele obteria se escolhesse outra estratégia e os outros jogadores mantivessem as mesmas estratégias.

Em suma:  $\max_{s_i \in S_i} \{u_i(s^*_1, s^*_2, \dots, s^*_{i-1}, s_i, s^*_{i+1}, \dots, s^*_n)\}$

Complementarmente ao conceito de equilíbrio de Nash para um jogo estático de informação completa, tem-se o equilíbrio Bayesiano de Nash para jogos estáticos de informação incompleta onde o jogador procura a combinação ótima entre seus retornos.

**Definição 7:** A representação na forma normal de um jogo de  $n$  jogadores mapeia o espaço de estratégias  $S_1, S_2, \dots, S_n$  e suas funções de retorno  $u_1, u_2, \dots, u_n$ . Sendo representado este jogo pela forma  $G = \{S_1, S_2, \dots, S_n; u_1, u_2, \dots, u_n\}$ .

Para a solução de um jogo na forma normal utiliza-se da técnica de eliminação das estratégias estritamente dominadas. Nesta forma, uma estratégia  $s'_i$  é estritamente dominada por uma estratégia  $s''_i$  se para cada combinação factível de estratégias de outros jogadores, o retorno  $i'$  da jogada  $s'_i$  é estritamente menor que o retorno  $i'$  da jogada  $s''_i$ . logo,  $u_i(s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s'_i, s_{i+1}, \dots, s_n) < u_i(s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s''_i, s_{i+1}, \dots, s_n)$  para todo  $(s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_n)$  que pode ser construído do espaço de estratégias  $S_1, S_2, \dots, S_{i-1}, S_{i+1}, \dots, S_n$ . Como por hipótese, as pessoas são racionais, então não tem porque jogar uma estratégia estritamente dominada.

Outra possibilidade para solucionar o jogo, dado funções contínuas de retorno, é a de otimizar o retorno do jogador, com a função de retorno em relação a variável de decisão do seu oponente, maximiza-se tal função, faz-se a mesma coisa com a função do adversário e calcula-se o retorno de cada jogador no equilíbrio dado a igualdade entre as melhores possibilidades. A função de maximização depois de incorporado a resposta do seu oponente é chamada de função de reação.

**Definição 8:** Na representação em forma extensiva de um jogo tem-se: (i) os jogadores no jogo; (ii) o momento em que o jogador joga; (iii) O que cada jogador pode fazer em cada uma das suas oportunidades de jogar, e (iv) o retorno recebido por cada jogador para cada combinação de movimentos que pode ser escolhido pelos jogadores.

Como pode ser observada a forma extensiva aplica-se ao caso de jogos dinâmicos e também aos estáticos, bastando especificar apenas o tempo em que os jogadores irão jogar. Note ainda que o conceito de estratégia é um pouco mais complexo aqui, uma vez que a decisão de um jogador pode ser conhecida antes do outro jogar o que pode afetar sua decisão. Em geral a representação do jogo se faz em forma de árvore, onde cada ramo se refere à decisão tomada por um jogador em um tempo  $t$ . A solução pode envolver ainda o processo descrito para chegar à função de reação.

### 3.2. Aplicações em transportes

No transporte marítimo o trabalho de Yap e Lam (2006) analisa a dinâmica competitiva entre os portos pela comparação das vantagens comparativas dos portos, nele é desenvolvido um modelo de Cournot (competição em quantidade) para verificar estratégias de preço chegando aos equilíbrios para dois portos competidores.

O caso de transportes aéreos no Brasil tem-se os seguintes estudos desenvolvidos pelo NECTAR (Núcleo de Economia dos Transportes do Instituto de Tecnologia Aeronáutica): Turolla, et. al. (2006), Oliveira (2007) e Vassallo (2010). Os trabalhos investigam suposto comportamento de coordenação de preços por parte das companhias aéreas na Ponte Aérea Rio de Janeiro - São Paulo, entrada de empresas do tipo *low cost*

no mercado de transportes aéreos e simulação de fusões de empresas, respectivamente.

Poucos trabalhos foram dedicados ao mercado de transportes de pessoas por ônibus utilizando da teoria dos jogos. Silva, et. al (2010) aplica os mesmos princípios de Vassallo (2010) para simular entrada e saída de linhas em mercados brasileiros utilizando como arcabouço teórico um modelo em concorrência do tipo Cournot e verificando ganho ou perdas de bem-estar pós-entrada ou saída. O modelo de Oliveira (2007) monta um arcabouço analítico que pode ser aplicado a segmentos de transporte passíveis de desregulamentação econômica ou para análises dos impactos de possíveis reformas regulatórias.

No transporte de carga por caminhão Scarcelli (2008), Liu, et. al. (2010) e Frisk, et. al. (2010) utilizam a linguagem da teoria dos jogos para apresentar uma visão diferenciada sobre um dos processos de negociação de tarifas para a distribuição na cadeia de suprimentos, propõe uma forma de repartição de custos e ganhos entre transportadores e analisa as alianças entre transportadoras de carga com pequenos distribuidores pós- crise, respectivamente.

No transporte ferroviário o artigo celebre é o de Green e Porter (1983) que se debruça na modelagem teórica e posteriormente na estimação das equações via observações de comportamento de desvios de conduta dos supostos envolvidos no cartel de ferrovias nos Estados Unidos em fins do século XIX.

Este trabalho apresenta uma abordagem moderna e pouco utilizada para a definição de regulamentações e encontrar uma política de fiscalização de transportes.

#### **4. MODELO DO JOGO DE EXCESSO DE PESO**

##### **4.1. Considerações sobre o problema modelado e os custos envolvidos na análise**

O transporte de cargas rodoviário é necessário, mas não condição suficiente para a economia real acontecer. A máxima do transporte não ser um fim em si mesmo é sempre válida, entretanto, a evolução da economia é resultado da possibilidade de transportar os insumos e a produção de uma forma crescente com o tempo. Mesmo ao transportar com excesso de peso a economia recebe uma externalidade positiva inerente a natureza dos transportes. Ressaltando que a externalidade é um custo indireto, muitas das vezes não mensurável.

Por outro lado, transportar com excesso de peso implica ou na inadequação da carga ao veículo que transportará a carga ou na incompatibilidade do conjunto veículo/carga transportada a infraestrutura disponível, seja nas obras de arte ou nas estradas de rodagem, notoriamente no pavimento que é projetado por norma para um trem tipo diferente do com excesso de peso, ou ainda podendo ocorrer as duas inadequações. O excesso de peso, embora resulte em cargas saindo de uma origem para um destino e movimentando a econômica, resulta em custos indiretos a sociedade, uma vez que destroem vias públicas e intensificam a emissão de poluentes, diretamente quando o veículo carrega com excesso de peso forçando suas engrenagens ou pela redução da vida útil do veículo pelo constante transporte de mais carga que a adequada ao veículo.

O custo do excesso de peso é percebido pelos usuários das vias públicas, pois aumentam o tempo de viagem e reduzem velocidade operacional uma vez que as vias deterioram

mais rapidamente. Além disso, é percebido pelo setor público uma vez que se tornam necessárias manutenções mais frequentes em decorrência do desgaste mais acelerado dos pavimentos que não foram projetados para o excesso de peso por eixo.

Os custos acima relatados não são de trivial mensuração, mas a percepção das externalidades negativas é mais coletiva do que as positivas, o que é indicativo de um efeito generalizado negativo pago pela sociedade. Isso fica claro no transporte de frangos, exemplo da tabela 1, onde o transportador, ao não arcar com o custo que ele imputa na sociedade, pode transportar com excesso de peso negligenciando o resultado geral. Na sequência, apresentaremos como serão considerado estes custos no modelo de jogos apresentados.

#### 4.2. Formalizando o modelo

O jogo tem dois jogadores: Transportador e Regulador. Para cada um dos jogadores tem a seguinte estratégia: Transportador: transportar com excesso de peso  $i$  ou não transportar e em sendo multado, pagar ou não pagar; e. Regulador : fiscalizar ou não fiscalizar. Os retornos para os jogadores serão compostos pelos seguintes componentes:  $\pi EX_i$  = lucro da empresa ao carregar o Excesso de peso  $i$ ;  $pMulEX_i$  = Valor da Multa pelo Excesso de peso  $i$ ;  $c_{gf}$  = custo do governo para existir;  $cmtGOV$  = Custo da Multa para o Governo (custos processuais, de equipamentos de fiscalização, apoio e contratos);  $c_{socialEX_i}$  = Custo Social do Excesso de Peso  $i$ ;  $cmtEMP1$  = Custo de multa para a empresa se ela paga ;  $cmtEMP2$  = Custo de multa para a empresa se ela não paga.

Embora o custo social deve ter um componente positivo, pois se o transportador transporta um excesso, este será consumido para a sociedade, neste trabalho, tratar-se-á o custo social apenas como negativo, ou seja, presume-se a existência apenas de perdas sociais por meio de insegurança, desgastes de rodovias e diminuição da vida útil dos veículos, não considerando a poluição no modelo.

As hipóteses do modelo são apresentadas tomando como base o fato de transportadores continuarem excedendo o peso permitido em Lei. Assim, provavelmente o lucro de transportar com excesso de peso é melhor, além disso, a lei é clara indicando que a multa é progressiva, então uma multa por um excesso de peso 1 maior que outro excesso de peso 2 é sempre maior.

Por fim, como o custo social é de difícil mensuração, não se adotou uma forma funcional para ele, mas, presume-se que um excesso de peso 1 maior que outro excesso de peso 2 gera, sempre, maior transtorno. Portanto de forma resumida tem-se as seguintes hipóteses para o modelo:

**Hipótese 1:** Custos sociais e custos de multa -  $c_{socialEX_i} > c_{socialEX_j}$  ,  
 $\forall i < j \text{ \& } (i,j) \in \mathbb{N} \text{ \& } cmtEMP1 > cmtEMP2 \text{ \& } cmtM1 > cmtM2$

**Hipótese 2:** Lucros -  $\pi EX_i > \pi EX_j > \pi$ ,  $\forall i < j \text{ \& } (i,j) \in \mathbb{N}$

$$\text{Lucro : } \pi EX_i = \sum_{j=1}^J P_j * q_j - (C_t)$$

Onde :  $\pi EX_i$  = Lucro para o Excesso de Peso  $i$  ;

$C_t$  = Custo de Transporte ;

$q_j$  = Quantidade do produto  $j$  transportado ;

$P_j$  = preço do produto  $j$ .

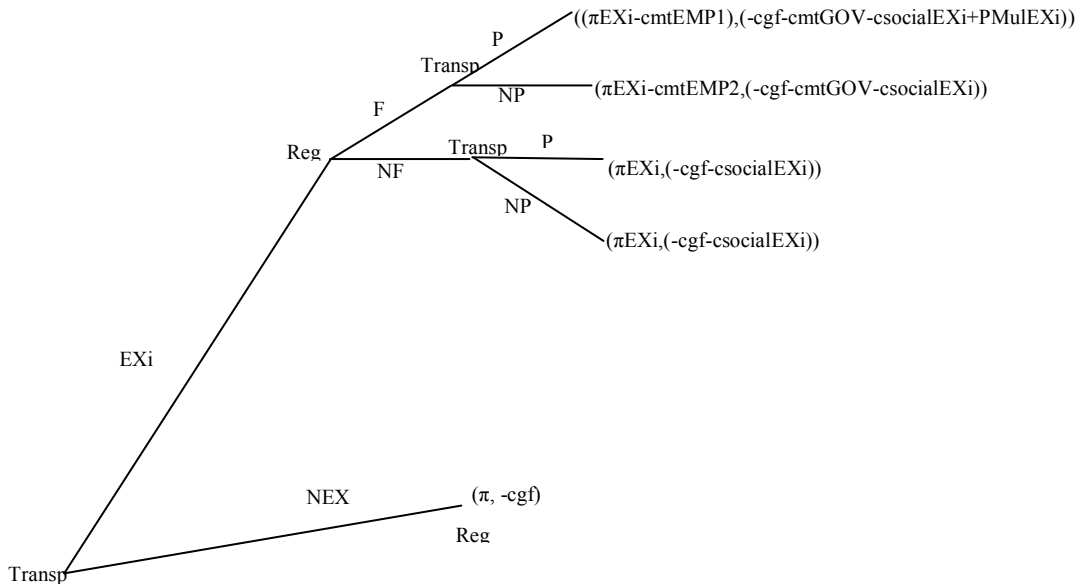
**Hipótese 3:** Preços das multas -  $p_{MulEXi} > p_{MulEXj}$ ,  $\forall i < j \text{ \& } (i,j) \in \mathbb{N}$

**Hipótese 4:** Relação entre preço da multa e lucro.-  $\pi_{EXi} = f(p_{MulEXi}) \Rightarrow p_{MulEXi} = f^{-1}(\pi_{EXi})$ ;  $\pi_{EXj} = f(p_{MulEXj}) \Rightarrow p_{MulEXj} = f^{-1}(\pi_{EXj})$ ;  $f(-)$  crescente  $\Rightarrow f^{-1}(-)$  crescente.

Representa-se o jogo na forma estendida como na Figura 2. A forma de representação é geral e pode englobar o caso atual, como o caso onde teremos um excesso de peso não em faixas mas uma função contínua crescente.

A forma normal do jogo apresenta-se representada na Tabela 4. Para o transportador existem duas possibilidades de jogada e a combinação delas forma sua estratégia, já para o Regulador existe apenas a jogada fiscalizar e não fiscalizar.

As probabilidades de jogar para cada jogador, assumindo que não existe correlação entre as estratégias, servirá para uma posterior busca de um equilíbrio em estratégias mistas. As probabilidades no pensamento frequentista são iguais a frequência que um evento acontece, desta forma, os valores de  $p$ ,  $q$  e  $v$  representaram os percentuais que o Regulador fiscaliza, que os transportadores transportam com excesso de peso e não pagam às multas e o percentual que os transportadores transportam com excesso de peso e não pagam às multas, respectivamente.



**Figura 2:** Representação na Forma Estendida do jogo de excesso de peso. Transp= Transportador e Reg=Regulador.

Do ponto de vista prático o Regulador vai além do ato de fiscalizar e não fiscalizar, passando pelo processo de refazer a regulamentação e pode obrigar aos infratores a pagar via sanções legais. Entretanto, este trabalho não utilizara deste ponto de vista uma vez que o objetivo é de desenhar este mecanismo.

Analisando o jogo em estratégias puras tem-se os seguintes equilíbrios de Nash: (EXi P, Não Fiscaliza); ou (EXi NP, Não Fiscaliza) e (NEX P, Fiscaliza). A situação desejada para o Regulador é que não se tenha excesso de peso, ou tendo, que este excesso seja pago, embora este último caso seja indesejado pela sociedade uma vez que gera



externalidades e o valor da multa não compensará os transtornos.

		REGULADOR	
		FISCALIZA (p)	NAO FISCALIZA (1-p)
TRANSPORTADOR	EXi P (v)	(( $\pi EX_i - \text{cmtEMP1}$ ), ( $\text{cmtGOV} - \text{csocialEX}_i + \text{PMulEX}_i$ ))	( $\pi EX_i$ , ( $-\text{csocialEX}_i$ ))
	EXi NP (q)	(( $\pi EX_i - \text{cmtEMP2}$ ), ( $-\text{cmtGOV} - \text{csocialEX}_i$ ))	( $\pi EX_i$ , ( $-\text{csocialEX}_i$ ))
	NEX P (1-(q+v))	( $\pi$ , 0)	( $\pi$ , 0)

**Tabela 5:** Representação na Forma normal do jogo de Excesso de Peso. EXi= Excesso de Peso i; NEX= Não transportar com excesso de peso P= Pagar; NP= Não Pagar; p= probabilidade de fiscalizar; q=probabilidade de transportar com excesso de peso i e não pagar; e v= transportar com excesso de peso i e pagar.

Por outro lado, para o transportador, o interesse é transportar com excesso. O custo social e custo de multa não compensam para o governo. Tem-se ainda que acontecerá (EX1 NP) se a taxa de fiscalização for baixa e (EX1 P) em caso contrario, mesmo se ( $-\text{cmtGOV} + \text{PMulEX}_1 = 0$ ) e a fiscalização compensará apenas quando a taxa de pagamento for alta, caso contrário não será de interesse do Regulador, em termos monetários, fiscalizar, pois não fiscalizar é uma estratégia dominante.

Como o desejado para o governo é não ter excesso de peso, então a lei deverá ser tal que o excesso de peso não compense. Deste modo, utilizando uma forma contínua para a função levantada na hipótese 4, teremos uma solução e a conversão para um único equilíbrio de Nash, que é não transportar com excesso de peso e fiscalizar. Se não vejamos nos exemplos de funções lineares e exponenciais crescentes:

**Linear:**  $\alpha < \pi$  &  $\beta > 0$  ;  $\pi EX_i = \alpha + \beta * pMulEX_i \Rightarrow$   
 $\sum_{j+1}^j p_j * (q_j + qEX_i) - (C_t) = \alpha + \beta * pMulEX_i \Rightarrow$   
 $pMulEX_i = \frac{\sum_{j+1}^j p_j * (q_j + qEX_i) - (C_t) - \alpha}{\beta}$  (inversa)

Veja que  $\alpha$  pode ser qualquer valor exatamente acima de  $\pi$ , entretanto, quanto menor for  $\alpha$ , maior será o valor da multa, dado a inclinação da curva  $\beta$ . Por seu turno quanto maior for  $\beta$ , dado um  $\alpha$ , menor será o valor da multa.

**Exponencial:**  $\pi EX_i = \ln(pMulEX_i) \Rightarrow$   
 $\sum_{j+1}^j p_j * (q_j + qEX_i) - (C_t) = \ln(pMulEX_i) \Rightarrow$   
 $pMulEX_i = e^{(\sum_{j+1}^j p_j * (q_j + qEX_i) - (C_t))}$  (inversa)

A Simulação para a função exponencial é apresentada na Tabela 5:

Excesso de peso em kg	Multa	Lucro	Excesso de peso em kg	Multa	Lucro
100	5,1972E+75	-5,1972E+77	250	1,947E+189	-4,868E+191
150	3,747E+113	-5,62E+115	300	1,404E+227	-4,211E+229
200	2,701E+151	-5,402E+153	350	1,012E+265	-3,542E+267

**Tabela 6:** Simulação multa e lucros para excesso de peso, considerando uma função exponencial.

Neste caso mais simples, teremos uma situação muito aplicável, pois o custo de transporte (valor do frete), preço das mercadorias e os pesos da carga sem excesso e com excesso são dados e de fácil mensuração e aquisição em campo. Veja que a simulação indica tolerância zero, implicando em lucros muito negativos assim que se pratica o excesso de peso. A simulação é limitada pelo fato de que não foi colocado a tolerância permitida em Lei, mas se trata de uma ilustração de uma forma de regulamentar o problema, tirando a multa por faixas e multando continuamente, com uma função crescente o valor da mercadoria que excede o peso e não o peso apenas.

Mas resta a dúvida de quanto o Regulador deve fiscalizar. Este é um grande problema, uma vez que isso envolve custos afundados. A solução do problema se dá via jogos em estratégias mistas, conforme solução abaixo:

### Estratégia do Regulador

- 1)  $p * (\pi EX_i - cmtEMP1) + (1 - p) * \pi EX_i = (\pi EX_i - p * cmtEMP1)$
- 2)  $p * (\pi EX_i - cmtEMP2) + (1 - p) * \pi EX_i = (\pi EX_i - p * cmtEMP2)$
- 3)  $p * (\pi) + (1 - p) * (\pi) = (\pi)$

**Resolução :**  $(\pi EX_i - p * cmtEMP1) = (\pi EX_i - p * cmtEMP2) = (\pi) \Rightarrow \Rightarrow$   
 $p = \frac{\pi EX_i - \pi}{cmtEMP1} = \frac{\pi EX_i - \pi}{cmtEMP2} \text{ \& } cmtEMP1 = cmtEMP2$

Pode-se ver que para definir a quantidade de fiscalizações que devem ser feitas, deve-se ter em mãos a lucratividade por excesso de peso, o lucro das empresas sem excesso de peso e o custo para a empresa da multa. Isso exigiria uma pesquisa de mercado e um trabalho na base de dados de multas por excesso de peso existente no órgão fiscalizador.

Contudo a ação deve ser tal que a proporcionalidade de inadimplentes das multas se reduza também, para tanto, calcula-se abaixo a relação entre inadimplentes e pagantes, analisando em seguida como o governo deve fazer para o inadimplente optar por pagar.

### Estratégia do Transportador

- 1)  $(1 - (q + v) * (0) + q * (-cmtGOV - csocialEX_i) + v * (-cmtGOV - csocialEX_i + PMulEX_i)$
- 2)  $(1 - (q + v) * (0) + q * (-csocialEX_i) + v * (-csocialEX_i))$

### Resolução :

$$(1 - (q + v) * (0) + q * (-cmtGOV - csocialEX_i) + v * (-cmtGOV - csocialEX_i + PMulEX_i)) = (1 - (q + v) * (0) + q * (-csocialEX_i) + v * (-csocialEX_i))$$

$$\Rightarrow q * (cmtGOV) = v * (cmtGOV - PMulEX_i) \Rightarrow \frac{q}{v} = \left( 1 - \frac{PMulEX_i}{(cmtGOV)} \right)$$

Note que para  $q$  (proporção de inadimplentes) ser igual a zero, teríamos que  $\frac{PMulEX_i}{(cmtGOV)}$  deveria ser igual a 1, ou seja, o preço da multa deveria ser igual ao custo da multa para o Regulador. Isso remete a uma possibilidade que é a de a multa não ser função do excesso de peso, mas do custo dela para o governo.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Uma multa contínua referente ao lucro que a empresa obteria com excesso de peso seria tenaz na redução da prática. Entretanto, ficaria a questão de quanto o Regulador deveria fiscalizar. Isso seria resolvido por meio de um estudo de mercado para definir lucros no mercado com excesso e sem e de custos da multa para o transportador. Restaria ainda um *insight* referente ao percentual de transportadores que transportariam com excesso de peso e não pagariam suas multas. Isso figuraria um percentual função do preço da multa e do custo do governo e em tendo o custo de multa para o governo igual ao preço da multa teria uma redução da inadimplência.

O trabalho demonstra a possibilidade da utilização da teoria dos jogos na definição da regulamentação do transporte de cargas, especificamente, na regulamentação e ação fiscalizadora do Regulador no combate ao excesso de peso. Apresenta, ainda, falhas na legislação atual e que propiciam a conduta indesejada de transportadores dependendo do valor da mercadoria transportada, a exemplo do frango. Por seu turno, indica soluções aplicáveis a legislação atual e que poderiam ser testadas em algum momento no tempo.

Como recomendações, pode-se pensar em uma situação que mais agentes seriam incorporados no jogo como co-responsáveis da multa tais como: motorista, embarcador, etc. Estes co-responsáveis, quando comprometidos com a multa, poderiam gerar uma pressão interna ao sistema para o cumprimento da Lei.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARSON, J. E KEARNEY, T. (2011) Commercial Motor Vehicle Size/Weight Enforcement in Europe : Observations and Outcomes From a Recent U.S. Scan acessado em ; TOUR [http://www.road-transport-technology.org/HVTT10/Proceeding/Papers/Papers\\_WIM/paper\\_152.pdf](http://www.road-transport-technology.org/HVTT10/Proceeding/Papers/Papers_WIM/paper_152.pdf)
- FRISK, M. GÖTHE-LUNDGREN, M., JÖRNSTEN, K., RÖNNQVIST, M. (2010) Cost allocation in collaborative forest transportation. *European Journal of Operational Research* 205 448–458
- GIBBONS, R (1992) *Game Theory for Applied Economists*. Princeton University Press.
- GREEN E.J. E R.H. PORTER Noncooperative collusion under imperfect price information , *Econometrica*, Vol. 52, 1985, 1984, pp. 87-100
- LAM, J. S. L. E YAP, W. Y. (2006) A measurement and Comparison of Cost Competitiveness of Container Ports in Southeast Asia *Transportation* (2006) 33:641–654.
- Legal Load Limits, Overweight and Pavements and Bridges de julho de 2006, acesso em 21/02/2011 <http://www.wsdot.wa.gov/biz/mats/Folios/TruckLoadsFolio.pdf>
- LIU, P. , WU1, Y E XU, N. (2010) Allocating Collaborative Profit in Less-than-Truckload Carrier Alliance. *J. Service Science & Management*, 2010, 3: 143-149 Em : <http://www.SciRP.org/journal/jssm>
- NASH, J. F. (1950), Equilibrium Points in N-person Games, en *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, em: <http://www.pnas.org/content/36/1/48.full.pdf>
- OLIVEIRA, A. V. M. (2004) An empirical model of low-cost carrier entry. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* Volume 42, Issue 4, Pages 673-695.
- OLIVEIRA, A. V. M. (2007) Uma equação de lucros para operadores de transporte em situações de competição em preços. *revista de literatura dos transportes*, vol. 1, n. 1, pp. 7-22
- OSBORNE, M.J. E RUBENSTEIN, A. (1994) *A Course in Game Theory*. MIT Press.
- REIS, N. G., Regulamentação do TRC no Brasil e no Mundo, acesso em 22/01/2011 <http://www.ntcnet.org.br/regtrc.htm>.
- SCARCELLI, MARCELO (2008) Análise do processo de negociação de tarifas de transporte através da utilização da teoria dos jogos. 55 F.
- Site GETLOAD. Are You For Overweight Penalties or Weight Limit Reform? Acessado em 22/01/2011. <http://www.getloaded.com/content/are-you-overweight-penalties-or-weight-limit-reform>
- SILVA, F. G. F. ; MARTINS, F. G. F ; ROCHA, C. H. ; QUEIROZ, M. P. ; ARAUJO, C. E. F. . Competição entre Empresas no TRIP e Medidas de Bem-Estar.. In: PANAM, 2010, Lisboa. XVI PANAM, July 15-18, 2010 Lisbon, Portugal, 2010.

- TUROLLA, F. A., LOVADINE, D., OLIVEIRA, A. V. M. (2006) Competição, Colusão e Antitruste: estimação da conduta competitiva de companhias aéreas. Revista Brasileira de Economia, Rio de Janeiro v. 60 n. 4 / p. 425–459 Out-Dez 2006
- VASSALLO, M. D. (2010) Simulação de fusão com variações de qualidade no produto das firmas: aplicação para o caso do code-share varig-tam. revista de literatura dos transportes, vol. 4, n. 2, pp. 50-100.
- VEHICLE CODE SECTION 42030-42032, acesso em 23/01/2011 <http://www.leginfo.ca.gov/cgi-bin/displaycode?section=veh&group=42001-43000&file=42030-42032>