ISSN: 2594-6153

Desenvolvimento de um Modelo Estruturado em Logica Paraconsistente para a Análise e Tomada de Decisão na Escolha de Materiais de uma Empresa Montadora de Veículos Automotores

Elizeu D Goncalves, João Inácio Da Silva Filho, Carlos Teófilo Salinas Sedano

Universidade Santa Cecília (UNISANTA) –Programa de Pós Graduação Mestrado em Engenharia Mecânica- PPGEMEc
Email: elizeu.goncalves@ymail.com

Resumo: A indústria sempre buscou a redução de custos e tempo no processo de desenvolvimento e fabricação de produtos. Um dos caminhos para esta redução é a utilização de novas tecnologias de automação e inteligência artificial, como a Lógica Paraconsistente Anotada com 2 valores que trata informações contraditórias e não-triviais, e que podem tratar e melhorar a precisão de informações técnicas de seleção, avaliação e classificação de peças e componentes para montagem de unidades protótipos e pré-produção. O produto deste trabalho possibilitará aumentar a qualidade das informações minimizando retrabalhos, atrasos e custos adicionais na falha destas operações.

Palavras-chave: Protótipo. Pré-produção. Lógica Paraconsistente Anotada.

Development of a Paraconsistent Structured Logic Model for the Analysis and Decision-Making in the Choice of Materials of an Automotive Vehicle Company

Abstract: It is not a secret that industries seek reduction of time and costs within their process of product development and manufacturing. One of the paths to this reduction is the use of new automation and artificial intelligence technologies, such as the Paraconsistent Annotated Logic with 2 values that treats contradictory and nontrivial information, and that can treat and improve the accuracy of technical information of audits and evaluation of components for assembly of prototype and pre-production units. This work's results will enable to minimize operations issues with enhancement of information quality and thus reduce rework, delays and consequently additional costs.

Key words: Prototype. Pre-production. Paraconsistent Annotated logic.

Introdução

A busca de redução de custos das empresas é uma das maneiras de se aumentar os lucros e serem mais competitivas [1]. Qualidade juntamente com atributos e benefícios que os clientes esperam [2] ajudam a alavancar as vendas, mas são os custos o maior controle das empresas [3].

Dentro deste contexto, oportunidades de se otimizar os custos na fase de Desenvolvimento de Produtos aplicando-se automação de informações e lógicas de análises são factíveis. A fase de Desenvolvimento de Produtos é marcada por múltiplos

estágios, etapas, marcos, prazos e datas-chave cujos cronogramas existem em modelos pré-estabelecidos de muitas empresas [4], abrangendo desde o conceito até a montagem, testes virtuais e físicos, piloto e finalmente produção seriada.

Mesmo com o atual nível tecnológico, testes e validações físicas ainda são necessários pois tecnologias como *Computer Aided Engineering*, *Virtual Prototyping* e mais recentemente óculos de realidade [5] ajudaram a reduzir a quantidade de unidades físicas, mas não eliminaram a sua necessidade completamente uma vez que a Engenharia como ciência ainda não consegue cobrir todas variáveis e condições reais de uso e funcionamento de um determinado mecanismo [4]. Outra tecnologia atual que contribui muito para redução de custos e tempo é a impressão 3D.

Para montagem de protótipos físicos, o processo de obtenção de peças é essencial e necessita de informações técnicas robustas e de qualidade dos seus componentes que começam na concepção das peças, nas cotações, formatação, especificações, no nível de *design* (NDP) e aprovação e validação da fonte ou fornecedor (NVPFA).

Objetivos

Prover uma ferramenta que utilize tanto algoritmos clássicos de uma árvore de decisão associado ao algoritmo Para-Analisador da lógica paraconsistente [6], para atuar no processo de tratamento das informações técnicas das peças protótipos, para automatizar tarefas rotineiras e maximizar a qualidade desta informação, com dados e classificações mais precisas de modo a minimizar inconsistências para o processo de montagem de unidades protótipos.

Materiais e métodos

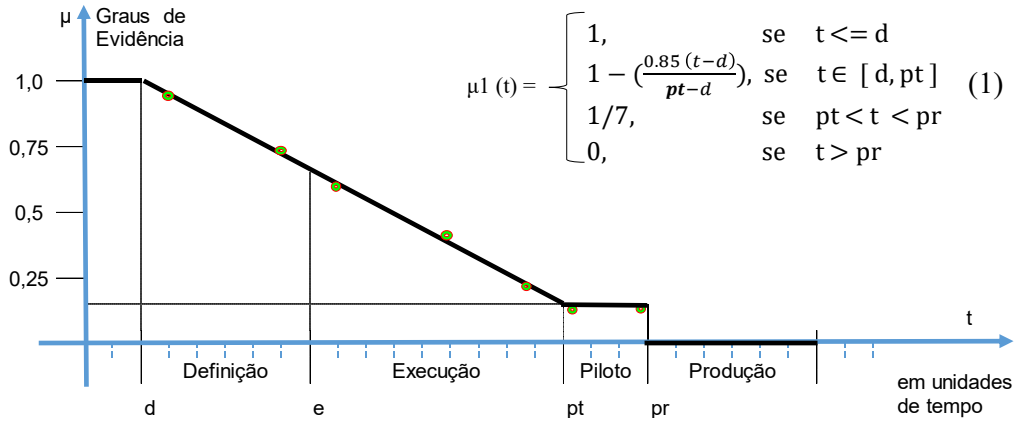
Com os dados das informações dos componentes, faixa de códigos, cronograma do projeto, configurações dos modelos faz-se a automação de rotinas em VBA®, de acordo com a Figura 1. O algoritmo dessa primeira etapa é para transpor as informações colocando os códigos das unidades em colunas, com quantidades de componentes anotadas nestas colunas, e logo após a complementação de dados técnicos pelos especialistas com adição ou remoção de peças, especificação de peças experimentais e quantidades reservas adicionais. Essa complementação, dependendo da necessidade, também pode ser feita com uma checagem confrontando-se com o modelo virtual em 3D. A seguir, aplica-se algoritmos comuns de comparação e ordenação, como, verificação da formatação de torque, agrupamento de componentes de mesma família,

verificação de falta ou duplicidade em cada família de componentes para todas unidades.



Figura 1 – Fluxo de tarefas e processamento, complementação técnica, auditagem e LPA2v.

Nos parâmetros de NDP e NVPFA, aplicam-se o algoritmo Para-Analisador [6], usando como entradas os graus de evidência (μ_1 e μ_2) das curvas e equações resultados de uma pesquisa elaborada com as respostas de 2 especialistas, aplicando-se métodos heurísticos, com a seguinte pergunta: "Qual a evidência que uma peça é nova dentro da faixa de peças novas". A Figura 2 ilustra uma destas curvas dos graus de evidência e o sistema de Equações 1 da função $\mu_1(t)$.



$$\mu 1\,(t) = \begin{cases} 1, & \text{se } t <= d \\ 1 - \left(\frac{0.85\,(t-d)}{pt-d}\right), & \text{se } t \in [\,d, pt\,] \\ 1/7, & \text{se } pt < t < pr \\ 0, & \text{se } t > pr \end{cases} \quad (1)$$

Figura 2 – Curva resultante do grau de evidência favorável do especialista 1.

Com os graus de evidência favorável do especialista 1 e considerando desfavorável, $\lambda_2 = (1-\mu_2)$, os do especialista 2 aplica-se o algoritmo Para-Analisador [6], sendo C1 igual a 0,5. As saídas serão os 12 estados lógicos que ajudaram a orientar as ações dos especialistas.

Resultados

Com experimentos em 4 projetos, executados nas etapas 1 e 2, aplicando a automação de informações com SADLPA2 e confrontando-se com método manual observam-se reduções significativas de tempo mostradas no gráfico da Figura 3. Além dessas reduções de tempo há também agrupamento de linhas com a transposição dos códigos das unidades em colunas o que contribui prover sinergia na etapa de adição de informações pelo especialista.

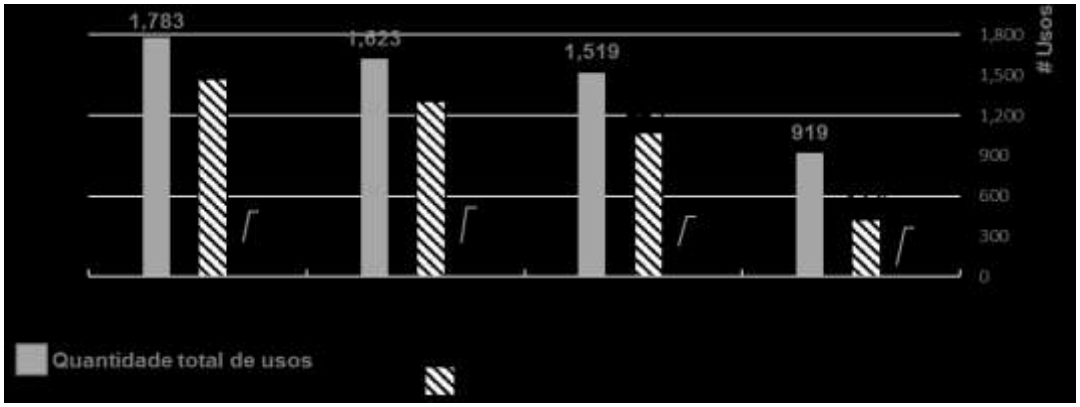


Figura 3 – Resultado dos experimentos na etapa de Auditagem das informações.

O SADLPA2, além da auditagem, tem como resultado os 12 estados lógicos que direcionam as análises do especialista. Com isso as verificações podem ser feitas em 12 grupos, contribuindo para as reduções de tempo cujos ganhos podem ser calculados com a seguinte fórmula:

$$Ganhos_{SADLPA2v} = \sum_{k=1}^{n} t_{M(k)} - \sum_{v=1}^{12_\Diamond} \sum_{q=1}^{\frac{n}{12_\Diamond}} t_{(v)} \cdot p_{(q)} \qquad (2)$$

Sendo: n: quantidade total de *records*; / $12_\Diamond$: doze saídas lógicas;
p: quantidade total de *records* da respectiva saída lógica;
t_M: tempo de análise manual de cada item sem aplicação LPA2v.
t: tempos parciais SADLPA2v dos respectivos grupos de saídas.

Discussão

A automação, tanto da etapa de preparação dos dados como na aplicação da auditagem, trouxe sinergia, melhora da qualidade e redução de tempo. A sinergia foi obtida com a transposição dos dados uma vez que os códigos das unidades foram colocados como colunas eliminou-se a duplicidade dos dados, ou seja, ao invés de os especialistas revisarem e adicionarem informações em n linhas de usos de componentes, com este formato transposto, os dados são adicionados em uma única linha por uso/componente. A redução de tempo como se observa na Figura 24 é resultado da automação de processos manuais, isso já é esperado em grande parte dos trabalhos de

automação de processamento de dados [7]. A qualidade é obtida também na automação pois como também já é de conhecimento geral, não há erros de digitação, esquecimentos, interpretações ou métodos diferentes comuns quando é feito manualmente pelos usuários. Com as doze saídas do SADLPA2v direcionam as análises e ações de verificações apontando para busca de evidências ora focando em NDP ora em NVPFA. Os passos para busca de evidências dependem do estado lógico sendo que, em casos extremos (⊤, ⊥) todas os passos precisam ser seguidos e, nos estados de Verdade e Falsidade nenhum passo adicional é necessário. A busca de evidência inicialmente consiste dos seguintes passos: Verificação no sistema NDP, Verificação no sistema NVPFA, Consulta ao Engenheiro do componente e Consulta ao especialista de NVPFA. As ações podem ser agrupadas em família de componentes e estado lógico assim, as buscas de evidências adicionais podem ser reduzidas a blocos ganhando sinergia e redução do tempo se comparado com o trabalho em todo o set de componentes. A formula FGLPA2v, equação 2, calcula o ganho da redução de tempo nas verificações e análises. Neste cálculo observa-se que como o tempo t dos estados Verdadeiro e Falso tendem a zero, as somatórias dos tempos para verificação dos ganhos ficam nas outras 10 saídas LPA2v.

Conclusões

A competição das indústrias desafia sempre a encontrar oportunidades de melhorias e redução de custos em processos já bem elaborados e enxutos. A automação com o sistema SADLPA2v mostrou reduções significativas no tempo quando comparado com processos manuais além de simplificar as análises cujas verificações são direcionadas para que os especialistas tomem as ações mais adequadas e decisões assertivas em relação ao NDP versus NVPFA. Isso levou a uma redução significativa de *issues*, ou seja, aumento de qualidade minimizando ações de retrabalho e evitando atrasos e custos adicionais.

Referências bibliográficas

1. Vian VM (2006). Teoria da PRC (política de redução de custos) e algumas análises práticas de utilização ou não da PRC. XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil.
2. Martin NC (2002). Da Contabilidade à Controladoria: A Evolução Necessária– Revista Contabilidade & Finanças - USP, São Paulo.
3. Padoveze CL (2003). Controladoria Estratégica e Operacional. São Paulo: Editora: Thompson.
4. Ulrich KT. and Eppinger SD (2012). Product Design and Development - 5ª Edition – McGraw-Hill Irwin.

5. Phelan M (2015). The story behind making the DeLorean prototype. Detroit Free Press (MI).
6. Da Silva Filho JI , Abe JM; Lambert-Torres G (2008). Inteligência Artificial com as Redes de Análises Paraconsistentes. 1ª. ed. Rio de Janeiro: LTC.
7. Autor, DH (2015) Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. Journal of Economic Perspectives - MIT, Cambridge, MA.