

PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DO BIOBOT 20 PARA FABRICAÇÃO DE BIODIESEL: SIMULAÇÃO EM UMA EMPRESA DE TRANSPORTE URBANO

Glauco Oliveira Rodrigues– glaucop10@redes.ufsm.br

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Eugênio de Oliveira Simonetto– eosimonetto@gmail.com

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Crislei Siqueira Schuch– crislei.schuch@gmail.com

Pro-Reitoria de Recursos Humanos – Universidade Federal de Santa Maria

Marcelo Cassanta Antunes– dedeantunes@gmail.com

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Carolina Schneider Bender– carolisbender@gmail.com

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Resumo: Este artigo apresenta uma proposta de modelo de simulação para diminuir os gastos relativos ao transporte urbano na região central do estado do Rio Grande do Sul. Para a definição de variáveis e suas inter-relações, utilizaram-se, por base teórica as pesquisas bibliográficas e observações do processo da geração do biodiesel pelo Biobot20 além da logística do transporte urbano. Para avaliar a possibilidade de geração de um novo combustível foram gerados dois cenários, com o objetivo de simular a produção do seu próprio biodiesel. Os resultados obtidos através da simulação demonstram q ganho econômico em função da redução de custos com a aquisição de combustível. O horizonte de tempo simulado foi de 10 (dez) anos e foi utilizado o software Vensim para o desenvolvimento da simulação.

Palavras-chave: Biodiesel. Modelagem Computacional. Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

As atividades do setor terciário nas cidades têm sido cada vez mais papel predominante na geração de empregos, provocando um aumento constante na necessidade de deslocamentos. O transporte urbano é essencial à vida moderna, pois é ele que dá suporte e torna possível a maior parte dos moradores o deslocamento para realizar as atividades sociais e econômicas dos países.

No Brasil existem diferentes modos para o transporte de passageiros como o metrô, BRTs (transporte rápido por ônibus), ônibus entre outros e cada um com a sua operacionalidade. Por isso, torna-se fundamental conhecer os subsistemas de cada modal de transporte para poder compreender os impactos gerados aos meios físicos, biótico e antrópico nas diferentes etapas dos sistemas de transporte.

O transporte apesar de indispensável, também influi no meio ambiente, visto ser uma atividade que depende da utilização de muita energia, que acarreta na queima de combustíveis prejudiciais ao meio ambiente, já que boa parte do combustível queimado é de origem fóssil (D'AGOSTO, 2015). Todavia, do ponto de vista econômico, é um serviço que não cria riqueza, mas ajuda a desenvolver os potenciais produtivos das demais atividades, agregando valor de “tempo” e “espaço” à massa. Ademais, através do transporte coletivo as pessoas podem se deslocar de uma região a outra, utilizando um veículo com capacidade de muitos passageiros, otimizando o espaço e o fluxo do trânsito.

De acordo os dados da Agência Nacional de Energia o combustível fóssil mais utilizado é o petróleo, e em 2011 62% do petróleo consumido em todo o mundo

destinou-se ao setor de transporte (D'AGOSTO, 2015). O boletim da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) publicado em junho de 2017, aponta que em 2015 o consumo mundial de petróleo totalizou 95 milhões de barris/dia, sendo o Brasil o quinto maior consumidor com aproximadamente 3,2 milhões de barris/dia (3,3% do total mundial) (ANP, 2016).

Diante deste cenário, o país tem buscado alternativas para os derivados do petróleo como principal fonte de energia para os transportes, já que em 2011, segundo dados do Ministério de Minas e Energia, respondia por 30% do consumo nacional de energia.

Nesse sentido, o biodiesel ganha espaço no mercado, sendo uma opção para sua utilização em motores a diesel. Tal prática auxiliaria na diminuição do uso do petróleo, podendo ser uma solução para a dependência de muitos países quanto ao uso do mesmo (SOUZA et al. 2016). O Brasil é o segundo maior produtor de Biodiesel, e a indústria espera produzir 4,5 bilhões de litros em 2017 um aumento de 20 % comparado à 2016 (OGLOBO, 2017).

Uma das principais justificativas para a utilização de biodiesel no transporte urbano se dá pela substituição estratégica dos derivados do petróleo, além de reduzir as emissões líquidas de gases de efeito estufa, principalmente o CO₂, e possuir menor custo comparado ao petróleo (ANP, 2017).

A partir desta perspectiva o presente artigo apresenta um modelo de simulação computacional para avaliação de cenários a partir do uso de biodiesel por uma empresa de transporte urbano, analisando qual o impacto financeiro, no transporte, em uma projeção de dez anos.

2. REFERENCIAL TEORICO

O biodiesel surgiu a partir de uma invenção na exposição mundial em Paris no ano de 1900. Na ocasião, o Dr. Rudolf Diesel apresentou aos presentes um motor diesel de injeção indireta utilizando óleo de amendoim como combustível (KNOTHE et al., 2006). Nessa época, segundo Tavares e Da Silva (2008), motores com essa característica, eram alimentados por petróleo filtrado, óleos vegetais e, até mesmo, óleo de peixe. Contudo, os estudos sobre o biodiesel foram esquecidos até o momento em que os países tiveram que pensar no desenvolvimento de fontes alternativas de energia que pudessem substituir, em parte ou totalmente, a primazia dos combustíveis fósseis (CARIOCA; ALMEIDA, 2011). Outro fator importante foi o Protocolo de Kyoto, que tem como objetivo promover a redução sistemática na emissão de gases causadores do efeito estufa.

O combustível secular (biodiesel) é uma alternativa aos combustíveis derivados do petróleo, emitindo menos gases poluidores e atualmente está sendo testada em países como a Argentina, Estados Unidos, Malásia, Alemanha, França entre outros (TAVARES E DA SILVA, 2008).

O biodiesel é definido, segundo a lei nº 11.097 de 13 de setembro de 2005, como um biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente o combustível fóssil. É obtido através de processos, tais como o craqueamento, esterificação, ou pela transesterificação, processo mais utilizado para a sua produção. Também possuem viscosidade e características de combustão semelhante as do diesel de petróleo, sendo tais características adquiridas através da reação química entre triglicerídeos ou ácidos graxos e um álcool de pequena cadeia carbônica (geralmente, metanol ou etanol).

Segundo Mendes (2015), o conceito de biodiesel adotado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), é de um combustível natural, usados em motores diesel, produzido através de fontes renováveis e que atende a especificações da Resolução ANP nº 14, de 11 de maio de 2011. Ainda o define como combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais, conforme a especificação contida no Regulamento Técnico ANP nº 4 de 2012, anexo da resolução ANP nº 14/2012 (BRASIL, 2008).

Seguindo a linha de pesquisa da ASTM (*American Society for Testing and Materials*), Crestana (2008) e da EMBRAPA, considera-se o biodiesel quimicamente constituído por ésteres monoalquílicos de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de gorduras naturais. O Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), representado por Cristo e Ferreira (2006) corrobora descrevendo o biodiesel como um combustível renovável, biodegradável, substituindo o óleo diesel mineral.

Um dos fatores que diferem este combustível do diesel mineral se dá pelo fato do mesmo não possuir enxofre, além de não ser corrosivo e, o mais importante, não contribuir para o aumento do efeito estufa. Como descrevem Fernandes et al. (2009):

O biodiesel é livre de enxofre e compostos aromáticos. Tais substâncias, quando presentes em qualquer combustível, a despeito de trazerem vantagens com relação à melhora da sua capacidade lubrificante (caso do enxofre no diesel), são altamente poluentes. Outro fator importante a ser considerado, diz respeito ao ponto de combustão apropriado associado ao alto número de cetanos presentes no biodiesel. O seu alto índice indica que o combustível tem uma ótima qualidade de ignição, ou seja, o combustível propicia um menor tempo de retardamento da ignição, isto é, o tempo entre a injeção de combustível nos cilindros e a ocorrência da explosão. Outra característica positiva do biodiesel, diz respeito à sua toxicidade, isto é, a baixíssima emissão de substâncias que possa provocar intoxicação ou envenenamento.

Conforme Tavares e Da Silva (2008) os motores a diesel que utilizam alguma mistura de biodiesel, possuem uma vida útil aumentada, nesses casos o biodiesel funciona como ótimo lubrificante para o motor e o risco de explosão é muito baixa, devido ao fato do biodiesel precisar de uma fonte de calor acima de 150 °C para que ocorra um risco de explosão o que facilita o transporte e armazenamento do produto.

Por ser constituído de carbono neutro, as plantas capturam todo o CO₂ emitido pela queima do biodiesel e separam o CO₂ em carbono e oxigênio, neutralizando a emissão de gases poluentes no ambiente. A cada 1 tonelada de biodiesel usado corresponde a uma redução de 2,5 toneladas de CO₂ emitidos na atmosfera (REVISTA BODIESEL, 2008). A Tabela 1 resume as vantagens da utilização do biodiesel.

Tabela 1. Vantagens da utilização do biodiesel

Características	Propriedades Complementares
Características químicas apropriadas	Livre de enxofre e compostos aromáticos, alto número de cetanos, ponto de combustão apropriado, excelente lubricidade, não tóxico e biodegradável.
Ambientalmente benéfico	Nível de toxicidade compatível ao sal ordinário, com diluição tão rápida quanto a do açúcar (<i>Departamento de Agricultura dos Estados Unidos</i>).
Menos poluente	Reduz sensivelmente as emissões de: (a) partículas de carbono (fumaça), (b) monóxido de carbono, (c) óxidos sulfúricos e (d) hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.
Economicamente competitivo	Complementa todas as novas tecnologias do diesel com desempenho similar e sem a exigência da instalação de uma infraestrutura ou política de

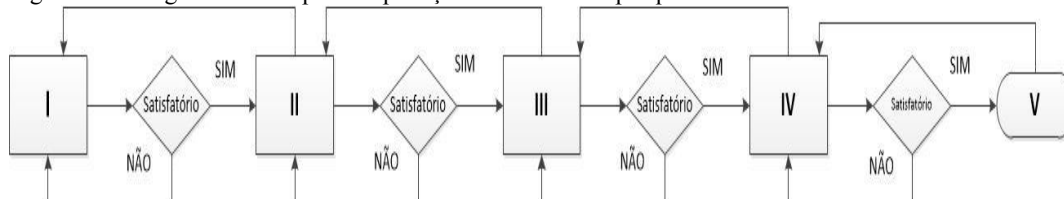
	treinamento.
Reduz aquecimento global	O gás carbônico liberado é absorvido pelas oleaginosas durante o crescimento, o que equilibra o balanço negativo gerado pela emissão na atmosfera.
Economicamente atraente	Permite a implementação do salário das classes de baixa renda.
Regionalização	Pequenas e médias plantas para produção de biodiesel podem ser implantadas em diferentes regiões do país, aproveitando a matéria-prima disponível em cada local.

Fonte: Fernandes et al. (2009)

3. METODOLOGIA

Para o presente artigo adotou-se a metodologia apresentada por Law (2015) para modelagem e simulação de sistemas, a qual é constituída pelos seguintes passos representado pela Figura 1.

Figura 1. Fluxograma das etapas de aplicação do método de pesquisa



Fonte: Autor (2017)

A etapa (I) representa o estudo exploratório em artigos científicos, relatórios técnicos, entrevistas com *stakeholders* e observações do ambiente onde os dados foram coletados. Através desses dados, o problema de pesquisa foi especificado e estruturado. As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 2010).

A etapa (II) apresenta o desenvolvimento da solução, através da construção de modelos formais capazes de representar o problema (definição das variáveis e seus relacionamentos). A implementação computacional da solução (etapa [III]), com o auxílio do simulador *Vensim* (VENTANA SYSTEMS, 2016), a etapa (IV) responsável pela verificação e validação (v&v) da solução, através de testes em laboratório e análise do comportamento histórico (com os dados que foram possíveis), para verificar se os resultados obtidos representam parte da realidade observada que neste caso foram acompanhados através de entrevistas com gestores das áreas. E a etapa (V) onde foram expostas as diferenças entre as possibilidades existentes.

Para este estudo utilizou-se a Dinâmica de Sistemas, definido por Ford (2009) como uma combinação de estoques e fluxos que utilizam uma estrutura computacional para serem simulados. Para tanto, valeu-se da abordagem de Andrade et al. (2006) que descreve a modelagem computacional como uma soma entre o trabalho qualitativo (mapa sistêmico), que tem por objetivo analisar e capturar os dados, e um modelo quantitativo (técnicas do campo da Dinâmica de Sistemas). A modelagem em Dinâmica de Sistemas consiste em representar os processos de um sistema. Para seu desenvolvimento, é necessário reconhecer os fluxos que convertem recursos em diferentes estados, o que implica conhecer o seu mapa sistêmico desenvolvido.

4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo computacional desenvolvido pretendeu proporcionar aos gestores da empresa estratégias para diminuir os custos do transporte. As decisões, a partir dos resultados gerados pelos modelos, poderão envolver a adoção de maior percentual de biodiesel misturado ao diesel, ou a própria geração deste combustível através da mini usina BIOBOT20.

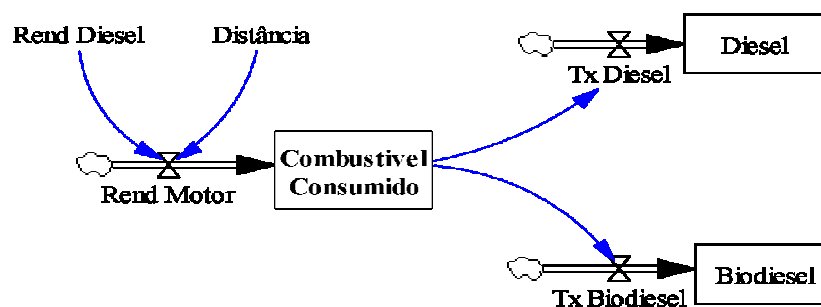
Para a definição das variáveis componentes do modelo, foram utilizados: observações, por parte dos pesquisadores no processo de logística de alguns setores da empresa, entrevistas com gerentes, fiscais, motoristas e mecânicos, além de pesquisas bibliográficas. O modelo foi concebido buscando simplificar a interação usuário-modelo, para que análises do tipo *what-if* fossem de simples execução. O tempo de execução do modelo será de 10 anos (2018 até 2027).

O modelo "**CombustívelTransporte**" está representado com suas interações na Figura 2. Para variar a quantidade de diesel e biodiesel nos cenários projetados, gerou-se duas variáveis de estoque ("**DieselTotal**", "**BiodieselTotal**"), onde a média de cada combustível foi inserida através das variáveis de fluxo ("**MédiaDiesel**" e "**MédiaBiodiesel**"), ambas são as variáveis de saída do modelo projetado.

Estoques e fluxos são os pontos centrais de um de uma Dinâmica de Sistemas, uma vez que os estoques são níveis ou acumuladores e caracterizam o estado do sistema e os provêm com memória. Nesse componente acontecem os atrasos com a acumulação da diferença entre os fluxos de entrada e os fluxos de saída e somente por meio destes fluxos a quantidade acumulada nos estoques pode ser alterada.

Como a empresa possuía diferentes modelos de ônibus e conseqüentemente diversos modelos de motor o rendimento por quilometro variou e o consumo, em litro, do diesel e biodiesel foram diferentes. Assim, criou-se duas variáveis de estoque chamadas "**DieselConsumido**" e "**BiodieselConsumido**". As entradas destas variáveis são duas variáveis de fluxo, respectivamente chamadas de "**RendMotorDiesel**" e "**RendMotorBiodiesel**". As variáveis de fluxo recebem seus valores de entrada através de duas variáveis auxiliares: "**RendDiesel**" e "**RendBioiesel**".

Figura 2. Modelo Combustível Transporte

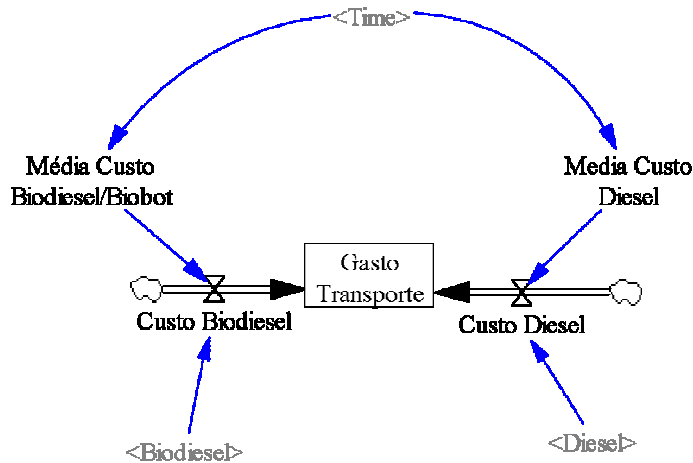


Fonte: Autores através do software Vensim (2017).

Para possibilitar a análise econômica do modelo, gerou-se o modelo "**CustoOperação**". A saída deste modelo está representada pela variável de estoque "**CustoTransporte**" e a mesma recebe em sua entrada quatro variáveis de fluxo ("**CustoDiesel**", "**CustoBiodiesel**", "**Manutenção**", "**Usuário**"), que por sua vez recebem seus valores a partir das variáveis auxiliares "**MédiaCustoDiesel**",

"*Média Custo Biodiesel/BIOBOT*", "*Média Manutenção*", "*Custo Passagem*" e "*Passageiros*". Duas *shadow variables* (variáveis já criadas em outro modelo) também fazem parte deste modelo, são elas: "*Diesel Consumido*" e "*Biodiesel Consumido*". A figura 3 representa este modelo.

Figura 3. Modelo Combustível Transporte



Fonte: Autores através do software Vensim (2017).

O tempo (variável "*time*") no modelo é pré-estabelecido, com isso os estoques só são alterados por meio de seus fluxos, já os fluxos são determinados pelos estoques, pelo fato do mesmo ser a estrutura principal da informação.

5. RESULTADOS

Sempre que uma decisão é tomada e se executa alguma ação, haverá consequências, sendo que estas podem estar dentro do controle do gestor, ou podem ser consideradas de risco ou incerteza. Neste artigo, optou-se por um modelo incerto, já que os dados coletados não proverão um futuro certo.

Segundo Pidd (2001) um modelo deve ser baseado em uma análise e em alguma escala de tempo pré-determinada, onde existam tempo suficiente para tentar avaliar todas as opções de saída do modelo desenvolvido. Assim o experimento na prática tenderá a se encaixar melhor na realidade. O autor ainda ressalta a necessidade de replicação, isto é, o modelo deve possibilitar sua aplicação em mais de um ambiente de estudo.

O modelo foi desenvolvido utilizando a metodologia de dinâmica de sistemas através do software Vensim. O mesmo possui as características de melhorar os sistemas reais, sendo muito utilizado para desenvolver e analisar modelos de dinâmica de sistemas. Através das ferramentas e suas extensões, apresenta para o usuário uma análise de alta qualidade, com dimensões que absorvem e checam a realidade, podendo criar "n" cenários.

Técnicas prospectivas, como a geração de cenários, originaram-se entre os militares, durante a segunda Guerra Mundial. Utilizadas de forma sistemática, principalmente pelos Estados Unidos da América, para apoio a mecanismos de formação de estratégias bélicas (MARCIAL e GRUMBACH, 2005). Na França,

segundo Godet (2000), esses artificios eram utilizados em estudos de prospecção geográfica, a partir desse fato tal método foi utilizado em setores da indústria e agricultura.

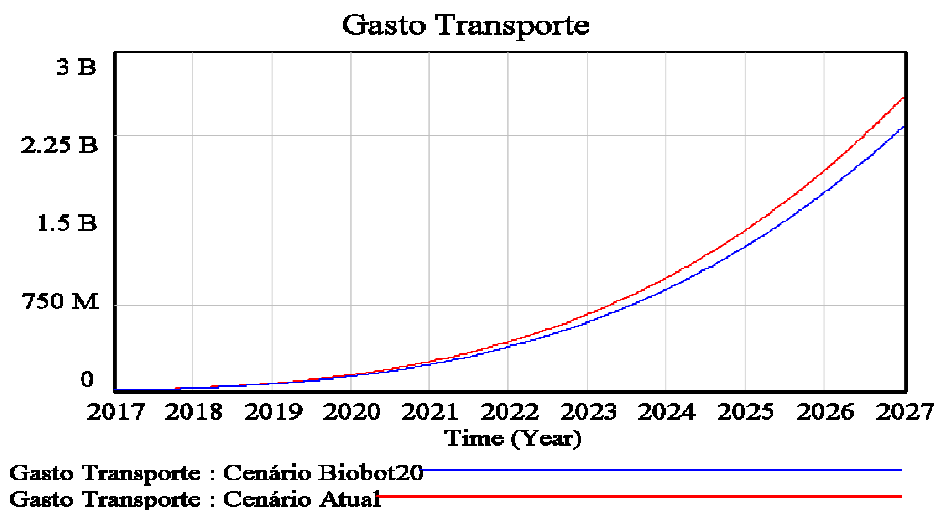
No Brasil, as empresas utilizaram pela primeira vez a análise por cenários entre os anos de 1980 e 1987. Empresas como a Petrobrás e a Eletrobrás possuíam projetos de longo período e necessitavam de uma análise em grande espaço de tempo. Também no final dessa década, o trabalho elaborado pelo BNDES em 1989, de conteúdo mais econômico, teve grande impacto e abriu grande discussão política sobre os cenários do Brasil (MORETTI, 2002).

Neste artigo geraram-se dois cenários, assim o modelo foi executado em um computador com processador Pentium Core i5 e 8 Gb de memória RAM. O tempo de execução da simulação foi na ordem de milionésimos de segundos. O horizonte de tempo simulado no experimento foi de 10 (dez) anos, porém a configuração dessa variável fica a cargo do projetista / usuário, pois a mesma depende da análise a ser feita.

A atual estratégia adotada pela empresa tem por principal objetivo utilizar rotas que utilizem a menor quantidade de combustível e suas paradas tenham grande alcance para a população local. Entretanto os problemas enfrentados com o trânsito e ruas esburacadas fazem com que o rendimento do motor seja inconstante, não possibilitando o controle do orçamento médio diário.

O modelo simulado apresentou o cenário com a adesão do BIOBOT20 com o melhor desempenho que o cenário atual, apesar de sua similaridade nos primeiros 5 anos, como demonstrado na Figura 4. Nos dez anos totalizados na simulação o Cenário Biobot20 apresentou uma redução de aproximadamente vinte milhões de reais nos custos com o transporte.

Figura 4. Gasto Transporte



Fonte: Autores através do software Vensim (2017).

Como exposto na Figura 4 a estratégia depende de tempo para obter êxito, a tomada de decisão da aplicação deste cenário poderá acarretar em grandes benefícios para a empresa, como a geração de novos empregos, melhoria em sua frota, além de apresentar uma inovação na rede de transporte do município estudado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo nesta pesquisa foi o desenvolvimento a verificação, e o experimento de um modelo de simulação computacional para avaliação de cenários para a geração de biodiesel em uma empresta de transporte urbano a qual não adota esta estratégia. Sendo assim, a contribuição foi à entrega de um modelo que poderá ser aplicado em empresas de transporte urbano que utilizam diesel em seus veículos de transporte.

Para o desenvolvimento do modelo de simulação levou-se em consideração o conceito que modelos de Dinâmica de Sistemas compostos por variáveis de estoque, fluxo, variáveis auxiliares e conectores. Um dos objetivos centrais da metodologia desta é ter um modelo que consiga simular o comportamento real, ou seja, que a fonte dos problemas em um sistema seja uma parte inerente do modelo desenvolvido.

Deste modo, a metodologia de Dinâmica de Sistemas auxiliou a mapear as estruturas do sistema desenvolvido, procurando examinar sua inter-relação em contexto amplo. Através desta simulação a dinâmica aplicada buscou compreender como o sistema em foco evoluiu ao longo do tempo e como as mudanças em suas partes afetavam o seu comportamento. A partir dessa compreensão, foi possível diagnosticar e prognosticar o sistema, além de possibilitar simular mais cenários no tempo.

Foram gerados dois cenários, utilizando dados coletados através de entrevistas com *stakeholders* e também por meio de revisão bibliográfica. Os resultados obtidos foram condizentes com a realidade e as taxas utilizadas foram desenvolvidas pelos projetistas do modelo para realização deste estudo. Cabe ressaltar que os cenários foram gerados para esse experimento, porém o modelo pode ser configurado conforme as necessidades de quem for utilizá-lo, ou seja, é um modelo reconfigurável e aberto.

Os resultados apresentados foram obtidos através de simulações feitas utilizando o *software Vensim*. Observou-se que as reduções do impacto financeiro gerado para um cenário de 10 anos justificam a aplicação dos resultados gerados pelo modelo. Logo, a partir dos resultados gerados pela simulação, os gestores poderão definir as políticas de compras de papel levando em consideração a sustentabilidade ambiental no processo decisório. Como trabalhos futuros, pretende-se expandir o modelo a outras empresas e, também, considerar na avaliação os benefícios sociais que podem ser gerados, como a geração de emprego.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.L; SELEME, A.; RODRIGUES, L.H.; SOUTO, R. **Pensamento Sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. Porto Alegre, Bookman, 2006.

ANP. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Boletim Anual de Preços 2016: preços do petróleo, gás natural e combustíveis nos mercados nacional e internacional/ Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Rio de Janeiro: ANP, 2017. 164 p.: il. color., gráficos, tabelas.

BIODIESEL, **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel: o programa**. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br>. acesso mai de 2017

BIODIESEL. **Programa nacional de produção e uso de biodiesel: o programa**. Disponível em :<<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: set 2017

- BLOIS, D.H. SOUZA, J.C. **Cenários Prospectivos e a Dinâmica de Sistemas: proposta de um modelo para o setor calçadista**. Revista de Administração de Empresas, vol 48, n3, 2008
- BRASIL. **Lei nº 11.116**, de 18 de maio de 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 19 mai. 2008.
- CARIOCA, J.O.B.; ALMEIDA, M.F.L. **Desenvolvimento da química verde no Brasil**. Revista de Química Industrial, v.79, n.730, p. 3-8, 2011.
- CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e Simulação de eventos discretos: Teoria e Aplicação**, 4ed. Elsevier. Rio de Janeiro. 2015.
- CRESTANA, S. **O papel da Embrapa na produção de biocombustíveis**. In: Reunião Anual da SBPC. 60, 2008, Campinas. Anais. São Paulo, 2008.
- D'AGOSTO, **Transporte, uso de energia e impactos ambientais: uma abordagem introdutória**, 1 ed, Rio de Janeiro, Elsevier 2015.
- DEATON, M. L.; WINEBRAKE, J. J. *Dynamic Modelling of Environmental Systems*. Springer-Verlag, 2000.
- FRANCO, R. A. C. **Processo de terceirização logística: uma abordagem de dinâmica de sistemas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- FORD, A. *Modeling the environment*, Second Edition. Island Press, 2009.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- KELTON; SADOWSKI; SADOWSKI, A. *Simulation with Arena*. New York: McGraw-Hill, 1998.
- KNOTHE, G; KRAHL, J.; GERPEN, J.V. **Manual de biodiesel**. São Paulo. Edgard Blucher, 2006.
- LAW, A.M. *Simulation Modeling and Analysis*. 5Ed., McGraw-Hill, 2015.
- MENDES, P.A.S. **Sustentabilidade na produção e uso do biodiesel**. Curitiba. Annris. 2015.
- OGLOBO.COM, **Lei aumenta percentual de biodiesel no óleo diesel**. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2016/03/lei-aumenta-percentual-de-biodiesel-no-oleo-diesel.html>, acessado em março de 2016, 2016.
- OGLOBO.COM, **Petrobras reajusta o preço do óleo diesel e mantém gasolina**. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/petrobras-anuncia-reajuste-do-diesel-e-manutencao-do-preco-da-gasolina.g>, acessado em jan de 2017, 2017
- OGLOBO.COM , **Indústria de biodiesel prevê crescimento de 20% em 2017 com mistura maior no diesel**, <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/industria-de-biodiesel-preve-crescimento-de-20-em-2017-com-mistura-maior-no-diesel.ghtml>, acessado em dez de 2017, 2017.
- PEGDEN, C. D.; SHANON, R. E.; SADOWSKI, R. P. *Introduction to simulation using SIMAN*. 2nd ed. McGraw-Hill, 1995.

SIMONETTO, E. DE O. ; LOBLER, M. L. **Simulação computacional para avaliação de cenários sobre a reciclagem de resíduos sólidos urbanos e o seu impacto na economia de energia.** Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. Universidade FUMEC, 2013.

SOUZA, V.H.A.S; SANTOS, L.T.S; CAMPOS, A.F.C; CAROLINO, J. **Um panorama do biodiesel no Brasil e no mundo: esforços para a ampliação do setor e desafios,** Rev. Augustus, Rio de Janeiro, v. 21, n. 41, 2016.

TAVARES, B.M.; DA SILVA. S.R.R. **Biodiesel: fonte de combustível limpo atuando como rica contribuição estratégica, social e ecológica na região de Lins,** Monografia apresentada ao Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UNISALESIANO, Lins-SP, para graduação em Administração, 2008.

VENSIM – *Ventana Simulations (2014), Vensim simulation software.* Disponível em: <<http://www.vensim.com>>, 2014. Acessado em Dez. 2014.

VENTANA SYSTEMS. *Vensim Simulation Software.* Available at: <http://www.vensim.com>. Acessado em fev, 2016.

VIDMANTAS, J.B.D ; TIROLE, C.A.S ; BIGATÃO, D.A.R ; JUNIOR, M.F.J. **Estudo do Destino de Resíduos Oleosos em Estabelecimentos de Comida Rápida, Situados em Shopping na Cidade Dourados/MS,** III Simpósio Intercâmbio Brasil-Japão em Sustentabilidade: Um Desafio da Humanidade, Campo Grande, Mato Grosso, 2010.