

# MODELAGEM E SIMULAÇÃO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DO PETRÓLEO: REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA



**João Victor Soares do Amaral (UNIFEI)**  
[joao.victoramara196@hotmail.com](mailto:joao.victoramara196@hotmail.com)

**Renato da Silva Lima (UNIFEI)**  
[rslima@unifei.edu.br](mailto:rslima@unifei.edu.br)

**Rafael de Carvalho Miranda (UNIFEI)**  
[rafael.miranda@unifei.edu.br](mailto:rafael.miranda@unifei.edu.br)

*A cadeia de suprimento de óleo e gás exibe grande importância e complexidade, uma vez que o petróleo é a maior fonte de energia primária do mundo. Arelado a isto, o uso de ferramentas de análise e tomada de decisões como a simulação são imprescindíveis para melhorar a performance das operações e garantir a competitividade da cadeia. Neste contexto, este trabalho objetiva analisar as relações entre a simulação e a cadeia de suprimento do petróleo fazendo uso do método de revisão sistemática de literatura. A principal contribuição deste estudo é a consolidação do conhecimento e evolução do tema, além do levantamento de insights e gaps existentes na literatura que possam vir a subsidiar novas pesquisas. Após busca e seleção na base Web of Science foram selecionados 17 artigos para análise completa, constatando-se que o uso da simulação combinada à otimização tem importância considerável na obtenção de resultados favoráveis em sistemas reais. Todavia, alguns temas como a abordagem green supply chain management, estudos sobre operações mais a montante na cadeia e desenvolvimento de frameworks são um campo potencial para futuras pesquisas.*

*Palavras-chave: Simulação, Cadeia de suprimento do petróleo, Óleo e gás, Revisão sistemática de literatura.*

## 1. Introdução

O petróleo é uma das mais importantes fontes energéticas do mundo e sua demanda global cresce continuamente (BRITISH PETROLEUM, 2015), representando cerca de 31,9% das fontes primárias de energia em 2016 e com produção mundial de 4365 milhões de toneladas em 2017 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018). Organizações petrolíferas são entidades globais responsáveis pelo gerenciamento de uma série de operações, desde a extração até o mercado final, incluindo diversas instalações logísticas como armazéns, oleodutos, transportadores. A cadeia de suprimentos do petróleo (CSP) exhibe grande complexidade e para estas organizações é vital planejar e gerenciar eficientemente toda a cadeia (AL-OTHMAN et al., 2008).

Uma cadeia de suprimentos (CS) consiste no conjunto de operações que vão desde a extração da matéria-prima, passando por processos de estocagem, beneficiamento, distribuição, até a entrega do produto final ao consumidor (SINHA et al., 2011; ROBERTSON, PALAZAOGU, RAMAFNOLI, 2011). Para Hugos (2018), o *supply chain management* (SCM) enxerga a CS e as organizações a ela pertencentes como uma única entidade, requerendo trabalho coordenado para, simultaneamente, aumentar o nível de serviço ao cliente e a eficiência operacional dos negócios e de toda a cadeia. Com este objetivo, diversas técnicas podem ser utilizadas para promover melhorias na CSP, e dentre elas, a simulação tem sido aplicada com sucesso na análise e melhoria de CS ao longo dos últimos anos (FRANZESE et al., 2006).

A fim de explorar a relação entre simulação e CSP, este trabalho objetiva analisar por meio de uma revisão sistemática de literatura (RSL) os desdobramentos científicos acerca de como a simulação tem sido tratada na cadeia de suprimentos do petróleo. A principal contribuição deste estudo é a consolidação do conhecimento e evolução do tema, além do levantamento de insights e gaps existentes na literatura que possam vir a subsidiar novas pesquisas.

Este trabalho está organizado como se segue: a Seção 1 introduz o tema e principais conceitos relacionados a simulação e SC; Seção 2 discute o método de pesquisa adotado; a Seção 3 apresenta os principais resultados e *findings* da RSL; e por fim, a Seção 4 conclui o trabalho apresentando os principais *gaps* e *insites* providos por essa RSL.

## 2. Procedimentos metodológicos

Nesta pesquisa foi utilizado o método de RSL para evidenciar a relação entre simulação e a cadeia de suprimentos do petróleo. Segundo Levy e Ellis (2006) a revisão bibliográfica

sistemática é a criação de um embasamento teórico-científico sobre determinado tema a partir da coleta, compreensão, análise, síntese e avaliação de um conjunto de artigos científicos.

Oliveira, Lima e Montevechi (2016) afirmam que evitar tendenciosidade e distorções nos dados é uma das principais vantagens da RSL sobre as revisões de literatura convencionais. Logo, os procedimentos utilizados foram os propostos por Denyer e Tranfield (2008), os quais seguem a seguinte sequência:

- Projeto;
- Busca e Seleção;
- Análise e Síntese;
- Apresentação dos resultados.

## 2.1. Projeto

A principal base de buscas foi a *Web of Science*, que segundo Oliveira (2017) é uma das principais bases de dados internacional multidisciplinar. A base desta pesquisa é a relação entre as técnicas de simulação com a CSP, analisando o estado da arte e principais perspectivas sobre o tema. O que se pretende responder com este trabalho foram elencadas nas seguintes questões de pesquisa:

- QP1 – Qual é o estado da arte do tema simulação em CSP?;
- QP2 – Com qual finalidade a simulação está sendo aplicada na CSP e quais foram os resultados?
- QP3 – Quais gaps e análises podem-se retirar desta RSL?

## 2.2. Busca e seleção

Assim como dito na seção anterior, a base de pesquisa foi a *Web of Science* no qual o critério de busca deu-se por artigos em inglês publicados em revistas, além daqueles publicados no *Winter Simulation Conference (WINTERSIM)*, devido a sua velocidade de publicação e importância deste na área de simulação. As *key-words* pesquisadas foram: “*Simulation*” AND [“*Logistics*” OR “*Supply Chain*”] AND [“*Petroleum*” OR “*Oil and gas*”]. O operador de lógica Booleana (AND, OR, NOT) foi utilizado para que a pesquisa retornasse mais de um critério de busca, ou quando palavras-chaves diferentes pudessem representar um mesmo termo de pesquisa.

A primeira busca retornou 25 artigos de revistas e 4 artigos do WINTERSIM. Após análise qualitativa pela leitura do título, resumo, objetivos e resultados, 15 artigos de revista e 2 do WINTERSIM foram selecionados para a amostra final desta pesquisa.

### 2.3. Análise e síntese

Os dados dos artigos foram tabulados e organizados em uma planilha do MS Excel® e analisados estatisticamente com auxílio do software estatístico Minitab®. A tabela criada no Minitab® foi revisada e categorizada em tópicos a fim de prover análises estatísticas que suportassem o esclarecimento das questões de pesquisa.

### 2.4. Apresentação dos resultados

Os resultados foram sumarizados e tabulados de forma a permitir a discussão acerca do tema, expondo as percepções mais relevantes desta RSL. A partir desta análise sobre a interação entre simulação na CSP foi possível refletir e identificar lacunas e insights que circundam o desenvolvimento do tema no meio científico.

## 3. Resultados e discussões

Os principais resultados desta pesquisa estão resumidos na Tabela 1, aonde foram destacadas as 3 primeiras posições em cada perspectiva revisada.

Tabela 1: TOP 3 das principais perspectivas revisadas

<b>Perspectiva</b>	<b>TOP 3</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado %</b>
<b>Ano de publicação</b>				
2011	1º	3	18%	17%
2018	2º	2	18%	34%
2017	3º	2	12%	46%
<b>Tema central</b>				
Gestão de crise/risco	1º	3	18%	18%
Logística de suprimento	2º	3	18%	35%
Modelagem de CSP	3º	3	18%	53%
<b>País de filiação do primeiro autor</b>				
Noruega	1º	3	18%	18%
Índia	2º	2	12%	29%
Brasil	3º	2	12%	41%
<b>Método científico</b>				
M&S	1º	14	82%	82%
Estudo de caso	2º	3	18%	100%
<b>Técnicas e ferramentas</b>				

Simulação e metodos de otimização	1°	8	47%	47%
Modelagem/simulação	2°	5	29%	76%
Modelagem matemática	3°	4	24%	100%
<b>Tipo de simulação</b>				
<i>Discrete-event simulation</i>	1°	6	35%	35%
Não especifica	2°	5	29%	65%
<i>Agent-based Simulation</i>	3°	4	24%	88%
<b>Softwares utilizados</b>				
Não Especificado	1°	6	35%	35%
Arena®	2°	6	35%	71%
Zeus®	3°	1	6%	76%
<b>Papel da Simulação</b>				
Testar e avaliar cenários/projetos/modelos	1°	7	41%	41%
Melhorar o desempenho de variáveis da CS	2°	6	35%	76%
Compreender e/ou diagnosticar problemas na	3°	4	24%	100%
<b>Local de aplicação</b>				
Integração na CSP	1°	4	24%	24%
<i>Offshore</i>	2°	3	18%	41%
Rede de Abastecimento	3°	3	18%	59%

Fonte: Elaboração própria

### 3.1. QP1 Estado da arte da simulação em cadeia de suprimento do petróleo

A maior parte dos trabalhos foram publicados em 2011 (18%), seguido por 2018 (18%) e 2017 (12%). O grande número de publicações em 2011 pode estar relacionado à crise no preço do barril de petróleo entre os anos de 2008 a 2010, pois com a redução dos preços as organizações tendem a impulsionar estudos para melhorar a eficiência da CS com o intuito de manter suas margens de lucro, ou pelo menos obterem lucro. A mesma análise pode ser feita para os anos de 2017 e 2018, pois outra queda nos preços foi evidenciada em 2016.

Quanto ao país de filiação do primeiro autor observa-se uma maior participação da Noruega (18%), seguidos da Índia, Brasil, China, Reino Unido e Estados Unidos, com 12% cada. A liderança da Noruega neste quesito deve-se aos trabalhos de Norlunda e Gribkovskaiaa (2017), Kisialioua, Gribkovskaiaa e Laporte (2018) e Norlunda, Gribkovskaiaa e Laporte (2015), os quais estudaram a logística de suprimento em uma base offshore.

Em respeito ao método de pesquisa utilizado pelos autores, a modelagem e simulação foi o de maior ocorrência, estando presente em 14 artigos (82%). Os outros 4 artigos (18%) utilizaram a abordagem de estudo de caso, como foi o caso dos estudos de Cafaro et al. (2010) que aplicaram *discrete-event simulation* (DES) e técnicas de otimização na programação da operação de oleodutos de uma fonte para múltiplos terminais. Entretanto, o método de revisão

sistemática de literatura não foi observado em nenhum artigo revisado, evidenciando uma lacuna na literatura, pois este método permite a consolidação do conhecimento acerca do tema e subsidia pesquisas futuras.

Nos artigos foram identificados 8 locais de aplicação, tendo destaque para o estudo da integração na cadeia de suprimentos do petróleo, com presença em 24% dos trabalhos. A logística offshore e a rede de abastecimento estiveram no foco de 3 artigos cada. Os outros estudos se deram em terminais de petróleo e oleodutos, com 2 artigos cada e refinarias e armazéns, com 1 artigo em cada.

Um total de 10 temas foram trabalhados nos artigos, com destaque para a logística de suprimentos (e.g. Norlunda e Gribkovskaiaa, 2017; Kisialioua, Gribkovskaiaa e Laporte, 2018; Norlunda, Gribkovskaiaa e Laporte, 2015), Gestão de crise/risco (e.g. Upton e Nuttall, 2014; Gallab et al., 2017; Al-Othman et al., 2008) e Modelagem de CSP (Sinha et al., 2011; Fuller, Filho e Arruda, 2018; Franzese et al., 2006). Os outros temas tratados foram: Gestão de oleodutos, logística de distribuição, interação na CS, gestão de estoque, gestão de recursos, PCP e localização de facilidades.

Quanto às técnicas e ferramentas utilizadas, a simulação e métodos de otimização foi a técnica mais utilizada, com 47% de frequência, seguida pela modelagem e simulação (29%) e modelagem matemática (24%). Quanto ao tipo de simulação utilizado a maioria dos trabalhos (35%) aplicaram as técnicas de DES, como foi o caso dos estudos Tahar e Abduljabbar (2010) que utilizaram DES para avaliar a quantidade ideal de recursos em um terminal petrolífero, fazendo ainda o uso de *genetic algorithm* para minimizar a variação entre os outputs do modelo e os reais. Outros tipos de simulação utilizados foram *o agente-based simulation* (22%), *object-oriented simulation* e simulação de Monte Carlo, presente em 1 artigo cada.

A simulação desempenhou papel importante em testar e avaliar cenários/projetos/modelos, estando presente em 41% dos artigos, seguido por melhorar o desempenho das variáveis da CSP (35%) e compreender e/ou diagnosticar problemas na CSP (24%). Além disto vale destacar que boa parte dos estudos (35%) não citaram os softwares de simulação utilizados, porém pode-se observar que o Arena® foi o software escolhido por 35% dos autores, provavelmente devido ao fato de ser um dos softwares de simulação mais utilizados no mundo, apresentando uma modelagem gráfica que compreende todos os recursos necessários para simulação de processos e suas análises (ATHOUGUIA; NAZARÉ, 2018).

### 3.2. QP2 A finalidade com que a simulação está sendo aplicada na CSP e quais foram os resultados

Robertson, Palazaogu e Ramafnoli (2011) propuseram, implementaram e testaram uma estratégia de integração de modelos de otimização na programação de docas, tanques e pontos de processamento ao longo de uma CSP, reduzindo os custos globais da cadeia e não somente soluções ótimas locais. Sinha et al. (2011) aplicaram multi-agent simulation com o intuito de desenvolver uma cadeia de suprimentos mais ágil que a anteriormente praticada. Os autores fizeram uso de métodos heurísticos como o Co-evolutionary particle swarm optimization baseado na distribuição de Cauchy para gerar e avaliar cenários, resultando em incrementos consideráveis na performance da cadeia, reduzindo custos, aumentando o lucro e melhorando a comunicação entre os agentes.

Já os trabalhos de Fuller, Filho e Arruda (2018) apresentaram um modelo baseado em *agent learning* para simular a cadeia de valor do petróleo. Por fim apresentaram um estudo de caso, ao qual utilizaram de *Agent-based simulation* em conjunto com técnicas de *machine learnig* para modelar e simular cenários para uma cadeia do petróleo, desde a extração até as bases de distribuição do produto acabado, demonstrando a potencialidade do método em representar sistemas complexos.

Franzese et al. (2006) desenvolveram um template de simulação baseado em modelagem incremental para CSP que permite desde a modelagem da cadeia global até sistemas específicos. Os autores validaram o modelo em uma aplicação real na modelagem de uma refinaria de petróleo na Argentina, detectando discrepâncias entre capacidade e demanda futura e identificando gargalos que podem ser mitigados com pequenos investimentos

A otimização via simulação de eventos discretos aplicado no planejamento de embarcações de suprimento offshore foi objeto de estudo nos trabalhos de Norlunda, Gribkovskaia e Laporte (2015), Norlunda e Gribkovskaia (2017) e Kisialioua, Gribkovskaia e Laporte (2018). O primeiro artigo apresentou uma metodologia de planejamento robusto de viagens associando o trade-off custo e nível de serviço. No segundo artigo foi desenvolvido um modelo para programação de velocidade das embarcações incluindo incertezas quanto ao clima. Em seus resultados foi observado que no inverno o consumo médio de combustível aumenta consideravelmente, além disto o modelo criado permitiu a redução no consumo médio e consequente custos.



Já Kisialioua, Gribkovskaia e Laporte (2018) estudaram a programação de viagens que minimizassem os custos, emissões de gases e ao mesmo tempo incorporasse diferentes níveis de robustez na solução. A conclusão é que quanto mais robustez coloca-se no modelo maiores são os custos e consumo de combustível, todavia este problema que pode ser minimizado pela otimização da velocidade das embarcações.

No trabalho de Lv et al. (2018) foi utilizado a teoria de super-rede junto à simulação para estudar cenários de emergência na distribuição de petróleo. O modelo proposto permitiu encontrar uma estratégia ótima para mitigar os efeitos de uma eventual emergência no fornecimento de petróleo, concluiu-se que o escalonamento inter-regional de emergência permite baixos custos e alta produtividade. Biswas e Narahari (2004) desenvolveram um sistema de suporte a decisão em CS fundamentado em *object oriented modeling*. A fim de demonstrar a potencialidade do software os autores apresentaram um estudo de caso na cadeia de suprimentos de *liquid petroleum gas* (LPG) estudando os problemas de localização de plantas de engarrafamento de LPG, planejamento agregado de estoque e planejamento detalhado de estoque, típicos problemas de planejamento estratégico, tático e operacional, respectivamente.

Guo et al. (2016) tratam do problema de localização ótima para armazém de apoio em campos de petróleo com a localização de poços ainda desconhecida. Para isto foi utilizado simulação de Monte Carlo para simular as localizações mais prováveis de futuros poços, em conjunto com a aplicação de um modelo de localização contínua (centro de gravidade) seguido de heurísticas, *Genetic Algorithm* e *Differential Evolution Algorithm*, para determinar a localização ótima. Por fim o modelo foi aplicado em um caso real de instalação de um armazém de apoio na China, sendo que a solução proposta pelo método permitiu uma economia de RMB 55.000 por ano.

Tahar e Abduljabbar (2010) desenvolveram um modelo de DES a fim de aumentar a lucratividade de um terminal petrolífero suportando decisões como a quantidade e capacidade de tanques operantes e a melhor taxa de chegada de caminhões para carregamento/descarregamento. Além disto, os autores combinaram *genetic algorithm* e DES para minimizar diferenças entre os outputs do modelo e reais.

Cigolini et al. (2014) desenvolveram um modelo de simulação para gerenciamento de projetos de instalação de oleodutos offshore, concluindo que esse apresenta como vantagem a inserção de variáveis estocásticas, provendo planejamento de operações mais assertivas se comparada à planilha eletrônica tradicionalmente utilizada na companhia estudada.



Cafaro et al. (2010) desenvolveram um sistema baseado em otimização via DES para programação de operações de oleoduto multiproduto com uma estação de partida para múltiplos terminais. O modelo avalia diversos cenários de programação e regras de priorização, permitindo vislumbrar regras que reduziram em cerca de 40% a ociosidade dos dutos e notável redução nas operações de corte.

O estudo da cadeia de apoio à produção de óleo e gás esteve presente nos estudos de Risa, Parra e Giménez (2011) que associaram técnicas de otimização, simulação e análise de regressão para dimensionar sistemas estocásticos de inventário de produção. O modelo foi testado em um caso real em uma indústria de óleo e gás e por experimentos em 900 problemas de teste, mostrando-se capaz de atingir soluções com baixa variação dos custos em relação à solução determinística ótima.

O tema gestão de risco e crises também esteve presente em diversos estudos. Upton e Nuttall (2014) que utilizaram de *agent-based simulation* para simular o comportamento da cadeia de fornecimento de combustível em meio a uma crise de abastecimento. Por meio do modelo desenvolvido foi possível observar o comportamento dos agentes envolvidos e propor medidas eficazes de política pública para contornar a crise.

Al-Othman et al. (2008) desenvolveram um modelo de otimização para planejamento estocástico multi-período para a cadeia de uma organização petrolífera que opera sob um mercado incerto. O modelo estocástico permitiu concluir que variações no preço do óleo não impactam tão fortemente a CS quanto a variação da demanda. Logo faz-se necessário investir em previsões de demanda mais assertivas a fim de reagir preventivamente a estas variações.

Gallab et al. (2017) descreve um modelo de simulação de análise de riscos em atividades de manutenção na cadeia de suprimentos de LPG. O trabalho permitiu simular cenários de falha de manutenção nos equipamentos de transferência na estação de bombeamento e ver o impacto destas falhas nas operações de manutenção e na cadeia de suprimentos.

### **3.3. QP3 Quais gaps e análises podem-se retirar desta RSL?**

A partir dos resultados apresentados acima foi possível identificar alguns gaps e insights presentes na literatura acerca do tema. O primeiro ponto a ser destacado é que muitos artigos não deixam claro as ferramentas e métodos utilizados, o que destaca a necessidade da elaboração de *frameworks* e *guidelines* que consolidem as melhores práticas e permitam que novas pesquisas sigam metodologias claras que facilitem o desenvolvimento do trabalho e

promovam melhores resultados. Sob esta mesma ótica, não foi identificado nenhuma pesquisa do tipo survey, método de pesquisa que viria a contribuir com a exploração de aspectos ainda não estudados sobre o tema.

Na perspectiva contemporânea de cadeia de suprimento que incorpora a sustentabilidade como pilar fundamental, apenas um artigo abordou a questão ambiental nos seus estudos, ainda sim como tema secundário. Logo, a aplicação da simulação em problemas que envolvam abordagens *green* na CSP poderiam contribuir significativamente com o tema. A grande maioria dos estudos se concentraram em operações mais a jusante na cadeia, sendo a parte da cadeia mais próxima ao consumidor final (*downstream*) ainda pouco explorada, podendo esta ser foco de futuras pesquisa.

Operações logísticas na CSP como a distribuição de combustível via rodovias, transporte internacional de petróleo e derivados por navios petroleiros, apoio aéreo em bases offshore, estudo de risco sobre desastres ambientais provocados por derramamento de óleo ou falhas em gasodutos também não foram observadas nesta RSL. Logo estas operações podem ser oportunidades de novos trabalhos devido a aplicabilidade de ferramentas de simulação e importância da eficiência destes subsistemas no desempenho global da CSP.

#### **4. Considerações finais**

Conforme apresentado, este trabalho buscou analisar na literatura estudos referentes à relação entre simulação e a cadeia de suprimento do petróleo. A escolha em realizar uma RSL foi a consolidação e disseminação das práticas de simulação aplicada em CSP, colaborando com pesquisas futuras acerca do tema.

Desta forma, pode-se observar neste estudo que a utilização da simulação foi eficaz em prover resultados satisfatórios na análise e/ou solução de problemas na CSP. Além disto, a simulação mostrou-se uma ferramenta importante para modelagem de novas operações na CS, permitindo a identificação de configurações ótimas e potenciais falhas na cadeia, podendo assim reagir preventivamente. A conjugação de métodos de otimização junto a simulação esteve presente na maioria dos estudos, evidenciando a importância do uso combinado destas técnicas para melhorar a performance de cadeias complexas como a do petróleo.

Outro fator observado foi a frequência com que a simulação tem sido aplicada em estudos de caso e sua efetividade em promover melhorias em sistemas reais, deixando clara a oportunidade de exploração do tema não somente no meio acadêmico, mas também na indústria, como forma

de incrementar os lucros das organizações e garantir o sucesso de toda cadeia. Um direcionamento futuro poderia uma maior exploração do conceito de green supply chain em projetos de simulação na CSP. Além disto, estudos mais aprofundados em operações mais próximas ao varejo poderiam contribuir para a evolução do tema, assim como a elaboração de frameworks que consolidem as melhores práticas e subsidiem futuras pesquisas na área.

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio fornecido pela CAPES, FAPEMIG e CNPq.

## REFERÊNCIAS

- AL-OTHMAN, Wafa B.E. et al. Supply chain optimization of petroleum organization under uncertainty in market demands and prices. **European Journal Of Operational Research**, v. 189, n. 3, p.822-840, set. 2008.
- ATHOUGUIA, Tamires da Silva Prata; NAZARÉ, Tiago Bittencourt. Application of the Arena Software in the Process of French Bread Production in a Bakery Located in the State of Minas Gerais, Brazil. **International Journal of Engineering Trends and Technology**. 64.2 (2018): 70-74.
- BISWAS, Shantanu; NARAHARI, Y. Object oriented modeling and decision support for supply chains. **European Journal of Operational Research**, v. 153, n. 3, p. 704-726, 2004.
- British Petroleum (BP). **British Petroleum (BP) anual statistical review in 2015**. 2015.
- CAFARO, Vanina G. et al. Oil-derivatives pipeline logistics using discrete-event simulation. In: **Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference**; 2010; Baltimore, EUA. Maryland: WINTERSIM (WSC); 2010. p. 2101-2113.
- CIGOLINI, Roberto et al. Using simulation to manage project supply chain in the offshore oil and gas industry. **Production planning & control**, v. 26, n. 3, p. 167-177, 2015.
- DENYER, David; TRANFIELD, David. Producing a systematic review. In: D. Buchanan, A. Bryman (Eds.), **The Sage handbook of organizational research methods**, 2008, p. 671-689.
- FRANZESE, Luiz Augusto G. et al. Supply-chain simulation and analysis of petroleum refinery systems: a reusable template with incremental approach. In: **Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference**; 2006; Moterey, EUA. Califórnia: WINTERSIM (WSC); 2006. p. 2306-2311.
- FULLER, Daniel Barry; FILHO, Virgílio José Martins Ferreira; ARRUDA, Edilson Fernandes de. Oil industry value chain simulation with learning agents. **Computers & Chemical Engineering**, v. 111, p.199-209, mar. 2018.
- GALLAB, Maryam et al. Risk analysis of maintenance activities in a LPG supply chain with a Multi-Agent approach. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 47, p. 41-56, 2017.
- GUO, Haixiang et al. Combining a continuous location model and Heuristic techniques to determine oilfield warehouse locations under future oil well location uncertainty. **Soft Computing**, v. 22, n. 3, p. 823-837, 2018.
- HUGOS, Michael H.. **Essentials of Supply Chain Management**. 4. ed. EUA: John Wiley & Sons, 2018. 368 p. International Energy Agency. Key World Esnergy Statistics 2018. IEA, Paris, France. 2018.
- KISIALIOU, Yauheni; GRIBKOVSKAIA, Irina; LAPORTE, Gilbert. Robust supply vessel routing and

scheduling. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 90, p. 366-378, 2018.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**, v.9, p.181-212, 2006.

LV, Tao et al. Cross-regional emergency scheduling planning for petroleum based on the supernetwork model. **Petroleum Science**, v. 15, n. 3, p. 666-679, 2018.

NORLUND, Ellen Karoline; GRIBKOVSKAIA, Irina. Environmental performance of speed optimization strategies in offshore supply vessel planning under weather uncertainty. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 57, p. 10-22, 2017.

NORLUND, Ellen Karoline; GRIBKOVSKAIA, Irina; LAPORTE, Gilbert. Supply vessel planning under cost, environment and robustness considerations. **Omega**, v. 57, p. 271-281, 2015.

OLIVEIRA, Josenildo Brito; LIMA, Renato Silva; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 62, p.166-191, mar. 2016.

OLIVEIRA, Mona Liza Moura de. **Utilização da simulação híbrida para representar o fator humano em sistemas produtivos**. 2017. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais.

ROBERTSON, G.; PALAZOGLU, A.; ROMAGNOLI, J.A. A multi-level simulation approach for the crude oil loading/unloading scheduling problem. **Computers & Chemical Engineering**, v. 35, n. 5, p.817-827, maio 2011.

SINHA, Ashesh K. et al. Agent oriented petroleum supply chain coordination: Co-evolutionary Particle Swarm Optimization based approach. **Expert Systems With Applications**, v. 38, n. 5, p.6132-6145, maio 2011.

TAHAR, Razman Bin Mat; ABDULJABBAR, Waleed Khalid. A simulation and optimisation model for the transport of refinery products. **International Journal of Oil, Gas and Coal Technology**, v. 3, n. 2, p. 160-169, 2010.

UPTON, Eben; NUTTALL, William James. Fuel panics: Insights from spatial agent-based simulation. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 15, n. 4, p. 1499-1509, 2014.