

Impacto da Confiança em Simulação Baseada em Agentes para Cadeias de Suprimentos

André Domingues da Silva Jalbut , Jaime Simão Sichman

¹Laboratório de Técnicas Inteligentes (LTI)
Escola Politécnica (EP)
Universidade de São Paulo (USP)
andre.jalbut@gmail.com, jaime.sichman@usp.br

Abstract. *Companies in supply chains have a goal to optimize their productivity, and hence their profits. One way to study the behavior of these chains is to simulate them using multi-agent systems; a model used in the literature is the Beer Game. In this work, we add multiple agents in the levels of the Beer Game to evaluate the local and global performance of the suppliers by using profiles based either on trust or on price. We measure the impact of using a selection policy based on trust in the agents' profit.*

Resumo. *Empresas em cadeias de suprimentos tem como objetivo maximizar suas produtividades, e consequentemente seus lucros. Uma maneira de estudar o comportamento destas cadeias é simulá-las utilizando sistemas multi-agentes; um modelo adotado na literatura é o Beer Game. Neste trabalho, adicionamos múltiplos agentes nos níveis do Beer Game para avaliar a eficiência local e global dos fornecedores, utilizando perfis baseados em confiança ou em preço. Medimos o impacto de usar tal política de seleção baseada em confiança no lucro dos agentes.*

1. Introdução

A meta principal de um negócio é o lucro [Friedman 2007]. No contexto de empresas interagindo em uma cadeia de suprimentos (SC)¹, parcerias baseadas em relações de confiança podem ser mais lucrativas do que aquelas baseadas em mecanismos de oferta e demanda. Esta tese é alicerçada na constatação de que quanto maior a confiança de um consumidor em seus fornecedores, maior a responsividade destes, e portanto maior o ganho para a SC [Handfield and Bechtel 2002].

Cadeias de suprimentos são definidas como o conjunto de organizações, atividades, informação e recursos envolvidos na movimentação de um produto ou serviço de fornecedor para consumidor [Nagurney 2006]. O estudo do gerenciamento destas cadeias (SCM)² vem sendo alvo de interesse crescente visando obter vantagens competitivas para o mercado por meio de melhorias em seus processos [Croom et al. 2000]. A Figura 1 [Lambert and Cooper 2000] ilustra um exemplo de uma SC.

¹Do inglês *supply chain*.

²Do inglês *supply chain management*.

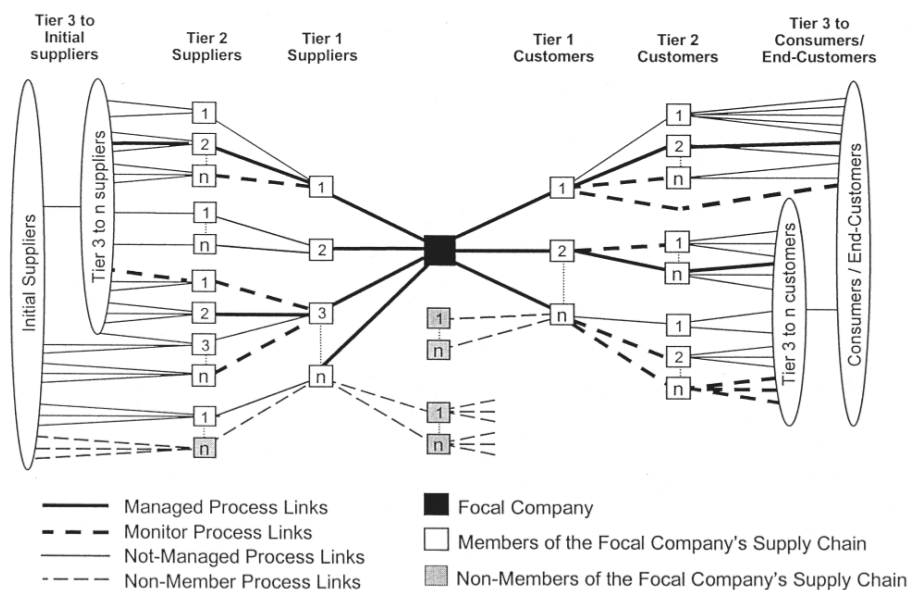


Figura 1. Exemplo de cadeia de suprimentos [Lambert and Cooper 2000].

Confiança é definida como a predisposição de um agente a se colocar em uma situação vulnerável em relação a outro esperando que este lhe proporcione algum benefício em contrapartida [Mayer et al. 1995]. Uma vez que uma SC é composta por firmas individuais colaborando para servir consumidores finais, sua eficácia é altamente dependente da confiança entre os parceiros da rede [Vlachos and Bourlakis 2006].

Outro conceito importante é o de sistemas multi-agentes (MAS)³. Este é um ramo da inteligência artificial que estabelece a representação de um sistema como a interação entre múltiplos agentes inteligentes, cada um avaliando alternativas diferentes e tomando suas próprias decisões, dentro de um contexto definido por restrições locais e externas [Wooldridge 2000].

Em [Swaminathan et al. 1998], os autores propõem simular SCM com o auxílio de modelagem baseada em agentes (ABM)⁴, o que permite que a performance da cadeia seja avaliada sob perspectivas organizacionais distintas. Em [De La Fuente and Lozano 2007], pesquisadores defendem a escolha de ABM para simular SCM por este último ser um problema fisicamente distribuído em cada agente pode considerar tanto interesses próprios como de toda a cadeia, e também um problema altamente complexo, influenciado pela interação entre diversas variáveis.

Uma forma de modelar o comportamento dos agentes em meio a uma SC é valendo-se da estrutura do *Beer Game* (seção 2), um jogo de tabuleiro criado no âmbito de SCM e bastante citado na literatura. Em [Kim 2009], por exemplo, utilizam-se as regras deste jogo em sua simulação para modelar a atuação dos agentes interagindo em uma SC.

Este trabalho tem por objetivo analisar o impacto da confiança no contexto de uma SC sujeita às normas do *Beer Game*, simulando empresas com perfis de atuação distintos interagindo entre si.

³Do inglês *multi-agent systems*.

⁴Do inglês *agent-based modeling*.

2. Beer Game

O *Beer Game*⁵ é um jogo de tabuleiro projetado por Forrester com dois objetivos: entender SCM e demonstrar na prática o chamado efeito chicote (BWE)⁶ [Sterman 1992]. Tal efeito, descrito inicialmente em [Forrester 1997], é um fenômeno que ocorre em SCs. Consiste na amplificação da variância dos pedidos feitos entre os níveis da cadeia, no sentido do consumidor final para a fábrica. Este efeito, demonstrado matematicamente em [Lee et al. 1997], é responsável segundo este último autor por aumentos drásticos em custos, entre eles o de matéria prima, o de manufatura, armazenamento e transporte.

No *Beer Game*, times de 4 jogadores competem entre si, sendo que cada time representa uma cadeia de suprimentos e cada membro do time exerce o papel de um de seus 4 níveis: fábrica, distribuidor, atacadista e revendedor. O objetivo de cada time é gerenciar o estoque em face de demanda externa desconhecida, de modo a minimizar os custos acumulados na soma dos níveis da cadeia. Cada equipe participante tem à sua disposição seu próprio tabuleiro. Nele, cada membro do grupo tem seu estoque e carregamentos a receber representados por marcadores, e pedidos anotados em folhas de papel viradas para baixo, como representado na Figura 2.

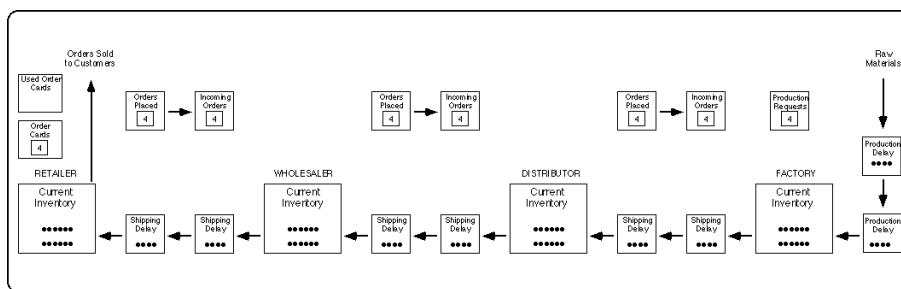


Figura 2. Disposição do tabuleiro para o *Beer Game* [Sterman 1992]

Pedidos demoram uma rodada para chegar ao destinatário. Cada jogador dimensiona e envia pedidos para o jogador que controla o nível superior, exceto a fábrica, que envia ordens para sua própria linha de produção. Cada jogador também recebe e deve atender aos pedidos recebidos do nível inferior, exceto o revendedor, que obtém seus pedidos de uma pilha de papéis virados para baixo. Esta pilha representa a demanda do consumidor final e possui a mesma ordenação e valores para todos os grupos.

Carregamentos demoram duas rodadas para chegar ao destinatário. Cada jogador retira de seu estoque e envia carregamentos para atender aos pedidos do jogador que controla o nível inferior. Cada jogador também recebe os carregamentos enviados pelo nível superior e os deposita em seu próprio estoque, exceto a fábrica, que recebe os carregamentos de sua própria linha de produção. Caso um jogador não disponha de estoque suficiente para atender o último pedido recebido, ele envia um carregamento com o restante do seu estoque, e a parcela devida é anotada para ser enviada na próxima rodada, somada ao próximo pedido a ser satisfeito.

O jogo se dá em um número fixo de rodadas, cada uma contendo uma sequência

⁵Em português *jogo da cerveja*.

⁶Do inglês *bullwhip effect*.

de ações que devem ser executadas simultaneamente por todos os membros de todos os grupos. Esta sequência é descrita no Algoritmo 1.

Algoritmo 1 *Beer Game* - Fluxo

- 1: **para cada** rodada **faça**
 - 2: Recebe carregamento do fornecedor
 - 3: Envia carregamento ao cliente
 - 4: Anota estoque em mãos ou total devido
 - 5: Recebe pedido do cliente
 - 6: Envia pedido ao fornecedor
 - 7: **fim para**
-

Ao final da 36ª rodada, o jogo é encerrado, e o grupo vencedor é determinado como sendo aquele que tiver acumulado, em todos os seus níveis e rodadas, a menor pontuação conforme definido na Equação (1):

$$\text{pontuação} = 0.5 * \text{estoque em mãos} + 1 * \text{total devido} \quad (1)$$

A demanda do consumidor é revelada: ela é fixa em 4 unidades por rodada até a 4ª rodada, e em 8 unidades por rodada da 5ª rodada em diante. Tendo-a como parâmetro, é possível observar o efeito chicote, com oscilações significativamente maiores em estoque e nos pedidos feitos entre os níveis superiores, crescendo no sentido da fábrica [Sterman 1989].

3. Estado da Arte

Os principais trabalhos que abordam confiança em SCM são listados na Tabela 1, juntamente com o indicador de desempenho que condiciona as escolhas de fornecedores, a função de utilidade utilizada e as políticas de decisão testadas para os agentes. Analisando esta tabela, destacam-se alguns pontos relevantes:

Tabela 1. Comparativo entre publicações similares

Trabalho	Indicador de performance	Políticas de agentes	Função de utilidade
[Akkermans 2001]	Volume recebido de entregas	Heterogêneas	Quantidade de trocas de fornecedor
[Schieritz 2003]	Volume recebido e rapidez de entregas	Homogêneas	Quantidade de trocas de fornecedor
[Lin et al. 2005]	Preço e tempo de entrega	Homogêneas	Custo, pontualidade, tempo de ciclo
[Kim 2009]	Proporção entre pedidos e entregas	Homogêneas	Flutuação nos níveis de estoque
[Hou et al. 2014]	Taxa de entregas pontuais	Homogêneas	Capital de trabalho e firmas ativas

- Em todos os trabalhos, cada empresa da SC corresponde a um agente simulado, mas apenas em [Kim 2009] o autor utiliza como modelo o *Beer Game*;
- Todos os trabalhos condicionam o desempenho de um fornecedor à quantidade e agilidade de suas entregas;

- Apenas em [Akkermans 2001] são usadas políticas de decisão heterogêneas em uma mesma SC simulada, com agentes que privilegiam desempenho em curto prazo de seus fornecedores, e outros que focam em desempenho a longo prazo;
- Todos os trabalhos analisam o impacto da atuação dos agentes sob o ponto de vista global da SC, mas nenhum deles registra ou compara o lucro individual de cada empresa representada.

4. Proposta

Esta pesquisa diferencia-se das demais ao buscar medir o desempenho individual de agentes com perfis de atuação distintos, usando ou não a noção de confiança, interagindo simultaneamente em uma mesma SC modelada segundo as regras do *Beer Game*. Para isso, o modelo utilizado, o fluxo, os perfis e políticas a serem avaliadas, são descritos a seguir.

4.1. Modelo de cadeia de suprimentos

De maneira similar ao que ocorre em [Hou et al. 2014], a cadeia simulada é composta por 5 níveis de profundidade: fábricas, distribuidores, atacadistas, revendedores e consumidores finais, e 20 agentes por nível. A cada rodada, cada um dos agentes de um nível poderá fazer seu pedido a um dos fornecedores presentes no nível superior, assim como deverá atender a eventuais pedidos feitos por cada um dos clientes presentes no nível inferior.

4.2. Modelo de agente

Neste trabalho, foram utilizados agentes cognitivos, cuja arquitetura subdivide-se em:

- **Percepção:** o agente detecta os carregamentos enviados por seu fornecedor e os pedidos enviados por seus clientes;
- **Raciocínio:** o agente raciocina e decide para quais clientes enviar carregamentos (entrega primeiro a quem deve mais) e dimensiona o pedido ao fornecedor com base no mecanismo de ancoragem e ajuste, descrito na seção 4.3;
- **Ação:** o agente envia carregamentos a seus clientes e um pedido a seu fornecedor.

4.3. Estratégia de pedidos por ancoragem e ajuste

Em [Serman 1989], o autor propõe um modelo para caracterizar a forma como companhias dimensionam pedidos a fornecedores a fim de controlar seus próprios níveis de estoque. Tal modelo é baseado no mecanismo cognitivo de ancoragem e ajuste (A&A)⁷ descrito em [Tversky and Kahneman 1974], que propõe uma heurística para os pedidos a fornecedores de modo a:

1. ressuprir perdas esperadas do estoque;
2. reduzir a discrepância entre o estoque atual e o desejado;
3. manter uma linha de suprimento adequada para os pedidos já feitos, mas ainda não recebidos.

⁷Do inglês *anchor and adjustment*.

A estratégia para calcular a diferença IO_t no estoque desejado é traduzida na Equação (2), em que o pedido a ser feito é obtido pela soma de três parcelas:

$$IO_t = Le_t + AS_t + ASL_t \quad (2)$$

onde (i) Le_t são as perdas esperadas, calculadas por atenuação exponencial, conforme a Equação (3), (ii) AS_t é o ajuste do estoque, obtido da Equação (4), e (iii) ASL_t é o ajuste na linha de suprimento, que resulta da Equação (5).

$$Le_t = \Theta L_{t-1} + (1 - \Theta) Le_{t-1}, 0 < \Theta < 1 \quad (3)$$

$$AS_t = \alpha_s (S^* - S_t), 0 < \alpha_s \leq 1 \quad (4)$$

onde S^* é o estoque desejado, e S_t é o estoque em mãos no instante t .

$$ASL_t = \alpha_{sL} (SL^* - SL_t), 0 < \alpha_{sL} \leq 1 \quad (5)$$

onde SL^* é a linha de suprimento desejada e SL_t é linha de suprimento no instante t .

Por fim, a quantidade solicitada O_t nunca deve ser negativa, o que é expresso pela Equação (6), que recebe IO_t como parâmetro.

$$O_t = \text{MAX}(0, IO_t) \quad (6)$$

4.4. Modelo de capital financeiro

O modelo financeiro proposto é baseado no descrito em [Hou et al. 2014]. Para cada agente, a variação de capital ΔC após cada rodada é expressa pela equação (7):

$$\Delta C = c * O + \sum_i (v - p) * O_i - u * S \quad (7)$$

onde (i) c é preço de custo unitário do fornecedor, (ii) v é o preço de venda unitário praticado aos clientes, (iii) p é o custo de produção unitário, (iv) O é o tamanho do pedido feito ao fornecedor, (v) O_i é o tamanho do pedido feito por cada cliente i , (vi) u é o custo de armazenamento unitário do estoque, e (vii) S é o estoque em mãos ao término da rodada.

Todos estes valores podem variar por rodada, com os preços de custo de cada agente correspondendo aos preços de venda fixados pelo seu fornecedor. Estes preços podem variar entre valores v_{min} e v_{max} , calculados por nível, da seguinte forma:

1. O custo por unidade de estoque u por rodada é convencionado como sendo \$1;
2. O custo de produção p é considerado o mesmo para cada nível da cadeia, e parametrizado em função de u ;
3. Para a fábrica, as parcelas de lucro l_{min} e l_{max} são parametrizadas, e uma ou outra somadas a p para obter v_{min} e v_{max} , respectivamente;
4. Para cada nível inferior na cadeia, as parcelas de lucro l_{min} e l_{max} são somadas ao v_{max} do nível imediatamente acima, para obter os seus v_{min} e v_{max} .

4.5. Mecanismo de confiança

Para quantificar o nível de confiança de um cliente em seu fornecedor, utiliza-se o cálculo proposto em [Hou et al. 2014]. A cada rodada, o nível de confiança é dado pela proporção histórica entre os carregamentos entregues a cada rodada e os pedidos correspondentes feitos três rodadas antes. Tal defasagem compreende a soma dos tempos de transmissão de pedido ao fornecedor e de envio de carregamentos por este ao seu cliente, conforme mencionado na seção 2. Esta proporção é expressa pela equação (8):

$$Trust_{CFn} = \sum_1^n C_i / \sum_{-2}^{n-3} P_i \quad (8)$$

onde (i) n é a rodada atual, (ii) P_i é o pedido enviado ao fornecedor na rodada i , (iii) C_i é o carregamento recebido do fornecedor na rodada i , e (iv) $Trust_{CFn}$ é a confiança do cliente C no fornecedor F na rodada n .

4.6. Perfis de agentes

Cada nível da SC será composto por agentes que apresentam diferentes perfis. Cada um destes perfis será norteado por um objetivo que incorre em uma combinação de políticas de decisão. Dois perfis são propostos neste artigo:

- **Popular:** Um agente popular visa atrair o maior número possível de clientes por meio de preço baixo, e mantê-los por meio da entrega mais pontual possível de seus pedidos;
- **Ganancioso:** Um agente ganancioso tem por objetivo maximizar o seu lucro comprando barato, vendendo caro e reduzindo despesas.

Quanto à **escolha de um fornecedor**, tais perfis se comportam da seguinte maneira:

- **Popular:** privilegia fornecedores em que possui maior confiança, uma vez que atrasos em entregas de pedidos provocam escassez no estoque do agente em questão, o que pode inviabilizar as entregas a seus clientes. A regra utilizada é a de preferência por confiança (“preferred trust rule” [Hou et al. 2014]):
 1. O agente sorteia conjunto N de candidatos a fornecedor do nível superior;
 2. O agente escolhe, dentre os N sorteados, aquele em que mais confia;
 3. Se o fornecedor escolhido tiver um nível de confiança maior que o atual, o agente troca de fornecedor;
 4. Caso contrário, com chance ϵ , o agente permanece com o fornecedor atual, ou com chance $1 - \epsilon$ troca para um fornecedor escolhido ao acaso.
- **Ganancioso:** privilegia fornecedores mais baratos. A regra utilizada é a de preferência por preço (“preferred price rule” [Hou et al. 2014]). Esta regra é análoga a “preferred trust rule”, exceto que o critério de decisão é o preço mais barato.

Já em relação ao **gerenciamento de estoque**, os comportamentos de tais perfis são:

- **Popular:** tem como estoque desejado S^* o estoque de confiança parametrizado, a fim de prevenir-se contra picos de demanda que prejudiquem suas entregas;
- **Ganancioso:** não mantém estoque de segurança ($S^* = 0$), de forma a reduzir o custo de manutenção de seu estoque.

Finalmente, no que diz respeito ao **controle de preços**, tem-se os seguintes comportamentos:

- **Popular:** mantém sempre o preço no valor mais baixo, de forma a minimizar a chance de perder clientes focados em preço baixo;
- **Ganancioso:** mantém sempre o preço no valor mais alto, de forma a maximizar a sua margem de lucro.

5. Simulação e resultados

5.1. Ciclo de simulação

O Algoritmo 2 utilizado neste trabalho é uma extensão do Algoritmo 1 original do *Beer Game*.

Algoritmo 2 Simulação - Fluxo

- 1: Agentes inicializam estoque, e linhas de pedidos e suprimentos
 - 2: Clientes escolhem um fornecedor cada dentre os membros do nível superior de forma aleatória
 - 3: **para cada** rodada **faça**
 - 4: Clientes recebem carregamentos enviados há duas rodadas pelos fornecedores
 - 5: Fornecedores pagam o custo de produção e enviam carregamentos devidos aos respectivos clientes, total ou parcialmente, respeitando o critério de ordenação parametrizado
 - 6: Fornecedores registram estoque em mãos ou total devido
 - 7: Fornecedores pagam o custo do estoque em mãos
 - 8: Fornecedores atualizam preço de venda
 - 9: Fornecedores recebem pedidos feitos há uma rodada por clientes
 - 10: Clientes revisam nível confiança nos respectivos fornecedores
 - 11: Clientes decidem se mantêm ou trocam de fornecedor, e para qual trocar
 - 12: Clientes dimensionam e enviam pedido a seus fornecedores e pagam preço fixado por eles
 - 13: Fábrica dimensiona e envia ordem de produção
 - 14: Fornecedores recebem o pagamento de pedidos feitos na rodada atual por clientes novos, que compram pelo preço fixado
 - 15: **fim para**
-

5.2. Ambiente de simulação

O projeto foi implementado em ReLogo [Ozik et al. 2013], uma linguagem de domínio específica (DSL)⁸ para ABM. Esta ferramenta incorpora as bibliotecas e recursos do framework Repast Symphony [Collier 2003]. Além disso, foi programado e executado a partir da IDE Eclipse [Eclipse 2007]. Este ambiente foi escolhido devido à familiaridade do autor com a linguagem e também pelo fato do Repast dispor de um simulador com ferramentas úteis e intuitivas, a exemplo dos geradores de gráficos e das tabelas de estados atualizadas a cada passo para depuração.

5.3. Estado inicial

Os parâmetros para o estado inicial dos agentes são os mesmos presentes em [Edali and Yasarcab 2014], e são mostrados na Tabela 2.

⁸Do inglês *domain specific language*.

Tabela 2. Parâmetros para o estado inicial dos agentes

Parâmetro	Valores
Estoques iniciais	todos os agentes iniciam a simulação com 12 unidades de estoque em mãos
Pedidos em atraso iniciais	todos os agentes começam sem pedidos em atraso a qualquer cliente
Pedidos em trânsito	todos os pedidos em trânsito e ordens de produção são inicializados com 4 unidades, que chegam ao destino na rodada posterior
Carregamentos em trânsito	todos os carregamentos em trânsito e linhas de produção são inicializados com 8 unidades, sendo que 4 delas chegam ao destino na rodada posterior e as outras 4 unidades após 2 rodadas

5.4. Parâmetros de entrada

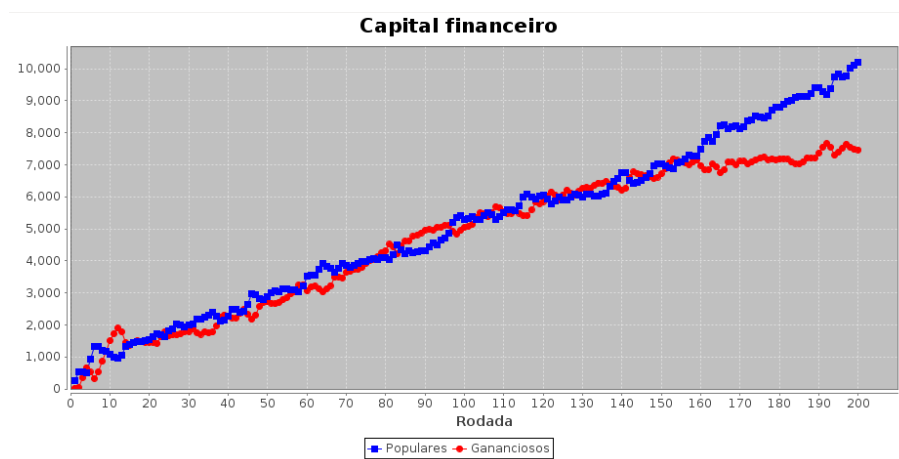
Nos experimentos, combinaram-se 50% de agentes com perfil Popular e 50% com perfil Ganancioso por nível da SC, para determinar qual estratégia prevalece no caso de ambas serem adotadas pelo mesmo número de agentes.

Outro parâmetro definido é a demanda dos consumidores finais. Ao contrário do que ocorre para os níveis superiores da SC, o dimensionamento de seus pedidos não segue a equação (2), e portanto esta política deve ser arbitrada. Para este trabalho, utilizou-se demanda aleatória: a cada rodada, cada consumidor final obtém o número de unidades solicitadas a partir de uma distribuição uniforme, definida no intervalo $[0, 12]$, incluindo os extremos. Os demais parâmetros foram fixados de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros utilizados

Parâmetro	Descrição	Valores
maxStep	Duração da simulação em passos	200
L	Agentes por nível da SC	20
S*	Estoque desejado - (eq. 4)	24
p	Custo de produção - seção 4.4	10
l_{min}	Lucro mínimo da fábrica - seção 4.4	10
l_{max}	Lucro máximo da fábrica - seção 4.4	20
α_s	usado no ajuste de estoque - eq. 4)	0,5
β	α_{sL}/α_s - usado no ajuste da linha de suprimentos - eqs. 4 e 5	1,0
Θ	usado na previsão de demanda - eq. 3	0,5
ϵ	usado na escolha de fornecedor - seção 4.6	0,9
N	usado na escolha de fornecedor - seção 4.6	5

5.5. Resultados obtidos

**Figura 3. Capital financeiro médio por perfil**

Os gráficos das Figuras 3 a 7 foram obtidos da execução disparada via interface gráfica. As estratégias apresentam rentabilidade semelhante, até por volta da rodada 160, em que a confiança nos agentes populares contribui para maior lucratividade destes frente aos gananciosos via migração de clientes (Figura 3).

A confiança média depositada em cada perfil (Figura 4) parte do mesmo patamar, mas logo os populares disparam à frente, devido ao estoque de segurança que os protege contra flutuações na demanda dos clientes.

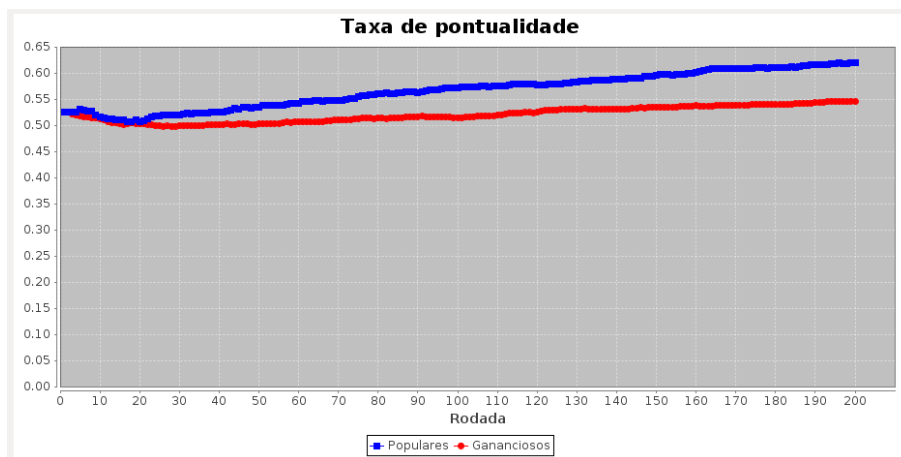


Figura 4. Confiança média por perfil

A diferença entre os perfis na média de clientes é ampliada conforme clientes populares percebem que fornecedores populares são mais confiáveis que fornecedores gananciosos (Figura 5).

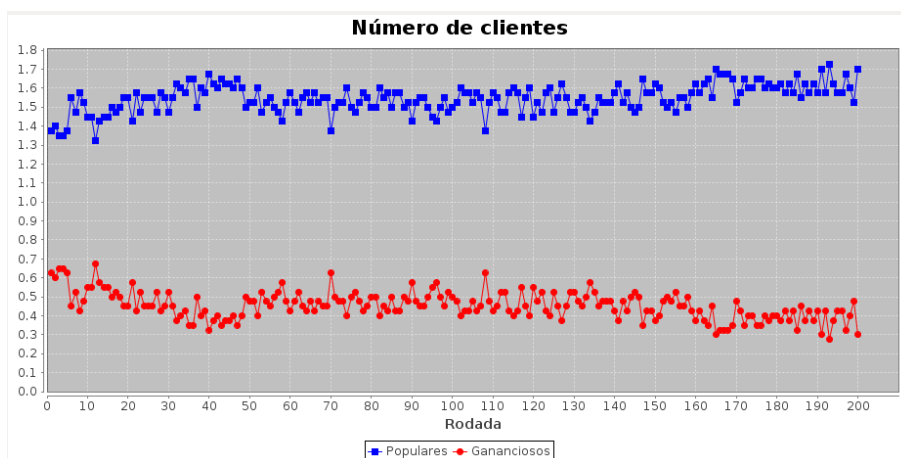


Figura 5. Média de clientes por perfil

A margem de lucro mantém-se praticamente constante para ambas as políticas (Figura 6), com gananciosos comprando barato e vendendo caro, portanto com margem maior que os populares, que vendem barato e compram pelo preço do fornecedor.

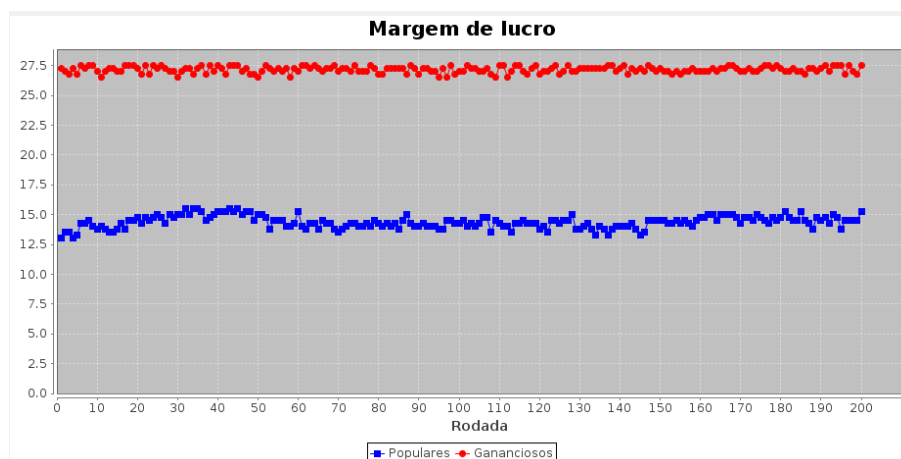


Figura 6. Margem de lucro média por perfil

No gráfico da média de pedidos feitos entre níveis (Figura 7), é possível observar o BWE: a amplitude da variação dos pedidos dos distribuidores para as fábricas é maior que a dos atacadistas para os distribuidores, que é maior que as dos revendedores para os atacadistas, que, por fim, é maior que a dos consumidores finais para os revendedores.

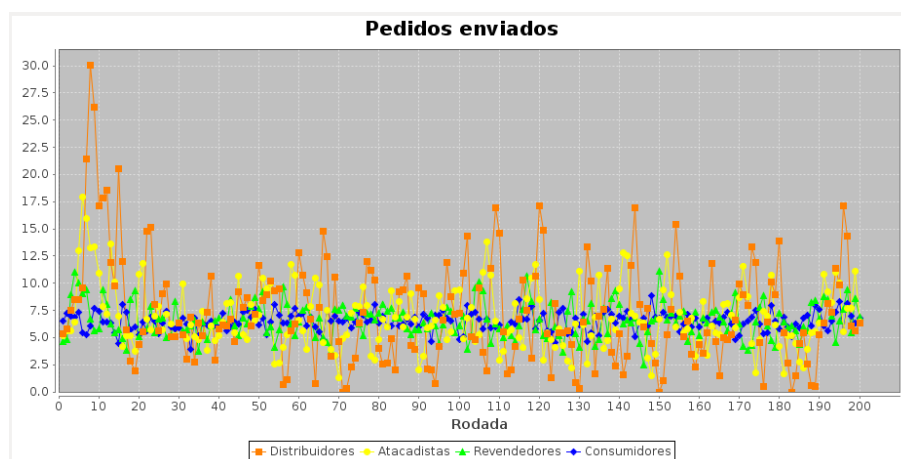


Figura 7. Média de pedidos enviados por nível da SC

6. Conclusões

Neste trabalho, sistemas multi-agentes foram utilizados para simular cadeias de suprimento segundo uma extensão do modelo do *Beer Game*. No experimento realizado, foi possível observar o efeito de estratégias de atuação distintas no lucro individual médio dos seus agentes, bem como a migração de clientes para fornecedores mais confiáveis à medida que o experimento avançava. Por fim, o efeito chicote foi reproduzido, com o aumento da variância dos pedidos no sentido do consumidor final para a fábrica.

Este estudo restringiu-se a analisar relações verticais, no caso confiança entre clientes e fornecedores. Futuramente, serão analisadas também relações horizontais entre agentes de um mesmo nível produtivo, podendo estes trocar mensagens contendo recomendações de fornecedores. Ademais, as simulações, por ora limitadas a uma

combinação específica de parâmetros de entrada, deverão ser alvo de testes de sensibilidade a fim de compreender a influência de cada variável do modelo no comportamento da cadeia.

Referências

- Akkermans, H. (2001). Emergent supply networks: system dynamics simulation of adaptive supply agents. In *Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, page 11. IEEE Comput. Soc.
- Collier, N. (2003). RePast : An Extensible Framework for Agent Simulation. *The University of Chicagos Social Science Research*, 36:371–375.
- Croom, S., Romano, P., and Giannakis, M. (2000). Supply chain management: an analytical framework for critical literature review. *European journal of purchasing & supply management*, 6(1):67–83.
- De La Fuente, D. and Lozano, J. (2007). Application of distributed intelligence to reduce the bullwhip effect. *International Journal of Production Research*, 45(8):1815–1833.
- Eclipse, I. (2007). Eclipse foundation.
- Edali, M. and Yasarcamb, H. (2014). A Mathematical Model of the Beer Game. *JASSS*.
- Forrester, J. W. (1997). Industrial dynamics. *Journal of the Operational Research Society*, 48(10):1037–1041.
- Friedman, M. (2007). The social responsibility of business is to increase its profits. *Corporate ethics and corporate governance*, pages 173–178.
- Handfield, R. B. and Bechtel, C. (2002). The role of trust and relationship structure in improving supply chain responsiveness. *Industrial marketing management*, 31(4):367–382.
- Hou, Y., Xiong, Y., Wang, X., and Liang, X. (2014). The effects of a trust mechanism on a dynamic supply chain network. *Expert Systems with Applications*, 41(6):3060–3068.
- Kim, W. S. (2009). Effects of a trust mechanism on complex adaptive supply networks: An agent-based social simulation study. *JASSS*, 12(3).
- Lambert, D. M. and Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial marketing management*, 29(1):65–83.
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S. (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Source: Management Science*, 43(4):546–558.
- Lin, F.-r., Sung, Y.-W., and Lo, Y.-P. (2005). Effects of trust mechanisms on supply-chain performance: A multi-agent simulation study. *International Journal of Electronic Commerce*, 9(4):9–112.
- Mayer, R. C., Davis, J. H., and Schoorman, F. D. (1995). An integrative model of organizational trust. *Academy of management review*, 20(3):709–734.
- Nagurney, A. (2006). *Supply chain network economics: dynamics of prices, flows and profits*. Edward Elgar Publishing.
- Ozik, J., Collier, N. T., Murphy, J. T., and North, M. J. (2013). The relogo agent-based modeling language. In *Simulation Conference (WSC), 2013 Winter*, pages 1560–1568. IEEE.
- Schieritz, N. (2003). Emergent structures in supply chains - A study integrating agent-based and system dynamics modeling. In *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 2003*.
- Sterman, J. D. (1989). Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management science*, 35(3):321–339.
- Sterman, J. D. (1992). Teaching Takes Off: Flight Simulators for Management Education. *OR/MS Today*, pages 40–44.
- Swaminathan, J. M., Smith, S. F., and Sadeh, N. M. (1998). Modeling supply chain dynamics: A multiagent approach. *Decision Sciences*, 29(3):607–631.
- Tversky, A. and Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 185(4157):1124–1131.
- Vlachos, I. P. and Bournlakis, M. (2006). Supply chain collaboration between retailers and manufacturers: do they trust each other? In *Supply Chain Forum: An International Journal*, volume 7, pages 70–80. Taylor & Francis.
- Wooldridge, M. J. (2000). *Reasoning about rational agents*. MIT press.