**Jogos cooperativos na gestão da cadeia de suprimentos**

João B. G. Brito, *Esp.*  
[jbgb@uol.com.br](mailto:jbgb@uol.com.br)

Michel J. Anzanello, *Phd*  
[michel.anzanello@gmail.com](mailto:michel.anzanello@gmail.com)

26 de junho de 2016

**Resumo**

No ambiente da cadeia de suprimentos (CS) as decisões de cada organização tendem a refletir nos seus elos. A análise dessas interações é importante para avaliar a colaboração entre seus membros, sugerir acordos e buscar o equilíbrio mais rentável. O presente artigo busca a equalização da contribuição marginal em consonância com axiomas de justiça oferecidos pelo emprego da teoria dos jogos cooperativos (TJC). A proposta é oferecer uma solução computacional gratuita e *on-line* como interface de simulações do algoritmo *Shapley Value*. A aplicação dispõe de um mapa para apontar a geolocalização de cada membro; painel com ocorrências para informar a contribuição marginal de cada relação, e área de apresentação dos resultados. O *Shapley Value* retorna a razão justa de participação de cada componente na conjectura de todas as conexões — cooperações — possíveis. A proposta inicia com a apreciação dos conceitos da TJC na ambiência da Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS); o artigo afunila no estudo do método, e por fim, a lacuna é atendida pela implementação. A solução advém (adicionar os resultados). Conclui–se que a adoção do *Shapley Value* tem potencial de instrumentar apoio na definição de diretrizes da GCS, pois seu emprego oferece recursos para racionalizar relacionamentos, estratégias conflitantes e colaborativas.

Palavras-chave: Agentes da cadeia de suprimentos. Otimização. Teoria dos Jogos. Shapley  
value.

**Introdução**

Na profusão do mundo profissional organizações deparam-se com decisões difíceis de  
serem tomadas, tanto pela importância de suas consequências, quanto pelos resultados, muitas  
vezes, incertos (BEKMAN; NETO, 2009). Silver (2012) destaca que a incerteza[[1]](#footnote-1) é usualmente  
interpretada como risco[[2]](#footnote-2) — uma imprecisão mensurável; Tversky (1972) é remissivo ao uso da  
intuição em cenários de incerteza, um artifício comum no processo de eliminação[[3]](#footnote-3) de opções; e para Mlodinow (2009), tomar decisões e realizar avaliações sábias sobre condições de incerteza  
é uma habilidade rara. Porém, como qualquer habilidade, pode ser aperfeiçoada.

Na busca do julgamento perfeito, Condorcet (1785) formaliza o primeiro método de  
decisão ótima, utilizando probabilidade para quantificar alternativas. Davenport e Harris (2007) enfatizam o uso de ferramentas analíticas e de tomada de decisão para reduzir incertezas, agregar racionalidade e obter inteligência competitiva. Mas, para Kahneman (2012), apesar de  
as pessoas em geral serem racionais, com decisões lógicas e sensatas, emoções como medo, apego e ódio explicam na maioria dos casos a irracionalidade das escolhas. Para Ariely (2009), essa conduta define o conceito de economia comportamental, que considera como as pessoas  
se comportam e não como deveriam se comportar.

É natural do ser humano estabelecer comparações para fundamentar suas decisões, sendo influenciado por forças racionais. Entretanto, as pessoas nem sempre são tão racionais, existindo diversas situações em que podemos contar com sua previsível irracionalidade (ARIELY, 2012). À vista disso, Mesquita (2009b) defende o uso de ferramentas matemáticas que  
equacionem a predição de eventos de interação. Assim, introduz o uso da teoria dos jogos como  
mecanismo para entender comportamentos (MESQUITA, 2009a, min. 2:17–2:37).

Originalmente estabelecida em 1838 por Cournot a teoria alçou proeminência a partir  
do livro *The Theory of Games and Economic Behavior* de Neumann e Morgenstern (1947) que  
formalizou modelos matemáticos para estudo do comportamento econômico, nas interações  
entre agentes, em cenários de conflito ou cooperação. Transcendendo o ramo econômico, a  
teoria dos jogos ganhou aplicações em diversas áreas como: militar (HAYWOOD, 1954; RAND,  
2004), jurídica (ROSA, 2014), biológica (SMITH, 1982), filosófica (LEWIS, 2002) e política (LEVY; RAZIN, 2003).

No ambiente empresarial Golden e Dollinger (1993) discutem a aplicação da teoria dos  
jogos em alianças de cooperação e competições estratégicas e Wang (2007) destaca sua adoção  
como uma ferramenta de apoio para selecionar estratégias. Lygero, Godbole e Sastry (1996) utilizam modelos da teoria para desenvolver controles híbridos em sistemas complexos, Shen (2002) emprega a teoria para decisões de programação em ambiente de produção e Huang e Li (2001) utiliza abordagem na paridade das relações de publicidade da cadeia de suprimentos  
fabricante–varejista.

Para Campos (2012) não é raro que a aplicação dos conceitos de cadeia de suprimentos  
e logística[[4]](#footnote-4) ocorra em um contexto multidisciplinar incorporando conhecimentos das áreas de  
custo, informática, estatística e matemática. Ayers (2006) delineia uma cadeia de suprimentos  
como um conjunto de empresas e pessoas que se relacionam trocando informações e produtos.  
Já o processo de GCS compreende atividades de decisão relacionadas à organização deste  
ambiente (FREDENDALL, 2001) e abrange planejamento, controle e coordenação dos canais de  
distribuição (fornecedores, prestadores de serviço, intermediários, clientes) (PANITZ, 2007). No  
âmbito dessa conjuntura, a chave da cooperação entre empresas está em conseguir a unidade  
de motivação pelo alinhamento de incentivos (CAO; ZHANG, 2012).

Estudos sobre a aplicação da teoria dos jogos cooperativos no GCS versam como principal questão o gerenciamento harmonioso das decisões entre os elos da cadeia (DOBOS; PINTÉR, 2010). O pressuposto está na existência de uma estrutura comum entre agentes na qual o ganho ou custo seja compartilhado, seguindo critérios de justiça definidos por axiomas (BEZERRA; GRANDE; SILVA, 2009). Brink (2002) caracteriza a propriedade de justiça e eficiência pelo modelo de jogo cooperativo *Shapley Value*.

Introduzido em 1952 por Shapley, os mais recentes estudos do método — análogo ou no domínio do GCS — abarcam soluções nas ambiências do desenvolvimento sustentável (BAKR; CRANEFIELD, 2015), Internet das Coisas (MILITANO et al., 2016; KIM, 2016), redes sociais (KIM, 2016), distribuição de lucros[[5]](#footnote-5) (ZHUANG; MA, 2016), gerenciamento de projetos (DING et al., 2016), análise de impacto econômico[[6]](#footnote-6) (LIU; WILSON; LUO, 2016), grafos[[7]](#footnote-7) (KHMELNITSKAYA, 2016), estudos na alocação de custos para *e–commerce* (DONG; WU; LI, 2016), logística (De Vos; RAA, 2016), cooperação vertical e horizontal[[8]](#footnote-8) no gerenciamento de inventário e transporte (De Vos; RAA, 2016; LU; BOCK, 2016).

O presente artigo é uma abordagem sobre a execução do modelo *Shapley Value* para  
equacionar a contribuição marginal entre agentes de uma CS. A precípua está no rateio do  
custo rodoviário itinerário — comensurado em Km. Considerando uma hipotética coalizão  
formada por três fornecedores, adiciona-se indivíduos, um de cada vez, dando a cada um  
uma contribuição marginal *v(S ∪{i}) — v(S)* para *S* indivíduos. À medida que os custos são  
ponderados atinge-se uma noção de justiça. A seção 1 estrutura a narrativa do caso de estudo.  
Na seção 2 estuda-se os conceitos da teoria, exemplificando com o cenário fictício. A seção 3  
implementa o algoritmo na linguagem R[[9]](#footnote-9) — viabilizando futuras simulações. Ademais, a seção 4 retoma a proposta adicionando um parecer de conclusão; e, enfim, a seção 5 projetar novas  
lacunas com enlace para investigações em trabalhos futuros.

**Referências**

ARIELY, D. *Predictably Irrational: The Hidden Forces that Shape Our Decisions*. [S.l.]:  
HarperCollins Publishers, 2009. ISBN 9780007319923.

ARIELY, D. *The (Honest) Truth About Dishonesty*: How we lie to everyone – especially ourselves.  
[S.l.]: HarperCollins Publishers, 2012. ISBN 9780007477340.

AYERS, J. B. *Handbook of Supply Chain Management*. 2. ed. [S.l.]: Auerbach Publications, 2006.  
ISBN 9781420013009.

BAKR, S.; CRANEFIELD, S. Using the shapley value for fair consumer compensation in energy  
demand response programs: Comparing algorithms. In: . *IEEE 2015 IEEE International*  
*Conference on Data Science and Data Intensive Systems (DSDIS)*. [S.l.: s.n.], 2015. ISBN  
978-1-5090-0214-6.

BEKMAN, O. R.; NETO, P. L. O. C. Análise estatística da decisão. In: . 2. ed. São Paulo, Brasil:  
Blucher, 2009. cap. Introdução à teoria dos jogos, p. 122–140. ISBN 978-85-212-0468-8.

BEZERRA, F. A.; GRANDE, J. F.; SILVA, A. J. da. Análise e caracterização de modelos de custos  
que utilizam o valor de shapley para alocação de custos entre departamentos. *Gestão &*  
*Produção*, SciELO - Scientific Electronic Library Online, São Paulo, Brasil, v. 16, p. 74–84, 03 2009. ISSN 0104-530X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=  
S0104-530X2009000100008&nrm=iso>.

BRINK, R. van den. An axiomatization of the shapley value using a fairness property.  
*International Journal of Game Theory*, Springer-Verlag, v. 30, 03 2002.

CAMPOS, A. J. C. *A Gestão da Cadeia de Suprimentos*. Curitiba, PR: Iesde Brasil SA, 2012. ISBN 978-85-387-2843-6.

CAO, M.; ZHANG, Q. *Supply Chain Collaboration: Roles of Interorganizational Systems, Trust,*  
*and Collaborative Culture*. [S.l.]: Springer London, 2012. ISBN 9781447145905.

CHEN, I. J.; PAULRAJ, A. Towards a theory of supply chain management: the constructs and  
measurements. *Journal of Operations Management*, Elsevier Science, v. 22, 2004.

CONDORCET, M. J. A. N. C. *Essai sur l’application de l’analyse à la probabilité des décisions*  
*rendues à la pluralité des voix*. Paris, França: A Paris: de l’Imprimerie royale, 1785. Disponível  
em: <http://www.e-rara.ch/zut/content/titleinfo/1175327>.

COURNOT, A. *Principes Mathématiques*: Théorie des richesses. Paris, France: Chez L. Hachette  
– Libraire de l’université Royale de France, 1838. Disponível em: <http://gallica.bnf.fr/ark:  
/12148/bpt6k6117257c/f10.item.zoom>.

DAVENPORT, T. H.; HARRIS, J. G. *Competing on Analytics*. [S.l.]: Harvard Business Review Press, 2007. ISBN 9781422156308.

De Vos, B.; RAA, B. Vertical and horizontal collaboration in inventory and transportation. In:  
. *Computational Management Science*. Springer International Publishing, 2016. (Lecture  
Notes in Economics and Mathematical Systems, v. 682), p. 99–104. ISBN 978-3-319-20430-7.  
Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-20430-7\_13>.

DEZA, M. M.; DEZA, E. Distances in graph theory. In: . *Encyclopedia of Distances*. 3. ed. Paris,  
France: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. cap. 15, p. 275–307. ISBN 978-3-662-44341-5.

DING, H. et al. Game analysis and benefit allocation in international projects among owner,  
supervisor and contractor. *International Journal of General Systems*, Taylor and Francis Group, 03 2016. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03081079.2015.1086575>.

DOBOS, I.; PINTÉR, M. Cooperation in supply chains: A cooperative game theoretic analysis.  
Budapest, Hungary, 09 2010. ISSN 1786–3031.

DONG, M.; WU, A. ping; LI, H. Studying cost allocation in joint distribution for e-commerce: A  
small to medium size logistic firm’s perspective. In: . *Proceedings of the 22nd International*  
*Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2015: Core Theory and*  
*Applications of Industrial Engineering (Volume 1)*. Paris, France: Atlantis Press, 2016. p. 379–385.  
ISBN 978-94-6239-180-2. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2991/978-94-6239-180-2\_37>.

DRECHSEL, J. *Cooperative Lot Sizing Games in Supply Chains*. Springer Berlin Heidelberg, 2010.  
ISBN 9783642137259. Disponível em: <http://www.springer.com/us/book/9783642137242>.

FAWCETT, S. E. Logistics: Meeting customers’ real needs. In: . *Encyclopedia of Production*  
*and Manufacturing Management*. Norwell, Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers,  
2000. (Encyclopedia of Production and Manufacturing Management), cap. L, p. 370–381. ISBN  
9780792386308.

FREDENDALL, L. D. *Basics of Supply Chain Management*. [S.l.]: CRC Press, 2001. ISBN  
9781420025767.

GOLDEN, P. A.; DOLLINGER, M. Cooperative alliances and competitive strategies in small  
manufacturing firms. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, Baylor University, v. 17, n. 4, p.  
43–57, 1993.

HAYWOOD, O. G. Military decision and game theory. *Journal of the Operations Research Society*  
*of America*, INFORMS, London, UK, v. 2, n. 4, p. 365–385, 1954. ISSN 00963984. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/166693?seq=1#page\_scan\_tab\_contents>.

HUANG, Z.; LI, S. X. Co–op advertising models in manufacturer-–retailer supply chains: A game  
theory approach. *European Journal of Operational Research*, Elsevier Science, v. 135, 2001.

KAHNEMAN, D. *Rápido e devagar: Duas formas de pensar*. [S.l.]: Companhia das Letras, 2012.  
ISBN 9788539004010.

KHMELNITSKAYA, A. The shapley value for directed graph games. *Operations Research Letters*, Elsevier Science, v. 44, 01 2016.

KIM, S. Asymptotic shapley value based resource allocation scheme for iot services. *Computer*  
*Networks*, Elsevier Science, v. 100, 05 2016.

KNIGHT, F. H. *Risk, Uncertainty and Profit*. New York, EUA: Houghton Mifflin Company, 1921.

LEVY, G.; RAZIN, R. It takes two: An explanation of the democratic peace. Centre  
for Economic Policy Research – CEPR, London, UK, n. 3947, 2003. Disponível em:  
<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\_id=433844>.

LEWIS, D. *Convention*: A philosophical study. Oxford, UK: Blackwell Publishers, 2002. ISBN  
978-0-631-23256-8.

LIU, Q.; WILSON, W. W.; LUO, M. The impact of panama canal expansion on the  
container-shipping market: a cooperative game theory approach. *Maritime Policy*  
*& Management*, Taylor and Francis Group, v. 43, 02 2016. Disponível em: <http:  
//www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03088839.2015.1131863>.

Gain sharing in horizontal logistic co–operation: A case study in the fresh fruit and  
vegetables sector. In: LU, M.; BOCK, J. D. (Ed.). *Sustainable Logistics and Supply*  
*Chains: Innovations and Integral Approaches*. Springer International Publishing, 2016.  
(Contributions to Management Science), p. 75–89. ISBN 978-3-319-17419-8. Disponível em:  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-17419-8\_4>.

LYGERO, J.; GODBOLE, D. N.; SASTRY, S. Multiagent hybrid system design using game theory  
and optimal control. In: . [S.l.]: Proceedings of the 35th — Conference on Decision and Control,  
1996. v. 2. ISBN 0-7803-3590-2.

MESQUITA, B. B. de. *A prediction for the future of Iran*. Long Beach, California, USA: TED  
Conferences, 2009. On-line. 18:55 min. Disponível em: <https://www.ted.com/talks/bruce\_  
bueno\_de\_mesquita\_predicts\_iran\_s\_future?language=pt-br#t-144952>.

MESQUITA, B. B. de. *The Predictioneer’s Game*: Using the logic of brazen self-interest to see and  
shape the future. [S.l.]: Random House Publishing Group, 2009. ISBN 9781588369086.

MILITANO, L. et al. Enhancing the navigability in a social network of smart objects: A shapleyvalue based approach. *Computer Networks*, Elsevier Science, v. 103, p. 1–14, 2016. ISSN 1389-  
1286. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128616300743>.

MLODINOW, L. *O andar do bébado*: Como o acaso determina nossas vidas. Rio de Janeiro, RJ:  
Zahar, 2009. ISBN 9788537801550.

NEUMANN, J. von; MORGENSTERN, O. *Theory of Games and Economic Behavior*. [S.l.]:  
Princeton University Press, 1947.

PANITZ, C. E. *Dicionário de Logística: Gestão de cadeia de suprimentos e Operaçoes*. São Paulo, Brasil: Alternativa, 2007. ISBN 9788587658166.

R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna,  
Austria, 2016. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org>.

RAND. *Using Game Theory to Analyze Operations Against Time–Critical Targets*. Santa Monica,  
California, USA: RAND Projet Air Force, 2004.

ROSA, A. M. da. *A Teoria dos Jogos Aplicada ao Processo Penal*. 1. ed. [S.l.]: Letras e Conceitos  
Ltda, 2014. 152 p. ISBN 9789898305824.

SHAPLEY, L. S. *A value for n-person games*. Santa Monica, California, USA, 1952. Disponível em: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=AD0604084>.

SHEN, W. Distributed manufacturing scheduling using intelligent agents. *IEEE Intelligent*  
*Systems*, v. 17, n. 1, p. 88–94, 01 2002. ISSN 1541-1672.

SILVER, N. *O sinal e o ruído*. Rio de Janeiro, Brasil: Intrínseca, 2012. ISBN 978-85-8057-353-4.  
  
SIMATUPANG, T. M.; SRIDHARAN, R. The collaborative supply chain. *The International Journal*  
*of Logistics Management*, Emerald, v. 13, n. 1, p. 15–30, 01 2002. ISSN 0957-4093.

SMITH, J. *Evolution and the Theory of Games*. [S.l.]: Cambridge University Press, 1982. ISBN  
9780521288842.

TVERSKY, A. Choice by elimination. *Journal of Mathematical Psychology*, Elsevier Science, v. 9,  
1972.

WANG, Y. Combining data mining and game theory in manufacturing strategy analysis. *Journal*  
*of Intelligent Manufacturing*, Springer US, v. 18, 08 2007.

YOUNG, H. P. Cost allocation. In: . *Handbook of Game Theory with Economic Applications*.  
Amsterdam, Holanda: Elsevier North Holland, 1994. v. 2, cap. Equitable core solutions. ISBN  
9780444894274.

ZHUANG, Y. feng; MA, L. li. Research on profit allocation of campus express alliance based on  
the improved shapley value method. In: . *Proceedings of the 22nd International Conference*  
*on Industrial Engineering and Engineering Management 2015*. Paris, France: Atlantis Press, 2016. (Core Theory and Applications of Industrial Engineering, v. 1), p. 715–722. ISBN 978-94-6239-180-2. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.2991/978-94-6239-180-2\_68>.

1. Incerteza é o risco difícil de aferir (SILVER, 2012). [↑](#footnote-ref-1)
2. Risco, conforme Knight (1921), é algo em que você pode colocar um preço. [↑](#footnote-ref-2)
3. Escolhas são analisadas como um probabilístico processo de sucessivas eliminações (TVERSKY, 1972). [↑](#footnote-ref-3)
4. Logística é arte e ciência de mover as coisas de um lugar para outro e armazená-las ao longo do caminho (FAWCETT, 2000, p. 370). [↑](#footnote-ref-4)
5. Pesquisa sobre distribuição de lucros no Campus Express Alliance. [↑](#footnote-ref-5)
6. Impacto da expansão do Canal do Panamá no mercado de contêineres. [↑](#footnote-ref-6)
7. Relação entre elementos de um conjunto (DEZA; DEZA, 2014) — interação dos agentes em uma coalizão. [↑](#footnote-ref-7)
8. Lu e Bock relatam um estudo de caso de cooperação logística horizontal no setor das frutas e produtos hortícolas  
   frescos. [↑](#footnote-ref-8)
9. R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2016.  
   ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org>. [↑](#footnote-ref-9)