

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**ELIZEU DOMINGUES GONÇALVES**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO ESTRUTURADO EM LÓGICA  
PARACONSISTENTE PARA A ANÁLISE E TOMADA DE DECISÃO NA ESCOLHA  
DE MATERIAIS A SEREM MONTADOS NOS PROTÓTIPOS E PRÉ-PRODUÇÃO  
DE UMA EMPRESA MONTADORA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES**

**SANTOS/SP**

**2018**

**ELIZEU DOMINGUES GONÇALVES**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO ESTRUTURADO EM LÓGICA  
PARACONSISTENTE PARA A ANÁLISE E TOMADA DE DECISÃO NA ESCOLHA  
DE MATERIAIS A SEREM MONTADOS NOS PROTÓTIPOS E PRÉ-PRODUÇÃO  
DE UMA EMPRESA MONTADORA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES**

Dissertação apresentada a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho e do Prof. Dr. Carlos Teófilo Salinas Sedano.

**SANTOS/SP**

**2018**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Gonçalves, Elizeu Domingues.

Desenvolvimento de um modelo estruturado em lógica paraconsistente para a análise e tomada de decisão na escolha de materiais a serem montados nos protótipos e pré-produção de uma empresa montadora de veículos automotores

Elizeu Domingues Gonçalves - 2018.

87 páginas

Orientadores: Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho

Prof. Dr. Carlos Teófilo Salinas Sedano

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2018.

1. Pré-Produção. 2. Protótipo. 3. Validação. 4. Lógica Paraconsistente. 5. Lista de Materiais.

Da Silva Filho, João I., orient. II. Salinas Sedano, Carlos Teófilo, orient. III. Desenvolvimento de um modelo estruturado em lógica paraconsistente para a análise e tomada de decisão na escolha de materiais a serem montados nos protótipos e pré-produção de uma empresa montadora de veículos automotores

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas – Unisanta

## DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais que desde criança sempre me incentivaram a continuar estudando, buscando novos conhecimentos e valores, e à minha companheira pela paciência e apoio durante o período dedicado a este trabalho.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço

Aos professores Dr. João Inácio e Dr. Carlos Salinas pelo incentivo, suporte e ajuda no tema, além do acompanhando e orientação nesta dissertação.

Aos meus colegas e especialistas Warner Gago, Rogério Pinatti, Vinicius Rosilho, Cleber Luciano, Sandro Baldacim, Alex Ferrante pela ajuda nos itens específicos onde foram necessários seus conhecimentos especializados enriquecendo este trabalho bem como utilizando o modelo-ferramenta nos testes iniciais com *feedbacks* e contribuições que ajudaram seu refinamento e otimização.

À General Motors que incentiva seus colaboradores a sempre buscar aprimoramento, inovação e crescimento, disponibilizando ampla livreria científica, processo rápido e enxuto de aprovação de artigos, recursos, softwares de última geração e incentivo à integração de conhecimento entre colaboradores e fornecedores.

## RESUMO

Esse trabalho utiliza um dos recursos de uma lógica não clássica denominada de Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de 2 valores (LPA2v) como base de um sistema de tomada de decisão para auxiliar e aumentar a precisão na seleção, avaliação e classificação dos componentes, peças e/ou conjuntos a serem montados nos protótipos de uma empresa montadora de veículos automotores. Nesta finalidade foi necessário obter e avaliar uma série de dados, que são muitas vezes ambíguos e contraditórios, o que dificulta a classificação dos componentes próxima do ótimo. A aplicação da LPA2v busca propor novas técnicas com maior capacidade de efetuar a minimização das complexas análises e trabalhos feitos pelos especialistas, pois no processo de avaliação, seleção ou classificação sem o tratamento adequado das inconsistências traz sérias consequências, tais como; a como necessidade de frete aéreo, adiamento da montagem - o que pode também atrasar o projeto e início de produção -, custos adicionais altos não previstos e inviabilidade total do projeto. Neste trabalho foi feito o desenvolvimento de um sistema de decisão que inclui um algoritmo lógico Paraconsistente. O Sistema algorítmico criado com a LPA2v (SADLPA2v), além de auditar e automatizar é capaz de entregar listas de componentes de cada protótipo no tempo determinado pelo projeto, com a qualidade dos códigos de classificação tão excelentes quanto a lógica permite. Como resultado final o Sistema SADLPA2v direciona as ações otimizadas, juntamente com os procedimentos já conhecidos da área, oferecendo decisão mais acertadas para que os especialistas da montagem de protótipos executem.

**Palavras chave:** lista de materiais. Protótipo. Pré-produção. Lógica Paraconsistente. Lógica Paraconsistente Anotada.

## ABSTRACT

This work utilizes one resource of a non-classical logic known as Paraconsistent Annotated Logic with 2-Values (LPA2v) as basis of a decision-making system to increase the accuracy of selection, evaluation and classification of components, parts and / or assemblies to be built in the prototypes units of automaker company. In this context it was necessary to obtain and evaluate a certain amount of data, which are often ambiguous and contradictory, becoming difficult to classify its components on an optimum level. The application of LPA2v uses new techniques capable of minimizing the complex analyzes and work done by specialists, since in the process of evaluation, selection or classification without proper treatment of inconsistencies may bring grave consequences, such as air freight, postponement of assembly - which can also delay the project and start production - unforeseen high additional costs and total project unfeasibility. In this work, a development of a decision system that includes Paraconsistent logic algorithm was elaborated. The algorithmic system created with LPA2v (SADLPA2v) that in addition to auditing and tasks automation, may delivery lists of components of each prototype in the time determined by the project with the quality of the classification codes as excellent as the logic allows. As a final result, the SADLPA2v system directs the optimized actions along with the procedures already known in the field, giving the most suitable decision for prototype assembly specialists for procurement parts.

**Key words:** bill of materials. Prototype. Pre-production. Paraconsistent logic. Paraconsistent Annotated logic.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de Valor Empresarial.....	15.
Figura 2 - Processo geral de desenvolvimento do produto. ....	16.
Figura 5-Custo por Time de design e produção.. ....	22.
Figura 6-Óculos de realidade mista que projeta peças virtuais sobre modelo físico.. .....	24.
Figura 9 -Cronograma de montagem, exemplo bem sintetizado.....	27.
Figura 10-Reticulado de quatro vértices (Hasse). ....	29.
Figura 11-Reticulado finito de Hasse com anotações da LPA2v.....	30.
Figura 12 - $G_C$ e $G_{ct}$ obtidos no Reticulado da LPA2v a partir de $\mu$ e $\lambda$ . ....	30.
Figura 13 - Representação do reticulado da LPA2v seccionado em 12 regiões delimitadas dando origem a 12 estados lógicos resultantes. ....	31.
Figura 14 - Representação de um sistema típico de análise paraconsistente utilizando o reticulado da LPA2v repartido em 12 regiões delimitadas. ....	32.
Figura 16 - Uso do software Microsoft Excel pelas companhias. ....	32.
Figura 17 - Fluxo tarefas e processamento da nova ferramenta, dos especialistas, LPA2v e migração de dados. ....	34.
Figura 18 - Árvore de decisão para automação com aplicação do algoritmo Para- Analisador. ....	35.
Figura 19 - Curva de variação de evidência do especialista 1. ....	37.
Figura 20 - Curva de variação de evidência e do especialista 2 para códigos novos com ambos NDP e NVPFA. ....	37.
Figura 21 - Curva de variação de evidência e do especialista 2 para códigos novos sem NDP e sem NVPFA. ....	38.
Figura 23 - Resultado dos experimentos na etapa Preparação e Reestruturação das informações.....	43.
Figura 24 - Resultado dos experimentos na etapa Auditoria das informações (incluindo SADLPA2v na automação). ....	46.
Figura 25 - Período de associação dos códigos de componentes versus período de NVPFA. ....	55.
Figura 26 - Curva NVPFA.....	56.
Figura 27 – Porcentagem dos itens novos nas saídas do estados lógicos excluindo- se V e F.....	47.

Figura A 1 - Planilha Para Calculadora-LPA2v.....	70.
Figura A 2 - Região da Planilha Para-Calculadora-LPA2vcom fórmulas expostas. .	71.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação geral do nível de dificuldade em análises técnica dos dados .....	35.
Quadro 2: Graus de evidência baseada na pesquisa com especialistas .....	36.
Quadro 3: Tabela dos dados iniciais .....	42.
Quadro 4: Tabela dos dados formatados e preparados para verificação e análise..	43.
Quadro 5: Tabelados dados com resultados da auditoria incluindo aplicação da SADLPA2v .....	44.
Quadro 6: Faixa de códigos A1 no tempo de associação ao componente.....	53.
Quadro 7: Faixa de códigos A3 no tempo de associação ao componente.....	53.
Quadro 8: Faixa de códigos J4 no tempo de associação ao componente .....	54.
Quadro 9: Faixa de códigos E4 no tempo de associação ao componente.....	55.
Quadro 10: Tabela Saídas Lógicas versus ações .....	40.
Quadro 11: Tabela Saídas Lógicas versus busca de evidências e direcionamento de ações .....	41.
Quadro 13: Modelo de calendário das informações do cronograma de montagens ..	26.
Quadro 15: Algoritmo da subrotina ClassificarPN_LPA2v.....	38.
Quadro 16: Algoritmo principal ClassificarPN_LPA2v.....	39.
Quadro 17: Tabela dos resultados numéricos da aplicação da SADLPA2v em um projeto .....	47.
Quadro 1, anexo 1: Algoritmo Para-Analisador.....	72.
Quadro 1, anexo 2: Algoritmo Excel formatação e transposição de dados.....	73.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TI	-	Tecnologia da Informação
DMADV	-	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i> (Definir, Medir, Analisar, Projetar e Verificar)
DMAIC	-	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)
V <sub>sc</sub>	-	Valor superior de controle de certeza
V <sub>scct</sub>	-	Valor superior de controle de contradição
V <sub>ic</sub>	-	Valor inferior de controle de certeza
V <sub>icct</sub>	-	Valor inferior de controle de contradição
NVPF	-	Nível de Validação do Processo do Fornecedor
NVPFA	-	Nível de Validação do Processo do Fornecedor Aprovado
NDP	-	Nível do design da peça
QUPC	-	Quadrado unitário no plano cartesiano
LPA	-	Lógica Paraconsistente Anotada
LPA2v	-	Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores
G <sub>c</sub>	-	Grau de certeza calculado
G <sub>ct</sub>	-	Grau de contradição
GCR	-	Grau de Certeza real
C/O		Proveniente do ano modelo anterior ( <i>Carry Over</i> )

## LISTA DE SÍMBOLOS

V	–	Verdadeiro
F	–	Falso
T	–	Inconsistente
$\perp$	–	Paracompleto ou indeterminado
p	–	Proposição p
$\mu$	–	Grau de evidência favorável
$\lambda$	–	Grau de evidência desfavorável
$\neg$	–	Conectivo lógico de negação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	15
1.1	Objetivo	17
1.2	Objetivos específicos	17
1.3	Justificativa e Relevância do Tema	18
1.4	Organização da Dissertação	18
1.5	Fundamentação Teórica	19
1.6	Protótipos e Pré-produção	19
1.6.1	Definição	19
1.6.2	Tipos de protótipos e pré-produção	20
1.6.3	Propósitos das unidades de protótipos e pré-produção	21
1.6.4	Custos envolvidos nos processos de protótipos e pré-produção	22
1.6.5	Tecnologias	23
1.6.5.1	CAE - <i>Computer Aided Engineering</i>	23
1.6.5.2	Protótipo Virtual ( <i>Virtual Prototyping</i> )	23
1.6.5.3	Impressão em 3D ( <i>3D Printing</i> )	25
1.6.6	Processo de fluxo de dados do set de matérias para obtenção de peças	25
1.6.6.1	Dados requeridos para produzir as unidades	25
1.6.6.2	Elaboração das configurações das unidades	26
1.6.6.3	Cronograma de montagem das unidades	26
1.6.6.4	Seleção, Revisão e Envio das informações	27
1.7	Lógica Paraconsistente	28
1.7.1	Definição de lógica	28
1.7.2	Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de 2 valores - LPA2v	28
1.8	Software e configurações de sistema	32
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	33
2.1	Etapa 1 – Preparação dos dados em uma única tabela	33
2.2	Etapa 2 – Auditagem dos dados	34
2.3	Modelagem dos graus de evidência	36
2.4	Algoritmo de Auditagem nas Informações das Unidades Protótipos incluindo o algoritmo Para-Analisador LPA2v (SADLPA2v)	38
2.5	Determinação e tratamento dos 12 estados lógicos	40
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b>	42
3.1	Etapa 1 – resultados da preparação dos dados	42
3.2	Etapa 2 – – Auditagem e aplicação do SADLPA2v	44
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	48
4.1	Etapa 1 – Preparação das informações	48
4.2	Etapa 2 – Auditagem dos dados	50
4.3	Discussão sobre os resultados das auditagens gerais nas informações dos componentes	50
4.4	Discussão e Comparação sobre o método heurístico do levantamento das curvas dos graus de evidência utilizando dados de projetos finalizados	52
4.5	Auditagem com aplicação da SADLPA2v	57
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	60
5.1	Trabalhos futuros	61

<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63
<b>APÊNDICE A – Algoritmo Para-Analisador para Auditoria em dados de pré-produção e protótipos</b> .....	66
<b>APÊNDICE B – Planilha ParaCalculadora-LPA2v</b> .....	70
<b>ANEXO I</b> .....	72
<b>ANEXO II</b> .....	73

## 1 INTRODUÇÃO

A redução de custos e tempo de desenvolvimento é, e sempre foi, uma busca constante da indústria. As razões principais para tal busca é obter um lucro mais competitivo, ou seja, buscar o maior lucro para os acionistas tendo como base dois grandes fatores que são; aumentar as vendas e reduzir os custos (VIAN, 2006). O lucro é obtido pela diferença entre vendas e custos e o preço de vendas não é de controle da indústria, pois é o mercado que estabelece o preço do produto. Portanto os custos, como subtraendo desta diferença, é o item que pode estar no domínio das empresas (PADOVEZE, 2003).

Segundo Martin (2002) a empresa competitiva deve levar um produto de qualidade que tenham atributos e benefícios que os clientes esperam dele combinado com um retorno financeiro adequado aos recursos que os acionistas aplicam na empresa (a figura 1 ilustra bem essa relação), tendo a capacidade de prover, em curto prazo de tempo, um retorno superior à média das outras empresas.



**Figura 1 - Produção de Valor Empresarial.**  
Fonte: (MARTIN, 2002).

Por outro lado, pela pressão da concorrência desenvolver o produto no menor tempo possível (SCHULZ e MÜLLER, 2016) e disponibilizá-lo o quanto antes no mercado para venda é primordial para um retorno financeiro maior (FETTERMAN E ECHEVEST, 2010).

Entre muitas oportunidades dentro das empresas, a fase de desenvolvimento do produto está entre as maiores pois envolve Marketing, Planejamento, Engenharia, Manufatura, *Supply Chain* e Finanças, com múltiplos estágios, marcos e etapas (CANTAMESSA E MONTAGNA, 2016) e segue fluxos de atividades adotadas por modelos previamente determinados contendo prazos e datas-chave de revisões e aprovações (ULRICH E EPPINGER, 2012).

Segundo Hanpeng e Yongbo (2011), o processo de desenvolvimento do produto pode se diferenciar entre as empresas devido às características do produto,

tecnologias envolvidas e capacidade de *design*, porém existem similaridades básicas nos procedimentos exemplificadas na figura 2.



**Figura 2 – Processo geral de desenvolvimento do produto.**  
**Fonte: Traduzido de (HANPENG E YONGBO, 2011).**

No desenvolvimento de produtos, como veículos e outros, ainda é necessário a realização de testes e validações físicas mesmo com a quantidade e nível tecnológico que se dispõem atualmente, pois uma unidade física exhibe fenômenos imprevistos não relacionados ao objetivo do projeto (ULRICH E EPPINGER, 2012). O motivo da necessidade de validação é que a Engenharia como ciência ainda não consegue cobrir todas variáveis e condições reais de uso e funcionamento de um determinado equipamento e/ou produto mesmo com as atuais tecnologias conhecidas.

Com foco em redução de custos e qualidade, as montagens de protótipos têm dois pontos principais, entres outros, que se destacam: redução da necessidade de montagem de unidades físicas e otimização do processo de obtenção de peças.

As tecnologias atuais como simulações por computador (CAE), prototipagem virtual e óculos de realidade virtual contribuem para reduzir a necessidade de validações físicas e testes reais e conseqüente a sua quantidade (PHELAN, 2015).

O processo de obtenção de peças já vem sendo otimizado com tecnologias de impressão 3-D, que já mostra uma qualidade similar e um tempo muito menor de sua disponibilidade (SEDLAKA et al., 2015) se comparado com métodos tradicionais que na maioria são longos e onerosos.

A obtenção de peça necessita de informações de componentes que fluem através de vários sistemas e são trabalhadas em etapas pelo time de desenvolvimento até chegar nos responsáveis pelo processo de obtenção de peças. Essas informações em grande parte são analisadas, trabalhadas e adicionadas manualmente nos diversos sistemas dentro do processo e em cada etapa é acrescentado um tipo de informação.

Essas informações ao longo do processo podem sofrer obsolescência, falta ou até excesso de dados e com isso incorre em retrabalhos e atrasos que

evidentemente irão impactar em custos no projeto. Existem, portanto, oportunidades de otimizar esse processo de obtenção, análise e migração de dados.

Além de aplicar algoritmos tradicionais para se auditar, automatizar entradas de dados, checagens e comparações, em situações onde existe inconsistência, contradições e decisões de difícil visualização pode-se utilizar a Lógica Paraconsistente - LP. A LP pertencente à classe das chamadas lógicas não clássicas, que foram construídas para tratar informações incompletas, inconsistentes e ambíguas. Dessa forma através de seus algoritmos pode-se tratar e considerar essas informações, efetuar análises e se fazer o direcionamento otimizado de decisões com maior propriedade (DA SILVA FILHO, 1999).

## **1.1 Objetivos**

O objetivo deste trabalho é prover uma ferramenta com funcionalidades e recursos, utilizando tanto algoritmos clássicos de uma árvore de decisão, como os da Lógica Paraconsistente formando uma eficiente rede de análise que atue no processo de tratamento das informações sobre peças protótipos e pré-produção. A ferramenta deve ser eficiente para automatizar tarefas rotineiras e principalmente auxiliando para melhorar a qualidade da informação, com dados e classificações mais precisos e com isso reduzir, ou mesmo zerar, os problemas relativos a esta informação no processo de obtenção de peças e conseqüentemente na montagem das unidades protótipos e pré-produção.

## **1.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são as formas de aplicação da lógica paraconsistente LPA2v para elaborar sistema de decisão eficiente para filtrar a entrada de dados automaticamente, efetuar auditoria, fazer a migração e reestruturação dos dados, com comparação e verificação da consistência, seja pela falta de peças ou pelas duplicidades, avaliação de classificação de peças novas ou já em produção.

### **1.3 Justificativa e Relevância do Tema**

A indústria automotiva, principalmente as montadoras de veículos necessitam de novas técnicas para avaliação e tomada de decisão que permitam a redução de custos e tempo de desenvolvimento. Esta necessidade é devido a competitividade que obriga a cada vez mais qualidade do produto para que consiga aumentar as vendas e reduzir os custos. As métricas de qualidade de um produto estão a cada dia dependentes de limites extremos e técnicas de análises binárias baseadas em lógica clássica ficam inoperantes ou impossíveis de serem aplicadas. Para que novas e eficientes ferramentas de análises e tomada de decisão possam ser instaladas são necessárias pesquisas que desenvolvam novas formas capazes de responder com mais eficiência as questões complexas retratadas por dados com informações incompletas e contraditórias. Portanto, a aplicação dos algoritmos da LPA2v em um Sistema capaz de fazer tratamentos de dados provenientes de fonte de informação incerta é importante para investigar novas formas de tomada de decisão sustentada por informações incertas e assim encontrar respostas adequadas nesta área das empresas automobilísticas.

### **1.4 Organização da dissertação**

Este trabalho apresenta a seguinte organização:

No capítulo 1 com a introdução tem-se os fundamentos, objetivos e bases do porquê deste estudo e trabalho, discorrendo em importantes tópicos relacionados a redução de custos e tempo no processo de montagem de unidade protótipos e pré-produção usando a lógica paraconsistente em análise onde a lógica clássica é limitada e também estudando métodos de aplicação de redes neurais e aprendizagem neste processo. Ainda no capítulo 1 tem um detalhamento do processo de protótipos e pré-produção, algumas tecnologias envolvidas em validação de peças e veículos, uma visão geral do processo de desenvolvimento do produto e detalhes na obtenção de listas de peças e componentes bem como obtenção de configurações de unidades físicas necessárias a serem montadas. No final do capítulo 1 é apresentado brevemente bases teóricas da Lógica

Paraconsistente mais especificamente a Lógica Paraconsistente anotada com 2 valores juntamente com o algoritmo Para-Analisador.

No capítulo 2 é apresentado os materiais e métodos; no capítulo 3 apresenta-se os resultados obtidos neste trabalho. As discussões encontram-se no capítulo 4, onde apresenta-se as simulações, acompanhamento, implementação sobre os resultados esperados e obtidos.

No capítulo 5 apresentam-se as conclusões bem como oportunidades de aplicações em futuros trabalhos e ferramentas.

## **1.5 Fundamentação Teórica**

A fundamentação teórica vai tratar de uma revisão do processo de desenvolvimento do produto focado em Protótipos e Pré-produção, teoria da lógica Paraconsistente especificamente a LPA2v e o *software* utilizado para produzir o modelo e ferramenta propostos neste trabalho.

## **1.6 Protótipos e Pré-produção**

Em linha com o foco deste trabalho que é atuar nas fontes de informações e especificações da listagem de materiais para pré-produção e protótipos, será apresentado neste capítulo uma visão geral de todo o processo de protótipos e pré-produção começando com as suas definições, principais tecnologias, tipos de protótipos, custos envolvidos, aplicações e propósitos dessas unidades.

### **1.6.1 Definição**

Em termos bem genéricos o desenvolvimento de novos produtos passa pela criação de um novo conceito, manufaturá-los e a realização de testes em seus protótipos (CLARK, CHEW E FUJIMOTO, 1987).

Protótipo de acordo com o dicionário Merriam-Webster (2018) é uma primeira versão funcional de um novo tipo de projeto.

A essa definição inclui-se produtos, softwares, processos, métodos e procedimentos, além de outros. Na área de TI de acordo com Rute (2014), um

protótipo é uma representação de média a alta fidelidade do produto final e que simula a interface de interação do usuário.

Já na área automotiva, segundo o dicionário Motorera (2017), protótipo é um modelo teste de um design de um novo carro cujo propósito é ser produzido em massa e, em termos gerais de engenharia, protótipo é uma das primeiras unidades manufaturas de um produto que é submetido a testes e sempre que necessário pode ser modificado antes de ser manufaturado para fins comerciais.

Ulrich e Eppinger (2012), define 'protótipo como "uma aproximação do produto ao longo de um ou mais dimensões de interesse ". Sob esta definição, qualquer entidade que exiba pelo menos um aspecto do produto que é de interesse para a equipe de desenvolvimento pode ser visto como um protótipo.

### **1.6.2 Tipos de protótipos e pré-produção**

Ulrich e Eppinger (2012), classifica os protótipos sob duas dimensões ambas com variáveis extremas opostas. A primeira dimensão tem em vista o protótipo físico em contrapartida com o analítico e a segunda dimensão têm o protótipo como focado versus abrangente. O analítico seria um modelo ou método onde é possível fazer análises sem a necessidade da montagem física, como usando o modelo matemático ou virtualmente. Já o protótipo focado é a montagem de um ou alguns atributos do produto, como modelos de espuma para explorar a forma ou dimensão do produto ou montagem somente dos circuitos elétricos e eletrônicos do produto enquanto o protótipo abrangente ou completo corresponde popularmente com a unidade protótipo propriamente dito, ou seja, é a montagem do produto com quase todos ou mesmo com todos os seus atributos sendo bem próximo do produto final.

As empresas continuam investindo na prototipagem analítica ou validação analítica envolvendo tecnologias como CAE, protótipo virtual entre outras para diminuir a necessidade ou a quantidade de montagens físicas, mas estas, principalmente a montagem de unidades de protótipos abrangentes, ainda são necessárias devidos à fenômenos físicos imprevistos e quantidades de variáveis envolvidas.

Em relação aos eventos das montagens físicas protótipos de pré-produção existem as seguintes classificações: Mulas e Integração (*ground up*) e remontagem.

As unidades Mula pertencem ao primeiro evento na prototipagem de pré-produção e as unidades de Integração (montagem completa), do segundo evento sendo que neste já é com unidades que têm a Intenção de *Design* de Produção.

Nas montagens mula usam-se geralmente como base veículos atuais de produção (veículos doadores) e destes são feitas substituições de peças, conjuntos, equipamentos ou mesmo sistemas inteiros pelas respectivas/os do projeto e por usar veículos atuais de produção como base são conhecidas pelo jargão “mula”. Nessa fase os veículos base são usados por que ainda não se dispõe de todas as peças, conjuntos e sistemas novos do projeto para se montar uma unidade inteira.

As mulas são destinadas a avaliações específicas como por exemplo validação da estrutura onde não há preocupação com detalhes de acabamento.

A montagem completa (*ground up*) é feita na segunda fase de protótipos de pré-produção e é a montagem do veículo “do zero”, inteiramente na linha de pré-produção, peça por peça.

Ainda na segunda fase pré-produção existe a remontagem (*rebuild*) que se trata de veículos retrabalhados, onde se usam veículos doadores e trocam-se as peças e sistemas, diferentemente das mulas, com todo o conteúdo novo do projeto.

### **1.6.3 Propósitos das unidades de protótipos e pré-produção**

De acordo com Ulrich e Eppinger (2012) os protótipos são usados para 4 propósitos: marco de funcionalidade, integração, comunicação e aprendizagem.

O marco de funcionalidade é a etapa onde o produto como protótipo atingiu o nível desejado de funcionalidades e requerimentos do projeto e que o projeto tem os requisitos para avançar para os próximos estágios do desenvolvimento.

A integração refere-se à realização de testes, avaliação e validação dos modelos do projeto. Os testes são para garantir que o novo modelo de veículo atenda a todos os critérios de projeto. (SHI et al., 2017);

A comunicação é utilizada para fornecer à imprensa automotiva a chance de experimentar e escrever artigos sobre as novidades no setor automotivo como exibição em feiras e eventos, testes de colisão para atender requerimentos legais, experimentar e ajudar a desenvolver novos padrões e regulamentos.

A aprendizagem que têm como objetivos testar novas ferramenta de montagem pela manufatura, ajustar as técnicas de montagem pela manufatura e treinamento e calibragem do processo de montagem.

#### 1.6.4 Custos envolvidos nos processos de protótipos e pré-produção

Os custos envolvidos na fabricação de componentes para protótipos são maiores do que os de produção e um dos motivos é o método de fabricação das peças ou conjuntos que em grande parte não é o mesmo que se usa na fabricação em escala de produção. As ferramentas para fabricação em escala de produção também têm os seus custos elevados, porém esses custos são amortizados pela quantidade de peças a serem produzidas durante o ciclo de vida de produção.

Segundo Shi et al. (2017), cada protótipo montado durante as fases de desenvolvimento pode custar U\$200k a mais porque muitas de suas peças e os protótipos em si são feitos manualmente com um nível alto de customização.

Outro custo inerente ao processo de montagem de protótipos são os custos operacionais e que também pode afetar os custos decorrentes se houver atrasos nas montagens e necessidade de frete aéreo.

Os custos decorrentes são custos envolvidos com problemas encontrados tardiamente no projeto ou custos de garantia, portanto fazer os testes e resolver os problemas o quanto antes é o principal objetivo da validação com unidades protótipos. Cudney e Agustiady (2017), mencionam que quando as mudanças no *design* do produto são feitas no início do desenvolvimento do produto, os custos são relativamente baixos. No entanto, os custos para se fazer mudanças no *design* do produto aumentam significativamente ao longo do tempo à medida que as fases passam da pesquisa para o *design*, protótipo e produção - especialmente se produtos com defeitos ou com baixa satisfação alcançarem clientes finais. A figura 5 mostra como os custos crescem astronômicamente se as mudanças no produto forem feitas em estágios tardios do processo de *design* e produção.

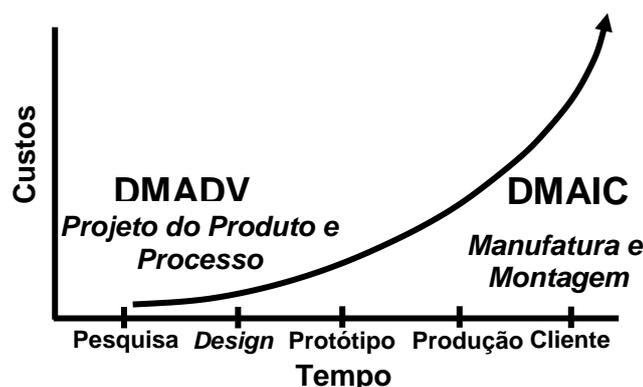


Figura 5 – Custo por tempo de *design* e produção.

Fonte: Traduzido de (CUDNEY E AGUSTIADY, 2017).

### 1.6.5 Tecnologias

As principais tecnologias que auxiliam muito na validação de peças no desenvolvimento de um produto são o CAE e o Protótipo Virtual.

Já para auxiliar o processo de obtenção de peças para montagem de unidades físicas a mais atual é a impressão em 3D.

#### 1.6.5.1 CAE (*Computer Aided Engineering*)

As simulações em CAE estão presentes nas empresas há algum tempo e são intensivamente usadas para melhorar a qualidade e robustez do conceito de *design* e instalações. Devido ao aumento do seu uso foi possível a redução da quantidade de protótipos físicos de testes e mais ainda redução do tempo geral e custos de desenvolvimento (SWEETMAN et al., 2017).

O CAE utiliza cálculos e simulações com discretização por elementos finitos aplicado ao modelo matemático das peças e conjuntos em ambiente computacional, encontrando-se, antes das montagens físicas, problemas que podem ser corrigidos a tempo, mesmo antes de montagens físicas (MUROTAKE E ALLEN, 1991).

Existem diferentes análises que são possíveis de se fazerem para uma mesma peça que depende da característica, necessidade e aplicação da peça. Essas análises incluem, mas não se limitam a: análises térmicas, análises modais (de frequência), análises estáticas e dinâmicas, dinâmica veicular e verificação de estabilidade e tendência ao capotamento, análises de arrasto aerodinâmico e também durabilidade que é um complemento da análise dinâmica (NEIRA, 1994).

De acordo com Halpern (1999) a relação entre “custos com testes físicos” e “custo em simulação com CAE” na indústria automotiva está entre 4:1 e 6:1, fazendo com que as simulações com CAE sejam essenciais para os negócios.

É certo que ainda há algumas limitações na aplicação do CAE como por exemplo as simulações de peças são sempre em dimensões nominais e sabemos que existem variações nas peças físicas tanto dimensionais como nas propriedades de materiais e métodos de produção (PETERMEIER, 2016).

#### 1.6.5.2 Protótipo Virtual (*Virtual Prototyping*)

De acordo com Bullinger e Dangelmaier (2003), o uso de protótipos virtuais é uma tendência geral e o objetivo é a redução do tempo de desenvolvimento do produto, de modo que não só a demanda por ciclos de produtos mais curtos pode

ser atendida, mas também a necessidade de se reduzir os custos relativamente altos decorrentes da construção de protótipos físicos. Com métodos relevantes, os testes virtuais podem então ser usados para que o máximo de falhas no desenvolvimento do produto possam ser detectadas e assim eliminadas o mais cedo possível antes do ciclo de produção.

A mais recente inovação em prototipagem virtual apresentada pela Volkswagen no 15º Simpósio SAE BRASIL *Automaker* de Testes e Simulações (2017) foi a apresentação de um desenvolvimento de carro virtual usando óculos de realidade mista “*HoloLens*” (figura 6) onde através de controle por gestos e comandos por voz o conteúdo virtual é projetado sobre um objeto físico. Além disso é possível projetar uma pintura de cor diferente sobre o Golf, instalar outras rodas e modificar os para-choques.



**Figura 6 - Óculos de realidade mista que projeta peças virtuais sobre modelo físico.**

**Fonte: (Magazine SAE, página 32, 15º Simpósio Automaker de Testes e Simulações)**

O estudo de Polydoros, Sfantsikopoulos e Provatidis (2011) mostra um aumento significativo entre as décadas de 1980 e 2000 das novas tecnologias empregadas pelas indústrias, como CAD, CAE e simulações, realidade virtual e prototipagem virtual nas fases de desenvolvimento.

Neads (2017) completa que as quantidades de protótipos físicos certamente se reduzirão à medida que a prototipagem virtual, e outras tecnologias, tornam-se mais robustas. Neste caminho, questões como quando se chegar a um ponto em que pode haver a possibilidade de eliminá-los completamente surgirão, mas isso exigirá uma aposta alta e um risco maior ainda, principalmente na questão de segurança, então manter um certo número de protótipos em vez de eliminá-los completamente pode ser a melhor alternativa.

### **1.6.5.3 Impressão em 3D (3D Printing)**

Segundo Scott (2014), a tecnologia de impressão em 3D seguiu na última década com uma vasta gama de materiais usados pelas máquinas, alta precisão e relativa redução do custo de produção. A impressão em 3D é um método de fabricação com alto potencial de melhorar a manufatura convencional devido às suas características como: não precisar de ferramental de produção em massa, produção em pouco tempo, custo relativamente menor para produção em massa de peças complexas e minimização do desperdício de material.

Para protótipos, segundo Nadav (2016), as impressões 3D estão sendo aplicadas cada vez mais para a confecção de peças e ferramentais para tais fins. Um molde de injeção impresso numa impressora 3D é na maioria das vezes uma ótima solução para prototipagem de produtos e manufatura de baixo volume, como também para validação de modelos conceituais e avaliação de sua montagem e acessibilidade (AUTOMOTIVEBUSINESS, 2017).

Segundo Rayna (2016), existe um crescente consenso de que as tecnologias de impressão 3D serão uma das próximas importantes revoluções tecnológicas.

### **1.6.6 Processo de fluxo de dados do set de matérias para obtenção de peças**

As atividades de elaboração do set de peças para montagem de unidades protótipo são compostas das seguintes etapas:

- a) Inputs requeridos para produzir as unidades;
- b) Elaboração das configurações das unidades;
- c) Cronograma de montagem das unidades;
- d) Seleção, Revisão e Envio das informações

Os códigos de peça de softwares seguem outro processo com cronograma específico e não estão no escopo deste trabalho. Os hardwares (módulos eletrônicos), com software ou não, são tratados como componentes regulares.

#### **1.6.6.1 Dados requeridos para produzir as unidades**

Shi et al. (2017) explica que para os projetos de veículos, existe um engenheiro em cada departamento (propulsão, segurança, chassis, carroçaria, interior e elétrica) responsável por fornecer os requerimentos de testes do seu respectivo departamento. Os requerimentos incluem duração dos testes, requerimentos de especificações e configurações dos veículos, severidade dos

testes e outras informações adicionais necessárias (LIMTANYAKUL e SCHWIEGELSHOHN, 2012). Uma vez que esses dados estejam reunidos, o planejador dos testes começa a desenvolver o cronograma de montagens.

As três as principais informações para se fazer o cronograma são a quantidade de unidades a serem montadas, as configurações das unidades e quais testes serão atribuídos a cada unidade.

### 1.6.6.2 Elaboração das configurações das unidades

As quantidades de unidades com configurações diferenciadas são baseadas nas necessidades de se cobrir todos os requerimentos dos testes em todas (ou quase) as variações de componentes e opções que serão oferecidas ao cliente final. Essa preocupação é para evitar ao máximo deixar algum equipamento ou peça de fora das unidades de testes justamente para que todas as peças e equipamentos sejam testados com o menor número possível de unidades.

As configurações variam desde uma unidade básica até a mais completa com todos os opcionais disponíveis para o cliente final, como ar condicionado, GPS, transmissão automática e motor de cilindrada 1 e cilindrada 2.

### 1.6.6.3 Cronograma de montagem das unidades

Cada unidade é disponibilizada em uma dada data (Quadro 13) durante a “barra” de teste, que são fornecidas por um grupo responsável por montar os protótipos e refletir sua capacidade de produção, onde as especificações exatas das unidades para cada dia possam ser flexíveis e decididas como parte do cronograma.

**Quadro 13: Modelo de calendário das informações do cronograma de montagens**

Data Montagem	Dia da semana	Feriado ?	Dia do Período Planejamento	Dias úteis do Período Planejamento	# dos Veículos para montagem
25-Jun-14	Quarta		1	1	1
26-Jun-14	Quinta		2	2	1
27-Jun-14	Sexta		3	3	3
28-Jun-14	Sábado	sim	4	3	0
29-Jun-14	Domingo		5	3	0
30-Jun-14	Segunda		6	4	3

Fonte: Traduzido e adaptado de (SHI et al., 2017)

A Figura 9 mostra um exemplo de uma amostra de um cronograma.

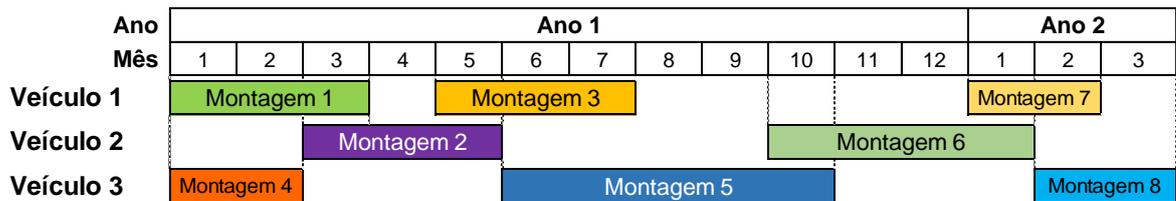


Figura 9 - Cronograma de montagem, exemplo bem sintetizado.

Autor: Traduzido e adaptado de (SHI et al., 2017).

#### 1.6.6.4 Seleção, Revisão e Envio das informações

Com base na lista de peças da produção, é feita uma lista de peças para cada configuração das unidades de pré-produção. Nesta lista, os engenheiros responsáveis por cada componente revisam, fazem modificações de dados, adição ou remoção de componentes, ou ainda criação de peças experimentais.

Após a revisão procede-se o envio através de sistemas de informação, como em mainframe, e essa atividade aplica-se para todas unidades de pré-produção e de mula seguindo-se o cronograma de montagem.

Após o envio é iniciado o processo de obtenção de peças.

A obtenção de peças é um processo que começa com o time de controle de materiais reconhecendo a peça, o fornecedor, a quantidade, a aplicação e data em que é necessária para montagem. Em conjunto com o time de *supply chain* é feito um contato com o fornecedor para estabelecer um contrato compra/venda, licitação e nomeação. Uma vez definido o contato com o fornecedor, é iniciado o processo de fabricação da peça, incluindo ferramenta *soft-tool*, se necessário, para que se tenha a disponibilidade da peça na linha de montagem na data estipulada.

Esse processo inicia-se várias semanas antes da primeira montagem, podendo variar dependendo do cronograma e complexidade de cada peça que pode exigir uma antecipação maior pela razão do tempo maior de desenvolvimento e fabricação.

## 1.7 LÓGICA PARACONSISTENTE

A Lógica Paraconsistente - LP será um dos recursos para a análise e decisão para classificação de componentes que compõem as unidades protótipos e pré-produção, escopo deste trabalho e, portanto, neste capítulo será apresentado a sua teoria, definições e algoritmos a serem aplicados.

### 1.7.1 Definição de lógica

De uma definição básica, do dicionário (MICHAELIS,2018), a lógica tem sua etimologia do grego *logikē*, relacionado com *logos*, razão, e a parte da filosofia que se ocupa das formas do pensamento e das operações intelectuais. Resumidamente, também pode se tratar de uma sequência coerente de informações, ideias ou ações regidas por regras pré-determinadas ou conhecidas e que geram um resultado já esperado ou que se espera.

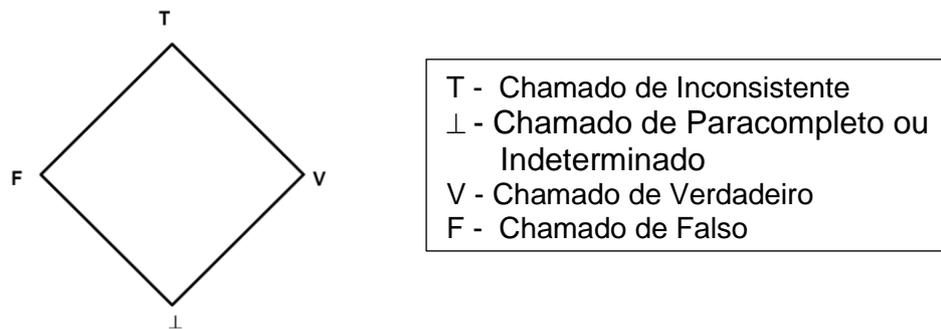
De acordo com o Dicionário Significados, lógica pode ser classificada em 5 categorias: lógica aristotélica, lógica de programação, Lógica de argumentação, lógica matemática e lógica proposicional além da classificação de lógica clássica e não-clássica.

Segundo Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), a lógica clássica (ou lógica Aristotélica), fundamento da matemática moderna, trata somente de extremos, Verdadeiro ou Falso, Sim e Não, 0 ou 1, enquanto as denominadas lógicas não-clássicas extrapolam as suposições binárias, admitindo e tratando contradições, ambiguidades e indefinições nos seus fundamentos, incluindo o conceito de dualidade com valores opostos para se obter um resultado com melhor precisão. Uma das lógicas não Clássicas que tem se destacado é a Lógica Paraconsistente LP. O termo “Paraconsistente” significa “ao lado da consistência” e foi criado pelo filósofo peruano Francisco Miró Quesada, em 1976, a partir dos trabalhos de Newton C. Da Costa, filósofo brasileiro e considerado um dos fundadores da LP.

A LP tem como principal fundamento a revogação do terceiro excluído, admitindo o tratamento de sinais contraditórios na sua estrutura teórica (DA SILVA FILHO, 1999). O princípio do terceiro excluído é expresso através de uma das sentenças aristotélicas considerada como um dos princípios da lógica clássica, que estabelece: de duas proposições contraditórias, isto é, uma negando a outra, uma delas é verdadeira ( $p \vee \neg p$ ).

### 1.7.2 Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de 2 valores - LPA2v

Da Silva Filho (2008), menciona que as lógicas Paraconsistentes Anotadas (LPA's) são classes de lógicas Paraconsistentes que possuem um reticulado associado cujos símbolos lógicos são representados em seus vértices, conforme mostra a figura 10. A principal característica da LPA é a sua propriedade de admitir e permitir o tratamento de dados com valores contraditórios, ambíguos e incompletos, e mesmo assim apresentar a capacidade de atribuir conclusões para tomadas de decisão em sistemas de análises.



**Figura 10 - Reticulado de quatro vértices (Hasse)**

**Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE E LAMBERT-TORRES, 2008)**

A Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de 2 valores (LPA2v) é uma extensão da LPA que apresenta uma anotação composta de dois graus de evidência relacionados a uma proposição  $P$ . O primeiro grau de evidência ( $\mu$ ) é favorável a proposição e o segundo grau ( $\lambda$ ) é contrário ou desfavorável a proposição  $P$ . Dessa forma, segundo Da Silva Filho (2010), os valores de anotação podem ser representados por  $P(\mu, \lambda)$ , sendo  $\mu$  o grau de evidência favorável que sustenta a proposição  $P$  (crença), e  $\lambda$  o grau de evidência desfavorável que rejeitam a proposição  $P$  (descrença).

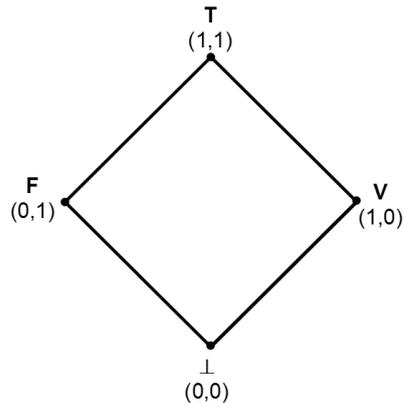
No reticulado de Hasse, os valores da proposição  $P$  ficam representados conforme Figura 11, onde verifica-se intuitivamente a seguinte descrição:

$P(\mu, \lambda) = P(1, 0)$ : indicando 'existência de evidência favorável total e evidência desfavorável nula', atribuindo uma conotação de Verdade à proposição.

$P(\mu, \lambda) = P(0, 1)$ : indicando 'existência de evidência favorável nula e evidência desfavorável total', atribuindo uma conotação de Falsidade à proposição.

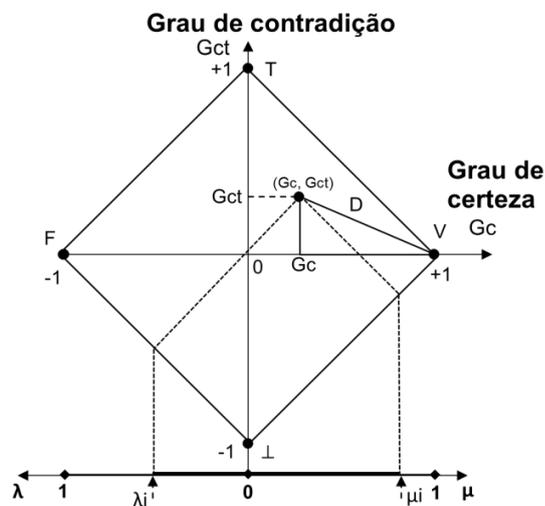
$P(\mu, \lambda) = P(1, 1)$ : indicando 'existência de evidência favorável total e evidência desfavorável total' atribuindo uma conotação de Inconsistência à proposição.

$P(\mu, \lambda) = P(0, 0)$ : indicando 'existência de evidência favorável e desfavorável nula', atribuindo uma conotação de Indeterminação à proposição.



**Figura 11 - Reticulado finito de Hasse com anotações da LPA2v.**  
**Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE, E LAMBERT-TORRES, 2008).**

Dos pontos extremos vistos nos vértices na figura 11 atribui-se no reticulado LPA2v dois eixos: horizontal denominado de “Eixo dos Graus de Certeza” e o vertical denominado “Eixo dos graus de Contradição”, com valores  $[1,-1] \in \mathfrak{R}$  (DA SILVA FILHO, 2009).



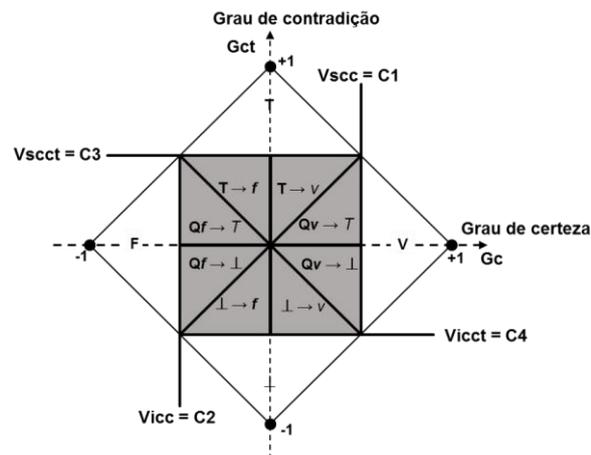
**Figura 12 - GC e Gct obtidos no Reticulado da LPA2v a partir de  $\mu$  e  $\lambda$ .**  
**Fonte: Adaptado de (DA SILVA FILHO, 2009).**

Os pontos do Grau de Certeza e Grau de contradição são obtidos através de equações obtidas por transformações lineares tendo como entradas os graus de evidências favoráveis ( $\mu$ ) e desfavoráveis ( $\lambda$ ), (Figura 12) conforme teoria usual da LPA2v. As equações (1) e (2) definem os graus de certeza e de Contradição, conforme mostram a seguir:

$$G_c = (\mu - \lambda) \quad (1)$$

$$G_{ct} = (\mu + \lambda - 1) \quad (2)$$

Com isso pode-se estabelecer no Reticulado da LPA2v alguns critérios sobre a região onde o  $P(\mu, \lambda)$  incidir. O primeiro é em relação ao eixo de horizontal ou de certeza no qual se têm dois valores limites externos e arbitrários denominados,  $V_{sc} =$  Valor superior de controle de certeza e  $V_{ic} =$  Valor inferior de controle de certeza, e da mesma maneira o segundo é em relação ao eixo vertical ou de contradição, têm-se dois valores limites externos e arbitrários,  $V_{scct} =$  Valor superior de controle contradição e  $V_{icct} =$  Valor inferior de controle contradição. Essas regiões, representadas na Figura 13, são consideradas equivalentes aos estados lógicos resultantes de análise e são divididas de acordo com a precisão necessária para tal análise, obtendo assim um algoritmo da LPA2v denominado de “Para-Analisador” (DA SILVA FILHO, 2009) (Anexo I).



**Figura 13 – Representação do reticulado da LPA2v seccionado em 12 regiões delimitadas dando origem a 12 estados lógicos resultantes.**

**Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE, E LAMBERT-TORRES, 2008).**

Segundo Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), a aplicação do algoritmo Para-Analisador gera uma decisão com base em um dos 12 estados lógicos obtidos pela comparação dos valores de controle e os Graus de Certeza e de Contradição, tendo como entrada os Graus de Evidência favorável e desfavorável, que, basicamente em sua análise tem os seguintes passos (Figura 14):

1. O sistema recebe as informações: Geralmente vêm de sensores ou de especialistas nos quais passaram por um processo de normalização
2. O sistema faz o processamento das Equações 1 e 2 para obter  $G_c$  e  $G_{ct}$ .
3. O sistema conclui utilizando as condicionais:
  - a. Se existir um Alto Grau de contradição então não existe certeza quanto à decisão e novas evidências são necessárias;

- b. Se existir um baixo Grau de contradição então formula-se a conclusão desde se tenha um alto Grau de Certeza.

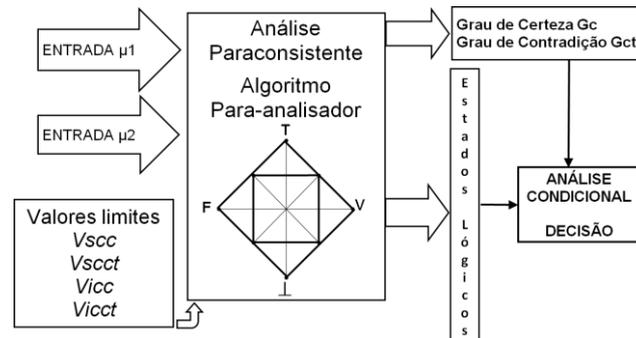


Figura 14 – Representação de um sistema típico de análise paraconsistente utilizando o reticulado da LPA2v repartido em 12 regiões delimitadas.

Fonte: Adaptado de (DA SILVA FILHO, ABE E LAMBERT-TORRES, 2008).

### 1.8 Software e configurações de sistema

O aplicativo Microsoft Excel Professional é uma planilha eletrônica bastante útil para utilização em testes numéricos e gráficos e apoio no desenvolvimento de programas computacionais com grandes chances de continuar por pelos menos 30 anos (BENNETT, 2016).

De acordo com Cezar e Beatrice (2013) mesmo sendo o Microsoft Excel um *software* com uma plataforma muito sólida e forte, que pode ser usada para resolver uma grande variedade de problemas, a maioria dos usuários usam-no somente suas funcionalidades básicas, ou seja, existe um potencial dormente de que recursos avançados serem utilizados e popularizados.

O estudo de Naiana, Valerica e Daniel (2013), conforme dados da figura 16, confirma que de fato tem um número crescente de companhias utilizando o *Excel*.

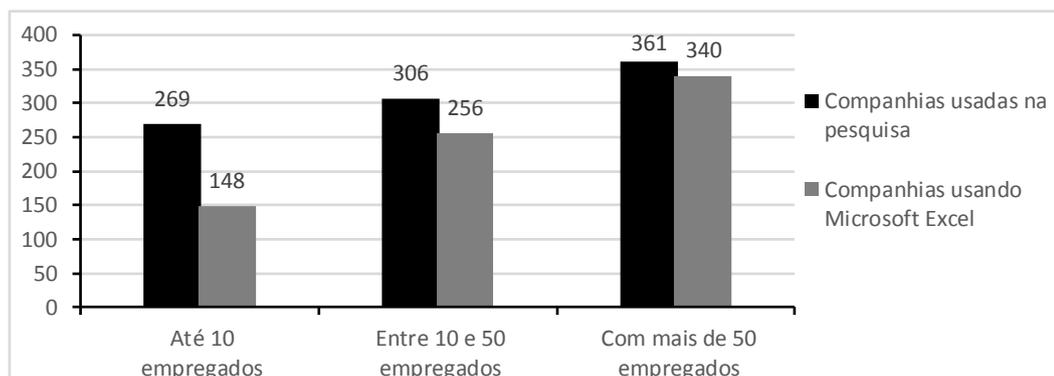


Figura 16 – Uso do software Microsoft Excel pelas companhias.  
Fonte: Traduzido e adaptado de (NAIANA, VALERICA e DANIEL, 2013).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão descritos os materiais e métodos utilizados nas análises desenvolvidas com a Lógica Paraconsistente.

Por ser usado e licenciado para todos os funcionários da empresa onde o método será aplicado e por ter interface mais amigável tanto para o usuário final como para quem está desenvolvendo, foi utilizado nesta pesquisa o software Microsoft Excel Professional.

O sistema operacional utilizado foi Windows 7 Enterprise em uma máquina com as seguintes configurações: velocidade do processador de 2.4 GHz, operação em 64 bits, memória RAM de 8 GB e disco rígido com 200 GB.

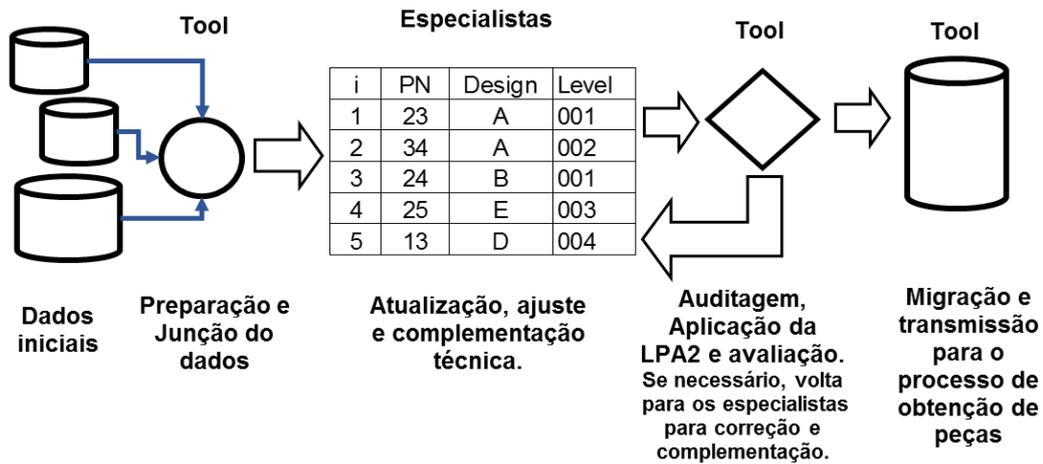
Inicialmente foram feitas as pesquisas para preparar o modelo a ser inserido na ferramenta computacional cujo objetivo e sua aplicação em um sistema de tomada de decisão. Uma pré-seleção classificatória foi feita com o intuito de encontrar dados especialmente capazes de auxiliar e aumentar a precisão na seleção, avaliação e classificação dos componentes, peças e/ou conjuntos a serem montados nos protótipos da empresa montadora de veículos automotores. A partir destas considerações foram obtidos os dados iniciais provenientes de fontes distintas e de diversos tipos, como:

- 1) Lista base: extraída de uma unidade de produção atual ou de modelos antigos, se disponível e compatível, ou ainda é elaborada na íntegra;
- 2) Configurações dos modelos;
- 3) Cronograma do projeto;
- 4) Faixa dos blocos de códigos;

As etapas seguintes mostram as sequências tomadas com este propósito.

### 2.1 Etapa 1 – Preparação dos dados em uma única tabela

A primeira etapa é a automação de tarefas para composição de uma tabela única, para utilização dos especialistas, que consiste na preparação e junção das informações. Essa tabela foi utilizada para checagem com a montagem virtual, complementação e ajustes com dados técnicos, tais como; quantidades adicionais para reserva e peças experimentais, conforme Figura 17.



**Figura 17 – Fluxo tarefas e processamento da nova ferramenta, dos especialistas, LPA2v e migração de dados.**

Nesta etapa foram usados algoritmos regulares do Excel (Anexo II) para agrupar os dados, fazer a transposição dos códigos das unidades em colunas e formatação para que os especialistas pudessem entrar com dados e complementação técnica.

## 2.2 Etapa 2 – Auditoria dos dados

Na etapa de auditoria são tratadas as seguintes informações:

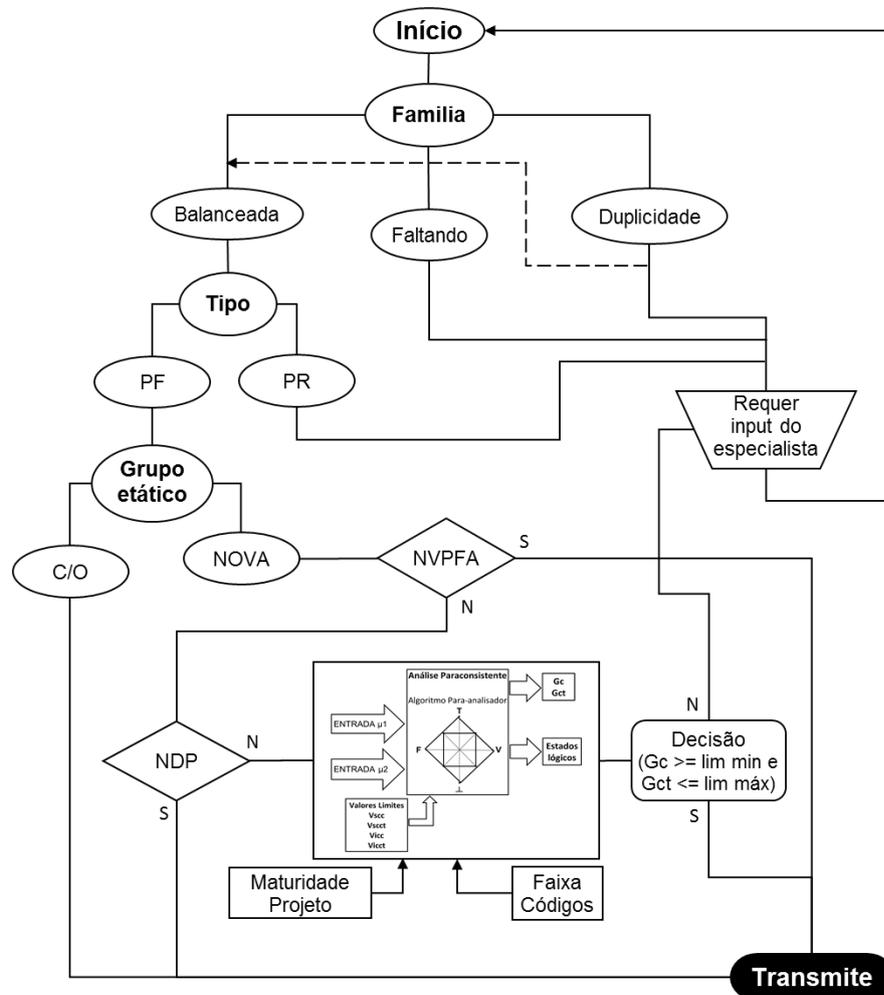
- Classificação ética da peça, se é nova ou *carry-over*;
- Nível de *design* da peça (NDP);
- Nível de validação do processo do fornecedor-Aprovado (NVPFA);
- Classificação da peça, se somente Peça Representativa (PR) ou Peça Física (PF);
- Faixa ou bloco dos códigos de peça consideradas novas;
- Família de peças.

O Quadro 1 mostra como as análises técnicas e verificações destes parâmetros, feitas pelos especialistas, foram consideradas do ponto de vista de dificuldade. Verifica-se que os especialistas usaram alguns jargões como “esses casos estão no Limbo” ou “na zona cinzenta” quando o resultado (V / F) não é facilmente obtido.

**Quadro 1: Classificação geral do nível de dificuldade em análises técnica dos dados.**

Zonas de interpretações	Fácil aplicação da lógica clássica	Zona cinzenta, requer lógica mais apurada	Fácil aplicação da lógica clássica	
grau de dificuldade	0	40	60	100

A partir desta coleta inicial dos dados foi feita a elaboração do algoritmo da árvore de decisão da Figura 18 que visa otimizar os casos utilizando a lógica clássica e também a lógica paraconsistente para assim minimizar e direcionar os casos de maior dificuldade. O objetivo foi de reduzir o tempo e auxiliar as análises técnicas e verificações, e principalmente minimizar os efeitos dos casos que caem nesta zona de indecisão.



**Figura 18 - Árvore de decisão para automação com aplicação do algoritmo Para-Analisador.**

### 2.3 Modelagem dos graus de evidência

Para a modelagem dos graus de evidência que são aplicados no algoritmo Para-Analisador, foram feitas pesquisas com dois especialistas analistas do processo de fabricação de protótipos, ambos com mais de 5 anos de experiência na área. Desse modo foram coletados os graus de evidência favorável e desfavorável para a faixa onde se encontra os códigos da peça, de maneira heurística e também considerando fatores como previsão de quando deve ser feita a transmissão de dados, se é mula ou unidade inteira, e em relação ao cronograma do projeto, se é grande, médio ou anual.

Desta pesquisa cuja pergunta é “Qual a evidência que uma peça realmente é nova dentro da faixa de peças novas” resultou no Quadro 2 abaixo.

**Quadro 2: Graus de evidência baseada na pesquisa com especialistas.**

Grau evidência - faixa de códigos de peças novas				
		Especialista 1	Especialista 2	
		$\mu 1$	$\mu 2$	
			Com NDP e NFPFA	Sem NDP e NFPFA
Definição do projeto	Início + 1	0.9	0.95	0.95
	Fim - 1	0.75	0.5	0.9
Execução do projeto	Início + 1	0.6	0.35	0.75
	Metade	0.4	0.2	0.6
	Fim - 1	0.2	0.9	0.25
Piloto	Início	0.15	0.05	0.15
	Fim	0.15	0.05	0.03
Produção	Início	0	0	0

Dos graus de evidência levantados pela pesquisa com os especialistas pode-se chegar a uma variação linear do grau de evidência e fase do projeto resultando nas curvas de variação de evidência ilustradas na Figura 19 relativa ao especialista 1, na Figura 20 e Figura 21 relativas ao especialista 2, e respectivamente nos sistemas de Equações 3, 4 e 5.

Neste modelo para a obtenção dos valores considerou-se que o especialista 2 formulou graus de evidência separados para quando as peças de códigos novos apresentam informações conflitantes entre NDP e NVPFA, pois acredita-se que

quando se têm informações redundantes de NDP e NVPFA existem menos chances de ser Falso, ou seja, a evidência tendendo a ser mais para NVPFA é maior e, portanto, o resultado ser Verdadeiro, então como consequência a necessidade do NDP é menor.

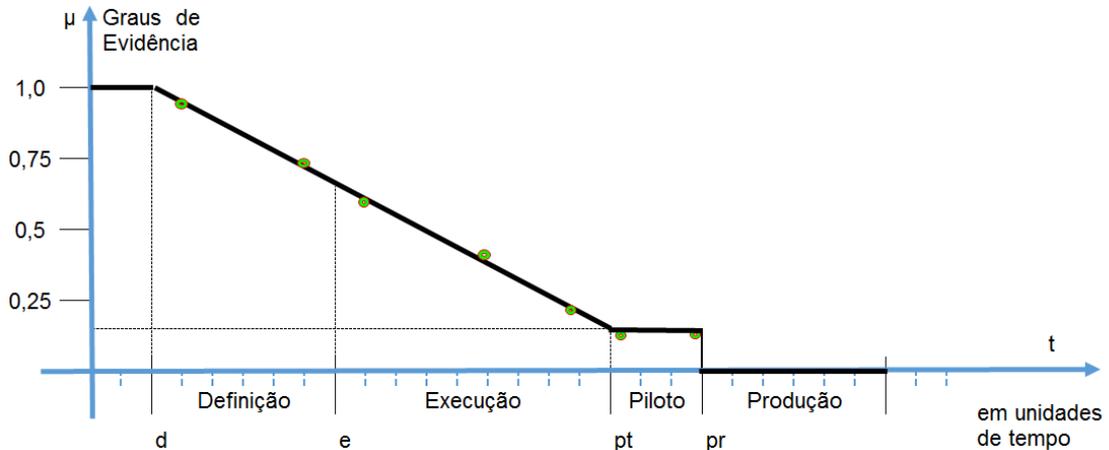


Figura 19 – Curva de variação de evidência do especialista 1.

$$\mu_1(t) = \begin{cases} 1, & \text{se } t \leq d \\ 1 - \frac{0,85(t-d)}{(pt-d)}, & \text{se } t \in [d, pt] \\ 0,15, & \text{se } pt < t < pr \\ 0, & \text{se } t > pr \end{cases} \quad (3)$$

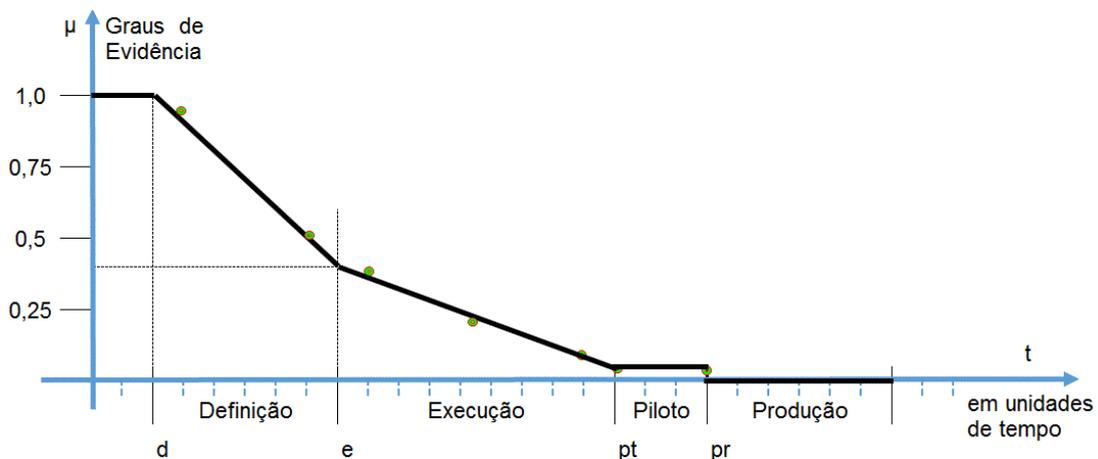


Figura 20 – Curva de variação de evidência e do especialista 2 para códigos novos com ambos NDP e NVPFA.

$$\mu_2(t) = \begin{cases} 1, & \text{se } t \leq d \\ 1 - \frac{0,6(t-d)}{(e-d)}, & \text{se } t \in [d, e] \\ 0,4 - \frac{0,35(t-e)}{(pt-e)}, & \text{se } t \in [e, pt] \\ 0,05, & \text{se } pt < t < pr \\ 0, & \text{se } t > pr \end{cases} \quad (4)$$

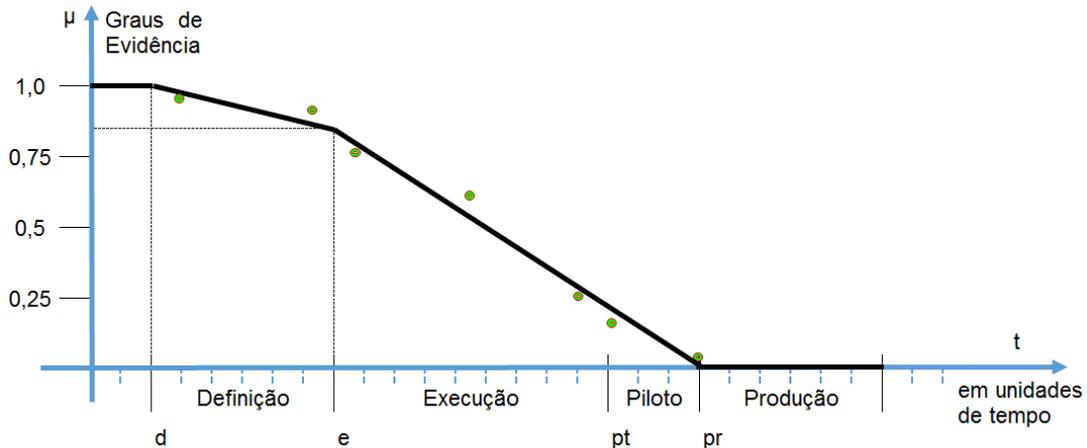


Figura 21 – Curva de variação de evidência e do especialista 2 para códigos novos sem NDP e sem NVPFA.

$$\mu_2'(t) = \begin{cases} 1, & \text{se } t \leq d \\ 1 - \left(\frac{0,16(t-d)}{(e-d)}\right), & \text{se } t \in [d, e] \\ 0,4 - \left(\frac{0,84(t-e)}{(pr-e)}\right), & \text{se } t \in [e, pr] \\ 0, & \text{se } t > pr \end{cases} \quad (5)$$

No modelo utilizado a função do especialista 2 será considerada como grau de evidência desfavorável, portanto  $\lambda = (1-\mu_2)$ , aplicando-se as devidas condições para com NDP e NVPFA e sem NDP e sem NVPFA.

#### 2.4 Algoritmo de Auditoria nas Informações das Unidades Protótipos incluindo o algoritmo Para-Analisador LPA2v (SADLPA2v)

Com as modelagens do tópico 2.3 e dos sistemas de Equações 3, 4 e 5 montou-se a sub-rotina ClassificarPN\_LPA2v mostrado no Quadro 15, a qual chama o algoritmo Para-Analisador. As entradas são com os marcos do projeto (Definição, Execução, Piloto e Produção), datas da criação dos códigos e transmissão do set e  $C1 = 0.5$ .

Quadro 15: Algoritmo da subrotina ClassificarPN\_LPA2v.

```
Sub ClassificaPN_LPA2v ( )
*/ Variáveis de entrada */
t */ Data de Previsão da transmissão de dados */
t1 */ Data de obtenção do blocos de PN da peça a ser analisada*/
tpM */ Data da primeira montada */
VarT:= IsBlank(NDP and NVPFA) */False se NDP NVPFA is blank /True se both not blank
```

```

d */ Data Início Definição do Projeto*/
e */ Data Início Execução do Projeto */
pt */ Data Início Piloto */
pr */ Data Início Produção */
Case
Incremento = (t - t1) * (tpM - t) / (t - d)
.tf = t + Incremento */Incremento devido a data de criação do código de peça
Se tf <= d, then m = 1 e u2 = 1
Se d < tf <=pt, then m = {1 - [ 0.85 ( t - d ) / ( pt - d ) ] }
Se d < tf <=e, then m2 = Se(VarT, {1-[ 0.6( t - d ) / ( e - d ) ]},{1 - [ 0.16( t - d )/( e - d ) ] }
Se e < tf <=pt and VarT, then m2 = {0.4 - [0.35 ( t - e ) / ( pt - e ) ] }
Se pt < tf <pr and VarT, then m = 0.15 e u2 = 0.05
Se e < tf <pr and Not VaT then m2 = {0.84 - [0.84 ( t - e ) / ( pt - e )]}
Se tf >= pr , then m = 0 e m2 = 0
l = 1 - m2
Call PARA_ANALISADOR ( m , l )
*/Variáveis de saída*
Saída discreta = S1
*/ FIM*/

```

Com o algoritmo ClassificarPN\_LPA2v do Quadro 15 e com a árvore de decisão da Figura 18, montou-se a rotina principal AvaliarSetPrototipos mostrada no Quadro 16.

**Quadro 16: Algoritmo principal ClassificarPN\_LPA2v.**

```

Sub AvaliarSetPrototipos ( )
*/Variáveis de entrada*/
VarImpeditivoSend = false
TimerInicial = timer()
*/ Início
Call classify_sort_and_group_by_Family;
For each Family */ verifica duplicidades ou faltas nas Unidade de Protótipos
Se qty (iBuild) = 0 Then cells(i, Collnconst) = varMsgMissing & iBuild
Se qty (iBuild) <> 0 and qty (iBuild - 1) <> 0 Then cells(i, Collnconst) = varMsgDupli & iBuild
Se cells(i, Collnconst) <> "" then VarImpeditivoSend = True
Next Family
For each Usage */ para cada aplicação de peça, verifica issues e analisa NDP.
Do case
Case PN for PR, then cells(i, Collnconst) = "Part is PR": VarImpeditivoSend = True,
Case PN for C/O or Has NDP, then VarImpeditivoSend = True and GoTo Next Usage
Case PN In Faixa_Código_Novos, then
Se PN has NVPFA And NOT NDP then VarImpeditivoSend = True and GoTo Next Usage
cells(i, ColLPA2) = Call ClassificaPN_LPA2v
Se cells(i, ColLPA2) <> ("Verdadeiro", "Qv -> T", "Qv -> ^ ") then VarImpeditivoSend = True
End Case
Next Usage
Se Not VarImpeditivoSend then Call Procedure_AutoInputDados ( )

```

```

TimerFinal = Timer()
call MsgBox "Processado!!! " & if ( VarImpeditivoSend, "mas os dados não foram imputados por
have Issues e necessidade de se averiguar novas evidências, verifica para cada peça as
condições da saída LPA2.", "Sucesso!!!" ) & " Tempo total = " & Format (timerFinal – TimerInicial,
"h:mm:ss")."
*/ FIM*/

```

O algoritmo completo e suas sub-rotinas para auditoria em dados de pré-produção e protótipos com comandos em VBA estão no Apêndice A.

## 2.5 Determinação e tratamento dos 12 estados lógicos

Na elaboração do projeto considerou-se que as saídas com os 12 estados lógicos resultam em um direcionamento determinado pelos especialistas que também determinaram o tratamento de cada parâmetro com suas respectivas evidências favoráveis e desfavoráveis.

Nesta fase o direcionamento consiste em alguns passos adicionais que deverão ser feitos pelo especialista ou engenheiro para se determinar se o componente precisa de NDP ou se já tem o NVPFA.

Esses passos são consultas e buscas manuais de informações em sistemas origem de NDP e NVPFA ou consultando os responsáveis por estas informações. Neste trabalho os direcionamentos das ações que foram utilizados são os apontados pelos Quadros 10 e 11.

**Quadro 10: Tabela saídas lógicas versus ações.**

Saídas:	Ação:	Verificações adicionais necessárias?
V	Atribuir NDP	Não é necessário
$Qv \rightarrow \perp$	Buscar evidências, focando em NDP com tendência a atribuir NDP	Sim, parcial
$\perp \rightarrow v$	Buscar evidências, focando em NDP com leve tendência a atribuir NDP	Sim
$\perp$	Buscar evidências, focando em NDP	Sim, todos os passos
$\perp \rightarrow f$	Buscar evidências, focando em NDP com leve tendência a não precisar de NDP	Sim
$Qf \rightarrow \perp$	Buscar evidências, focando em NDP com tendência a não precisar de NDP	Sim, parcial
$Qv \rightarrow T$	Busca evidências, focando em NVPFA com tendência a atribuir NDP	Sim, parcial
$T \rightarrow v$	Busca evidências, focando em NVPFA com leve tendência a atribuir NDP	Sim
T	Busca evidências, focando em NVPFA	Sim, todos os passos
$T \rightarrow f$	Busca evidências, focando em NVPFA com leve tendência a não precisar de NDP	Sim
$Qf \rightarrow T$	Busca evidências, focando em NVPFA com tendência a não precisar de NDP	Sim, parcial
F	Sem necessidade de NDP	Não é necessário

**Quadro 11: Tabela saídas versus busca de evidências e verificações adicionais.**

<b>Saídas:</b>	Verificar no sistema de NDP	Consultar Engenheiro da peça	Verificar no sistema de NVPFA	Consultar Especialista de NVPFA
V	-	-	-	-
$Qv \rightarrow \perp$	sim	-	-	-
$\perp \rightarrow v$	sim, 1º passo	sim, 2º passo	-	-
$\perp$	sim, 1º passo	sim, 2º passo	sim, 3º passo	sim, 4º passo
$\perp \rightarrow f$	sim, 1º passo	sim, 2º passo	-	-
$Qf \rightarrow \perp$	sim	-	-	-
$Qv \rightarrow T$	-	-	sim	-
$T \rightarrow v$	-	-	sim, 1º passo	sim, 2º passo
T	sim, 3º passo	sim, 4º passo	sim, 1º passo	sim, 2º passo
$T \rightarrow f$	-	-	sim, 1º passo	sim, 2º passo
$Qf \rightarrow T$	-	-	sim	-
F	-	-	-	-

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Etapa 1 – resultados da preparação dos dados

A primeira etapa da ferramenta passa pela automação da preparação das informações, mostrada no Quadro 4, a partir dos dados iniciais conforme Quadro 3.

**Quadro 3: Tabela dos dados iniciais.**

A	B	C	D	E	F	G	H	I
ID	Part Code with NDP	Main Partition	Usage Partition	Name	Qty	Side	Torque	Unidades
1	I4714-A	N 2	B0A	CYLINDER WHEEL BRAKE	2			B#1
2	I4714-A	N 2	B0A	CYLINDER WHEEL BRAKE	2			B#2
3	I4714-A	N 2	B0A	CYLINDER WHEEL BRAKE	2			B#n
4	A1519	P D	B0C	SCREW PANEL SUPT	3		4NM	B#1
5	A1519	P D	B0C	SCREW PANEL SUPT	3		4NM	B#2
6	A1519	P D	B0C	SCREW PANEL SUPT	7		4NM	B#n
7	I4726	A 2	C0A	PUMP WSWA	1			B#1
8	I4726	A 2	C0A	PUMP WSWA	1			B#2
9	I4726	A 2	C0A	PUMP WSWA	1			B#n
10	I8165	A 2	D9A	MOTOR BLO	1			B#1
11	I8165	A 2	D9A	MOTOR BLO	1			B#2
12	I8165	A 2	D9A	MOTOR BLO	1			B#n
13	E2062	L C	E4A	TANK FUEL	1			B#1
14	E2071-C	A 3	D5A	MIRROR VIEW	1	R		B#1
15	E2071-C	A 3	D5A	MIRROR VIEW	1	R		B#2
16	E2071-C	A 3	D5A	MIRROR VIEW	1	R		B#n
17	B4258	T A	E0A	TRANSMISSION	1			B#2
18	CX009	E C	A5A	HEADLAMP	1			B#1
19	CX009	E C	A5A	HEADLAMP	1			B#2
20	CX009	E C	A5A	HEADLAMP	1			B#n

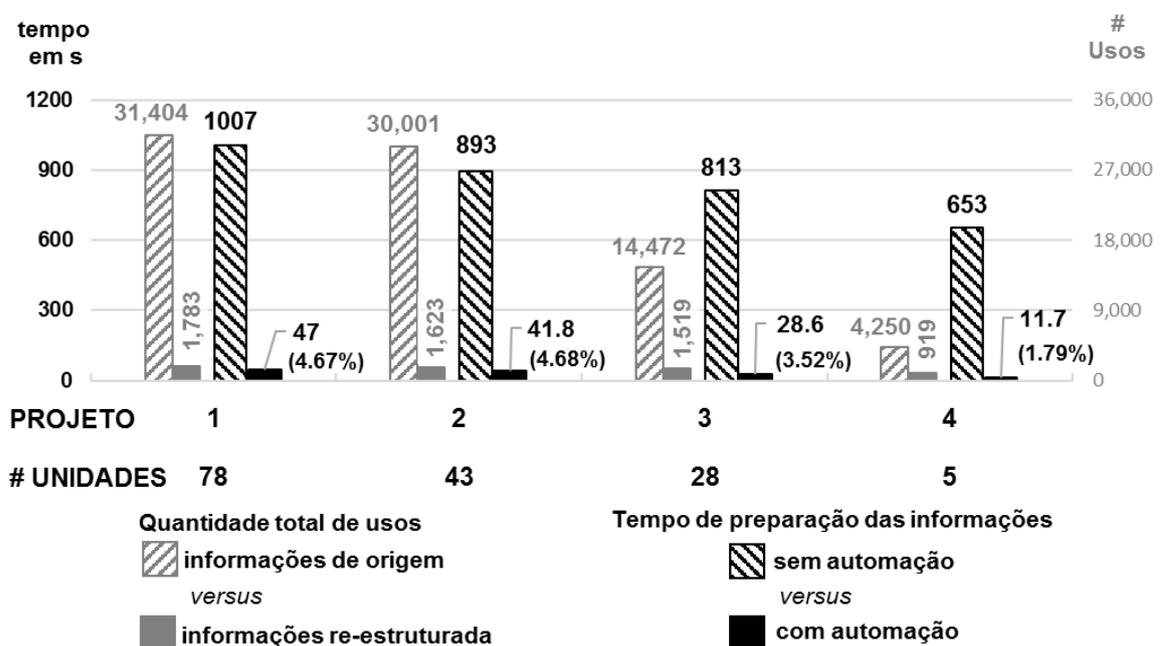
As informações na disposição do *lay-out* do Quadro 4 permite uma visibilidade melhor das informações com ganhos no tempo e qualidade das análises pelos especialistas, em relação ao *lay-out* do Quadro 3, permitindo agregar mais informação do próximo passo desse processo que é revisão, atualização e adição de mais informações técnicas necessárias pelo especialista e/ou engenheiro da peça.

Na tabela do Quadro 3 notam-se as seguintes diferenças: o NDP vem junto ao código da peça, não têm as colunas NVPFA, *New-C/O*, *type* e nem *Partition Family*.

**Quadro 4: Tabela dos dados formatados e preparados para verificação e análise.**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
ID	Action	B	B	B	Part Code	NDP	Partitioning			Name	Type	New C/O	NVPFA	Side	Torque
		#1	#2	#n			Main	Usg	Family						
1	Add	3	3	7	A1519		P D	B0C		SCREW PANEL SUPT					4NM
2	Add	1	1	1	I4726		A 2	C0A		PUMP WSWA		c/o			
3	Add	1	1	1	I8165		A 2	D9A		MOTOR BLO		c/o			
4	Add	1			E2062		L C	E4A	F2	TANK FUEL		N			
5	Add	1	1	1	E2071	C	A 3	D5A		MIRROR VIEW		N	A	R	
6	Chg		1		B4258		T A	E0A	T1	TRANSMISSION		c/o			
7	Add	1	1	1	CX009		E C	A5A	H4	HEADLAMP		c/o			
8	Add	1	1	1	I4749		F E	B0A		LEVER PARK BRKT		c/o			
9	Add		1		B2752	B	E S	C0A		SENSOR AIRFLOW		N			
10	Add	1	1	1	E2030		I S	D0A	D3	SUNSHADE	PR	N			
11	Add	1	1	1	B4583		E S	E0A		STARTER		c/o			
12	Add	1	1		E2036		F H	F0A	P5	PIPE BRK		N			
13	Add			1	E2070	M	R D	A0A		GRILLE RDO		N			
14	Add	2	2	2	E2073		S A	B5A	A2	ABSORBER FRT		c/o			
15	Add	2	2	2	E2076		W F	C9B	W3	WHEEL FRT		N			
16	Add	1			E2077	M	E D	D3A	R7	HARNES FRT DOOR		N			
17	Add	2	2	2	E2078		I S	E5A	S1	SEAT FRT		N			
18	Add	1	1	1	E2086	C	W J	F0A		WINDSHIELD		N			
19	Add	1	1	1	I4765		E C	A5A		MUFFLER		c/o			

Nesta primeira etapa foram feitos 4 experimentos com diferentes tipos de projetos, medindo-se a quantidade de linhas (que são usos de peças por unidade), quantidade de unidades, tempo de execução sem automação e tempo de execução utilizando-se a automação, com resultados apresentados na Figura 23.



**Figura 23 – Resultado dos experimentos na etapa preparação e reestruturação das informações.**

### 3.2 Etapa 2 – Auditoria e aplicação do SADLPA2v

Com a aplicação do algoritmo SADLPA2v, que faz a auditoria das informações incluindo o algoritmo Para-Analisador, três colunas finais de resultados são adicionadas na tabela dos dados formatados (Quadro 4) e que podem ser observados no Quadro 5. Os nomes destas colunas são *General*, *Family* e *LPA2v*, cuja combinação de resultados vai indicar se os dados da peça da linha podem ou não ser enviados.

A coluna *General* contém resultados de auditoria gerais de formatação e falta de informações como por exemplo torque no formato incorreto mostrando a faixa de tolerância não compatível com o valor nominal ou se a peça é PR (peça representativa) o que deveria ser PF (peça física).

A coluna família indica, dentro das respectivas famílias de peças ou conjuntos, se existe duplicidade ou falta de peças.

A coluna LPA2 vai mostra os 12 estados lógicos da LPA2v.

**Quadro 5: Tabela dos dados com resultados da auditoria incluindo aplicação da SADLPA2v.**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
ID	Action	#	#	#	Part Code	ND	Partitioning	Main	Usg	Fan	Name	Tp	New C/O	NV PFA	Side Torq	Audits			Send
		1	2	n												General	Family	LPA2	
1	Add	2	2	2	I4714	A	N 2	BOA			CYLIND		N						YES
2	Add	3	3	7	A1519	P	D	BOC			SCREV		c/o		4NN	Æ Torque			NO
3	Add	1	1	1	I4726	A	2	COA			PUMP		c/o						YES
4	Add	1	1	1	I8165	A	2	D9A			MOTC		c/o						YES
5	Add	1			E2062	L	C	E4A	F2		TANK		N				φ B#2,n	V	NO
6	Add	1	1	1	E2071	C	A	3	D5A		MIRRO		N		R	NDP ≠ ID 30, pg 2		T -> V	NO
7	Chg		1		B4258	T	A	E0A	T1		TRANS		c/o			≈ ID 29,pg2/B#2			NO
8	Add	1	1	1	CX009	E	C	A5A	H4		HEAD		c/o				OK		YES
9	Add	1	1	1	I4749	F	E	BOA			LEVER		c/o						YES
10	Add		1		B2752	B	E	S	COA		SENSC		N	A		NDP & NVPFA			NO
11	Add	1	1	1	E2030	I	S	D0A	D3		SUNSH	PR	N			PR	OK	Qv -> T	NO
12	Add	1	1	1	B4583	E	S	E0A			START		c/o						YES
13	Add	1	1		E2036	F	H	F0A	P5		PIPE B		N				φ B#n	F	NO
14	Add			1	E2070	M	R	D	A0A		GRILLE		N					Qf -> T	NO
15	Add	2	2	2	E2073	S	A	B5A	A2		ABSO		N				OK	Qv -> ⊥	NO
16	Add	2	2	2	E2076	W	F	C9B	W3		WHEE		N				OK	Qf -> ⊥	NO
17	Add	1			E2077	M	E	D	D3A	R7	HARN		N				φ B#2,n	⊥ -> V	NO
18	Add	2	2	2	E2078	I	S	E5A	S1		SEAT F		N				OK	⊥ -> f	NO

Legenda:

≠ - '... diferente de ...'

Æ - 'Formato em desacordo com os standards nas colunas ...'

≈ - 'Duplicado com ...'

φ - 'Componente faltando para a unidade/montagem ...'

A partir destas 3 colunas pode-se ter o total de combinações a serem consideradas para se ter a conclusão se envia as informações do item para o processo de obtenção de peças. Esse total é obtido com o produto do total de resultados possíveis de cada coluna das auditagens + 1, de acordo com a fórmula do total de combinações (6).

$$TotalCombinações = \left( \sum_{i=1}^m Gr_{(i)} + 1 \right) \left( \sum_{j=1}^n Fa_{(j)} + 1 \right) \left( \sum_{v=1}^{q\phi} LP_{(v)} + 1 \right) \quad (6)$$

Onde:

- Gr: *issues* das auditagens gerais;
- Fa: *issues* das auditagens nas famílias;
- LP: saídas lógicas LPA2v;
- m: total de *issues* encontrados nas auditagens gerais;
- n: total de *issues* encontrados nas auditagens nas famílias;
- q $\phi$ : total das saídas lógicas encontradas nos resultados.

Os resultados possíveis de auditoria da coluna General são:

- a) *c/o Part w/ NDP*
- b) *Same Part ≠ qtys*
- c) *≈USAGE* ;
- d) PR
- e) NDP & NVPFA
- f) NDP ≠
- g)  $\text{Æ}$

Os resultados possíveis de auditoria da coluna Family são:

- a)  $\approx$  (duplicidade de peças da mesma família)
- b)  $\phi$  (falta de peça na família)

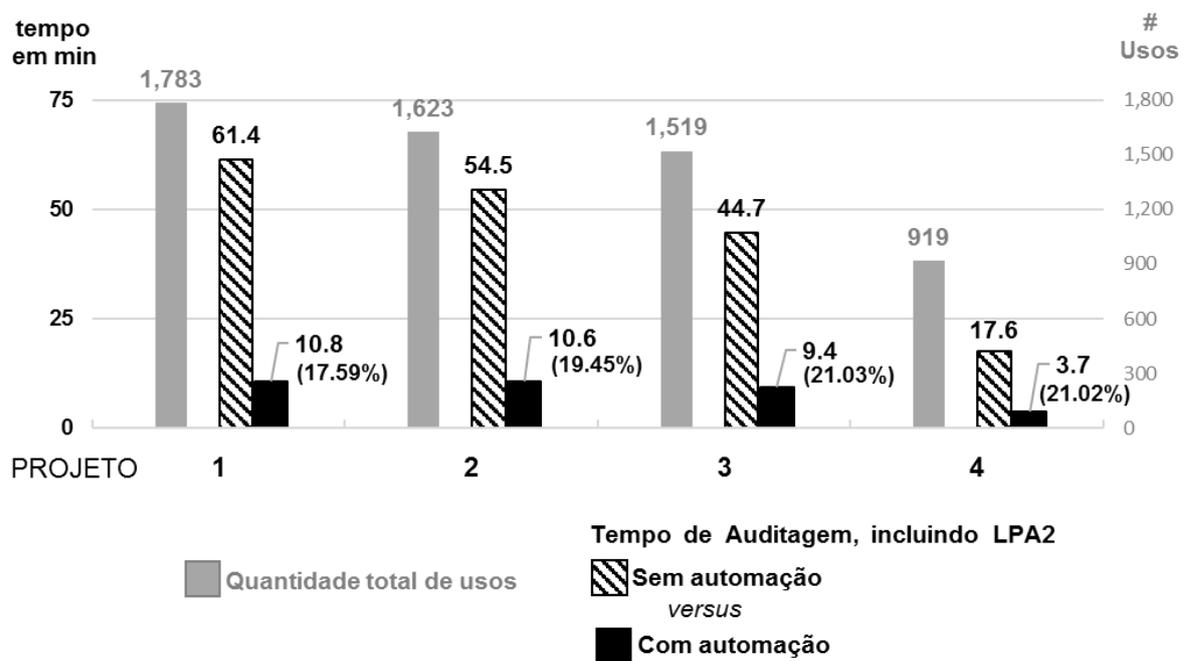
Os resultados possíveis de auditoria da coluna LPA2v são os doze estados lógicos do reticulado LPA2v:

- a) V, F, T, N,  $N \rightarrow f$ ,  $N \rightarrow v$ ,  $T \rightarrow f$ ,  $T \rightarrow v$ ,  $Qv \rightarrow T$ ,  $Qf \rightarrow T$ ,  $Qf \rightarrow N$ ,  $Qv \rightarrow N$

Aplicando-se a fórmula F1 com os dados das parcelas acima chega-se a um total máximo de 312 combinações  $\{(7+1) \times (2+1) \times (12+1)\}$ . Esse total pode ser alterado se novos itens de auditoria forem incorporados em qualquer um dos 3 campos de auditoria.

Esclarecendo que um possível resultado em qualquer uma das três colunas de auditoragem é a resposta em branco, ou seja, sem apresentar inconsistências. Como é a combinação dos resultados que influencia na decisão final de envio, e a resposta em branco também entra nesta combinação, então o '+1' foi adicionado nos resultados da fórmula F1 acima.

Em relação aos tempos registrados nos experimentos da auditoragem, foram anotados os tempos confrontando-se os métodos sem automação e com automação de 4 experimentos baseados nos mesmos projetos do processo de preparação dos dados, cujos resultados podem ser observados na Figura 24.



**Figura 24 – Resultado dos experimentos na etapa Auditoragem das informações (incluindo SADLPA2v na automação).**

Com o agrupamento dos 12 estados lógicos sendo que 2 deles não requerem ações adicionais de decisão se precisa NDP mais o agrupamento de ações dos 10 estados lógicos restantes, pode-se definir os seguintes ganhos através da equação 7 (FGLPA2v) abaixo:

$$Ganhos_{SSADLPA2v} = \left( \sum_{k=1}^n t_{M(k)} \right) - \left( \sum_{v=1}^{12\phi} \sum_{q=1}^{\frac{n}{12\phi}} t_{(v)} \cdot P_{(q)} \right) \quad (7)$$

Sendo:      n:      quantidade total de *records* para se verificar;  
               12 $\phi$ :    doze saídas lógicas;

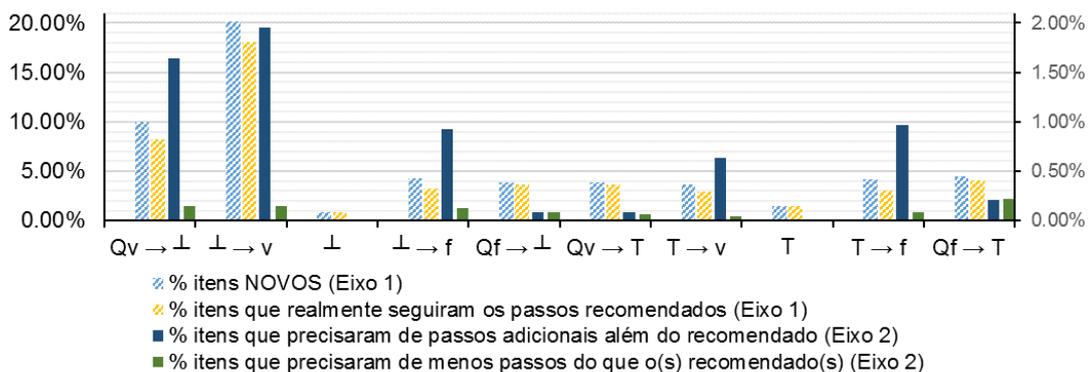
- p: quantidade total de *records* da respectiva saída lógica;
- t: tempos parciais com aplicação da SADLPA2v dos respectivos grupos de saídas.
- t<sub>M</sub>: tempo de análise manual de cada item sem aplicação LPA2v.

Os tempos médios das verificações obtidos com os especialistas foram: Verificar no sistema de NDP, 45 segundos, Consultar Engenheiro da peça, 200 segundos, Verificar no sistema de NVPFA, 90 segundos, Consultar Especialista de NVPFA, 250 segundos. Com estes tempos, tabulou-se os tempos para cada saída de um dos projetos e obteve-se os resultados do quadro 17, com as porcentagens de peças novas em cada estado lógico e os tempos gastos dos respectivos itens.

**Quadro 17: Tabela dos resultados numéricos da aplicação da SADLPA2v em um projeto.**

Saídas:	% itens NOVOS	% itens que realmente seguiram os passos recomendados	% itens que precisaram de passos adicionais além do recomendado	% itens que precisaram de menos passos do que o(s) recomendado(s)	tempo busca manual t <sub>M</sub> (todos os passos)	tempo somente dos passos recomendados t <sub>1</sub>	tempo passos adicionais t <sub>2</sub>	tempo de itens que requeram menos passos t <sub>3</sub>
V	11.12%	11.12%	0.00%	0.00%	317070	0	0	0
Qv → ⊥	10.00%	8.21%	1.64%	0.14%	284895	18000	46800	157.5
⊥ → v	20.16%	18.06%	1.95%	0.14%	574470	215600	55575	857.5
⊥	0.84%	0.84%	0.00%	0.00%	23985	23985	0	0
⊥ → f	4.33%	3.28%	0.92%	0.12%	123435	39200	26325	735
Qf → ⊥	3.86%	3.69%	0.08%	0.08%	109980	8100	2340	90
Qv → T	3.82%	3.67%	0.08%	0.06%	108810	16110	2340	135
T → v	3.63%	2.96%	0.64%	0.04%	103545	48960	18135	340
T	1.52%	1.52%	0.00%	0.00%	43290	43290	0	0
T → f	4.13%	3.08%	0.96%	0.08%	117585	51000	27495	680
Qf → T	4.54%	4.11%	0.21%	0.23%	129285	18000	5850	495
F	32.06%	32.06%	0.00%	0.00%	913770	0	0	0
	100.00%	<b>92.61%</b>			<b>2850120</b>	482245	184860	3490
				tempo em segundos				<b>670595</b>
				tempo em horas				<b>186.28</b>

A figura 27 mostra o gráfico dos resultados do quadro 17, excluindo-se os estados Verdadeiro e Falso, onde nota-se melhor a relação entre as quantidades de itens novos totais, onde é necessário seguir-se todos os passos de verificação, e os parciais mostrado no quadro 11.



**Figura 27 – Porcentagem dos itens novos nas saídas dos estados lógicos excluindo-se V e F.**

## 4 DISCUSSÃO

Como visto na Figura 17, o especialista, analista técnico ou engenheiro têm 3 momentos ou etapas para aplicar a ferramenta que incluem: na preparação das informações, na aplicação da auditoria com SADLPA2v e na migração dos dados.

### 4.1 Etapa 1 – Preparação das informações

A primeira etapa é automação da reestruturação e preparação das informações iniciais, para que posteriormente no processo haja uma complementação técnica, atualização e ajustes por parte dos especialistas.

Nesta etapa os pontos principais observados na melhoria do processo foram:

- a) Sinergia;
- b) Redução significativa do tempo;
- c) Qualidade inicial;
- d) Contribuição para melhoria da qualidade do passo posterior.

A sinergia pode ser observada verificando as 8 primeiras linhas do Quadro 4 contra 22 linhas requeridas no formato original do Quadro 3. Isso pode agravar-se pela quantidade de unidades, neste exemplo são 3 (B#1, B#2, B#n) mas que podem chegar até 300.

Outro item observado em sinergia é que enquanto no *lay-out* do Quadro 3 é necessário virar a página para se visualizar os dados da mesma peça em unidades diferentes, no *lay-out* do Quadro 3 está em uma única linha.

Em relação a redução do tempo desta etapa pode-se afirmar que é consequência da sua automação e checagem.

As principais atividades automatizadas são: transposição dos códigos das unidades de linhas em colunas e sem repetição, ordenação dos campos, adição de novas colunas, recolocação dos dados e agrupamento dos mesmos relacionados às unidades e eliminação da tarefa de checagem pois uma vez que é feito por algoritmo não há erros de esquecimento ou falta de algum passo no processo.

Os números dessa redução são mostrados na Figura 23 e são resultados de 4 experimentos feitos em projetos de diferentes configurações.

Esses experimentos consistiram em executar as tarefas manualmente e depois pela ferramenta.

Os dados coletados dos tempos para reestruturar as informações sem automação apresentaram uma amplitude grande uma vez que os usuários usam métodos diferentes entre si, mesmo sendo feitos em um mesmo *software*, portanto foi considerado uma média. Esse tempo do método sem automação compreende desde o preparo da planilha, estabelecimento do melhor método, elaboração da fórmula, aplicação das mesmas e verificação para ter certeza que nenhuma informação foi deixada de ser transferida.

Ainda em relação a Figura 23, verifica-se uma redução na quantidade de linhas dos dados de origem para os dados preparados os quais se justificam pela duplicidade das informações em relação as unidades.

Pode se notar que a relação 30.000 linhas antes 1623 do projeto 2, não é acompanhada no projeto 3 (14472/1519), quase metade. A razão deste fato é que no projeto 3 tem um maior número de peças únicas por unidade protótipo enquanto no projeto 2 tem um maior número de peças comuns.

Com a automação da manipulação dos dados, como já é de conhecimento geral (AUTOR, 2015), evita-se erros comuns de digitação e transporte manual de dados, resultando em mais qualidade não só em relação aos dados em si, mas em relação à segurança das decisões, acuracidade e complemento das informações nos processos posteriores.

Outro ponto a ser citado é que a etapa de preparação dos dados são tarefas necessárias, mas que não adicionam valor ao papel do especialistas e engenheiros envolvidos no processo de protótipos e pré-produção.

A etapa 1 ainda inclui a complementação de dados técnicos pelos especialistas, engenheiros e projetistas.

Não é escopo deste trabalho, mas como breve descrição, a execução das atividades de complementação técnica de informações consiste basicamente em abrir o 3D das peças posicionadas e montadas virtualmente, verificação minuciosa dos componentes nas devidas variações de acordo com a configuração as unidades e se necessários ajustes nos dados como inclusão, remoção ou substituição de componentes.

## **4.2 Etapa 2 – Auditoria dos dados**

Esta etapa está organizada em 3 seções que tem como objetivo uma sequência de discussão para melhor compreensão do escopo e dos resultados.

Começa com discussão nos resultados das auditorias gerais sobre as informações posteriores ao complemento de dados técnicos pelos especialistas.

Inclui uma análise preditiva e descritiva de informações disponíveis de projetos já executados que servem para compreensão da auditoria com LPA2v.

E finalmente discussão sobre os resultados com LPA2v (SADLPA2v) nos 12 estados lógicos do algoritmo Para-Analisador aplicado às informações do processo de protótipos de pré-produção.

## **4.3 Discussão sobre os resultados das auditorias gerais nas informações dos componentes.**

Essa etapa é uma automação no processamento de auditoria das informações feita posteriormente à complementação com dados técnicos pelos especialistas, engenheiros e projetistas.

A Figura 24 mostra o resultado dos tempos coletados dos experimentos feito com 4 projetos, confrontando os métodos com automação e sem automação, quando possível.

Isto porque alguns experimentos feitos sem automação não incluem etapas que foram possíveis com automação como a própria aplicação da LPA2v.

Outro processo que não foi feito sem automação foi a coleta de dados de NVPFA, porque para ter esses dados inclusos na tabela é necessária sua coleta peça-a-peça em um sistema mainframe o que manualmente demandaria muito tempo.

Os ganhos observados nesta etapa são similares a etapa 1, ou seja, redução significativa do tempo na auditoria, normalização e conseqüentemente aumento de qualidade das informações.

Com aumento de qualidade reduz-se ou até evita-se o retrabalho, tanto de dados como de processos e documentos pós transmissão para ambos os times de obtenção de peças e para os especialistas e engenheiros.

Os tempos com automação no processo de auditoria das informações compreendem de 17% a 22% dos tempos sem automação (Figura 24).

Verifica-se pelas quantidades de linhas na Figura 24 que as tabelas nas quais os experimentos foram feitos basearam-se nas tabelas resultantes da etapa1

Depois da aplicação da ferramenta, os resultados na tabela de informações podem ser observados no Quadro 5 o qual mostra 3 colunas finais com as inconsistências e é onde os especialistas e engenheiros farão a verificação, análise e, se necessário, ajustes e correções.

Após feitas as correções, aplica-se a auditagem novamente e reavaliação das novas inconsistências, se houver, até zerar todas as inconsistências para então enviar as informações para o processo de obtenção de peças.

#### **4.4 Discussão e Comparação sobre o método heurístico do levantamento das curvas dos graus de evidência utilizando dados de projetos finalizados.**

Da experiência dos especialistas foram levantadas as curvas de evidência que podem servir tanto como aplicação direta pela ferramenta, como é feito neste trabalho, como para levantar quais parâmetros envolvidos, ou pelos menos alguns deles, que influenciam nestas curvas.

Os parâmetros, que potencialmente podem influenciar na determinação e necessidade de NDP, além dos que foram apresentados no capítulo de Materiais e Métodos, como *gates* dentro do cronograma do projeto, bloco de códigos de componentes, data de criação da peça e NVPFA, também estendem-se a leis e normas governamentais, projetos de outros produtos desenvolvidos em paralelo, estratégia de nomeação do(s) fornecedor(es), tecnologias envolvidas no produto, tecnologia de fabricação, materiais das peças, quantidade de *features* do produto novo, etc portanto como são muitos os parâmetros e para serem mapeados demandariam mais tempo e validação em mais projetos em desenvolvimento, foi optado fazer pelo método heurístico de graus de evidência pela experiência dos especialistas.

Porém aqui, partindo de uma mineração de dados de projetos já executados envolvendo alguns desses parâmetros tem-se um início ou uma base de comparação e discussão.

Essa parte analítica não é uma comprovação das curvas de evidência uma vez que uma comparação justa envolveria dados de todos os parâmetros mencionados mas pode-se chegar a um certo nível básico de acuracidade do método heurístico.

Para um entendimento inicial, foi coletado e analisado os períodos de todos os blocos de códigos de peças independente de associação com programas. Os quadros abaixo mostram o agrupamento das faixas e período de criação ou associação aos componentes novos.

**Quadro 6: Faixa de códigos A1 no tempo de associação ao componente.**

	Tempo											
	88	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A150	4											
A151	49											
A154					9	4	2	11	2			
A156	20											
A157	35	6										
A158	72											
A160	27											
A161	8	11	7	9	4							

O bloco A1 se refere a componentes de fixação os quais tem sua criação normalizada, podendo ser usados em todos os produtos dependendo da sua aplicação, e têm suas especificações e usabilidade regidos por um manual técnico global. No Quadro 6 pode-se ver a homogeneidade do nascimento dos códigos através do tempo. Neste caso, como é uma faixa de códigos específicos e contínuos, a lógica proposta neste trabalho não gera um resultado satisfatório.

Da mesma maneira para o bloco A3 (Quadro 7) que trata de componentes que podem ser usados entres diversas arquiteturas e produtos e também por se tratar de um bloco de códigos específicos e contínuos, não entram na análise da lógica proposta neste trabalho.

**Quadro 7: Faixa de códigos A3 no tempo de associação ao componente.**

	Tempo											
	88	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A330		1										
A332		2	1									
A333			1									
A335				3								
A336				1								
A337				2								
A338					2							
A342						2						
A344							1					
A346							1					
A349								2				
A350	17	13	4					1	2			
A357			7	9								
A358				5	13	9						
A359						4	26	17				

O bloco J4 (Quadro 8) refere-se à componentes reusados de outros produtos. Reusar significa que o seu *design* e seu código pode ser utilizado sem modificação no novo produto sendo que atende a todos os requisitos de projeto, validação, performance, estilo, material, etc economizando todos esses *steps* de desenvolvimento e como já são itens de produção não entram na análise da lógica proposta neste trabalho.

**Quadro 8: Faixa de códigos J4 no tempo de associação ao componente.**

	Tempo											
	88	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
J470	16											
J471	65											
J472	137	9										
J473		105										
J474			147									
J475			5	142								
J476				186	5							
J477					185							

O bloco E2 (Quadro 9) são pertencentes ao bloco de códigos dos componentes novos os quais passarão por todas as etapas do desenvolvimento incluindo NDP, NVPFA e validação. Esses são os códigos que entram na análise da lógica proposta neste trabalho. Vale lembrar que os blocos de códigos evidentemente mudam à medida que a faixa disponível vai se esgotando. Outro fator importante é que desta mesma faixa de códigos, bem como outras já mencionadas, são reservados códigos para vários projetos em paralelo, ou projetos no início de execução ou ainda, que estão em uma fase avançada.

Existe um plano para cada componente novo que passa por vários passos de desenvolvimento, logística, fabricação e montagem.

É importante mencionar que variações são intrínsecas no plano de cada componente e depende muito de uma série de fatores e características dos componentes as quais são diretamente ligadas aos mesmos parâmetros mencionados no início do item desta discussão, e evidentemente que todos os planos têm que ter como data *target* a piloto e produção.

Então para se alcançar essa mesma finalidade alguns componentes tem o seu começo de desenvolvimento antecipado e conseqüentemente o código reservado antes da fase principal.

Quadro 9: Faixa de códigos E4 no tempo de associação ao componente.

	Tempo												
	88	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
E201					115								
E202					181								
E203					297								
E204					13	322							
E205						33							
E206						122	186						
E207							755						
E208							568	13					
E209								568					
E210								123	79				
E211									34				
E212									34	3			
E213										1			

A execução do plano de desenvolvimento de cada componente passa pela criação do código e também pela aprovação do NVPFA e como vemos na Figura 25, a sua relação não é muito nítida pois como já mencionado, depende de uma série de fatores ou parâmetros.

Faixa de códigos

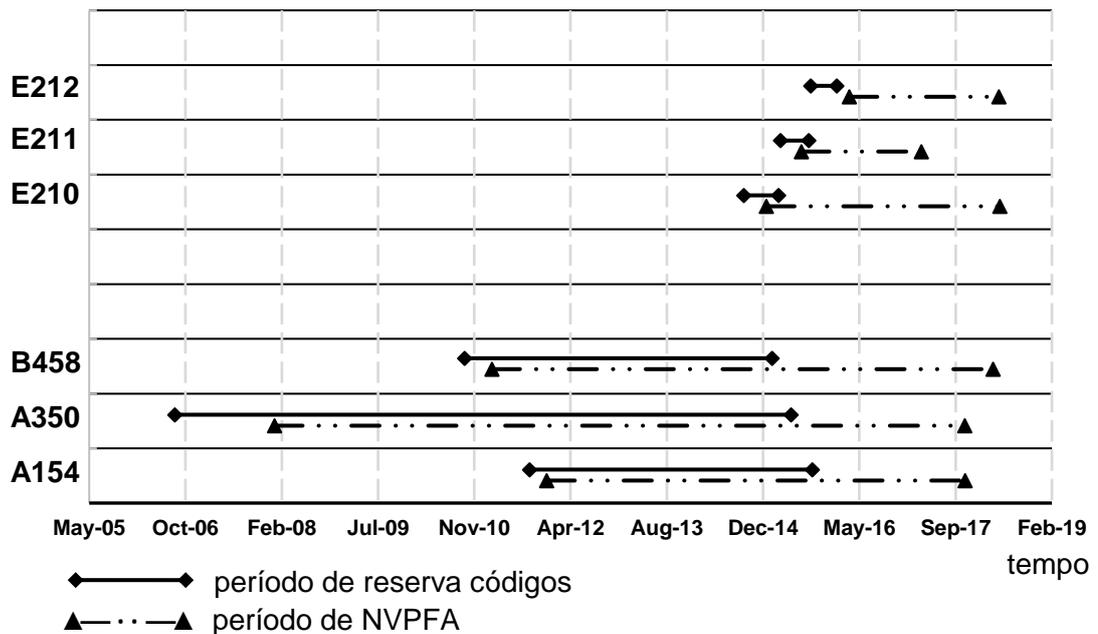


Figura 25 – Período de associação dos códigos de componentes versus período de NVPFA.

Agora, se o foco for somente no bloco do código de peças novas do projeto e uma análise for feita com a curva de dados coletados do NVPFA aprovado (Figura 26), é possível estabelecer algumas proposições em relação às curvas dos graus de evidência dos especialistas.

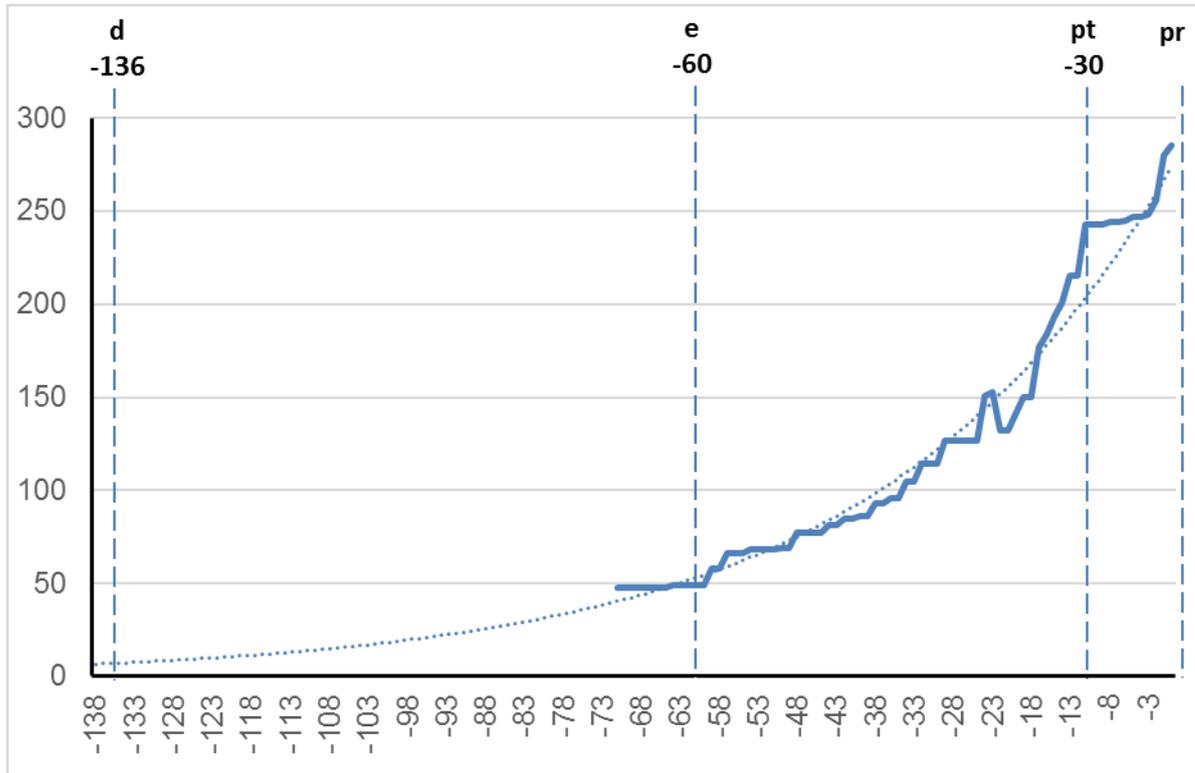


Figura 26 – Curva NVPFA.

Como nem todos os dados estão disponíveis (somente a partir do tempo -73), foi adicionado uma linha de tendência para cobrir todo o tempo de execução do projeto.

No ponto "d" nota-se uma taxa de 96% [ $1 - (5 / 300)$ ] de componentes sem NVPFA que em contraste com as estimativas dos especialistas 1 e 2, 90% e 95% (Figura 19 e Figura 20) demonstram uma acuracidade de 93% e 98% respectivamente o que para esse trabalho é um valor alto para um método heurístico, e que realmente representa a realidade pois neste tempo do projeto poucas peças têm NVPFA, as que têm são de outros projetos em fases mais avançadas.

No ponto "e" verifica-se uma taxa de 83% [ $1 - (50 / 300)$ ] de componentes com NVPFA contra 70% do especialista 1 e 35% do especialista 2 (Figura 19 e Figura 20) e que mostram uma acuracidade de 84% e 42% respectivamente.

No ponto "pt" nota-se uma taxa de somente 17% [ $1 - (250 / 300)$ ] de componentes sem NVPFA que em contraste com as estimativas dos especialistas 1 e 2, 15% e 5% (Figura 19 e Figura 20) demonstram uma acuracidade de 88% e 29%.

A curva de NVPFA versus o método heurístico mostra uma proximidade aceitável e em trabalhos futuros, com mais dados disponíveis, a curva NVPFA pode ser uma entrada para uma célula neural junto com as curvas dos especialistas.

#### 4.5 Auditagem com aplicação da SADLPA2v

A auditagem com aplicação da SADLPA2v consiste em verificar o grau de evidência favorável e desfavorável na relação NDP e NVPFA.

Sem a aplicação do sistema SADLPA2v é necessário fazer uma série de verificações para peças novas sem a identificação de NDP e NVPFA, ou ainda com esses dois parâmetros conflitantes.

Essas verificações são necessárias para verificar se realmente não tem NDP que não migrou, e/ou verificar se tem NVPFA que não migrou, versus a fase atual do projeto, também se o código já é usado em outros projetos, verificar o nível do *design* da peça, qual é a data de montagem da(s) unidade(s) em questão, se é peça de produção ou não, estoque do fornecedor, dentre outros.

Com a aplicação do sistema SADLPA2v consegue-se uma redução na necessidade de verificações, ora pela sua eliminação ou ainda pelo direcionamento para quais verificações são necessárias.

Antes de se entrar na discussão e detalhes do SADLPA2v, é necessário ter um entendimento das consequências da relação NDP e NVPFA e sua interação com o processo de obtenção de peças.

Quando o componente tem NVPFA significa que ele já tem contrato fechado e que o fornecedor já pode entregar peças de produção, ou seja, não requerer uma ação imediata para o processo de obtenção de peças.

Ainda, o componente que tem NVPFA elimina a necessidade de ter NDP pois o NDP é usado estritamente para peças de protótipos e pré-produção.

Os componentes com NDP sinaliza que o processo de obtenção destas peças requer mais passos do que as peças de produção ou sem NDP e precisam começar o quando antes.

Com isso, é evidente que a transmissão de informações de peças sem NDP, mas que requerem NDP podem causar atrasos, aumento de custos e atividades adicionais de contenção.

O contrário, transmissão de informações de peças com NDP, mas que não requerem (Falso NDP) causam atividades desnecessárias e perda de foco, ou seja, o foco e energia que deveriam ser em peças com NDP consistentes (Verdadeiro NDP) são gastos indevidamente gerando também atrasos e aumento de custos.

Atuando nas saídas dos 12 estados lógicos, pode-se obter uma redução de tempo de análise, direcionamento de verificações, normalização e melhora da qualidade.

A redução de tempo é obtida tanto nas saída V e F, que não requerem ações adicionais, como pelo agrupamento das peças em família das saídas dos outros estados lógicos, assim as buscas de evidências adicionais podem ser reduzidas a blocos ao invés do set inteiro de peças novas.

A normalização é consequência pelo simples uso da ferramenta e método.

A qualidade também é uma consequência da normalização e verificações sinalizadas pelos estados lógicos.

Quando as saídas dos estados lógicos são ou tendem a inconsistentes há necessidade de busca de evidências adicionais em NVPFA pois há casos em que a peça tem NVPFA em projetos de outras regiões, mas que ainda não foi aprovado para o projeto local em função de diferentes fornecedores, ou que o fornecedor, mesmo sendo o mesmo, localmente ainda não está com o processo desenvolvido e aprovado.

Agora, quando as saídas dos estados lógicos tendem ou são indefinidas a necessidade da busca de evidências adicionais em NDP pois para todas as peças novas são atribuídas NDP, porém como o bloco também pode ser usado em outros projetos podem existir casos em que a peça já é de produção, ou que já tenha NVPFA aprovado ou ainda que o NDP não foi carregado para as informações das unidades de protótipos.

Os ganhos do direcionamento das ações pelas saídas dos 12 estados lógicos são definidos pela fórmula  $FGLPA_{2v}$ , equação 7, onde podemos notar que o tempo  $t$  dos estados Verdadeiro e Falso são praticamente 0, ou seja, as somatórias dos tempos para verificação dos ganhos ficam nas outras 10 saídas dos estados lógicos.

Os tempos  $t$  respectivos de cada saída são menores que o  $t_M$  (tempo de verificação manual) pois como pode-se observar no Quadro 11 as ações são parciais para  $t$  enquanto que para  $t_M$  todos os passos são requeridos.

No quadro 17, onde tem-se os resultados numéricos das porcentagens de cada estado lógico bem como os tempos gastos em cada ação necessária de verificação, pode-se nota a comparação entre as verificações totais feitas antes do modelo e as parciais apontadas pelas saídas.

Ainda no quadro 17 é aplicado a equação 7 onde o resultado da diferença entre a somatória dos tempos das verificações totais, 791,7 horas, e a somatória dos tempos das verificações apontadas pelos estados lógicos, 186,28 resulta em 605,42 horas a menos gastas em verificações.

Nota-se ainda neste quadro que a porcentagem de acerto nas recomendações do quadro 11 é de 92,61%. Isso é devido às primeiras verificações onde os analistas precisaram calibrar as buscas e também nos casos em que as regiões estavam mais próximas dos estados indeterminados e inconsistentes ou em regiões limites.

Na figura 27 nota-se bem essa condição ao observar-se as colunas do eixo 2, o número não é tão significativo, mas as porcentagens de itens que precisaram de menos passos em relação ao recomendado pelo quadro 11 é maior quando mais próximo dos estados V e F.

Também é importante salientar que os agrupamentos por famílias de componentes e por saídas dos estados lógicos geram sinergia nas ações de busca de evidências pois em quase todos os casos os especialistas e engenheiros cobrem todas as configurações daquela família e também os sistemas a serem consultados quando são componentes de mesma família passando pelas mesmas 'telas' e campos, portanto pode se chegar ao resultado para todos os componentes daquela família cuja saída lógica é a mesma com uma única busca de evidências, ou no máximo, uma quantidade mínima de buscas.

## 5 CONCLUSÕES

Em um cenário de competição entre as indústrias, qualquer iniciativa que possa reduzir custos é bem-vinda. O desafio é encontrar oportunidades de melhorias em processos bem elaborados e enxutos. A atuação em dados técnicos com automação juntamente com a lógica paraconsistente mostrou que ainda há campo para redução de tempo e melhoria de qualidade.

Considerando que o processo de obtenção de peças, dentro da fase de desenvolvimento de produtos, é essencial para a montagem de protótipos o qual envolve grandes custos para a companhia, a incorreção de qualquer informação necessária para iniciar seu processo gera atrasos e custos. Estas informações técnicas enviadas para o processo de obtenção de peças necessitam de precisão tanto da quantidade e qualidade como de tempo de entrega e que são os motivos mais adequados para que este processo fosse a escolha correta para se produzir e aplicar a ferramenta deste trabalho. Durante a aplicação deste método não foram observadas inconsistências nas informações recebidas pelo time de obtenção de peças.

Como já se esperava, a automação das informações melhorou significativamente o tempo, que reduziu para entre 2% a 18% de processamento, e qualidade em comparação com os métodos manuais, evitando-se assim falta, duplicidade e problemas triviais resultados destes métodos. Com a redução de tempo foi possível começar a elaboração dos dados em um estágio posterior e com isso há um outro ganho que é fresquidão dos dados de origem.

O uso do Microsoft Excel para aplicar o SADLPA2v como uma ferramenta computacional foi muito promissor pois, como já mencionado, a empresa utiliza de tal *software* e este tem uma ampla gama de recursos e funções muito úteis na escrita do algoritmo além do conhecimento por grande parte dos usuários. Um outro detalhe que favoreceu o uso da ferramenta que não é necessário trabalhar com dados online, ou seja, cada usuário com a ferramenta em posse pode fazer o *download* dos dados e trabalhar *stand-alone* e como este *software* tem bibliotecas de comunicação com outros aplicativos, como o *mainframe simulator*, ficou também facilitado o caminho para se fazer o *upload* e envio das informações para o time de obtenção de peças. O Sistema algorítmico criado com a LPA2v (SADLPA2v) revelou ser método inovador pois é uma possibilidade de se aplicar a Lógica

Paraconsistente em análises de dados e informações técnicas onde os especialistas e engenheiros se deparam com dados contraditórios o que neste trabalho atuou em um conflito entre NDP e NVPFA que em algumas situações geram dúvidas.

A simples comparação entre o cenário antes da SADLPA2v onde o especialista demandava muito tempo em análises manuais, verificações e checagens para encontrar a melhor ação para resolver esse conflito e após a SADLPA2v, que aponta qual a ação mais adequada, indicou uma expressiva vantagem e um método mais assertivo. O método alcançou assertividade de 92,61% o que é um nível muito significativo e mostra grande aceitação e confiança dos analistas. Disciplinando-se o método entre os analistas pode-se chegar a 100% de assertividade.

Agora, avaliando-se mais de perto com a formula FGLPA2v, equação 7, pode-se avaliar que adicionalmente o agrupamento das ações traz sinergia e ganho ainda maior nos tempos das ações.

Os resultados numéricos obtidos em um dos projetos mostram uma porcentagem alta de acerto do método e uma economia de tempo grande se comparado com o processo anterior. Além deste resultado também é necessário destacar que existem ganhos em normalização do método entre os especialistas e na qualidade da informação enviada ao grupo de obtenção de peças. Ainda que atuando como auxiliar para o especialista, a aplicação da LPA2 com as 12 saídas dos estados lógicos do algoritmo Para-Analisador pode ser considerado um passo inicial de inteligência artificial, pois cada estado lógico pode ser uma escolha ou direcionamento de ações diferentes, analogamente como ele faria em suas análises manuais utilizando-se os mesmos dados e tendo como resultado final as mesmas respostas, embora redundantes e demandando mais tempo, que os estados lógicos apontam.

## **5.2 Trabalhos futuros**

Uma oportunidade e desafio é modelar uma célula neural com dados minerados de projetos, quando estiverem disponíveis, ao longo do desenvolvimento de novos dos projetos com seus parâmetros tratados e usados como entrada para uma célula neural paraconsistente, detalhada bibliografias existentes. Como foi visto existem vários parâmetros que podem influenciar na determinação se para um

código de peça nova é necessário ou não ter NDP, minimizando ainda mais a necessidade de procura de novas evidências.

Além do refinamento da análise de NDP relativo a NVPFA com aplicação de células neurais com dados novos, há também oportunidades na aplicação do SADLPA2v em informações técnicas de produção, considerando as devidas adequações nas entradas e no tipo de parâmetro (s) a ser (em) estudados.

## REFERÊNCIAS

AUTOMOTIVEBUSINESS. MAN Latin America, 18/05/2017. **MAN reduz custos de projetos com impressão 3D**. <http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/25827/man-reduz-custos-de-projetos-com-impressao-3d>

AUTOR, D. H. **Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation**. Journal of Economic Perspectives - Volume 29, Number 3 - Summer 2015, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.

BENNETT, I. **Excel is dead. Long live Excel**. Acuity. 3, 2, 38-40, Mar. 2016. ISSN: 22038671.

BULLINGER, H; DANGELMAIER, M. **Virtual prototyping and testing of in-vehicle interfaces**. Ergonomics. 46, 1-3, 41, Jan. 15, 2003. ISSN: 00140139.

CANTAMESSA, M. AND MONTAGNA, F. **Management of Innovation and Product Development. Integrating Business and Technological Perspectives** Springer-Verlag London 2016

CEZAR, M AND BEATRICE, S. **Modeling and Optimizing the business processes using Microsoft Office Excel**. Journal of Information Systems & Operations Management. 7, 2, 218-225, Dec. 2013. ISSN: 18434711.

CLARK, K, CHEW, W. B., FUJIMOTO, T. **Product Development in the World Auto Industry** - Brookings Papers on Economic Activity, 3:1987

CUDNEY, EA AND AGUSTIADY, T. **Do it right the first time: Design for Six Sigma develops better products and services**. Industrial Engineer: IE. 49, 6, 34-39, June 2017. ISSN: 1542894X.

DA SILVA FILHO, J. I. **Algoritmo Paraconsistente Extrator de efeitos da Contradição – ParaExtr ctr**, Artigo Técnico, Revista Seleção Documental, n.15, ISSN 1809-0648– Ed. Paralogike – Santos – SP – Brasil, 2009 pp 21-25.

DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G. **Inteligência Artificial com as Redes de Análises Paraconsistentes**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

DA SILVA FILHO, J. I. **Introdução ao conceito de estado Lógico Paraconsistente ετ.**, Artigo Técnico, Revista Seleção Documental, n.17, ISSN 1809-0648 – Ed. Paralogike – Santos – SP – Brasil, 2010 pp 20-24.

DA SILVA FILHO, J. I. **Introdução às Células Neurais Artificiais Paraconsistentes**. Ed. Paralogike - Santos - SP, 2007.

DA SILVA FILHO, J. I. **Métodos de aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação com dois Valores (LPA2v) com construção de algoritmo e implementação de circuitos eletrônicos**. 1999. 226f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, São Paulo, 1999.

Dicionário Significados <https://www.significados.com.br>, Data de consulta: 27-Sep-2017.

HALPERN, M. **Enhancing CAE Effectiveness**. Computer-Aided Engineering. 18, 4, 58, Apr. 1999. ISSN: 07333536.

HANPENG, Z. AND YONGBO, MA. **Product Development Risk Management in product development process**– International Business and Management Vol. 3, No. 1, 2011.

HUDSON, S. E. **Printing Teddy Bears: A Technique for 3D Printing of Soft Interactive Objects**. Human-Computer Interaction Institute, Carnegie Mellon University and Disney Research Pittsburgh. CHI 2014, April 26 - May 01 2014, Toronto, ON, Canada. ACM 978-1-4503-2473-1/14/04

LIMTANYAKUL K. AND SCHWIEGELSHOHN, U. **Improvements of constraint programming and hybrid methods for scheduling of tests on vehicle prototypes**. Published online: 17 March 2012, © Springer Science+Business Media, LLC 2012.

MARTIN, N. C. **Da Contabilidade à Controladoria: A Evolução Necessária**– Revista Contabilidade & Finanças - USP, São Paulo, n. 28, p. 7 - 28, jan./abr. 2002.

© 2018 Merriam-Webster, Incorporated, <https://www.merriam-webster.com>, Acesso em 1-Mar-2018.

MOTORERA, **Dictionary of automotive terms**, <https://www.motorera.com/dictionary/pr.htm> Acesso em 20-Set-2017.

MUROTAKI, D. AND ALLEN, T. **Computer Aided Engineering and Project Performance: Managing a Double-Edged Sword**. Massachusetts Institute of Technology 50 Memorial Drive Cambridge, Massachusetts. August 1991

NADAV, S. (Director, Manufacturing Tools, Stratasys). **German Switch Manufacturer, Berker, Improves Agility, Reduces Prototype Testing Time by 85% by 3D Printing Injection Molds**. BUSINESS WIRE - June 29, 2016

NAIANA, T.; VALERICA, M; DANIEL, MM. **Study regarding the use of Microsoft Excel software in the marketing activity of the Bihor county companies**. Annals of the University of Oradea, Economic Science Series. 22, 1, 1885-1892, July 2013. ISSN: 15825450.

NEADS, S. **Comment: Physical prototyping could fall for virtual vehicle development** – AW Automotive World, August 7<sup>th</sup> 2017 (Steve Neads is the Director of Steering and Suspension Systems at AB Dynamics)

NEIRA, H. **Computer Aided Engineering (CAE) Overview**. U.S. Army Armament Research, Development and Engineering Center, June 1994.

PADOVEZE, C. L. **Controladoria Estratégica e Operacional**. São Paulo: Editora Thompson, 2003.

PETERMEIER, B. **8 Reasons why CAD and CAE are outdated, and MAR™ is the future**. SkAD Labs Sàrl, Chemin de la Raye 13, 1024 Ecublens, Switzerland, 2016. <https://www.skadlabs.com/media/Whitepaper.pdf>

PHELAN, M. **The story behind making the DeLorean prototype.** Detroit Free Press (MI). Feb. 26, 2015. <https://www.freep.com/story/money/cars/mark-phelan/2015/02/26/delorean-auto-history-dmc/23888947/> , Acesso em 15-Mar-2018

POLYDORAS, S; SFANTSIKOPOULOS, M; PROVATIDIS, C. **Rational Embracing of Modern Prototyping Capable Design Technologies into the Tools Pool of Product Design Teams.** ISRN Mechanical Engineering. 1-12, Jan. 2011. ISSN: 20905122.

RAYNA, T AND STRIUKOVA, L. **From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation.** Technological Forecasting & Social Change. 102, 214-224, Jan. 1, 2016. ISSN: 0040-1625.

RUTE, A. **Wireframe, protótipo e mockup – Qual a diferença?** <http://anarute.com/wireframe-prototipo-e-mockup-qual-a-diferenca/> April 18, 2014.

SCHULZ, W. AND MÜLLER, M. **Time to Market—Enabling the Specific Efficiency and Cooperation in Product Development by the Institutional Role Model.** Springer International Publishing AG 2016, T. Schulze et al. (eds.), Advanced Microsystems for Automotive. Applications 2016, Lecture Notes in Mobility, DOI 10.1007/978-3-319-44766-7\_21

SEDLAKA, J., SEKERKAA, V., SLANYA, M., KOURILA, K., ZEMCIKA, O., CHLADILA, J. AND ROZKOSNYB, L. **Production of prototype parts using direct metal laser sintering technology.** Acta Polytechnica. 55. 260. 10.14311/AP.2015.55.0260., 2015

SHI, Y., REICH, D., EPELMAN, M., KLAMPFL, E., COHN, C. **An analytical approach to prototype vehicle test scheduling.** Omega. 67, 168-176, Mar. 2017. ISSN: 03050483.

Simpósio SAE BRASIL, 15<sup>o</sup>, **Automaker de Testes e Simulações, Automotive Testing Show 2017.** Disponível em <http://saebrasil.org.br/ShowGuide/t9/magazine/#page/32>, data de acesso: 2-Oct-2017

SWEETMAN, B., SCHMITZ, I., HUPERTZ, B., SHAW, N., GOLDSTEIN, J. **Experimental and Numerical Investigation of Vehicle Drive and Thermal Soak Conditions in a Simplified Engine Bay.** SAE International Journal of Passenger Cars: Mechanical Systems. 10, 2, 1-13, July 2017. ISSN: 19463995.

ULRICH, K. T. AND EPPINGER, S. D. **PRODUCT DESIGN AND DEVELOPMENT—Fifth Edition – McGraw-Hill Irwin – 2012 – www.mhhe.com**

VIAN, V. M. **Teoria da PRC (política de redução de custos) e algumas análises práticas de utilização ou não da PRC.** XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006.

## APÊNDICE A – Algoritmo Para-Analisador para Auditoria em dados de Pré-produção e protótipos

```

Public C1 As Double, C2 As Double, C3 As Double, C4 As Double
Public μ1 As Double, μ2 As Double, fi As Double
Public Gc As Double, Gct As Double, Col_LPA2 As Long, Col_Log_LPA2 As Long
Public Col_DateAssg As Long, iRowB As Long
Public S1 As String, S1_log As String, S1_nota As String
Public IndexTrans_VPI As Double, IndexTrans_FIVC As Double

'tp é o tempo que o SET foi elaborado ou o tempo que é estimado a obtenção de peças
'dv é o começo do desenvolvimento
'ex é o começo da execução
'pt é o começo da piloto
'pr é o começo de produção
Public tp As Double, dv As Double, ex As Double, pt As Double, pr As Double

Function PPO_ParaAnalizador()
If Col_LPA2 = 0 Then
    Col_LPA2 = FindCol_SMT_Platform(wbName, "LPA2", wTabMarkUp, "A1:AAA1000")
End If
If Col_Log_LPA2 = 0 Then
    Col_Log_LPA2 = FindCol_SMT_Platform(wbName, "Log LPA2", wTabMarkUp, "A1:AAA1000")
End If
If Col_DateAssg = 0 Then
    Col_DateAssg = FindCol_SMT_Platform(wbName, "Date Assign", wTabMarkUp, "A1:AAA1000")
End If
If Col_SampleSts = 0 Then
    Col_SampleSts = FindCol_SMT_Platform(wbName, "Sample Status", wTabMarkUp, "A1:AAA1000")
End If
If Col_PartDisPls = 0 Then
    Col_PartDisPls = FindCol_SMT_Platform(wbName, "PartDisPls", wTabMarkUp, "A1:AAA1000")
End If
NDP =
GetOnlyPN_or_DLS_PLS_IfExist(UCase(Workbooks(wbName).Worksheets(wTab).Cells(iRow
wb, Col_PartDisPls)))
NFPFA = Workbooks(wbName).Worksheets(wTab).Cells(iRowB, Col_SampleSts)

    Call EntradasProjeto

    μ1 = Extr_μ1(tp, dv, pt, pr)
If NDP = "" And NFPFA = "" Then μ2 = Extr_μ2_NO_NDP_NOR_NFPFA(tp, dv, ex, pt, pr)
If NDP <> "" And NFPFA <> "" Then μ2 = Extr_μ2_BOTH_NDP_AND_NFPFA(tp, dv, ex, pt,
pr)

    fi = (1 - μ2)

    Gc = Calc_Gc(μ1, fi)
    Gct = Calc_Gct(μ1, fi)

    S1 = ParaAnalizador(C1, C2, C3, C4, Gc, Gct)

```

```

S1_nota = "S1,Gc,Gct,[C1](tp,dv,ex,pt,pr)<lxVPI-Trans,lxTrans-FIVC>"
S1_log = "{" & S1 & "," & Round(Gc, 3) & "," & Round(Gct, 3) & _
        "[" & C1 & "]" & Round(tp) & "-" & Round(dv) & "-" & _
        Round(ex) & "-" & Round(pt) & "-" & Round(pr) & "<" & _
        IndexTrans_VPI & "," & IndexTrans_FIVC & ">}"
End Function

Sub EntradasProjeto()
    'Example Project#1 => d=2; e=34; pt=108; pr=138
    ' dv = 2     ' é a variável d, "d" não foi usada por conflito com outra var
    ' ex = 34    ' é a variável e, "e" não foi usada por conflito com outra var
    ' pt = 108
    ' pr = 138
    VarInitial = 2
    VPI = ThisWorkbook.Sheets("SysSetUp").Range("dv").value    'DateValue("4/29/2013")
    CSO = ThisWorkbook.Sheets("SysSetUp").Range("ex").value    'DateValue("5/1/2014")
    Piloto = ThisWorkbook.Sheets("SysSetUp").Range("pt").value  'DateValue("7/31/2015")
    Produção = ThisWorkbook.Sheets("SysSetUp").Range("pr").value
    'DateValue("7/4/2016")
    transmissão1 = ThisWorkbook.Sheets("SysSetUp").Range("tp").value
    'DateValue("2/10/2014"), DateValue("5/20/2014")
    FIVC = ThisWorkbook.Sheets("SysSetUp").Range("FIVC").value
    'DateValue("2/8/2015")
    ' IndexTrans_VPI = ThisWorkbook.Sheets("SysSetUp").Range("IndexTrans_VPI").value
    ' IndexTrans_FIVC = ThisWorkbook.Sheets("SysSetUp").Range("IndexTrans_FIVC").value
    'exemplo
    'DateAssg = DateValue("1/1/2012") 'bem antes VPI  resultou em 60
    'DateAssg = DateValue("1/1/2013") 'antes VPI    resultou em 55
    'DateAssg = DateValue("4/29/2013") 'no VPI      resultou em 51
    'DateAssg = DateValue("5/1/2014") 'no CSO      resultou em 40
    'DateAssg = DateValue("2/10/2014") 'no transmiste resultou em 43
    DateAssg = Workbooks(wbName).Worksheets(wTab).Cells(iRowB, Col_DateAssg)
    'DataLimiteInferior = VPI - (transmissão1 - VPI)
    DataLimiteInferior = VPI - (IndexTrans_VPI * (transmissão1 - VPI))
    If DateAssg < DataLimiteInferior Then DateAssg = DataLimiteInferior

    passo = (IndexTrans_FIVC * (FIVC - transmissão1)) / (IndexTrans_VPI * (transmissão1 -
VPI))
    Incremento = (transmissão1 - DateAssg) * passo
    datetp = transmissão1 + Incremento

    dv = VarInitial
    ex = dv + ((CSO - VPI) / 7)
    tp = dv + ((datetp - VPI) / 7)
    pt = dv + ((Piloto - VPI) / 7)
    pr = dv + ((Produção - VPI) / 7)
    'Stop
End Sub

Sub EntradasCritérioLPA2(xCriteria As Double)
    'Critério#1 C1=0.5 ; C2=-0.5 ; C3=0.5 ; C4=-0.5
    'Critério#2 C1=0.75 ; C2=-0.75 ; C3=0.25 ; C4=-0.25
    C1 = xCriteria
    C2 = -1 * C1
    C3 = (1 - C1)

```

```

    C4 = -1 * C3
End Sub

Function ParaAnalizador(C1 As Double, C2 As Double, C3 As Double, C4 As Double, _
    Gc As Double, Gct As Double) As String
    Dim Vsccl As Double, Vicc As Double, Vscct As Double, Vict As Double
    Dim S1 As String, S2a As Double, S2b As Double
    */Definições do valores*/

    Vsccl = C1    */ Definição do valor superior de controle de certeza*/
    Vicc = C2    */ Definição do valor inferior de controle de certeza*/
    Vscct = C3    */ Definição do valor superior de controle de contradição*/
    Vict = C4    */ Definição do valor inferior de controle de contradição*/
    */Variáveis de entrada*/
    */Variáveis de saída*/
    'Saída discreta = S1
    'Saída analógica = S2a
    'Saída analógica = c
    */Expressões matemáticas */
    'sendo:  $0 \leq \mu \leq 1$  e  $0 \leq f \leq 1$ 
    'Gct = (f) - 1    */já calculados fora desta função
    'Gc =  $\mu - f$     */já calculados fora desta função
    */determinação dos estados lógicos extremos */
    If Gc >= C1 Then S1 = "V"    */Verdadeiro
    If Gc <= C2 Then S1 = "F"    */Falso
    If Gct >= C3 Then S1 = "T"    */ Inconsistente
    If Gct <= C4 Then S1 = "p"    */ Indeterminado '_|_'
    */determinação dos estados não-extremos*/
    'Para  $0 \leq Gc < C1$  e  $0 \leq Gct < C3$ 
    If 0 < Gc And Gc < C1 And 0 <= Gct And Gct < C3 Then
        If Gc >= Gct Then
            S1 = "Qv -> T"    */ Quase-verdadeiro tendendo ao Inconsistente
        Else
            S1 = "T -> V"    */ Inconsistente tendendo ao Verdadeiro
        End If
    End If
    'Para  $0 \leq Gc < C1$  e  $C4 < Gct \leq 0$ 
    If 0 <= Gc And Gc < C1 And C4 < Gct And Gct <= 0 Then
        If Abs(Gc) >= Abs(Gct) Then
            S1 = "Qv -> p"    */ Quase- verdadeiro tendendo ao Indeterminado
        Else
            S1 = "p -> V"    */ Indeterminado tendendo ao Verdadeiro
        End If
    End If
    'Para  $C2 < Gc \leq 0$  e  $C4 < Gct \leq 0$ 
    If C2 < Gc And Gc <= 0 And C4 < Gct And Gct <= 0 Then
        If Abs(Gc) >= Abs(Gct) Then
            S1 = "Qf -> p"    */ Quase-falso tendendo ao Indeterminado
        Else
            S1 = "p -> f"    */ Indeterminado tendendo ao Falso
        End If
    End If
    'Para  $C2 < Gc \leq 0$  e  $0 \leq Gct < C3$ 
    If C2 < Gc And Gc <= 0 And 0 <= Gct And Gct < C3 Then
        If Abs(Gc) >= Abs(Gct) Then

```

```

        S1 = "Qf -> T"          */ Quase-falso tendendo ao Inconsistente
    Else
        S1 = "T -> f"          */ Inconsistente tendendo ao Falso
    End If
End If
ParaAnalizador = S1
'Gct = S2a
'Gc = S2b
End Function

Function Extr_μ1(tp As Double, dv As Double, pt As Double, pr As Double) As Double
'da curva de evidência do especialista 1
If tp <= dv Then Extr_μ1 = 1
If dv < tp And tp <= pt Then Extr_μ1 = 1 - (0.85 * (tp - dv) / (pt - dv))
If pt < tp And tp <= pr Then Extr_μ1 = 0.15
If pr < tp Then Extr_μ1 = 0
End Function

Function Extr_μ2_NO_NDP_NOR_NFPFA(tp As Double, dv As Double, ex As Double, pt As
Double, pr As Double)
'da curva de evidência do especialista 2
If tp <= dv Then Extr_μ2 = 1
If dv < tp And tp <= ex Then _
    Extr_μ2_NO_NDP_NOR_NFPFA = 1 - (0.6 * (tp - dv) / (ex - dv))
If ex < tp And tp <= pt Then Extr_μ2_NO_NDP_NOR_NFPFA = 1 - (0.4 * (tp - ex) / (pt - ex))
If pt < tp And tp <= pr Then Extr_μ2_NO_NDP_NOR_NFPFA = 0.05
If pr < tp Then Extr_μ2_NO_NDP_NOR_NFPFA = 0
End Function

Function Extr_μ2_BOTH_NDP_AND_NFPFA(tp As Double, dv As Double, ex As Double, pt
As Double, pr As Double)
'da curva de evidência do especialista 2
If tp <= dv Then Extr_μ2 = 1
If dv < tp And tp <= ex Then _
    Extr_μ2_BOTH_NDP_AND_NFPFA = 1 - (0.16 * (tp - dv) / (ex - dv))
If ex < tp And tp <= pr Then _
    Extr_μ2_BOTH_NDP_AND_NFPFA = 0.84 - (0.84 * (tp - ex) / (pr - ex))
If pr < tp Then Extr_μ2_BOTH_NDP_AND_NFPFA = 0
End Function

Function Calc_fi(μ2 As Double) As Double          'fi = grau de evidencia desfavoravel
If Not (μ2 < 0 Or μ2 > 1) Then Calc_fi = 1 - μ2
End Function

Function Calc_Gc(μ1 As Double, fi As Double) As Double 'Gc => Grau de Certeza
If Not (μ1 < 0 Or μ1 > 1 Or fi < 0 Or fi > 1) Then Calc_Gc = μ1 - fi
End Function

Function Calc_Gct(μ1 As Double, fi As Double) As Double 'Gct => Grau de Contradição
If Not (μ1 < 0 Or μ1 > 1 Or fi < 0 Or fi > 1) Then Calc_Gct = μ1 + fi - 1
End Function

```

### APÊNDICE B – Planilha paraCalculadora-LPA2v.

É uma Planilha montada no Excel com uma compilação dos itens principais da lógicaLPA2v, com cálculo automático a partir de entradas simples pelo usuário e que serviu para os estudos deste trabalho.

A planilha serve para simular manualmente alguns pontos com evidências favoráveis e desfavoráveis, com resultados numéricos e gráficos dentro do reticulado LPA2v.

Todas as fórmulas do Excel e o algoritmo Para-Analisador no formato de fórmula do Excel são baseadas nas fórmulas contidas no livro Inteligência Artificial com as Redes de Análises Paraconsistentes, 2008 cujos autores são Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres.

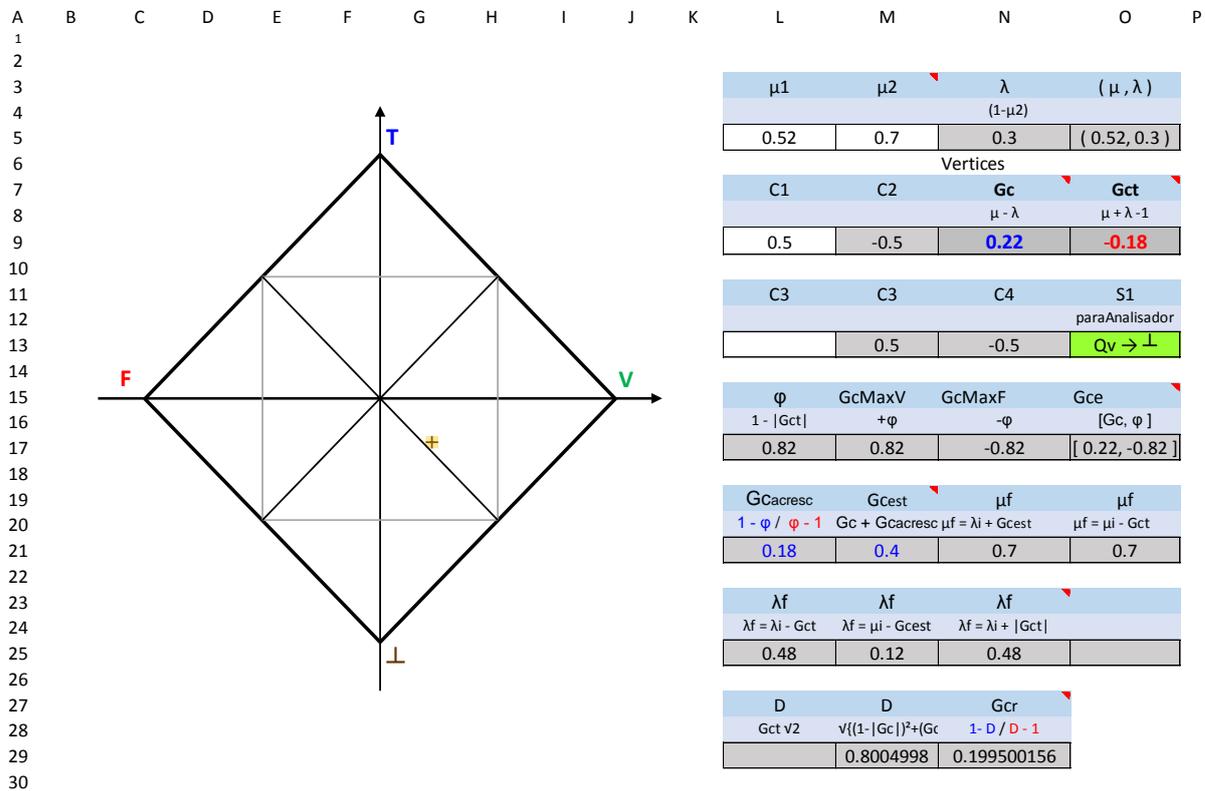


Figura A 1 – Planilha ParaCalculadora-LPA2v.

As células em branco são para entradas de dados pelo usuário, no caso pode-se entrar com as evidências favoráveis  $\mu_1$  e  $\mu_2$  e com o valor superior de controle de certeza C1.

A entrada do valor superior de controle de incerteza C3 é opcional, se for preenchido a fórmula considera o valor que o usuário informou senão o valor é o mesmo de C1.

Em todas as células foram atribuídos nomes de etiquetas (recurso do Excel) para facilitar o entendimento e montagem das fórmulas, manutenção e reprodução.

L	M	N	O
$\mu 1$	$\mu 2$	$\lambda$ (1- $\mu 2$ )	( $\mu$ , $\lambda$ )
0.52	0.7	=1-M6	="( " & L6 & ", " & N6 & " )"
Vertices			
C1	C2	Gc $\mu \cdot \lambda$	Gct $\mu + \lambda - 1$
0.5	= C1*-1	= $\mu 1-\lambda$	= $\mu 1+\lambda-1$
C3	C3	C4	S1 paraAnalizador
	=IF(_C3_EntradaManual="",1-_C1,_C3_EntradaManual)	= C3*-1	=IF(Gc_Result>= _C1,"V","")&IF(Gc_Result<= _C2,"F","")&IF(Gct_Result>= _C3,"T","")&IF(Gct_Result<= _C4,"L","")
$\phi$ 1 -  Gct	GcMaxV + $\phi$	GcMaxF - $\phi$	Gce [Gc, $\phi$ ]
=1-ABS(Gct_Result)	=+ $\phi$	=- $\phi$	="[" & Gc_Result & ", " & IF(Gct_Result>0,M18,N18) & "]"
Gcacresc 1 - $\phi$ / $\phi - 1$	Gcest Gc + Gcacresc	$\mu f$ $\mu f = \lambda i + Gcest$	$\mu f$ $\mu f = \mu i - Gct$
=IF( $\phi$ >0,1- $\phi$ , $\phi-1$ )	=Gc_Result + Gcacresc	= $\lambda + Gcest$	= $\mu 1 - Gct\_Result$
$\lambda f$ $\lambda f = \lambda i - Gct$	$\lambda f$ $\lambda f = \mu i - Gcest$	$\lambda f$ $\lambda f = \lambda i +  Gct $	
= $\lambda - Gct\_Result$	= $\mu 1 - Gcest$	= $\lambda + ABS(Gct\_Result)$	
D Gct v2	D $\sqrt{(1- Gc )^2+(Gct)^2}$	Gcr 1 - D / D - 1	
	=SQRT(((1-ABS(Gc_Result))^2)+(Gct_Result^2))	=IF(Gc_Result>0,1-D,_D-1)	

**Figura A 2 – Região da Planilha ParaCalculadora-LPA2v com fórmulas expostas.**

A fórmula da saída S1, que é o algoritmo Para-Analisador, fica conforme abaixo:

```
=IF(Gc_Result>= _C1, "V", "")&IF(Gc_Result<= _C2, "F", "")&IF(Gct_Result>= _C3, "T", "")&IF(Gct_Res
ult<= _C4, "L", "")
&IF(AND(Gc_Result>=0,Gc_Result<_C1,Gct_Result>=0,Gct_Result<_C3),IF(Gc_Result>Gct_Re
sult,"Qv → T", "T → v"), "")
&IF(AND(Gc_Result>=0,Gc_Result<_C1,Gct_Result>_C4,Gct_Result<=0),IF(Gc_Result>ABS(Gc
t_Result),"Qv → L", "L → v"), "")
&IF(AND(Gc_Result>_C2,Gc_Result<=0,Gct_Result>_C4,Gct_Result<=0),IF(ABS(Gc_Result)>A
BS(Gct_Result),"Qf → L", "L → f"), "")
&IF(AND(Gc_Result>_C2,Gc_Result<=0,Gct_Result>=0,Gct_Result<_C3),IF(ABS(Gc_Result)>A
BS(Gct_Result),"Qf → T", "T → f"), "")
```

## ANEXO I

**Quadro 1, anexo 1: Algoritmo Para-Analisador.**

*/Definições do valores*/	
V <sub>sc</sub> = C1	*/ Definição do valor superior de controle de certeza*/
V <sub>ic</sub> = C2	*/ Definição do valor inferior de controle de certeza*/
V <sub>sc</sub> t = C3	*/ Definição do valor superior de controle de contradição*/
V <sub>ic</sub> t = C4	*/ Definição do valor inferior de controle de contradição*/
*/Variáveis de entrada*/	
$\mu$	
$\lambda$	
*/Variáveis de saída*	
Saída discreta = S1	
Saída analógica = S2a	
Saída analógica = S2b	
*/Expressões matemáticas */	
sendo: $0 \leq \mu \leq 1$ e $0 \leq f \leq 1$	
$G_{ct} = (\mu + f) - 1$	
$G_c = \mu - f$	
*/determinação dos estados lógicos extremos */	
Se $G_c \geq C1$ , então S1 = V	*/Verdadeiro
Se $G_c \leq C2$ , então S1 = F	*/Falso
Se $G_{ct} \geq C3$ , então S1 = T	*/ Inconsistente
Se $G_{ct} \leq C4$ , então S1 = $\perp$	*/ Indeterminado
*/determinação dos estados não-extremos*/	
Para $0 \leq G_c < C1$ e $0 \leq G_{ct} < C3$	
se $G_c \geq G_{ct}$ , então S1 = Qv $\rightarrow$ T	*/ Quase-verdadeiro tendendo ao T
senão, S1 = T $\rightarrow$ v	*/ Inconsistente tendendo a V
Para $0 \leq G_c < C1$ e $C4 < G_{ct} \leq 0$	
se $ G_c  \geq  G_{ct} $ , então S1 = Qv $\rightarrow$ $\perp$	*/ Quase- verdadeiro tendendo a $\perp$
senão, S1 = $\perp$ $\rightarrow$ v	*/ Indeterminado tendendo ao V
Para $C2 < G_c \leq 0$ e $C4 < G_{ct} \leq 0$	
se $ G_c  \geq  G_{ct} $ , então S1 = Qf $\rightarrow$ $\perp$	*/ Quase-falso tendendo a $\perp$
senão, S1 = $\perp$ $\rightarrow$ f	*/ Indeterminado tendendo a F
Para $C2 < G_c \leq 0$ e $0 \leq G_{ct} < C3$	
se $ G_c  \geq  G_{ct} $ , então S1 = Qf $\rightarrow$ T	*/ Quase-falso tendendo ao T
senão, S1 = T $\rightarrow$ f	*/ Inconsistente tendendo ao F
$G_{ct} = S2a$	
$G_c = S2b$	
*/ FIM*/	

**Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE, E LAMBERT-TORRES, 2008).**

## ANEXO II

**Quadro 1, anexo 2: Algoritmo Excel para formatação e transposição de dados.**

```

Function ChangePPOStructureOrigemToMarkup(SupressEndMsg As Boolean)
'Dimensionar variáveis, add tratamento de errors, suprimir mensagens
xRange = makeRangeString(cgCol_BuildNo, rowHeader + 1, cgCol_BuildNo, rowLast)
DataRangeFrom = .Range(xRange).Value2 ' read all the values at once from the Excel
ReDim DataRangeTo(1000) As String
i = 0
For ik = LBound(DataRangeFrom) To UBound(DataRangeFrom)
    If Not IsNumeric(Application.Match(DataRangeFrom(ik, 1), DataRangeTo, 0)) Then
        DataRangeTo(i) = DataRangeFrom(ik, 1)
        i = i + 1
    End If
Next ik
qtyBuilds = i : ReDim Preserve DataRangeTo(qtyBuilds) : dBuilds = DataRangeTo

Call CreateTabIfNotExist_ExcelMethod(wbName, tabMarkupFromCg,
ThisWorkbook.Worksheets(TabOrigem).Index) 'tab em branco

With Workbooks(wbName).Worksheets(tabMarkupFromCg)
    i = 1
    'adding header name to new Mark up tab
    j = Workbooks(wbName).Worksheets(shSysFld).Range(rgMkColSortOrder).Cells(i)

    For Each cell In
Workbooks(wbName).Worksheets(shSysFld).Range(rangeToFindFieldsInSysField_Markup).Cells
        If Len(j) <> 0 Then
            If cell.value <> "" And cell.value <> "END" And InStr(1, cell.value, "-Field Name") = 0 And
InStr(1, cell.value, "-Markup") = 0 Then .Cells(1, j) = cell.value
        End If
        i = i + 1 : j = Workbooks(wbName).Worksheets(shSysFld).Range(rgMkColSortOrder).Cells(i)
    Next
    'adding the Builds Numbers Header to new Mark up tab, After Column Action
    'and also to SysFields after row 201 to 1000
    mkCol_ACTION = GetColPos("ACTION", shSysFld, RangeofNickColumns,
SysFieldColPositionOfColumns_MarkUp + 1)
    ColRangeSysField =
Workbooks(wbName).Worksheets(shSysFld).Range(rangeToFindFieldsInSysF_Markup).Column
    LastRowRangeSysField =
Workbooks(wbName).Worksheets(shSysFld).Range(rangeToFindFieldsInSysF_Markup).Cells.Co
unt + 10
    For i = 1 To qtyBuilds
        bName = dBuilds(i - 1) 'porque na array começa com zero
        If Len(bName) <> 0 Then
            .Columns(mkCol_ACTION + 1).Insert
            .Cells(1, mkCol_ACTION + 1) = bName
            Workbooks(wbName).Worksheets(shSysFld).Cells(LastRowRangeSysF + i,
ColRangeSysField) = bName
        End If
    Next i
    LastRowRangeSysField = LastRowRangeSysField + i
    rangeToFindFieldsInSysField_Markup = Mid(rangeToFindFieldsInSysF_Markup, 1,
InStrRev(rangeToFindFieldsInSysField_Markup, "$")) & Trim(Str(LastRowRangeSysField))
    'Formatting Header of New tab Mark up
    mkCol_ACTION = GetColPos("ACTION", shSysFld, RangeofNickColumns,
SysFieldColPositionOfColumns_MarkUp + 1)
    mkCol_PartDisPIs = GetColPos("Part", shSysFld, RangeofNickColumns,

```

**Quadro 1, anexo 2: (continuação...)**

```

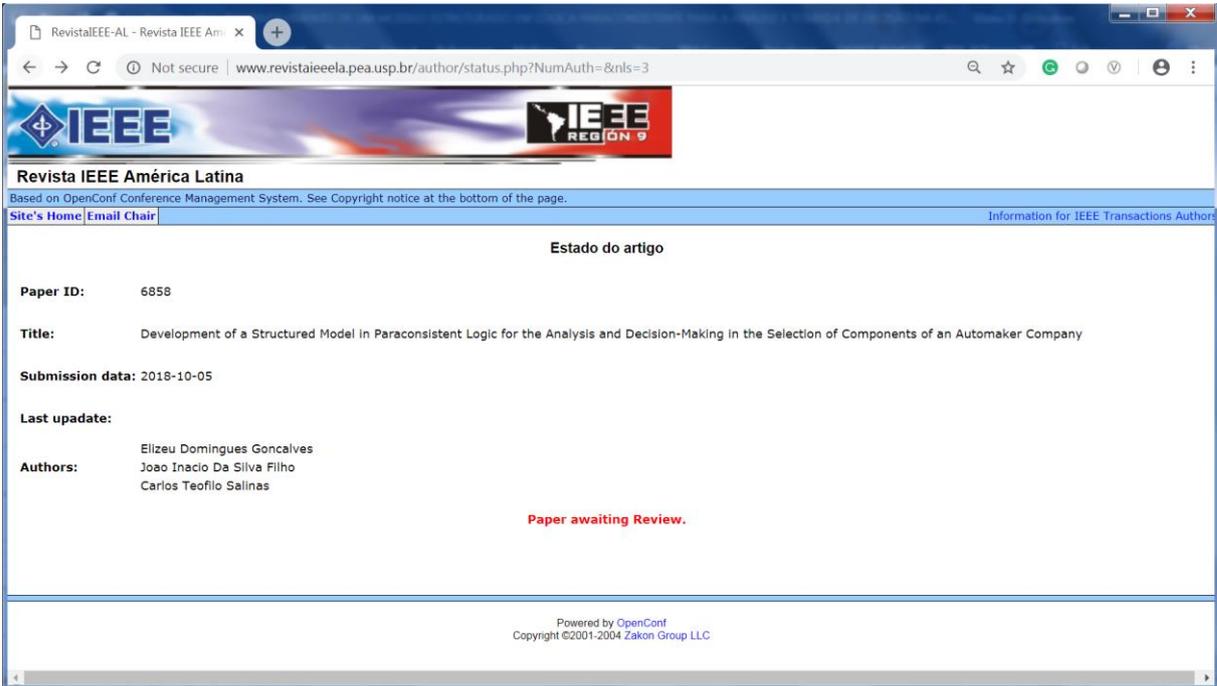
SysFieldColPositionOfColumns_MarkUp + 1)

Range(.Cells(1, 1), .Cells(1, mkCol_ACTION)).Interior.Color = RGB(0, 0, 0)
Range(.Cells(1, 1), .Cells(1, mkCol_ACTION)).Font.Color = RGB(255, 255, 255)
.Rows(1).VerticalAlignment = xlTop
Range(.Cells(1, mkCol_ACTION + 1),.Cells(1, mkCol_Part - 1)).Interior.Color = RGB(250, 191,
143)
Range(.Cells(1, mkCol_ACTION + 1), .Cells(1, mkCol_Part - 1)).Orientation = 90
Range(.Cells(1, mkCol_ACTION + 1), .Cells(1, mkCol_Part - 1)).ColumnWidth = 3

'3 - Formatted new Worksheet, próximo é colocar em ordem "
Call Sort_ExcelMethod(wbName, TabOrigem, rowHeader + 1, 1, rowLast, LastColumn,
wColumnsToSort)
'copiando e colando o conteudo
For iOrigem = rowHeader + 1 To rowLast
    keyAgluFieldsAnterior = keyAgluFields
'carrega os valores dos campos chave para variaveis
    Partition_1 = Workbooks(wbName).Worksheets(TabOrigem).Cells(iOrigem, cgCol_Ptt_1)
    Partition_2 = Workbooks(wbName).Worksheets(TabOrigem).Cells(iOrigem, cgCol_Ptn_2)
    Part = Workbooks(wbName).Worksheets(TabOrigem).Cells(iOrigem, cgCol_Part)
    qty = Workbooks(wbName).Worksheets(TabOrigem).Cells(iOrigem, cgCol_Qty)
    Side = Workbooks(wbName).Worksheets(TabOrigem).Cells(iOrigem, cgCol_Side)
    Tq1 = Workbooks(wbName).Worksheets(TabOrigem).Cells(iOrigem, cgCol_Tq1)
    Tq2 = Workbooks(wbName).Worksheets(TabOrigem).Cells(iOrigem, cgCol_Tq2)
    cBuild = Workbooks(wbName).Worksheets(TabOrigem).Cells(iOrigem, cgCol_BuildNr)
    If Partition_1 = "" Or Partition_2 = "" Or Part = "" Or qty = "" Then GoTo NextRecord
    keyAgluFields = Partition_1 & Partition_2 & Part & Side & Tq1 & Tq2
    If keyAgluFieldsAnterior <> keyAgluFields Then
        iMarkUp = iMarkUp + 1
        cgCol_BuildAtual = GetColPos(cBuild, shSysFld, rangeToFindFieldsInSysField_Markup,
SysFieldColPositionOfColumns_MarkUp + 1)
        recordUp = False
        For iSysFd = 8 To LastRowRangeSysField 'preenche os campos do Origem para markup
            cgColTemp = Workbooks(wbName).Worksheets(shSysFld).Cells(iSysFd,
SysFieldColPositionOfColumns_Origem)
            mkColTemp = Workbooks(wbName).Worksheets(shSysFld).Cells(iSysFd,
SysFieldColPositionOfColumns_MarkUp + 1)
            If cgColTemp = "" Or mkColTemp = "" Then GoTo nextSysRecord
            .Cells(iMarkUp, mkColTemp) = Workbooks(wbName).Worksheets(TabOrigem).Cells(iOrigem,
cgColTemp)
            recordUp = True
        nextSysRecord:
            Next iSysFd
        'coloca a qty na coluna build number correspondente
        If recordUp Then
            .Cells(iMarkUp, cgCol_BuildAtual) = qty
        End If
        ElseIf keyAgluFieldsAnterior = keyAgluFields Then
            cgCol_BuildAtual = GetColPos(cBuild, shSysFld, rangeToFindFieldsInSysField_Markup,
SysFieldColPositionOfColumns_MarkUp + 1)
            .Cells(iMarkUp, cgCol_BuildAtual) = qty
        End If
    NextRecord:
    Next iOrigem
End With
End Function

```

Página da revista IEEE mostrando o estado do artigo submetido.



The screenshot shows a web browser window with the URL [www.revistaieee.pea.usp.br/author/status.php?NumAuth=&nls=3](http://www.revistaieee.pea.usp.br/author/status.php?NumAuth=&nls=3). The page header includes the IEEE logo and the text "Revista IEEE América Latina". Below the header, there is a navigation bar with links for "Site's Home" and "Email Chair". The main content area is titled "Estado do artigo" and displays the following information:

- Paper ID:** 6858
- Title:** Development of a Structured Model In Paraconsistent Logic for the Analysis and Decision-Making In the Selection of Components of an Automaker Company
- Submission data:** 2018-10-05
- Last update:**
- Authors:** Elizeu Domingues Goncalves, Joao Inacio Da Silva Filho, Carlos Teofilo Salinas

Below the author information, the status is indicated as "Paper awaiting Review." in red text. At the bottom of the page, there is a footer that reads "Powered by OpenConf Copyright ©2001-2004 Zakon Group LLC".