# APRESENTAÇÃO DE UM MODELO DE JOGOS PARA SELEÇÃO DO PORTFÓLIO DE PRODUTOS NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CAMINHÕES

**Bianca Fialho Silva**
Universidade Federal de Ouro Preto
bianca.fialho@aluno.ufop.edu.br

**Vera Lúcia Santos Castro**
Universidade Federal de Ouro Preto
vera.castro@aluno.ufop.edu.br

**Thiago Augusto de Oliveira Silva**
Universidade Federal de Ouro Preto
thiago@ufop.edu.br

**Sérgio Evangelista Silva**
Universidade Federal de Ouro Preto
sergio.silva@ufop.edu.br

## RESUMO

O mercado brasileiro de caminhões é um mercado dinâmico e oligopolizado e, portanto, o desenvolvimento de ações estratégicas se faz necessário para que a empresa se estabeleça com melhor posição no mercado. Consequentemente, torna-se significativo entender melhor estrutura do mercado a partir das necessidades dos consumidores. Nesse contexto, este estudo objetiva retratar a competição existente no mercado de caminhões por meio da composição de um modelo baseado em Teoria dos Jogos, além de analisar o comportamento estratégico de duas montadoras de caminhões de acordo com as categorias de produto. Como resultado, obteve-se um modelo de jogo mais completo do que outros artigos presentes na literatura e que se demonstrou consistente frente às suposições estabelecidas.

**Palavra-chave:** Teoria dos Jogos; Microeconomia; Indústria de Caminhões.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a dependência das atividades econômicas perante o deslocamento de bens e pessoas, torna-se evidente a importância do transporte para toda economia. De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT)[1], mais de 60% de toda a carga que trafega em território nacional é movimentada através do transporte rodoviário. Nesse sentido, deve-se ressaltar o fato de que a economia brasileira é bastante dependente do modal rodoviário, o que resulta em grande força para o comércio de caminhões no Brasil.

Tal mercado converge para a centralidade de seis montadoras, as quais detém 95,58% do volume total de emplacamentos, segundo o anuário de 2017 da FENABRAVE [2].

Por sua vez, o mercado brasileiro de caminhões também sofre interferências geradas pelo cenário econômico, o que pode ser constatado pelas oscilações nas vendas proporcionais aos indicadores econômicos, como pode ser visto no anuário de 2016 da ANFAVEA [3]. Diante desse mercado dinâmico e oligopolizado, o desenvolvimento de ações estratégicas se faz necessário para que a empresa se estabeleça com melhor posição no mercado. Consequentemente, torna-se significativo entender melhor estrutura do mercado a partir das necessidades dos consumidores. Assim, o desenvolvimento de estratégias para o portfólio de produtos se mostra relevante para cada organização, oferecendo a oportunidade de alcance de uma vantagem competitiva.

Concentrando-se na ideia de que cada empresa pode estabelecer uma estratégia baseando-se no possível retorno oferecido, este estudo objetiva retratar a competição existente no mercado de caminhões por meio da composição de um modelo baseado em Teoria dos Jogos, além de analisar o comportamento estratégico de duas montadoras de caminhões de acordo com as categorias de produto. Dessa forma, a operacionalização deste trabalho se deu em duas etapas: Na primeira etapa, propõe-se uma modelagem do oligopólio com base em Teoria dos Jogos considerando-se os atributos de valor intrínsecos aos produtos do portfólio de cada montadora. Já na segunda etapa, a contribuição é realizada através da análise de uma situação real referente à indústria de caminhões modelada como um duopólio utilizando o modelo proposto.

O presente estudo encontra-se decomposto em Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Apresentação do Modelo, Resultados e Conclusão. Os dois primeiros tópicos evidenciam as teorias de forma a introduzir paulatinamente conceitos de teoria dos jogos e estratégias competitivas. Na seção Apresentação do Modelo explica-se o modelo matemático elaborado, sendo a seção Resultados responsável por expor e avaliar seus resultados. Encerrando o trabalho, a Conclusão elucida discursivamente os resultados obtidos, além de sugerir possíveis trabalhos futuros diretamente ligados a este tema.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Porter (1996) [4] enuncia que as estratégias se voltam para a diferenciação dos produtos de cada empresa em relação aos seus concorrentes para assim ganhar o mercado. Para uma melhor análise do mercado é utilizada a teoria das Cinco Forças de Porter que são divididas em: (i) ameaça de novos entrantes; (ii) pressão de produtos substitutos; (iii) poder de barganha dos fornecedores; (iv) poder de barganha dos consumidores e (v) rivalidade entre os competidores.

A ameaça de novos entrantes interfere diretamente no lucro da empresa, afinal, com a entrada de uma nova empresa no mesmo segmento de atuação há uma divisão do mercado, acarretando diretamente na diminuição do lucro de todos os envolvidos. A pressão de produtos substitutos é influenciado pelas inovações tecnológicas e ameaças por custos menores de produção, tais implicações geram uma pertubação no perfil do consumidor, e uma perda da fatia de mercado das empresas que não se adaptam a ele. Já a terceira força, poder de barganha dos fornecedores, é determinado pelo nível de diferenciação do produto, quantidade de fornecedores existentes, produtos substitutos no mercado e pelos custos de mudança da empresa, exprimindo assim a força que os fornecedores possuem para limitar as ações de seus consumidores (PORTER, 2008)[5]. Com quarta força, o poder de barganha dos consumidores pode ser entendido como a capacidade de negociação do cliente. Por fim, a rivalidade entre concorrentes se relaciona com todas as demais forças definidas por Porter (1996) [4], ela se refere ao nível de competitividade entre os concorrentes.

Em uma outra perspectiva, Contador e Meireles (2001)[6] sugerem o modelo de Armas de Competição, onde campos de competição existem de modo a expressar as vantagens competitivas as quais o consumidor de um produto ou serviço deseja. Especificamente, as armas possuem utilidade no planejamento da empresa, com foco nos mecanismos afim de garantir uma certa vantagem competitiva dentro de cada campo no mercado a qual atua.

Ao se referir às necessidades do consumidor, pode-se assumir que existem um conjunto características especificas do produto para cada consumidor que geram a ele um valor agregado, interferindo diretamente na aquisição do mesmo. Silva et al. (2018) [7] diz que os bens do mercado possuem vários atributos de valor, como por exemplo qualidade, preço, rapidez, que podem se relacionar diretamente a decisões estratégicas tomadas em cenário competitivos. Com isso, pode-se inferir que a estratégia competitiva está ligada a maneira a qual a empresa gera valor aos seus produtos.

A Teoria dos Jogos é um ótimo alicerce para o entendimento das estratégias em situações reais, pois envolve conceitos econômicos e matemáticos com o intuito de avaliar as ações dos agentes econômicos em situações tanto de competição quanto de cooperação dentro de um determinado mercado. Tal competição deve ser modelada de forma a identificar as melhores estratégias a serem tomadas pelos participantes dentro de um jogo. Segundo Bierman et al. (2011) [8],o jogo é definido pelas estratégias de cada um dos agentes no mercado, gerando-se situações nas quais há interdependência entre tomadores de decisões. Vendo as empresas como tomadoras de decisões, o objetivo individual das mesmas é agir de forma a alcançar a maior utilidade individual, chamado *payoff*, o que pode ser, por exemplo, o maior retorno financeiro obtido por cada empresa, levando em consideração a influência das ações tomadas pelos outros competidores, o que torna o grau de complexidade da análise das ações dos agentes uma tarefa complexa.

Nash (1951)[9], define o equilíbrio em jogos competitivos quando os agentes não possuem incentivo para alterar sua estratégia, frente às estratégias dos outros jogadores. De forma mais específica, de acordo com Bierman et al. (2011)[8], o equilíbrio de Nash perante uma situação onde assumindo a racionalidade dos jogadores, cada jogador entrará com a sua melhor resposta/ação perante a estratégia do seu oponente, acreditando também na racionalidade dos seus oponentes, cujos objetivos, do mesmo modo, se baseiam na adoção de suas melhores respostas. Uma vez que os *payoffs* são determinados pelas estratégias dos jogadores, se faz necessária a análise das estratégias escolhidas pelas empresas de forma a encontrar o equilíbrio para o mercado. Em alguns casos, a estratégia pode ser dominante, onde a ação tomada se destaca em relação a quaisquer outros conjuntos de estratégias a serem adotadas pelos jogadores Bierman et al. (2011)[8]. Em paralelo gera-se estratégias dominadas, que são as estratégias excludentes às dominantes. É importante também levar em consideração os conceitos de estratégias puras ou mistas, sendo a primeira representada por um plano não aleatório e que contempla todas as possíveis contingências para o agente Bierman et al. (2011))[8]. Já as estratégias mistas tangem a perspectiva da atribuição de probabilidade às escolhas.

Outros autores trataram problemas similares, como a existência de Equilíbrio de Nash em estratégias puras em competições por preço, relatado por Dastidar (1995)[10] .Nesse caso, com uma situação de empresas homogêneas, esse equilíbrio não é único, porém tratando-sede empresas diferentes, o equilíbrio pode ser único. De forma análoga, Nocke (2018)[11], tratou um cenário de múltiplas empresas com demandas do tipo CES ou MNL, utilizando uma função de demanda baseada em probabilidade de compra semelhante à utilizada nesse artigo. Com isso, o autor prova a existência e unicidade de equilíbrio nas condições relatadas dos pressupostos de demanda, além de sugerir a adesão da forma de decisão em quais produtos devem ser oferecidos, ressaltando que nesse caso o equilíbrio provavelmente não é único. Shaked (1990)[12], expôs casos com dois e três bens explorando a ação estratégica em diferentes situações (simétricas e assimétricas), encontrando nesses casos vários equilíbrios. Para isso, o artigo propõe uma nova parametrização a modelos já existentes, testando a relação entre o tamanho de mercado e a estrutura de mercado. Goldberg (2012) [13], tratando da indústria automobilística dos EUA, desenvolveu e estimou um modelo para tal cenário, abordando a visão da demanda através de um modelo de escolha discreta, o qual utiliza dados relativos às escolhas do consumidor.A indústria automobilística é modelada como um oligopólio com diferenciação de produto, sendo que o equilíbrio é caracterizado pela opção das empresas de maximizarem o lucro. Dessa forma, Goldberg (2012) [13], faz uma abordagem muito semelhante à proposta nesse estudo.

No presente trabalho, o mercado de caminhões é modelado baseando nas premissas que a decisão dos jogadores são simultâneas, cada jogador age uma única vez e que todas as informações necessárias são perfeitas para uma tomada de decisões racional. O mercado de caminhões brasileiro é composto maioritariamente por seis montadoras: Man, Volvo, Scania, Mercedes Benz, Ford e Iveco, as quais competem entre si e são jogadoras nos seguimentos que atuam. Mazza (2017) [14] propôs uma modelagem para analisar o mercado de caminhões através de estudos pautados na Teoria dos Jogos, onde se concluiu a aplicabilidade dessa ferramenta para a análise do mercado em questão.

## 3. METODOLOGIA

O presente estudo pode ser definido como axiomático exploratório-descritivo, fundamentado em modelagem quantitativa, uma vez que se baseia na tentativa de descrever o mercado a partir da concepção de um modelo matemático teórico para a explicação de um fenômeno conforme definido por Bertrand e Fransoo (2002). Os dados para a integralização da análise são referentes à indústria de caminhões, sendo estes retirados de quatro fontes. Primeiramente, utilizou-se o anuário de 2015 da Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (FENABRAVE, 2015). Da mesma forma, coletou-se dados da publicação de 2016 da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2016), e dos dados oficiais fornecidos pelo Departamento Nacional de Trânsito do Ministério das Cidades e pela Tabela FIPE (FIPE (2018)).

A modelagem do jogo tem como principal aspecto as estratégias de portfólio de duas empresas atuantes, onde cada uma deverá decidir, quantos produtos, quais são os atributos de valor e qual o preço de cada um de seus produtos. A modelagem será detalhada na próxima seção. A implementação computacional do modelo de jogo foi realizada em Python 2.7 e a solução do problema de otimização combinatória para encontrar o equilíbrio de Nash foi definida com o uso do Cplex 12.6 com interface pelo software AMPL.

# 4. APRESENTAÇÃO DO MODELO

## 4.1. ESCOLHA DO CONSUMIDOR

Supondo que cada consumidor, ou grupo de consumidores, possui um nível desejado de desempenho em cada atributo ($v_a \in \Psi$) para a aquisição de produtos neste mercado. Cada empresa atuante neste mercado ($i \in I$) possui um portfólio próprio de produtos ($K_i$) onde cada produto, $k \in K_i$, possui sua performance em cada atributo de valor expressa através do vetor $v_k$, definido em $\mathbb{R}^{\Psi}$, e seu preço $p_k \geq 0$. Neste mercado cada consumidor possui um orçamento $O$ e está disposto a comprar no máximo uma unidade de produto. A função a utilidade do consumidor depende de um *trade-off* entre o nível de adequação do desempenho um produto adquirido ($v_k$) em relação à sua expectativa ($v$), representadas pela função $na(v_k, v)$ (ou $na_{k,v}$ para simplificar), e da sobra de orçamento $s_o$. Na expressão 1, o vetor $x = \{x_k\}_{k \in K_i, i \in I}$ representa as variáveis binárias que indicam a aquisição do produto $k \in K_i, i \in I$ e $U(x, s_o)$ a função utilidade que determina a satisfação do consumidor para uma dada cesta $(x, s_o)$.

$$U(x, s_o) = \gamma s_o + \sum_{k \in K_i, i \in I} na_{k,v} x_k \tag{1}$$

Considerando as premissas apresentadas, as equações 2-6 representa o problema de escolha do consumidor.

$$\begin{aligned}
& \max U(x_1, x_2, \ldots, s_o) && (2)\\
\text{Subject to:} \quad & s_o + \sum_{k \in K_i, i \in I} p_k x_k = O, && (3)\\
& \sum_{k \in K_i, i \in I} x_k = 1, && (4)\\
& x_k \in \{0, 1\}, \quad \forall k \in K_i, i \in I && (5)\\
& s_o \geq 0 && (6)
\end{aligned}$$

A resposta ótima para o problema de escolha definido pode ser facilmente identificada por inspeção, fazendo $x_k = 1$ e $s_o = O - p_k$ para $k$ definido por 7.

$$k = \arg \max_{l \in K_i, i \in I} \{na_{l,v} + \gamma(O - p_l)\} \tag{7}$$

## 4.2. DEFINIÇÃO DO PAYOFF DE MERCADO

Retomando as discussões da secção anterior podemos retratar as variações dos produtos de um mercado em um espaço $\mathbb{R}^n$ definido para os $n$ atributos de valor voltados ao interesse do consumidor, onde os produtos são situados de acordo com seu desempenho em cada dimensão.

Determina-se então $v_k$ como um vetor, $n$-dimensional, formado pelas variáveis relativas ao desempenho de um produto $k$ em cada atributo de valor $(i)$. Assim, é possível mapear no espaço $\mathbb{R}^n$, o desempenho dos itens ofertados pelos competidores através das coordenadas obtidas pelos mesmos.

A Figura 01 representa o mapeamento de produtos no mercado considerando duas dimensões de atributos de valor (e.g., imagem da marca e potência do motor).

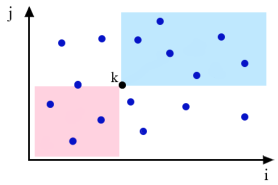


Figura 1: Gráfico de Atributos

Os produtos são representados pelos pontos azuis. Tendo como referência o produto $k$ na figura, a área no gráfico com destaque em azul representa os produtos cujo desempenho é superior ao produto $k$. Da mesma forma, a área destacada em rosa contém os produtos cujo desempenho é inferior a $k$.

Partindo do pressuposto que cada consumidor, ou grupo de consumidores, possui um ponto no mapa que retrata um de nível de desempenho desejado de cada atributo idealizado para a aquisição do produto, pode-se representar no espaço $\mathbb{R}^n$ curvas de densidade da distribuição dos níveis de desempenho pretendido pelos consumidores. A Figura 2 exemplifica as curvas de nível da densidade da distribuição dos níveis de desempenho desejados em um mercado com dois atributos de valor.

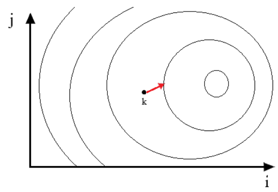


Figura 2: Curvas de nível da densidade da distribuição dos níveis de desempenho desejados

Define-se a norma $d_{(k,v)}$ para um produto $k$ (representada pela seta em vermelho) e uma curva de nível de desempenho superior está relacionada à adequação deste produto ao consumidor. Pela equação 8:

$$d_{(k,v)} = \sqrt{\sum_{v \in V} (max(0, v - k_{(v)}))^2} \tag{8}$$

O nível de adequação de um produto ao consumidor é expresso pela equação 9, sendo o inverso distância assimétrica do desempenho deste item ao nível mínimo desejado pelo consumidor

$$na(k,v) = \frac{1}{d(k,v)+1} \tag{9}$$

De acordo com o exposto na secção anterior, o nível de adequação de um produto pode ser visto como uma medida de utilidade. Isto é, o consumidor irá dispor desta utilidade ao obter uma unidade do produto, pode-se afirmar que o este nível mede a utilidade marginal do produto tendo como base que o consumidor ainda não consumiu nenhuma unidade do produto. Conforme o modelo de escolha representado pelas equações (2)-(6).

Considerando a impossibilidade do cliente possuir informação imperfeita, indicador $A(k,v)$ é determinado de forma a retratar a probabilidade de compra do produto $k$ pelo cliente do ponto $v$ (Equação 10).

$$A_{k,v(p_k)} = \frac{na_{k,v} + \gamma * (a - p_k)}{\sum_{i \in I} \sum_{l \in K_i} na_{l,v} + \gamma * (a - p_l)} \tag{10}$$

O volume total de vendas do produto $k$ no mercado expressa a função $f(v_1, v_2, ..., v_n)$ da densidade de probabilidade de um consumidor se situar no ponto $v = (v_1, v_2, ..., v_n)$

$$\Delta_{(k)} = \int\int ... \int A_{(k,v)} f(v_1, v_2, ..., v_n) dv_1 dv_2 ... dv_n \tag{11}$$

Tornando as dimensões discretas, sendo $\Psi = v_1 \times v_2 \times ... \times v_n$ um espaço discreto de possíveis desempenhos para os produtos nas n-dimensões e $q(v_1, v_2, ..., v_n)$ a quantidade de consumidores que se encontram situados no ponto $v = (v_1, v_2, ..., v_n)$ e $\Psi$, o valor de $\Delta_{(k)}$ é aproximado a partir da Equação 12:

$$\Delta_{k(p_k)} \approx \sum_{v \in \Psi} A_{k,v} * q_v \tag{12}$$

O faturamento obtido pelo produto $k$ no mercado será expresso pela equação 13, a qual representa a utilidade gerada por este item para o competidor que o oferece.

$$B_{k(p_k)} = p_k * \Delta_{k(p_k)} \tag{13}$$

Considerando o custo de produção do produto $k$ dado pela expressão:

$$Custo_{k(\Delta_k)} = d_{k,v} * \Delta^2_{k(p_k)} \tag{14}$$

Temos um lucro expresso pela equação 15, onde o lucro do competidor $i$ por produto $p$ é:

$$L_{i(p)} = \sum_{k \in k_i} \left[ B_{k(p_k)} - d_{k,v} * \Delta^2_{k(p_k)} \right] \tag{15}$$

## 4.3. MODELO MATEMÁTICO PARA O EQUILÍBRIO DE NASH

De forma a viabilizar a proposta de cálculo de um equilíbrio para o jogo estipulado neste trabalho, utiliza-se o modelo matemático proposto por Sandholm et.al (2005), o qual permite a determinação de um equilíbrio de Nash em um jogo com dois jogadores. A partir dessa concepção, define-se cada agente como $i$, o qual pode realizar estratégias $s_i$ contidas no conjunto $S_i$ finito de estratégias puras. Da mesma forma, os agentes podem utilizar estratégias mistas partindo das estratégias originais compreendidas em $S_i$. A cada estratégia $s_i$ escolhida pelo jogador $i$, este obtém uma utilidade $u_i(s_i, s_{1-i})$, onde $s_{1-i}$ é a estratégia do oponente, descrito como $1 - i$. Assim, convergindo ao panorama da Teoria dos Jogos, mostra-se que o payoff de um jogador dada escolha de determinada estratégia, está relacionado à estratégia do oponente. Analogamente, $u_{(s_i)}$ indica a utilidade esperada de uma estratégia específica, $s_i$, sem comparação com o jogador adversário.

Quando a escolha realizada se mostra diferente da que gera maior utilidade, gera-se um arrependimento $r$ ligado a essa estratégia. Partido do pressuposto de que em um equilíbrio toda estratégia pura é jogada com probabilidade 0 ou tem arrependimento 0, cada estratégia no conjunto $S_i$ recebe uma probabilidade relacionada $\pi_s i$ já predefinida. A única constante do modelo representada por $U_i$, aponta a máxima diferença entre duas utilidades com possibilidade de serem obtidas pelo jogador $i$.

$$\text{Obj:} \quad \max \sum_{i \in I} u_i \tag{16}$$

$$\text{S.a.:} \quad \sum_{s_i \in S_i} \pi_{s_i} = 1 \qquad \forall i \in I, \forall s_i \in S_i \tag{17}$$

$$u_{s_i} - \sum_{s_i \in S_i} \pi_{s_i - 1} u_i(s_i, S_1 - i) = 0 \qquad \forall i \in I, \forall s_i \in S_i \tag{18}$$

$$u_i \geq u_{s_i} \qquad \forall i \in I, \forall s_i \in S_i \tag{19}$$

$$r_{s_i} = u_i - u_{s_i} \qquad \forall i \in I, \forall s_i \in S_i \tag{20}$$

$$\pi_{s_i} \leq 1 - b_{s_i} \qquad \forall i \in I, \forall s_i \in S_i \tag{21}$$

$$r_{s_i} \leq U_i b_{s_i} \qquad \forall i \in I, \forall s_i \in S_i \tag{22}$$

Domínios: $:\pi_{s_i} \geq 0,\ u_i \geq 0,\ u_{s_i} \geq 0,\ r_{s_i} \geq 0,\ b_{s_i} \in \{0, 1\}$.

A função objetivo do modelo busca pelo maior valor na soma das utilidades de cada jogador. De forma a delimitar melhor o cenário, mostra-se a restrição (17) em que o requisito dos resultados probabilísticos é atendido, uma vez que o somatório das probabilidades deve ser sempre igual a 1. Observa-se na segunda restrição (18) que a utilidade da escolha do jogador analisado é decorrente da probabilidade do jogador escolher uma determinada ação de acordo com a utilidade disponível a esse. Perante a terceira restrição (19), define-se que a utilidade do jogador restringe superiormente a utilidade gerada pela estratégia escolhida, dessa forma, a utilidade do jogador sempre será maior que a da jogada.Por conseguinte, as restrições (18) e (19) garantem a ocorrência do equilíbrio de Nash. Todavia, a restrição (18) tende a ser redundante, uma vez que a restrição (20) e o domínio $r_{s_i} \geq 0$ consequentemente já delimitam $u_i$. O arrependimento é tratado na restrição (20) como a diferença entre o maior ganho possível e o benefício referentes à jogada, ou seja, recebe-se a diferença entre a utilidade do jogador e a utilidade por escolher a estratégia $s_i$. Na restrição (21), a variável binária $b_{s_i}$ delimita a probabilidade da jogada, de modo que o resultado igual a 1 resulta na não utilização da estratégia,gerando uma probabilidade igual a zero. Do contrário a probabilidade será maior que zero. Mostra-se através da restrição (22) que o arrependimento não interfere de forma significativa numa jogada, uma vez que é implícito o fato de o jogador estar fazendo o melhor que pode ao escolher uma ação.

$$\text{Obj2:} \quad \max \sum_{i \in I} \pi_{\bar{s}_i} \tag{23}$$

Considerando $\bar{s}_i$ como a estratégia corrente adotada pelo jogador $i$, a função objetivo do modelo 16-22 pode ser substituída pela função objetivo 23 quando deseja-se encontrar um equilíbrio onde a soma das probabilidades de aplicação da estratégia corrente por parte dos jogadores é maximizada.

## 5. RESULTADOS

Para análise de uma circunstância hipotética, são utilizados dados das duas principais montadoras atuantes no segmento de caminhões semileve no Brasil: Mercedes Bens e Iveco. O jogo foi modelado através de uma função de *payoffs*. Cada jogador define sua estratégia ao determinar a quantidade de modelos que irá colocar no mercado (1,2 ou 3), o desempenho do atributo de valor Peso Bruto Total (PBT) para cada modelo e os respectivos preços.

O cenário base para análise é o mesmo utilizado em Silva et al. (2018)[15] e referese ao cenário de 2014 construído a partir de dados obtidos do relatório da ANFAVEA ([16]), da tabela FIPE ([17]), dos sites das montadoras e da suposição de que o nível desejado de desempenho que consumidor espera dos modelos é normalmente distribuído com média 4.0 ton e desvio de 1.0 ton. A Tabela 1 apresenta a descrição deste cenário. A primeira coluna especifica a montadora, seguida pelo portfólio atual e o total de vendas em 2014 no segmento.

| Montadora | Portifólio (Nome, PBT, Preço) | Vendas |
|---|---|---|
| **Iveco** | (Daily 45S17; 4176 kg; R$ 91500,00)<br>(Daily 55C17; 5300 kg;R$ 102500,00) | 931 |
| **Mercedes-Benz** | (Sprinter 311; 3500 kg; R$ 91761,00)<br>(Sprinter 415;3800 kg; R$ 92098,00)<br>(Sprinter 515; 5000 kg; R$ 97236,00) | 1364 |

Tabela 1: Situação real

Por sua vez, a Tabela 2 apresenta os dados ajustados pelo modelo. Para a análise deste duopólio, considera-se apenas uma dimensão de performance, o PBT, discretizado em 0.5 toneladas, variando entre 3,5 a 6,0 toneladas. As opções de preço também foram discretizadas, porém nesse caso entre 90 e 110 mil reais com step de 5 mil reais. Para limitar o total de combinações entre os modelos, evitou-se a possibilidade de oferta, por um jogador, de modelos diferentes com mesmo preço e/ou performance. Na segunda coluna apresenta-se o portfólio discretizado para o modelo matemático, além do total de vendas, do faturamento e do lucro que o modelo estimou para esta situação.

| **Montadora** | **Portfólio (PBT; Preço; $d_{k,v}$)** | **Vendas** | **Faturamento** ($R\$ \times 10^6$) | **Lucro** ($R\$ \times 10^6$) |
|---|---|---|---|---|
| **Iveco** | (4000 kg; R$ 90 mil; 0,14)<br>(5500 kg; R$ 105 mil; 0,279) | 934,2 | 90,66 | 2,6 |
| **M.Benz** | (3500 kg; R$ 90 mil; 0,154)<br>(4000 kg; R$ 95 mil; 0,185)<br>(5000 kg; R$ 100 mil; 0,246) | 1381,8 | 131,6 | 6,8 |

Tabela 2: Situação estimada

Para as estimativa de vendas e de lucro, foi necessário supor valores para os parâmetros $\gamma$ (0.25), $a$ (120 mil) e para os custos $d_{k,v}$ apresentados na segunda coluna.

A situação apresentada acima, no entanto, não é estável uma vez que ambos competidores teriam incentivos para mudar suas estratégias. Em outras palavras, o mercado não se encontra em equilíbrio de Nash uma vez que:

- **Iveco:** Considerando o portfólio da Mercedes como fixo, percebe-se que a Iveco possui incentivo para alterar sua decisão para um portfólio composto por três produtos: 3500 kg / R$ 100 mil, 4000 kg / R$ 105 mil e 4500 kg / R$ 110 mil. Neste caso, teria um lucro de R$ 59,1 milhões ante R$ 14,6 milhões da Mercedes.
- **Mecedes-Benz:** Considerando o portfólio da Iveco como fixo, percebe-se que a Mercedes possui incentivo para alterar sua decisão para um portfólio composto por três produtos: 3500 kg / R$ 100 mil, 4000 kg / R$ 105 mil e 4500 kg / R$ 110 mil. Neste caso, teria um lucro de R$ 34,8 milhões ante um prejuízo de R$ 10,1 milhões da Iveco.

O cálculo do equilíbrio para o cenário descrito utilizando o modelo (16  22) revela uma situação de equilíbrio em estratégias puras onde as duas montadoras possuem a mesma estratégia: 3500 kg / R$ 100 mil, 4000 kg / R$ 105 mil e 4500 kg / R$ 110 mil. Neste caso, a Iveco teria um lucro de R$ 59,5 milhões frente à R$ 39,3 milhões da Mercedes.

Na tentativa de encontrar um equilíbrio diferente, utilizou-se a função objetivo (23). Como resultado, obteve-se o mesmo equilíbrio da aplicação do modelo anterior com valor de objetivo igual a zero. Isto que dizer que, para a parametrização proposta, não há equilíbrio em estratégias mista que possua as ações realmente empregadas como parte do suporte. Este resultado sugere que esse jogo possa ter equilíbrio único.

Ao analisar o mercado sob a ótica deste jogo, pode-se concluir que seria interessante para as empresas colocarem no mercado modelos com performances mais baixas e preços mais elevados.

Tratando-se de um modelo estático que pressupõe informação perfeita, é difícil avaliar a sua capacidade explicativa. Mesmo em um modelo perfeito, não há garantia de que o resultado encontrado enquanto equilíbrio seja aderente à ações aplicadas pelas empresas do setor. Primeiramente, o equilíbrio real pode se dar em termos de estratégia mista, o que levaria uma certa aleatorização do comportamento dos jogadores. Além disto, não há garantia de que as empresas possuem total acesso à informação, isto é, a racionalidade é limitada.

Embora não tenha sido capaz de reproduzir o comportamento real das empresas, considerando os pressupostos, os resultados gerados pelo modelo são coerentes o que sugere que o mesmo possa ser utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão. O modelo apresentado contempla diversos aspectos da situação deste mercado em comparação com trabalhos anteriores (ver, e.g., [12, 10, 13, 14, 11, 15]), no entanto, ainda há espaço para desenvolvimento da modelagem no sentido de incorporar, por exemplo, custo de introdução de um novos modelos e economias de escala.

## 6. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou e discutiu um modelo para análise do mercado de caminhões a partir da teoria dos jogos. O modelo de jogo apresentado é mais completo do que outros artigos presentes na literatura e se demonstrou consistente frente às suposições estabelecidas. Isto pode ser um indicativo de que o modelo possui potencial de uso como ferramenta de apoio à decisão. Ressalta-se que a realização de pesquisa empírica esbarra na dificuldade de se estimar alguns parâmetros necessários para o ajuste do modelo. Somado a isso, há também a dificuldade de calcular o equilíbrio para múltiplos jogadores. Como trabalhos futuros pode-se expandir a análise para múltiplos jogadores utilizando outras abordagens para cálculo do equilíbrio e, por outro lado, investir em uma maior adequação da modelagem do problema.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CNT, C. N. d. T. Plano cnt de logística. *CNT, Brasília, DF*, 2008. 1

[2] FENABRAVE. Anuário 2017. *FENABRAVE*, 2017. 2

[3] ANFAVEA. Anuário 2016. *ANFAVEA*, 2016. 2

[4] PORTER, M. E. O que é estratégia. *Harvard Business Review*, v. 74, n. 6, p. 61–78, 1996. 2, 3

[5] PORTER, M. E. The five competitive forces that shape strategy. *Harvard business review*, v. 86, n. 1, p. 25–40, 2008. 3

[6] CONTADOR, J. C.; MEIRELES, M. Análise da competitividade por campos e armas da competição. *XXV EnANPAD*, v. 25, p. 9, 2001. 3

[7] SILVA, S. E.; FILHO, W. R. C.; SILVA, T. A. O. Product value dimensions and strategic decisions. *INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)*, v. 6, n. 1, p. 2–19, 2018. 3

[8] BIERMAN, H. S.; FERNANDEZ, L. F. *Teoria dos jogos*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2011. 3

[9] NASH, J. Non-cooperative games. *Annals of mathematics*, JSTOR, p. 286–295, 1951. 3

[10] DASTIDAR, K. G. On the existence of pure strategy Bertrand equilibrium. *Economic Theory*, v. 5, n. 1, p. 19–32, feb 1995. ISSN 0938-2259. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF01213642>. 4, 11

[11] NOCKE, V.; SCHUTZ, N. Multiproduct-Firm Oligopoly: An Aggregative Games Approach. *Econometrica*, v. 86, n. 2, p. 523–557, 2018. ISSN 0012-9682. Disponível em: <https://www.econometricsociety.org/doi/10.3982/ECTA14720>. 4, 11

[12] SHAKED, A.; SUTTON, J. Multiproduct Firms and Market Structure. *The RAND Journal of Economics*, v. 21, n. 1, p. 45, 1990. ISSN 07416261. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.2307/2555492>. 4, 11

[13] SOCIETY, T. E. Product Differentiation and Oligopoly in International Markets : The Case of the U . S . Automobile Industry Author ( s ): Pinelopi Koujianou Goldberg Reviewed work ( s ): Published by : The Econometric Society Stable URL : http://www.jstor.org/stable/217. v. 63, n. 4, p. 891–951, 2012. 4, 11

[14] MAZZA, R. A. Proposta de modelagem para análises das estratégias de custo-benefício praticadas pelas empresas da indústria brasileira de caminhões, via teoria dos jogos. 2017. 4, 11

[15] SILVA, B. F. d.; SILVA, T. A. O.; SILVA, S. E. Análise de estratégias das montadoras atuantes na indústria brasileira de caminhões a partir da teoria dos jogos. *XXV Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, Novembro de*, 2018. 9, 11

[16] ANFAVEA. Anuário 2014. *ANFAVEA*, 2014. 9

[17] ECONôMICAS, F. Fundação Instituto de P. *Preço Médio de Veículos*. 2018. Disponível em: <https://veiculos.fipe.org.br/>. 9