

ENGENHARIA DE SISTEMAS NO SETOR AUTOMOTIVO: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

SANTOS, Italo Nascimento*; **SANTOS, Jose Ilton Rodrigues dos**; **BARROS, Leonel Altamiro**; **ALMEIDA, Salatiel Ferreira de**; **SANTOS, Yasmin Lima dos**; **FRANCA, Veruschka Vieira**

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe

*email: italosantos.engenharia@gmail.com

Resumo: *Este artigo é baseado em uma visão holística da engenharia de sistemas no setor automotivo e aborda vários fatores importantes neste sector que contribuem para o desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas. O termo engenharia de sistemas surgiu na década de 1940 na Bell Labs e apesar de ter grande força nos países desenvolvidos, ainda engatinha no Brasil e por isso serão discutidos dados sobre o setor automotivo com aterramento em empresas nacionais que fazem uso de referências a empresas internacionais, que empregam engenharia de sistemas.*

Palavras-chave: *Engenharia de sistemas, Setor automotivo*

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Universidade Federal de Minas Gerais (2014), uma das poucas universidades a oferecer o curso de graduação em engenharia de sistemas, a engenharia automotiva, conhecida também como engenharia automobilística, trata-se de um setor industrial que nos dias atuais não pode dispensar a participação da engenharia de sistemas, onde esta se define como engenharia responsável por desenvolver sistemas tecnológicos complexos, sistemas estes que fazem parte de outros sistemas e assim sucessivamente.

Uma outra definição de engenharia de sistemas é citada e provém do INCOSE (International Council of Systems Engineering) e conceitua que "a Engenharia de Sistemas é uma abordagem interdisciplinar que torna possível a concretização de 'Sistemas' de elevada complexidade. O seu foco encontra-se em definir, de maneira precoce no ciclo de desenvolvimento de um sistema, as necessidades do usuário, bem como as funcionalidades requeridas, realizando a documentação sistemática dos requisitos, e abordando a síntese de projeto e a etapa de validação de forma a considerar o problema completo."

O presente artigo aborda a engenharia de sistemas voltada ao setor automotivo, tentando mostrar a força da engenharia de sistemas no Brasil tendo como base o apoio da engenharia dos países estrangeiros, bem como, algumas questões desde o projeto ao processo, objetivando uma melhor qualidade do produto que venha a atender e suprir as necessidades dos consumidores.

2. AVALIAÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL

Antes da introdução de técnicas ligadas a engenharia de sistemas o projeto de um novo automóvel chegava a produzir dezenas de protótipos, o que demandava grande perda de tempo e um gasto de milhões de reais até que se chegasse ao lançamento do veículo. Hoje os projetos de automóveis a serem desenvolvidos e carros que irão ser produzidos em plantas espalhadas pelo mundo vêm sendo, com frequência, projetados no Brasil.

O Brasil vem nas últimas décadas aumentando o seu investimento em engenharia e por isso existem hoje no país grandes empresas de engenharia com grande capacidade de fazer ótimos projetos. Dados de Janeiro de 2010 da Jato Dynamics do Brasil, que é uma empresa de consultoria especializada na área e uma líder mundial em inteligência automobilística, mostram que o Brasil já se tornou o quarto maior mercado mundial de veículos, ultrapassando a Alemanha em número de unidades vendidas há cerca de 20 anos atrás tornou-se vantajoso e gratificante para empresas estrangeiras transferirem grande parte de seus projetos para o Brasil, porém esse quadro pode se inverter , devido a escassez de mão-de-obra especificamente formada em engenharia de sistemas As principais empresas montadoras instaladas no país são a Volkswagen, Fiat, GM e Ford, e cada vez mais tem-se novos investimentos no mercado interno de outras multinacionais, como a Asia Motors, Audi/VW, BMW, Chrysler, Hyundai, Honda, Mitsubischi, Peugeot, Toyota. De acordo com a ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) O setor automobilístico é de grande relevância nacional,

embora algumas quedas constantes estejam acontecendo na participação relativa, o setor apresentou uma tendência crescente na participação no PIB brasileiro chegando em 2012 com uma participação de 18,70% do total de riquezas produzidas no país, como mostra a Figura 1.

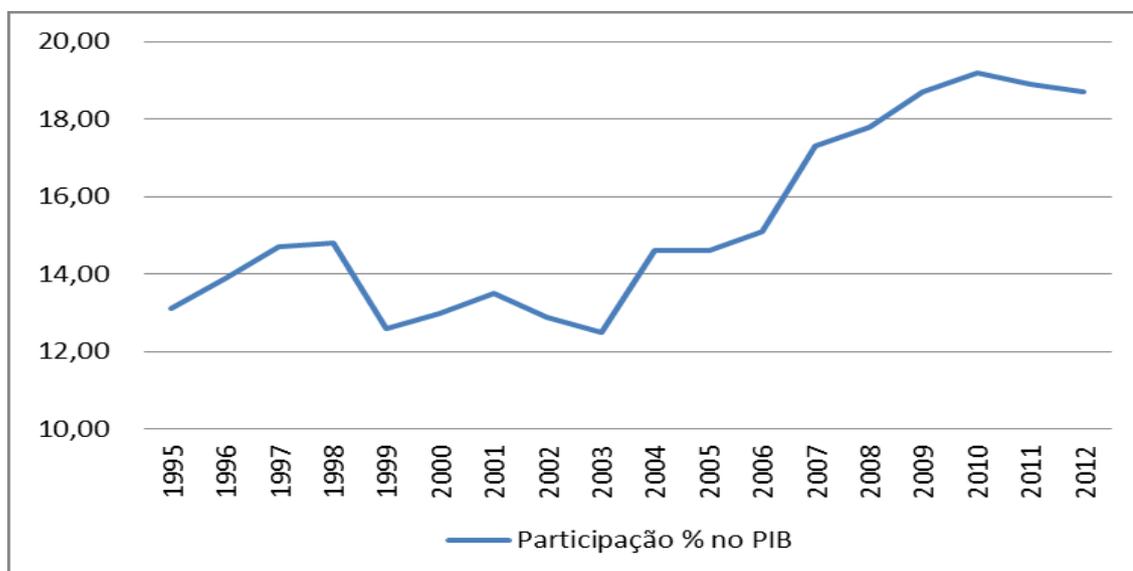


Figura 1 – Participação relativa do setor no PIB do país

Fonte: ANFAVEA (2013)

Fazendo uma comparação ao que foi supracitado, a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) cita que em 2012 o setor automotivo nacional gerou aproximadamente 150 mil empregos diretos, sendo notável a importância do setor para a economia do país, conforme pode-se verificar na Figura 2.

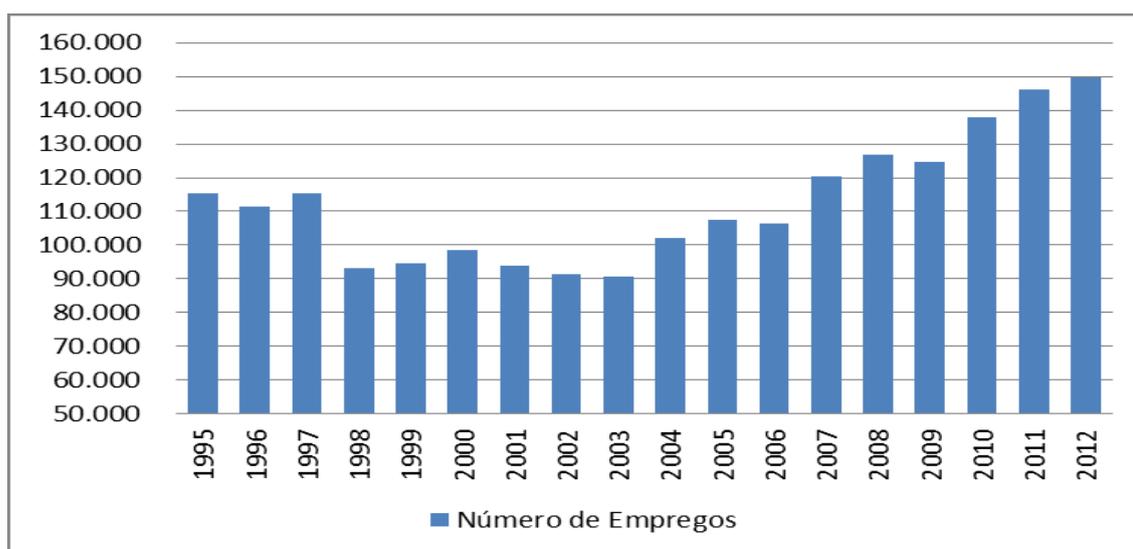


Figura 2 – Geração de empregos nos últimos anos

Fonte: ANFAVEA (2013)

3. REFERENCIAL TEORICO

Essa parte do presente trabalho, também conhecida como pesquisa bibliográfica, ira apresentar conceitos e citações segundo alguns autores . Para Malheiros (2010), “ a pesquisa bibliográfica levanta o conhecimento disponível na área, possibilitando que o pesquisador conheça as teorias produzidas, analisando-as e avaliando sua contribuição para compreender ou explicar o seu problema objeto de investigação.”

No nosso caso será abordada a engenharia de sistemas e disciplinas complementares como gestão de projetos, para que se possa entender melhor seus conceitos, deixando claro o que o trabalho pretende transmitir. A engenharia de sistemas é um ramo da engenharia que desenvolve sistemas tecnológicos complexos, onde estes fazem parte de outros sistemas, cujo objetivo é a análise e integração de sistemas complexos procurando otimizar seu funcionamento.

De acordo com Muller (2013) “A engenharia de sistemas é uma jovem disciplina, é maioritariamente praticada "no campo", por exemplo, em empresa industrial onde muitos engenheiros de sistemas fazem o seu trabalho com base na experiência”.

Segundo Valerdi e Davidz (2008), com o amadurecimento da engenharia de sistemas, existe a necessidade de avanço à pesquisa empírica relacionada a este tema. Existindo vários métodos para que se faça a coleta de dados, entrevistas, experiências e pesquisas, de acordo com os autores, pesquisas têm vantagens distintas para determinados tipos de coleta de dados.

Para Gil (2009, p.17), “a pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.”

4. METODOLOGIA

O presente trabalho é caracterizado como bibliométrico. Entende-se sobre este, um tipo de artigo com pesquisas exploratórias do que já foi escrito sobre o tema abordado, ou seja, é exclusivamente de caráter bibliográfico, já que foram analisados artigos publicados em periódicos de evento científico dispensando-se assim a necessidade de se elaborar um estudo de campo.

Para o desenvolvimento desse trabalho foi utilizada buscas por artigos relacionados a engenharia de sistemas no setor automotivo, onde os critérios adotados para as pesquisas

determinavam que os mesmos deveriam estar contidos em sites de banco de dados de periódicos, como o **Periodicos Capes / Science Direct e Scielo** .

As buscas foram feitas inicialmente pelo título da pesquisa no sites mencionados onde não foram encontrados artigos com valor importante para a pesquisa, em um segundo momento foram utilizadas palavras-chaves que incluíssem obrigatoriamente termos como “engenharia de sistemas/system engineering” e “setor automobilístico/ automotive sector”, que por sua vez trouxeram 5 artigos do Periódicos Capes e 3 artigos do Scielo com possíveis valores contributivos para pesquisa já que mesclavam um pouco os assuntos engenharia de sistemas com o setor automobilístico. Foram encontrados uma quantidade insignificante de artigos em português. Utilizou-se como referencial teórico a maioria em inglês, onde pouco se falava em engenharia de sistemas junto ao setor automotivo, porém alguns outros artigos semelhantes foram utilizados, como mostra a Tabela I e Tabela II. Os artigos foram analisados de forma sucinta, porém crítica. Conforme Salvador (1986), a leitura crítica diz respeito a saber escolher e saber diferenciar os elementos essenciais para os objetivos do pesquisador. A avaliação, decisão de inclui-los e/ou exclui-los no referencial teórico do trabalho coube aos autores.

Tabela 1 – Diferentes abordagens sobre engenharia de sistemas retiradas do site Science Direct / Periodicos Capes

2011	D. Panayotov; P. Sardain	System engineering approach in the EU test blanket systems design integration
2013	Gerrit Muller	Systems Engineering Research Methods
---	Lidia Micaela Segre; Fernando Marmolejo R; Guilber Dumans	Inovações tecnológicas no setor Automobilístico: impactos e tendências.
2013	Debra Facktor; John Colombi; Jennifer Ford; Ryan Colburn; Yosef Morris	Observations on Expedited Systems Engineering Practices in Military Rapid Development Projects
2013	Roy S. Kalawsky	The next generation of grand challenges for systems engineering Research

Tabela 2 – Diferentes abordagens sobre engenharia de sistemas retiradas do site Scielo

Data	Autor (es)	Título do Artigo
2008	Aline Lamon Cerra; Jonas Lucio Maia	Desenvolvimento de produtos no contexto das cadeias de suprimentos do setor automobilístico
2008	José Eduardo de Figueiredo Freitas; Luiz Guilherme de Oliveira	A engenharia de sistemas e a gestão de CoPS como ferramentas da gestão de projetos complexos na área de TI
2011	João Cordeiro	Componentes da gestão estratégica nas empresas do sector automóvel

5. RESULTADOS

Esta seção descreve os principais pontos abordados pelos artigos supracitados na tabela, tendo em vista que foram selecionados dez artigos com diferentes abordagens sobre engenharia de sistemas, estes são os que mais se aproximam com a nossa pesquisa.

Analisando primeiramente os artigos encontrados nos Periódicos Capes/Science Direct, foi encontrado um do ano de 2011 dos autores Panayotov e Sardain, tendo como título “System engineering approach in the EU test blanket systems design integration”, este artigo cita a importância da engenharia de sistemas em todas as fases de um projeto de integração, mostrando os sistemas e subsistemas num estudo de caso, trabalhando juntos com um gerenciamento de configuração, onde entende-se por este, um conjunto de atividades que irão controlar eventuais mudanças no desenvolvimento do projeto, mantendo a estabilidade do mesmo. “ Foi percebido que engenharia de sistemas e gerenciamento de configuração são ferramentas cruciais para entrega de um produto de trabalho consistente, que cumprem os requisitos e objetivos do projeto” (PANAYOTAV *et. al*, 2011).

O segundo artigo, assim como o primeiro, em inglês, tem como título “Sistems Engineering Research Methods” – Metodos de pesquisa de engenharia de sistemas – do autor Gerrit Muller no ano de 2013. Este artigo discute métodos de pesquisa para o estudo da engenharia de sistemas, citando o INCOSE (International council on systems engineering) – Conselho nacional de engenharia de sistemas – e o SEBOK (Systems engineering body of knowledge) – Corpo de engenharia de sistemas de conhecimento – ambos são sites de pesquisa relacionados exclusivamente ao tema.

“ A pesquisa atual em engenharia de sistemas é prejudicada pela singularidade de cada situação de campo. É quase impossível fazer afirmações difíceis de sucesso relacionado com métodos específicos, já que não podemos desvendar as causas de sucesso” (Muller, 2013)

Diferente dos outros artigos, não só pelo fato de ser português, este tem um tema que influencia diretamente em nossa pesquisa, Inovações tecnológicas no setor automobilístico: Impactos e tendências, dos autores Fernando Marmolejo, Guilber Dumons e Lidia Segre, ambos da Universidade do Rio de Janeiro.

O artigo teve como objetivo abordar a correlação do setor automotivo com a economia do país, citando o PIB (produto interno bruto) industrial e o numero de empregos diretos gerados pelas montadoras. “A integração das montadoras internamente e externamente com fornecedores, concessionárias e clientes é caracterizada por uma nova trajetória organizacional, que incorpora inovações tecnológicas e procura adequar a inserção internacional da indústria

automobilística brasileira ao novo padrão competitivo em gestão nos mercados crescentemente globalizados.” (Marmolejo et. al)

Onde os dados deste artigo foram de total importância para nossa pesquisa, aparecendo mais precisamente na seção 2.

Outra contribuição para o trabalho veio do artigo *Observations on Expedited Systems Engineering Practices in Military Rapid Development Projects*, o qual não fala especificamente do setor automotivo, mas traz consigo características comuns do setor automotivo, como o caráter inovador e o desenvolvimento rápido. Dentre outras características estão: a de assumir riscos calculados, procura de padrões de solução que podem ser reutilizados, práticas de engenharia simultânea e o fornecimento de uma cultura e meio ambiente que apoie a inovação. Todos esses fatores são examinados no artigo como fatores críticos do sucesso e são complementados por técnicas e ferramentas da engenharia de sistemas. Por fim, temos o artigo “The next generation of grand challenges for systems engineering research” que cita o grande desenvolvimento de vários setores/sistemas incluindo o automotivo devido ao desenvolvimento tecnológico dos últimos séculos. “Os sistemas associados têm crescido em termos da sua complexidade e interconexão. A taxa absoluta de mudança e interdependência destes sistemas está agora colocando em risco nossa capacidade de compreender e prever seu comportamento.” (Roy S. Kalawsky,2013). O autor afirma que a exploração das ferramentas e técnicas da engenharia de sistemas é de fundamental importância para que consigamos gerir futuros sistemas complexos e desenvolve no artigo um agenda de pesquisa para a comunidade acadêmica de engenharia de sistemas / indústria.

Os artigos abordados na segunda tabela tiveram como base o site Scielo. Assim como o artigo “Inovações tecnológicas no setor automobilístico: Impactos e tendências, dos autores Fernando Marmolejo, GuilberDumons e LidiaSegre,” apresenta um tema que influencia diretamente a presente pesquisa,o primeiro artigo da segundo tabela, intitulado como :Desenvolvimento de produtos no contexto das cadeias de suprimentos do setor automobilístico auxiliou também no desenvolvimento da pesquisa.Tal artigo teve como principal objetivo verificar como são as relações entre empresas dentro de cadeias de suprimentos, como as atividades e competências em Desenvolvimento de produtos estão distribuídas ao longo delas e como as montadoras administram essa distribuição.(CERRA; MAIA,2008)

O presente artigo trata o conceito do enfoque holístico da Gestão da Cadeia de Suprimentos a qual vai além de gerenciar as fronteiras da empresa. Reconhece-se que há benefícios significativos a serem alcançados ao tentar dirigir estrategicamente toda uma cadeia em direção à satisfação dos clientes finais (Cerra; Maia apud Lumus, Vokurka, & Alber,2008, 1998). Como

tratado no mesmo artigo apresenta visa verificar cada etapa da cadeia de suprimento como um sistema almejando obter melhores resultados. Uma visão Holística do processo possibilitara um maior ajuste no produto final como inferido pelo próprio autor :

Consideramos que as atividades de DP envolvem as fases projetar, construir e testar (Thomke & Fujimoto, 1999), relacionando, de acordo com Brown e Eisenhardt (1995): a) a utilização de redes de fornecedores; b) a presença de equipes multifuncionais; c) a gerência oferecendo senso de direção à equipe; d) o conceito de integridade do produto, que implica uma visão clara da imagem e desempenho do produto; e) as atividades de pré-desenvolvimento, de forma a resolver conflitos antecipadamente, acomodando questões políticas e desigualdades funcionais; e f) o alto grau de foco no sistema, de modo a selecionar escolhas tecnológicas dos componentes, a fim de que se ajustem no produto como um todo.

Percebe-se também no artigo ,quando o mesmo conclui ,a interdependência dos subsistemas dentro da cadeia de suprimento como analisado nos resultados através do estudo de caso do artigo.

Quando as montadoras de motores desenvolvem um novo produto, os fornecedores imediatos (diretos) recebem as especificações necessárias para desenvolver componentes que se adaptem ao novo motor. Do mesmo modo, os fornecedores imediatos passam para alguns de seus fornecedores (os fornecedores de segundo nível das montadoras) especificações para a produção de componentes voltados aos seus novos produtos.(CERRA;MAIA,2008)

O Segundo artigo da segunda tabela o qual título é: A engenharia de sistemas e a gestão de CoPS como ferramentas da gestão de projetos complexos na área de TI do autores José Eduardo de Figueiredo Freitas; Luiz Guilherme de Oliveira.O qual aborda sobre como bens de capital, sistemas, redes, unidades de controle, pacotes de software, construções e serviços específicos, de alto custo e alta tecnologia" são definidos como sistemas e produtos complexos(CoPS) (FREITAS; OLIVEIRA apud HOBDA, 2000,2008). A aplicação da engenharia de sistemas no setor automotivo se inclui também nesta definição visto que o automóvel é considerado um sistema complexo e o mesmo precisam ser tratados como tal.

Um grande desafio para os fabricantes é o aumento do nível de complexidade envolvido no projeto de sistemas altamente integrados. Por exemplo, o projeto de um carro faz se necessária uma equipe interdisciplinar para gerenciar o processo de design através da implantação em serviço a fim de evitar erros. A dificuldade na produção, integração bem como o desenvolvimento deste tipo de produto é a particularidade mais simbólica deste processo

produtivo. Daí a importância de uma eficiente Gestão da Integração. (FREITAS; OLIVEIRA, 2008).

O terceiro artigo da segunda tabela intitulado “Componentes da gestão estratégica nas empresas do setor automotivo” tem como principal objetivo tratar sobre a gestão estratégica em especial o que esta tem para colaborar com a análise no setor de componentes para automóvel, na análise dos vetores da gestão estratégica no setor; na compreensão das relações entre estratégias e enfoque de gestão; e auxiliar a formulação de sistemas de gestão integrados com as estratégias. Para tal foi realizado um estudo de caso empresas do setor de automóvel Português.

As considerações finais realizadas nesse estudo são inferidas pelo próprio autor é que: “As empresas revelaram possuir estratégias e enfoques de gestão diferentes, corporizados nas dimensões consideradas (estratégias empresariais, estrutura, vantagens concorrenciais, produtos e processos e equipamentos/tecnologias).” (Cordeiro, 2011)

6. CONCLUSÃO

Procurou-se no presente artigo, demonstrar o papel importante da engenharia de sistemas para gestão de sistemas complexos, principalmente no setor automobilístico através de um estudo bibliométrico, já que as condições para que fosse feita uma pesquisa de campo não eram favoráveis levando-se em conta a disponibilidade de indústrias automotivas na região. Com base nos resultados alcançados, é possível concluir que apesar da grande importância da engenharia de sistemas em projetos complexos como o de um automóvel por exemplo, ainda é pouco o contingente de artigos e materiais que explanem os métodos e ferramentas aplicados pela engenharia de sistemas no setor automobilístico, além de existirem também, uma pouca quantidade de material em português. Fica claro que obter informações sobre técnicas e ferramentas da engenharia de sistemas em projetos complexos fica mais fácil se levado em conta projetos complexos de forma geral, devido a dificuldade de se encontrar uma quantidade significativa material específico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/comercio.html>> Acesso em: 15 de janeiro de 2013.

CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à Teoria Geral da Administração. 3 ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1983.

SALVADOR, Â. D. *Métodos e técnicas de pesquisa bibliográfica*. 11. ed. rev. ampl. Porto Alegre: Sulina, 1986.

Halstar: *Systems Engineering for Sustainable Development* -- Oliver J. D. Pearce Nicholas J. A. Murry

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SISTEMAS DA UFMG – relato de experiência em processo. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art1927.pdf>> Acesso em : 07 dezembro 2013.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MALHEIROS, Márcia Rita Trindade Leite . Pesquisa na Graduação. Disponível em: <www.profwillian.com/_diversos/download/prof/marciarita/Pesquisa_na_Graduacao.pdf> Acesso em 09 dezembro. 2013

SMARTT, Clement. FERREIRA, Susan. *Artigo Applying Systems Engineering to Survey Research*, 2013.

PANAYOTOV, D. SARDAIN, P. *Artigo System engineering approach in the EU test blanket systems design integration*, 2011.

MULLER, Gerrit. *Artigo Systems Engineering Research Methods*, 2013.

KALAWSKY, Roy S. .*Artigo The next generation of grand challenges for systems engineering research*, 2013.

SEGRE, Lidia. MARMOLEJO, Fernando. DUMANS, Guilber. *Artigo Inovações tecnológicas no setor Automobilístico: impactos e tendências*.

FACTOR, Debra. COLOMBI, John. FORD, Jennifer. COLBURN, Ryan. MORRIS, Yosef. *Artigo Observations on Expedited Systems Engineering Practices in Military Rapid Development Projects*, 2013.

CERRA, Aline Lamon. MAIA, Jonas Lucio. *Artigo Desenvolvimento de produtos no contexto das cadeias de suprimentos do setor automobilístico*, 2008.

FREITAS, José Eduardo. OLIVEIRA, Luiz Guilherme. *Artigo A engenharia de sistemas e a gestão de CoPS como ferramentas da gestão de projetos complexos na área de TI*, 2008.

CORDEIRO, João. Artigo *Componentes da gestão estratégica nas empresas do sector automóvel*, 2011

BIBLIOMETRIC STUDY OF SYSTEMS ENGINEERING IN THE AUTOMOTIVE SECTOR

SANTOS, Italo Nascimento*; **SANTOS, Jose Ilton Rodrigues dos**; **BARROS, Leonel Altamiro**; **ALMEIDA, Salatiel Ferreira de**; **SANTOS, Yasmin Lima dos**; **FRANCA, Veruschka Vieira**

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe

*email: italosantos.engenharia@gmail.com

***Resumo:** This article is based on a holistic view of systems engineering in the automotive sector and addresses several important factors in this sector that contribute to the development of new technologies and techniques. The term systems engineering emerged in the 1940s at Bell Labs and despite having great strength in developed countries, it still crawls in Brazil and will thus be discussed data on the automotive sector with grounding in domestic companies that make use of references international companies that employ systems engineering.*

***Keywords:** Systems Engineering, Automotive Sector.*